

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 44 (1953)

Heft: 26

Artikel: Zukunftsfragen der schweizerischen Energiewirtschaft

Autor: Niesz, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059984>

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: 23.02.2026

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

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Zukunftsfragen der schweizerischen Energiewirtschaft

Vortrag, gekürzt gehalten an der Generalversammlung des VSE vom 29. August 1953 in Zermatt,
von H. Niesz, Baden

620.9+621.311(494)

Dieser Artikel zeigt die Entwicklung der schweizerischen Energiewirtschaft, gestützt auf die Statistik der letzten Jahrzehnte, um einen Ausblick über die Zukunft zu geben.

Eine Graphik stellt die gegenwärtige Struktur dar. Sie zeigt den Rohenergieinhalt der ausgebauten Wasserkräfte und der ausgenützten Brennstoffe, sowie den Weg durch die Energieumwandlungseinrichtungen bis zu der vom Konsumenten verbrauchten mechanischen Arbeit, Wärme, Licht usw., d. h. der Nutzenergie. Die Energieverluste erreichen nahezu die Hälfte des Aufwandes an Rohenergie.

Der Autor berichtet über die Hauptergebnisse von Studien des Schweizerischen Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz. Diese hatten den Zweck, die heutige Entwicklungstendenz des Zuwachses der Nachfrage nach den verschiedenen Energieträgern, wie Kohle, Öl, Gas, Holz, Hydroelektrizität für die Deckung des unaufhörlich steigenden Bedarfes an Nutzenergie zu ermitteln.

Die Entwicklungstendenzen, besonders auf dem Gebiet der Elektrizität, werden näher dargestellt, wobei der beträchtlichen Bedarfszunahme das Ausbauprogramm gegenübergestellt wird, das gegenwärtig in Ausführung begriffen ist. Die Nutzbarmachung der Wasserkräfte wird wahrscheinlich in einer nicht sehr weit entfernten Zukunft die Grenze des Verfügbaren erreichen. Es ist daher notwendig, auch die Heranziehung anderer Quellen in Aussicht zu nehmen und es ist viel von der Atomenergie zu erwarten. Die schweizerischen Elektrizitätsunternehmungen sind es sich schuldig, sich an den Forschungen zu beteiligen, die auf nationaler Grundlage im Hinblick auf die Verwertung dieses neuen Energieträgers unternommen werden müssen.

Während der letzten 10 Jahre hat sich der Bedarf an Elektrizität in einem bisher beispiellosen Tempo entwickelt. Anderseits stehen wir gegenwärtig in der Mitte einer 10jährigen Periode, die uns eine nicht minder starke Erhöhung der Erzeugung elektrischer Energie bringen wird. Von selbst stellt sich die Frage, wie es in Zukunft weitergehen wird. Ich hoffe, Sie erwarten heute nicht etwa Prognosen, sondern höchstens einige Überlegungen über die Hauptfaktoren, die die künftige Entwicklung von Bedarf und Erzeugung beeinflussen könnten.

Die Frage nach den Zukunftsansichten der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft kann jedoch unmöglich beantwortet werden, ohne dass die Fragestellung erweitert wird und die gesamte Energiewirtschaft einschliesst. Es ist unbedingt erforderlich, die Zusammenhänge der Elektrizität mit den andern Energiearten ins Auge zu fassen, ist doch die Elektrizität nur einer der Energieträger, die der heutige Mensch braucht, um seinen Bedarf an Wärme, mechanischer Energie und Beleuchtung zu decken. Erst diese letztgenannten Energieformen nennen wir, nach Professor B. Bauer, Nutzenergie.

Cet exposé du développement de l'économie énergétique en Suisse se base sur la statistique des dernières décades pour esquisser les perspectives d'avenir.

Un graphique donne une idée d'ensemble de la structure actuelle. Il représente l'énergie brute contenue dans les forces hydrauliques exploitées ou dans les combustibles utilisés, son transport et ses transformations successives jusqu'à l'énergie utile absorbée par les consommateurs sous forme de chaleur, de force motrice et de lumière. Les pertes d'énergie atteignent près de la moitié de l'énergie brute totale.

L'auteur rapporte ensuite sur les résultats principaux d'études effectuées par le Comité national suisse de la Conférence mondiale de l'énergie dans le but de déterminer l'allure actuelle de la demande en chacun des agents énergétiques tels que: charbon, huile minérale, gaz, bois, électricité, employés pour répondre à l'augmentation incessante des besoins en énergie utile.

Les tendances du développement, plus particulièrement dans le secteur de l'électricité, sont étudiées de plus près, l'accroissement important de la demande étant mis en regard des efforts réalisés par les entreprises pour la satisfaire. L'aménagement des forces hydrauliques atteindra probablement dans un avenir pas très éloigné le plafond des disponibilités; il faut donc envisager l'emploi d'autres moyens de production et on fonde de grands espoirs sur l'énergie atomique. Les entreprises suisses d'électricité se doivent de participer aux recherches à effectuer dans le cadre national en vue de l'utilisation future de ce nouvel agent énergétique.

Gewisse Anwendungsgebiete erscheinen nach dem heutigen Stand der Wissenschaft und der Technik einem bestimmten Energieträger vorbehalten, wie z. B. die Beleuchtung der Elektrizität, oder der Strassenverkehr den flüssigen Brennstoffen. Aber ein weites Feld ist das Gebiet, wo verschiedene Energieträger in Wettbewerb treten, und dort gibt neben technischen Vorzügen des einen oder andern Energieträgers auch die Wirtschaftlichkeit den Ausschlag.

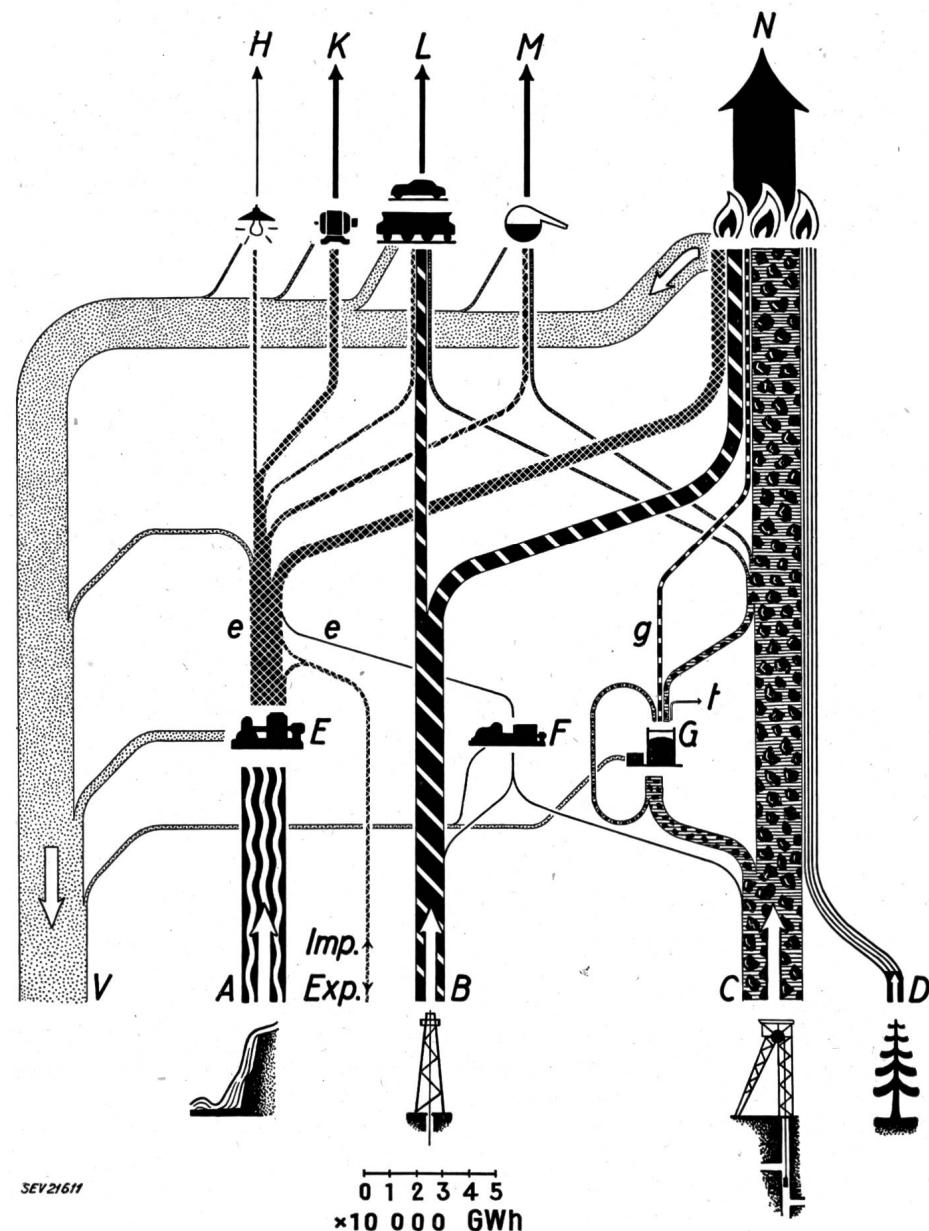
Wir werden also vorerst in grossen Zügen die allgemeine Energiewirtschaft in ihrer heutigen Struktur und in ihrer Entwicklung betrachten, um uns schliesslich etwas näher einigen Problemen der Elektrizitätswirtschaft zuzuwenden. Ich bin mir bewusst, dabei verschiedene wichtige Zukunftsfragen der Elektrizität mit Stillschweigen zu übergehen. Ich will aber lieber einige zusammenhängende Entwicklungsprobleme erörtern.

I. Gegenwärtige Struktur

Die Graphik in Fig. 1 soll uns einen summarischen Überblick über die gegenwärtige Struktur der

schweizerischen Energiewirtschaft geben. Wir können die Rohenergieströme verfolgen, die aus den Kohlengruben und Ölquellen in unser Land fliessen oder aus unseren Wäldern und Gewässern erschlossen wurden. Diese Energieströme werden den Konsumenten teils direkt zugeführt, teils erst nach Umwandlung in andere Energieformen, wobei in beiden Fällen jedoch Energieverluste unvermeidlich sind.

Diese graphische Darstellung verdanken wir meinem Mitarbeiter, Herrn *Schrof*, der die umfangreichen Unterlagen dazu mit grösster Sorgfalt und



Sachkunde ermittelt hat, was namentlich auf dem Gebiet der Brennstoffe keine leichte Aufgabe war. Dabei konnte eine absolute Präzision nicht erreicht werden. Auch mussten die Umwandlungswirkungsgrade oft geschätzt werden. Es erheben deshalb die graphisch dargestellten und in den Tabellen angegebenen Zahlen keinen Anspruch auf absolute Genauigkeit.

Wir verwenden als Einheit die GWh¹⁾, gleichgültig ob es sich um Elektrizität, Wärme oder mechanische Energie handelt. In der Graphik ist die Breite der einzelnen Bänder ihrem Energiebetrag proportional.

Die in Gestalt von Kohle und Koks eingeführte oder von Brennholz aus unsrern Wäldern stammende Rohenergie wird den Verbrauchern in der Hauptsache ohne jede vorherige Umwandlung zugeführt und fast ausschliesslich zur Erzeugung von Nutzwärme verwendet. Ein Kohlenstrom wird abgezweigt und den Gaswerken zugeführt. Ein Teil der

Produktion der Gaswerke wird zur Heizung der Verkokungsöfen verwendet. Der Teer, hier durch seinen Energiegehalt dargestellt, wird der chemischen Verwertung zugeführt. Die Koksproduction, die ungefähr die Hälfte der aufgenommenen Rohenergie enthält, fliesst wieder dem allgemeinen Koks- und Kohlenstrom zu. Der Energiegehalt des abgegebenen Gases entspricht ungefähr der Hälfte desjenigen des erzeugten Kokses. Ähnlich wird dargestellt, wie die Verwertung der flüssigen Brennstoffe erfolgt.

Fig. 1
Gesamtenergiebilanz der Schweiz
1951

Rohenergeträger:
A Rohwasserkraft
B flüssige Brennstoffe
C Kohle, Koks
D Holz

Umwandlungsbetriebe:
E Wasserkraftwerke
F Wärmekraftwerke
G Gaswerke

Zwischenenergeträger:
e Elektrizität
g Gas

Nutzenergie:
H Licht
K mech. Energie, ortsfest
L mech. Energie im Verkehr
M chemische Energie
N Wärme

t Teer
V Energieverluste

Am oberen Bildrand sind die von den Verbrauchsapparaten ausgehenden Nutzenergieströme dargestellt, die je in Form von Licht, motorischer, chemischer Energie und Wärme vom Konsum aufgenommen werden und damit von der Bildfläche der allgemeinen Energiewirtschaft verschwinden.

¹⁾ GWh = 10^9 Wh = 10^6 (1 Million) kWh.

Auffallend ist die Grösse der Verluste, die bei der Verwertung der in den festen und flüssigen Brennstoffen enthaltenen Rohenergie entstehen, stellt der Verluststrom doch fast die Hälfte des Aufwandes an Rohenergie dar.

In ähnlicher Weise verhält es sich mit der Verwertung der in der weissen Kohle enthaltenen Rohenergie. Dabei wird aus ganz grundsätzlichen Erwägungen als Rohenergie die «wilde» Wasserkraft zugrunde gelegt, also das Produkt aus den gefassten Wassermengen und den Bruttogefällen dargestellt. Die Energieverluste, die in den Kraftwerkanlagen von den Wasserfassungen bis zu den Transformatoren entstehen, werden auch als solche in der Darstellung behandelt. Die Einzelheiten des Bildes sprechen von selbst. Es sei nur auf die auch bei der Umwandlung des Zwischenproduktes Elektrizität in Nutzenergie in den Verbrauchsapparaten der Konsumenten entstehenden Verluste hingewiesen. Bekanntlich sind sie beim Licht relativ am grössten.

Wir stellen fest, für manche unter Ihnen nicht ohne Überraschung, dass auf dem Weg von der Wasserkraft bis zur konsumierten Nutzenergie rund die Hälfte verloren geht, also nicht weniger als bei der Verwertung der Brennstoffe. Das Bild ist eine Darstellung der mengenmässigen Bilanz der schweizerischen Energiewirtschaft, umfassend Aufwand, Verlust und Ertrag.

Zahlenmäßig gehen die dargestellten Energieströme aus den nachstehenden Tabellen I und II hervor.

Nutzenergieverbrauch 1951

Tabelle I

	GWh	%
Licht	56	0,2
Mech. Energie in ortsfesten Motoren	1 997	7,0
Mech. Energie im Verkehr	1 630	5,7
Chemische Energie	1 757	6,1
Wärme	23 194	81,0
Gesamter Nutzenergieverbrauch im Inland	28 634	100,0

Rohenergieverbrauch 1951

Tabelle II

	GWh	GWh	%
Rohwasserkraft	16 100	28,9	
Flüssige Brenn- und Treibstoffe	10 475	18,8	
Kohle und Koks	23 304	41,8	
Holz und Torf	5 835	10,5	
Totalverbrauch	55 714	100,0	
abzuglich:			
Elektrizitäts-Exportüberschuss (Saldo Export-Import)	925		
Gas-Export	10		
Teerverkauf	340	1 275	
Rohenergieverbrauch der Schweiz	54 439		

Energieverlust = 54 439 GWh — 28 634 GWh = 25 805 GWh, d. h. 47,4 % des Rohenergieverbrauchs, soweit er für die Versorgung des Inlandes bestimmt ist.

Dass manche Verluste durch Naturgesetze bedingt sind und nur ein Teil davon durch Fortschritte der Technik und Kapitalaufwand vermieden werden könnte, ist bekannt. Es bleibt aber ein erstrebenswertes Ziel, ja ein Gebot, diesen riesigen Verlustposten zu vermindern.

Da wir ja von Energiewirtschaft sprechen, seien nicht nur GWh, sondern auch Franken genannt. Die Konsumenten bezahlten im Jahre 1951 für die Beschaffung der von ihnen benötigten Nutzenergie im einzelnen (in runden Beträgen):

	%	%	Millionen Fr.
1. für elektrische Energie			550
davon für Beleuchtung		25	
für ortsfeste Motoren	26		
für Traktion	7	33	
für chemische Zwecke		9	
für Wärmezwecke		33	
2. für Gas			80
3 für flüssige Brennstoffe			400
davon für Benzin und Dieselöl		64	
für Heizöl		36	
4. für Brennholz			120
5. für Kohle und Koks			350

Die Konsumenten bezahlten für Energie insgesamt 1,5 Milliarden Fr., davon kommen 1050 Millionen Fr. der Inlandswirtschaft zu gut, während 450 Millionen Fr. dem Ausland zufließen.

Vom schweizerischen Volkseinkommen von rund 20 Milliarden Fr. wurden also 7,5 % für Energie ausgegeben.

II. Entwicklung des Energiebedarfes

Nach dieser *statischen* Betrachtung der heutigen Struktur der schweizerischen Energiebilanz wollen wir sie von der *dynamischen* Seite betrachten. Wir wollen versuchen, die Hauptfaktoren ihrer zeitlichen Entwicklung zu erkennen. Dazu ist es selbstverständlich zuerst erforderlich, nach rückwärts zu blicken, um aus der Erfahrung die Lehren zu ziehen, die uns helfen sollen, in die uns verschleierte Zukunft einzudringen.

Vor einigen Jahren hat das *Schweizerische Nationalkomitee der Weltkraftkonferenz* dank der Initiative seines damaligen Präsidenten, Direktor *Emil Payot*, ein Komitee für Energiefragen gebildet. Dieses Komitee hat unter anderm auf dem Gebiet der Entwicklung eingehende Studien durchgeführt, von denen eine erste Etappe kürzlich ihren Abschluss gefunden hat. Einige Hauptergebnisse davon darf ich Ihnen heute vermitteln. Die Berichte selbst sollen bis Ende dieses Jahres veröffentlicht werden.

Um klarer zu sehen, müssen wir die Entwicklung des Bedarfs von derjenigen der Produktionsmöglichkeit deutlich auseinanderhalten. Auf ihre wechselseitigen Beziehungen kommen wir besonders zurück. Wir wenden uns zunächst der Frage der *Bedarfsentwicklung* zu. Ein Ausschuss des Energiekomitees hatte die Aufgabe, die Tendenzen für die Zeit bis 1960 zu untersuchen. Ich kann Ihnen versichern, dass dieser Ausschuss sich des problematischen Wertes jeglicher Prognose bewusst ist und seine Vorbehalte formuliert hat.

Wir werden zunächst 5 graphische Darstellungen der statistischen Grundlagen betrachten, von denen das Energiekomitee ausgegangen ist. Sie werden ersehen, wie von 1910...1951 der Jahresverbrauch an den einzelnen Rohenergieträgern sich entwickelt hat.

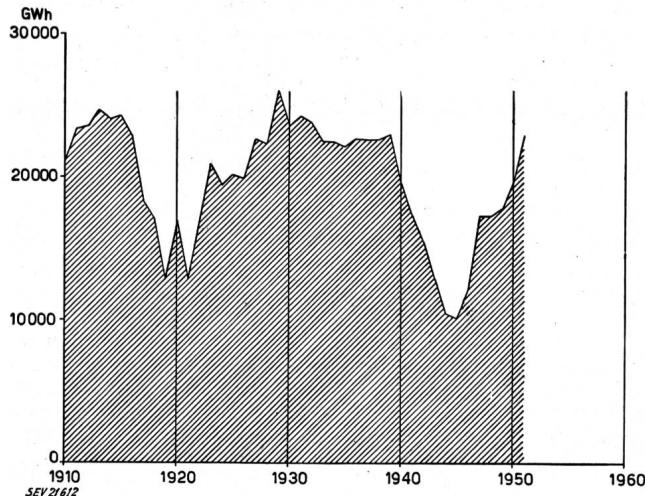


Fig. 2

Rohenergieverbrauch der Schweiz in GWh
Kohle, einschliesslich Koks und Inlandkohle

Fig. 2 stellt den Rohverbrauch in Form von Kohle dar, einschliesslich des Kokses. Ich sage absichtlich Verbrauch und nicht etwa Bedarf, denn während und nach den beiden Weltkriegen war der Bedarf beileibe nicht voll gedeckt. Die Lücken würden noch tiefer erscheinen, wenn nicht die in der Not herangezogene Inlandkohle miteingeschlossen wäre. Auffallend ist, wie der Kohlenverbrauch in Friedenszeiten nicht zunimmt.

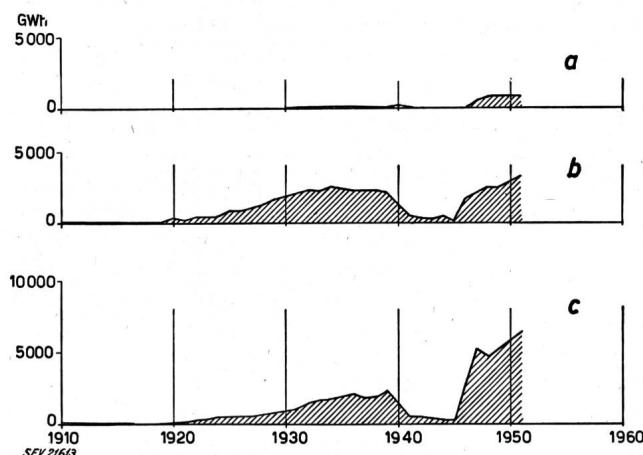


Fig. 3

Rohenergieverbrauch der Schweiz in GWh
a Dieselöl; b Benzin, Benzol; c Heizöl

Auch in Fig. 3 reisst der 2. Weltkrieg eine tiefe Lücke. Die flüssigen Brennstoffe verschwinden noch rascher als die Kohle. Kaum war der Krieg vorbei, so nahm der Verbrauch, namentlich an Heizöl, sehr rasch zu.

Fig. 4 gibt die Geschichte des Gases wieder. In den Kriegszeiten wurde die Gasproduktion nach Möglichkeit aufrecht erhalten unter Heranziehung

von mehr oder weniger geeigneten Rohstoffen. Torf und vor allem Holz waren energiewirtschaftlich unsere grosse Hilfe in der Not.

In Fig. 5 ist die bisherige Entwicklung der elektrischen Energie als Energieträger zu verfolgen. Leicht zu erkennen ist der kräftige Impuls, den der

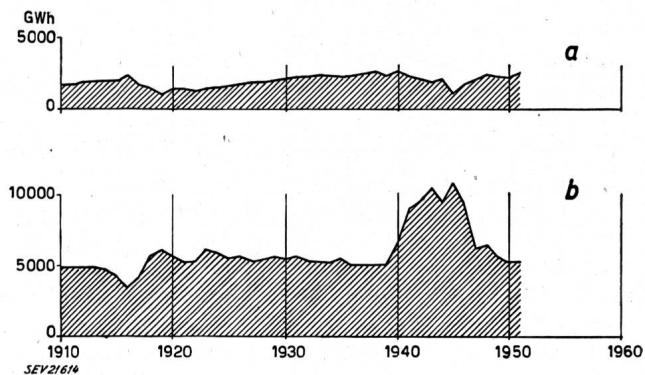


Fig. 4
Rohenergieverbrauch der Schweiz in GWh
a Gas; b Holz und Torf

Elektrizitätsverbrauch in den Kriegs- und Hochkonjunkturzeiten erhält, und der nur leichte Rückgang in Perioden der wirtschaftlichen Depression. Bemerkenswert ist besonders die stetige und immer raschere Entwicklung des Verbrauchs in Haushalt und Gewerbe. Der Verbrauch in Elektrokesseln wurde nur gestrichelt angedeutet, da es sich lediglich um eine Überschussverwertung handelt und wir uns hier für die Normalenergie interessieren.

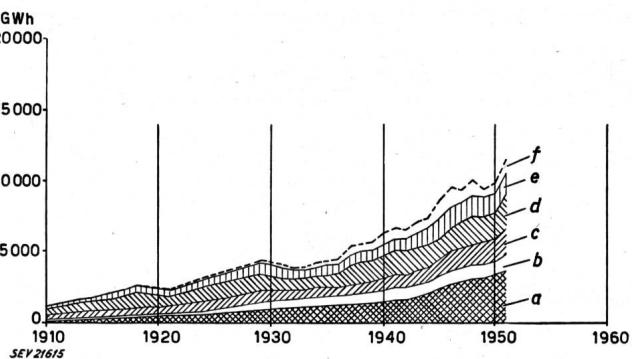


Fig. 5
Rohenergieverbrauch der Schweiz in GWh
Elektrizität (ab Werk)

a Haushalt und Gewerbe; b Bahnen; c allgemeine Industrie;
d Chemie und Metallurgie; e Verluste und Speicherpumpen;
f Elektrokessel

In diesem Bild, wie auch in der folgenden Fig. 6 wird entsprechend der Statistik des Eidg. Amtes für Elektrizitätswirtschaft von der erzeugten elektrischen Energie als Energieträger ausgegangen, im Gegensatz zur Fig. 1 und der Tabelle II, in welchen nicht die Elektrizität, sondern die «wilde Wasserkraft» als Rohenergie betrachtet worden ist. In den beiden Fig. 5 und 6 sind also Energieverluste erst ab Werk gezählt. Dieser Hinweis sollte genügen, um Missverständnissen vorzubeugen.

In Fig. 6 endlich ist die Entwicklung des gesamten Rohenergieverbrauches eingetragen durch Summierung der einzelnen Energieträger.

Dies waren die statistischen Grundlagen, von denen das Energie-Komitee ausgegangen ist. Es wäre nun allzu oberflächlich gewesen, die zukünftige Verbrauchsentwicklung in summarischer Weise aus dem bisherigen Verlauf der Kurven des Verbrauchs an Rohenergieträgern zu extrapolieren, weil Strukturänderungen und die Eventualität von

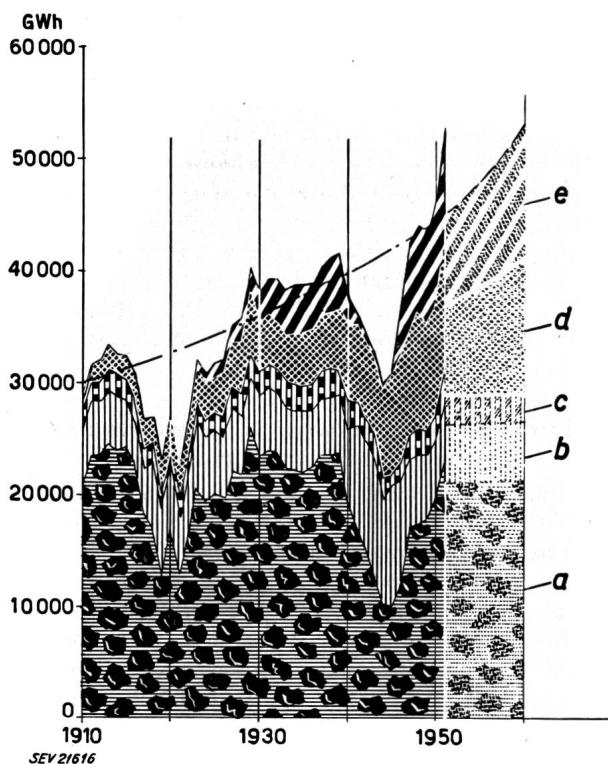


Fig. 6

Entwicklung des gesamten Rohenergieverbrauches der Schweiz in GWh und dessen Deckung durch die Energieträger
a Kohle; b Holz und Torf; c Gas; d Elektrizität; e Öl

Änderungen der Wirtschaft zu berücksichtigen sind. Um die erste dieser Bedingungen zu erfüllen, war es notwendig, die Verhältnisse vom Standpunkt des Verbrauchers zu studieren. Denn beim Verbraucher spielt sich die Entwicklung des Bedarfes an Nutzenergie in Form von Licht, Kraft und Wärme ab und beim Verbraucher wird der Wettbewerb der verschiedenen Energieträger um die Bedarfsdeckung ausgefochten. Die Untersuchungen mussten also bis auf die Ebene der Nutzenergie vordringen.

Es wurden daher von dem statistisch festgestellten Rohenergieverbrauch erstens die Verluste abgezogen, die auf dem Weg bis zum Konsumenten eintreten und zweitens die Verluste, die beim Konsumenten selbst, im Prozess der Umwandlung des ihm gelieferten Energieträgers in die von ihm konsumierte Nutzenergieform entstehen. Aus den aufgestellten Kurven der voraussichtlichen Entwicklung des Nutzenergiebedarfes konnte wieder auf den Aufwand an den verschiedenen Rohenergieträgern zurückgeschlossen werden. Dabei wurde die allmähliche Verbesserung der Wirkungsgrade beachtet. Es musste aber auch noch die allmähliche Bevölkerungszunahme berücksichtigt werden auf Grund von Prognosen, die vom Eidg. Statistischen Amt in verdankenswerter Weise zur Verfügung gestellt wurden.

Es würde zu weit führen, hier das Detail der durchgeföhrten Untersuchungen und angestellten Überlegungen über die künftige Entwicklung vorzu bringen. Ihr Hauptergebnis ist in die Fig. 6 eingetragen. Die voll ausgezogenen Kurven stellen den bisherigen Verlauf des Verbrauchs dar. Die strichpunktierte Linie zeigt das Ergebnis der Überlegungen darüber, wie wohl die allgemeine Entwicklungstendenz des Bedarfs über grosse Zeiträume verlaufen ist und vermutlich bis 1960 verlaufen wird. Dieser Linienzug überbrückt die Kriegszeiten, in welchen infolge ungenügender Versorgung der Verbrauch unterhalb des Bedarfes zurückblieb; er nimmt also auf diese Täler keine Rücksicht. Dagegen wird versucht, eine Art Durchschnitt des Bedarfs zwischen den Zeiten von Wirtschaftskrise und solchen von Hochkonjunktur zu ziehen, und die Entwicklung bei normaler Wirtschaftslage darzustellen. Die allgemeine Tendenz ist heute ein jährlicher Zuwachs des Gesamtbedarfes an Rohenergie von rund 2 %.

Es muss betont werden, dass die Linie unter Annahme einer zurückgekehrten normalen Wirtschaftslage gilt. Im Falle von andauernder Hochkonjunktur wäre mit einem höheren Ausgangspunkt und einem schärferen Entwicklungstempo zu rechnen; umgekehrt im Falle einer Wirtschaftskrise. Ferner mag auffallen, dass der gesamte Bedarf an Rohenergieträgern, über grosse Zeiträume gemessen, jährlich um nicht mehr als 2 % zunimmt. Diese Zunahme ergibt sich daraus, dass der Rohenergiebedarf pro Einwohner um 1,5 % zunimmt und die Bevölkerung um 0,5 %.

III. Entwicklung der Bedarfsdeckung

Nach diesem Überblick über die Entwicklung des Bedarfes sei noch an Hand der Fig. 6 die Frage der Bedarfsdeckung, also der Beschaffung der verschiedenen Energieträger berührt. Wir stossen hier auf einige Strukturänderungen.

Die einzelnen Energieträger weisen gegenwärtig folgende jährliche Zuwachstendenz auf:

Elektrische Energie	4 %
Kohle	0 %
Heizöl	6,5 %
Benzin und Dieselöl	2,5 % } 5 %
Gas	1 %
Holz	0 %

Die *Kohle* schien noch vor 5 Jahrzehnten geradezu die Energie zu verkörpern. Es erwuchs ihr jedoch in der *Hydroelektrizität* ein Konkurrent, der sie in unserem Lande zunächst aus der Erzeugung mechanischer Kraft in der Industrie und im Verkehr verdrängte. Es blieb ihr fast nur das Gebiet der Wärme. Doch auch dieses wurde ihr im Laufe der letzten 25 Jahre streitig gemacht. Sie wahrt mühsam ihre Position, in absoluter Menge gemessen, aber an der ständigen Erhöhung des Gesamtenergieverbrauches hat sie keinen Anteil mehr, relativ geht sie unaufhörlich zurück. 1930 deckte die Kohle noch 66 % des gesamten Nutzenergiebedarfes. Heute sind es 42 %. Zuerst war es die Elektrizität, die ständig die Gunst der Konsumenten er-

oberte. Dann aber erwuchs der Kohle ein noch viel gefährlicherer Konkurrent im Öl. In der Raumheizung wie in der Industrie erobert sich das Heizöl rasch einen immer breiteren Platz. Die jährliche Zunahme des Heizölverbrauches betrug in den letzten 5 Jahren 6,5 %. Diese Bewegung ist in vollem Gang und es ist anzunehmen, dass 1960 die Kohle nur noch weniger als 40 % des Nutzenergiebedarfes der Schweiz decken wird. Die Konkurrenz des Heizöls beginnt übrigens auch die Elektrizität zu spüren.

Die Abhängigkeit unserer Energieversorgung von den Kohlenimporten war an sich schon stets ein Gegenstand der Besorgnis. War, wie die Kriegszeit bewies, diese Besorgnis berechtigt, so ist für die Zukunft, da die Schweiz den Hauptteil ihrer Kohle und ihres Kokses von der Montanunion bezieht, der sie als neutraler Staat nicht angehört, die Sorge nur noch grösser geworden. Und so weit das Öl an die Stelle der Kohle tritt, so belehrt uns die Fig. 6 darüber, dass bei Kriegsausbruch die Einfuhr der flüssigen Brennstoffe noch rascher gestoppt wird als diejenige der Kohle. Gegen die katastrophalen Folgen einer Absperrung können die Reserven nur während einer beschränkten Zeit helfen, weil die Lagerung von flüssigen Brennstoffen noch viel kostspieliger ist als diejenige von festen Brennstoffen. Das Ausweichen der Konsumenten auf Elektrizität könnte daher den Elektrizitätswerken neue Überraschungen bringen.

Die *Inlandkohle*, obwohl technisch wenig geeignet und teuer, ist als kleine Reserve für Notzeiten zu betrachten. Das gleiche gilt vom *Torf*.

Von grösster Bedeutung war im letzten Weltkrieg das *Holz*. Die Fig. 6 zeigt uns, wie weit der Ausfall der Kohle durch die möglich gemacht Verdopplung des Verbrauchs von Holz gemildert werden konnte. Wir haben hier ein nationales Problem vor uns. Rein energiewirtschaftlich ist in Friedenszeiten die Verwendung von Holz etwas teurer und umständlicher als von Kohle und namentlich von Öl. Volkswirtschaftlich jedoch ist zu berücksichtigen, dass unsere Wälder da sind und besonders für die Bergbevölkerung eine unentbehrliche Arbeitsgelegenheit und Einnahmequelle bilden. Es muss dafür gesorgt werden, dass, soweit der Waldwirtschaft neben der Gewinnung von Bauholz auch Holz anfällt, das in der Hauptsache nur für Brenn- und in beschränktem Masse für Treibzwecke verwertbar ist, diese Mengen auch in Friedenszeiten regelmässig und vollständig Absatz zu annehmbaren Preisen finden.

Das *Gas*, diese «Kohle ohne Ballast», hat in der Energiewirtschaft eine besondere Funktion. Würde man alle Gasherde durch Elektroherde ersetzen, so würde die Landeskochspitze so hoch anwachsen, dass sie für die Elektrizitätsversorgung zu einem wirtschaftlich nicht zu meisternden Problem würde. Schon jetzt überragt die Kochspitze den übrigen Teil des Tagesdiagramms des Elektrizitätsverbrauchs ganz beträchtlich und ist damit zur absoluten Landesspitze geworden. Der Wettbewerb Gas/Elektrizität muss einer vernünftigen, freiwilligen Zusammenarbeit Platz machen, wie sie von den Einsich-

tigeren glücklicherweise schon ausgeübt wird. Das ist die schweizerische Gestalt der Koordination. In Notzeiten hat die Gasindustrie die Rolle des einheimischen Lieferanten des für die chemische und metallurgische Industrie so unentbehrlichen Teeres und Benzols. Ausserdem liefert sie den Koks, den besten Ersatz beim Versagen der Heizölzufuhr für die Zentralheizungen und für gewisse Industrien. Auch aus volkswirtschaftlichen Gründen muss man der Aufrechterhaltung und der Entwicklung der Gaswerke Verständnis entgegenbringen. Davon sind allerdings Gaswerke mit zu kleiner Leistung, deren Betrieb unrentabel ist, ausgenommen. Ihr Netz sollte an ein grösseres Werk angeschlossen werden oder der Elektrizität Platz machen.

Ob *Erdgas* in der Energieversorgung der Schweiz je eine erhebliche Rolle spielen wird, wie dies in den Vereinigten Staaten oder in Italien der Fall ist, erscheint heute sehr zweifelhaft. Das gilt übrigens auch von den Aussichten, unseren Ölbedarf aus inländischen Vorkommen zu decken.

IV. Entwicklungstendenzen des Bedarfs und der Produktion elektrischer Energie

Nach dieser Übersicht über die Entwicklung und die künftigen Tendenzen des Bedarfs und der Erzeugung von Energie jeder Form wenden wir uns nun etwas eingehender der elektrischen Energie zu.

Fig. 7 bietet Gelegenheit zu zwei bemerkenswerten Beobachtungen. Ein Vergleich der Kurve des Inlandverbrauchs mit der unteren Kurve des Beschäftigungskoeffizienten in der Industrie zeigt, dass die Abweichungen des tatsächlichen Verbrauchs von

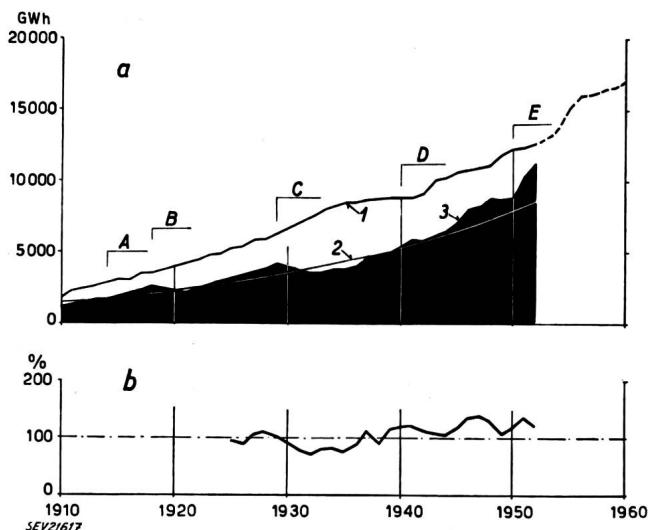


Fig. 7
 a Entwicklung der schweizerischen Energieerzeugung aus Wasserkraft und ihres Absatzes im Inland
 A 1. Weltkrieg; B Krise; C Weltwirtschaftskrise; D 2. Weltkrieg; E Koreakrieg
 1 mögliche Erzeugung; 2 Grundlinie 1,04%; 3 Inlandverbrauch (ohne Elektro-Kessel)
 b Beschäftigungskoeffizient der Industrie

der eingezeichneten Grundlinie des 4%igen Jahreszuwachses die Abweichungen der Beschäftigung der Industrie vom Durchschnittswert von 100 % weitgehend reproduzieren, ihnen sogar nahezu proportional sind. Dieser anschauliche Beleg, in welchem Grad der jeweilige Elektrizitätsbedarf von der

Wirtschaftslage abhängt, ist für Überlegungen über die Zukunft wertvoll.

Aus der Fig. 7 geht aber ein nicht minder lehrreicher, anderer Aufschluss hervor. Die oberste Kurve stellt die bisherige Entwicklung der Energieerzeugung aus Wasserkraft dar und ihre Verlängerung, wie sie sich aus den bereits in Angriff genommenen oder beschlossenen Bauten in den nächsten Jahren ergeben wird. Es lässt sich beobachten, in welcher Weise sich die Schwankungen des Inlandverbrauchs auf die Bereitstellung neuer Energie auswirken. Die aussergewöhnliche Verbrauchssteigerung vor dem Ausbruch der Weltwirtschaftskrise der dreissiger Jahre spornte den Kraftwerkbau an. Bevor jedoch die Bauvorhaben bereinigt, finanziert

dagewesenen Ausmass und Tempo anwachsen lassen werden.

Die Phasenverschiebung zwischen Ursache und Wirkung beträgt entsprechend der Vorbereitungs- und Bauzeit etwa 6...7 Jahre. Die Folge dieses Nachhinkens der Bereitstellung neuer Energie hinter den Bedarfsschwankungen besteht selbstverständlich in einem Wechsel zwischen Knappheit und Überschuss. Eine doppelte Lehre ist daraus zu ziehen: es ist gut, dass das heutige lebhafte Tempo des Kraftwerkbaues die frühere Produktionsmarge wieder herstellt — kommt aber wieder einmal die Ebbe im Absatz, sollte der Kraftwerkbau dann nicht einschlafen, um nicht eines Tages unsanft geweckt zu werden.

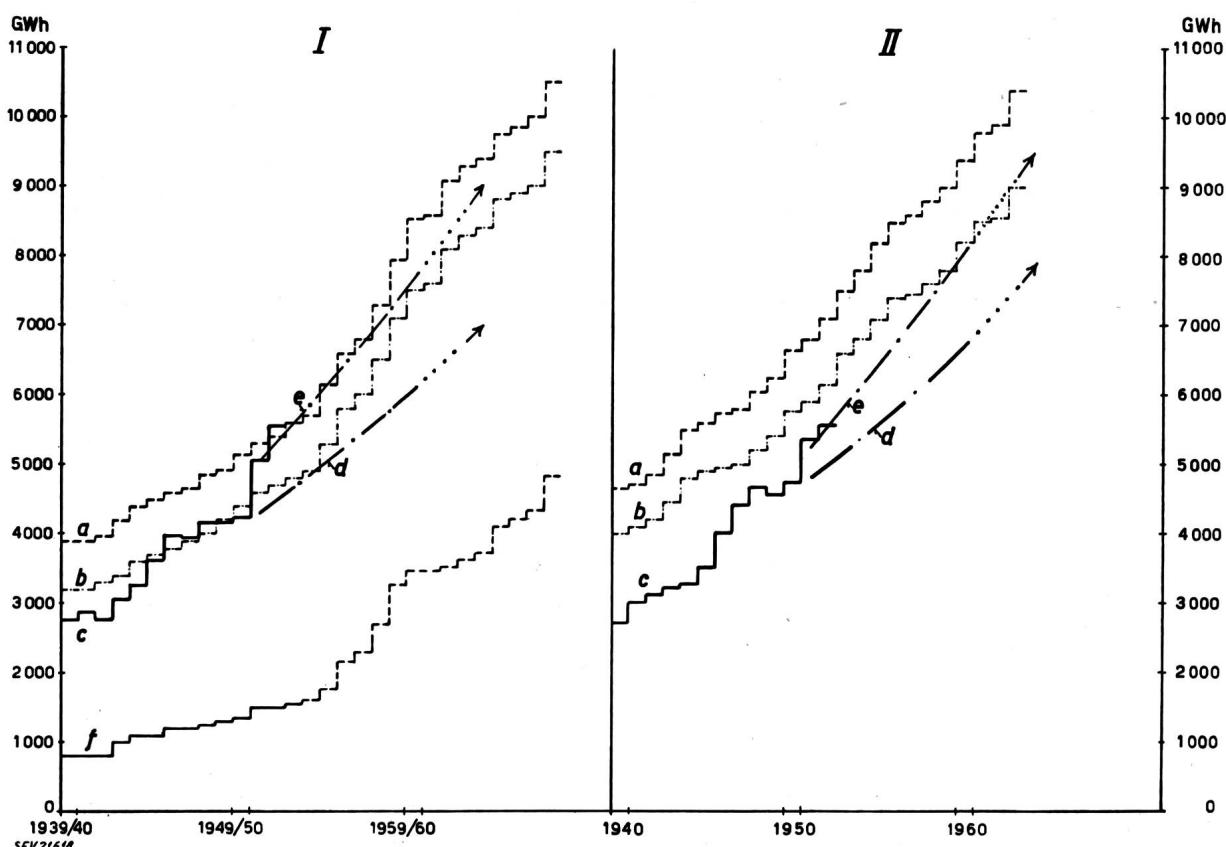


Fig. 8

Entwicklung der mittleren Produktionsmöglichkeit der Wasserkraftwerke der Schweiz und des Inlandverbrauchs
I Winterhalbjahr; II Sommerhalbjahr

Mögliche Erzeugung der Wasserkraftwerke
a) im Durchschnittsjahr
b) im Trockenjahr
f) Speicherenergie

Bedarf
e) bei Hochkonjunktur
d) bei Normalkonjunktur
c) wirklicher Inlandverbrauch (ohne Elektrokessel)

und ausgeführt waren, brach die Krise aus, und als die Werke in Betrieb kamen, war der Bedarf bereits spürbar zurückgegangen. In der Zeit der Weltwirtschaftskrise, d. h. des Elektrizitätsüberflusses, erlahmte der Kraftwerkbau, bis die Bedarfserhöhung der letzten Vorkriegs- und ersten Kriegsjahre wiederum eine neue Bauwelle auslöste, die aber mehrere Jahre später frische Energie auf den Markt brachte. Die Verbrauchserhöhung der ersten Nachkriegszeit und jene des Koreakrieges haben zu den Baubeschlüssen geführt, die in den nächsten Jahren den Ausbau der Wasserkräfte in einem noch nie

In Fig. 8 ist die Entwicklung von Bedarf und Erzeugung etwas eingehender dargestellt. Es wird hier unterschieden zwischen Winter- und Sommerhalbjahr. Interessant ist zu vergleichen, wie der Bedarf an Normalenergie sich nach dem erwähnten Energiekomitee für die Zeit bis 1960 entwickeln dürfte, verglichen mit der Produktionskurve. Dabei ist unterschieden zwischen der Entwicklung nach eingetretener Rückkehr zu einer normalen Wirtschaftslage einerseits und im Falle einer andauern den Hochkonjunktur anderseits. Die Ausgangspunkte für die Extrapolation und Neigung der bei-

den Kurven sind verschieden. Der Vergleich mit der Erzeugungskurve zeigt, dass im Falle der normalen Wirtschaftslage der Bedarf sehr reichlich gedeckt ist. Es bleiben Winters wie Sommers mehrere Tausend GWh für andere Zwecke frei. Bei andauernder Hochkonjunktur dagegen wäre der Bedarf nur in Jahren mit annähernd durchschnittlicher oder höherer Hydraulizität gedeckt, wogegen in trockenen Jahren immer noch, wie jetzt, die inländische thermische Erzeugung und der Elektrizitätsimport notwendig wären.

Sehr erfreulich ist, dass trotz der zu erwartenden, reichlichen Bedarfsdeckung und trotz der hohen gegenwärtigen Baukosten neue Baubeschlüsse von grosser Tragweite unentwegt gefasst werden. Die Erklärung ist Ihnen bekannt, sie liegt in der ausserordentlichen Flüssigkeit des Geldmarktes. Diese ermöglicht es, die grossen benötigten Kapitalien zu sehr niedrigem Zinsfuss für längere Zeit zu beschaffen. Da die Gestehungskosten der Hydroelektrizität zu einem beträchtlichen Teil aus Zins bestehen, wirkt sich die Teuerung der Baukosten nur zum Teil auf die Gestehungskosten der elektrischen Energie aus.

Von Interesse ist die Feststellung, dass die Zunahme der Erzeugung vorwiegend aus Winterenergie und dass diese weitgehend aus Speicherenergie besteht. Dies ist eine positive Bemerkung, hinsichtlich der Anpassung der Erzeugung an den Bedarf. Weniger günstig ist die dadurch entstehende Erhöhung der durchschnittlichen Gestehungskosten.

V. Ausblick über 1960 hinaus

Wie steht es mit den Entwicklungsaussichten des Bedarfs für die Zeit nach 1960? Für diese entferntere Zukunft wächst die Unsicherheit, auch steht uns keine Untersuchung des Energiekomitees zur Verfügung. Es müssen in verstärktem Mass die Vorbehalte erneuert werden, die jeglicher Voraussage anhaften, besonders über eine Frage, die so eng mit der jeweiligen unvorhersehbaren Wirtschaftslage verknüpft ist.

Wir haben bei der Besprechung des Bildes des Gesamtverbrauchs an Rohenergiträgern gesehen, wie das Heizöl und die Elektrizität eine Entwicklung des Kohlenverbrauchs verhindert haben. Wir haben auch schon angedeutet, dass der Elektrizität auf ihrem Hauptabsatzgebiet, der Wärme, im Heizöl ein ernster Konkurrent erwachsen ist. Es wäre nicht überraschend, wenn der Zuwachs des Verbrauchs von Elektrizität zur Wärmeerzeugung sich weiter verlangsamen, während das Öl sich weiterhin ausbreiten würde. Die Grenzlinie zu ziehen zwischen den Anwendungen der Elektrizität einerseits und des Öls anderseits sollte der freien sachlichen Konkurrenz überlassen werden, haben doch die Elektrizitätswerke kein Interesse, einzelne Anwendungen durchhalten und erweitern zu wollen, wenn dies nur durch Gewährung von Strompreisen erreicht werden kann, die unterhalb ihrer eigenen Grenzkosten liegen. Die schweizerischen Wasserkräfte können niemals einen überwiegenden Teil des Landesbedarfes an Energie decken. So ist es ein Gebot der Rationalität, also unserer Volkswirtschaft, die

elektrische Energie denjenigen Anwendungen zuzuhalten, für welche sie technisch und wirtschaftlich überlegen ist und die übrigen Bedarfszweige anderen Energieträgern zu überlassen.

Auf der Seite der *Erzeugung* werden wir in Zukunft, um unsere Rohwasserkräfte immer rationeller zu verwerten, eine Anzahl Aufgaben zu lösen haben. Hiefür einige Beispiele:

National:

Verbilligung der Bauarten und Bauverfahren bei der Erschliessung neuer Kräfte; Erneuerung und grösserer Ausbau alter Anlagen; allmählich stärkerer Einsatz der thermischen Erzeugung zur Aufwertung des inkonstanten Teils der schweizerischen Wasserkraft, sowie zur kombinierten Abgabe von Kraft und Wärme.

International:

Austausch hochwertiger Hydroelektrizität, aus Speicheranlagen augenblicklich und automatisch verfügbar, gegen die träge Thermoelektrizität. Der für uns positive Saldo dieses Austausches sollte in Elektrizitätsimport, z. B. für Winternächte und trockene Zeiten bestehen.

Bis zu welchem Zeitpunkt werden unsere Wasserkräfte noch ausreichen, um den steigenden Elektrizitätsbedarf zu decken? Auf diese Frage sind schon verschiedene, vielleicht nicht immer objektive Antworten erteilt worden. Die mehr oder weniger bestimmten Prognosen gehen weit auseinander, von 1965 bis etwa 1990. Das ist sehr erklärlich, einerseits wegen der Unvorhersehbarkeit mancher Entwicklungsfaktoren des Bedarfs, anderseits weil die Menge der elektrischen Energie, die aus den überhaupt ausbauwürdigen Wasserkräften gewonnen werden kann und die heute von Direktor Kuntschen wie vom Energiekomitee auf rund 28 000 bis 29 000 GWh geschätzt wird, in Zukunft sich als grösser herausstellen könnte.

Unsere beschränkte Holzreserve ausgenommen, liegen die Weltvorräte an festen und flüssigen Rohenergiträgern nicht in unserer Hand. Auch sind sie nicht unerschöpflich. Reicht die Kohle angeblich für Jahrhunderte, so hört man jetzt, dass das Erdöl vielleicht in 50 Jahren erschöpft sein könnte.

Eines steht fest, nämlich unsere Verpflichtung, uns um die spätere Bedarfsdeckung zu kümmern und womöglich für gute und böse Zeiten vorzusorgen.

Dank einer glücklichen Fügung darf man hoffen, dass in einigen Jahrzehnten, wenn der Ausbau unserer Wasserkräfte seiner Vollendung näherrücken wird, es uns erspart bleibt, wieder vermehrt in die Abhängigkeit der Brennstoffeinfuhr zu geraten. Die Technik der Erzeugung elektrischer Energie aus der Kernreaktion dürfte — so wird uns durch Berufene versichert — vor Ende des Jahrhunderts einen Stand erreichen, bei dem Atomzentralen grösster Leistung in Betrieb gesetzt werden könnten. Bis dahin sei allerdings eine systematische Arbeit ungeheuren Ausmasses zu leisten, sowohl an wissenschaftlichen Forschungen, als an konstruktiven Versuchsausführungen.

Einzelne Länder, vorab die Vereinigten Staaten, aber auch Kanada, England, Frankreich und Norwegen besitzen bereits Reaktoren. In England wird die Wärme ausgenutzt, in den Vereinigten Staaten wird sogar schon über eine Dampf-Turbogruppe elektrische Energie erzeugt. Andere Länder bereiten solche Anlagen vor. Die Schweiz mit ihren beschränkten Wasserkräften und ihrer Armut an Bodenschätzen besitzt keine Uranvorkommen. Dagegen kann sie anderen Staaten, die mit Uran dotiert sind, etwas anderes bieten, was hier besonders wertvoll ist: die tüchtige, gut geschulte Arbeitskraft ihrer Forscher, Ingenieure, Techniker und Arbeiter und den Austausch der Erfahrungen, die sie in eigenen Versuchsanlagen gewinnen wird.

Die Studienkommission für Atomforschung (SKA) hat den Plan gefasst, einen Versuchsreaktor zu erstellen und zu betreiben. Nur so kann unser Land den Vorsprung anderer Länder in der Technik der Atomenergie nicht noch grösser werden lassen, sondern allmählich einholen. Nur so können wir vermeiden, dass eines Tages unsere Elektrizitätsversorgung in die Abhängigkeit von grossen, ausländischen Atomkraftwerken gerät.

Dieser erste schweizerische Versuchsreaktor ist für eine Wärmeleistung von etwa 10 000 kW vorgesehen, die Möglichkeit einer späteren, teilweisen

Ausnutzung der Wärme zur Elektrizitätserzeugung ist gewahrt. Die Kosten dieser Anlage sind auf 20 Millionen Franken geschätzt. Eine von *Laliv d'Epinay*, Oberingenieur und Mitglied der industriellen Arbeitsgruppe, verfasste Beschreibung ist im Bulletin SEV 1953, Nr. 25, veröffentlicht worden.

Vor einigen Wochen hat Dr. *Walter Boveri* der Öffentlichkeit einen konkreten Vorschlag unterbreitet, wie die Finanzierung dieses Unternehmens auf breiter, nationaler Grundlage gesichert werden kann. Die schweizerischen Elektrizitätswerke haben allen Anlass, sich zum Appell von Dr. Boveri positiv einzustellen und in der Organisation des Versuchsreaktors den angebotenen Platz neben der Industrie und verschiedenen Institutionen einzunehmen, der ihrem Gewicht in der schweizerischen Energiewirtschaft und den bedeutenden Beträgen entspricht, die sie in Zukunft in der Elektrizitätsversorgung noch werden investieren müssen. Hier gilt es, den Blick auf ein noch fernes, aber grosses Ziel zu richten und über den wichtigsten Schritt, den ersten, in diese verheissungsvolle Richtung rechtzeitig Beschluss zu fassen.

Adresse des Autors:

H. Niesz, Dr. h. c. Ing., Direktionspräsident der Motor-Columbus AG., Baden.

Über ein linear anzeigenches statisches Voltmeter

Von H. Greinacher, Bern

621.317.725

Das seinerzeit im Bulletin SEV¹⁾ beschriebene Flüssigkeits-Voltmeter besitzt, wie alle quadratisch anzeigenenden Instrumente, eine geringe Anfangsempfindlichkeit. Durch Zuhilfenahme der Kapillarkräfte lässt sich diese aber vergrössern und durch passende Profilierung der Elektroden konstant machen. Es wird die Kurve für die erforderliche Krümmung der Fläche, die zu einer linearen Anzeige führt, berechnet.

Comme d'autres voltmètres «statiques» le voltmètre à liquide, publié antérieurement au Bulletin ASE¹⁾, est un instrument à déviation quadratique, et par conséquence la déviation initiale n'est que petite. En employant des forces capillaires on arrive cependant à augmenter considérablement cette sensibilité. On n'a qu'à remplacer les électrodes planes par d'autres qui sont courbées d'une façon convenable. On peut calculer la courbe qu'on nécessite pour obtenir une fonction linéaire de l'instrument.

Im Jahre 1949 wurde im Bulletin SEV über ein neues statisches Voltmeter berichtet¹⁾), das auf der Wirkung der Maxwellschen Spannungen in Dielektrika beruht. Im Prinzip besteht dieses aus einem Töpfchen mit isolierender Flüssigkeit, in die man 2 Kondensatorplättchen eintaucht (Fig. 1). Legt man an die Plättchen Spannung an, so hebt sich der Flüssigkeitsmeniskus um eine bestimmte Höhe h . Infolge der Kapillarität der Flüssigkeit liegt A etwas über dem äusseren Niveau. Dies hat den grossen Vorteil, dass der Meniskus ohne Schwierigkeit anvisiert, bzw. projiziert werden kann. Der Kapillarzug ist bei B eben so gross wie bei A , da der Plattenabstand derselbe ist. Die Hebung der Flüssigkeit geht also

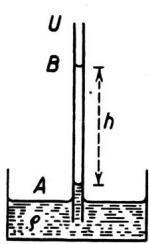


Fig. 1
Prinzip des statischen Voltmeters

auf alleinige Rechnung der elektrostatischen Kräfte, die auf die Flüssigkeit wirken, bzw. sie gibt ein Mass für die angelegte Spannung. Die

¹⁾ Greinacher, H.: Über ein neues statisches Voltmeter. Bull. SEV Bd. 40 (1949), Nr. 21, S. 816...817.

Wirkung beruht somit nicht auf Elektrokapillarität, wie hier noch besonders erwähnt sei, da das neue Elektrometer gelegentlich mit dem Kapillarelektrometer (nach Lippmann) in Parallele gestellt worden ist.

Es sei aus diesem Grunde auch gestattet, nochmals kurz auf die Funktionsweise des neuen Instru-

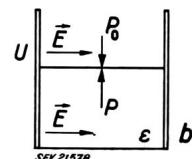


Fig. 2
Maxwellsche Spannungen
a im homogenen Feld; b an der Grenze zweier Medien

mentes einzugehen. Nach Maxwell besteht längs des Feldes E (Fig. 2a) ein Zug Z und quer dazu ein Druck P . In einem einheitlichen Medium heben sich diese Kräfte auf. Sie haben den Betrag $P = Z = \frac{\epsilon E^2}{8\pi}$ (elektrostatisch). An der Trennungsfläche zweier Medien (Fig. 2b) wirken aber die verschiedenen Drücke $P = \frac{\epsilon E^2}{8\pi}$ und $P_0 = \frac{E^2}{8\pi}$. Der resultierende