

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 36 (1945)
Heft: 18

Artikel: Die Produktion elektrischer Energie
Autor: Niesz, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1056506>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 05.02.2025

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

Die Produktion elektrischer Energie

Vortrag, gehalten an der Volkshochschule des Kantons Zürich am 30. Oktober 1944,
von H. Niesz, Baden

621.311

Nachfrage und Angebot an Hydroelektrizität weisen eine zeitliche Verschiebung auf; sie decken sich nicht. Es muss deshalb durch Verbundbetrieb von Speicher- und Laufkraftwerken für einen Ausgleich zwischen Sommer und Winter, aber auch im Verlauf des Tages gesorgt werden. Auf der Seite des Verbrauchs wird der Ausgleich zwanglos durch zweckmässige Tarifgestaltung erwirkt. Am schwierigsten ist der Ausgleich des Unterschiedes zwischen den Angeboten in sehr nassen und in sehr trockenen Jahren; dieser Unterschied beträgt 30 %.

Ferner werden die Gesteungskosten und die Tarifierung der elektrischen Energie behandelt und die aktuellen Probleme des Kraftwerkbauwes gestreift. Am Schluss werden die Grenzen des Angebotes an hydroelektrischer Energie nach Menge und Preis erörtert.

La demande et l'offre d'énergie hydroélectrique sont toujours décalées dans le temps; elles ne coïncident pas. Il est donc nécessaire d'assurer un certain équilibre entre l'énergie d'été et celle d'hiver par une exploitation conjuguée d'usines à accumulation et au fil de l'eau, équilibre qui doit également être atteint pour les charges journalières. Les consommateurs contribuent volontairement à un certain équilibre par une tarification appropriée. Il est par contre très difficile d'obtenir un bon équilibre entre les offres en années très pluvieuses et en années très sèches, l'écart pouvant atteindre 30 %.

Monsieur Niesz s'occupe en outre des frais de revient et de la tarification de l'énergie électrique, puis aborde brièvement les problèmes actuels qui se rapportent à l'aménagement de nouvelles usines hydroélectriques. Pour terminer, il examine quelles sont les limites de l'offre d'énergie hydroélectrique, en ce qui concerne la quantité et le prix.

A. Allgemeines

Als notwendiges Gegenstück zu der im vorhergehenden Vortrag behandelten *Nachfrage* nach elektrischer Energie steht das Angebot, das sich auf die *Produktion* der elektrischen Energie stützt. Ohne die Organisation der schweizerischen Elektrizitätserzeugung näher zu beschreiben und mit statistischem Zahlenmaterial eingehend zu belegen, soll im folgenden das Grundsätzliche der Elektrizitätsversorgung klargestellt werden.

Welches sind die Hauptprobleme, die die Nachfrage stellt, auf welche Weise sind sie durch die Elektrizitätswerke bisher gelöst worden?

Welche Fragen stellen sich für die Gegenwart und die Zukunft?

Während die Versorgung der Schweiz mit festen und flüssigen Brennstoffen zur Deckung ihres Bedarfs an Wärme und zum Teil an motorischer Energie für den Verkehr in der Hauptsache durch das Ausland erfolgt, erhält die schweizerische Elektrizitätsversorgung ihr charakteristisches Gepräge aus der Tatsache, dass sie fast ausschliesslich auf der *einheimischen Wasserkraft* beruht. Dieser Umstand ist kennzeichnend für die finanzielle Gestaltung der Versorgungsunternehmungen, die Struktur der Gesteungskosten der elektrischen Energie sowie die Gestaltung der Verkaufstarife. Ihr verdankt unsere Volkswirtschaft eine reichliche Elektrizitätsversorgung.

Auf die thermische Erzeugung elektrischer Energie wird an anderer Stelle eingetreten, so dass hier nur die hydraulische Erzeugung zu behandeln ist.

Nachfrage nach elektrischer Energie und *Angebot* von Wasserkraft unterliegen verschiedenen Gesetzen, ja ihr Verlauf steht oft im Gegensatz zueinander. Die *Nachfrage* ist durch die Bedürfnisse des Menschen und seine Tätigkeit bedingt, ihre Intensität unterliegt daher einem jährlichen und einem sehr ausgesprochenen täglichen Rhythmus. Die Wasserführung unserer Flüsse schwankt mit der Jahreszeit sehr stark, bleibt aber innerhalb eines Tages gleichmässig. Die Deckung des Bedarfs an elektrischer Energie aus Wasserkraften wirft des-

halb vor allem *Probleme der gegenseitigen Anpassung von Angebot und Nachfrage* auf.

B. Theoretisches

Zunächst ist festzustellen, wie das Problem der Anpassung von Bedarf und Nachfrage teils auf der Seite der *Produzenten durch technische Vorkehren*, teils bei den *Konsumenten durch die Auswirkung von Tarifmassnahmen* gelöst wird.

Dem Charakter dieses Kurses über Wasser- und Elektrizitätswirtschaft entsprechend soll die *Technik*, die Dienerin der Wirtschaft, möglichst wenig behandelt werden. Jedoch wird nicht zu umgehen sein, einige theoretische Erläuterungen aufzufrischen. Man kann nicht gut in die *Energiwirtschaft* eindringen, ohne sich etwas mit dem

Begriff der Energie

zu befassen.

Mechanische Arbeit, Wärme, Elektrizität, Licht, chemische Energie usw. sind wesensverwandt; sie sind verschiedene Erscheinungsformen der gleichen geheimnisvollen Energie. Sie sind ineinander gegenseitig verwandelbar und in bestimmten Zahlenverhältnissen einander äquivalent. Diese Tatsache ist vor einem Jahrhundert von *Robert Mayer*, einem deutschen Arzt, erkannt und bewiesen worden und ist als *das physikalische Gesetz der Erhaltung der Energie* bekannt. Der Ingenieur fügt hier bei, dass diese Umwandlung in der Praxis nicht immer ohne Verluste vor sich geht.

Energie

Form:	Mech. Arbeit =	elektr. Energie =	Wärme
Einheit:	Meterkilogramm	Kilowattstunde	Kilokalorie
Mass:	367 000 mkg =	1 kWh =	860 kcal

Leistung

Mass:	1,36 PS =	1 kW =	0,24 kcal/s
-------	-----------	--------	-------------

Die *Einheit der elektrischen Energie* ist die *Kilowattstunde (kWh)*. Was der Elektrizitätsverbraucher mit ihr anfangen kann, ist in der vorhergehenden Studie dargelegt worden. Es soll nun festgestellt werden, mit welchem Aufwand an Energie

anderer Formen *in der Praxis eine kWh erzeugt wird.*

In einem Dampfkraftwerk braucht es dazu $\frac{1}{2}$ kg guter Kohle. Leider geht dabei aber nur *diejenige* Wärme in elektrische Energie über, die mit 0,11 kg guter Kohle erzeugt werden kann, während der Rest, also der grössere Teil, unvermeidlicherweise hauptsächlich in Form von Wärme (Rauchgase, Strahlung, Kühlwasser) verloren geht, es sei denn, man habe für die Wärme als solche Verwendung.

In einer Wasserkraftanlage kommt es auf das ausgenützte Gefälle und die Wassermenge an. Um eine kWh zu erzeugen, braucht es bei einem Gefälle von

500 m 1 m³ Wasser, d. h. 1 000 kg Wasser, und bei
5 m 100 m³ Wasser, also 100 000 kg Wasser.

In beiden Fällen ist das Produkt aus Gefälle mal Wassermenge 500 000 Meterkilogramm. Auch hier ist der Vorgang nicht verlustlos, denn die gewonnene kWh elektrischer Energie ist das Aequivalent von 367 000 mkg.

In der Elektrizitätserzeugungswirtschaft rechnen wir allerdings als Einheit wenig mit der einzelnen kWh, sondern mit der Million kWh. Um einen Begriff ihrer Anwendung zu geben, sei erwähnt, dass Ende Oktober 1944 an Werktagen innerhalb 24 Stunden die Kraftwerke der Allgemeinversorgung unseres Landes eine Energiemenge von rund 21 Millionen kWh erzeugt haben.

Nun kommt es begrifflicherweise bei der elektrischen Energie nicht allein auf ihre *Menge* an, die man übrigens auch als elektrische «Arbeit» bezeichnet, sondern auch auf die *momentane Intensität*, mit der sie auftritt, die sogenannte *Leistung*.

Die *Leistungseinheit* ist das *Kilowatt (kW)*; früher, als man mehr mit der mechanischen Leistung zu tun hatte, war auch die *Pferdestärke (PS)* gebräuchlich; international und wissenschaftlich anerkannt war aber von jeher nur das kW.

Tritt eine Leistung von 1 kW ununterbrochen während einer Stunde auf, so haben wir es mit einer Energiemenge von 1 kWh zu tun.

C. Grundsätzliches über den Betrieb unserer Kraftwerke

Fig. 1 zeigt den Verlauf der natürlichen Wasserführung und der Nachfrage nach elektrischer Energie während des Jahres und während des Tages. Unter natürlicher Nachfrage ist etwa der Verbrauch verstanden, wie er sich gestalten würde, wenn die Energie jederzeit zu einem einheitlichen kWh-Preis abgegeben würde. Es ist aus dieser Abbildung ersichtlich, wie Nachfrage und Wasserführung in entgegengesetztem Sinne verlaufen, da die Nachfrage im Winter infolge des erhöhten Bedarfes an Beleuchtung und Heizung ganz wesentlich stärker ist als im Sommer und in den Tages- und Abendstunden viel stärker als während der nächtlichen Ruhe jeglicher menschlicher Tätigkeit.

Wie wurde die gegenseitige Anpassung von Angebot und Nachfrage erreicht?

Auf der Seite der Erzeugung ist die Anpassung nicht leicht. *Elektrische Energie lässt sich praktisch im grossen nicht aufspeichern. Im Gegenteil: Sie muss im gleichen Augenblick erzeugt werden, in*

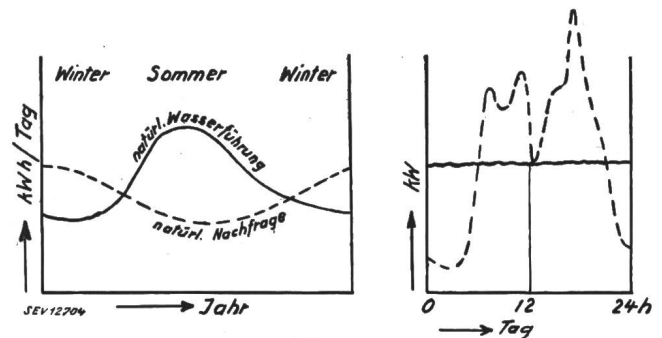


Fig. 1. Natürlicher Verlauf von Nachfrage und Angebot

dem der Verbrauch stattfindet. So bleibt auf der Produktionsseite nur die Möglichkeit, *das Wasser aufzuspeichern*, um es in Zeiten des Mehrbedarfes zu verwerten.

Die sogenannten *Flusskraftwerke* oder *Laufwerke* verarbeiten das jeweils natürlich abfliessende Wasser so, wie es anfällt. Ihre Erzeugung schwankt daher gleichzeitig mit der Wasserführung des Flusses. Die *Speicherwerke* dagegen werden unterhalb eines natürlichen oder künstlichen Stausees errichtet und vermögen dessen Abfluss nach der jeweils auftretenden, augenblicklichen Nachfrage zu regulieren. Dieser Vorteil muss natürlich entsprechend bezahlt werden, denn die Erzeugung einer kWh aus Speicherkraftwerken kostet im allgemeinen etwa das Dreifache einer kWh aus Flusskraftwerken. Man denke nur an die Kosten der Erstellung der mächtigen Staumauern.

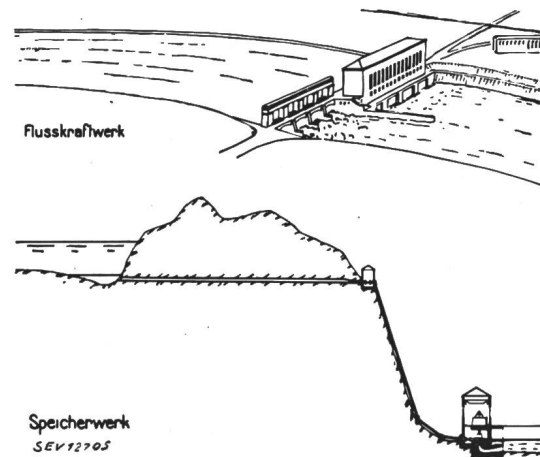


Fig. 2. Grundsätzliche Darstellung eines Laufkraftwerkes und eines Speicherwerk

In Fig. 2 sind die wesentlichen Merkmale von einem Fluss- oder Laufkraftwerk und von einem Speicherwerk schematisch dargestellt. Der charakteristische Verlauf der Produktion aller schweizerischen Kraftwerke innerhalb eines Jahres ist aus Fig. 3 zu ersehen.

Durch Zusammenarbeit beider Kraftwerktypen im *Verbundbetrieb* lassen sich die Vorteile beider vereinigen. Wirtschaftlich gesprochen ist dabei die Aufgabe der Flusskraftwerke, möglichst billige, wenn auch unregelmässig anfallende Energie zur Deckung des Hauptteiles des Bedarfes zu liefern, während die Speicherwerke, deren Produkt teurer ist, den Ausfall der Flusswerke in Niedrigwasserzeiten auszugleichen und ausserdem die jeweiligen täglichen Belastungsspitzen (Kochspitze und Lichtspitze) zu decken haben.

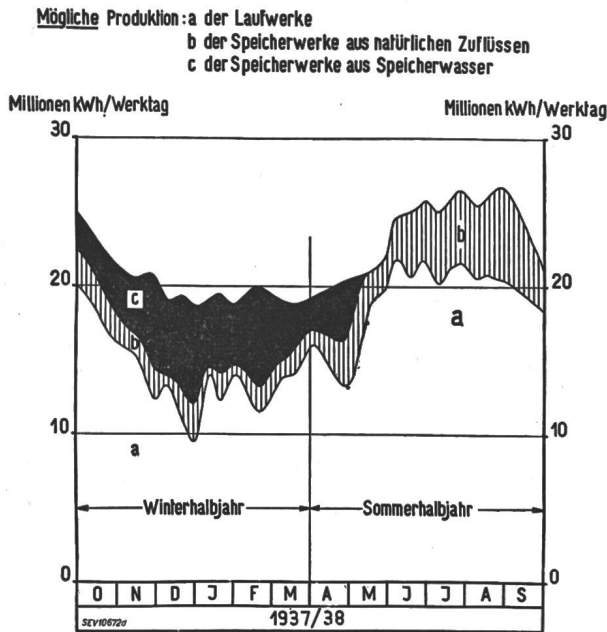


Fig. 3.
Verlauf der Produktion aller schweizerischen Werke innerhalb eines Jahres

Auf der Seite des *Verbrauchs* vollzieht sich die Anpassung aus wirtschaftlichen Gründen durch die Auswirkung der Tarife fast von selbst. Wegen den hohen Kosten der Energie aus Speicherwerken verzichtet im Winter mancher Bedarfszweig auf Elektrizitätsbezug, weil er auf besonders niedrige kWh-Preise angewiesen ist.

Beispielsweise arbeiten Karbidfabriken normalerweise im Winter nicht. Aus dem gleichen Grunde vermag auch die elektrische Raumheizung sich nicht als Hauptheizung zu verbreiten; sie muss vielmehr auf die Uebergangszeiten, in denen sie zur Hauptsache die billigere Flusswerkenergie benutzt, beschränkt werden. Der typische Absatzzweig für Energie, die anderweitig nicht absetzbar ist, sind die *einstellbaren* Lieferungen an industrielle Elektrokessel. Darin wird die elektrische Energie als zeitweiliger Kohlenersatz verwendet; freilich vermag der Industrielle hierfür nur ganz niedrige Preise zu bezahlen, um nicht teurer zu fahren als mit Kohle, für die er daneben auch eingerichtet sein muss. Vor dem Krieg wurde die kWh zu weniger als 1 Rp. bezahlt. Es besteht ein grundsätzlicher Qualitäts-, also Preisunterschied zwischen den einstellbaren, also produktionsangepassten, und den konsumangepassten Lieferungen. Im Winter

überwiegt die Nachfrage, daher höhere Preise, im Sommer umgekehrt das Angebot, weshalb die Preise niedriger sind.

Mit allen bestehenden schweizerischen Kraftwerken, einschliesslich derjenigen der sich selbst versorgenden Industrien und der Bahnen, können bei durchschnittlichen Wasserverhältnissen jährlich rund 9200 Millionen kWh erzeugt werden.

Von der Jahreserzeugung entfallen durchschnittlich

auf das Sommerhalbjahr etwa 55 %, d. h. rund 5000 Millionen auf das Winterhalbjahr etwa 45 %, d. h. rund 4200 Millionen

Von der Wintererzeugung entfallen auf die Jahresspeicherwerke rund 1/4 oder 1050 Millionen und auf die Fluss- oder Laufkraftwerke 3/4, d. h. über 3000 Millionen kWh. Da ihre Erzeugung von den jeweiligen Witterungsverhältnissen abhängt, kann die Versorgungslage im Laufe des Winters sehr stark wechseln, selbst wenn das Winterhalbjahr mit vollen Speichern angetreten wird. In sehr trockenen Wintern ist die Erzeugung um etwa 15 % kleiner, in sehr nassen Wintern um etwa 15 % grösser als im Falle durchschnittlicher Wasserverhältnisse. Auch im Sommerhalbjahr treten ähnliche Schwankungen auf.

Diese grossen Schwankungen von im ganzen 30 % stellen für die Elektrizitätswerke eine empfindliche Schwierigkeit dar. Da die Energieversorgungsbetriebe grundsätzlich den Bedarf sicherzustellen suchen, sind sie bestrebt, den Kraftwerkbau so zu fördern, dass auch den trockenen Jahren Rechnung getragen wird. Damit entsteht allerdings in den andern Jahren ein *Ueberangebot*, das auf die Wirtschaftlichkeit der Werke drückt, da die dann mehr anfallende Energie nur zu niedrigen Preisen oder überhaupt nicht abgesetzt werden kann. Die Lösung besteht in der Verstärkung und Ausdehnung der schon erwähnten, zeitweilig einstellbaren Lieferungen, die ohnehin für den Absatz der reichlichen Sommerproduktion nötig sind, wie auch durch Ausgleich mit ausländischen Werken, die von Dampfkraftwerken versorgt werden.

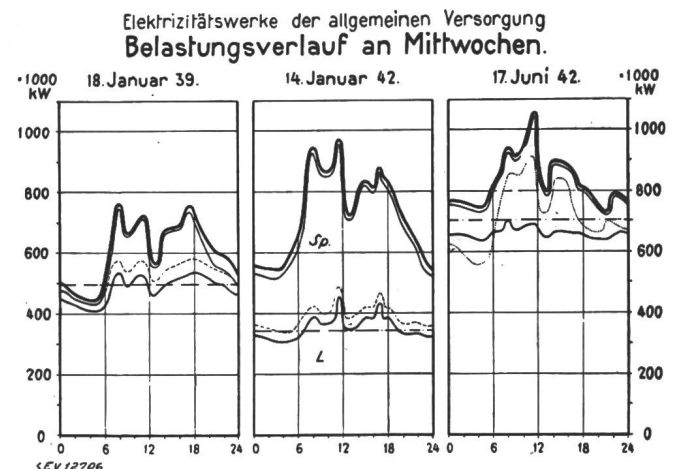


Fig. 4.

Der Ausgleich geht noch weiter, denn teilweise dienen die Exportleitungen in Zeiten von Niedrigwasser auch einem Import elektrischer Energie.

Der Verlauf des Verbrauchs innerhalb 24 Stunden (Fig. 4) ist ebenfalls das praktische Ergebnis der gegenseitigen Anpassung von Angebot und

Jährliche Erzeugung elektr. Energie der Schweiz

(in allen Werken der Allgemeinversorgung, der Industrie und der SBB)
einschl. Uebertragungs- u. Pumpverluste

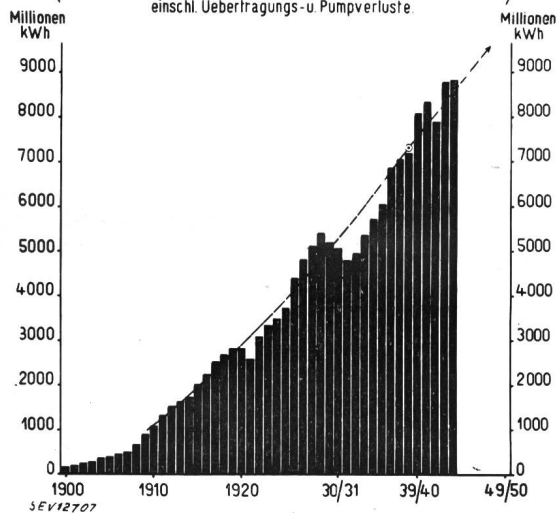


Fig. 5.

Nachfrage. Auf der Produktionsseite erfolgt die Anpassung in den Speicherwerken durch Aufspeicherung von Wasser in der Nacht, in welcher

aus, der Rest muss von den Speicherwerken durch Absenkung der Stauseen geleistet werden. Im Sommer dagegen wird der Hauptteil des Verbrauchs durch Laufkraft gedeckt, doch werden die Speicherwerke auch herangezogen, wobei sie einen Teil der laufenden Zuflüsse verarbeiten. Auf der Verbraucherseite wird der Konsum sehr nachhaltig durch Tarifmassnahmen beeinflusst, z. B. indem die Abendstunden mit einem erhöhten Elektrizitätspreis bedacht werden und umgekehrt in den Nachtstunden ganz billige Preise gewährt werden. Dies hat in unserem Lande die Verbreitung der beliebten Heisswasserspeicher, der sogenannten «Boiler», begünstigt.

D. Entwicklung der jährlichen Gesamtproduktion

Fig. 5 zeigt die Entwicklung der jährlichen Gesamtenergieproduktion aller Werke der Schweiz, einschliesslich des beträchtlichen Anteils der Selbstversorger (Grossindustrie und SBB) seit dem Beginn des Jahrhunderts. Deutlich erkennbar sind sukzessive die Prosperitätsperiode bis 1930, die Weltwirtschaftskrise bis 1935, anschliessend die steigende Konjunktur, und 1938/39 der Rückschlag infolge Wassermangels.

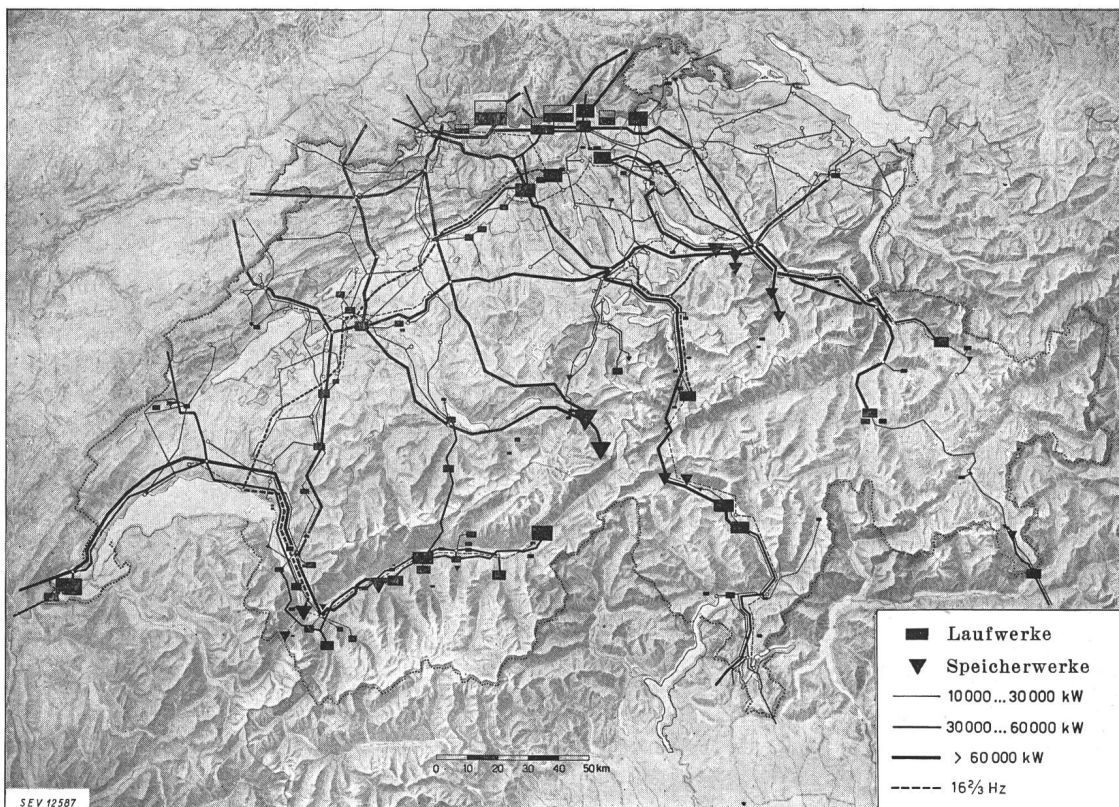


Fig. 6.

Situationsplan der Schweiz. Elektrizitätswerke von mehr als 1000 kW Leistung und der Hauptübertragungsleitungen 1945

1 : 2 500 000

die Nachfrage am geringsten ist. Im Winter, bei scharfem Niederwasser, reichen die Laufwerke nicht einmal für die Hälfte des Gesamtverbrauchs

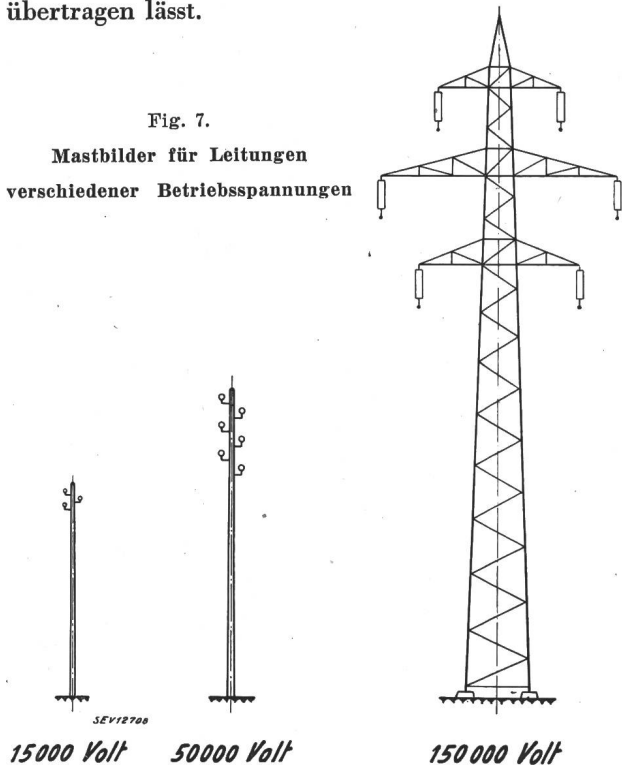
Wie wird die künftige Entwicklung verlaufen? Das ist eine der aktuellsten Fragen der Elektrizitätswirtschaft, ja der Volkswirtschaft überhaupt.

Das Voraussagen ist in solchen Dingen sehr undankbar, denn die Entwicklung hängt von ausserordentlich vielen unsicheren Faktoren ab. Auf der Seite der Konsumenten spricht man von einem nötigen jährlichen Produktions-Zuwachs von durchschnittlich 200 Millionen kWh für die Allgemeinversorgung und die Selbstversorger. Eine der Hauptvoraussetzungen einer solchen Entwicklung ist allerdings für die *Konsumenten*, dass die Elektrizitätspreise in Zukunft die gleichen bleiben, wenigstens im Verhältnis zu den andern Warenpreisen und Lebenskosten. Die *Produzenten* müssen voraussetzen, dass es weiterhin möglich sein wird, Kraftwerke mit einem Geldaufwand zu erstellen, der die erhöhtlichen Elektrizitätspreise einzuhalten erlaubt.

E. Die Uebertragung und Verteilung der Energie

Aus der Karte der schweizerischen Werke und der Hauptübertragungsleitungen (Fig. 6) ist zu ersehen, dass die Speicherwerke nur in den Alpen und Voralpen liegen, während die Flusskraftwerke hauptsächlich im Unterland anzutreffen sind. Laufkraftwerke mit grösseren Gefällen und relativ geringen Wassermengen wurden aber auch in den Bergen errichtet.

Die Elektrizität verdankt ihre grosse Verbreitung nicht allein ihrer vielfältigen Umwandlungsfähigkeit, sondern ebenso sehr der wunderbaren Leichtigkeit, mit der sie sich über grosse Entfernungen übertragen lässt.



Massgebend für die Beurteilung der Leitungen ist die *Spannung*, die am einfachsten mit dem Druck zu vergleichen ist, mit dem eine Wasserleitung betrieben wird.

Mit den für die Detailverteilung und die Zuleitung bis zu den Lampen- und Haushaltapparaten

geeigneten Niederspannungen¹⁾ von 100 bis 500 Volt — normal 220 und 380 Volt — vermag man freilich höchstens wenige hundert kW zu übertragen, und das nur auf einige hundert Meter Distanz. Je grösser die Leistung und die Entfernung sind, um so höher muss die verwendete Spannung sein.

Man überträgt mit einer Leitung bei einer

Spannung von 15 000 V 3 000 kW auf einige km, bei einer Spannung von 50 000 V 10 000 kW auf etwa 50 km, bei einer Spannung von 150 000 V 60 000 kW auf 100...200 km.

Freilich erfordert die grössere Spannung grössere Isolatoren und grössere Abstände zwischen den Leitern, also grössere Masten (Fig. 7). Glücklicherweise besitzt man in den Transformatoren eine Einrichtung, mit der jede erforderliche Umspannung fast verlustlos vorgenommen werden kann.

Ein Netz von *Hauptleitungen*, meist von 150 000 Volt, verbindet die Kraftwerke der Alpen mit den Kraftwerken im Unterland, zugleich für die Zwecke des Verbundbetriebes, wie auch für die Speisung der *Hauptverteilungszentren*, der sogenannten *Unterwerke*. Einige Leitungen stellen die Verbindung mit dem Ausland für die Export- und Importzwecke her.

In den Unterwerken erfolgt normalerweise eine Transformierung auf 50 000 Volt, in den kleineren Verteilzentren weiter auf 8 bis 15 000 Volt. Mit dieser Spannung wird die Energie an die industriellen Abnehmer oder an die kleinen Orts-Transformatorstationen abgegeben, wo die weitere Reduktion der Spannung zum Gebrauch in den Niederspannungsnetzen, also auf 220/380 Volt, vorgenommen wird.

F. Gestehungskosten und Tarifierung der elektrischen Energie

Insgesamt wurden bis heute in sämtlichen Erzeugungs- und Verteilungsanlagen aller Kraftwerke, also einschliesslich Selbstversorger-Betriebe, rund 3000 Millionen Franken investiert.

Die Tabelle Fig. 8 zeigt allein für die Werke der öffentlichen Elektrizitätsversorgung, und zwar nach ihrem Stand vom Jahre 1938, einige interessante Zahlen. Bemerkenswert sind die beträchtlichen Kapitalien, die zum Aufbau der schweizerischen Elektrizitätsversorgung auf der Wasserkraft-Basis erforderlich waren. Ueberraschen wird die Tatsache, dass die Netze nicht weniger gekostet haben als die Kraftwerke. Die Elektrizitätswerke zeichnen sich dadurch aus, dass sie seit jeher eine kluge, vorsorgliche Finanzierungspolitik betrieben, indem sie durch reichliche Abschreibungen nicht nur der nötigen Kapitaltilgung und der Veralterung Rechnung tragen, sondern auch für eine Selbstfinanzierung sorgen. In den letzten Jahren vor dem Krieg wurden die Kraftwerk- und namentlich die beträchtlichen Leitungsbauten allein durch die aus Abschreibungen und sonstigen Rückstellungen freigewordenen Beträge finanziert.

¹⁾ Niederspannungen sind Spannungen bis 1000 Volt, Hochspannungen solche über 1000 Volt.

Die Struktur der Gestehungskosten der hydroelektrischen Energie ist ganz ausschlaggebend dadurch gekennzeichnet, dass deren weitaus überwiegender Teil für den Dienst des aufgewendeten Kapitals erfordert wird: Verzinsung, Tilgung, Abschreibung benötigen grössere Mittel als Löhne, Betrieb, Unterhalt und Steuern. Uebrigens hängen selbst die zweitgenannten Posten mehr vom aufgewendeten Kapital als von der abgegebenen Energiemenge ab.

Man hat es daher mit *Festkosten* zu tun, ähnlich wie beim Telephon und den Bahnen, im Gegensatz zu der Energieerzeugung auf thermischem Wege, wo für jede erzeugte kWh ein bestimmtes Quantum Brennstoff aufgewendet werden muss und daher neben festen Kosten auch der Erzeugung proportionale Kosten entstehen.

Die Tarifierung muss 2 Grundbedingungen erfüllen, damit das Gesetz von Angebot und Nachfrage zu beide Teile befriedigenden Preisen führt. Einerseits muss sie dem Konsumenten für die beab-

	Stand 1938	Millionen Fr.	
Erstellungskosten	{	Kraftwerke	1075
		Netze	1075
			2150
Buchwert		1050	

Gesamteinnahmen = Jahreskosten:
 = 250 Mill. Fr. = 11,5% von den Erstellungskosten
 = 22% vom Buchwert

Verwendung der Einnahmen:			
Millionen Fr.		%	100 %
46	Ablieferung an öffentliche Kassen	18	80
50	Verzinsung des Eigen- und Fremdkapitals	20	60
67	Abschreibungen	27	40
14	Wasserzinse und Steuern	6	20
73	Betrieb und Unterhalt	29	0

Fig. 8.

Erstellungskosten und Verwendung der Einnahmen der Elektrizitätswerke

sichtigte Anwendung genug Anreiz bieten, andererseits muss der Produzent die Preise aus den geschilderten Gründen je nach Jahreszeit und Tageszeit sehr verschieden ansetzen, wobei aber seine gesamten Gestehungskosten gedeckt werden müssen. Die aus diesen verschiedenen Forderungen entstandenen Tarife scheinen oft etwas kompliziert und zunächst nicht leicht verständlich.

G. Aktuelle Probleme des Kraftwerkbaus

Die Winterhalbjahre der letzten Zeitperiode sind dadurch gekennzeichnet, dass zur Sicherstellung der Elektrizitätsversorgung zeitweise besondere Vorkehrungen getroffen werden mussten.

Während den ersten zwei Kriegswintern konnte die sehr stark angestiegene Nachfrage nur dank der ausserordentlich günstigen Wasserverhältnisse befriedigt werden.

Im dritten Kriegswinter (1941/42) trat infolge weiter angestiegener Nachfrage einerseits und ausgesprochen trockener Witterung andererseits ein scharfer Energiemangel ein. Es mussten die unvermeidlichen Einschränkungen nach kriegswirtschaftlichen Notwendigkeiten auf die einzelnen Konsumentengruppen verteilt werden.

Im vierten Winter stand es besser; zwar blieb das Wetter trocken, doch kamen die Kraftwerke Innerschweizer und teilweise Verbois in Betrieb.

Der fünfte Winter war wiederum ziemlich trocken, aber die Inlandversorgung wurde stark erleichtert durch den Rückgang der Ausfuhr unter die vertraglichen Minima infolge Ausbleibens der Zahlungen.

Wie steht es mit der Entwicklung der Produktionskapazität?

Die geschilderte, trotz starker Verbrauchssteigerung relativ befriedigende Versorgung wäre nicht möglich gewesen, wenn die Elektrizitätsversorgungsunternehmen, ungeachtet vieler Schwierigkeiten, nicht Risiken und Mehrkosten auf sich genommen, vor dem Krieg vorgesorgt und noch während des Krieges neue Kraftwerke erstellt hätten. Durch den Bau der Werke Gampel und Mörel hat die Industrie das ihrige zur Verbesserung der Lage beigetragen.

Das 10-Jahreprogramm der Elektrizitätsverbände wollte der kommenden Bedarfsentwicklung weiter entsprechen. Ob die jährliche Steigerung 200 Millionen kWh oder etwas weniger oder mehr beträgt, können wir nicht wissen, aber wir sehen deutlich voraus, dass die Erzeugung nicht genügen wird, weil in der Ausführung dieses Programms bereits eine grosse Verspätung eingetreten ist.

Im Bau begriffen sind das Flusskraftwerk Rapperswil und das Winterspeicherwerk Lucendro; Arbeiten beginnen auch bei Rossens. Die weitere Ausführung des 10-Jahreprogramms ist jedoch nicht gesichert. Infolge der Bauzeit von 3...5 Jahren wird sich die seit dem Winter 1941/42 eingetretene Unmöglichkeit, die Ansprüche aller Konsumenten zu befriedigen, in Wintern mit besonders schwacher Wasserführung immer wieder und vielleicht immer schärfer wiederholen. Als Hindernisse im Kraftwerkbau sind zu nennen: Der Mangel an Arbeitskräften, der Rohstoffmangel und die Teuerung.

Infolge der Kapitalintensität und der Festkostenstruktur der Elektrizitätsversorgung erhöhen sich die Gestehungskosten der kWh praktisch fast im gleichen Verhältnis wie die Anlagekosten, und zwar dauernd. Die Anlagekosten sind gegenwärtig um 70 % höher als vor dem Krieg.

Die Elektrizitätsversorgungsunternehmen sind eingeklemmt in einer *Schere*, deren eine Klinge die *Kriegsteuerung* ist und die andere die *fallende Tendenz* des Durchschnittserlöses pro kWh, die infolge des seit dem Krieg eingeführten *Preisstops* nicht ausgeglichen werden konnte.

Trotzdem haben sich die meisten und grössten Versorgungsunternehmen des deutschsprachigen Landesteils bereit erklärt, gemeinsam das Hauptstück des 10-Jahresprogramms — man darf hier in jedem Sinne von einer «Pièce de résistance» sprechen —, nämlich die Hinterrheinwerke mit dem Stausee im Rheinwald, zur Ausführung zu bringen als das einzige grosse Speicherwerk, dessen natürliche Verhältnisse für eine Ausnützung so günstig liegen, dass trotz der Teuerung die Gestehungskosten gerade noch erträglich erscheinen.

Die Schwierigkeiten, die sich der Erlangung der Konzession für den Rheinwaldsee entgegenstellen, liegen nicht auf der Ebene der Wirtschaft, so dass hier nicht darauf eingetreten werden soll. Die Folgen einer Nichtausführung dieser Anlagengruppe würden jedoch für die Elektrizitätsversorgung, die Volkswirtschaft und die Arbeitsbeschaffung schwerwiegend sein.

H. Grenzen des Angebotes nach Menge und Preis

Angesichts der starken, bis jetzt keine Sättigungstendenz aufweisenden Steigerung des Gesamtbedarfes stellt sich die Frage, wie weit dieser durch Ausnützung weiterer einheimischer Wasserkräfte überhaupt gedeckt werden kann.

Aus den wertvollen generellen Vorprojekten des eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft geht hervor, dass die Grenze der jährlichen Produktion der ausgebauten und noch ausbaufähig erscheinenden

Wasserkräfte etwa bei 21 Milliarden kWh liegt. Das dürfte ungefähr die Grenze des Angebotes an schweizerischer Hydro-Elektrizität gegenüber der heutigen Erzeugung von 9,2 Milliarden kWh sein.

Es gibt aber eine zweite, engere Begrenzung, die durch die Wirtschaftlichkeit gezogen wird, und zwar betrifft dies die schon erwähnte fallende Preistendenz. Wenn einmal der Anteil der noch zu befriedigenden hochwertigen Bedürfnisse so gering sein wird, hört, wirtschaftlich gesprochen, die Möglichkeit auf, Wasserkraftprojekte zu verwirklichen, deren Gestehungskosten samt Uebertragungskosten höher liegen als der Konkurrenzpreis der Brennstoffwärme. Nun wird das aber bei einer Reihe der rein technisch ausführbaren Projekte der Fall sein. Obwohl wir heute, und gerade heute weniger als je, uns keine Voraussage über die spätere Gestaltung der Brennstoffpreise und Baupreise erlauben können, dürfen wir vielleicht annehmen, dass eine Verdoppelung der heutigen Erzeugung ungefähr als obere Grenze der Ausnutzungsmöglichkeit der Wasserkräfte der Schweiz erscheint, über welche hinaus zu gehen unter Umständen *ruinöse Autarkie* sein könnte.

Es steht für den Elektrizitätswirtschaftler fest, dass nur die sowohl technisch, als auch wirtschaftlich ausbaufähigen Wasserkräfte zur Ausnützung gelangen *dürfen*, dass aber auch alle diese Kräfte zur Ausnützung gelangen *müssen*.

Adresse des Autors:

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

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Atomkernenergie für friedliche Zwecke

539.17
621.499.4

Mit dem Bekanntwerden des kriegsmässigen Einsatzes der Atombombe ist in der letzten Zeit das Wesen der Atomkernenergie in den Brennpunkt des allgemeinen Interesses gerückt. Die Frage ist aufgeworfen worden, ob es nicht möglich sein sollte, die intranukleare Energie, die bei der Atombombe explosionsartig zum Ausbruch kommt, für industrielle Zwecke nutzbar zu machen. Es dürfte nicht allgemein bekannt sein und vielleicht diesen oder jenen Leser interessieren, dass bereits *zwei Schweizer Patente* existieren, die sich mit der langsamen, beherrschten Umwandlung von Atomkernenergie in Wärme und deren Verwendung z. B. zum Betriebe eines thermischen Kraftwerkes befassen.

Inhaber beider Patente ist ein Institut namens «Centre National de la Recherche Scientifique» in Paris. Es handelt sich um folgende Patente:

Schweizer Patent Nr. 233011
Anmeldedatum 19. April 1940
Veröffentlicht am 2. 10. 1944
Französische Priorität vom 1. 5. 1939

Schweizer Patent Nr. 233278
Anmeldedatum 20. April 1940
Veröffentlicht am 16. 10. 1944
Französische Priorität vom 2. 5. 1939

Ob die in der erstgenannten Patentschrift als Beispiel beschriebene konstruktive Ausführung einer Apparatur zur Umwandlung von Atomkernenergie in Wärme bereits befriedigend funktionieren wird, erscheint fragwürdig. Hingegen ist es ausserordentlich interessant, aus den beiden Patentschriften den praktischen Stand der Kernphysik im Frühjahr 1939 zu erkennen. Unter anderem wird bereits ausgesagt,

dass aus einem Gemisch von Radiumemanation und Berylliumpulver schnelle Neutronen herausgeschleudert werden, dass aber nur durch langsame Neutronen Urankerne — und zwar lediglich solche vom Isotop mit dem Atomgewicht 235 — gespalten werden können, dass schnelle Neutronen durch leichte Stoffe wie Wasserstoff, Deuterium, Wasser, schweres Wasser, Kohlenstoff, Paraffin u. a. abgebremst werden können.

Ferner wurde bereits erkannt, dass bei der Spaltung eines U 235-Atoms im Mittel 3 Neutronen ausgesandt werden, die unter besonderen Voraussetzungen zu einer Kettenreaktion Anlass geben können, dass das Bestehen einer Kettenreaktion die notwendige, aber noch nicht hinreichende Voraussetzung für jede technische Ausnutzung von Atomkernenergie ist, dass zwischen konvergenten und divergenten Kettenreaktionen unterschieden werden muss, von denen die konvergenten frühzeitig von selbst zum Stillstand kommen, während bei den divergenten die Gefahr besteht, dass sie lawinenartig anwachsen und die freigewordene Energie explosionsartig zum Ausbruch kommt, was bei der industriellen Verwertung vermieden werden muss. Mit grosser Ausführlichkeit wird alsdann eingegangen auf alle möglichen Massnahmen zur Steuerung solcher Kettenprozesse, z. B. durch periodisches Einschieben von Neutronen absorbierenden kadmierten Blechen in die reagierende Masse, sowie auf alle kritischen Grössen (z. B. die minimal erforderliche Uranmenge, die sogenannte «kritische Masse»), die für die Abwicklung solcher Kettenreaktionen von Belang sind, auf die Beschaffenheit der Gefässwände, welche die Neutronen in den Reaktionsherd reflektieren sollen (Material: Eisen oder Blei) und dergleichen mehr. Als nicht notwendig wird die vorherige Trennung der beiden Uranisotope angesehen.

So andeutungsweise die konstruktive Ausführung angegeben ist, so umfassend ist der Patentanspruch, so dass eine Umgehung des Patentes gänzlich aussichtslos erscheint. —