

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 41 (1950)
Heft: 2

Artikel: Perspektiven der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft
Autor: Bauer, Bruno
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061225>

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: 03.04.2025

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

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Perspektiven der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft

Referat, gehalten an der Delegiertenversammlung des Schweizerischen Handels- und Industrievereins
am 17. September 1949 in Zürich

Von Bruno Bauer, Zürich

621.311(494)

Ausgehend von der Entwicklung und den allgemeinen Gesetzen der Energiewirtschaft zeigt der Autor, dass der Marktwert der Elektrizität mit zunehmender Elektrifizierung sinkt. Auf der andern Seite sind die Produktionskosten gestiegen. Die Spanne zwischen Erlös und Kosten musste sich somit verkleinern. Diese Tendenz wird zunehmen. Der Erlös aus dem Zuwachs des von der Hydroelektrizität gedeckten Verbrauchs wird die Kosten der neuen Produktion nicht mehr voll zu decken vermögen, falls sich die Baukosten nicht senken oder die Verkaufspreise der Elektrizität nicht den neuen Produktionskosten angepasst werden. Diese Anpassung müsste in wohlhabender Differenzierung erfolgen, so dass die Wettbewerbstätigkeit der Elektrizität nicht fühlbar leidet.

En s'appuyant sur l'évolution et les lois essentielles de l'économie énergétique, l'auteur démontre que la valeur marchande de l'énergie électrique diminue au fur et à mesure que l'électrification est plus avancée. D'autre part, les frais de production ont augmenté, de sorte que l'écart entre les recettes et les dépenses devait nécessairement diminuer. Cette tendance se poursuivra. Les recettes provenant de l'accroissement de la consommation ne pourront plus couvrir complètement les frais de production d'énergie hydroélectrique, si les frais de construction ne peuvent pas être abaissés ou si le prix de vente de l'énergie électrique n'est pas adapté aux nouveaux frais de production. Cette adaptation devrait s'opérer en tenant très soigneusement compte des différents tarifs, de manière à ne pas entraver la propagande en faveur des applications de l'électricité.

Es gereicht mir zur grossen Ehre, vor diesem illustren Auditorium über das vorliegende Thema referieren zu dürfen, ein Thema, das zwar voller Gefahren ist, denn schliesslich stellt es immer ein gewagtes Unterfangen dar, den Propheten zu spielen. Indessen fühle ich mich hier im Kreise der erfahrensten Wirtschaftsführer unseres Landes ausserordentlich wohl aufgehoben. Sie sind es ja gewohnt, aus den statistischen Resultaten von Wirtschaftsanalysen Folgerungen für die Zukunft zu ziehen, und Sie wissen, dass solchen Voraussagen immer eine Unsicherheit anhaftet, die um so grösser ist, je weiter sich der Blick nach vorne wagt. Sie kennen auch die Schwierigkeiten der wirtschaftlichen Prognose in der heutigen Zeit. Eine Mannigfaltigkeit von veränderlichen Faktoren wirkt ständig auf die Entwicklung jeder Produktionswirtschaft ein und bringt sie so in Abhängigkeit vom Wohl und Wehe anderer Wirtschaftsgruppen. Die gegenseitige Verknüpfung ist beinahe unüberschaubar, und da das natürliche Spiel der Kräfte in der Wirtschaft immer noch gestört ist, möchte man es aufgeben, zur Stunde einen Blick in die Zukunft zu tun, wenn wir nicht wüssten, dass die grossen «Gesetzmässigkeiten», welche die wirtschaftlichen Beziehungen regeln, nach wie vor in Wirkung sind. Sie können nicht wegdiskutiert und nicht wegdiktirt werden, denn hinter ihnen steht der Mensch, der stets die gleichen alten Spielregeln wirtschaftlichen Handelns befolgt. Man kann ihn zwar vorübergehend zu anderem Tun zwingen, aber die Kräfte seiner wirtschaftlichen Eigengesetzlichkeit erlahmen nicht und gelangen früher oder später immer wieder zum Durchbruch.

Hier aber stosse ich schon auf einen Einwurf Ihrerseits: Schön, wenn die Marktgesetze wieder volle Geltung haben werden, denken Sie, aber was nützt uns dies in der Elektrizitätsversorgung, wo die Lieferwerke im Genuss des Monopols stehen? Es ist zutreffend, wir halten vergebens Ausschau nach einem Elektrizitätsmarkt im eigentlichen Sinn des Wortes, einem Markt, wo einer Vielheit von Verbrauchern auch eine Vielheit von Produzenten elektrischer Energie gegenübersteht; es fehlt das Konkurrenzprinzip. Seine Ausschaltung ist übrigens wirtschaftlich begründet, weil andernfalls die Mehrkosten, die aus dem Nebeneinanderbestehen mehrfacher Produktions-, Fortleitungs- und Verteilanlagen erwachsen müssten, dem Verbraucher der elektrischen Energie am Ende selbst zur Last fielen. Indessen ist das Elektrizitäts-Liefermonopol der Produzenten noch lange nicht ein Energie-Liefermonopol. Diese Unterscheidung ist weit mehr als eine Finesse, sie ist von grundsätzlicher Bedeutung, und die Tatsache, dass sie von vielen Wirtschaftspolitikern übersehen wird, kann unserer Erkenntnis nichts anhaben. Beachten Sie, dass die elektrische Energie auf der Nutzenergieseite dem Wettbewerb der andern Energieträger begegnet. Die Verbraucher benötigen eben diese Energieträger in den meisten Anwendungsfällen nicht als solche, sie brauchen Licht, mechanische Arbeit, Wärme und chemische Energie, und es ist ihnen unter Voraussetzung gleichen Nutzens privatwirtschaftlich gleichgültig, ob diese Nutzenergieformen aus Kohle, Brennholz, Öl, Gas oder elektrischer Energie erzeugt werden. Trotz der Monopolstellung der Elektrizität

täts- und Gaswerke und eines faktischen Preisdikтата der Brennstoffproduzenten verbleibt daher den Verbrauchern die Freiheit in der Auswahl der Energieträger, vorausgesetzt, dass ihnen dieser Vorzug nicht durch eine gelenkte Verteilung vereitelt wird. Insoweit und solange wir von einer solchen Ordnung verschont bleiben, darf man bei uns zwar nicht von einem Elektrizitäts- oder Gasmarkt, wohl aber von einem Energiemarkt reden.

Dieser Markt weicht in seiner Struktur allerdings etwas ab vom Gedankenmodell des klassischen freien Markts. Es steht einer grossen Zahl von Verbrauchern nur eine verhältnismässig kleine Anzahl von Lieferanten mit grosser Produktionskapazität gegenüber. Auch ist die Qualität der Güter verschieden, die je zum Tausch gelangen. Zwar messen wir die Gütermengen alle im gleichen Energiemass, z. B. in Kilowattstunden, aber der effektive Nutzen der Rohenergieeinheit ist verschieden je nach dem Grad der Eignung ihres Trägers zur Umwandlung in eine bestimmte Nutzenergieform. Er verändert sich auch für ein und dieselbe Rohenergieart je nach der Nutzenergieform, die erzeugt werden soll. Es spielen hier der physikalische Wert der Energien und der Stand der Technik ihrer Umwandlung hinein.

Wir wollen schnell noch einen Blick in den Mechanismus des idealisierten Energiemarkts tun. Da sehen wir, wie jedes auf dem Markt tätige Wirtschaftssubjekt, Produzent und Verbraucher, bei ungehinderter Auswirkung seiner wirtschaftlichen Triebkräfte versucht, mit einem möglichst geringen Aufwand einen möglichst grossen Nutzen zu erzielen. Messen wir den Aufwand an den Kosten der Produktion und den Nutzen am Marktwert der erzeugten Güter, so können wir in andern Worten feststellen, dass jedes Wirtschaftssubjekt einen möglichst hohen Betrag des Verhältnisses vom Nutzen zum Aufwand anstrebt. Ich bezeichne diese Verhältniszahl als die Wirtschaftlichkeit der Güterproduktion. Unter der Herrschaft dieses Kriteriums erfolgt automatisch die Aufteilung der Energieträger auf die gegebenen Verbrauchsmengen an Nutzenergie. Jeder Verbraucher wählt sich von Fall zu Fall jenen Energieträger aus, der ihm bei den auf dem Markt herrschenden Preisen die beste Wirtschaftlichkeit seines Betriebs ergibt. Jeder Produzent versucht, den Wettbewerb so weit zu treiben, bis er gleichfalls zum erreichbaren Höchstwert dieser Kennziffer gelangt. Die Aufteilung des gesamten Bedarfs auf die einzelnen Anbieter erfolgt also auf Grund von zwei massgebenden Faktoren: die wirtschaftliche Eignung der einzelnen Energieträger zur Umformung in die Nutzenergie einerseits, und die wirtschaftliche Eignung der Rohenergiequellen zur Erzeugung der Energieträger andererseits. So entsteht auf dem Markt eine Rangordnung der Energieträger nach Massgabe ihrer wirtschaftlichen Tüchtigkeit. Der weniger Tüchtige muss dem Tüchtigeren einen grössern Anteil an der Bedarfsdeckung einräumen. Wenn der Untüchtige mit dem Wenigen, das ihm der Marktmechanismus zur Lieferung überlässt, nicht leben kann, verschwindet er vom Markt.

Herrschte er aber dort als alleiniger Lieferer, so triebe er die Preise zu Lasten der Verbraucher so weit nach oben, bis er sein Auskommen hätte. Das Konkurrenzprinzip, das unserem Marktmodell zugrundeliegt, weist jeden in die ihm nach Massgabe grösster Wirtschaftlichkeit zugemessenen Schranken.

Die Preise unseres idealisierten Markts sind zunächst rein subjektiv, d. h. an die Gegebenheiten der Produktion und des Energiebezugs beim Verbraucher gebunden. So entsteht eine grosse Mannigfaltigkeit der Preise. Die Preisdifferenzierung ist eben eine Folge des Konkurrenzprinzips. Sie stellt das Mittel dar, mit dem der Marktmechanismus die Aufteilung der Energiemengen vornimmt.

In Wirklichkeit vermag der schweizerische Energiemarkt keinen fühlbaren Einfluss auf die Preisbildung der ausländischen Brennstoffe auszuüben. Diese sind daher zufolge ihres mengenmässigen Übergewichts die Wertmesser der inländischen Energieträger. So wird auf Grund der geschilderten Marktgesetze jeder Anwendungsart der elektrischen Energie ihr Platz in der Skala der Elektrizitätspreise zugewiesen. Hierbei spielen auch subjektive Bewertungen hinein, so z. B. beim elektrischen Licht, dessen betriebliche Überlegenheit einen Bewertungszuschlag erbringt.

Die Kunst der produktionsseitigen Preisgestaltung besteht darin, ein Tarifsystem aufzustellen, das unter Berücksichtigung der Produktionskostenlage dem Marktwert der elektrischen Energie in allen Anwendungsgebieten bestmöglich Rechnung trägt.

Fragen wir nach dem Marktwert der elektrischen Energie im Speisepunkt eines Versorgungsnetzes oder an der Meßstelle des Kraftwerks selbst, so handelt es sich hierbei offenbar um einen aus vielen einzelnen Wertkomponenten zusammengesetzten Mischpreis, der von der Grösse und Art des Elektrizitätsverbrauchs, d. h. von der Netzstruktur und dem Grad der Elektrizitätsdurchdringung des Versorgungsgebiets abhängt. Der Mischpreis ist aber für ein und dasselbe Absatzgebiet auch zeitlichen Schwankungen unterworfen zufolge der periodischen und dauernden Veränderungen in der Zusammensetzung der einzelnen Marktwertkomponenten. Endlich wirken natürlich auch das ständig spielende Gesetz von Angebot und Nachfrage korrigierend auf die Preisgestaltung ein, sowie die aus der Eigenheit der hydroelektrischen Produktion sich ergebende Unterscheidung in Energiemengen ständiger und nicht ständiger Verfügbarkeit, d. h. in solche höheren Werts, welche jedes Jahr in bestimmtem Rhythmus der monatlichen Darbietung vorhanden sind, und in jene geringern Werts, die darüber hinaus in von Jahr zu Jahr veränderlichem Umfang anfallen.

Kurz, man erkennt, dass sich die Wettbewerbsfähigkeit der elektrischen Energie und damit der Wert der Wasserkräfte auf dem Markt der Nutzenergien bestimmt. Hier erklären sich die Geschehnisse, und hier fallen die Entscheidungen in der Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft, und wer nach deren Perspektiven Ausschau halten will, muss

in erster Linie diesen Markt studieren. Machen wir uns also jetzt an diese Aufgabe heran.

Der Nutzenergiebedarf eines Landes ist vornehmlich durch drei Merkmale bedingt: durch den Lebensstandard, die Aktivität seiner Bevölkerung und durch den Grad seiner Industrialisierung. Die Verfügbarkeit über eigene hochwertige Energiequellen fördert den Verbrauch. Die Bedarfskurve der Nutzenergie unseres Landes stieg — mit seiner industriellen Entwicklung in den letzten Dezennien des vergangenen Jahrhunderts hochstrebend — zuerst rasch, dann langsamer auf rund 17 Mrd. kWh im Jahr 1915. Die Kurve strebt, dem allgemeinen Sättigungsgesetz gehorchend, in immer flacherem Verlauf einem fernen, zahlenmässig unbekanntem Höchstwert zu. Während der mittlere Zuwachs bis 1915 etwa 400 Mill. kWh pro Jahr erreichte, senkte er sich in der Folge bis zum Jahr 1939 auf rund 345 Mill. kWh pro Jahr. Der Gesamtbedarf betrug in diesem Zeitpunkt 25,3 Mrd. kWh. Ich schätze, dass wir im Zuge dieser Entwicklung im Jahr 1960 einen jährlichen Nutzenergiebedarf von vielleicht 32 Mrd. kWh erreicht haben werden, also etwa den doppelten Verbrauch des Jahres 1915. Der ruhige Verlauf unserer Bedarfskurve erlitt nur zweimal bis heute eine kurzzeitige tiefe Einsenkung: erstmals ab 1915 und dann ab 1939, je verursacht durch den kriegsbedingten Rückgang in der Belieferung unseres Marktes mit den ausländischen Energieträgern. Zur Vermeidung von Missverständnissen bemerke ich, dass sich die eben genannten Zahlen nicht etwa auf den Anteil der elektrischen Energie beziehen, sie geben je die Summe der in Kilowattstunden gemessenen Nutzenergiemengen an, die im betreffenden Jahr nach Abzug der Umwandlungsverluste in Form von Licht, mechanischer Arbeit, chemischer Energie und Wärme verbraucht worden sind.

Wie verteilen sich nun diese jährlichen Nutzenergiemengen auf die einzelnen Verbrauchskategorien? Die Antwort bringt dem Nichtfachmann vielleicht eine Überraschung: Im letzten Jahr vor Kriegsausbruch beanspruchten nämlich die Wärmebedürfnisse in Industrie, Gewerbe und Haushalt nicht weniger als 84 % des Gesamtverbrauchs. Hievon entfiel mehr als die Hälfte allein auf die zwei letztgenannten Verbrauchergruppen, Gewerbe und Haushalt; sie benötigten rund 50 % des Landesbedarfs in Form von Nutzwärme, nämlich für Raumheizungs- und Kochzwecke und für die Warmwasserbereitung. Der Anteil ist gewiss beträchtlich — ein Zeuge des hohen Lebensstandards unserer Bevölkerung. Dem gegenüber treten die übrigen Nutzenergien zahlenmässig stark zurück. Der Verbrauch in Form chemisch gebundener Energie erreichte 1939 rund 7,5 % des Landestotals, jener zur Erzeugung mechanischer Arbeit in den Motoren des Verkehrs und in stationären Motoren etwa 7,2 %. Zur Erzeugung von Licht wurden nur 1,3 % verwendet. Während der Kriegszeit haben sich diese Anteile verschoben, aber das Jahr 1947 zeigt bereits wieder eine ähnliche Verteilung. Ich schätze, in anderer Gruppierung, dass die Industrie heute insgesamt

einen Anteil von etwa 44 % des Landestotals in Form von Wärme, chemisch gebundener Energie, motorischer Kraft und Energie für Beleuchtungszwecke beansprucht. Wir haben also in ihr einen wichtigen, aber nicht dominierenden Nutzenergieverbraucher vor uns. Die Haushaltungen und das Gewerbe weisen zusammen mit etwa 52 % einen grösseren Verbrauch auf. Hierin unterscheidet sich die Schweiz von den andern Industriestaaten des Kontinents, in welchen die Industrie als Hauptverbraucher in Erscheinung tritt. Der Anteil des Verkehrs liegt heute im Nutzenergieverbrauch schätzungsweise bei nur 4 %. Sein Gewicht wird erst erheblich, wenn wir den zugehörigen Aufwand an Rohenergie, besonders auf der Brennstoffseite, ermitteln, wobei wir uns der hier herrschenden sehr geringen Umwandlungswirkungsgrade erinnern.

Nicht weniger interessant ist die Frage, in welchem Umfang die verschiedenen Energieträger an der Bedarfsdeckung teilgenommen haben. Bis zur Jahrhundertwende war unsere Energieversorgung auf das Inlandbrennholz und in rasch ansteigendem Mass auf den ausländischen Brennstoff angewiesen. Die Nutzung der zweiten landeseigenen Energiequelle, der Wasserkräfte, setzte in fühlbarer Weise erst ab 1900 ein. Im Jahr 1913 übernahm die elektrische Energie bereits einen Anteil von 7 % des gesamten Nutzenergiebedarfs zur Deckung; 1938 waren es 14 %; im Jahr 1947 23 %. Das ist nicht viel, mag mancher denken, denn wenn er den Beitrag des Inlandbrennholzes mit 14 % hinzurechnet, waren wir im betreffenden Jahr immer noch im Umfang von 63 % des Landesbedarfs auf den ausländischen Brennstoff angewiesen. Verfügen wir nicht über eine Reihe unausgebauter Wasserkräfte, wird er sagen; warum lässt sich diese unerwünschte Abhängigkeit unserer Energieversorgung vom Ausland nicht bald erheblich lockern? In der Tat, das ist eine grosse und ernste Frage, die uns im Ausblick auf die nächsten Dezennien beschäftigen muss. Sie wird natürlich nicht dadurch beantwortet, dass wir z. B. den billigen Ausweg wählen, am grünen Tisch einen x-Jahresplan der hydroelektrischen Produktionssteigerung aufzustellen. Wollten wir uns z. B. vornehmen, die heutige Jahresproduktion im Betrag von rund 10 Mrd. kWh im Verlauf von 10 Jahren für den Inlandbedarf um 50 % zu steigern, so verfügte der Verbrauch im Jahr 1960 über rund 15 Mrd. kWh elektrischer Energie, womit unter Abzug der Verluste bei der Übertragung und Umwandlung in den Verbrauchsgeräten rund ein Drittel des auf 32 Mrd. kWh geschätzten Nutzenergiebedarfs mit der landeseigenen Wasserkraft zu decken wäre. Die Steigerung gegenüber 1938 mit 14 % Anteil und 1947 mit 23 % läge durchaus im Zug der bisherigen Entwicklung. Wissen wir aber, ob die Elektrizitätsunternehmungen, denen die Beschaffung der Mehrproduktion überbunden ist, mit dem Mehrerlös, den sie damit auf dem Markt erzielen, ihr Auskommen finden werden? — oder, wenn wir nach planwirtschaftlichem Muster vorgehen, wüssten wir, ob die Verbraucher mit dem diktierten Preis der Mehrproduktion ihr Auskommen fänden? Nein, wir dürfen

nicht glauben, mit einem vorgefassten Plan die Wirtschaftsgesetze überlisten zu können! Wenn wir einen Plan aufstellen wollen, und das sollen wir, muss dieser elastisch sein, d. h. in seinen einzelnen Schritten der jeweiligen Konstellation der wirtschaftlichen Kräfte entsprechen. Unser Plan liegt im Bestreben des möglichst weitgehenden Einsatzes der Wasserkräfte in den Nutzenergieverbrauch. In welchem zeitlichen Rhythmus der weitere Ausbau erfolgen soll und bis zu welchem Grad der Elektrifizierung des Verbrauchs, hängt vom jeweiligen Stand und zeitlichen Verlauf von drei massgebenden Grössen ab, nämlich von der Entwicklung des Marktwerts der elektrischen Energie, von der Entwicklung ihrer Produktionskosten und endlich von der Entwicklung der Wirtschaftslage der Elektrizitätsunternehmen. Lassen Sie mich nun diese drei Funktionen einer nähern Betrachtung unterziehen!

Ich habe früher schon darauf hingewiesen, dass der Marktwert der elektrischen Energie keine konstante Grösse ist, sondern sich als Resultierende vieler einzelner Wertkomponenten mit den zeitlichen Verschiebungen in deren Zusammenhang ändert. Er schwankt im Zeitlauf eines Tages, und er verändert sich von Monat zu Monat im Zeitlauf des Jahres. Nun ist aber auch der Jahresmittelwert nicht konstant; er strebt einem fernen Ziele zu, das durch den nie zu erreichenden vollständigen Ersatz des Brennstoffs durch elektrische Energie im Nutzenergieverbrauch gegeben wäre. Indem wir aber auf diesem Wege so weit wie möglich vordringen, müssen wir feststellen, dass die vollständige Elektrifizierung der Lichtbedürfnisse eher erreicht sein wird als jene des Bedarfs an motorischer Kraft und diese wiederum bereits an der technisch möglichen Grenze steht, wenn noch ein grosser Anteil der Nutzwärmebedürfnisse des Brennstoffersatzes hart. Da aber der Wertschätzungspreis der elektrischen Energie aus physikalischen und technischen Gründen für die Erzeugung von Nutzwärme im Durchschnitt tiefer liegt als jener für die Erzeugung motorischer Kraft und dieser wiederum kleiner ausfällt als der Lichtpreis, muss sich der mittlere Marktwert der elektrischen Energie mit wachsendem Elektrifizierungsverhältnis senken. Dieser Prozess der Marktwertverminderung hat übrigens schon vor Jahrzehnten eingesetzt. So ist z. B. der Erlös pro kWh einer grossen kantonalen Elektrizitätsunternehmung von 4,5 Rp. im Jahr 1930/31 auf 4,0 Rp. im Jahr 1935/36, auf 3,45 Rp. im Jahr 1940/41 und auf 3,17 Rp. in der Periode 1944/45 zurückgegangen.

Wir stehen also vor der folgenden wichtigen Erkenntnis: Der Markt hat Raum noch für die Aufnahme weiterer, sehr grosser Mengen elektrischer Energie, und es wäre mit ihrem Einsatz dem volkswirtschaftlichen Interesse nach Lockerung unserer Abhängigkeit von den ausländischen Energiequellen gedient. Zuzufolge der Struktur unseres Nutzenergiebedarfs muss aber der Markt jeden neuen Zuwachs geringer bewerten als den vorangegangenen, insofern er eine relative Steigerung des An-

teils der elektrischen Energie an der Bedarfsdeckung erbringt.

Dieses Gesetz stellt für den weiteren Ausbau der Wasserkräfte offenbar eine Erschwerung dar. Es verringert den Kreis der ausbauwürdigen Objekte. Wollten wir nämlich fürs erste fordern, dass die Wirtschaftlichkeit der Wasserkraftnutzung, die ich als das Verhältnis des jährlichen Markterlöses der Produktion zu ihren Kosten verstehe, in jedem Einzelfall einen bestimmten Wert, sagen wir zum mindesten den Wert eins nicht unterschreite, so müssten sich die Produktionskosten im Einklang mit dem Gesetz vom sinkenden Erlös ebenfalls von Objekt zu Objekt vermindern. Wir gelangen zu einer vernünftigeren Konzeption, wenn wir im Einzelfall auch ein Überwiegen der Produktionskosten über den Erlös zulassen, vorausgesetzt, dass der Verlust durch die mit andern Werken erzielbaren Marktgewinne zum mindesten wettgemacht wird. Die Kunst einer vorsorglichen Planung würde darin bestehen, die Auswahl unter den möglichen Nutzungen so zu treffen, dass auf Grund dieses Ausgleichprinzips ein Maximum an erzeugbarer Energie erreicht wird.

Ich fürchte, Sie schütteln den Kopf über diese etwas sonderbare Auffassung. Wie kann sich denn ein vernünftiger Mensch an den Bau eines Kraftwerks machen, wenn er von vorneherein weiss, dass dessen Energieproduktion auf dem Markt einen Verlust erbringt? Ist doch schon ein Wirtschaftlichkeitsquotient vom Werte eins zu klein, denn, wenn der Erlös nur gerade die Produktionskosten deckt und kein neues Vermögen erwirtschaftet werden kann, woher soll alsdann das Geld für die Erstellung weiterer neuer Produktionsstätten kommen?

Diese Überlegungen haben die grossen Elektrizitätsunternehmen angesichts der kriegsbedingten Baukostenerhöhung auch angestellt, als sie vor Jahren die Erstellung neuer Großspeicherwerke studierten, und sie hielten nicht ohne Grund so zäh am Hinterrheinprojekt mit dem Splügenssee fest, denn es war im Kreis der zu jener Zeit mit konkurrierenden Ersatzlösungen die einzige, welche es gerade noch auf die Wirtschaftlichkeit eins brachte. Bei den heutigen leicht gesenkten Baukosten läge sie entsprechend höher. Die hierauf in Erwägung gezogenen Greina-Blenio-Kombinationen boten hinsichtlich der Energiemenge und der Wertigkeit der Energie ungefähr Gleichwertiges, hingegen lagen ihre Wirtschaftlichkeitswerte erheblich tiefer als beim Hinterrheinprojekt. Trotzdem wären die interessierten Elektrizitätsunternehmen zur Erstellung dieser Werke bereit gewesen, indem sie den Nachteil der damit in Kauf zu nehmenden Verschlechterung ihrer wirtschaftlichen Lage geringer einschätzten als den Nachteil, den die Verbrauchswirtschaft durch das unbefriedigte Bedürfnis an Winterenergie erleidet. In dieser Beleuchtung gesehen war es bedauerlich, dass auch für die Greina-Blenio-Gruppe die Konzessionen nicht erhältlich waren. Von den übrigen Kraftnutzungsmöglichkeiten mit Speicherung, die ich näher prüfen konnte, weisen bei den heutigen Baukosten nur wenige den Vorzug einer Wirtschaftlichkeit grösser als eins auf.

Hiezu gehören unter anderem die erste Etappe der Valle-Maggia-Gruppe und die Marmorera-Speicheranlage, die beide nun in das Baustadium eingetreten sind. Zu den wirtschaftlich bevorzugten dürfte auch das neue Hinterrheinprojekt mit dem Stausee im italienischen Valle di Lei zu rechnen sein, das einen erheblichen Betrag hochwertiger Energie zu liefern vermag. Bei den Zervreila-Safienwerken ist des noch nicht festgelegten Staumauertyps wegen die Frage der Wirtschaftlichkeit noch unentschieden. Von den westschweizerischen grösseren Speicherkraftwerkprojekten besitze ich zu wenig Unterlagen, um mir ein zahlenmässiges Urteil über deren Wirtschaftlichkeit bilden zu können. Vermutlich leiden aber auch dort gewisse technisch interessante Nutzungsmöglichkeiten beim heutigen Marktwert der Energie an einem ungenügenden Verhältnis vom Erlös zum Aufwand.

Damit ist das Stichwort für eine schicksalsschwere Frage gefallen: Wenn heute schon von allen bekannten Nutzungsmöglichkeiten unserer Gewässer bei den herrschenden Baukosten nur eine verhältnismässig kleine Auslese ein hinreichendes Mass der Wirtschaftlichkeit der Energieerzeugung aufweist, wie soll man sich in Zukunft bei fortschreitender Marktwertsenkung der elektrischen Energie den weiteren Ausbau der Wasserkräfte denken? Zwei Lösungen sind möglich. Die eine lautet: Zuwarten, bis sich die Baukostenelemente in ihrer sinkenden Tendenz dem herrschenden Marktwert der elektrischen Energie angepasst haben; die andere lautet: Anpassung des Elektrizitätspreises an die herrschenden Produktionskosten auf dem Weg einer sinngemässen Tarifierhöhung der elektrischen Energie. — Und die dritte und einfachste Lösung hat er vergessen, denken Sie vielleicht: Ausgleichung der Verluste durch die Gewinne der Elektrizitätsunternehmen. Wir wollen untersuchen, wie es sich mit dieser Möglichkeit verhält.

Es ist wahr, dass von den in den letzten Jahren in Bau genommenen Kraftwerken der Baukostenverteuerung wegen ein Teil mit unzureichender Wirtschaftlichkeit der Energieerzeugung arbeitet oder demnächst arbeiten wird und dass die Elektrizitätsunternehmen, wie schon gesagt, bereit waren, noch grössere Lasten dieser Art auf sich zu nehmen. Dies geschah in der heroischen Zeit der Entwicklung. Ich verstehe hierunter jene mit dem Kriegsausbruch einsetzende beispiellose Konjunkturperiode des Elektrizitätsabsatzes, an deren Ausgang und Wendung wir heute stehen. Man muss die Bedarfskurve der Nutzenergien betrachten, um das Phänomen zu begreifen. Wie schon erwähnt, erlitt ihr Verlauf, gleich wie beim Ausbruch des ersten Weltkriegs, ab 1939 eine tiefe, jedoch kurzzeitige Einsenkung. In dieser Mangelperiode sank der Bedarf zwangsweise rasch ab bis auf 65 % des Vorkriegsverbrauchs. Dieses Minimum fiel in das Jahr 1945. In den folgenden Jahren kletterte der Verbrauch bereits wieder auf höhere Konsumbeträge, und heute übersteigt er leicht den Betrag des Jahres 1939. Es ist einleuchtend, dass die mangelnde Bedürfnisbefriedigung in der Zeit des Abstiegs der Be-

darfskurve einen ausserordentlichen Druck auf den Einsatz der inländischen Energieträger, im besondern auch der hydroelektrischen Energie, ausübte und dass dieser Druck mit der Wendung ab 1945 wieder nachlassen musste. Als Folge dieses Spiels stieg der Inlandverbrauch an elektrischer Energie, in den Kraftwerken gemessen, von rund 3900 Mill. kWh im Jahr 1938/39 auf rund 7900 Mill. kWh im Jahr 1947/48; er verdoppelte sich in dieser kurzen Zeit. Der Jahres-Mehrverbrauch bis zum Endbetrag von 4000 Mill. kWh konnte durch äusserste Beanspruchung der bestehenden Anlagen und durch die Erstellung neuer Kraftwerke auf rund 3000 Mill. kWh gesteigert werden. Der Rest, im Betrag von rund 1 Mrd. kWh, wurde durch den fortschreitenden Abbau der Energieexportlieferungen zugunsten des Inlandverbrauchs beschafft, womit wieder einmal auf die wichtige Rolle des Energieexports in unserer Elektrizitätswirtschaft hingewiesen ist. Es gelang den Elektrizitätsbetrieben, durch diese Anstrengungen im schlimmsten Mangeljahr 1945 ziemlich genau einen Drittel des Nutzenergiebedarfs sicherzustellen. Der Rest verteilte sich zu ungefähr gleichen Teilen auf die Brennstoffe ausländischer und landeseigener Provenienz.

Die geschilderte Produktions- und Absatzsteigerung der elektrischen Energie erforderte erhebliche Mittel. Das investierte Kapital stieg in der betrachteten Zeitspanne um 45 %, d. h. von rund 2,2 Mrd. Fr. auf etwa 3,2 Mrd. Fr. Es wird sich in den nächsten Jahren in ungefähr gleichem Mass weiter erhöhen, entsprechend dem steigenden Bedarf der verschiedenen in Bau begriffenen Kraftwerks- und Leitungsanlagen. Die jährlichen Produktionskosten wuchsen rascher an, nämlich um 60 %. Ihr weiterer Anstieg wird sich in der Folge jenem der Kapitalinvestition angleichen. Das Wachstum der Einnahmen geschah nach einem andern Gesetz. Ihr Anstieg ab 1938/39 erfolgte zunächst rascher, ab 1945 aber langsamer als jener der Produktionskosten. Die Spanne zwischen Erlös und Kosten musste sich daher verringern.

Diese Tendenz wird in der nächsten Zukunft noch schärfer zum Ausdruck kommen, was sich deutlich im Verlauf der Rentabilitätsziffern bekundet. Fasst man alle Elektrizitätsunternehmen als eine Einheit zusammen, so zeigt die Rentabilität des gesamthaft investierten Kapitals folgende Veränderungen:

Ausgehend von einem Betrag von 2,43 % im Jahre 1938 stieg die Kennziffer zunächst auf 2,82 % im Jahr 1940, erreichte 3,18 % im Jahr 1943, kletterte auf 4,27 % im Jahr 1945, um hierauf in den zwei folgenden Perioden sukzessive auf 3,47 und 2,65 % abzusinken. Das gleiche Bild des Auf- und Abstiegs zeigt das Verhältnis des Erlöses zu den Produktionskosten, das, vom Wert 1,26 im Jahr 1938/39 ausgehend, nach Durchlaufen eines Höchstwerts von 1,41 wieder den Betrag von 1,26 für die Periode 1947/48 ergibt. Wir sind also praktisch mit diesen Kennziffern der Ertragsfähigkeit wieder beim Ausgangspunkt 1938 angelangt, aber die Abwärtsbewegung dauert an, wir befinden uns auf der

Abfahrt in ein Wellental der ewigen konjunkturellen Schwankung, deren Tiefstand und Zeitpunkt des jenseitigen Aufstiegs noch unbekannt sind. Die einzelnen Elektrizitätsunternehmungen zeigen im grossen und ganzen alle das gleiche geschilderte Bild der Entwicklung, nur liegen die absoluten Werte je nach den erzielbaren mittleren Marktwerten ihrer Absatzgebiete auf verschiedenen Ebenen. Die städtischen Elektrizitätsbetriebe sind nach dieser Richtung besser gebettet als die grossen Überlandwerke, denen aber gerade die Hauptlast der neuen Produktionsstätten überbunden ist.

Bei dieser Perspektive erschiene es mir als abwegig, der Elektrizitätsproduktion auch weiterhin die Last der allfälligen Produktionskostenüberschüsse der neuen Kraftwerke zuschieben zu wollen. Die hieraus erwachsende Schwächung ihrer finanziellen Situation läge am Ende auch nicht im Interesse der Energieverbraucher. Wenn wir daher den Ausbau der Wasserkraft im Interesse des Verbrauchs so weit wie möglich vortreiben wollen, wird es meines Erachtens nicht zu umgehen sein, die Anpassung des herrschenden Preissystems der elektrischen Energie an die veränderten Produktionskosten ernstlich ins Auge zu fassen. Hierbei ist auch zu bedenken, dass dieses System seinerzeit der Wettbewerbsfähigkeit der Elektrizität auf dem Markt unter der Herrschaft der Vorkriegs-Brennstoffpreise angepasst wurde und deshalb von den inzwischen eingetretenen Veränderungen in der Konkurrenzsituation in vielen Positionen noch keinen Vorteil zog. Eine Korrektur nach dieser Richtung würde also nur die Einstellung des wahren heutigen Marktwertes der Energie bedeuten.

Die Tarifierhöhung ist ohne Zweifel keine leichte Aufgabe, denn es muss die Gegensätzlichkeit zweier verschiedener Zielstrebungen überwunden werden. Wir wünschen auf der einen Seite der elektrischen Energie im Nutzenergieverbrauch einen breiteren Raum zu schaffen, wozu wir im Anwendungsbereich niederer Bewertung wohlfeile Energie benötigen. Auf der andern Seite soll beim Kraftwerk der mittlere Erlös aus dem Energieverkauf erhöht werden, um den gesteigerten Produktionskosten gerecht zu werden. Dies weist auf die Notwendigkeit einer differenzierten Behandlung der einzelnen Preispositionen der Tarife hin.

Ich kann mir vorstellen, dass man auf dem Weg gemeinsamen Studiums durch Zusammenarbeit von Produzent und Verbraucher am besten zu einer brauchbaren, das genannte Doppelziel anstrebenden Lösung gelangt.

Eine solche Bemühung zur Ausweitung der Wasserkraftnutzung brächte aber nur halben Erfolg, wenn nicht zugleich die Anstrengungen verstärkt werden zur Anbahnung einer gewissen Ordnung in der Verfügbarkeit über die Wasserkraft und in der Reihenfolge ihres Ausbaus. Ich erblicke den einschlagenden Weg nicht etwa in neuen gesetzgeberischen Massnahmen, sondern in der Anbahnung dahinzielender freier Verständigungen unter den im Spiel stehenden Kreisen. Die Verständigungen erfolgen aber auch bei uns leider nicht von sich aus.

Wir brauchen zu diesem Zweck das stimulierende Wirken einer neutralen Instanz an massgebender Stelle, welche den Fragenkomplex in Anschauung des Gesamtinteresses bearbeitet und als kompetenter Ratgeber, auch in andern landeswichtigen Fragen der Elektrizitätsversorgung, wirken kann. Ich glaube nicht, dass die Fachverbände, welche die Interessen der Mitglieder zu wahren haben, diese beratende Funktion mit Erfolg übernehmen könnten. Ich bin der Auffassung, dass es die Aufgabe des Bundes, bzw. seiner bestehenden Institutionen ist, die gesamtwirtschaftlichen Interessen im Gebiet der Elektrizitätswirtschaft zu vertreten und den dahinzielenden Geboten auf dem Weg der Empfehlung und durch Förderung der Zusammenarbeit aller Beteiligten zum Durchbruch zu verhelfen. Damit habe ich übrigens nichts Neues ausgesprochen, die Aufgabe ist seit 1930 im Pflichtenheft des eidgenössischen Amtes für Elektrizitätswirtschaft enthalten.

Will man aber von einer solchen empfehlenden und die Zusammenarbeit der Parteien fördernden Mitwirkung des Bundes einen durchschlagenden Erfolg erwarten, so ist dafür zu sorgen, dass die Ratschläge nicht nur von grösster Sachkenntnis, sondern auch von lebendigem Wirklichkeitssinn getragen sind. Zur Schaffung dieser Voraussetzung sollte ein Konzilium gebildet werden zur fortlaufenden Meinungsbildung der verantwortlichen Stellen des Bundes und ihrer vorgesetzten Behörde, welches als Sprachrohr der an der Energieversorgung des Landes interessierten Kreise wirkt; eine schweizerische begutachtende Kommission, die sich aus Sachkundigen aus dem Gebiet der Produktions- und Verbrauchswirtschaft, der Technik, der Wissenschaft und des Rechts zusammensetzt und der in allen Spezialfragen der Rat weiterer Fachexperten des Landes zur Verfügung steht. Damit wäre auch Gewähr dafür geboten, die Energiewirtschaftspolitik des Bundes nicht auf Wege abgleiten zu sehen, die der allgemeinen, fachlich begründeten Anschauung zuwiderlaufen. In diesem Sinn dürfte die angeregte Ordnung geeignet sein, das Vertrauen der Öffentlichkeit zu gewinnen.

Ich möchte rekapitulierend meine Anschauungen über die zukünftige Elektrizitätswirtschaftspolitik unseres Landes wie folgt zusammenfassen:

Das Gesamtinteresse des Landes fordert einen möglichst weitgehenden Einsatz der Wasserkraft in den Nutzenergieverbrauch. In der Verfolgung dieses Vorhabens müssen wir auf der Konsumseite feststellen, dass zufolge der strukturellen Zusammensetzung des Verbrauchs die Absatzausweitung der elektrischen Energie mit einer relativen Senkung ihres mittleren Marktwerts verbunden sein wird. Die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit der Wasserkraftnutzung zeigt andererseits, dass bei einer Reihe von Projekten der Markterlös aus der Produktion deren heutige Kosten nicht mehr zu decken vermag, wobei nach dem eben Gesagten eine Verschärfung dieses Umstandes für die Zukunft erwartet werden muss, wenn die Baukosten der hy-

draulischen Kraftwerke nicht in erheblichem Mass zurückgehen. Die Analyse der heutigen Ertragsfähigkeit der Elektrizitätsunternehmungen, besonders jener, welche die Verantwortung für die Erstellung neuer Kraftwerke zu übernehmen haben, führt zur Erkenntnis, dass diesen Betrieben die Zur>Last-Legung der Produktionskostenüberschüsse der neuen Kraftwerke auf die Dauer nicht zugemutet werden darf, wenn ihre finanzielle Lage mit der Zeit nicht gefährdet werden soll. Aus dieser Sachlage erwächst das Bedürfnis nach einer Anpassung der Elektrizitätspreise an die neuen Produktionskosten, wobei sich die Aufgabe dahin präzisieren wird, durch eine wohlabgewogene Differenzierung dieser Massnahme die Anpassung ohne fühlbare Einbusse an der Wettbewerbsfähigkeit der elektrischen Energie zu erzielen.

Wenn so durch Verständigung zwischen Produzent und Verbraucher von der Wirtschaftsseite her die Voraussetzungen für einen umfassenden weiteren Ausbau der Wasserkräfte geschaffen werden könnten, möchte man erwarten, dass behördlicherseits auf dem Weg der Empfehlung und der Vermittlung die Anstrengungen zur Erzielung einer gewissen Ordnung in der Verfügbarkeit der Wasserkräfte vergrössert werden. Es sollte eine ständige beratende Kommission, zusammengesetzt aus Vertre-

tern der Wirtschaft und der Fachwelt, gebildet werden, welche den Bund, bzw. seine Organe, in der Anstrengung dieses Ziels unterstützt.

Dieser Wunsch ist nun vor kurzem in Erfüllung gegangen. Der Bundesrat beschloss am 16. September 1949, die Schweizerische Wasserwirtschaftskommission, unter Beibehaltung ihrer bisherigen gesetzlich verankerten Bezeichnung, zu einer Energiewirtschaftskommission auszubauen und sie zur Beratung des Post- und Eisenbahndepartements, sowie seiner Ämter für Wasser- und Elektrizitätswirtschaft über alle Fragen der Wasser- und Energiewirtschaft regelmässig beizuziehen.

Die Kommission setzt sich aus Vertretern der hydroelektrischen Produktion, der Brennstoffwirtschaft, der Energieverbraucher und aus unabhängigen Energiewirtschaftlern zusammen.

Wir müssen dem Bundesrat und besonders dem Antragsteller, Herrn Bundesrat Celio, dafür dankbar sein, dass er auf diesem glücklichen Weg den ständigen Kontakt mit der Wirtschaft und Fachwelt und ihren Ratschlag sucht. Durch diese Verbundenheit mag manche Spannung ausgeglichen werden; der behördlichen Empfehlung verbreitert sie die Basis und erhöht ihre Überzeugungskraft.

Adresse des Autors:

Prof. Dr. B. Bauer, Eidg. Technische Hochschule, Zürich.

Betrachtungen über einige elektronische Grundlagen der Mikrowellen-Röhren

Vortrag ¹⁾, gehalten an der 13. Hochfrequenztagung des SEV vom 20. September 1949 in Baden,

von W. Sigrist, Ennetbürgen

621.396.615.14

Mit dem Vordringen in den Bereich der Dezimeter- und Zentimeterwellen wird man gezwungen, die grundlegenden Vorstellungen über Wirkungsweise von Elektronenröhren zu vertiefen. Mit Hilfe eines elektrolytischen Troges können die Felder um die Elektroden im Modellversuch bestimmt werden, und durch eine besondere, ausführlich beschriebene graphische Methode lassen sich die Elektronenbahnen in der Elektronenröhre genau verfolgen. Von besonderer Bedeutung ist die Kenntnis über die Wirkungen, die von bewegten Ladungen auf die Aussenkreise ausgeübt werden. Bekanntlich werden diese durch die Maxwell'schen Beziehungen umschrieben. Bei der Elektronenröhre vereinfachen sich diese Beziehungen wesentlich, da die betrachtete Ladung und die veränderlichen Felder kohärent sind. Der gesamte Vorgang kann entweder durch den Konvektionsstrom oder durch den Verschiebungsstrom beschrieben werden. Die Beschreibung durch den Verschiebungsstrom gibt jedoch das vollständigere Bild. Mit Hilfe der angegebenen Methode lässt sich auch das Eigenrauschen der verschiedenen Röhrenarten direkt erklären.

1. Besonderheiten der Dezimeter- und Zentimeterwellen

Die Hochfrequenztechnik hat im Laufe ihres Werdeganges die wissenschaftliche und technische Erschliessung von Bereichen immer kürzerer elektrischer Wellen verwirklicht. Die Jagd nach kürzesten Wellen — man gestatte diesen Ausdruck — ist auch heute noch nicht beendet. Wesentlich gefördert wurde die Entwicklung durch den Ausbau der

¹⁾ Der ursprüngliche Titel des Vortrages hiess: «Grundätzliches über Bau und Wirkungsweise von Mikrowellen-Röhren». Der Autor hat ihn geändert, um den Inhalt des Artikels noch besser zu kennzeichnen.

Depuis que la technique s'occupe du domaine des ondes décimétriques, voire même centimétriques, il est devenu nécessaire d'approfondir nos connaissances du fonctionnement des tubes électroniques. Les champs des électrodes peuvent être déterminés sur modèles au moyen d'une cuve électrolytique et il est possible de suivre exactement les trajectoires des électrons dans le tube électronique, grâce à une méthode graphique spéciale que l'auteur décrit en détail. Il est particulièrement important de connaître les effets qu'exercent les charges mobiles sur les cercles extérieurs. Dans le cas des tubes électroniques, les équations de Maxwell appliquées à ces effets peuvent être sensiblement simplifiées, car la charge considérée et les champs variables sont cohérents. L'ensemble du processus peut être décrit soit par le courant de convection, soit par celui de déplacement, ce dernier donnant toutefois une image plus complète. La méthode indiquée permet également d'expliquer directement le souffle propre aux divers genres de tubes électroniques.

Elektronik — es sei nur an die Namen neuester Schöpfungen auf dem Röhrengebiete erinnert, wie Klystron, Magnetron, Travelling wave tube usw.

Gewiss wurden schon in den Anfängen der Hochfrequenztechnik mit Hilfe von Funkenerregung Zentimeterwellen erzeugt. Aber die Grundlagen sind wesentlich ausgedehnter und tragfähiger geworden. Zur Herstellung kürzester Wellen kommen nur noch elektronische Geräte in Frage, welche hinsichtlich Mannigfaltigkeit, Zuverlässigkeit, Güte und Wirkungsgrad einen ausserordentlichen Fortschritt gebracht haben. Kürzeste Wellen können heute nicht nur erzeugt, sondern auch verstärkt werden. Die