

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 36 (1945)
Heft: 20

Artikel: Der Wettbewerb zwischen Wasserkraft und Brennstoff
Autor: Bauer, Bruno
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1056513>

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: 18.01.2025

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

sunden wirtschaftlichen Bewegungsfreiheit zu vereinigen. Unter der Herrschaft dieser Gesetzgebung hat sich eine gewaltige Entwicklung vollzogen, wenn jene auch da und dort als Hemmung empfunden wurde. Man darf ja nie vergessen: es liegt im Wesen jeder Gesetzgebung, die wirtschaftliche, in raschem Flusse befindliche Entwicklungen regeln oder gar lenken soll, dass sie von den Veränderungen in den Verhältnissen überholt wird und sich da und dort als unzulänglich oder lückenhaft erweist. Dies trifft besonders zu auf so unruhige Zeiten, wie wir sie durchleben, in denen die Bedürfnisse und Forderungen so stürmisch wechseln, wo aber auch die Anschauungen heftiger zusammenprallen. Auf der einen Seite stehen die Vollmachten mit ihren tiefen Eingriffen in die persönlichen Freiheiten und in

die föderative Struktur unseres Staatslebens, auf der andern die föderalistischen und kommunalistischen Schlangenbeschwörer, die das alleinige Heil in der Gemeinde sehen und den Staat nur als Dach und Notgebälk des Gemeindehauses gelten lassen. Eine Zeit der innern und äussern Stürme, wie wir sie heute erleben, ist nicht geeignet zu Gesetzesrevisionen; so vieles auch auf dem Gebiete der Wasser- und Energie-wirtschaft zu verbessern, auszugleichen, auf Grund der Erfahrungen den neuen Zusammenhängen anzupassen wäre — wir werden die Aufgabe unsern Söhnen und Enkeln überlassen müssen, auch auf die Gefahr hin, dass sie ihr nicht viel besser gewachsen sein werden, als die Väter und Grossväter.

Adresse des Autors:

Dr. O. Wettstein, a. Ständerat, Heliosstrasse 6, Zürich 7.

Der Wettbewerb zwischen Wasserkraft und Brennstoff

Autoreferat des Vortrages, gehalten an der Volkshochschule des Kantons Zürich*), am 13. November 1944,
von Bruno Bauer, Zürich.

620.92

Der freie Energiemarkt gestattet dem Verbraucher, eine bestimmte Nutzenergie (Licht, motorische Kraft, Wärme) durch Umformung aus beliebiger Rohenergie (Elektrizität, Kohle, Gas oder Oel) zu gewinnen. Er wählt die Rohenergieform, die ihm das Endprodukt zu den günstigsten Bedingungen liefert. Die Wertschätzung der Nutzenergie beeinflusst deshalb die Preisbildung der Elektrizität. Der Verbraucher bezahlt also für 1 kWh Elektrizität zu Beleuchtungszwecken ein Mehrfaches des Preises, den er für 1 kWh Motorenenergie ausgeben will und ein Vielfaches des Preises, den er für 1 kWh elektrischer Energie für seinen Elektrokesselbetrieb zu zahlen bereit ist. Es werden noch der Zusammenhang zwischen Umsatz und Einnahmen aus dem Energieverkauf bei der Elektrizitätserzeugung aus Wasserkraft erklärt.

Le libre marché de l'énergie permet au consommateur d'obtenir de l'énergie d'utilisation (lumière, force motrice, chaleur) par transformation d'une énergie brute quelconque (électricité, charbon, gaz, mazout, etc.). Il peut donc choisir à son gré le genre d'énergie brute qui lui fournit de l'énergie d'utilisation dans les conditions les plus avantageuses. L'estimation de la valeur de l'énergie d'utilisation a donc une influence sur la tarification de l'électricité. Ainsi, le consommateur paie pour 1 kWh d'énergie électrique destinée à l'éclairage un prix plus élevé que pour 1 kWh d'énergie alimentant des moteurs. Pour le service des chaudières électriques, il ne consent à payer le kWh qu'à un prix très bas. M. Bauer expose en outre quelles sont les relations qui existent entre le chiffre d'affaires et les recettes provenant de la vente de l'énergie électrique produite par des forces hydrauliques.

In unserer heutigen Betrachtung soll die Rolle und die Bedeutung der elektrischen Energie in der allgemeinen Energiewirtschaft des Landes untersucht werden, denn sie ist auf dem Energiemarkt nicht allein da, sie muss sich dort im Wettbewerb mit dem Brennstoff messen. Dies scheint zunächst im Widerspruch mit dem gesetzlich verankerten Liefermonopol zu stehen, das den Elektrizitätsversorgungsunternehmen der öffentlichen Hand eingeräumt ist. In der Tat ist der Verbraucher in ihren Versorgungsgebieten gehalten, seinen Elektrizitätsbedarf nur bei diesen Lieferwerken einzudecken, aber es ist ihm unbenommen, seinen Nutzenergiebedarf durch Verwendung anderer Energieträger zu befriedigen. Er kann mit dem Kerzenlicht in den Weinkeller hinabsteigen, statt elektrische Beleuchtung zu benützen, er kann seine Suppe mit Gas kochen, statt auf dem Elektroherd, und es ist ihm freigestellt, seine Raumheizwärme mit Koks, Brennholz, Oel oder Elektrizität zu erzeugen.

Wir erkennen, dass der Verbraucher zur Befriedigung seiner Energiebedürfnisse nicht die Energieträger als solche benützt, sondern dass er nur nach den Nutzenergiemengen verlangt. Er braucht nicht Elektrizität, Kohle, Gas oder Oel, sondern Licht,

mechanische Arbeit, Wärme und event. chemische Energie. Es ist ihm privatwirtschaftlich gleichgültig, aus welchen Energieträgern diese Nutzformen erzeugt werden, vorausgesetzt, dass die Umformung im Verbrauchsgesetz technisch und wirtschaftlich zu wettbewerbsfähigen Bedingungen erfolgt. Solange wir daher in unserem Land über Brennstoffe verfügen, steht die hydroelektrische Energie nicht allein auf dem Markt da, sie hat sich beim Verbraucher im Wettbewerb mit den Brennstoffen zu bewähren. Der Verbraucher steht im Genuss des freien Energiemarkts, d. h. der Freiheit in der Auswahl der Energieträger. Er wählt von Fall zu Fall jenen aus, der ihm zur Erzeugung der gewünschten Energienutzform (Licht, motorische Kraft, Wärme) die günstigsten Umformungsbedingungen ermöglicht. Wenn er vom Energiepreis spricht, fragt er nicht etwa danach, was das Elektrizitätslieferwerk die Energie koste, sondern allein danach, was ihm die elektrische Energie in die Nutzform umgewandelt wert sei. Der Wertmesser ist der Brennstoff. Auf dieser Basis ermittelt der Verbraucher den Wertschätzungspreis der elektrischen Energie, den er dem Lieferwerk zu bezahlen bereit ist. Er zahlt diesem als Preis jene Kostensumme, welche ihm aus dem Betrieb einer leistungsäquivalenten Brennstoffanlage erwachsen würde. Wir wollen dies an zwei Beispielen erläutern.

*) Vgl. Einführung zu der Veröffentlichung der Vorträge über «Wasser- und Elektrizitätswirtschaft der Schweiz» Bull. SEV 1945, Nr. 18, S. 615.

Der Verbraucher benötigt für seinen Betrieb 100 Energieeinheiten mechanischer Arbeit (Fig. 1). Er kann diese unter Aufwand elektrischer Energie durch einen Elektromotor erzeugen oder unter Aufwand chemisch gebundener Energie des Oels mit einem Dieselmotor. Nach dem heutigen Stand der Technik braucht er im ersten Fall 120 Einheiten elektrischer Energie, im zweiten Fall 300 Einheiten Oelenergie. Entscheidet sich der Verbraucher für den Elektromotor, so zahlt er dem Lieferwerk als Preis für den Bezug von 120 Einheiten elektrischer Energie die Kosten von 300 Einheiten Oelenergie zuzüglich der positiven oder negativen Differenz der jährlichen Betriebskosten der beiden Verbrauchsgeräte. In Fig. 2 ist der Fall der

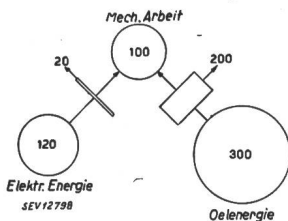


Fig. 1.

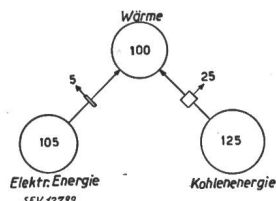


Fig. 2.

Nutzwärmeerzeugung mittels eines Elektrokessels und eines Brennstoffkessels dargestellt. Zur Erzeugung von 100 Einheiten Nutzwärme muss er entweder 105 Einheiten elektrischer Energie oder 125 Einheiten chemisch gebundener Energie der Kohle aufwenden.

In dieser Betrachtung sind uns zwei Merkmale aufgefallen:

1. Die Verwendung elektrischer Energie ergibt in beiden Fällen einen relativ geringeren Rohenergieaufwand zur Erzeugung der verlangten Nutzenergiemenge;
2. dieser Vorzug der elektrischen Energie ist im Fall der Erzeugung von mechanischer Arbeit viel grösser als bei der Erzeugung von Nutzwärme.

Dieses Verhalten der Energieträger beruht auf ihrer verschiedenen Eignung zur Umwandlung in die Energienutzformen. Die elektrische Energie ist hierin dem Brennstoff überlegen. Sie arbeitet in allen Anwendungsgebieten mit dem geringsten Rohenergieaufwand in der Erzeugung der Nutzenergien. Die Ursache dieses Vorzugs liegt nicht etwa in einem höheren Stand ihrer Umwandlungstechnik, sondern sie ist physikalisch begründet. Warum ist aber diese Überlegenheit bei der Erzeugung von mechanischer Arbeit so viel ausgeprägter als bei der Wärmeerzeugung? Dieser Umstand ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass es der Wissenschaft und Technik bis heute noch nicht gelungen ist, die in den Brennstoffen gebundene chemische Energie direkt in elektrische Energie oder mechanische Arbeit (was wertmässig das gleiche ist) umzuformen. Wir sind immer noch auf den Umweg über die Verbrennung der Brennstoffe zur Wärmeerzeugung angewiesen. Sowie wir aber aus Wärme mechanische Arbeit oder elektrische Energie schaffen wollen, fallen wir unter ein strenges Gesetz (den zweiten Hauptsatz der Wärmelehre), welches besagt, dass im Temperaturbereich unseres Weltkörpers die vollständige

Umsetzung von Wärme in mechanische Arbeit nicht möglich ist. Immer fällt hierbei ein Bruchteil der angeforderten Wärme in nicht umgewandelter Form, d. h. wieder als Wärme und zwar mit niedriger Temperatur an. Die Unvollkommenheit der Technik vergrössert diesen physikalisch bedingten Verlust und so erklärt sich, warum im Beispiel des Dieselmotors (Fig. 1) von 300 Einheiten eingeführter Oelenergie nur 100 in mechanische Arbeit umgewandelt werden und 200 Einheiten als Verlustwärme anfallen.

Nun ist einleuchtend, dass das geschilderte Auswahlprinzip der Verbraucher, zufolge der verschiedenen Eignung der Energieträger zur Umwandlung in die Nutzenergien, zu ganz verschiedenen Wertschätzungspreisen für ein und dieselbe Energieart führt. Der Verbraucher zahlt für 1 kWh Lichtstrom ein Mehrfaches des Preises, den er für 1 kWh Motorenstrom ausgeben will und ein Vielfaches des Preises, den er für 1 kWh elektrischer Energie für seinen Elektrokesselbetrieb zu zahlen bereit ist.

Dieses Charakteristikum des freien Energiemarktes in der Preisbildung ist nun für die *Energieproduktionswirtschaft* von grösster Bedeutung. Will die Wasserkraftenergie, die Hydroelektrizität, den Energieverbrauch des Landes durch fortschreitenden Ersatz des Brennstoffs in der Erzeugung der Nutzenergie durchdringen, so müssen sich die Gestehungspreise der Elektrizität dem kommerziellen Wert der elektrischen Energie beim Verbraucher anpassen können. Die Elektrizitätsbetriebe sind im Laufe der Entwicklung so vorgegangen, dass sie zuerst die hochwertigen Nutzenergie-Kategorien belieferten (Licht und motorische Kraft) und daran anschliessend und in immer grösserer Masse jene geringeren Erlöses pro Energieeinheit, die durch die Wärmeanwendungen gegeben sind. Da aber der Bedarf an Lichtenergie mengenmässig viel kleiner ist als jener für motorische Kraft und dieser wiederum viel kleiner als die erforderlichen Wärmemengen des Landes, haben sich im Verlauf der Entwicklung mengenmässig die abgesetzten Energiemengen für motorische Kraft und Wärme viel rascher entwickelt

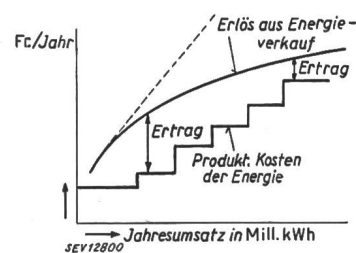


Fig. 3.

als jene für Licht. Dadurch musste sich aber der mittlere Energiepreis im Laufe der Jahre senken. Die Kurve der *Einnahmen aus dem Elektrizitätsverkauf* stieg langsamer an, als der Energieumsatz (abgebogene Kurve des Erlöses Fig. 3).

Das Wachstumsgesetz der *Jahreskosten* der Elektrizitätserzeugung ergibt aber eine andere Entwicklung. Wie in den vorangegangenen Vorträgen¹⁾ erläutert wurde, sind die Jahreskosten der Elektrizitätserzeugung aus Wasserkraft praktisch unabhängig

¹⁾ Siehe Fussnote S. 679.

vom Umsatz. Sie betragen für ein gegebenes Werk mit zugehörigem Verteilnetz 11...12 % vom Erstellungswert seiner Anlagen. Mit steigendem Energieabsatz wuchs aber auch der Leistungsanspruch der Verbraucher. Die Verteilnetze mussten ausgebaut werden, und neue Kraftwerke waren erforderlich. Die Kapitalinvestition stieg im Laufe der Jahre treppenförmig an, und im gleichen Masse wuchsen auch die Jahreskosten der Betriebe. Dies ist in Fig. 3 dargestellt. Die Spanne zwischen dem Erlös und den Produktionskosten dient zur Deckung der Kapitalverzinsung und zur Aeuferung wirklicher Reserven. Wie das Bild zeigt, nahm diese Spanne im Laufe der Entwicklung nach Erreichung eines etwa in die Jahre 1925...1930 fallenden Maximums wieder ab; das ist die Preis-Kosten-Schere, von der im Vortrag des Herrn Dir. Niesz²⁾ die Rede war. Wir sehen, dass die schweizerische Elektrizitätsproduktionswirtschaft in ihrem Ertrag einem Engpass entgegengeht, weil die Produktionskosten mit dem Umsatz rascher anwachsen als der Erlös aus dem Energieverkauf. Der Bau der neuen, durch die Kriegsfolgen überteuerten Kraftwerke wird diese Entwicklung noch erschweren. Man versteht daher das Bemühen der Elektrizitätsunternehmen, in der Auswahl der Kraftwerkprojekte nur die produktionswirtschaftlich günstigsten zum Bau vorzusehen. Sie handeln hiebei nach dem Gesagten im Dienste der Verbrauchswirtschaft. Sie wollen die Wettbewerbsfähigkeit der elektrischen Energie im Vergleich zum Brennstoff aufrecht erhalten.

Bekanntlich ist die geschilderte Elektrizitätswirtschaftspolitik unseres Landes jüngst wieder in der Presse und andernorts einer kritischen Betrachtung unterzogen worden. Von gewisser Seite wurde z. B. geltend gemacht, dass sie der planmässigen Verwendung von Wasserkraft und Brennstoff im Sinne rationellster Nutzung dieser Energiequellen widerspreche. Ihr Einsatz dürfe nicht nach dem Belieben des Verbrauchers erfolgen, sondern nach Massgabe der wirtschaftlichsten Produktion. In diesem Sinne

²⁾ Siehe Bull. SEV 1945, Nr. 18, S. 627...633.

sei z. B. die Verwendung von hydroelektrischer Energie zur Elektrowärmeerzeugung im Haushalt verfehlt, solange Kohle mit schlechtem Wirkungsgrad in den ausländischen Kraftwerken in Elektrizität umgewandelt werde. Man solle unsere Wasserkraft zur Stilllegung dieser unrationellen Betriebe verwenden. Diese Anschauung ist vom Standpunkt einer europäischen Energiewirtschaftspolitik aus betrachtet sicher zutreffend. Europa ist aber zurzeit noch nicht reif für eine Grossraumpolitik in der Energieversorgung. Wir wollen den Rahmen nicht zu weit spannen. Verfolgen wir in erster Linie eine schweizerische Energiewirtschaftspolitik, aber sorgen wir dafür, dass diese im Bereich unseres Landesinteresses mit jener der Nachbarländer im Einklang steht.

Wir Schweizer glauben aus Tradition und Erfahrung an die wirtschaftserhaltenden und aufbauenden Kräfte des freien Wettbewerbs. Aus diesem Grunde kann ich mir nicht vorstellen, dass für die zukünftige Entwicklung der schweizerischen Energiewirtschaft eine grundsätzlich andere Ordnung von Segen wäre. Der Konsum muss den freien Energiemarkt haben, wenn er zu wettbewerbsfähigen Preisen kommen will, und er muss mit der sicheren Verfügbarkeit über die benötigten Energiemengen rechnen können. Es entsteht aber die Frage, ob die Produktion diese Aufgabe auch in Zukunft erfüllen kann. Die Uebergangszeit bis zur Erreichung normaler Verhältnisse auf dem Weltmarkt wird im Energiewirtschaftssektor durch eine gewaltige Energienachfrage bei ungenügendem Angebot gekennzeichnet sein. Daraus schliesse ich, dass auch für unsern Inlandverbrauch nur beschränkte Rohenergiegütermengen zur Verfügung stehen werden. Man wird daher gut haushalten müssen mit diesen Gütern und alles aus ihnen herausholen, was die Technik und Wirtschaft vermag. Man wird zu diesem Zweck ihre Nutzung koordinieren, immer wo und wann dies für den Gesamtverbrauch von Gewinn ist.

Adresse des Autors:

Prof. Dr. Bruno Bauer, Eidg. Techn. Hochschule, Zürich.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Ausnützung der Ueberlastbarkeit grosser Leitungsnetze in Frankreich

621.3.016.34 : 621.311.1

In der Sitzung der Société française des Electriciens vom 2. Juni 1945 hielt Maurice Laborde einen Vortrag über die Ausnützung der Ueberlastbarkeit grosser Leitungsnetze. In der Revue Générale de l'Electricité¹⁾ erschien darüber folgender Bericht:

«M. Laborde étudie l'utilisation des capacités de surcharge du matériel électrique en se plaçant au point de vue des limitations résultant des échauffements et des températures atteintes et en se préoccupant essentiellement de l'évolution récente de la question, marquée notamment par de nouvelles discussions à la première Section du Conseil d'administration de la Société française des Electriciens.

Dans une première partie, l'auteur précise l'état de la question en France à la fin de l'année 1943, rappelant en particulier les études de M. Langlois-Berthelot sur la durée de vie des machines électriques. M. Laborde montre que les anciennes notions d'intensité de courant et de puissance no-

minales d'un appareil n'ont qu'une relation lointaine avec l'utilisation possible de celui-ci dans la pratique de l'exploitation.

La méthode d'exploitation rationnelle doit consister à ne pas dépasser des températures maxima déterminées. La base de départ pour l'exploitation est donc, d'une part, la connaissance d'un tableau donnant les températures limite admissibles pour chaque partie du matériel courant, de l'autre, la mesure des températures réelles aux points les plus chauds.

Les températures limite sont fixées de façon à assurer au matériel en exploitation normale une durée de vie de l'ordre de 20 à 25 ans. Au voisinage de ces températures, tout suréchauffement de l'ordre de 8 à 10° C double l'allure du vieillissement.

Cette méthode d'exploitation permet d'admettre, par rapport à la puissance nominale, des coefficients de surcharge fonction de la température ambiante et du caractère de la surcharge (surcharge temporaire, accidentelle ou récurrente).

Etudiant ensuite la marche d'ensemble des divers éléments d'un réseau, M. Laborde montre la nécessité d'éviter que l'un de ces éléments ne constitue un bouchon thermique, ce qui doit conduire à une certaine coordination des caractéristiques

¹⁾ Rev. gén. Electr. Bd. 29 (1945), Nr. 6, S. 161.