Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 36 (1945)

Heft: 18

Artikel: Die Nachfrage nach elektrischer Energie in Haushalt, Landwirtschaft, Handwerk, Industrie und Verkehr

Autor: Steiner, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1060259

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

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

Die Nachfrage nach elektrischer Energie in Haushalt, Landwirtschaft, Handwerk, Industrie und Verkehr

Vortrag, gehalten an der Volkshochschule des Kantons Zürich am 23. Oktober 1944,

von *E. Steiner*, Zürich

338 : 621.3

Es werden die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der Elektrizität, der Anschlusswert, der wirkliche Leistungsbedarf und der Elektrizitätsverbrauch der Verbrauchsgeräte, die Tarifformen und die Elektrizitätspreise in gemeinverständlicher Form erklärt. Der Schluss ist der Notwendigkeit des Baues neuer Kraftwerke gewidmet.

Exposé populaire des multiples applications de l'électricité, de la puissance installée, des besoins réels d'énergie et de la consommation d'électricité des appareils, des diverses catégories de tarifs, ainsi que des prix de l'électricité. L'auteur insiste, pour terminer, sur la nécessité de construire de nouvelles usines hydroélectriques.

Zweck dieses Vortrages ist, den Verbrauch an elektrischer Energie aufzuzeigen und auf die gewaltige technische und wirtschaftliche Bedeutung hinzuweisen, die der elektrischen Energie für Industrie und Handwerk, für unser Verkehrswesen, unsere Landwirtschaft und im Haushalt zukommt. Diese Bedeutung geht schon daraus hervor, dass vom jährlichen Gesamtverbrauch auf jeden einzelnen Einwohner etwa 1700 Kilowattstunden (kWh) kommen. Das ist die Energiemenge, die von einem Elektromotor von etwa 0,6 kW Leistung (3/4 PS) während der üblichen Fabrikarbeitszeit von 2400 Stunden verbraucht wird. Von allen Ländern der Welt weisen nur Norwegen und Kanada einen noch etwas höheren durchschnittlichen Verbrauch auf.

Seit der Erfindung der Dampfmaschine hat kaum eine andere technische Entdeckung und Entwicklung so umfangreiche, tiefe und ins Kleinste gehende Umgestaltungen in unserem wirtschaftlichen und kulturellen Leben verursacht, wie die Elektrizität. Der Grund liegt in der Möglichkeit, dem fliessenden Wasser das ihm innewohnende mechanische Arbeitsvermögen in früher ungeahntem Masse zu entziehen, es *leicht* in Elektrizität *umzuwandeln* und ebenso *leicht zu übertragen*. Statt mächtigen Schiffen und gewaltig langen mit Kohle beladenen Eisenbahnzügen von 40...50 km/h Geschwindigkeit genügen zur blitzschnellen Herbeischaffung der elektrischen Energie über und unter dem Boden verlegte Metalldrähte. Ohne Handarbeit lässt sie sich an jede beliebige Stelle unseres Lebensraumes leiten, in allerkleinsten Mengen in winzigste Geräte, in allergrössten Mengen in die mächtigsten Elektrodampfkessel. Zu ihrem gewaltigen Erfolg trug freilich noch bei, dass sie sich bequem und rasch in andere Energieformen umwandeln lässt, also in Wärmeenergie, in Lichtenergie, in chemische und wiederum in mechanische Energie. Keine andere von uns benutzte Energieform ist so anpassungsfähig an unsere Bedürfnisse und darum auch so ungeheuer vielseitig anwendbar.

Die *Verwendung* der elektrischen Energie war anfänglich bescheiden. Ihre Entdecker und die Forscher erzeugten sie in allerhand kleinen chemischen und physikalischen Geräten, durch die gegenseitige Wirkung chemischer Stoffe und durch die Elektrisiermaschine. Erst die *Erkenntnis der elektromagnetischen Wirkungen* des elektrischen Stromes legte den Grund zu der ungeahnten heutigen Entwicklung. Die Tatsache, dass der elektrische Strom Eisen zu magnetisieren und dadurch dessen mechanische Bewegung hervorzubringen vermag, führte zur Herstellung *elektrischer Maschinen*, die imstande waren, grosse Mengen von in Dampfmaschinen oder Turbinen erzeugter mechanischer Energie in elektrische Energie umzuwandeln. Ihren Höhepunkt erreichte diese Entwicklung in der Schaffung technisch brauchbarer *Transformatoren*, mittels welcher Wechselstrom bestimmter Spannung sich in solchen einer anderen Spannung umformen lässt und so die Uebertragung der elektrischen Energie auf Hunderte von Kilometern mit nur geringen Energieverlusten in wirtschaftlicher Weise ermöglicht.

Dass ein Draht durch den elektrischen Strom zum Glühen gebracht werden kann, wusste man längst. Es lag nahe, solche dauernd glühend gehaltene Drähte zur *Beleuchtung* zu verwenden. Der Erfindergeist *Edisons* schuf in der Kohlefadenlampe die erste brauchbare und zugleich verblüffend einfache und billige elektrische Lampe. Ihr Siegeszug in der ganzen Welt ist bekannt. Heute verfügt mit wenigen Ausnahmen jedes schweizerische Dorf, selbst in abgelegenen Berggegenden, über das *elektrische Licht*.

Jede elektrische Gleich- oder Wechselstrommaschine lässt sich nicht nur zur Umwandlung von mechanischer in elektrische Energie verwenden, sondern auch zum umgekehrten Zweck, also zur Umwandlung elektrischer Energie in mechanische Energie. Wissenschaft und Technik schenkten uns so mit dem elektrischen Generator zugleich den *Elektromotor*. Sein Einfluss auf unser ganzes Wirtschaftsleben und die Technik war geradezu umwälzend. Diesen Erfolg verdankt er seiner überaus einfachen, gedrängten Bauart, die ihn zum idealen Motor von der Grösse einer Erbse (Erinnerung an die Landesausstellung 1939) bis zum Riesen von 10 000 kW macht.

So rasch wie die Glühlampe hat sich zwar der Elektromotor nicht Bahn gebrochen. Das erklärt sich leicht aus seiner Entstehungsgeschichte, seinem Preis und dem nur langsam weichenden Wettbewerb der mit festen und flüssigen Brennstoffen betriebenen Motoren verschiedenster Art. Heute hat er bei uns die Wärmekraftmotoren mit Ausnahme der Automobil- und Flugzeugmotoren fast völlig verdrängt.

Die *Wärmeerzeugung* aus elektrischer Energie war, wie bereits erwähnt, schon vor der Erzeugung des elektrischen Lichtes bekannt, erwärmt sich doch jeder vom elektrischen Strom durchflossene Körper,

z. B. ein Draht, in einem gewissen Mass. Zu ausgedehnter praktischer Anwendung führte diese Erkenntnis erst später, denn so ausserordentlich einfach ein elektrischer Heizwiderstand hergestellt werden kann, so lange Zeit brauchte es bis zur heutigen Entwicklung der vielgestaltigen elektrischen Wärmegeräte. Schuld daran waren, neben materialtechnischen Schwierigkeiten, in noch viel grösserem Mass als beim Elektromotor die billigen und in beliebigen Mengen verfügbaren ausländischen Brennstoffe.

Wenig zahlreich im Vergleich zu den Glühlampen, Elektromotoren und Wärmegeräten sind die *Einrichtungen zur Erzeugung chemischer Vorgänge auf elektrischem Wege.* Dafür sind die in chemischen Betrieben hierzu aufgewendeten elektrischen Energiemengen ganz gewaltig.

Weitere Anwendungen der Elektrizität, z. B. die Erzeugung von *Röntgenstrahlen,* spielen zwar in der ärztlichen Kunst, in andern Wissenschaften und in der *Radiotechnik* eine bedeutende Rolle; mengenmässig fallen sie aber neben dem übrigen Verbrauch kaum in Betracht.

Anschlusswerte

Die Elektrizitätswerke, also die öffentlichen und privaten Unternehmungen, die sich mit der Verteilung und dem Verkauf von elektrischer Energie an die einzelnen Verbraucher befassen, führen genaue Verzeichnisse über die Art, Grösse und Zahl der an ihre Verteilungsanlagen *angeschlossenen elektrischen Nutzeinrichtungen.* Sie müssen sich darüber auf dem laufenden halten, um den ständig wachsenden Bedürfnissen der Energiebezüger rechtzeitig genügen zu können; auch tarifpolitische Gründe bedingen dies.

Der *Anschlusswert* einer elektrischen Einrichtung ist die Leistung, gemessen in Kilowatt, die sie bei voller Belastung dem speisenden Leitungsnetz entnimmt [1]).

Von den schweizerischen Kraftwerken für die allgemeine Energieversorgung (also *ohne* die Kraftwerke zur Selbstversorgung von Fabrikbetrieben und *ohne* die Kraftwerke der SBB) wurden nach der Statistik des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins am Ende des Jahres 1942 bedient:

16 Millionen Glühlampen (also etwa vier auf einen Einwohner) mit insgesamt 660 000 kW Anschlusswert.
460 000 Motoren für das Gewerbe, die Landwirtschaft usw. mit insgesamt 1,16 Millionen kW Anschlusswert;
mehr als 1 Million Wärmegeräte für den Haushalt und das Kleingewerbe mit über 2 Millionen kW Anschlusswert.
Der Anschlusswert der übrigen elektrischen Einrichtungen (also Lampen, Motoren, elektrothermische, elektrometallurgische und elektrochemische Geräte) bei industriellen Unternehmungen mit eigenen Transformatorstationen mag sich auf etwa 680 000 kW belaufen,
und die grossen Elektrokessel für Heisswasser und Dampf für die Industrie vermögen rund 360 000 kW [2]) aufzunehmen.

Würden alle diese Einrichtungen gleichzeitig mit voller Belastung arbeiten, so müsste an den Verbrauchsstellen eine *Gesamtleistung von mehr als 5 Millionen kW* verfügbar sein. Die höchste

tatsächlich beanspruchte Gesamtleistung

ist indessen viel kleiner als der Gesamtanschlusswert; sie betrug im Winter 1942 rund 1 Million kW, also nur etwa 20 % des Anschlusswertes. Weitere 140 000 kW entfallen auf die *Verluste in den Uebertragungsleitungen* für Hoch- und Niederspannung und für die *Umformung* des hochgespannten Stromes auf die Gebrauchsspannung, so dass an den Sammelschienen der Kraftwerke etwa 1,14 Millionen kW erforderlich waren.

Wohl zu beachten ist hier, dass das im Winter den Kraftwerken zufliessende Wasser *ohne* unsern grossen *Wasserspeicher,* also unsere natürlichen und künstlichen Seen, bei weitem nicht *zur gleichzeitigen Befriedigung aller Bedürfnisse genügen würde,* denn die Wasserführung der Flüsse kann ja im Winter bis auf einen Drittel oder Viertel der mittleren Wassermenge zurückgehen.

Welche

Energiemengen,

d. h. wieviele kWh werden nun *jährlich* von den angeführten Nutzeinrichtungen verbraucht?

Die 16 Millionen Lampen dürften etwa benötigen rund	400 Mill. kWh
Die Motoren verwandeln wiederum in mechanische Arbeit etwa	1500 Mill. kWh
Der weitaus grösste Anteil, nämlich etwa . entfällt auf die Wärmeerzeugung im Haushalt und im Kleingewerbe, in den unzähligen Fabrikations-Einrichtungen zur Metallbearbeitung, in chemischen Betrieben, in grossen Dampf- und Heisswasserkesseln und neuerdings auch in Grastrocknungsanlagen.	4100 Mill. kWh
Für Zugförderung und Wagenheizung der SBB und der Privatbahnen werden verwendet etwa	800 Mill. kWh
Ins Ausland gingen im Jahr 1943 noch etwa [3])	1200 Mill. kWh
Fügt man noch die Uebertragungsverluste in den Leitungen und den Aufwand für die Pumpanlagen der grossen Speicherkraftwerke mit rund	1000 Mill. kWh
hinzu, so ergeben sich als *ungefähre jährliche Gesamtabgabe aller schweizerischen Wasserkraftwerke rund* . . .	*9000 Mill. kWh*

Die Abgabe von *Ueberschussenergie an die Elektrokessel* schwankt entsprechend den Wasserverhältnissen und andern Umständen von Jahr zu Jahr natürlich sehr stark, in den letzten Jahren zwischen etwa 500 und 700 Mill. kWh. Sie wurde in diesen Kriegsjahren zeitweise eingeschränkt oder gar ein-

[1]) Das *Kilowatt,* die Masseinheit für die Leistung, darf nicht, wie dies oft geschieht, mit der *Kilowattstunde,* der Masseinheit für die Arbeit und die Energie, verwechselt werden. Wir dürfen ja z. B. auch nicht das Mass der Leistung einer Wasserleitung, nämlich z. B. Liter pro Sekunde, mit dem Mass des Volumens des Wassers verwechseln, das sich in dem durch den Zufluss gespeisten Behälter befindet (Liter). Multipliziert man die Leistung (in kW) mit der Benützungsdauer des Gerätes (in Stunden), so erhält man die Arbeit (in kWh). — Um den Vergleich mit der oft gebräuchlichen Leistungseinheit PS zu ermöglichen, sei daran erinnert, dass man mit der Leistung 1 Kilowatt ein Gewicht von 102 kg in 1 Sekunde um 1 m heben kann; 1 Kilowatt entspricht also 1,36 Pferdestärken.

[2]) Mit Einschluss der Elektrokessel von etwa 50 kW an heute sogar etwa 700 000 kW.

[3]) Früher maximal 1750 Mill. kWh, 1944 weniger als 1200 Mill. kWh.

gestellt zugunsten der Beleuchtung, des Motorbetriebes und vieler tausend Wärmegeräte in Haushalt und Gewerbe. Zu deren Vorteil wirkten sich auch die Schwierigkeiten im Clearingverkehr mit den umliegenden Staaten aus, die eine Einschränkung der Energieausfuhr zur Folge hatten. Diese hat unter anderem auch die Einrichtung von *grossen Grastrocknereien* in allen Teilen unseres Landes erleichtert. Zurzeit bestehen deren etwa 47 mit einem Gesamtanschlusswert von 31 100 kW. Für deren Erstellung und für die zugehörigen Transformatoranlagen und Hochspannungsleitungen wurden etwa 9,5 Mill. Fr. aufgewendet. Im Jahre 1943 wurden für deren Betrieb rund 35 Mill. kWh verwendet. Aus rund 40 000 t frischem Gras und andern Futtermitteln erhielt man rund 8000 t hochwertiges Heu und sonstiges Trockengut, zumeist in den Monaten April, Mai, Oktober und November, also zu einer Zeit, wo eine gute natürliche Trocknung kaum möglich ist. Diese Menge ersetzt den jährlichen Bedarf an ausländischen Kraftfuttermitteln für etwa 12 000 Milchkühe. Der Erfolg ist um so bemerkenswerter, als dazu, wie schon vorhin angedeutet, zum grössten Teil Ueberschussenergie verwendet werden konnte. Für 1 kg Frischgras werden 0,75...1,0 kWh benötigt, bei Anlagen mit Wärmerückgewinnung wesentlich weniger. Noch viel günstiger sind versuchsweise aufgestellte, nach Art der Wärmepumpe arbeitende Trockner. Doch wird dieser Vorteil durch höhere Anlagekosten zum Teil wieder aufgehoben.

Zum leichtern Verständnis der Bedeutung der genannten Energiemengen mögen folgende Angaben und Rechnungsbeispiele über den

Wert einer kWh

dienen, d. h. über das, was man mit einer Kilowattstunde ausrichten kann.

Man kann z. B. einen Ofen von 1 kW Anschlusswert während einer Stunde betreiben,
oder 10 l Wasser von etwa 15° zum Sieden bringen,
oder etwa 1,4 l Wasser verdampfen.
Zum Kochen eines Mittagessens für 4 Personen braucht man gleichfalls 1 kWh.
Lässt man eine Lampe von 40 Watt während 25 Stunden brennen, so wird der Elektrizitätszähler ebenfalls 1 kWh anzeigen.

Etwas vorteilhafter nehmen sich die Zahlen für die mechanische Arbeit aus. Man benötigt, unter Voraussetzung eines verlustlosen Mechanismus, nur 1 kWh, um ein Gewicht von 1000 kg auf 367 m Höhe zu befördern; arbeitet der Hebemechanismus mit einem Wirkungsgrad von etwa 80 %, so wird man immerhin etwa 300 m erreichen. Dass man mit der gleichen Energiemenge nur etwa zwei Stunden bügeln kann, scheint seltsam wenig, ebenso gegenüber der Arbeitsleistung einer elektrischen Hauswasserpumpe, die bei einem Gesamtwirkungsgrad von etwa 50 % etwa 18 000 l Wasser auf 10 m Höhe heben kann. Besser verständlich wird das, wenn man weiss, dass man mit 1 kWh bei Erzeugung mechanischer Arbeit praktisch etwa 1...1,5 kg Kohle ersetzen kann, bei direkter Umsetzung in Wärme aber durchschnittlich nur etwa $^1/_4$...$^1/_8$ kg. In vielen Fällen sind es also nur die schon vorhin ausgeführten idealen Eigenschaften der elektrischen Wärmegeräte und ihr oft 100prozentiger Wirkungsgrad, die ihnen den Vorzug gegenüber der Kohlenfeuerung verschaffen.

Man kennt nun freilich noch ein Verfahren, die Wärme mit Hilfe der Elektrizität zu gewinnen. Es wird in den *Wärmepumpen* (in Zürich: im Rathaus, im Kongresshaus, im Hallenschwimmbad, im Fernheizkraftwerk der Eidg. Techn. Hochschule und neuerdings in den Amtshäusern der Stadt Zürich) angewandt. Man entzieht dem Wasser der Limmat (im Kongresshaus der Luft) durch einen sehr sinnreichen, interessanten Mechanismus einen Teil der innewohnenden Wärmeenergie mit so gutem Erfolg, dass man mit 1 kWh bereits 0,45 kg Kohle ersetzen kann. Dieses Verfahren ist allerdings nur bei mässigen Temperaturen und grossen Wärmemengen anwendbar. Erwähnt sei noch, dass es schweizerische Maschinenfabriken waren, die als erste brauchbare und wirtschaftlich arbeitende Maschinen zur praktischen Verwertung der lange bekannten physikalischen Vorgänge geschaffen haben.

Messung der Energie; Tarife

Wer elektrische Energie kauft, lässt sie sich vormessen. Das ist auf zwei Arten möglich. Bei der einen, früher ganz allgemein gebräuchlichen, bestimmt man die *Leistung*, die die elektrischen Geräte in Watt oder Kilowatt aufnehmen können, bei Motoren dagegen meistens die Nutzleistung an deren Welle in Kilowatt, früher, z. T. auch heute noch, in Pferdestärken. Der Preis für die gelieferte Energie wird dann entsprechend der aufgenommenen Leistung und der nach Erfahrung eingeschätzten jährlichen Benützungszeit bestimmt. Die so entstandenen *Pauschaltarife* sind natürlich sehr unvollkommen und werden nur noch für Treppenhausbeleuchtung, kleine Heisswasserspeicher, Klingelanlagen und dergleichen angewendet. Sie wurden fast gänzlich durch die Verrechnung nach dem *wirklichen Verbrauch an Kilowattstunden* verdrängt, sobald es der Technik gelungen war, einen guten und vor allem billigen *Kilowattstundenzähler* herzustellen. Dieser Zähler ist ein kleiner elektrischer Motor, dessen Welle sich mit einer Geschwindigkeit dreht, die genau der jeweiligen elektrischen Leistung in Watt oder Kilowatt entspricht. Die Zahl der Umdrehungen der Welle bzw. des von ihr angetriebenen Zählwerks in einer bestimmten Zeit, z. B. 1 Monat, gibt dann das Mass für die in dieser Zeit verbrauchten Kilowattstunden.

Käufer und Verkäufer schätzen den Elektrizitätszähler besonders deshalb, weil er sehr genau geeicht werden kann. Gute Zähler arbeiten viele Jahre einwandfrei. Eine eidgenössische Verordnung bestimmt, dass sie vor der Inbetriebsetzung und nach Behebung allfälliger Störungen, mindestens aber alle zehn Jahre, amtlich geeicht werden müssen. Die Zähler werden den Energiebezügern meistens gegen eine feste Gebühr vermietet.

Auch der einfache *Zählertarif* ist für sich allein kein vollkommener Tarif, denn entgegen dem

Pauschaltarif berücksichtigt er nicht die vom Abnehmer beanspruchte Höchstleistung. Je grösser diese Leistung ist, desto stärker müssen natürlich auch alle Anlagen des Elektrizitätswerkes sein und desto mehr muss dieses für die Verzinsung, den Unterhalt, die Abschreibung, die Konzessionsgebühren usw. aufwenden. Diese jährlichen festen Auslagen machen bei einem Wasserkraftwerk den weitaus grössten Teil der Betriebskosten aus, viel mehr als bei einer mit Brennstoff betriebenen Anlage. Darum erheben die meisten Unternehmungen ausser der durch den Zähler ermittelten *Verbrauchsgebühr* für jede angeschlossene oder wirklich benutzte Leistungseinheit eine jährliche *Grundgebühr*, manchmal auch nur eine jährliche *Mindestgebühr*, die für alle Fälle wenigstens die Selbstkosten für die Bereitstellung der Anlagen decken soll. Dieser *Zweigliedtarif* ist namentlich für Motoren und andere grosse Anschlüsse, auch beim Verkauf der Elektrizität an Wiederverkäufer, üblich.

Schliesslich sei noch ein ganz besonderer und für den Nichttechniker recht schwer verständlicher Tarif erwähnt, der bei Bezug von Energie für Wechselstrommotoren zusätzlich angewendet wird, der *Blindverbrauchstarif*. Es handelt sich dabei um die Berücksichtigung des schon erwähnten Stromes, der zur ständigen Magnetisierung des Motoreisens erforderlich ist. Dieser zusätzliche Strom erhöht die Verluste in den Generatoren, Leitungen und Transformatoren merklich. Uebersteigen diese Mehrverluste ein gewisses Mass, so ist dafür ein entsprechender Zuschlag zum gewöhnlichen Tarif für motorische Energie zu bezahlen. Die Anhaltspunkte für die Verrechnung liefert der *Blindverbrauchszähler*. Gleiches gilt für den Magnetisierungsstrom oder sogenannten Leerlaufstrom der Transformatoren, wenn die Energie in Hochspannung bezogen wird [4]).

Die Wasserkraftwerke können die Energie um so billiger liefern, je *vollkommener die verfügbaren Maschinen bzw. die Wasserkraft ausgenützt wird.* Angebot und Bedarf entsprechen sich aber meist nicht, sondern folgen ihrer eigenen Gesetzmässigkeit. Die verfügbare Wassermenge hängt vom Klima und von den Niederschlägen ab und schwankt innert grosser Grenzen. Der Bedarf dagegen richtet sich nach den Lebens- und Arbeitsgewohnheiten der Menschen, dem Stand der industriellen Entwicklung und den Brennstoffen, über die ein Land verfügt. *Ziel der Wasser- und Elektrizitätswirtschaft ist deshalb die möglichste Anpassung des jeweiligen Bedarfes an die zur selben Zeit verfügbare Leistung.* In einem gewissen Masse wird dies durch geschickte Gestaltung der Verkaufspreise erreicht. So wird z. B. die Energie in Zeiten starken Bedarfes zu höheren Preisen verrechnet als bei schwacher Belastung der Maschinenanlagen. Man bezweckt damit eine gewisse Verschiebung auf die Tageshelle, auf die Mittagszeit und besonders auf die Spätnacht, dann aber auch auf das Wochenende. Die Massnahmen sind vielgestaltig und finden ihren Ausdruck in den *Mehrfachtarifen*, in *Wochenendtarifen*, in *Sommer- und Winterpreisen* und in andern Vergünstigungen für Abnehmer, die ihren Bedarf den Wünschen der Elektrizitätswerke mehr oder weniger anpassen können.

Besonders angenehm sind jedem Werk natürlich auch Abnehmer mit möglichst gleichmässigem, dauerndem Bezug. Sie werden durch besondere Tarife begünstigt, die nach Zeit und bezogener Energiemenge gestaffelt sind oder einen Umsatzrabatt gewähren.

Viele dieser Tarife können nur mit Hilfe von zusätzlichen Einrichtungen am gewöhnlichen Zähler angewendet werden. So baut man Mehrfachtarifzähler, deren zwei oder drei Zählwerke durch Umschaltuhren gesteuert werden, und Zähler mit Höchstverbrauchsanzeiger, welche die Messung der höchsten beanspruchten Leistung gestatten. Für grössere Anlagen benutzt man auch Zähler mit Vorrichtung zur laufenden Aufzeichnung des Energiebezuges. Für säumige Zahler hat man den Zähler mit Selbstkassierung gebaut.

Ausser den in der Schweiz gebräuchlichen Tarifen ist eine besondere Art der Elektrizitätsverrechnung für Haushaltungen zu erwähnen, die im Ausland mit grossem Erfolg angewendet wird. Vorausgesetzt sei eine moderne, vollelektrifizierte Wohnung. Der Verbrauch für Licht und Kleinapparate wird bei uns durch einen Zähler registriert, der oft als Doppeltarifzähler für gesonderte Messung des Verbrauchs während der Spitzenzeit (Hochtarifzeit) und ausserhalb derselben (Niedertarifzeit) eingerichtet ist. Mit einem zweiten Doppeltarifzähler wird der Verbrauch für Küche, Heizung und Heisswasserspeicher gemessen. Wäre es nicht denkbar, eine solche Wohnung tariflich als Einheit zu behandeln, statt als ein Nebeneinander von Licht- und Wärmeabnehmern? Man würde an Zähler- und Abrechnungskosten sparen und die Hausinstallation vereinfachen. Das Wesen der hierfür geschaffenen Einheitstarife besteht darin, dass man mit einem einzigen Doppeltarifzähler den Gesamtverbrauch der Wohnung erfasst. Gegenwärtig studieren die schweizerischen Elektrizitätswerke intensiv die praktische Ausgestaltung solcher Tarife für unsere Verhältnisse. Dabei gibt es zwei Varianten.

Bei der einen wird zur Berücksichtigung der hohen Wertschätzung der Beleuchtungsenergie zunächst ein fester jährlicher *Grundpreis* berechnet, der sich etwa nach der Grösse der Wohnung richtet. Das gestattet, für den ganzen Energieverbrauch mit einem einheitlichen kWh-Preis je für den Tag und die Nacht auszukommen, der für alle Anwendungen dem Abonnenten noch Anreiz bietet und die Gestehungskosten des Werkes deckt. Diese Tarifart erinnert an den Telephontarif.

Die andere Variante ist der *Regelverbrauchtarif*. Da berechnet man statt eines Grundpreises zunächst eine bestimmte, von der Wohnungsgrösse abhängige *feste kWh-Zahl*, den Regelverbrauch, zu einem

[4]) Der Blindverbrauch lässt sich durch Kondensatoren vermindern. Dadurch wird das Verhältnis zwischen Blindverbrauch und Wirkverbrauch zugunsten des Elektrizitätswerks verbessert, ebenso der in vielen Energielieferungsverträgen erscheinende Leistungsfaktor oder cos φ, das Mass der Phasenverschiebung zwischen Wirkleistung in Kilowatt und Scheinleistung in Kilovoltampere.

Preis, der den üblichen kWh-Preisen für Beleuchtung entspricht, und den darüber hinausgehenden Verbrauch zu niedrigen, den üblichen Ansätzen für Küche und Heisswasser entsprechenden kWh-Preisen.

Eine wichtige Feststellung ist, dass schon heute mehr als die Hälfte der erzeugten Elektrizität zu Wärmezwecken verwendet wird. Zum Teil handelt es sich um hochwertige Wärmeanwendungen, bei denen die Wertschätzung der elektrischen Form der Energie ihr einen besonderen kommerziellen Wert verleiht. Aber es werden auch grosse Mengen abgesetzt als einfacher Brennstoffersatz ohne besondere Vorzüge, und dafür gilt als Verkaufspreis der Konkurrenzpreis der Brennstoffe. Bei den industriellen Elektrokesseln ergaben sich vor dem Krieg Preise von weniger als 1 Rp./kWh. Jedenfalls haben Anwendungen der elektrischen Energie zu niedrigen Preisen die grössten Entwicklungsmöglichkeiten.

Zum Teil sehr stark werden die Elektrizitätstarife durch den *Wettbewerb mit den Brennstoffen beeinflusst.* Am wenigsten ist dies bei der Lichtenergie der Fall. Dass sie am teuersten ist, liegt zwar hauptsächlich daran, dass die Kosten für ihre Verteilung und den Verkauf verhältnismässig hoch sind und dass die Werke durch die Lichtspitzen in ungünstiger Weise belastet werden. Ihr Preis wird aber auch durch die Wertschätzung seitens des Verbrauchers bestimmt, der sie durch keine andere ebenbürtige und gleich billige Lichtquelle ersetzen kann.

Recht deutlich zeigt sich dagegen der Wettbewerb der Brennstoffe mit der aus Wasserkraftwerken gewonnenen Energie bei den *Tarifen für motorische Energie.* Der Elektromotor ist zwar eine ideale Arbeitsmaschine. Ohne den Brennstoffkosten einigermassen angepasste Energiepreise hätte er aber trotzdem die Wärmekraftmotoren nicht in wenigen Jahrzehnten fast vollständig verdrängen können. Diese Anpassung war allerdings um so eher möglich, als der grosse Absatz motorischer Energie die Ausnützung der Wasserkraftwerke gewaltig verbesserte und den heutigen Aufschwung der Elektrizitätswirtschaft ermöglichte. Er hat damit auch zur allmählichen Senkung der Lichttarife wesentlich beigetragen.

Beträchtlicher noch, ja zum Teil ausschlaggebend war der *Einfluss der Brennstoffpreise auf die Tarife für die elektrisch gewonnene Wärmeenergie.* Aus einer Kilowattstunde lassen sich nur 860 Kilocalorien (kcal) [5]) gewinnen. Das ist verhältnismässig wenig gegenüber der etwa achtfachen Wärmemenge von etwa 7000 kcal, die man aus 1 kg Kohle erhalten kann, das in gewissen Zeiten ungefähr gleichviel kostete wie 1 kWh. Der Wettbewerb der Elektrizität wäre also in den weitaus meisten Fällen ganz aussichtslos, wäre nicht der Wirkungsgrad der elektrischen Wärmegeräte viel besser als der Wirkungsgrad der Feuerungseinrichtungen, und würden nicht die geradezu idealen Eigenschaften der elektrischen Wärmeerzeugung ihr in vielen Fällen den unbedingten Vorrang vor der Heizung mit Brennstoffen verschaffen. *Heute übertrifft* der elektrische Energieverbrauch zur *Wärmeerzeugung,* wie schon erwähnt, *bereits* den Gesamtbedarf für die *Beleuchtung und den Motorbetrieb.* Dazu bedurfte es allerdings einer langen Entwicklung. Vor allem musste die Technik eine grosse Zahl zweckmässiger, dauerhafter und verhältnismässig billiger Wärmegeräte schaffen und in der Tarifpolitik der Elektrizitätswerke mussten zum Teil ganz neue Wege beschritten werden. Wenn also heute so viel Wärmeenergie zu erschwinglichen Preisen abgegeben werden kann, so ist dies zum grossen Teil den geschickten Massnahmen zu verdanken, die auch die Verwertung der grossen sommerlichen und der regelmässigen nächtlichen Energieüberschüsse zu verwerten gestatten.

[5]) Die Kilocalorie (Kilo heisst tausend, wie in Kilometer; 1 kcal = 1000 cal) ist eine technische Wärmeeinheit. 1 kcal ist nötig, um 1 Liter Wasser um 1 Grad zu erwärmen.

Energiepreise

Diese Darlegungen zeigen, dass der Energieverkauf ein sehr vielgestaltiges Geschäft ist. Man wird nun auch verstehen, warum das so begehrte Erzeugnis unserer Elektrizitätswerke, das doch aus den gleichen Maschinen fliesst, *zu so verschiedenen Preisen* verkauft wird, ja dass sogar der Preis bei gleicher Verwendungsart sich je nach der Höhe, der Menge und der Bezugszeit ändern kann. Es scheint allen kaufmännischen Regeln zu widersprechen, dass man die *Beleuchtungsenergie zu einem Mehrfachen der Gestehungskosten, die motorische Energie nur wenig über diesem Gestehungspreis und die Wärme zum Teil scheinbar unter Selbstkosten* verkauft. Aehnliche Verhältnisse findet man aber z. B. auch bei den *Eisenbahntarifen,* bei denen nicht das Gewicht der Waren allein massgebend ist, sondern auch ihre Beschaffenheit, ihr Wert und andere Umstände. Darum gewähren die Bahnverwaltungen in bestimmten Fällen Vorzugstarife.

Die Entstehung und Vielgestaltigkeit der Tarife zeigt, dass jede Preisangabe sehr vorsichtig beurteilt werden muss. Vor allem ist zu beachten, ob die Energie in Hochspannung oder in Gebrauchsspannung bezogen wird. Im ersten Fall hat der Abnehmer die Verluste für die Umformung in Niederspannung zu tragen, wofür ihm eine entsprechende Preisermässigung zusteht. Ist er zugleich Eigentümer der ihn bedienenden Transformatorenstation, so steht ihm eine weitere Vergünstigung zu, weil er die Kosten der Anlage bezahlt. Dass Grossabnehmern namentlich in Anbetracht der verhältnismässig geringen Verteilungskosten niedrigere Preise gewährt werden als dem Kleinbezüger, ist ebenfalls gut verständlich. Auch die finanzielle Lage des Elektrizitätsunternehmens kann von Einfluss sein. Die Preise sind also noch von der mehr oder weniger grossen Abschreibung der Anlagen abhängig, nicht selten aber auch von der Einstellung der Eigentümer, also ob das Unternehmen nach wirklich volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten geleitet wird, oder ob möglichst hohe Gewinne, recht häufig

zugunsten der öffentlichen Kassen, erstrebt werden. Sieht man von allerlei Ausnahmefällen ab, so ergeben sich unter normalen Verhältnissen etwa folgende *schweizerische Mittelpreise:*

für die Lichtenergie etwa	30...50 Rp./kWh
für die motorische Energie (einschliesslich Grundgebühr) etwa	4...15 Rp./kWh
für die Wärmeenergie etwa	2... 7 Rp./kWh

Die Energiepreise für grosse *elektrothermische* und besonders für *elektrochemische Betriebe* werden, wie schon angedeutet, aus verschiedenen Gründen merklich niedriger angesetzt. Sie werden auch oft dem Stand der Brennstoffpreise angepasst, sind also öfteren Schwankungen unterworfen und in den Kriegsjahren gestiegen.

Am billigsten wird die sogenannte *Abfallenergie* verkauft, d. h. der unregelmässig auftretende Energieüberschuss, für den weder zeitlich noch mengenmässig eine Lieferpflicht übernommen werden kann, und der daher eine grosse Anpassungsfähigkeit des Bezügers an das rasch wechselnde Energieangebot voraussetzt. Der Mindestansatz für diese Energie beträgt heute 1,5 Rp./kWh, gegenüber etwa 0,5 Rp. vor dem Kriege. Sie wird zumeist in Elektrokesseln bis zu 15 000 kW Anschlusswert verbraucht. Soweit die Lieferungsverträge und die Verhältnisse dies zulassen, geht auch ein Teil, zusammen mit regelmässig lieferbarer Energie, ins Ausland. — Zu der oft umstrittenen Frage der *Energieausfuhr* kann hier nur bemerkt werden, dass gegen die Ausfuhr im Inland nicht verwendbarer Energie grundsätzlich nichts mehr einzuwenden ist, seitdem sie gemäss einer behördlichen Verordnung erfolgt. Grund zur Kritik bot gelegentlich die mit der Ausfuhr verbundene Preispolitik.

In den Energielieferungsverträgen für grössere Abnehmer, häufig aber auch in den Abonnementsbedingungen für Kleinbezüger, ist eine *jährliche Mindestgebühr* festgesetzt, d. h. eine feste Summe, die auch dann zu bezahlen ist, wenn der nach dem Elektrizitätszähler errechnete jährliche Betrag den erwarteten Mindestbezug nicht erreicht. Der Abnehmer empfindet die daraus entstehenden gelegentlichen Nachzahlungen oft als ungerecht. Es ist aber zu beachten, dass die Mindestgebühr in der Hauptsache zur Deckung der bereits erwähnten Kosten für die Verzinsung, die Abschreibung, den Unterhalt, den Betrieb und die Verwaltung der Anlagen des Elektrizitätswerkes dient, für die es auch aufkommen muss, wenn der Abonnent gar keine Energie bezieht. In diesem Sinne ist die Mindestgebühr grundsätzlich am Platze, wenn auch gesagt werden muss, dass sie oft unverhältnismässig hoch ist und die fortschreitende Abschreibung der Anlagen nicht berücksichtigt. — Die Mindestgebühr ist natürlich nicht mit der Grundtaxe zu verwechseln, die sich nicht auf die jährlich bezogenen Kilowattstunden, sondern auf die zu irgendeinem Zeitpunkt beanspruchte höchste Leistung in Kilowatt bezieht.

Es ist schliesslich noch zu prüfen, ob die jetzt gültigen Energiepreise angemessen sind. Im allgemeinen darf dies unter Berücksichtigung der heutigen wirtschaftlichen Verhältnisse und der besondern finanziellen Lage der Werke bejaht werden. Die Tarife der meisten Werke sind in den Jahren vor dem Krieg allmählich auf ein tragbares Mass erniedrigt worden. Da und dort wäre freilich eine weitere Senkung der Tarife erwünscht und auch gut möglich; auch die vorerwähnte jährliche Mindestgebühr und die Grundgebühren für Motoren sollten abgebaut werden. Die in öffentlicher Hand befindlichen Unternehmungen sind aber in der Regel *gezwungen,* möglichst *grosse Reingewinne an die Gemeindekassen* abzuliefern, was dem unmittelbaren Interesse der Abonnenten meistens nicht entspricht. So sind denn nicht etwa die wenigen privaten Werke die teureren Krämer, denn sonst würden sie den Bestrebungen zur Uebernahme ihrer Anlagen durch Unternehmungen der öffentlichen Hand willkommenen Vorschub leisten.

Zurzeit ist als Folge der Abwertung von 1936 und des gegenwärtigen Krieges ein gewisser *Stillstand in der Preisbewegung* festzustellen, und es zeigen sich wegen der Verteuerung der Rohmaterialien und Arbeitslöhne sogar *Bestrebungen zur Erhöhung der Preise.* Die Eidg. Preiskontrollstelle hat eine solche mit Recht verhindert, in der Meinung, dass die Werke in der wesentlich gesteigerten Ausnützung ihrer Wasserkraftanlagen und in den erhöhten Preisen für die Abfallenergie einen *genügenden Ausgleich* für die Vermehrung der Gestehungskosten finden. Es ist zu hoffen, dass diese Einsicht auch nach dem Krieg und nach Aufhebung der Preiskontrolle erhalten bleibt. Es hängt dies zum Teil von den künftigen Kohlenpreisen ab und sodann von den Kosten der neu zu erstellenden Kraftwerke, deren Anlagekapital weit höhere Summen zur Verzinsung und Abschreibung erfordern wird als die bestehenden, schon stark abgeschriebenen Werke. Das zeigt, dass man vor allen Dingen *die* Wasserkraftanlagen erstellen muss, die sehr billige Energie zu erzeugen vermögen.

Bau neuer Werke

Damit sind wir an einer *Frage von ausserordentlicher Wichtigkeit* nicht nur für die schweizerische Wasser- und Elektrizitätswirtschaft, sondern für die ganze schweizerische Volkswirtschaft schlechthin angelangt, zur Frage, *wie der weitere Bedarf an weisser Kohle gedeckt werden soll.*

Im Jahre 1942 stieg allein der Anschlusswert in Haushalt und Gewerbe um 340 000 kW und im letzten Jahr um weitere 300 000 kW. Neueste Erhebungen zeigen, dass der entsprechende regelmässig lieferbare Energiebedarf jährlich um etwa 70 Mill. kWh anwächst. Weitere 40 Mill. kWh werden jedes Jahr zusätzlich von der Industrie verlangt werden. Nicht eingerechnet ist dabei die Energie für neu zu elektrifizierende Bahnstrecken, der Mehrverbrauch der Landwirtschaft für die Grastrocknung und sodann die unregelmässig anfallende Ueberschussenergie für die Elektrokessel der Industrie. Man muss also mit einem jährlichen Zuwachs des Bedarfes von wahrscheinlich mehr als 200 Mill. kWh rechnen.

Die vier bzw. anderthalb Monate dauernden behördlichen Einschränkungen der Beleuchtung, der Warmwasserbereitung und besonders der so beliebten elektrischen Raumheizung, sowie des Bezuges der Industrie in den Wintern 1941/1942 und 1942/1943, die neuerliche Einschränkung der Warmwasserbereitung und Raumheizung im Winter 1943/1944 und die ungenügende Versorgung der Industrie mit Wärmeenergie haben jedermann überzeugt, dass neue Wasserkraftwerke gebaut werden müssen, selbst wenn die Energielieferung ins Ausland noch viel weiter eingeschränkt oder noch mehr aus Kohle erzeugte Energie eingeführt würde. Wie man weiss, macht sich der *Mangel in der Regel besonders im Winter* bemerkbar. Weit mehr als Laufkraftwerke, deren Leistung im Winter stets auf weniger als die Hälfte zurückgeht, benötigen wir daher grosse *Speicherkraftwerke für den Winter.* Es liegen schon seit längerer Zeit eine ganze Reihe von Projekten für grosse und grösste Wasserkraftanlagen vor, und Fachleute haben auch ein auf zehn Jahre bemessenes Bauprogramm aufgestellt. Es ist klar, dass dabei die Speicherwerke im Vordergrund stehen, vor allem die *Hinterrhein-Kraftwerke mit dem Stausee Rheinwald,* die *Urseren-Kraftwerke mit Stausee im Urserental* und das *Blenio-Werk.* Die Erstellung dieser Werke würde eine grundlegende Verbesserung nicht nur unserer ganzen Elektrizitätsversorgung bewirken, sondern unsere Abhängigkeit von ausländischen Brennstoffen in sehr spürbarer Weise weiter vermindern. Allerdings müsste ein Teil der Einwohner die Täler verlassen und in neue Heimstätten umgesiedelt werden, ähnlich wie es mit etwa 890 Einwohnern des Wäggitales und am Etzel geschah.

Die *Hinterrhein-Kraftwerke mit dem Stausee Rheinwald* könnten in Jahren mittlerer Wasserführung etwa 1200 Mill. kWh erzeugen, wovon etwa ein Drittel im Sommer und zwei Drittel im Winter. Diese 1200 Mill. kWh entsprechen etwa einem Fünftel der heutigen, zur allgemeinen inländischen Versorgung bestimmten Erzeugung sämtlicher schweizerischer Wasserwerke. Dass durch den Bau der Hinterrhein-Kraftwerke mit Stausee Rheinwald auch die Wasserführung des Rheins und damit die Energieerzeugung der Reihe grosser, zwischen Schaffhausen und Basel liegender Kraftwerke im Winter ohne irgendwelchen Kostenaufwand um etwa 100 Mill. kWh gesteigert werden könnte, sei nur nebenbei erwähnt.

Bedeutender noch ist das *Projekt des «Studiensyndikates für die Urserenkraftwerke».* Den Kernpunkt dieses Projektes bildet ein Stausee im Urserental, in welchem 1200 Mill. m^3 Wasser aufgespeichert oder, elektrisch gesprochen, 3000 Mill. kWh an Winterenergie bereitgehalten werden könnten. Die Urserenkraftwerke würden, in Anpassung an die Energiebedürfnisse, stufenweise erstellt.

Der besondere Vorzug der genannten Werke ist, dass sie *billige Winterenergie* erzeugen könnten. Die von den Hinterrhein-Kraftwerken in Hochspannung nach dem Speisepunkt Grynau am obern Zürichsee gelieferte kWh würde (nach den Baukosten des Jahres 1939 gerechnet) 2,3 Rp. kosten, beim Urserenwerk noch weniger. Alle zum Ersatz für die Hinterrhein-Kraftwerke mit Stausee Rheinwald vorgeschlagenen Anlagen würden ganz bedeutend teurer arbeiten.

Die Wasserkraftanlagen, die wir noch bauen können, müssen zum grössten Teil und in immer rascher anwachsendem Masse dazu dienen, bei den Konsumenten die schwarze Kohle durch die sogenannte weisse Kohle zu ersetzen. Darum stehen gerade diese *grossen* Speicherkraftwerke, die uns jährlich viele hunderttausend Tonnen Kohle ersetzen können, im Vordergrund aller Bestrebungen. Ohne sehr billig arbeitende Speicherkraftwerke werden Tausende von Begehren nach billiger elektrischer Energie für den Haushalt nicht erfüllt werden können. Weit schwerer aber wird die Industrie den Mangel empfinden, weil ihre Konkurrenzfähigkeit mit dem bessergestellten Ausland wesentlich beeinträchtigt würde.

Das Gesagte dürfte einen Einblick in die gewaltige und schwierige Arbeit geben, die hinter den paar Zahlen der monatlichen Rechnungen für das elektrische Licht, den Motorbetrieb und die elektrische Wärmeerzeugung steckt. Beizufügen ist, dass für unsere Wasserkraftanlagen und die vielen Tausende von Kilometern elektrischer Hoch- und Niederspannungsleitungen etwa 3 Milliarden Franken aufgewendet worden sind, also ungefähr gleich viel wie für unsere sämtlichen Eisenbahnen. Kein anderer schweizerischer Industriezweig reicht an die Bedeutung der Elektrizitätswirtschaft heran. Das grosse Werk bedarf aber noch der Vervollkommnung. Ausser dem möglichst raschen Ausbau der grössten und besten Wasserkraftanlagen müssen auch neue, entsprechend leistungsfähige Höchstspannungsleitungen zwischen den einzelnen Anlagen erstellt und die bereits bestehenden Verbindungen so verstärkt werden, dass ein reibungsloser, guter Energieaustausch zwischen Genfer- und Bodensee, dem Tessin und dem Rhein, sowie den wasserkraftreichen Kantonen Graubünden und Wallis mit dem industriereichen Nordwesten und Nordosten der Schweiz möglich wird. Es gilt, unsere Energieversorgung auf Generationen hinaus weiter zu entwickeln und zu sichern. Dazu braucht es Weitsicht, Entschlusskraft und Wagemut.

Adresse des Autors:
Dr. sc. techn. *E. Steiner,* Ingenieur, Vizepräsident des Schweizerischen Energiekonsumentenverbandes, Usteristr. 14, Zürich.