

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 57 (1966)

**Heft:** 7

**Artikel:** Wer entscheidet über die Höhe des elektrischen Energieverbrauchs? : Untersuchung der schweizerischen Strombezüge

**Autor:** Devantéry, P.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916584>

#### **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:** 19.02.2026

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

nur Teppiche, in einer anderen Möbel oder Antiquitäten, in einer dritten Schmuckwaren verkauft; Girlanden blosser Glühbirnen tauchen den ganzen Bazar in ein märchenhaft wirkendes Licht.

Unter der schwimmenden Brücke, die die Altstadt mit dem neuen Istanbul verbindet, entfaltet sich ein farbenreicher Fischmarkt; dort kann man an Ort und Stelle den gewählten Fisch zubereiten lassen und verspeisen und dabei den wunderbaren Blick geniessen auf die Mauern des Topkapipalastes (des Serail), auf das königsblaue, von Dampfern durchzogene Band des Bosporus und auf die Umrisse der Stadt der Minarett.

Wenn Sie sich ein wenig Musse auf dem Weg zum Rathaus-Palast gönnen, wo die Sitzungen abgehalten werden, so kommen Sie an der Oper mit ihren grossen Glasfassaden vorbei und an einer Schar übereifriger Stiefelputzer, die am kleinsten Staubkörnchen auf Ihrem Schuh Anstoss nehmen. Im alten Stambul treffen Sie auf reich geschnitzte Holzhäuser und gelangen schliesslich zu einem grossen Platz, der eine Synthese der heutigen Türkei darstellt: eine riesige Baustelle, auf der fast nur mit Menschenkraft eine doppelstöckige Kreuzung grosser Boulevards erstellt wird und über die ein mächtiges römisches Aquädukt, an das sich eine gedrungene Moschee anlehnt, engbogig hinwegläuft. Am Rande die mit Glühbirnen umrissene Silhouette eines türkischen Soldaten und, geziert durch ein Wasserbecken, das Rathaus, Palast aus Beton und Glas, der das Symposium beherbergt.

Nachdem Sie sich mit den Problemen der Deckung des stets ansteigenden Strombedarfs und der Aufstellung von Ausbauprogrammen für die in naher Zukunft zu errichtenden Stromversorgungsanlagen befasst haben, werden Sie beim Betrachten der goldgrundigen Mosaiken der Hagia Sophia, einer im Jahre 548 von Kaiser Justinian errichteten Basilika, fast in die Zeit der Ursprünge des Christentums zurückversetzt, oder gefesselt von der Architektur und dem gedämpften Licht der Sultan-Ahmed-Moschee (1616), deren wunderbare, überwiegend blaue und grüne Faiencekacheln ihr den Namen «Blaue Moschee» gegeben haben.

Zum Sonnenuntergang steigen Sie vielleicht den steinigen Pfad hinauf, der Sie ausserhalb der Stadtmauern durch den Eyüp-Friedhof bis zum Café Pierre Loti führt; und wer käme dort nicht ins Träumen beim Anblick des Goldenen Hornes und der sonnengesäumten Stadt, die wie ein alter Stich vor einem liegt? Danach kehren Sie gerne auf einladende Sitzkissen am Fussboden zu Ihrer Tasse türkischen Kaffees zurück, den Sie übrigens auch bei sich zu Hause geniessen können, wenn Sie:

- einen gehäuften Kaffeelöffel fein wie Mehl gemahlenen Kaffees (Espresso-Sorte) und Zucker nach Belieben in ein hohes und schmales Töpfchen geben,
- kochendes Wasser über Kaffee und Zucker giessen,
- erhitzen, bis der Kaffee im Gefäss hochsteigt,
- und das Ganze in eine Mokka-Tasse giessen.

R. Schaefer

## Wer entscheidet über die Höhe des elektrischen Energieverbrauchs? Untersuchung der schweizerischen Strombezüge

von Dr. P. Devantéry, Bern

DK. 621.311.003(494)

Beim Ein- und Ausschalten der Verbrauchsapparate bestimmt der Energiebezüger nicht nur den Verbrauch, sondern auch gleichzeitig die Produktion der elektrischen Energie. Die Elektrizitätswerke müssen deshalb das Verhalten der Abonnenten so beeinflussen, dass ein Gleichgewicht zwischen den Produktionsmöglichkeiten der elektrischen Anlagen und dem Strombedarf entsteht. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, Unterlagen zum Vergleich über den Verbrauch und die zur Aktivierung oder Einschränkung des Verbrauchs getroffenen Massnahmen in einem Land mit relativ hohem spezifischem Energieverbrauch zu liefern.

Im ersten Kapitel werden als Einleitung die allgemeinen schweizerischen Verhältnisse, insbesondere die geographischen und demographischen Faktoren, dargelegt. Im zweiten Kapitel wird der Verbrauch im hydrographischen Jahr 1963/64 nach den Verbrauchsarten und teilweise nach den Verbrauchsapparatentypen untersucht. Als Kurzbericht über die Entwicklung der Elektrizitätsanwendungen in der Schweiz leitet das dritte Kapitel das vierte ein, welches über die zur Beeinflussung der Stromnachfrage, insbesondere im Tarifwesen, getroffenen Massnahmen berichtet.

### Vorbemerkungen

Da die elektrische Energie nicht gelagert werden kann, treten Verbrauch und Produktion zwangsläufig gleichzeitig auf. In allen Ländern wird der Markt der elektrischen Energie durch das Streben nach dem bestmöglichen Gleichgewicht zwischen den Produktionsmöglichkeiten der Anlagen und dem effektiven Bezug der Abonnenten beherrscht. Zu diesem Zweck kann man produktionsseitig durch Beschleunigen oder Verzögern des Kraftwerkbaus und des Netzausbaus oder verbraucherseitig mit geeigneten Mitteln den Verbrauch des elektrischen Stromes fördern oder hemmen.

En branchant et débranchant les appareils consommateurs, l'usager commande non seulement la consommation mais, simultanément, la production d'énergie électrique. Les entreprises électriques doivent donc influencer le comportement de l'abonné en vue d'établir un équilibre entre les possibilités de production de l'équipement électrique et les appels de courant. La présente analyse de la consommation et des mesures visant à encourager ou à restreindre les appels de courant dans un pays à consommation spécifique relativement élevée a pour objet de fournir des bases de comparaison.

Le chapitre premier présente en introduction les conditions générales propres à la Suisse, en particulier les facteurs géographiques et démographiques. Le chapitre 2 analyse la consommation de l'année hydrographique 1963/64 par types de consommation et, en partie, par catégories d'appareils consommateurs. Par un exposé succinct du développement des usages de l'électricité en Suisse, le chapitre 3 introduit le chapitre 4 qui traite des mesures prises, notamment dans le domaine des tarifs, pour influencer la demande de courant.

Beim Ein- und Ausschalten der Verbrauchsgeräte bestimmt der Abonnent nicht nur den Verbrauch, sondern auch gleichzeitig die Produktion der elektrischen Energie. Die Strombezüge des Abnehmers können jedoch durch den Lieferanten in mannigfaltiger Weise beeinflusst werden. Die zu diesem Zweck getroffenen Massnahmen sind in allen Ländern im Prinzip gleich, jedoch verschieden von einem Land zum andern in den Ausführungsformen und dem ihnen beigemessenen Wert, besonders, wenn es sich um Länder mit freier Marktwirtschaft oder Länder mit Planwirtschaft handelt. Daraus ergibt sich eine unterschiedliche Verbrauchs-entwicklung.

## 1. Allgemeine Lage

Die Schweiz liegt zwischen dem 46. und dem 48. Breitengrad und in der gemässigten Klimazone. Sie ist ein Gebirgsland, dessen bewohnte Gebiete sich zwischen 200 und 2000 m befinden, jedoch wohnen 87 % seiner 5,7 Millionen Einwohner in einer Höhe, die unter 700 m liegt und 98 % in einer Höhe, die unter 1200 m liegt. In den Höhen zwischen 200 und 700 m beträgt die mittlere Jahrestemperatur je nach Höhe zwischen 11 und 7 °C, der kälteste Monat ist der Januar mit einer mittleren Temperatur von 0 bis —7 °C (die tiefsten Temperaturen fallen bis —20 °C, —25 °C), der wärmste Monat ist der Juli mit einer Temperatur von 22...17 °C. Die durchschnittliche Bevölkerungsdichte ist mit Ausnahme der Alpengebiete grösser als 200 Einwohner pro km<sup>2</sup>. Zwanzig Prozent der Bevölkerung leben in Städten mit mehr als 100 000 Einwohnern, etwas mehr als 20 % in Städten mit 10...100 000 Einwohner, 30 % in Gemeinden mit 2...10 000 Einwohner und die restlichen ungefähr 30 % in Gemeinden mit weniger als 2000 Einwohnern. Die Landwirtschaft beschäftigt 11 % der arbeitenden Bevölkerung, die Industrie und das Gewerbe 50 % und das Dienstleistungsgewerbe 39 %.

Die *elektrische Energieproduktion* ist hauptsächlich hydraulisch. Die mittleren Abflussmengen betragen 32 Liter pro Sekunde und km<sup>2</sup>, oder eine Tonne Wasser pro m<sup>2</sup> und Jahr. Die extremen Höhenlagen befinden sich auf 193 bzw. 4634 m. Die Wasserführung der Flüsse erreicht im Sommer ihr Maximum, im Winter ist sie minimal. Das hydraulische Energiepotential wird auf brutto 140...150 Milliarden kWh geschätzt, das wirtschaftlich mögliche Potential wurde bis jetzt auf etwa 40 Milliarden kWh geschätzt, von dieser Zahl müssen jedoch sehr wahrscheinlich 10...20 % abgezogen werden, wenn infolge der Erhöhung der Bau- und Kapitalkosten weiterhin die hydraulische Produktion durch thermische und nukleare Energieerzeugung verdrängt wird. Im hydrographischen Jahr 1963/64 (vom 1. Oktober 1963 bis 30. September 1964) betrug die mittlere Produktionsmöglichkeit der in Betrieb befindlichen Wasserkraftwerke etwa 25 Milliarden kWh. Die maximal mögliche Leistung der Flusskraftwerke belief sich auf 2400 MW, jene der Speicherwerke auf 5100 MW. Das Speichervermögen der Speicherbecken betrug etwa 6 Milliarden kWh. Der Anteil der thermischen Energieproduktion blieb bisher immer unter 2 % der Gesamtproduktion.

Der *Bruttoverbrauch elektrischer Energie* erreichte im hydrographischen Jahr 1963/64 21,7 Milliarden kWh oder 3800 kWh pro Einwohner. Der *Nettoverbrauch*, d. h. nach Abzug der Verluste beim Transport und der Verteilung, des Verbrauchs der Speicherpumpen und der in Elektrokessel verwendeten Überschüsse, betrug im Total 18,9 Milliarden kWh oder 3310 kWh pro Einwohner. Im Laufe der letzten 30 Jahre hat sich die Bevölkerung um 38 % oder 1,1 % jährlich vermehrt, dagegen nahm der Nettoverbrauch an elektrischer Energie um 6 % pro Jahr zu und der Nettoverbrauch pro Einwohner um 4,9 %.

## 2. Heutiges Energieverbrauchs niveau der verschiedenen Anwendungsbereiche

In der Tabelle I wurde der Nettoverbrauch pro Einwohner nach Verbrauchergruppe und nach geographischen Gebieten zusammengestellt.

Der relative Anteil des elektrischen Energieverbrauchs für Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft ist, abgesehen von den Städten mit mehr als 100 000 Einwohnern, praktisch in allen Gebieten gleich gross. In den Städten mit mehr als 100 000 Einwohnern ist der Anteil dieser Verbrauchergruppe um 30 % höher. Der Verbrauch für industrielle Anwendungen ist nicht proportional zur Bevölkerungszahl in den Städten konzentriert.

Der relative Anteil für industrielle Anwendungen ist ausserhalb der Städte 2...3mal grösser als in den Städten. Da der Verbrauch der Bahnen den übrigen Landesteilen zugeordnet wurde, weisen die Städte nur den Verbrauch der städtischen Verkehrsbetriebe auf. Der gesamte Nettoverbrauch verteilt sich wie folgt auf die drei Verbrauchergruppen: Haushalt-, Gewerbe- und Landwirtschaftsverbrauch 49 %; industrielle Anwendungen 42 %; Bahntransporte, Tram und Trolleybus 9 %.

*Nettoverbrauch elektrischer Energie pro Einwohner während des hydrographischen Jahres vom 1. Oktober 1963 bis zum 30. September 1964*

Tabelle I

	Haushalt, Gewerbe, Landwirtschaft	Industrielle Anwendungen	Transporte mit Bahn, Tram und Bus	Total
<i>In Städten:</i>				
mit mehr als 100 000 Einw.	1996	602	88	2686
50 bis 100 000 Einw.	1507	731	50	2288
20 bis 50 000 Einw.	1486	817	43	2346
10 bis 20 000 Einw.	1469	1039	—	2508
Im übrigen Land	1527	1912	475	3914
Gesamte Schweiz	1620	1402	288	3310

Von dem in den Kategorien Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft genannten Verbrauch entfallen 60 % auf die *Hauswirtschaft*; dies entspricht rund 30 % des gesamten Nettoverbrauchs. Diese Kategorie enthält allen Energieverbrauch, der nicht in dem der industriellen Anwendungen, der Bahntransporte, Tram und Trolleybus oder in dem der Grosskessel mit brennstoffgefeuerter Ersatzanlage und des Verbrauches der Speicherpumpen (diese beiden letzten Gruppen sind im vorliegenden Bericht nicht dem Nettoverbrauch zugeordnet) aufgeführt sind. Die Kategorie Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft enthält somit aber den Dienstleistungssektor, insbesondere den Handel, die Verwaltungen und die öffentliche Beleuchtung. Genügend genaue Angaben über den Verbrauch der Hauswirtschaft kann man mit Hilfe verschiedener Teilstatistiken und gelegentlicher Umfragen erhalten. Die Tabelle II gibt Auskunft über den jährlichen Verbrauch eines voll elektrifizierten Haushaltes, der seinen gesamten Energiebedarf mit Ausnahme des von den Jahreszeiten abhängigen Wärmebedarfes für Raumheizung durch Elektrizität deckt. Im Durchschnitt entfallen auf einen schweizerischen Haushalt 3,5 Personen. Die in der Tabelle II angegebenen Energiemengen für die aufgeführten Apparate entsprechen ungefähr dem mittleren schweizerischen Energieverbrauch dieser Apparate.

Die Anzahl der Wohnungen beträgt in der Schweiz fast 1,7 Millionen. Praktisch haben alle Haushaltungen elektrische Beleuchtung, aber sie sind nicht alle vollelektrifiziert im Sinne der Angaben nach Tabelle II. Von 3 Haushaltungen haben 2 einen Elektroherd; einen Boiler mit Speicherheizung

### Vollelektrifizierter Haushalt

Tabelle II

Verbraucherapparate	Nennleistung der Apparate	jährlicher Verbrauch	mittlere jährliche Gebrauchs- dauer der Nennleistung
			kW
Herd . . . . .	7	1400	200
Warmwasserspeicher . .	1,7	2000	1200
Lampen . . . . .	0,6	300	500
Waschmaschine . . . .	5	500	100
kleinere Wärmeapparate, Kleinmotoren, Kühl- schrank, Radio, Fernseh- apparat usw., zusammen	3,7	1000	270
Total	18	5200	290

trifft es auf etwas mehr als jeden zweiten Haushalt. Die Waschmaschinen sind in den Städten sehr verbreitet, aber auch auf dem Lande, wo sie die Hausfrau für Arbeiten im landwirtschaftlichen Betrieb frei machen. In den Städten benützen mehr als die Hälfte der Haushaltungen Waschmaschinen; diese werden in den Miethäusern im allgemeinen gemeinsam benützt. Viele andere Haushaltapparate wie z. B. Bügeleisen, Strahler, Kühlschränke, Radio- und Fernsehapparate, werden allgemein verwendet. Die Tabelle III gibt den ungefähren mittleren Verbrauch pro Einwohner nach den verschiedenen Apparatekategorien an.

### Mittlerer Verbrauch pro Einwohner für Haushaltzwecke

Tabelle III

Verbraucherapparate	mittlerer jährlicher Verbrauch
	pro Einwohner
Herde . . . . .	280
Warmwasserspeicher . .	320
Lampen . . . . .	90
Waschmaschinen . . . .	80
andere Haushaltapparate	200
Total	970

Die schweizerischen Gaswerke beliefern etwa 500 000 Gasherde (die restliche Anzahl der mit Holz oder Kohle befeuerten Kochherde übersteigt die 100 000 nur wenig). Wenn man noch den Verbrauch der mit Gas beheizten Boiler hinzugerechnet, dann dürfte der Gasverbrauch pro Einwohner und Jahr das Äquivalent von 200 abgegebenen kWh erreichen.

Die *Elektroherde*, deren installierte Gesamtleistung grösser als 7000 MW ist, bewirken, dass die Spitze des Landesbelastungsdiagrammes der Schweiz regelmässig zwischen 11.30 und 12.00 Uhr auftritt. Trotz der grossen installierten Leistung und dem Zusammenfallen der Kochzeiten beträgt der Anteil der Kochleistung an der täglichen Spitze (das Jahresmaximum der Bruttoverbrauchsleistung betrug im Jahre 1963/64 etwa 3800 MW) nur etwa 20 %, besonders darum, weil die verschiedenen Kochplatten, die individuell bis zu einem Sechstel ihrer Leistung geregelt werden können, selten gleichzeitig voll eingeschaltet sind. Der Gleichzeitigkeitsfaktor dürfte für die Gesamtheit der Elektroherde in der Grössenordnung von 0,1 liegen. Die Spitze zwischen 11.00 Uhr und Mittag ist im Winter bloss 10 % höher als das vor der Kochzeit beobachtete Maximum. Die durch die Elektro-

herde hervorgerufene Erhöhung der maximalen Leistung ist also relativ gering.

Die Installation von *Warmwasserspeichern* wurde in der Schweiz besonders gefördert, um die Überschüsse an Nachtenergie der Wasserkraftwerke abzusetzen. Im allgemeinen sind die Boiler von 21.00...22.00 Uhr bis 6.00 Uhr eingeschaltet; dies geschieht durch Schaltuhren oder durch Netzkommandoanlagen, und eine Staffelung der Einschaltzeiten war notwendig, um zu grossen Spitzen am Abend zu vermeiden.

Trotzdem die Benützungsdauer der *Waschmaschinen* klein ist, ist der Gleichzeitigkeitsfaktor manchmal ziemlich hoch. In verschiedenen Netzen werden dadurch am Montagmorgen zwischen 8.00 und 9.00 Uhr Belastungserhöhungen, die bis 10 % betragen können, hervorgerufen; dies ist bedingt durch die Gewohnheit der Hausfrauen bestimmter Gegenden, ihre Wäsche am Montagmorgen zu waschen.

Unter den andern Haushaltapparaten wird einerseits die Anwendung von Kühlschränken gefördert, da diese eine grosse Benützungsdauer aufweisen, umgekehrt werden die elektrischen Strahler, welche zur gelegentlichen Heizungsergänzung dienen, mehr durch die Hersteller als durch die Elektrizitätswerke empfohlen.

*Gewerbe-, Landwirtschafts- und Handelsverbrauch sowie der Verbrauch des Dienstleistungssektors* lässt sich durch Subtraktion ermitteln und beträgt 650 kWh pro Einwohner, d. s. 40 % des Verbrauchs der Gruppe Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft oder 20 % des gesamten Nettoenergieverbrauches. Der Anteil der Landwirtschaft (d. h. für die eigentlichen landwirtschaftlichen Anwendungen) kann auf etwa ein Zehntel geschätzt werden. Die Zahlen für die anderen Wirtschaftsgebiete der Gruppe stehen nicht zur Verfügung.

Bezogen auf die in den verschiedenen Wirtschaftszweigen beschäftigte Bevölkerung, d. h. auf die Personen, welche einen Beruf ausüben, es sind etwas mehr als 46 % der ansässigen Bevölkerung, erhält man als spezifischen Verbrauch der verschiedenen Wirtschaftsgruppen folgende Zahlen: Verbrauch in der eigentlichen Landwirtschaft 1000...1200 kWh pro beschäftigte Person, in Gewerbe, Handel und den allgemeinen Dienstleistungsgebieten 2100 kWh gegenüber mehr als 12 000 kWh pro beschäftigte Person in den industriellen Unternehmen, die durch die elektrische Energiestatistik erfasst sind, und mehr als 27 000 kWh pro beschäftigte Person in den Transportunternehmen wie Bahnen, Tram und Trolleybus.

Der Verbrauch der *Industrie* beträgt in der Schweiz 42 % des gesamten Nettoverbrauches. Als Industrieunternehmen wird in der elektrischen Energiestatistik ein Betrieb betrachtet, der dem Fabrikgesetz untersteht und mehr als 20 Arbeiter beschäftigt sowie einen jährlichen Verbrauch von mehr als 60 000 kWh aufweist. Die vom Fabrikgesetz betroffene Arbeiterzahl ist etwa um einen Fünftel kleiner als die Anzahl der in diesen Fabriken beschäftigten Personen, da das Verwaltungspersonal dem Fabrikgesetz nicht unterstellt ist. Wie bereits in der Tabelle I angegeben, betrug der mittlere Verbrauch pro Einwohner für industrielle Anwendungen 1402 kWh im hydrographischen Jahr 1963/64.

Die Aufteilung dieses Verbrauches nach den verschiedenen Industriegruppen im hydrographischen Jahr 1963/64 gibt Tabelle IV an.

Tabelle IV

Industriegruppen	mittlerer Verbrauch pro Einwohner kWh	mittlerer Verbrauch pro Arbeiter kWh	Anzahl Arbeiter
1. Gewinnung und Verhüttung von Stahl und Eisen . . . . .	96	35 500	15 400
2. Produktion von Nichteisenmetallen und Umformung derselben zu Halbfabrikaten . . . . .	261	109 500	13 600
3. Maschinenindustrie und Apparatebau . . . . .	199	5 600	202 000
4. Chemische Industrie . . . . .	329	55 500	33 900
5. Glas, Keramik und Baumaterialien . . . . .	140	36 200	22 100
6. Nahrungs- und Genussmittelindustrie . . . . .	68	9 900	39 300
7. Textilindustrie im eigentlichen Sinne . . . . .	94	9 600	55 800
8. Papierindustrie . . . . .	125	43 800	16 300
9. Andere Fabrikationsindustrien . . . . .	90	3 500	146 000
Total . . . . .	1 402	14 700	544 400

Bezogen auf die gesamte Schweiz beträgt der spezifische Verbrauch pro Industriearbeiter und Jahr 14 700 kWh. Er ist sehr unterschiedlich von einer Industrieart zur andern. Wenn man die 111 Unternehmen mit mehr als 10 Millionen kWh Jahreskonsum ausschliesst, deren Verbrauch 68 % des gesamten Verbrauches für industrielle Zwecke ausmacht, die aber nur 18 % der Arbeiter beschäftigen, dann sinkt der mittlere spezifische Verbrauch pro Arbeiter auf 5700 kWh, d. h. auf eine mittlere Leistung pro Arbeiter von 2,5 kW während der Arbeitsstunden. Den grössten spezifischen Verbrauch zeigen die Aluminiumfabriken (im Durchschnitt 750 000 kWh pro Arbeiter und Jahr), die mit elektrochemischen Verfahren arbeitenden Industrien (200...600 000 kWh, für die Wasserelektrolyse bis zu 5 Millionen kWh), die Papierfabriken (bis zu 300 000 kWh), die Zementfabriken (150...250 000 kWh), die Glas- und Keramikfabriken, die Giessereien und Walzwerke, die Fabriken zur Herstellung von synthetischen Stoffen, die Spinnereien (30...50 000 kWh). Die allgemeine Textilindustrie, der Maschinen-, Apparate- und Instrumentenbau, die Uhrenindustrie stellen zwar bedeutende Industriebranchen der Schweiz dar, aber der Energiebedarf dieser Industrien ist nicht besonders gross. Es ist klar, dass in dem gleichen Industriezweig der spezifische Verbrauch elektrischer Energie vom Rationalisations- und Automationsgrad der Arbeit des betreffenden Unternehmens sowie vom Masse, in welchem die Elektrizität für die thermischen Fabrikationsmethoden herangezogen wird, abhängig ist.

Im allgemeinen sind die Höchstlastbenutzungsdauer sowie die Nennleistung der Industrieverbraucher grösser als beim Haushaltverbrauch. In den wenig industrialisierten Gegenden der Schweiz bleibt die Benutzungsdauer der Höchstlast meistens unter 4000 Stunden pro Jahr; in den industrialisierten Gebieten kann sie jedoch je nach der Industrieart 5000 Stunden überschreiten. Der Gleichzeitigkeitsfaktor bezüglich der Benutzung der Leistung der Verbrauchsapparate beträgt etwa 0,1 in den wenig industrialisierten Gebieten und

nähert sich in den stark industrialisierten Gegenden dem Wert 0,2.

Die schweizerischen Bahnen verfügen über ein Netz von mehr als 5200 km (zwei Drittel davon sind Normalspur-, der Rest sind Schmalspurbahnen), welches praktisch vollständig elektrifiziert ist. Der Verbrauch der elektrischen Zugförderung betrug im Jahre 1963/64 etwa 260 kWh pro Einwohner. Dies ergibt im Total 1480 Millionen kWh für den Transport von 350 Millionen Reisenden (auf einer durchschnittlichen Entfernung von 27 km) und 46 Millionen Tonnen transportierte Güter (auf einer durchschnittlichen Entfernung von 113 km).

Der Verkehr wickelt sich etwa zu 90 % auf den 2920 km der Schweizerischen Bundesbahnen ab. Die mittlere Zugdichte pro Tag und km der in Betrieb befindlichen Strecken beträgt 77 Züge. Die maximale Nennleistung sämtlicher Triebfahrzeuge des Unternehmens beträgt 1650 MW. Bei einer maximalen Verbrauchsspitze von 290 MW beträgt der daraus resultierende Gleichzeitigkeitsfaktor 0,18. Die Jahresbenutzungsdauer der Höchstlast liegt in der Grössenordnung von 4400 Stunden. Fast 90 % der Fahrzeug-Nennleistung entfallen auf Lokomotiven und Triebfahrzeuge mit Leistungen von 1000...4500 kW. Diese Fahrzeuge können kurzzeitig bis zur doppelten Nennlast überlastet werden. Die elektrische Heizung der Züge nimmt etwa 5...6 % der von den Bahnen verbrauchten Elektrizität in Anspruch.

### 3. Geschichte der Entwicklung des Elektrizitätsverbrauches

Die ersten elektrischen Anlagen wurden ursprünglich zu Beleuchtungs- und Antriebszwecken errichtet. Da die Benutzungsdauer der zur Verfügung stehenden Energie klein war, die Beleuchtung ist ja nur am Morgen und Abend notwendig, die Antriebsleistung dagegen nur während der Arbeitszeit erforderlich, sind die Elektrizitätswerke dazu übergegangen, die thermischen Anwendungen der Elektrizität zu begünstigen, sowohl für die industriellen Verfahren, welche Wärme erfordern, wie für die Haushaltanwendungen. Die elektrische Zusatzheizung der Räume wurde mehr geduldet als gefördert, denn sie ruft ungelegene Belastungsspitzen in den Zeiten mit geringer Wasserführung der Flüsse hervor. Das Klima der Schweiz ist ungünstig für eine ausschliessliche elektrische Heizung. Die Heizperiode dauert wohl etwa 7 bis 8 Monate, aber die Dauer der sehr kalten Zeit ist im allgemeinen kurz. Die zum Überbrücken von einigen gelegentlichen Kältewellen notwendige Leistung würde die jährliche Höchstlastbenutzungsdauer in einer nicht zu verantwortenden Art herabsetzen. Die durch die Meeresströmungen erwärmten Länder wie England und Norwegen sind in dieser Hinsicht gegenüber der Schweiz besser gestellt. In der Schweiz wurden als Haushaltanwendungen der Wärme das elektrische Kochen und die nächtliche Speicherheizung der Boiler besonders angeregt. In der Industrie und im Gewerbe hat die Elektrizität zahlreiche Absatzmöglichkeiten als Wärmequelle gefunden durch ihre Einfachheit, Sauberkeit, Regelbarkeit und ihre unbeschränkte Aufteilbarkeit.

Die Elektrizität wird schon seit Beginn des Jahrhunderts in grossen Mengen zur Elektrolyse, insbesondere zur Aluminiumherstellung verwendet. Solche Industrieunternehmen haben im allgemeinen ihren Bedarf an billigem Strom durch den Bau von eigenen Kraftwerken sichergestellt. Der relative

Anteil des Verbrauches für elektrochemische Anwendungen nimmt durch die steigenden Produktionskosten der Elektrizität ab (die absolute Menge jedoch nicht). Der Verbrauchsanteil dieser Anwendungen beträgt zur Zeit weniger als 10 % des totalen Nettoverbrauches gegenüber 20 bis 30 % vor etwa 30 Jahren.

Mit der Elektrifikation der Bahnen, d. h. der Ersetzung der Dampflokomotiven durch die elektrische Zugförderung, wurde 1919 begonnen. Die Strecken der Schweizerischen Bundesbahnen waren 1929 zu 57 %, 1936 zu 72 % elektrifiziert; zur Zeit sind es über 99 %. Bezogen auf das Verkehrsvolumen vollzog sich die Elektrifikation noch schneller. Die Bahnen, welche einphasigen Wechselstrom mit  $16\frac{2}{3}$  Hz benutzen, verfügen über Produktions- und Transportanlagen, welche von dem allgemeinen Netz getrennt sind. Wegen der kurzen Höchstlastbenutzungsdauer, die sich aus der kleinen Verbraucherzahl von hoher Leistung ergibt, haben die privaten Bahngesellschaften kein grosses Interesse am Besitz von unabhängigen Stromnetzen. Diejenigen, welche einphasigen Wechselstrom von  $16\frac{2}{3}$  Hz benutzen, beziehen diesen im allgemeinen von den Schweizerischen Bundesbahnen. Solche, die andere Stromarten benutzen, beziehen die Energie über Umformer oder Gleichrichter vom allgemeinen Netz. Das  $16\frac{2}{3}$  Hz-Netz der Schweizerischen Bundesbahnen ist mit dem allgemeinen 50 Hz-Netz über Umformer zusammengeschaltet, aber auch durch die hydraulische Produktion in gemeinsamen Kraftwerken. Diese Kraftwerke, welche zwei oder mehreren Partnern gehören, sind mit Stromerzeugungsgruppen von  $16\frac{2}{3}$  und 50 Hz ausgerüstet, was in gewissem Mass erlaubt, die Produktionsanteile, über die jeder Partner verfügt, gegenseitig abzutreten und so je nach Bedarf mehr Strom von  $16\frac{2}{3}$  oder 50 Hz zu erzeugen.

#### 4. Zur Beeinflussung der Stromnachfrage getroffene Massnahmen

Bis zum Krieg 1939/45 war das Angebot elektrischer Energie grösser als der Bedarf. Im Jahre 1939 betrug der Export 22 % der Produktion, Energieeinfuhren gab es kaum. Während und besonders nach dem Krieg mussten in den besonders wasserarmen Wintern Einschränkungen auferlegt werden. Die getroffenen Massnahmen bestanden im allgemeinen im Verbot der elektrischen Raumheizung, in der Beschränkung des Boilerbetriebes, in der Auferlegung einer Einschränkung des Verbrauches auf 70—90 % des Vorjahrverbrauches der Industrien, in der Verkürzung der Zugkompositionen und Einschränkung der fast ausschliesslich elektrischen Wagenheizung im Bahnverkehr.

Abgesehen von diesen durch die geringe Wasserführung und ungenügenden Reserven in den Speicherbecken bedingten aussergewöhnlichen Massnahmen, betreffen die direkten Vorkehrungen zur Einschränkung des Strombezuges im allgemeinen nur die bezogene Leistung. Von diesen Massnahmen sind die vertraglichen Einschränkungen für verschiedene Verbraucher während den Höchstlastzeiten, das zeitweise Abschalten (ganz oder teilweise) durch Netzkommando oder Schaltuhr der Warmwasserspeicher, Speicherpumpen, Öfen oder andern industriellen thermischen Verbraucher, das Anbringen von Umschaltern, welche den Betrieb von bloss je einem von zwei Apparaten erlauben (z. B. Kochherd oder

Waschmaschine) zu erwähnen. Zum Ausgleich der Belastungskurve bemühen sich die Elektrizitätswerke jedoch, die Abonnenten zu einem zweckmässigen Verbrauch durch Reklame für bestimmte Apparate und geeignete Massnahmen auf dem Tarifgebiet anzuregen.

Die schweizerischen Elektrizitätsunternehmen haben zu einer grossen Tarifabstufung je nach dem Verwendungszweck des Stromes gegriffen. Dieses System verlangt öfters mehrere Stromkreise um den Energieverbrauch getrennt zu messen, ist aber für den gezielten Absatz der Energie sehr wirksam. Die Überlegenheit der Elektrizität ist auf dem Beleuchtungs- und Antriebssektor eindeutig, sie steht jedoch als Wärmequelle in Konkurrenz mit anderen Energiearten. Eine geschmeidige Tarifierung, welche je nach den Verbrauchsapparaten ändert, bringt den Preis der Elektrizität auf das Niveau der andern Energiearten und erlaubt einen steigenden Absatz. Grob gesehen betrug der Preis pro kWh Kochstrom  $\frac{1}{5}$ , der Strompreis für motorische Zwecke etwas weniger als  $\frac{2}{5}$  des zur Beleuchtung verwendeten Stromes. Der Tarif zur Beheizung der Warmwasserspeicher während der Nacht betrug sogar nur die Hälfte des Kochstrompreises. Die Tarife für Gewerbe und Handel waren oft noch viel abgestufter und vom objektiven und subjektiven Wert der Elektrizität für den betreffenden Abonnenten abhängig. Die Belieferung der Industriebetriebe erfolgte meistens nach speziellen Verträgen, nach denen die Preise nach der Grösse und den Charakteristiken der Strombezüger vereinbart waren, und die sogar durch die Energiekosten verursachte Schwierigkeiten berücksichtigten, wenn diese Kosten die Fabrikation gefährdeten. Mit der Vervielfachung der Anwendungen der elektrischen Energie und mit den von der Bevölkerung angenommenen Gewohnheiten zur Anwendung der verschiedenen Apparate streben jedoch die Tarife einer Vereinheitlichung zu, besonders für die Haushaltanwendungen. Die angewandte Form ist im allgemeinen ein Zweigliedtarif mit einer Grundgebühr, einen kWh-Tagespreis in der Höhe des Kochstrompreises und einen kWh-Nachtpreis in der Höhe des Warmwassertarifes.

Diese Vielzahl der Preise ist wirtschaftlich berechtigt. Wenn auch ein mittlerer Produktionspreis pro kWh bestimmt werden kann, sofern man die zur Verfügung stehende Energiemenge und den totalen Gestehungspreis kennt, so entspricht doch der mittlere Preis (sogar wenn er nach den besonderen Verteilungskosten korrigiert ist) keinem Verkaufspreis, der es erlauben würde, alle produzierbaren kWh abzusetzen. Bei diesem Preisansatz würde die Elektrizität für die Beleuchtung und oft für motorische Zwecke herangezogen. Die Abonnenten würden aber zur Deckung ihres Wärmebedarfs auf andere Energieträger zurückgreifen. Da nicht alle produzierbaren kWh verkauft werden können, müsste der Einheitsverkaufspreis noch im Verhältnis zum mittleren Preis der produzierbaren Energie erhöht werden. Da jedoch die Produktionskosten in den Ländern mit hydraulischer Erzeugung praktisch zu 100 % fest sind (in denen mit thermischer Erzeugung zu 70—80 %), erlaubt jeder Verkauf zu einem günstigeren Preis unverkaufbare kWh abzusetzen und somit die festen Kosten teilweise zu decken und schliesslich den mittleren Preis der zum Hochtarif verkauften kWh zu verringern. Eine Abstufung der Vergünstigungen führt zu einer Vielzahl von Tarifen. Ein anderer Faktor zu Gunsten der Preisabstufung ist der, dass die Kosten der Produktions-

und Verteilanlagen degressiv sind d. h. nicht ganz proportional zur Grösse derselben. Zur Lenkung der Produktion und der Nachfrage nach elektrischer Energie auf lange Sicht geben die Tarife mit je nach dem Verwendungszweck der

Elektrizität abhängigen Preisen den Elektrizitätswerken ein wirksames Mittel in die Hand.

**Adresse des Autors:**  
Dr. P. Devantéry, Eidg. Amt für Energiewirtschaft, 3000 Bern.

## Kongresse und Tagungen

### 10. Generalversammlung der Reaktor AG

#### Dr. h. c. C. Aeschimann neuer Präsident der Reaktor AG

Auch an der Generalversammlung 1965 der Reaktor AG, die am 15. Dezember in Zürich stattfand, wurden die statutarischen Traktanden rasch erledigt. Die Mandate der Herren Dr. h. c. A. Winiger, Professor C. Gränacher und Direktor R. Thomann, die auf die Generalversammlung hin abgelaufen waren, wurden für eine weitere Amtsdauer von drei Jahren erneuert. Der Präsident der Reaktor AG, Dr. h. c. W. Boveri, dessen Mandat ebenfalls abgelaufen war, verzichtete auf eine Wiederwahl und wurde als Mitglied durch Herrn K. Niehus, Vizedirektor der Firma BBC, ersetzt. Wie Dr. Boveri mitteilte, hat der Verwaltungsrat der Reaktor AG Herrn Dr. Aeschimann zum neuen Präsidenten der Gesellschaft gewählt. Dieser würdigte die Verdienste von Dr. Boveri um die Reaktor AG und dankte ihm im Namen aller Gesellschafter für die Pionierarbeit, die der Zurücktretende im Interesse der gesamten schweizerischen Reaktorentwicklung geleistet hat. Der Sprechende unterstrich namentlich die Tatsache, dass die Entstehung der Anlagen in Würenlingen der Initiative von Dr. Boveri zu verdanken ist. Unter seiner Führung ist innert kurzer Zeit ein Werk entstanden, auf das wir heute alle stolz sein dürfen.

Im Anschluss an die geschäftlichen Traktanden äusserte Dr. R. Sontheim, ehemaliger Direktor der Reaktor AG und heute Delegierter des Verwaltungsrates der Firma BBC, einige Gedanken über den neuesten Stand der Reaktorentwicklung. Auf Grund seiner Eindrücke von einer Reise in einige führende Atomländer stellte der Sprechende zunächst fest, dass die Atomenergie unter bestimmten Voraussetzungen in das Stadium der Wirtschaftlichkeit getreten ist. Die Klippe der Wirtschaftlichkeit scheint aber auch von der Reaktorindustrie aus gesehen überschritten zu sein, zum mindesten in den USA. Wie weit die technischen Probleme bei der Entwicklung von Reaktoren von der Industrie offensichtlich schon beherrscht werden, und welche Risikobereitschaft bei ausländischen Firmen der Reaktorindustrie besteht, geht daraus hervor, dass die schwedische ASEA kürzlich die Bestellung für einen 400 MW Leichtwasserreaktor entgegengenommen hat, trotzdem sie bisher nur über Erfahrungen mit Schwerwasserreaktoren verfügt; hierzu ist allerdings zu bemerken, dass die ASEA die Option für einen Lizenzvertrag mit der General-Electric besitzt. In Frankreich und England, wo die Verantwortung für die Reaktorentwicklung bisher ausschliesslich beim Staat lag, ist die In-

dustrie heute dagegen noch nicht in der Lage, Kernkraftwerke zu konkurrenzfähigen Bedingungen anzubieten.

Die beiden führenden amerikanischen Reaktorbaufirmen, General-Electric und Westinghouse, rechnen damit, Leichtwasserreaktoren (Siedewasser- resp. Druckwassertypen mit angereichertem Uran als Brennstoff) noch bis etwa 1975/80 verkaufen zu können. Bis zu jenem Zeitpunkt ist mit der Fertigentwicklung der ersten Brutreaktoren zu rechnen. Nach Auffassung der beiden Firmen ist eine Zwischenlösung mit fortgeschrittenen Konverterreaktoren (z. B. schwerwassermoderierte Reaktoren; gasgekühlte, graphitmoderierte Hochtemperaturreaktoren) auf Grund der neuesten Erkenntnisse nicht mehr interessant, weshalb die Studien für solche Reaktoren von ihnen eingestellt wurden. In andern Ländern zeigen sich ähnliche Tendenzen. So hat z. B. die schwedische Akademie der Wissenschaften der Atomenergiebehörde Schwedens empfohlen, die Schwerwasserlinie zu verlassen und auf die Leichtwasserlinie überzugehen. Ganz allgemein ist festzustellen, dass die Reaktorentwicklung zur Zeit in allen Ländern neu überdenkt wird, wobei es nicht ausgeschlossen ist, dass im einen oder andern Fall die Weichen für die Weiterentwicklung umgestellt werden.

Angesichts dieser Entwicklung muss leider festgestellt werden, dass in der Schweiz eine gesamthafte Beurteilung hinsichtlich des zukünftigen Reaktorbaues, abgesehen von einigen Vorstössen von seiten der Eidg. Kommission für Atomenergie, bisher unterblieben ist. Vielmehr hat man sich auf eine einzige Entwicklungslinie festgelegt. Nach Auffassung des Sprechenden ist es nötiger denn je, dass die Frage der Reaktorentwicklung auch in der Schweiz in ihrer ganzen Breite und frei von doktrinären Prinzipien diskutiert wird. Dazu gehört auch die gründliche Abklärung der Frage, welche Gründe für und welche gegen die Entwicklung von Kernreaktoren durch die schweizerische Industrie sprechen. Wie Dr. Sontheim mitteilte, sind dem Bund hinsichtlich des weiteren Vorgehens bezüglich der schweizerischen Reaktorentwicklung kürzlich von der Industrie neue Vorschläge vorgelegt worden. Sie basieren auf der Idee, dass die Firmen Sulzer und BBC ihre Studien für einen Schwerwassertyp resp. einen Hochtemperaturreaktor bis zur Baureife weiterentwickeln, und dies mit finanzieller Unterstützung des Bundes. Dieser Vorschlag ist vom Bundesrat mit der Begründung abgelehnt worden, dass der Bund nicht bereit und nicht in der Lage ist, die Studien für zwei verschiedene Reaktorkonzepte mitzufinanzieren. Gegenwärtig finden nun Beforschungen statt, um nach einer neuen Lösung zu suchen. Wi.

## Verbandsmitteilungen

### Überleben oder Sterben — oft entscheiden Sekunden

Mit Sirenenton und Blinklicht schlängelt sich ein Krankenwagen durch den abendlichen Stossverkehr stadtauswärts. Jeder spielt für ein paar Sekunden mit dem Gedanken, was vorgefallen sein könnte: Irgendwo ist ein Mensch in Not, vielleicht in äusserster Not; ist es ein Kind, eine Frau, ein Mann? Sind sie schwerverletzt oder tot? War es ein Verbrechen, ein Unfall im Haushalt, waren es spielende Kinder, ein Verkehrsunfall?

Diesmal war es ein Verkehrsunfall. Freiwillige Helfer haben bereits die Strasse abgesperrt und den Verkehr umgeleitet. Ein zufällig vorbeifahrender Arzt leistet die erste Hilfe.

Was war geschehen? Ein älterer Automobilist wurde plötzlich von einem Unwohlsein befallen. Drei Arbeiter, die fröhlich vor einigen Minuten den Betrieb verlassen hatten, konnten dem Unglück nicht mehr ausweichen. Sie wurden weggeschleudert. Die Helfer finden zwei bewusstlose Schwerverletzte, einen stark benommenen Leichtverletzten und den bewusstlosen, scheinbar unverletzten Fahrzeuglenker hinter dem Steuerrad.

Wer sind die Opfer, wo können die Angehörigen erreicht werden? Während sich die Polizei mit diesen und weiteren Ermittlungen beschäftigt, werden die Opfer ins nächste Spital eingeliefert.