

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 50 (1959)
Heft: 2

Rubrik: Energie-Erzeugung und -Verteilung : die Seiten des VSE

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: 25.01.2026

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

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Probleme der Äquivalenz verschiedener Energieformen

von P. Ailleret, Paris

620.9 : 389.16

Mit dem freundlichen Einverständnis des Verfassers und des Sekretariates der UNIPEDE veröffentlichen wir hier ein Exposé über die Frage einer gemeinsamen Masseinheit für die verschiedenen Energiearten, das der Leiter der Versuchs- und Forschungsabteilungen der Electricité de France, Herr P. Ailleret, am 11. Kongress der UNIPEDE im Jahre 1958 in Lausanne gehalten hat. Die nachstehenden Ausführungen stellen keine endgültige Lösung des Problems dar, das im Schosse der UNIPEDE noch genauer untersucht werden soll, und zwar auf Grund von Auskünften der einzelnen Länder über den Gebrauchswert einer Kalorie in Abhängigkeit von der Temperatur und unter Berücksichtigung der spezifischen wirtschaftlichen Verhältnisse in jedem Lande. Die vorliegende deutsche Fassung wurde uns in verdankenswerter Weise von der Zeitschrift «Atom und Strom»¹⁾ bzw. vom Übersetzer Herrn Sardemann (VDEW) zur Verfügung gestellt.

Ein immer grösserer Kreis von Ingenieuren, Wirtschaftlern und Politikern möchte unter verschiedenen Gesichtspunkten den Energieproblemen auf den Grund gehen und ist verständlicherweise zunächst durch die Vielfalt der Masseinheiten verwirrt. Man spricht von kWh, von Kalorien, von Therm (10^5 BTU = $2,52 \times 10^4$ kcal), von Tonnen Kohleäquivalent usw. Das Direktionskomitee der UNIPEDE hat daher beschlossen, die Frage einer gemeinsamen Masseinheit für die verschiedenen Energieformen, insbesondere für die thermische, mechanische oder elektrische Energie, untersuchen zu lassen, nicht um das Problem unmittelbar zu lösen, sondern lediglich, um es in allgemeiner Form darzustellen.

Die Kerntechnik hat noch den Megawatttag (MWd) hinzugefügt. Diese Einheit hat unglücklicherweise die kWh in der Reaktorsprache aus dem rein zufälligen Grund verdrängt, dass die Beziehung $W = mc^2$ für 1 g der Materie 24 Millionen kWh ergibt, was sich bequemer durch 1000 MWd ausdrücken lässt, und dass bei einer Spaltung ein Tausendstel der Masse verschwindet, so dass schliesslich die Spaltung von 1 g der Materie 24 000 kWh ergibt, ein Wert, der sich bequemer durch einen Megawatttag ausdrücken lässt. Daher der Versuch, diese zusätzliche Einheit einzuführen. Sich deswegen bei den Kernfachleuten zu beschweren, würde den Elektroingenieuren schwerfallen, denn sie selbst haben früher den sehr erheblichen Fehler begangen, in Kilowattstunden zu zählen, statt in Kilowattsekunden, also in Kilojoules. Es ist aber nicht weniger absurd, dass wir im gleichen Wirtschaftszweig die Energieerzeugung auf der Grundlage von Uran in thermischen Megawatttagen je Tonne zählen, während wir, wenn die Energie aus Kohle erzeugt wird, mit elektrischen kWh je kg rechnen.

Jeder hat diese Unordnung der Masseinheiten im heutigen Sprachgebrauch bemerkt, aber noch nie-

¹⁾ «Atom und Strom», 4. Jahrgang, Folge 10, Oktober 1958.

Nous publions ici avec l'aimable autorisation de l'auteur et du secrétariat de l'UNIPEDE un exposé sur le problème de l'équivalence des différentes formes d'énergie, prononcé par M. P. Ailleret, directeur de la section «Etudes et Recherches» de l'Electricité de France, lors du 11^e Congrès de l'UNIPEDE à Lausanne en 1958. Les considérations ci-après ne résolvent pas complètement le problème posé qui fera l'objet d'études plus approfondies au sein de l'UNIPEDE, sur la base de renseignements qui pourront être fournis par les différents pays au sujet de la valeur d'usage de la calorie en fonction de la température, dans les conditions économiques propres à chacun de ces pays.

mand etwas getan, um hier Abhilfe zu schaffen, obwohl es vielleicht noch Zeit wäre. Das ist aber nicht unsere heutige Aufgabe. Das viel schwierigere Problem, das sich uns stellt, ist ein echtes Grundproblem, das für viele durch das Problem der Masseinheiten verdeckt wurde. Deshalb begann ich damit, über Masseinheiten zu sprechen. Lassen wir sie jetzt einmal beiseite und sehen zu, welche grösseren, grundsätzlichen Schwierigkeiten vorhanden sind, die manchmal zu schwerwiegenden Missverständnissen führen. Alle diejenigen, die mit Energieproblemen in Berührung kommen und deren Kompliziertheit feststellen, sind natürlicherweise versucht, eine gemeinsame Masseinheit für alle Formen der Energie zu suchen, mag es sich nun um Kohle, Erdöl oder Wasserkraft, um Wärme oder Kälte handeln. Es wäre auch reizvoll, so zu tun, als ob alle diese Energiearten nur eine einzige Dimension hätten, und Äquivalenzwerte zu suchen, die natürlich einerseits von Masseinheiten abhängen, aber von einem Jahr zum anderen oder von einem Land zum anderen unverändert blieben. Unglücklicherweise entsprechen aber die Grundtatsachen nicht einem so einfachen Schema.

Vom physikalischen Standpunkt aus lassen sich die Erscheinungsformen der Energie nicht auf eine einzige Dimension zurückführen, und vom wirtschaftlichen Gesichtspunkt aus entwickeln sich die Substitutions-Äquivalente der verschiedenen Energieformen untereinander im Lauf der Zeit weiter und sind nicht in allen Ländern gleich. Diese bedauerliche Wahrheit über die Komplikation der tatsächlichen Verhältnisse darf nicht verdeckt werden, denn wenn man sie nicht beachtet, kann man zu wirtschaftlichen Irrtümern verleitet werden, und es lassen sich Fälle anführen, in denen das zu offensichtlichen Paradoxa führt.

Die Atomenergie ist ein einfaches Beispiel, an dem jeder die Schwierigkeiten erkennen kann. Unsere Reaktoren erzeugen nicht elektrische Energie,

sondern Wärme, und es ist bequem, sie in thermischen Megawattagen, Joules oder Kalorien zu zählen. Jeder sieht sofort, dass, wenn auch eine Kalorie unter dem Gesichtswinkel des Satzes von der Erhaltung der Energie gesehen immer ebensoviel wert ist wie eine andere Kalorie, dennoch vom Gesichtspunkt ihrer thermodynamischen Möglichkeiten her gesehen die Werte nicht gleich sind. Der Physiker schreibt die Erhaltung der Energie immer wie folgt: Wärme in der Wärmequelle = mechanische Energie + im Kondensator abgeführte Wärme. Diese Bilanz ist immer richtig. Der Wirtschaftler jedoch berücksichtigt die im Kondensator abgeführte Energie, die wirtschaftlich wertlos ist, nicht. Er neigt also dazu, zu schreiben: Wärme in der Wärmequelle → mechanische Energie. Der relative Wert dieser beiden Größen hängt jedoch auf Grund des Carnotschen Hauptsatzes von der Temperatur ab. Würde man vollkommene thermodynamische Maschinen benutzen, so könnte man die Werte der Kalorien in Abhängigkeit von der Temperatur anschreiben.

Die Wärmeenergie bietet sich also insgesamt vom physikalischen Gesichtspunkt aus gesehen mit zwei Dimensionen dar, die die Anzahl der Kalorien und die Temperatur sein können.

Für einen gegebenen Wert der Temperatur des Kühlmittels, die sich übrigens in der Praxis sehr wenig ändert, beispielsweise 15 °C, kann man leicht die Kurve zeichnen, die in Abhängigkeit von der Temperatur der Wärmequelle den Wert der Kalorie angibt, die mittels einer vollkommenen thermodynamischen Maschine in mechanische Energie umgewandelt werden kann. Das ist die Kurve der nutzbaren Energie einer Kalorie in Abhängigkeit von ihrer Temperatur, wenn man die Temperatur des betreffenden Gases oder der betreffenden Flüssigkeit bis auf die Umgebungstemperatur absenkt, beispielsweise durch eine Reihe aufeinanderfolgender Carnotscher Kreisprozesse. Hierbei ist die nutzbare Energie einer Kalorie von 900 °C doppelt so hoch wie die einer Kalorie von 250 °C (Fig. 1, Kurve k_1). Aber die wirtschaftliche Schwierigkeit hört noch nicht auf. Wir bedienen uns nicht vollkommener thermodynamischer Maschinen, sondern benutzen Kessel und Turbinen, die weit davon entfernt sind, die Vollkommenheit zu erreichen, die sie übrigens auch gar nicht erreichen wollen, denn sie haben ein wirtschaftliches Optimum, in das nicht nur die Wirkungsgrade, sondern auch die Anlagekosten eingehen. Je nach der Temperatur, mit der die Kalorie sich darbietet, mag sie nun aus einem Kernreaktor oder einer natürlichen Dampfquelle im Erdbothen stammen, wird die Maschine, die in der Lage ist, sie in mechanische Energie umzusetzen, mehr oder weniger umfangreich und mehr oder weniger teuer sein.

Man kann auch noch eine zweite Äquivalenz zwischen den Kalorien entsprechend dem tatsächlichen Wert ihrer Umformbarkeit aufstellen. Für jede Temperatur ergibt eine Kalorie eine gewisse Menge mechanischer Energie in der tatsächlichen Maschine (jetzt nicht mehr in einer vollkommenen thermodynamischen Maschine), die derart konstruiert ist, dass sie eine Energiequelle bei dieser Tem-

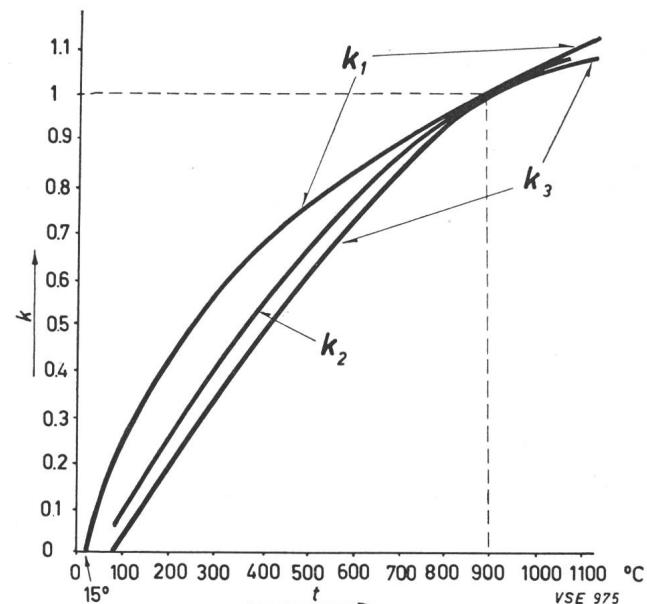


Fig. 1
Wert der Kalorie bei t °C (auf der Abszisse) im Vergleich zu dem der Kalorie bei 900 °C

(Voraussetzung ist, dass die Kalorien bis zu einer Kühltemperatur von 15 °C ausgenutzt werden)

k relater Wert der Kalorie bei t °C im Vergleich zur Kalorie bei 900 °C; k_1 Verhältnis der in einer vollkommenen thermodynamischen Maschine nutzbaren Energiemengen; k_2 Verhältnis der in einer technischen Maschine erzeugbaren Energiemengen; k_3 Verhältnis der Gebrauchswerte; t Temperatur

peratur möglichst wirtschaftlich ausnutzt. In tatsächlichen Maschinen erbringt eine Kalorie von 250 °C nicht mehr die Hälfte, wie beim vollkommenen thermodynamischen Kreisprozess, sondern lediglich 30 % der Kalorie von 900 °C (Fig. 1, Kurve k_2). Das ist dann eine der Äquivalenzen der Kalorien, nämlich diejenige, die zum Ausdruck bringt, was man aus industriellen Maschinen herausholen kann.

Man kann sich aber schliesslich noch ein anderes wirtschaftliches Problem stellen: Wenn wir über eine Wärmequelle mit einer bestimmten Temperatur, beispielsweise in Form eines warmen Gases, verfügen, zu welchem Preis muss man diese Kalorien kaufen, um Parität mit den Gestaltungskosten der Energie zu bekommen, die aus Kalorien von 900 °C gewonnen wird? Ich wähle diese 900 °C, weil eine erste Untersuchung gezeigt hat, dass eine Kalorie in einem Gas von 900 °C etwa den gleichen Wert hat wie eine Kalorie Kohle. Wenn beispielsweise eine natürliche Quelle gasförmiger Kohlensäure in einem Kraftwerk ausgenutzt wird, das keine Kessel mit Feuerung mehr enthält, sondern einen Wärmeaustauscher zur Ausnutzung dieser Kohlensäure, so kostet die erzeugte Energie ebensoviel wie in einem Kraftwerk für Kohle mit gleichem Preis je Kalorie, unter der Bedingung, dass die Temperatur der Kohlensäure 900 °C beträgt.

Bei einer anderen Temperatur kann man, wenn man eine Reihe von Kraftwerksprojekten aufstellt, die Kurve zeichnen, die den tatsächlichen Gebrauchswert dieser Kalorie in Abhängigkeit von ihrer Temperatur angibt, mit anderen Worten, den

Preis, zu dem ein Betriebsleiter bereit wäre, sie zu kaufen, um Parität mit Heizöl oder Kohle zu bekommen. Diese Kurve geht von einer Temperatur in der Größenordnung von 60 oder 70 °C aus. Bei etwa dieser Temperatur muss die Wärme kostenlos zur Verfügung stehen, denn die erhöhten Anlagekosten je erzeugtes elektrisches Kilowatt lassen keinerlei Raum für die Bezahlung der Wärme, von der man ausgeht. Eine Warmwasserquelle mit niedriger Temperatur hat also keinen wirtschaftlichen Wert, wie gross auch ihre Abgabe in Kalorien sein möge. Oberhalb dieser Temperatur in der Größenordnung von 70 °C wächst der Gebrauchswert der Kalorie bis etwa 600 oder 700 °C ungefähr linear in Abhängigkeit von der Temperatur. Die Kurve flacht sich dann fortschreitend ab. Bei 250 °C beträgt der Gebrauchswert etwa $\frac{1}{4}$ dessen der Kalorie von 900 °C (Fig. 1, Kurve k_3). Bei diesem Wert von 900 °C erreicht sie den Wert der Kohlekalorie. Bei höheren Temperaturen flacht sich die Kurve mehr und mehr ab und nimmt den Verlauf einer Sättigungskurve an.

Man bekommt also nacheinander drei Kurven: Die klassische thermodynamische Kurve (k_1) der Nutzenergie, die sich einfach aus dem Carnotschen Hauptsatz ergibt, die Kurve (k_2) der Energie, die unter Vernachlässigung der Kosten der Maschinen industriell aus der Kalorie in Abhängigkeit von ihrer Temperatur erzeugt werden kann, und schliesslich die Kurve (k_3) des Wertes, zu dem die Kalorie in Abhängigkeit von ihrer Temperatur gekauft werden könnte, um die Parität beispielsweise mit der Kohlekalorie herzustellen — eine Kurve, die es ermöglicht, Missverständnisse und Fehlschlüsse in den Energiebilanzen zu vermeiden. Vom Gesichtspunkt der Kernenergie sind diese Kurven interessant, um die Ideen über den Wert der Kalorie in Abhängigkeit von der Temperatur darzustellen. Man muss sie aber im allgemeinen der Tatsache anpassen, dass der Kreislauf meist geschlossen und nicht offen ist, so dass eine Rückkehr von Kalorien zum Reaktor stattfindet, wodurch das Problem schwieriger wird.

Andererseits bieten diese Kurven Gelegenheit, den Geltungsbereich der verschiedenen Energiebilanzen, die die Wirtschaftler aufstellen, klarzumachen. In Wirklichkeit gibt es gar nicht *eine* Energiebilanz: Es gibt vielmehr ebenso viele Energiebilanzen wie Gesichtspunkte, von denen man ausgehen kann. Für rein wirtschaftliche Zwecke sind es vor allen Dingen die Substitutionswerte, die die Stellung der verschiedenen Energieformen zueinander bestimmen.

Diese Arbeit des Vergleichs der Gebrauchswerte ist nichts anderes als die Fortsetzung einer Arbeit, die die UNIPEDE kürzlich über den Wert der Kalorie von Ballastkohle durchgeführt hat. Darin wird dargestellt, wie eine aus solchen Kohlen entnommene Kalorie ihren *Gebrauchswert* in Abhängigkeit vom Wärmeinhalt der jeweiligen Kohle hat, der seinerseits die Dimensionen der Mahlanlagen, des Kessels usw., sowie die Aufwendungen für den Eigenbedarf und die Betriebskosten des Kraftwerks bestimmt.

Wir wollen jetzt die summarische Untersuchung auf einen Fall ausdehnen, der insbesondere die Kernenergie angeht. Dabei wird sich ausserdem die

Gelegenheit ergeben, den gemeinsamen Wert für die Wärmeenergie und die mechanische Energie noch genauer zu ermitteln, wenn man sich die Aufgabe stellt, die Umformung von der Wärmeenergie zur mechanischen Energie hin vorzunehmen. Aber auch hier muss man, glaube ich, darauf hinweisen, dass die wirtschaftliche Äquivalenz zwischen Energiearten wesentlich von deren Substitutionsmöglichkeiten abhängt. Ich will versuchen, das an einem klaren Beispiel zu zeigen.

Ich hoffe, dass unsere norwegischen Freunde nicht der Meinung sind, dass ich einen Fehler begehe, wenn ich von ihrem Land spreche; mache ich aber wirklich einen Fehler, so mögen sie annehmen, dass ich ein Phantasieland und nicht Norwegen meine. Die Wasserkraftenergie ist dort sehr preiswert, und die naturgegebenen Möglichkeiten für Wasserkraftanlagen sind besonders gross. Es gibt jedoch weder Kohlezechen noch Erdölquellen, noch Wärmekraftwerke. Deshalb ist man darauf gekommen, die Wasserkraft zur systematischen Heizung der Wohnungen zu benutzen. Unter diesen Umständen ist in Norwegen die Äquivalenz zwischen der Wärmeenergie und der elektrischen Energie, zwischen der Kalorie und der kWh gerade die, die der Heizung entspricht, denn jedes kg Kohle, das man einführt, ersetzt die kWh, die der elektrischen Heizung gedient hätten. Diese Substitution im Sinn der thermodynamischen Abwertung ergibt ein bestimmtes Verhältnis zwischen dem Wert der Wärmeenergie und der elektrischen Energie.

In West-Europa dagegen heizt man nicht elektrisch und benutzt Brennstoffe, um elektrische Energie zu erzeugen. Die Substitution ergibt also eine Äquivalenz, die einer Umformungsrichtung von der Wärme zur Elektrizität, von den Kalorien zu den kWh entspricht. Die Substitution in dieser Richtung bestimmt daher die Äquivalenz zwischen der Wärmeenergie und der mechanischen Energie, während in Norwegen die Äquivalenz durch die Substitution bestimmt wird, die einer Umformung im umgekehrten Sinn entspricht. Der Unterschied ist beträchtlich. Das zeigt, dass die gemeinsamen wirtschaftlichen Maßeinheiten für die verschiedenen Formen der Energie in den verschiedenen Ländern nicht immer gleich sind und von den Grenzsubstitutionen abhängen. Sie ändern sich obendrein im Lauf der Zeit: Von den drei Kurven, die in Fig. 1 angeführt sind, bleibt lediglich die Kurve für die vollkommene thermodynamische Maschine gleich; die beiden Kurven der wirtschaftlichen Äquivalenz werden sich ganz langsam der thermodynamischen Kurve nähern, die sie aber nur unter der Voraussetzung erreichen könnten, dass nicht nur die Maschinen hinsichtlich ihres Wirkungsgrads vollkommen wären, sondern dass sie auch absolut nichts kosteten.

Es ist nicht schwierig, sich darüber klar zu werden, dass in den Grenzen des Voraussehbaren die Kurven nur sehr langsam ihre Form ändern können. Es bleibt also möglich, sich insbesondere der Kurve des Gebrauchswerts der Kalorie in Abhängigkeit von der Temperatur zu bedienen. Das Direktionskomitee war der Meinung, dass man diese Frage

öffentlicht auf dem Kongress behandeln solle, so dass jeder darüber nachdenken kann. Es ist klar, dass diese Kurven unter Berücksichtigung der besonderen wirtschaftlichen Verhältnisse jedes Landes gezeichnet werden müssen, selbst wenn sie wahrscheinlich dicht beieinander liegen, denn die Preisverhältnisse sind von Land zu Land nicht so verschieden. Nach Vergleich der Ergebnisse, die die verschiedenen Forschungsbüros erzielen werden, hoffen wir, eine gemeinsame Kurve ableiten und damit eine gewisse Anzahl von Energieproblemen zu einer Zeit klarstellen zu können, in der sich die öffentliche Meinung mehr und mehr für energiewirtschaftliche Fragen interessiert.

Adresse des Autors:

P. Ailleret, Direktor bei der Electricité de France, Paris.

Elektrizitätsverbrauch im Haushalt

Im Geschäftsbericht des VSE für das Jahr 1957 [Bulletin SEV 1958, «Seiten des VSE», Nr. 18, Seite 873 (191)] wird unter anderem festgestellt, dass die Schweiz, mit einem durchschnittlichen Haushaltverbrauch an elektrischer Energie von 2740 kWh im Jahr, in Europa an der Spitze stehe. Diese Feststellung trifft, wie wir inzwischen erfahren haben, insofern nicht zu, als in Norwegen mit einem mittleren Verbrauch von etwa 5600 kWh pro Haushalt zu rechnen ist, wovon allerdings etwa 2600 kWh auf die elektrische Raumheizung entfallen. Diese Tatsache dürfte dem Umstande zuzuschreiben sein, dass in Norwegen die anders gearteten hydrologischen Verhältnisse einer weiten Verbreitung der elektrischen Raumheizung nicht entgegenstehen.

Unsere Behauptung stützte sich auf einen dem Kongress der UNIPEDE 1958 in Lausanne vorgelegten Bericht «Le développement des applications domestiques de l'énergie électrique de 1953 à 1956» (Nr. VII. 1), wobei wir nicht beachteten, dass Angaben über Norwegen fehlten. Wir bitten unsere Leser, diesen Irrtum zu entschuldigen.

Sekretariat VSE

Verbandsmitteilungen

85. Meisterprüfung

Vom 9. bis 12. Dezember 1958 fand in der Bäcker- und Konditorenfachschule in Luzern die 85. Meisterprüfung statt. Von insgesamt 37 Kandidaten aus der französisch und deutsch sprechenden Schweiz haben folgende die Prüfung mit Erfolg bestanden:

Affolter Rudolf, Solothurn
Amman Kurt, Zürich
Bähler Werner, Basel
Büchler Hans, Wald (AR)
Burri Heinz, Langendorf
Charlet Jean-Paul, Vallorbe
Cherbuin Henri, Payerne
Egli Emil, Speicher (AR)
Egli Rupert, Meilen
Frauchiger Hansjörg, Baden

Fürst Jean-Jacques, Prilly
Glauser Rudolf, Seftigen
Gut Karl, St. Gallen
Heeb Robert, Mels
Hofer Guido, Klingnau (AG)
Hofstetter Walter, Attiswil
Kissling Helmut, Rorschach
Knüsel Georg, Wetzikon
Kobelt Kurt, Marbach (SG)
Künzler Rudolf, Widnau (SG)
Kyburz Edwin, Wolhusen
Magnenat André, Nyon
Marti Fritz, Basel
Moser Charles, Mies (VD)
Strahm Hansruedi, Flums-Portels

Meisterprüfungskommission VSEI/VSE

Aus dem Kraftwerkbau

Inbetriebnahme der Zentrale Erlenbach der Simmentaler Kraftwerke

Am 19. Dezember 1958 wurde in der Zentrale Erlenbach der Simmentaler Kraftwerke der Probebetrieb mit einer Maschinengruppe aufgenommen. Damit ist die erste Etappe der Nutzbarmachung der Simmentaler Wasserkräfte 2 1/2 Jahre nach

Baubeginn vollendet. Die Zentrale Erlenbach wird vom Ausgleichsbecken Egelsee gespiesen. Die mittlere mögliche Jahresproduktion beträgt rund 50 Millionen kWh, wovon 1/3 Winter- und 2/3 Sommerenergie. Die maximal mögliche Leistung beläuft sich auf 17 000 kW.

Die Bauarbeiten der zweiten Ausbauetappe, d. h. der Gefällsstufe Erlenbach-Simmenfluh, werden im nächsten Sommer in Angriff genommen.

Wirtschaftliche Mitteilungen

Die Entwicklung des Preises für elektrische Energie und die Finanzierungsfragen bei Neuinvestitionen in der Elektrizitätswirtschaft (eine neue Studie der OECE)

621.311.003.1

Nachdem die OECE im November 1954 die Studie einer Expertengruppe über «Die Elektrizitätspreise und ihre Auswirkung auf die Finanzierung von Investitionen in der Elektrizitätswirtschaft»¹⁾ veröffentlicht hatte, ist kürzlich ein weiterer Bericht erschienen, der als Fortsetzung der ersten Studie gedacht ist. Der neue Bericht mit dem Titel «Die Entwicklung des Preises für elektrische Energie und die Finanzierungsfragen bei Neuinvestitionen in der Elektrizitätswirtschaft»²⁾ ist von der gleichen Expertengruppe ausgearbeitet worden.

¹⁾ OECE, Le prix de l'Électricité, Paris 1954 (s. Bull. SEV Nr. 2(1955), S. 78).

²⁾ OECE, L'évolution du prix de vente de l'Électricité et les problèmes financiers d'expansion de l'industrie électrique, Paris 1958.

Anlass zur Wiederaufnahme und Weiterentwicklung der Studie aus dem Jahre 1954 gab der ständig wachsende Energiebedarf, die fortschreitende Erschöpfung der wirtschaftlich ausnutzbaren Wasserkräfte, die Schwierigkeiten in der Beschaffung des notwendigen Kapitals für den Ausbau der Anlagen und die anhaltenden Preissteigerungen auf den für die Elektrizitätswirtschaft wichtigen Rohstoffmärkten.

Der Bericht gliedert sich in fünf Abschnitte:

- Die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft und die zur Sicherung ihrer Finanzierung geeigneten Mittel.
- Die Entwicklung der Nachfrage.
- Die Selbstkosten der Elektrizität.
- Der Einfluss der Elektrizitätspreise auf die Kosten industrieller Erzeugnisse und auf die Lebenshaltungskosten.
- Die Finanzierung von Neuinvestitionen, die verfügbaren Finanzierungsquellen und die gegenwärtigen Schwierigkeiten.

Die Gesamterzeugung in den OECE-Staaten betrug im Jahre 1920 43,5 Milliarden kWh, 1951 268 Milliarden kWh und 1956 387 Milliarden kWh. Der steigende Bedarf nach elektrischer Energie hat seit der Herausgabe des ersten Berichtes weiter angehalten. In den OECE-Ländern betrug der jährliche Verbrauchszuwachs durchschnittlich etwa 7 %. Abgesehen von kurzfristigen Schwankungen wird für die nächsten Jahre mit einer unveränderten Zuwachsquote gerechnet. Von einer Sättigung auf dem Markt für elektrische Energie scheint man noch weit entfernt zu sein.

Der Ausbau der Erzeugungs- und Übertragungsanlagen konnte mit der Entwicklung der Nachfrage nicht überall voll Schritt halten. Dies kommt u.a. darin zum Ausdruck, dass es an den für die Sicherung einer einwandfreien Energieversorgung nötigen Reserveanlagen immer noch fehlt. Die volle Befriedigung des wachsenden Energiebedarfes der Wirtschaft sollte aber nicht durch einen zu wenig fortschreitenden Ausbau der Anlagen gefährdet werden, weil die daraus entstehenden Nachteile für die Volkswirtschaft zu gross wären.

Über die Baukosten für elektrische Erzeugungs- und Verteilanlagen orientieren verschiedene Tabellen. Seit dem Jahre 1953 zeichnet sich zum Beispiel bei den thermischen Anlagen eine leicht rückläufige Tendenz der Kosten ab. Für Wasserkraftwerke hingegen ist eine Zunahme der spezifischen Baukosten festzustellen, die überwiegend auf die Notwendigkeit des Ausbaus immer weniger wirtschaftlicher Wasserkräfte zurückzuführen ist. Es ist klar, dass aus dem vorliegenden Zahlenmaterial nicht ohne weiteres Schlüsse über die Kostenentwicklung in den einzelnen Ländern gezogen werden können; dies um so mehr, als alle Preise und Kostenangaben in eine Währung — die \$-Währung — umgerechnet wurden. Bekanntlich kann die Anwendung offizieller Devisenkurse bei der Umrechnung einzelner Währungen zu verzerrten Bildern der wirtschaftlichen Wirklichkeit führen, weil bei solchen Umrechnungen eine Reihe wirtschaftlicher Faktoren unberücksichtigt bleiben.

Nach der Ansicht der Experten können folgende Faktoren zu einer Senkung der Selbstkosten der elektrischen Energie führen:

- Die Verbesserung des Wirkungsgrades der Produktionsanlagen;
- der stärker ausgebauten Verbundbetrieb, der, gesamthaft betrachtet, eine Reduktion der Reserveanlagen ermöglicht, sowie einen optimalen Einsatz der Produktionsanlagen;
- die Konzentration in der Produktion, die die Verwendung grösserer Betriebseinheiten und damit die Senkung der anteiligen Betriebs- und Kapitalkosten ermöglicht;
- eine Tarifpolitik, die darauf abzielt, ein ausgeglichenes Belastungsdiagramm und einen besseren Ausnutzungsgrad der Anlagen herbeizuführen;
- die Steigerung des Umsatzvolumens, die zu einer Verkleinerung des Festkostenanteils pro kWh führt.

Unter den Faktoren, welche in den nächsten Jahren zu einer Erhöhung der Selbstkosten führen können, erwähnen die Experten die folgenden:

- Die Gesetze der Thermodynamik, gemäss welchen dem Wirkungsgrad thermischer Anlagen eine obere Grenze gesetzt ist;
- die langfristige Tendenz zu Preissteigerungen bei den festen und flüssigen Brennstoffen, vor allem im Hinblick auf die vermehrt notwendig werdenden Importe;
- die geringere Wirtschaftlichkeit der noch ausbauwürdigen Wasserkräfte;
- die Verschlechterung des Ausnutzungsgrades der Anlagen durch die Arbeitszeitverkürzung, sofern ihre Folgen durch den Schichtenbetrieb nicht aufgehoben werden.

Die Auswirkungen der zukünftigen Eingliederung der Kernkraftwerke in die Elektrizitätsversorgung können heute noch zu wenig beurteilt werden.

Wichtig ist die Feststellung, dass in einigen Ländern Tarifanpassungen vorgenommen wurden und dass dabei weder

die Produktionskosten der einzelnen Industrien, noch die Lebenshaltungskosten der Bevölkerung eine spürbare Erhöhung erfahren haben. Diese Tarifanpassungen haben aber zu einer Verbesserung der finanziellen Lage und damit der Rentabilität der einzelnen Unternehmungen geführt; infolgedessen haben sich für diese die Schwierigkeiten der Mittelbeschaffung auf dem Kapitalmarkt etwas gemildert. In einigen Ländern kann sich aber ein Gleichgewicht zwischen Nachfrage und Erzeugung immer noch nicht einstellen, weil das notwendige Kapital nicht oder nur schwer erhältlich ist. Der Anpassung der Tarife an die gestiegenen und aller Voraussicht nach doch eher weiter steigenden Kosten muss man die volle Aufmerksamkeit schenken, vor allem auch im Hinblick auf den Bau von Kernkraftwerken, der zu gegebener Zeit umfangreiche langfristige Mittel erfordern wird. Das Finanzierungsproblem dürfte am einfachsten zu lösen sein, wenn die Elektrizitätswerke weiterhin nach gesunden kaufmännischen Prinzipien geführt werden.

In einem Anhang sind die einzelnen Länderberichte enthalten. Der der OECE für diese Studie zur Verfügung gestellte Länderbericht der Schweiz hat in deutscher Übersetzung folgenden Wortlaut:

«Die ständige Vergrösserung des Verbrauches elektrischer Energie von 10,8 Milliarden kWh im hydrographischen Jahr 1953/54 auf 13,0 Milliarden kWh im hydrographischen Jahr 1956/57 (Werke der Allgemeinversorgung) hat den Elektrizitätswerken ernste Sorgen bereitet.

Aus der Statistik des Jahres 1956 — neuere finanzwirtschaftliche Angaben sind gegenwärtig noch nicht bekannt — geht eine neue Erhöhung der Bauausgaben hervor. Sie betragen 700 Millionen Franken gegenüber 600 Millionen im Jahre 1955 und 570 Millionen im Jahre 1954. 510 Millionen Franken (73 %) waren für die Erstellung neuer Werke notwendig, 190 Millionen (27 %) für die Übertragungs- und Verteilanlagen. Im Jahre 1956 betrug der Anteil der Selbstfinanzierung 28 %. Im Vergleich zu der durch die stärkste Bauaktivität gekennzeichneten Vorkriegsperiode hat sich das Bauvolumen fast vervierfacht.

Die gesamten Bauausgaben erreichten Ende 1956 6820 Millionen Franken; davon entfallen 5440 Millionen auf die in Betrieb befindlichen Anlagen. Die Anlageschuld betrug 2425 Millionen Franken, das sind 42 % des Anlagewertes gegenüber 32 % im Jahre 1945. Dieser Prozentsatz dürfte sich mit der Inbetriebsetzung der grossen Kraftwerke noch erhöhen.

Auf der Passivseite der Bilanz fällt die Erhöhung des Obligationenkapitals und der andern langfristigen Anleihen besonders auf, die von 2028 Millionen auf 2470 Millionen, also um 22 % im Vergleich zum Jahre 1955 gestiegen sind. Die mittlere Verzinsung der Obligationen betrug weiterhin 3,16 % (seither sind die Zinssätze merklich gestiegen, doch können noch keine Jahres-Durchschnittswerte angegeben werden³⁾.

Die aus dem Energieverkauf stammenden Einnahmen haben 12 % des Anschaffungswertes der im Betrieb befindlichen Anlagen erreicht.

Das für den Vollausbau der wirtschaftlich ausnutzbaren Wasserkräfte im Verlaufe der nächsten 15...20 Jahre notwendige Kapital wird auf ungefähr 11 oder 12 Millionen Franken geschätzt. Während der Kapitalmarkt von allen Seiten beansprucht wird, gehen die Ersparnisse zurück. Von 1953 bis 1956 ist der Anteil der Spareinlagen am Volkseinkommen von 3,6 auf 2,2 % zurückgegangen. Seit ungefähr einem Jahr ist der Zinssatz der neu emittierten Obligationen stark gestiegen (für die letzten neuen Anleihen betrug er 4,5 %); das trägt nicht zur Verbesserung der Lage bei³⁾. Die Folgen dieser Entwicklung sind doppelter Art. Einerseits wird die Einhaltung der Bauprogramme infolge des Kapitalmangels sehr gefährdet; daraus könnte sich ein Nachhinken der Erzeugung im Vergleich zur Entwicklung des Verbrauches ergeben, und in der Befriedigung der Nachfrage könnten einige Schwierigkeiten eintreten. Andererseits dürfte die Erhöhung der Selbstkosten immer stärker spürbar werden, so dass sich die sehr

³⁾ Inzwischen hat sich der Kapitalmarkt allerdings verflüssigt, und die Zinssätze sind wieder gefallen.

dringenden Tarifanpassungen nicht mehr weiter hinausschieben lassen. Vor allem wird man die Tarife für die thermischen Anwendungen der Elektrizität erhöhen müssen, damit der Verbrauch in diesem Sektor gebremst wird, wo die Preise die allgemeine Erhöhung der anderen Energieträger nicht mitgemacht haben.»

Der Anhang enthält ausserdem eine Anzahl Tabellen über die in den einzelnen Ländern festgestellte Entwicklung der für die Elektrizitätswirtschaft massgebenden wirtschaftlichen Grössen, sowie einen Bericht der Delegation Grossbritanniens über einen Kostenvergleich zwischen der Erzeugung elektrischer Energie in Kernkraftwerken und in klassischen thermischen Kraftwerken. Wir geben diese Studie anschliessend an unsere Besprechung in deutschér Übersetzung wieder.

Den Experten wurde kein leichtes Problem zur Begutachtung unterbreitet. Energiewirtschaftliche Vergleiche zwischen verschiedenen Ländern sind stets mit Schwierigkeiten verbunden, da die Struktur der Energieversorgung und die wirtschaftlichen Voraussetzungen in den einzelnen Staaten Europas sehr verschieden sind. Es ist den Experten aber gelungen, die Tragweite verschiedener Fragen, denen die Elektrizitätswirtschaft in den Mitgliedsländern der OECE gegenübersteht, aufzuzeigen und die möglichen Lösungen einer kritischen Betrachtung zu unterziehen. Zweifellos werden die Schlussfolgerungen dieser Studie für die Weiterentwicklung der Elektrizitätswirtschaft von grossem Nutzen sein. *Fl.*

Selbstkosten der elektrischen Energie

Vergleich zwischen den ersten Kernkraftwerken und den klassischen thermischen Kraftwerken (Bericht der Delegation aus Grossbritannien)

Man darf annehmen, dass auf lange Sicht die Inbetriebnahme von Kernkraftwerken die zukünftige Entwicklung der Kosten der Erzeugung elektrischer Energie beeinflussen wird. Wir sind noch nicht im Besitze tatsächlicher, für eine längere Zeitspanne gültiger Angaben über die Bau- und Betriebskosten von Kernkraftwerken, obschon die Anlage Calder Hall der «United Kingdom Atomic Energy Authority» seit ihrer offiziellen Inbetriebsetzung im Oktober 1956 regelmässig elektrische Energie liefert. Es war nicht vorgesehen, in diesem Elektrizitätswerk die gewerbsmässige Erzeugung elektrischer Energie in den Vordergrund zu stellen. Tatsächlich hat das Werk zwei Aufgaben: die Erzeugung von Plutonium für Verteidigungszwecke und die Abgabe elektrischer Energie. In der ersten Sektion des Kraftwerkes sind vier Turbo-Generatoren von je 23 MW installiert.

Vor einiger Zeit wurde die Frage nach den Kosten der in Kernkraftwerken erzeugten elektrischen Energie aufgeworfen. Da die erste Phase des Produktionsprogrammes dieser Werke begonnen hat und das vorgesehene Programm 500 bis 600 MW installierter Leistung für das Jahr 1966 vorsieht, können die totalen Betriebskosten geschätzt werden. Die ersten in diesem Programm vorgesehenen Kraftwerke (deren annähernde Kosten gegenwärtig bekannt sind) erzeugen die notwendige Wärme in graphitmoderierten, gasgekühlten Reaktoren, die im Jahre 1960 in Betrieb gesetzt werden sollten. Man glaubt, dass dieser Kraftwerkstyp, der nicht mit sehr hohen Dampftemperaturen arbeitet, in Zukunft eine beträchtliche Entwicklung durchmachen wird und konstruktive Verbesserungen zu einer merklichen Senkung der Kosten beitragen werden.

Kapitalausgaben

Für die ersten Kernkraftwerke des Vereinigten Königreiches dürften die Kapitalausgaben pro kW abgegebener Leistung ungefähr 135 Pfund betragen. Diese Zahl kann sich in Abhängigkeit des Standortes oder verschiedener technischer Bedingungen noch ändern. Die entsprechenden Kosten für die klassischen thermischen Kraftwerke in Grossbritannien würden sich auf ungefähr 48 Pfund belaufen.

Brennstoffkosten

Wie es bei den klassischen thermischen Kraftwerken der Fall ist, können sich die Brennstoffkosten eines Kernkraft-

werkes im Laufe der Zeit ändern; sie hängen unter anderem auch von der Zusammensetzung des Brennstoffes und vom Grade seiner eventuellen Anreicherung ab. Die tatsächlichen Preise werden natürlich auf Grund von Verhandlungen zu stande kommen. Es ist vorauszusehen, dass die Kernkraftwerke Grossbritanniens noch vor dem Jahre 1970 natürliches Uran als Brennstoff zu einem Bruttoreis von maximal 20 000 Pfund pro Tonne verwenden werden, natürlich unter Vorbehalt der normalen Preisschwankungen. Langfristig lässt sich der Wert des Plutoniums im bestrahlten Brennstoff nicht berechnen; es ist aber möglich, dass unter Berücksichtigung dieses Wertes der tatsächliche Nettopreis des Brennstoffes zwischen 12 500 und 15 000 Pfund pro Tonne liegen wird, bei einer mittleren Ausnutzungsquote von 3000 MW pro Tonne.

Unter Annahme eines thermischen Wirkungsgrades von 27 % für die ersten Kernkraftwerke kann mit Nettokosten für den Brennstoffersatz zwischen 0,16 und 0,19 Penny je Einheit (kWh) gerechnet werden.

Wenn für die klassischen thermischen Kraftwerke von einem Preis von 75 Schilling pro Tonne und einem thermischen Wirkungsgrad von 33 % ausgegangen wird, stellen sich die entsprechenden Kosten für diese Werke auf 0,40 Penny pro Einheit (kWh).

Ursprüngliche Brennstoffladung für die Kernkraftwerke

Da die Kernbrennstoffe teuer sind, sollten die Kosten der ursprünglichen Brennstoffladung als Anlagevermögen verzinst werden, wenn auch die Abschreibungen klein genug sind, um vernachlässigt werden zu können.

In dem Masse wie sich beim Wirkungsgrad und der Erzeugungsmöglichkeit Verbesserungen erreichen lassen, ist es wahrscheinlich, dass dadurch Erhöhungen der Kosten der ursprünglichen Brennstoffladung ausgeglichen werden; die Kosten der ursprünglichen Brennstoffladung pro kW abgegebener Leistung dürften daher sinken.

Betriebskosten und allgemeine Unkosten, mit Ausnahme der Kapitalkosten

Die Betriebskosten von Kernkraftwerken und klassischen thermischen Kraftwerken dürften nicht allzuweit auseinander liegen und pro Einheit (kWh) etwa 0,05 Penny betragen.

	Kernkraftwerke	klassische thermische Kraftwerke
Annahmen:		
Belastungsfaktor . . . %	75	75
Lebensdauer des Kraftwerkes . . . Jahre	20	28
Thermischer Wirkungsgrad . . . %	27	33
Zinsfuss . . . %	5	5
Nettokosten des Brennstoffes . . . £/t	12 500/15 000	3,75
Kapitalkosten pro kW abgegebener Leistung . . . £/kW	135	48
Betriebskosten:		
Kapital . . . in Pennies pro kWh abgegebener Energie	0,40	0,13
Kapitalkosten für die ursprüngliche Brennstoffladung . . .	0,05...0,06	—
Brennstoffkosten (netto) . . .	0,16...0,19	0,40
Betriebskosten und allgemeine Unkosten . . .	ca. 0,05	0,05
Total (annähernd) . . .	0,66...0,70 ²⁾	0,58 ¹⁾

¹⁾ Die Gesamtkosten der Erzeugung in einem klassischen thermischen Kraftwerk in Grossbritannien verändern sich gemäss dem Brennstoffpreis. Vorgesehen ist ein minimaler Preis von 0,55 Penny und ein maximaler Preis von 0,65 Penny pro kWh.

²⁾ Nach dem offiziellen Devisenkurs ergibt sich heute: 1 £ = Fr. 12.08. Es ist aber nicht anzunehmen, dass sich die in Franken umgerechneten Kosten ohne weiteres auf die schweizerischen Verhältnisse übertragen lassen. So dürften z. B. die Brennstoffkosten in der Schweiz höher sein als in England.

Totalkosten

Unter Berücksichtigung der vorerwähnten Faktoren und eines Unsicherheitskoeffizienten, der durch die gemachten

Voraussetzungen begründet ist, kann man annehmen, dass sich die Kosten für den Betrieb der ersten Kraftwerke mit Leistungsreaktoren sehr stark den in der obigen Tabelle angegebenen Zahlen annähern. In dieser Tabelle werden die Kosten der klassischen thermischen Kraftwerke und der Kernkraftwerke einander gegenübergestellt. Auf Grund dieses Zahlenmaterials können unter den erwähnten Bedingungen folgende Schlussfolgerungen gezogen werden: Während die variablen Brennstoffkosten in den klassischen thermischen Kraftwerken mehr als $\frac{2}{3}$ der Gesamtkosten und die Kapitallasten und andere Betriebskosten weniger als $\frac{1}{3}$ ausmachen, ändert sich die Kostenstruktur bei den Kernkraftwerken grundlegend. Hier betragen die zusätzlichen Brennstoffkosten weniger als $\frac{1}{3}$ der totalen Kosten.

D. : Fl.

Stangenstatistik der PTT

621.315.668.1.0046

In ihren «Technischen Mitteilungen» veröffentlichte die Eidg. Telephon- und Telegraphenverwaltung kürzlich eine Übersicht über die in den Jahren 1952 bis 1956 ausgewechselten Holzmasten¹⁾. Inzwischen sind nun auch die Ergebnisse für das Jahr 1957 herausgekommen. Diese Statistiken enthalten einige interessante Einzelheiten, die nachstehend kurz gestreift werden sollen.

Die durchschnittliche Lebensdauer der im Zeitraum 1952 bis 1957 wegen Fäulnis ausgewechselten Holzmasten betrug:

- für Maste mit Behandlung mit Kupfersulfat
nach dem Boucherieverfahren 23,4 Jahre
- für Maste mit Teerölbehandlung 36,2 Jahre
- für unbehandelte Lärchenstangen 29,9 Jahre
- für unbehandelte Kastanienstangen 49,7 Jahre

Die lange Lebensdauer der unbehandelten Lärchen- und insbesondere der Kastanienstangen ist offenbar auf die höhere Widerstandsfähigkeit dieser Hölzer gegenüber Pilzen zurückzuführen; die erreichte Lebensdauer ist dennoch überraschend und deutet darauf hin, dass noch andere Gründe dafür verantwortlich sind, wahrscheinlich u. a. die Tatsache, dass diese Stangen in Gebieten gestellt werden (Telephondirektionen Bellinzona, Chur und Sitten), in denen im Sommer relativ lange Trockenperioden vorkommen, so dass sich die holzzerstörenden Pilze höchstens nur sehr langsam entwickeln können. Bei den teerölprägnierten Stangen handelt es sich um solche, die seinerzeit nach einem Volltränkverfahren imprägniert wurden. Die ermittelte Lebensdauer von 36,2 Jahren

Statistik über die von der PTT in den Jahren 1952—1957 infolge Fäulnis ausgewechselten Holzmasten

Tabelle I

Telephondirektion	Total der ausgewechselten Holzmasten	Durchschnittliche Lebensdauer der ausgewechselten Holzmasten (in Klammern: entsprechende Zahlen für die Periode 1940 bis 1948)
Neuenburg	2258	30,9 (30,3)
Biel	7208	27,8 (28,2)
Fribourg	4519	27,6 (24,3)
Bern	3533	27,4 (24,3)
Basel	2347	26,1 (21,0)
Chur	3689	25,6 (26,6)
Luzern	5988	24,6 (24,5)
Winterthur	3083	24,1 (19,0)
St. Gallen	5566	21,1 (24,8)
Rapperswil	1970	21,1 (19,7)
Thun	1539	20,9 (27,6)
Sion	2106	20,6 (19,3)
Bellinzona	1875	20,4 (19,8)
Zürich	7541	20,0 (19,1)
Genf	1592	19,5 (14,4)
Olten	2860	18,9 (19,6)
Lausanne	6679	18,9 (18,8)
Ganze Schweiz	64353	23,4 (22,5)

¹⁾ F. Bögli: «Stangenstatistik der Jahre 1952...1956» in «Technische Mitteilungen PTT», Nr. 4, 1958.

stimmt mit entsprechenden ausländischen Statistiken überein. So rechnet man für Kiefernholz, behandelt nach dem Rüpingverfahren (mit Steinkohlenteeröl) in Spanien mit einer durchschnittlichen Lebensdauer von 30, in Belgien von 35 und in Norwegen und Schweden von je 40 Jahren. Dieses Verfahren kommt aber für unser Land nicht in Frage, da sich die Fichte, die bei uns vorherrschende Holzart, für ein Kesseldruckverfahren mit Steinkohlenteeröl nicht gut eignet. Zudem «schwitzt» teerölprägnierte Masten und werden deshalb vom Personal nicht gerne gestellt.

Die durchschnittliche Lebensdauer der mit Kupfersulfat nach dem Boucherieverfahren behandelten Stangen variiert von Telephondirektion zu Telephondirektion sehr stark (siehe Tabelle I). Der Grund für diese Schwankungen liegt in erster Linie darin, dass die kupferresistenten Pilze nicht überall gleich verbreitet sind. Im weiteren spielen auch die Zusammensetzung des Bodens, der pH-Wert (Wasserstoffionenkonzentration) und die Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse eine Rolle; die bisherigen Untersuchungen der Kommission des VSE zum Studium der Imprägnier- und Nachbehandlungsverfahren für Holzmasten haben z. B. gezeigt, dass leicht saurer Boden mit einem pH-Wert von etwa 5,5 bis 6,5 die Entwicklung der Pilze und damit die Fäulnis stark fördert, alkalischer Boden (pH-Wert über 7,0) aber ihr Wachstum hemmt; dazu kommt, dass die Auslaugbeständigkeit des Kupfersulfats in alkalischerem Boden erst noch höher ist. Die guten Ergebnisse bezüglich der Lebensdauer der Holzmasten in den Telephondirektionen Neuenburg und Biel sind sicher teilweise darauf zurückzuführen, dass der Boden in diesen Gebieten stark kalkhaltig ist und daher alkalisch reagiert.

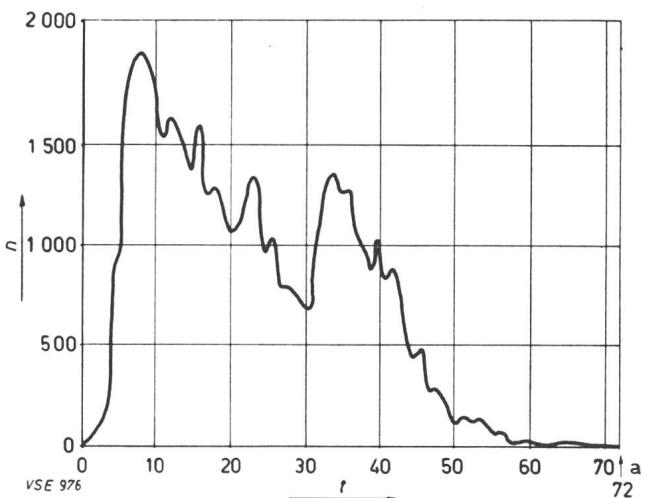


Fig. 1
Verteilung der bei der PTT in den Jahren 1952...1956 wegen Fäulnis ausgewechselten Kupfertritiolestanzen
n Zahl der ausgewechselten Stangen
t Alter der ausgewechselten Stangen in Jahren (a)

Die Fig. 1 zeigt die Verteilung der in den Jahren 1952 bis 1956 wegen Fäulnis ausgewechselten Kupfertritiolestanzen der PTT. Überraschend hoch ist der Anteil der Stangen, die vorzeitig ausfallen; in den ersten 10 Jahren beträgt der Ausfall etwa 15 %. Nach einem Maximum im achten Jahr geht die jährliche Ausfallquote stark zurück, bis nach etwa 32 Jahren ein neues Ansteigen der Kurve festzustellen ist und sich bei etwa 34 Jahren ein zweites Maximum ergibt. Diese Erscheinung ist für Boucheriestangen charakteristisch und wird damit begründet, dass sich die Verteilung im Grunde genommen aus zwei verschiedenen Kurven zusammensetzt, die jede für sich das Verhalten einer bestimmten Gruppe von Stangen wiedergibt. Für die Zugehörigkeit eines bestimmten Holzmastes zu einer der beiden Gruppen dürften verschiedene Faktoren massgebend sein, vor allem aber wohl die Qualität und Herkunft des Holzes und die Qualität der Imprägnierung.

Wi.

Aus den Geschäftsberichten schweizerischer Elektrizitätswerke

(Diese Zusammenstellungen erfolgen zwanglos in Gruppen zu vieren und sollen nicht zu Vergleichen dienen)

Man kann auf Separatabzüge dieser Seite abonnieren

¹⁾ Die Energieabgabe im gesamten städtischen Absatzgebiet (inklusive Direktlieferungen EKS und NOK) betrug 1957 102 321 334 kWh und 1956 94 860 318 kWh.

²⁾ Die maximale Belastung im gesamten städtischen Absatzgebiet betrug 1957 19 700 kW und 1956 17 900 kW.

3) Wasserzins inbegriffen.

Redaktion der «Seiten des VSE»: Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Bahnhofplatz 3, Zürich 1, Postadresse: Postfach Zürich 23, Telefon (051) 27 51 91, Postcheckkonto VIII 4355, Telegrammadresse: Electrusion Zürich.
Redaktor: Ch. Morel, Ingenieur.

Redaktor: Ch. Morel, Ingenieur.

Sonderabdrucke dieser Seiten können bei Sekretariat des VSE einzeln und im Abonnement bezogen werden.