Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 52 (1961)

Heft: 7

Artikel: Die Statistik als Hilfsmittel der Betriebsführung in einem städtischen Elektrizitätswerk

Autor: Troller, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916826

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: 10.07.2025

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

Die Statistiken im Betriebe der Elektrizitätswerke

Bericht über die 22. Diskussionsversammlung des VSE vom 5. Mai 1960 in Lausanne und vom 3. November 1960 in Zürich

31 : 621.311

Die Statistik als Hilfsmittel der Betriebsführung in einem städtischen Elektrizitätswerk

von *P. Troller*, Basel

Das Thema wird im ersten Teil dieses Berichts allgemein und anhand einiger Beispiele behandelt werden, welche sowohl dem technischen als dem kaufmännischen Arbeitsgebiet eines grösseren städtischen Elektrizitätswerkes entnommen sind.

Der zweite kürzere Teil des Referats ist dem Betriebsvergleich mit Hilfe von statistischen Werten gewidmet. Die hiezu gezeigten Beispiele sind der «Städtewerk-Statistik» entnommen. Diese Statistik wird von den 8 grösseren schweizerischen städtischen Elektrizitätswerken seit einer Reihe von Jahren auf einheitlicher Basis geführt und ermöglicht interessante Vergleiche [1]).

Dans la première partie, le sujet est traité sur un plan général à l'aide quelques exemples tirés du domaine technique et du domaine commercial de l'activité d'une grande entreprise urbaine d'électricité. La seconde partie, plus brève, est consacrée aux comparaisons entre diverses entreprises que permettent les données statistiques; les exemples choisis sont extraits de la «Statistique des entreprises urbaines», établie de façon uniforme depuis un certain nombre d'années par les huit plus grandes entreprises urbaines d'électricité de Suisse [1]).

I. Grundsätze, Methoden und Beispiele für die Betriebsstatistik

1. Arbeitsablauf und Grundsätze für die Führung von Betriebsstatistiken

Die Fig. 1 zeigt ein vereinfachtes Blockschema, in dessen Mittelpunkt der «*Betrieb*», in unserm Falle also eine Elektrizitätsversorgung steht. Auf diesen Betrieb wirken von aussen und innen eine ganze Reihe von *Einflüssen*, z. B. die variable Wasserführung, die Wechsel von Tag und Nacht, von Werktag und Sonntag, von Sommer und Winter, die veränderliche Wirtschaftslage und viele andere Faktoren. Anderseits hat der *Betrieb* aber auch verschiedene «*Ergebnisse*» wie Energieproduktion, Einnahmen und Ausgaben, Reingewinn, Störungen, Unfälle und Krankheiten beim Personal usw. zur Folge.

a) Sammeln der Daten

Im Arbeitsablauf der Betriebsstatistik stehen die *Feststellung der wichtigen Daten*, das *Sammeln* und die *Auswertung* dieser Daten an erster Stelle [2]).

In jedem grösseren Betrieb gibt es nun aber eine riesige Zahl von Daten, welche statistisch erfasst und ausgewertet werden könnten. Die Betriebsleitung muss daher vorerst entscheiden, welche Daten als wichtige Daten gelten, auf welche Weise und durch welche Dienststelle sie zu ermitteln sind.

Die nach vorangegangener Prüfung als notwendig bezeichneten Daten sollen über längere Zeit konsequent und regelmässig festgestellt und ausgewertet werden, damit man eine *kontinuierliche Uebersicht* über längere Zeiträume erhält.

Ferner muss periodisch *geprüft* werden, ob bisher geführte Statistiken *noch notwendig* sind, ob sie verbessert werden können oder ob infolge veränderter Verhältnisse neue, zusätzliche Statistiken nötig sind. Neben den laufend geführten Statistiken gibt es auch nur *einmalig oder in grösseren Zeitabständen* durchgeführte statistische Erhebungen z. B. als Unterlage für Tarifänderungen, für langfristige Ausbauprogramme, für grössere Werbeaktionen usw.

b) Verarbeitung der Daten

Art und Umfang der Datenverarbeitung werden bestimmt durch das erstrebte Ziel und die vorhandenen Mittel. Wo *Lochkartenmaschinen* für die Stromverrechnung vorhanden sind, lassen sich diese zweckmässigerweise auch für andere statistische Arbeiten verwenden. In Betrieben ohne eigene Lochkartenanlage kann auch die Inanspruchnahme der Servicebüros der Lochkartenfirmen für grössere statistische Arbeiten eine wertvolle Hilfe sein, insbesondere für die Verkürzung der Bearbeitungszeit.

c) Darstellung der Ergebnisse

Die *Ergebnisse der Datenverarbeitung* müssen nun entsprechend *klar, übersichtlich* und *eindeutig dargestellt* werden, sei es in Form von Tabellen oder von Kurven oder durch gemischte Darstellung, eventuell ergänzt durch einen Bericht.

Beim Entscheid über die Art der *Darstellung der Statistik* sind auch die unterschiedlichen Bedürfnisse und Fachkenntnisse der verschiedenen Empfänger berücksichtigen.

Es ist da folgende Unterteilung möglich:

1. Interne Orientierung innerhalb einer Abteilung
2. Orientierung der Geschäftsleitung
3. Orientierung der Oberbehörden (Stadtrat, Kantonsrat, Verwaltungsrat usw.)
4. Statistik für Betriebsvergleiche mit anderen ähnlichen Betrieben.
5. Orientierung einer weiteren Öffentlichkeit.

Es empfiehlt sich, die für einen weiteren Leserkreis oder für die Öffentlichkeit bestimmten Berichte *vor*

[1]) Die im Rahmen des Vortrages vom 3. November 1960 gemachten Angaben über «*Die Energiestatistik beim Betrieb von Partnerwerken*» erscheinen als separater Bericht in einer der folgenden Nummern des Bull. SEV.

[2]) siehe Bull. SEV (1961), Nr. 4, S. 129...132.

der Drucklegung einem oder mehreren Nichtfachleuten zum Durchlesen zu geben. So kann man sich vergewissern, ob die gewählte Darstellung in Wort und Bild auch für Nichtfachleute leicht verständlich ist; es kommt oft vor, dass der fachlich gut versierte, aber seinem engeren Arbeitsgebiet zu stark verhaftete Sachbearbeiter es nicht versteht, seine Darstellung den Kenntnissen des Laien anzupassen.

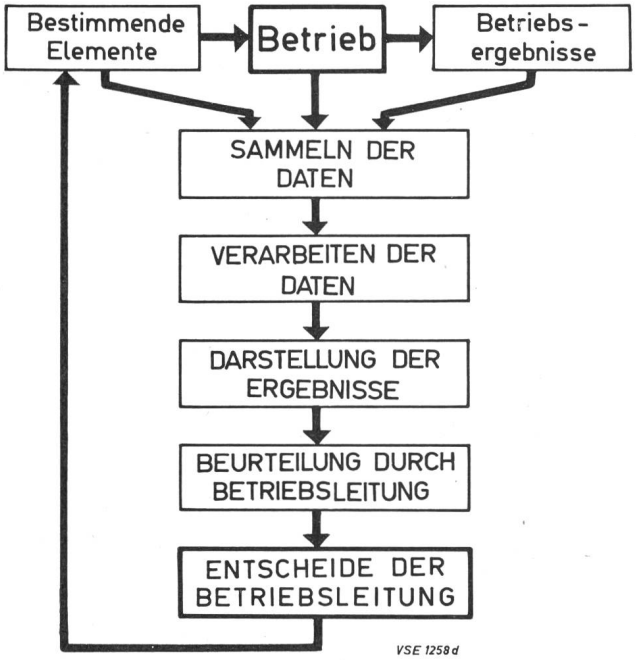

Fig. 1
Arbeitsablauf für die Betriebsstatistik

d) Beurteilung der Ergebnisse durch die Betriebsleitung

Nachdem nun die Ergebnisse der Datenverarbeitung vorliegen, beginnt eigentlich erst die wichtigste Phase der statistischen Arbeit: Die Betriebsleitung muss die verlangten statistischen Berichte *kritisch auswerten.* Die Statistik wird bei zweckmässiger Anwendung und Auswertung auf Mängel und Fehlerquellen aufmerksam machen, die behoben werden müssen; es können sich aber auch günstige Möglichkeiten zeigen, die rechtzeitig erfasst werden sollten.

e) Entscheide der Betriebsleitung

Es ist nun eine wichtige Aufgabe der Betriebsleitung, erstens Mängel im Betriebsablauf zu erkennen und zweitens anschliessend *nach Prüfung der Angelegenheit zweckmässige Entscheide zu fällen.*

f) Kontrolle der Auswirkungen der getroffenen Entscheide

Hat die Betriebsleitung ihre Entscheide getroffen, so ergibt sich als neue *Aufgabe* der Betriebsstatistik, die *Auswirkungen der gegebenen Anordnungen festzustellen,* damit die Betriebsleitung Antwort auf folgende Fragen erhält.

1. Ist das erstrebte Ziel ganz oder nur teilweise erreicht worden?
2. Sind weitere Anordnungen und Massnahmen notwendig?
3. Wenn ja, welche Massnahmen führen voraussichtlich am besten zum Ziel?

2. Die Statistik als notwendiges Hilfsmittel der Betriebsführung in einem Elektrizitätswerk

In Fig. 2 ist einem vereinfachten Überwachungsschema eines Laufkraftwerks eine Anlage dargestellt, welche eine bestimmte Flußstrecke ausnutzt und die erzeugte elektrische Energie an das angeschlossene städtische Versorgungsgebiet abgibt. In unserem Beispiel sind die drei Gebiete der Elektrizitätsversorgung, nämlich die *Energieerzeugung,* die *Energieübertragung* und die *Energieverteilung* in einer Hand vereinigt.

a) Einflüsse auf der Produktionsseite und deren Erfassung (Wasserführung und Wetterprognosen)

Der in Fig. 2 dargestellte Betrieb ist sowohl auf der Produktionsseite als auch auf der Abgabeseite von einer Anzahl von meist variablen Faktoren abhängig, welche oft weder nach Grösse noch nach Tendenz genau bekannt sind und auf welche der Betriebsleiter keinen oder höchstens einen beschränkten Einfluss hat. Mit Hilfe von Messinstrumenten kann der Betriebsleiter die *momentanen* Werte feststellen, vor allem die Wasserstände und die Betriebswassermengen, d. h. die *Produktionsmöglichkeit* und anderseits am Wattmeter die abgenommene Leistung. Mit diesen Momentanwerten weiss unser Betriebsleiter aber noch nicht, was sich in der nächsten oder in einer ferneren Zukunft abspielen wird. Er kann seine Übersicht verbessern, indem er einerseits den in neueren Anlagen üblichen Tendenzmelder für den Oberwasserstand einbaut; der Einbau eines Fernpegels ergibt eine weitere Verbesserung, da nun die zu erwartende Wassermenge auf etwas längere Zeit, z. B. eine halbe oder ganze Stunde im voraus bekannt ist. Weitere Anhaltspunkte über die zu erwartende *Wasserführung* finden wir in den Statistiken, wie sie in der Schweiz das *Eidg. Amt für Wasserwirtschaft* für sehr viele Flüsse so gut führt und im *Hydrographischen Jahrbuch* jeweils publiziert. Diese Unterlagen ermöglichen einen guten Überblick über die in den verschiedenen Jahreszeiten zu erwartenden durchschnittlichen, minimalen und maximalen Wasserführungen und die zugehörigen Kraftwerkleistungen und Energiemengen. Alle diese Unterlagen,

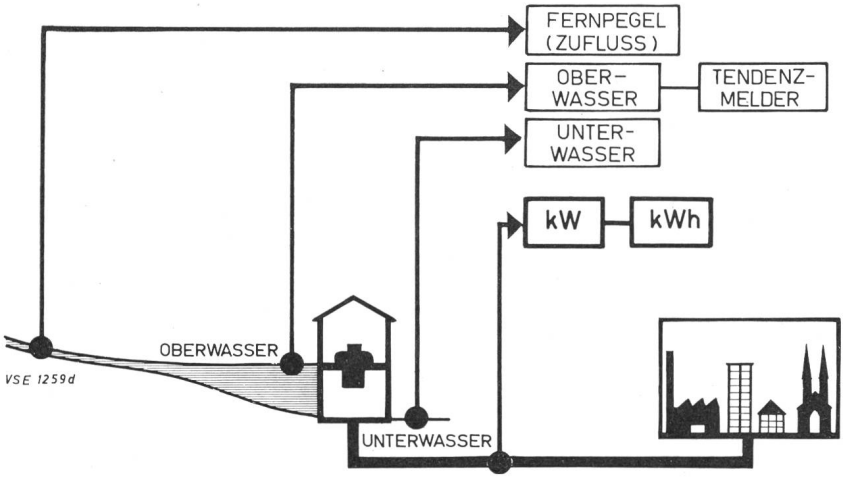

Fig. 2
Vereinfachtes Überwachungsschema für ein Laufkraftwerk

die aus der Vergangenheit auf die Zukunft schliessen lassen, sind für die Betriebsführung sehr wertvoll.

Man muss sich aber immer bewusst sein, dass die Wasserführungsstatistik und alle daraus abgeleiteten Mittelwerte, Dauerkurven usw. einen wesentlichen Mangel haben, da sie uns nicht sagen können, welche Wasserführung bzw. welche Kraftwerkleistung in einer bestimmten Zeitperiode zur Verfügung stehen wird. So ist z. B. der Februar für viele schweizerische Flüsse, besonders auch für den Rhein, meist ein Niederwassermonat. Es ist aber auch schon vorgekommen, dass im Februar die grösste Wasserführung des ganzen Jahres aufgetreten ist. Die Versuche, mit Hilfe *langfristiger Wetterprognosen* eine bessere Voraussage für die Zukunft machen oder aus den im Winter gefallenen Schneemengen [3]) auf die Sommerabflüsse zu schliesen, haben soviel dem Verfasser bekannt ist, noch zu keinen eindeutig sicheren, praktisch brauchbaren Ergebnissen geführt. — Anderseits sei daran erinnert, dass in vielen Fällen für die Berechnung des Wasserzinses und dessen Abstufung die aus der langfristigen Wasserstatistik ermittelten Wassermengen und deren Dauer massgebend sind.

b) Einflüsse auf der Abgabeseite

Auf der *Abgabeseite* hat der Betriebsleiter unseres Werks eine grosse Anzahl verschiedenartiger Abnehmer, welche elektrische Energie nach ihren unterschiedlichen momentanen Bedürfnissen beziehen. Aus der Summe all dieser Teilbelastungen ergibt sich die im Werk auftretende Gesamtbelastung. Die Grösse der Gesamtbelastung und deren Veränderung im Laufe eines Tages, einer Woche oder eines Jahres ist das Resultat einer grossen Anzahl von Faktoren, die sowohl jeder für sich als auch in ihrem Gesamteinfluss auf die Belastungskurve vorwiegend mit statistischen Methoden erfasst werden müssen [4]).

Die tägliche Feststellung des Belastungsdiagrammes durch Registrierinstrumente oder durch Aufzeichnen der entsprechenden Werte liefert dem Betriebsleiter bei sinngemässer Auswertung wichtige und wertvolle Anhaltspunkte über den in Zukunft zu erwartenden Belastungsverlauf in Abhängigkeit von Tagesstunde, Wochentag, Jahreszeit, Aussentemperatur, Bewölkung usw. Die Möglichkeit, aus dem Verlauf in der Vergangenheit auf die Zukunft zu schliessen, ist bei den Belastungskurven sogar wesentlich besser als bei der Wasserführungsstatistik, weil auf das Belastungsdiagramm eine Reihe von *periodisch* regelmässig veränderlichen Faktoren einwirken, wie z. B. der Wechsel zwischen Tag und Nacht oder der Wechsel zwischen Arbeit und Ruhe in Haushalt, Gewerbe und Industrie.

Ein wichtiges Problem für die Betriebsführung eines Elektrizitätswerks ist die *Prognose über die zu erwartende Zunahme der Belastung und des Energieverbrauchs im Laufe der nächsten Jahre*, denn sie ist massgebend für alle Entscheide über den Bau von neuen Kraftwerken, Fernleitungen, Unterwerken, Transformatorenstationen und Verteilleitungen. Man wird deshalb alle Faktoren, welche die Entwicklung der Belastung und der Energieabgabe beeinflussen, aufmerksam verfolgen, so z. B. die Bautätigkeit im Absatzgebiet eines Werks, die Bevölkerungsbewegung, den Beschäftigungsgrad, die Entwicklung des Anschlusswerts mit Unterteilung nach Anwendungsgebieten wie Licht, Kraft, Tag- und Nachtwärme, aber auch die Entwicklung neuer Anwendungen der Elektrizität, z. B. für automatische Waschmaschinen, für Klimaanlagen usw. Anderseits wird man besonders auf dem Gebiete der Wärmeanwendungen die Entwicklung der Konkurrenzenergieträger wie feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe, deren Preisbewegungen und die die Wettbewerbslage beeinflussenden Verbesserungen und Neuentwicklungen von Apparaten wie z. B. die automatische Ölfeuerung, die Entwicklung der Quartier- und Städte-Fernheizung usw. aufmerksam verfolgen und deren Einfluss auf den zukünftigen Absatz von Elektrowärme berücksichtigen.

c) Einige Beispiele für die Notwendigkeit der laufenden statistischen Betriebsüberwachung

1. Waschautomaten mit elektrischer Heizung

Die starke Verbreitung der *automatischen Waschmaschinen mit elektrischer Heizung* hat an vielen Orten eine fühlbare Zunahme der Belastung am Montagvormittag gebracht. Dieser Einfluss ist m. E. stärker in Gebieten mit vielen Einfamilienhäusern als in Gebieten mit grossen Mehrfamilienhäusern, wo sich zwangsläufig eine Verteilung der Waschautomatenbenutzung auf alle Werktage ergibt, solange nicht jede einzelne Wohnung des Mehrfamilienhauses einen eigenen Waschautomaten hat. Die Entwicklung auf diesem Gebiet kann und muss weiterhin statistisch verfolgt werden.

2. Klimaanlagen

In verschiedenen Gebieten der USA führte die starke Verbreitung von *Klimaanlagen* dazu, dass anstelle der früheren Winterspitze die *Jahreshöchstlast im Sommer* auftrat und z. T. wesentlich grösser war als die bisherige Winterhöchstlast. Dies hatte u. a. zur Folge, dass die Revisionsprogramme der Dampfkraftwerke nicht mehr stimmten, welche eine wesentliche Belastungsabnahme im Sommer voraussetzten. Es scheint mir dies ein lehrreiches Beispiel zu sein, dass man die Entwicklung laufend verfolgen muss, wenn man unangenehme Überraschungen vermeiden will.

3. Einfluss der Fünftagewoche auf das Belastungsdiagramm und die Energieabgabe

Ein weiteres Problem, welches vor allem mit der statistischen Beobachtung gelöst werden kann, ist der *Einfluss der Fünftagewoche auf das Belastungsdiagramm* und die Energieabgabe der Elektrizitätswerke. Verschiedene Arbeiten [5]), die kürzlich veröffentlicht wurden sowie eigene Untersuchungen in Basel haben gezeigt, dass die Fünftagewoche zwar eine Verminderung der Samstaglast zur Folge hat; die feststellbaren Auswirkungen waren jedoch bisher geringer, als man vorerst erwartet hatte. Es hat dies verschiedene Gründe wie z. B. nur sukzessiver Übergang zur Fünftagewoche mit der Zwischenstufe der alternierenden 5- und 6-Tagewoche; Weiterbetrieb gewisser, meist energie-intensiver Teilanlagen auch an Samstagen; Normalbetrieb an Samstagen auch nach Einführung der Fünftagewoche z. B. bei Gas- und Wasserversorgung, bei Verkehrsbetrieben, in Spitälern und Anstalten, im Detailhandel sowie in den besonders in Städten zahlreich vorhandenen gastgewerblichen Betrieben und Unterhaltungsstätten.

d) Bedeutung der Teilbelastungen einzelner Abnehmergruppen

Im Zusammenhang mit den Belastungsdiagrammen sei noch darauf hingewiesen, dass ausser dem Gesamtbelastungsdiagramm eines grösseren Werkes auch die Teilbelastungdiagramme einzelner Netzteile und einzelner Abnehmergruppen laufend zu beobachten sind.

So kann es vorkommen, dass in ausgesprochenen Wohnquartieren mit vielen Heisswasserspeichern die Nachtbelastung höher wird als die Tagbelastung. Die bei Bestimmung der Boilerstrompreise gemachte Voraussetzung, dass die Nachtenergie für Boiler in sonst in dieser Zeit unbenutzten und für andere Zwecke

[3]) Bull. SEV Bd. 52(1961), Nr. 4, S. 132...137.
[4]) Bull. SEV Bd. 46(1955), Nr. 15, 17, 19, 20, 22, 25 und Bull. SEV Bd. 51(1960), Nr. 14, S. 717...718.
[5]) Bull. SEV Bd. 50(1959), Nr. 20, S. 1004...1005 und Bull. trimestriel UCPTE 1960, Nr. 1, S. 1.

gross genug dimensionierten Anlagen übertragen werden könne, stimmt dann nicht mehr.

e) Verhältnis zwischen Netzlast, Anschlusswert und Trafoleistung für das Niederspannungsnetz

In Fig. 3 haben wir für unser Netz Basel-Stadt für eine Anzahl Jahre die *Verhältniszahlen zwischen Werkhöchstlast, installierter Trafoleistung für das Niederspannungsnetz und Anschlusswert dargestellt*[6]).

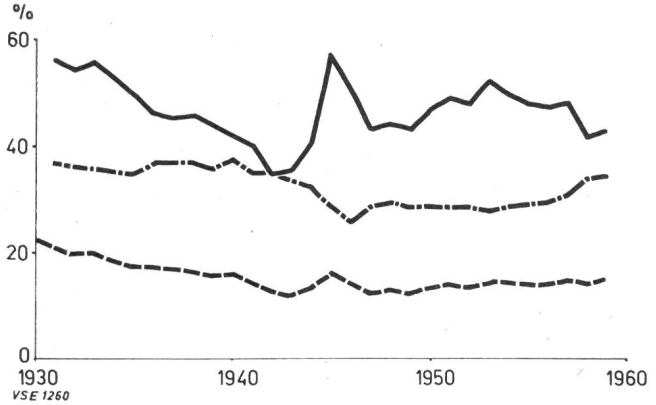

Fig. 3

Relative Kennwerte für Netzhöchstlast, installierte Transformatorenleistung für Niederspannung und Anschlusswert

Maximale Netzlast in % der installierten Transformatorenleistung 6 kV/Niederspannung

Installierte Transformatorenleistung 6 kV/Niederspannung in % des Anschlusswertes

Maximale Netzlast für Normalabgabe in % des Anschlusswertes

Die unterste, gestrichelte Kurve in Fig. 3 zeigt, dass die *maximale Netzlast* für die normale Energieabgabe im Gebiet des Kantons Basel-Stadt seit 1947 ziemlich konstant 12 bis 15 % des *Anschlusswertes* aller im Netz angeschlossenen Anlagen betrug, während dieser Wert in der Vorkriegszeit zwischen 1930 und 1939 meist grösser war. — Die mittlere, strichpunktierte Kurve in Fig. 3 stellt die für das *Niederspannungsnetz installierte Trafoleistung in Prozent des jeweiligen Anschlusswertes* aller im Netze angeschlossenen Anlagen dar. Dieser Kennwert ist von rund 35 % bis 37 % in der Vorkriegszeit auf rund 29 % bis 30 % in der Nachkriegszeit abgesunken und erst in den Jahren 1958/59 wieder auf rund 35 % gestiegen. Nach den Feststellungen des EW Genf darf für das dortige Netz auf Grund langjähriger Erfahrung für einen störungsfreien Betrieb die installierte Trafoleistung höchstens 2,6 mal kleiner sein als der Anschlusswert der angeschlossenen Anlagen, d. h. die installierte Trafoleistung sollte mindestens $\frac{1}{2{,}6} \times 100 = 38\,\%$ des Anschlusswertes betragen. In Basel war in den Jahren 1947...56 mit einer installierten Transformatorenleistung von nur ca. 29 % ein störungsfreier Betrieb möglich. Es zeigt sich also, dass solche globale Kennzahlen von den unterschiedlichen lokalen Verhältnissen abhängen. — Die oberste ausgezogene Kurve in Fig. 3 stellt die *maximale Netzlast in Prozent der für das Niederspannungsnetz installierten Trafoleistung* dar. In den Jahren 1931...1943 ist dieser Kennwert bei langsamer Zunahme der Höchstlast infolge Weiterführung des Netzausbaues von rund 55 % im Jahre 1931 auf rund 35 % im Jahre 1943 gesunken. Während die Netzhöchstlast für die normale Energieabgabe im Gebiet des Kantons Basel-Stadt (exklusive Elektrokessel) in den Jahren 1931...1943 innert 12 Jahren von 27 500 kW nur um 8100 kW auf 35 600 kW gewachsen war, stieg die Netzlast in den folgenden 2 Jahren bis Ende 1945 sprunghaft um weitere 26 400 kW auf 62 000 kW. Dank der in der Vorkriegszeit geschaffenen Reserven an installierter Trafoleistung und dem allerdings nur unter erschwerten Umständen möglichen Weiterausbau der Stationen in der Kriegszeit war die Netzhöchstlast im Verhältnis zur installierten Trafoleistung auch im kritischen Jahr 1945 nicht wesentlich grösser als im Jahre 1931. Nach der in der Kurve dargestellten Nachkriegsentwicklung konnte in den letzten Jahren wieder eine gewisse zusätzliche Reserve an installierter Trafoleistung gegenüber der Netzhöchstlast geschaffen werden.

[6]) Dieses Beispiel zeigt die Anwendung einer seit vielen Jahren in Genf angewendeten Methode auf die etwas abweichenden Verhältnisse von Basel. Vgl. Bull. SEV Bd. 52(1961), Nr. 3, S. 88...94.

f) Energieabgabe und Einnahmen aus Energieverkauf

Von besonderer Bedeutung für ein Werk mit überwiegend direkter Abgabe an die letzten Verbraucher ist die *statistische Ueberwachung der Energieabgabe an die Abonnenten und der Einnahmen aus Energieverkauf*. Die notwendigen Unterlagen werden in Basel monatlich auf Grund der an die Abonnenten ausgestellten Rechnungen erfasst. Die Ergebnisse werden in Tabellen zusammengestellt, welche eine detaillierte Auskunft über die laufende Entwicklung der Energieabgabe und der Einnahmen aus Energieverkauf geben.

Alle Haushaltungen werden in Basel seit bald 10 Jahren im Zweimonatsturnus erfasst. Infolgedessen erscheint in den Monatsaufstellungen in jedem Monat nur die Hälfte aller Haushaltungen mit ihrem Zweimonatsverbrauch. Wegen unterschiedlicher Sättigung der beiden Hälften mit elektrischen Kochherden und Heisswasserspeichern ergeben sich gewisse, das Gesamtbild aber nicht sehr stark störende periodische Schwankungen in der monatlichen Statistik der Energieabgabe.

Die *Energieabgabe* und die *zugehörigen Einnahmen* und Mittelpreise sind in den bei uns von der Stromverrechnung ausgearbeiteten *Tabellen* nicht nur nach Tarifklassen, sondern auch nach Unterklassen wie Hoch- und Niedertarif unterteilt. Um den Überblick über die Entwicklung zu ermöglichen, werden neben den Werten des Berichtsmonats auch die Werte des gleichen Monats des Vorjahres angegeben, ausserdem die fortlaufenden Summen ab Jahresanfang bis Ende Berichtsmonat und dies sowohl für das Berichtjahr als für das Vorjahr. Ferner wird die Zunahme in kWh oder Franken und in % berechnet und in diese Übersichtstabellen eingetragen.

Eine gute Übersicht über die laufende Entwicklung gibt die *Methode des gleitenden Mittels* der letzten 12 Monate. Diese Methode wird von mehreren Elektrizitätswerken angewendet und ferner, z. B. auch von der Schweizerischen Nationalbank in ihren Monatsberichten für die graphischen Darstellungen von monatlich stark veränderlichen Werten wie z. B. Wohnbautätigkeit, Personen- und Güterverkehr der SBB, Giroverkehr und Wertumsätze im Kleinhandel. Bei der graphischen Darstellung z. B. der monatlichen Energieabgabe mit dem gleitenden Mittel der letzten 12 Monate werden bei einem Elektrizitätswerk die störenden Einflüsse der ungleichen Monatslängen und Inkassoperioden und die besonders bei der Abgabe an Industrie und Gewerbe wichtigen Einflüsse zusätzlicher Feiertage oder eines fünften Sonntags innerhalb eines Monats stark abgeschwächt; man erhält auf diese Weise viel ausgeglichenere Kurven.

g) Statistische Überwachung der Grossbezüger

Über die Energieabgabe an die bei uns sehr wichtigen Grossbezüger (vor allem von Motorenenergie) wird ebenfalls monatlich eine Tabelle erstellt, aus welcher der Energiebezug und die zugehörigen Einnahmen für den Berichtsmonat und den gleichen Monat des Vorjahres für jeden einzelnen Grossbezüger und die Veränderungen für jede Industriegruppe ersichtlich sind. Ferner wird in grösseren Zeitabständen eine graphische Darstellung der Mittelpreise aller Grossbezüger in Funktion ihres Jahresbezuges ausgearbeitet. Die Beurteilung dieser Kurve erfordert allerdings die

genaue Kenntnis der unterschiedlichen Bezugsverhältnisse in den verschiedenen Industriezweigen, gibt aber gute Anhaltspunkte z. B. über allfällig revisionsbedürftige Vertragsbestimmungen.

3. Einige ausgewählte Beispiele für graphische Statistik

a) Die Entwicklung der Energieabgabe

Fig. 4 zeigt in einer bei uns weniger bekannten *Kreisdarstellung* die monatliche Energieabgabe des Elektrizitätswerkes der Stadt Mailand (gemessen in 23 kV) in den drei Jahren 1956, 1957 und 1958.

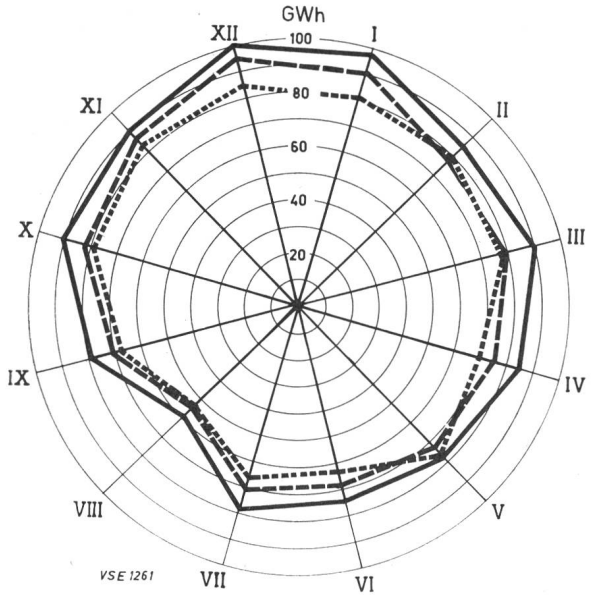

Fig. 4
Polardiagramm

Monatliche Energieabgabe des Elektrizitätswerkes der Stadt Mailand in den Jahren 1956, 1957 und 1958

- - - - Monatliche Energieabgabe im Jahre 1956
— — Monatliche Energieabgabe im Jahre 1957
——— Monatliche Energieabgabe im Jahre 1958

In dieser Darstellung ist der unterschiedliche, sich jährlich wiederholenden Saisoneinfluss der einzelnen Monate gut ersichtlich. Im Ferienmonat August wird nur rund 70 % des durchschnittlichen Monatsverbrauchs (= Jahresabgabe : 12), im Spitzenmonat Dezember dagegen ca. 115 % des durchschnittlichen Monatsverbrauchs beansprucht.

Eine solche Kreisdarstellung ist sehr übersichtlich, solange man sich in einer Periode ständiger Verbrauchszunahme befindet und sich graphisch eine spiralförmige Figur ergibt. Für Abgabeverhältnisse mit annähernd konstanter Abgabe in aufeinanderfolgenden Jahren oder sogar mit einzelnen Rückschlägen ergibt sich aber ein nicht mehr sehr übersichtliches Bild mit sich schneidenden Linienzügen.

Fig. 5 zeigt die bekannte, in einer Reihe von Jahresberichten schweizerischer Elektrizitätswerke verwendete Darstellung der *Gesamtabgabe mit Unterteilung auf die verschiedenen Abnehmerkategorien.*

In Fig. 6 sind die *gesamte normale Energieabgabe* (ohne Elektrokessel, Abgabe an andere Elektrizitätswerke usw.) und ihre Teilkomponenten wiedergegeben, und zwar auf der linken Bildhälfte in *linearer* und auf der rechten Bildhälfte für die gleiche Periode in *logarithmischer Darstellung.*

Betrachten wir vorerst einmal die *Gesamtabgabe* (oberste Kurve in Fig. 6), so sehen wir in der linearen Darstellung einen ausgesprochenen Entwicklungsknick im Jahre 1942. In der logarithmischen Darstellung auf der rechten Bildhälfte erscheint die Gesamtentwicklung 1930...1959 langfristig als ziemlich geradlinig verlaufend. Diese Entwicklung wird nur unterbrochen durch eine «Periode verminderter Bedarfszunahme» in der Zeit 1935...1942, welches Manko aber in den wenigen nachfolgenden Jahren aufgeholt worden ist.

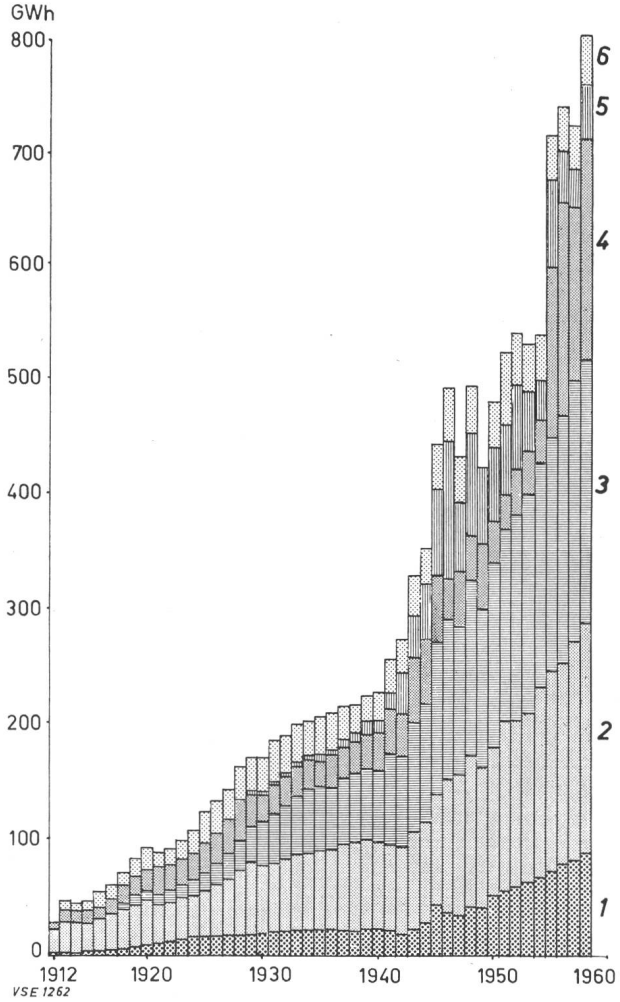

Fig. 5
Säulendiagramm

Jährliche Energieabgabe des Elektrizitätswerkes Basel (1912...1959) mit Unterteilung nach Tarifgruppen

1 Beleuchtung und Kleinapparate
2 Motoren
3 Wärme
4 Abgabe an andere Werke
5 Elektrokessel
6 Verluste und Eigenbedarf

Betrachten wir die *Komponenten der Gesamtabgabe,* so zeigt die lineare Darstellung, dass alle Komponenten (Licht, Kraft und Wärme) an der Entwicklung stark beteiligt sind und dass die starke Steigerung des Elektrizitätsverbrauchs wohl zum Teil, aber nicht allein durch eine vermehrte Energieabgabe für Wärmeapparate bedingt ist. In der logarithmischen Darstellung erscheint die Zunahme bei der Wärmetagesenergie in den Kriegsjahren von 10 Millionen kWh im Jahre 1940 auf fast 50 Millionen kWh im Jahre 1945 als einmaliges, sprunghaftes Ereignis. Seit 1945 verläuft in der logarithmischen Darstellung die Zunahme bei der Wärme-Tagesenergie in grossen Zügen ähnlich wie bei der Abgabe für Beleuchtung und für Motoren. Bei der vorwiegend für Heisswasserspeicher verbrauchten Wärme-Nachtenergie, welche in Basel mit ca. 60 Millionen kWh im Jahre 1940 einen beträchtlichen Umfang erreicht hatte, ergab sich bis 1950 ein Anstieg auf rund 110 Millionen kWh. Die logarithmische Kurve zeigt deutlich, dass in den letzten Jahren der Verbrauch an Wärme-Nachtenergie aus den weiter oben

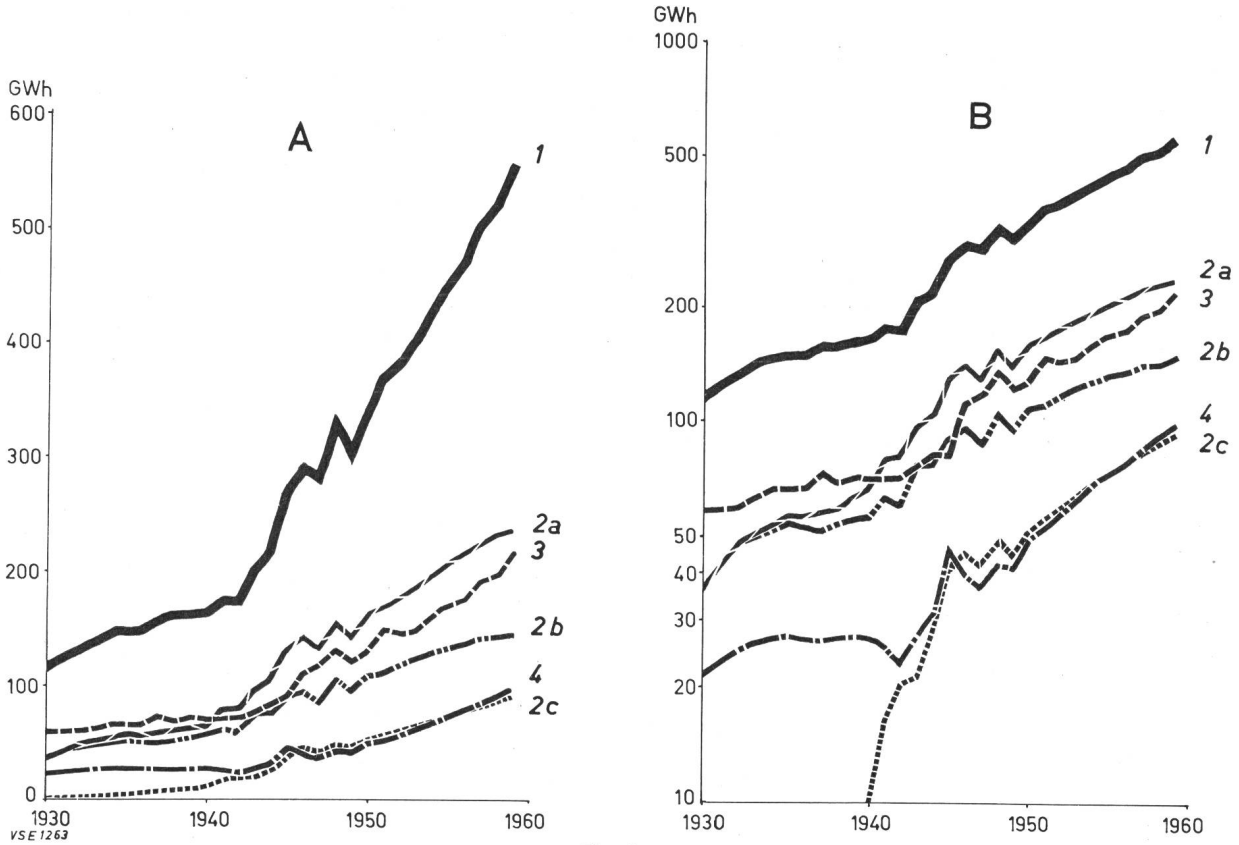

Fig. 6

Lineare und logarithmische Darstellung der normalen Energieabgabe

A	Lineare Darstellung	*1*	Total	*2b*	Wärme-Nacht	*3*	Kraft
B	Logarithmische Darstellung	*2a*	Wärme-Total	*2c*	Wärme-Tag	*4*	Licht

bereits erwähnten Gründen (Konkurrenz der ölgefeuerten Zentralwarmwasseranlagen in neuen, grossen Wohn- und Geschäftshäusern, Ausbreitung der Fernheizung mit ganzjähriger Wärmeabgabe für Warmwasser an bereits fast 2000 Wohnungen) die schwächste Verbrauchszunahme aufweist.

b) Betriebsrechnung

In Fig. 7 ist die langfristige Entwicklung der *Hauptposten der Betriebsrechnung* für die Zeit von 1912 ... 1959 in linearem Maßstab dargestellt.

Entsprechend der aus Fig. 5 ersichtlichen starken Zunahme der Gesamtenergieabgabe vom Jahre 1942 an haben von diesem Zeitpunkt an auch die Einnahmen zugenommen. Infolge der teueren Energie aus den neuen Kraftwerken und der stark gestiegenen Kosten für Betrieb und Unterhalt der vorhandenen Werke und Verteilanlagen sind aber auch die Ausgaben stark angestiegen, so dass sich trotz des stark vergrösserten Energie- und Geldumsatzes nur eine prozentual viel kleinere Zunahme beim Betriebsüberschuss und beim Reinertrag ergeben hat. Diese Situation dürfte typisch sein für eine grosse Anzahl schweizerischer Elektrizitätswerke, welche ihren Energieumsatz stark erhöhten, aber ihre Abgabe-Tarife seit Kriegsbeginn bis 1959 nicht oder nur in bescheidenem Umfang erhöhen konnten.

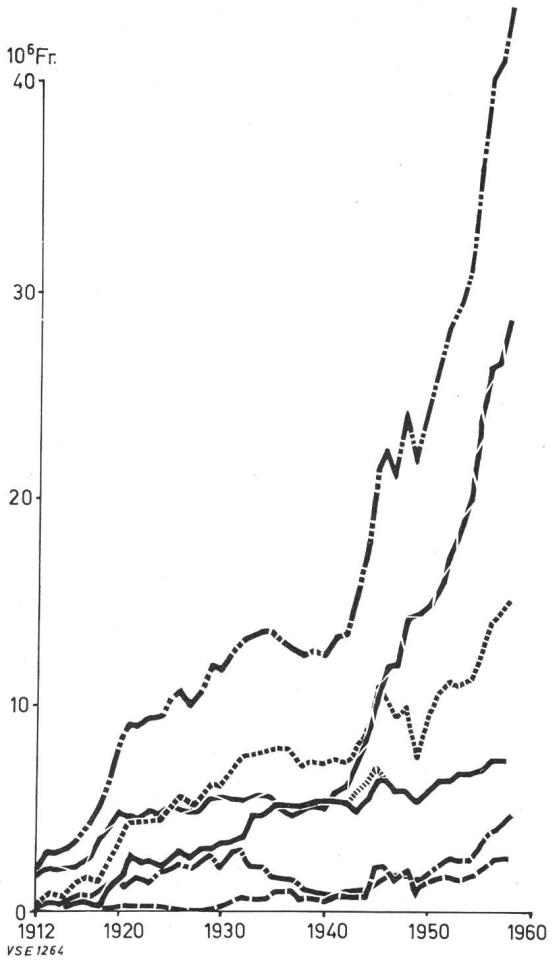

Fig. 7

Hauptposten der Betriebsrechnung des Elektrizitätswerkes Basel

- Einnahmen
- Ausgaben
- Betriebsüberschuss
- Abschreibungen (auf Immobilien und Beteiligungen)
- Fondseinlagen
- Reinertrag
- Reinertrag inkl. Abschreibungen für Fernheizung und Aktion zur Anschaffung von Einplatten-Rechauds (nur 1943...1945).

c) *Personalkosten*

Die dem Geschäftsbericht des Elektrizitätswerkes der Stadt Mailand entnommene Fig. 8 zeigt die *Aufteilung der Personalkosten* auf die einzelnen Komponenten für die drei Stichjahre 1938, 1951 und 1958.

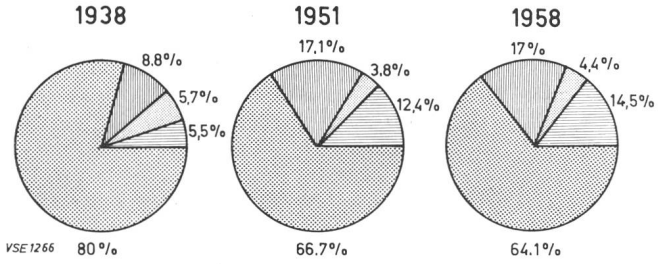

Fig. 8
Sektordiagramm
Aufteilung der Personalkosten
(Elektrizitätswerk der Stadt Mailand)

Infolge erhöhter Sozialleistungen ist der Anteil der Nominallöhne an den gesamten Personalkosten innert 20 Jahren von 80 auf 64,1 % gesunken

- Nominallöhne
- Gesetzliche Zulagen
- Übrige Zulagen
- Einlagen in den Pensionskassenfond

Die im Original farbige, hier auf schwarz/weiss umgezeichnete Darstellung gibt ein anschauliches Bild, wie im Laufe von 20 Jahren infolge erhöhter zusätzlicher Sozialleistungen der Anteil des Nominallohnes an den gesamten Personalkosten von 80 % im Jahre 1938 auf 64,1 % im Jahre 1958 zurückgegangen ist, während die gesetzlichen Zulagen sich ungefähr verdoppelt und die Aufwendungen für die Pensionskasse sich fast verdreifacht haben. Die genaue Kenntnis dieser zusätzlichen Personalkosten ist vor allem wichtig, wenn die effektiven, totalen Lohnkosten auf die verschiedenen Kostenstellen umgelegt oder wenn Arbeiten für Dritte verrechnet werden müssen.

Weitere Daten aus dem *administrativen Sektor*, deren statistische Darstellung und Überwachung manchmal interessante Ergebnisse zeigen kann, sind die Statistiken über Krankheit und Unfall, deren Ursachen und Dauer, eventuell unterteilt nach Büropersonal, Werkstatt- und Zentralenpersonal und Personal mit Arbeit im Freien wie z. B. Kabel- und Freileitungsmonteure. Auch eine statistische Übersicht über die Altersgliederung des Personals und dessen voraussichtlich notwendig werdender Ersatz infolge Erreichens der Altersgrenze dürfte der Geschäftsleitung wertvolle Anhaltspunkte für rechtzetige Neueinstellungen und für eine zweckmässige Nachwuchsförderung geben.

II. Betriebsvergleiche anhand statistischer Unterlagen

1. Allgemeines über statistische Betriebsvergleiche

Die regelmässigen statistischen Arbeiten und Angaben der Elektrizitätswerke für städtische, kantonale und eidgenössische statistische und andere Amtsstellen wie z. B. das Eidgenössische Amt für Energiewirtschaft sowie an Kommissionen von Fachverbänden und internationale Organisationen seien hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt; auf Einzelheiten kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden.

2. Die VSE-Statistik über Energieabgabe in Haushalt und Gewerbe bei den schweizerischen Elektrizitätswerken

Als Unterlage für den Vergleich mit anderen Werken kann für das Gebiet der *Energieabgabe in Haushalt und Gewerbe* die vom VSE seit vielen Jahren

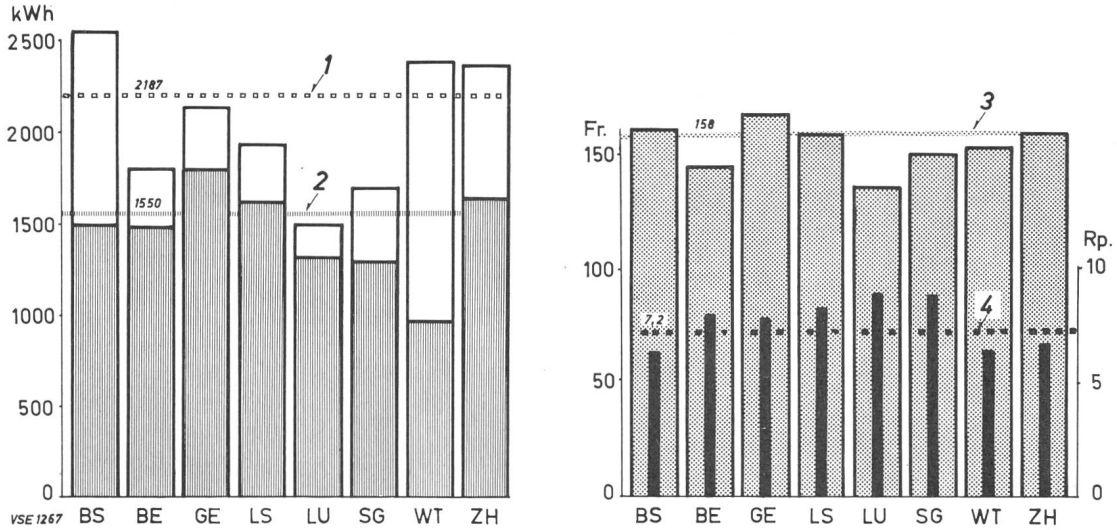

Fig. 9
Abgabe an Selbstverbraucher pro Einwohner, Einnahmen pro Einwohner und Mittelpreis in 8 Schweizer Städten
(Aus der Städtewerk-Statistik)

BS Basel; BE Bern; GE Genf; LS Lausanne; LU Luzern; SG St. Gallen; WT Winterthur; ZH Zürich

links Jährlicher Elektrizitätsverbrauch pro Einwohner

- Abgabe an Selbstverbraucher (ab Nullinie)
- davon Haushalt und Gewerbe

rechts Spezifische Einnahmen aus Verkauf von elektrischer Energie an Selbstverbraucher

- Jährliche Einnahmen pro Einwohner in Fr.
- Einnahmen pro kWh in Rp.

1 Jährlicher Elektrizitätsverbrauch pro Einwohner (Durchschnitt der 8 Städte)
2 Jährlicher Durchschnittsverbrauch pro Einwohner für Haushalt und Gewerbe (Durchschnitt der 8 Städte)
3 Durchschnittliche Einnahmen in Fr. pro Einwohner und Jahr (Durchschnitt der 8 Städte)
4 Durchschnittspreis in Rp./kWh (Durchschnitt der 8 Städte)

geführte und jeweils im Bulletin SEV [7]) veröffentlichte Statistik erwähnt werden. Es hat sich in den letzten Jahren allerdings gezeigt, dass die Wegleitung und die Grundlagen für diese Statistik infolge starker Verbreitung des Einheitstarifs und aus anderen Gründen den heutigen, veränderten Verhältnissen angepasst werden sollten.

3. Vergleichende Betriebsstatistik für die grösseren schweizerischen Städtewerke

Eine Statistik, welche den Vergleich verschiedener, aber ähnlicher Betriebe ermöglicht, ist die von den 8 grössten schweizerischen städtischen Elektrizitätswerken Basel, Bern, Genf, Lausanne, Luzern, St. Gallen, Winterthur und Zürich gemeinsam geführte sog. *Städtewerkstatistik*. Auf Grund präziser Vorschriften werden für die beteiligten Werke sehr viele Zahlenwerte über Energieabgabe, Anschlusswerte, Benutzungsdauer, Höchstleistung, finanzielle Verhältnisse, öffentliche Beleuchtung, Personalverhältnisse usw. erfasst. Im Einverständnis mit den beteiligten Werken werden in den Figuren 9 und 10 einige Zahlen aus dieser intern geführten Statistik bekannt gegeben.

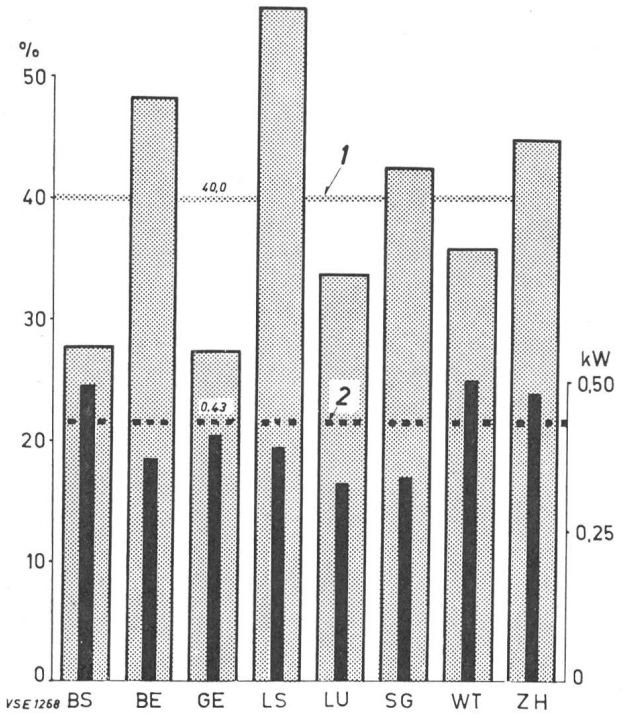

Fig. 10

Verbreitung der elektrischen Haushaltküche und Grösse der Winterspitze

(Aus der Städtewerk-Statistik)

BS Basel; BE Bern; GE Genf; LS Lausanne; LU Luzern; SG St. Gallen; WT Winterthur; ZH Zürich

Anteil der Haushaltungen mit elektrischer Küche in % der Gesamtzahl der Haushaltungen

Winterspitze in kW pro Einwohner

1 Anteil der Haushaltungen mit elektrischer Küche in % der Gesamtzahl der Haushaltungen (Durchschnitt der 8 Städte)

2 Winterspitze in kW pro Einwohner (Durchschnitt der 8 Städte)

[7]) Bull. SEV Bd. 48(1957), Nr. 2, S. 51...62.

In Fig. 9 ist auf der linken Bildhälfte der *spezifische jährliche Elektrizitätsverbrauch pro Einwohner* dargestellt (Jahr 1958). Bei der Gesamtabgabe an Selbstverbraucher (weisse Säulen, von der Nullinie aus abzulesen: Mittelwert aller Städte 2187 kWh) ragen die drei Städte Basel, Winterthur und Zürich mit vielen Industriebetrieben mit hohem Elektrizitätsbedarf deutlich hervor. Die drei Städte Bern («Verwaltungsstadt»), Luzern («Fremdenverkehrsstadt») und St. Gallen («Stadt der Feinindustrie») weisen den niedrigsten spezifischen Gesamtverbrauch auf.

Interessant ist, dass der spezifische Jahresverbrauch pro Einwohner für «Haushalt, Gewerbe usw.» (senkrecht schraffierter Teil der Säulen) für alle betrachteten Städte, ausgenommen Winterthur, ziemlich nahe beim Durchschnittswert von 1150 kWh liegt. Die rechte Bildhälfte von Fig. 9 zeigt, dass die *spezifischen Einnahmen pro Einwohner aus Verkauf von elektrischer Energie an Selbstverbraucher* (Mittelwert 158 Fr. pro Einwohner und Jahr) viel ausgeglichener sind als die spezifische Energieabgabe. Der Grund hiefür liegt in den in der rechten Bildhälfte als dicke schwarze Striche ebenfalls eingetragenen unterschiedlichen *Durchschnittspreisen* in Rp./kWh. Die drei Städte Basel, Winterthur und Zürich mit dem höchsten spezifischen Energieverbrauch haben die niedrigsten Durchschnittspreise, während die Städte mit geringer spezifischer Energieabgabe wie z. B. Luzern und St. Gallen höhere Durchschnittspreise haben, was den bereits erwähnten Ausgleich bei den Einnahmen pro Einwohner schafft.

In Fig. 10 ist die unterschiedliche *Verbreitung der elektrischen Küche* in den 8 untersuchten Schweizerstädten dargestellt (weisse Säulen). Im Durchschnitt kochen bereits 40 % aller Haushaltungen dieser Städte elektrisch. Die stärkste Verbreitung hat die elektrische Küche in Lausanne (55,9 % aller Haushaltungen), die schwächste in Basel und Genf.

In Fig. 10 ist ferner als schwarzer senkrechter Strich die *Winterspitze in kW pro Einwohner* (Mittelwert 0,43 kW pro Einwohner) eingetragen. Die graphische Darstellung zeigt deutlich, dass die Verbreitung der elektrischen Haushaltküche in den betrachteten 8 Städten keinen entscheidenden Einfluss auf die spezifische Winterhöchstleistung hat, denn Werke mit starker Kochherdsättigung wie z. B. Lausanne, haben eine kleinere spezifische Winterspitze als Werke wesentlich geringerer Kochherdsättigung wie z. B. Basel. Die Kochherdbelastung stellt aber in diesen Städten nur einen verhältnismässig geringen Teil der Gesamtbelastung dar. Für Basel, wo heute rund 25 000 elektrische Kochherde angeschlossen sind, dürfte die Kochherdbelastung höchstens ca. 20 % der gesamten Netzlast in der Winterspitzenzeit betragen.

Adresse des Autors:

Paul Troller, Dipl. Ing. ETH, Chef des Büros für Energiewirtschaft Elektrizitätswerk Basel, Margarethenstrasse 40, Basel.

Redaktion der «Seiten des VSE»: Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Bahnhofplatz 3, Zürich 1, Postadresse: Postfach Zürich 23, Telephon (051) 27 51 91, Postcheckkonto VIII 4355, Telegrammadresse: Electrunion Zürich.

Redaktor: Ch. Morel, Ingenieur.

Sonderabdrucke dieser Seiten können beim Sektretariat des VSE einzeln und im Abonnement bezogen werden.