Die praktische Anwendung der Statistik in einem städtischen Elektrizitätswerk

Autor(en): **Dufour, E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins : gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **52 (1961)**

Heft 3

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-916813

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die praktische Anwendung der Statistik in einem städtischen Elektrizitätswerk

von *E. Dufour*, Genf

Der Verfasser spricht einleitend über die Bedeutung der Statistiken und die Anforderungen, die an sie zu stellen sind. Im zweiten Kapitel gibt der Autor einen Überblick über die hauptsächlichsten technischen Statistiken (Energie-Erzeugung, -Ankauf und -Verbrauch, Anschlusswerte und Kontrolle der Netzkapazität, Analyse des Verbrauches nach Verbraucherkategorien und Tarifarten). Im dritten Kapitel wird auf die wichtigsten Wirtschafts- und Finanzstatistiken hingewiesen (Betriebseinnahmen und -ausgaben, Entwicklung der Einnahmen aus Energieverkauf sowie der Durchschnittserlöse, Investitionen). Als Beispiel einer spezifisch energiewirtschaftlichen Statistik wird im letzten Abschnitt die Kontrolle der Energieversorgungslage erwähnt und an Hand von zwei graphischen Darstellungen erläutert.

L'auteur parle d'abord du rôle et des qualités exigées des statistiques. Dans le deuxième chapitre il donne un aperçu des statistiques techniques principales, relatives à la production, aux achats et à la consommation d'énergie, au mouvement des puissances raccordées et au contrôle de la capacité du réseau, à l'analyse de la consommation par catégories d'usagers et par genres de tarifs. Le troisième chapitre est consacré aux statistiques économiques et financières (recettes et dépenses d'exploitation, évolution des recettes d'énergie et des prix moyens de vente, investissements). Comme exemple de statistique particulière, l'auteur expose dans un dernier chapitre le contrôle des approvisionnements en énergie, qu'il illustre par des graphiques.

Einführung

Das Elektrizitätswerk Genf besitzt in seinem Rhonekraftwerk Verbois eine bedeutende eigene Wasserkraftanlage in unmittelbarer Stadtnähe. Hinzu kommt seit einiger Zeit noch Zusatzenergie aus dem Rhone-Kraftwerk Chancy-Pougny, welches fast die gleiche Produktionscharakteristik wie Verbois hat, aber nur etwa halb soviel Energie wie Verbois liefert. Diese Energie aus eigenen Laufwerken muss besonders im Winter durch Ankauf von Energie aus Speicherwerken ergänzt werden. Der grösste Teil der in Genf umgesetzten Energie wird über ein 18-kV-Kabel- und Freileitungsnetz den zahlreichen Transformatorenstationen zugeführt, dort von 18 kV direkt auf die normale Niederspannung von 380/220 V herabtransformiert und den Abnehmern zugeleitet. In den Landgemeinden werden einige weniger wichtige Transformatorenstationen mit 950 V gespiesen. Das Absatzgebiet des Elektrizitätswerks Genf umfasst praktisch den ganzen Kanton Genf; der grösste Teil der Energie wird aber in der Stadt Genf abgesetzt, welche sich auf Kosten der ländlichen Gebiete ständig mehr ausdehnt.

Wie bei vielen andern Elektrizitätswerken sind auch beim Elektrizitätswerk Genf die verschiedenen Statistiken nicht auf einmal nach einem systematischen Plan eingerichtet worden. Unsere Betriebsstatistiken sind aus kleinen Anfängen entstanden und nach den Bedürfnissen der Praxis schrittweise ausgebaut worden; sie haben im Laufe der Zeit auch verschiedene Wandlungen durchgemacht. So sind auch Statistiken, welche vor einigen Jahrzehnten als sehr wichtig betrachtet wurden, ohne fühlbare Nachteile aufgegeben worden.

Die Bedeutung der Statistiken und die Anforderungen, die an sie zu stellen sind

Bevor wir uns näher mit den Betriebsstatistiken befassen, dürfte es wohl zweckmässig sein, sich zuerst zu überlegen, aus welchen *Gründen* Betriebsstatistiken überhaupt geführt werden und welchen *Anforderungen* sie genügen müssen, wenn sie ihren Zweck richtig erfüllen sollen.

Die wichtigste Aufgabe der Betriebsstatistiken ist die regelmässige Orientierung der Geschäftsleitung über die Betriebsergebnisse, über die technische und wirtschaftliche Lage der Unternehmung und über die zeitliche Entwicklung derjenigen Grössen, welche besonders wichtig oder charakteristisch sind oder welche die Entwicklung besonders stark beeinflussen. Ferner soll man aus der Betriebsstatistik bei Bedarf eine Prognose über die zu erwartende zukünftige Entwicklung ableiten können.

Damit die Betriebsstatistiken diese Aufgaben erfüllen können, müssen sie einer Reihe von *Anforderungen* genügen, von denen wir nachstehend die wichtigsten erwähnen möchten.

1. Eine sehr wichtige Forderung ist, dass sich die Betriebsstatistik auf die *wesentlichsten Punkte* beschränkt, welche für die Entwicklung der Unternehmung wirklich wichtig und bestimmend sind. Es hat nämlich keinen Zweck, eine grosse Menge von Detailangaben zu sammeln, weil man sonst den Überblick über das Ganze und über die wirklich massgebenden Daten verliert. Den Wert einer Statistik kann man nach der Zahl der nützlichen Auskünfte beurteilen, welche sie uns gibt.
2. Die Angaben müssen *so schnell als möglich* gesammelt und ausgewertet werden, damit die Geschäftsleitung immer über die neuesten Unterlagen verfügt und anhand dieser Unterlagen rechtzeitig die notwendigen Entschlüsse fassen kann.
3. Die wichtigsten Kennwerte müssen *übersichtlich*, am besten in einer Graphik, dargestellt werden, damit man die einzelnen Vorgänge und ihre Entwicklung leicht überblicken kann.
4. Die für die Statistik verwendeten Werte müssen klar und eindeutig definiert sein. Man hört manchmal über die Statistik und ihre Bearbeiter wenig schmeichelhafte Bemerkungen. In vielen Fällen liegt der Grund sicher darin, dass die Definitionen der für die Statistik verwendeten Werte ungenügend sind, was zu vollständig falschen Resultaten und Auslegungen führen kann.
5. Eine Betriebsstatistik muss die Wirklichkeit so genau als möglich darstellen, wenn sie wertvoll sein soll. Nur unter dieser Voraussetzung kann sie die Geschäftsleitung objektiv orientieren und sowohl die günstigen als auch die ungünstigen Tatsachen aufzeigen.

Gerade aus diesem letztgenannten Grund müssen die Betriebsstatistiken *interne* Dokumente bleiben, welche unabhängig von den für die Veröffentlichung erstellten Unterlagen geführt werden. Dieser Punkt ist besonders wichtig für die öffentlichen Unternehmungen, welche meist aus politischen Gründen verpflichtet sind, die Öffentlichkeit ziemlich eingehend über den Geschäftsgang zu orientieren. In solchen Fällen unterscheiden sich die internen Betriebsstatistiken, wie wir sie führen, sowohl in ihrem Aufbau als auch in ihrer Darstellung ziemlich stark von den für die Öffentlichkeit bestimmten Darstellungen.

Es ist selbstverständlich, dass es für die Auswahl der durch die Betriebsstatistik zu erfassenden Elemente kein starres, allgemeinverbindliches und in allen Fällen anwendbares Schema gibt. Art und Aufbau der Betriebsstatistiken werden durch folgende Punkte bestimmt:

— Grösse der Unternehmung (Anzahl Abonnenten, Grösse des Energieumsatzes)
— Werk ohne Eigenproduktion oder Werk mit Eigenproduktion und Art und Umfang dieser Eigenproduktion
— Art der eigenen Kraftwerke: hydraulische Lauf- oder Speicherwerke, eventuell thermische Kraftwerke
— Art der Energieankäufe (ein einziger oder mehrere Lieferanten)
— Art der Verteilung (direkte Lieferung an Selbstverbraucher oder Abgabe an Wiederverkäuferwerke)
— Art des Verteilnetzes (Hoch-, Mittel- oder Niederspannungsnetz
— Zusammensetzung der Abnehmer (Anzahl und Gewicht der verschiedenen Abnehmergruppen)
— Art der Tarife (z. B. Tarif mit einem einzigen Zähler für Gesamtbezug)

Im folgenden soll nun zuerst über die *technischen* Statistiken und dann anschliessend über die *wirtschaftlichen* und die *finanziellen* Statistiken gesprochen werden. Diese Unterteilung kann aber in der Praxis nicht immer starr durchgeführt werden, weil verschiedene in einem Elektrizitätswerk geführte Statistiken sowohl technische als auch wirtschaftliche und finanzielle Elemente enthalten.

Technische Statistiken

1. Erzeugung, Energie-Ankauf und -Verbrauch

Für die Statistik über die Erzeugung und die Abgabe der Energie werden die notwendigen Zahlenwerte täglich festgestellt (Eigenerzeugung, Energieankauf, Energieabgabe an das Verteilnetz). Diese aus verschiedenen Quellen stammenden Angaben werden beim Elektrizitätswerk Genf durch ein *Statistikbüro* gesammelt und ausgewertet. Das Personal dieses Statistikbüros (1 Techniker und 1 Zeichner) erhält auch noch weitere statistische Angaben über die hydrologischen Verhältnisse (Abflussmengen an verschiedenen Orten, Pegelstand des Genfersees usw.). Einige dieser statistischen Elemente sind übrigens im Verwaltungsgebäude des Elektrizitätswerkes direkt verfügbar, da sie durch Fernmessung kontinuierlich auf einem Registrierstreifen aufgezeichnet werden. Die übrigen Werte werden telephonisch übertragen.

Die derart gesammelten Zahlen dienen als Unterlage für die Ausarbeitung der täglichen, wöchentlichen, monatlichen und jährlichen Statistiken. Die darzustellenden Werte werden in bekannter Weise in Funktion der Zeit graphisch aufgezeichnet. Diese Art der Darstellung ist so allegemein bekannt, dass es nicht nötig ist, hier näher darauf einzugehen.

In diesem Zusammenhang sei nur darauf hingewiesen, dass es für die Extrapolation über längere Zeiträume vorteilhaft ist, wenn man für die jährlichen Verbrauchsstatistiken den *logarithmischen Maßstab* anwendet. Diese Darstellungsweise hat nämlich den Vorteil, dass die mittlere Zuwachsrate sehr leicht festgestellt werden kann. Fig. 1 zeigt als Beispiel die Entwicklung der Energieabgabe im Netz des Elektrizitätswerkes Genf im Laufe der letzten Jahre in logarithmischer Darstellung.

Die Gesamtbelastung des Verteilnetzes des Elektrizitätswerkes Genf wird durch ein Summenwattmeter erfasst, an welches über Fernmessung alle Abgabestellen des 18-kV-Netzes angeschlossen sind. Für jeden Mittwoch wird der Verlauf der Gesamtbelastung in ein normalisiertes Diagramm eingetragen; die Sammlung dieser Mittwochdiagramme ist eine wertvolle Informationsquelle.

2. Statistik der Anschlusswerte und der Netzkapazität

Von Interesse ist auch die *Entwicklung der Anschlusswerte*, weil sich die Anschlüsse auf die zukünftige Energieabgabe und auf die Belastung der Transformatorenstationen auswirken. Es ist wertvoll, wenn man die Entwicklung der Anschlusswerte ständig verfolgt und die Neuanschlüsse monatlich zusammenstellt. Da aber bei den Anschlusswerten von Monat zu Monat starke, unregelmässige Schwankungen auftreten können, ist es vorteilhafter, für die Anschluss-Statistik die Methode des gleitenden Mittels der letzten zwölf Monate zu verwenden.

Die Kenntnis der Neuanschlüsse ermöglicht es, die *Statistik über den Gesamtanschlusswert aller im Netz vorhandenen Einrichtungen* stets nachzuführen. Man darf sich aber bei dieser Statistik der Anschlusswerte keine zu grossen Illusionen über die Genauigkeit der gefundenen Zahlen machen. Besonders in Netzen, welche den Haushalt-Einheitstarif mit einem einzigen Zähler pro Haushalt eingeführt haben, ist eine eingehende und vollständige Kontrolle aller angeschlossenen Apparate gar nicht mehr möglich. So werden in

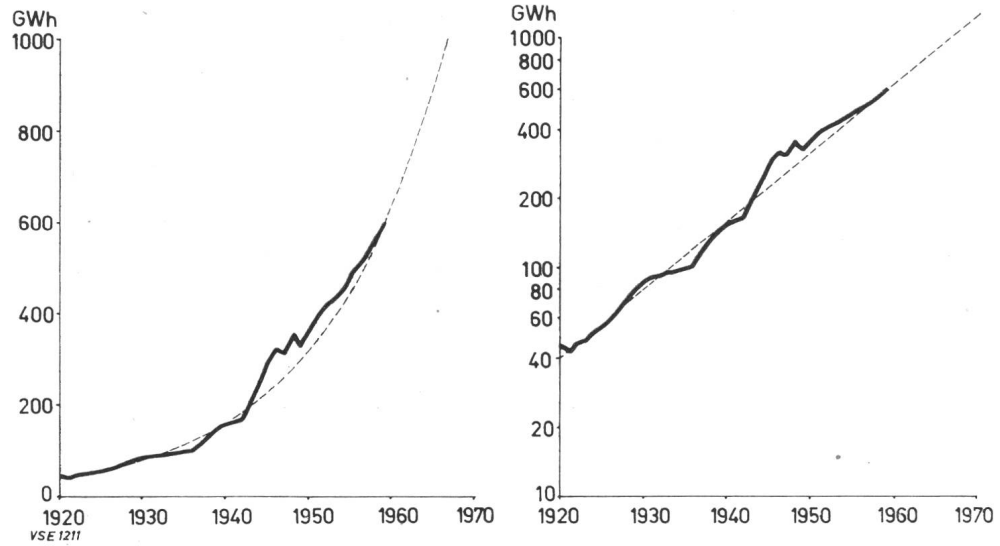

Fig. 1
Entwicklung des jährlichen Energieverbrauches im Netz des Elektrizitätswerkes Genf

links Ordinate mit arithmetischem Maßstab
rechts Ordinate mit logarithmischem Maßstab

Genf nur noch die fest aufgestellten Haushaltapparate statistisch erfasst. Für die Statistik der übrigen Geräte begnügt man sich mit Schätzungen.

Trotz dieses Vorbehaltes über die Genauigkeit des statistisch ermittelten Gesamtanschlusswertes ist es interessant, mit Hilfe des Gesamtanschlusswertes den *Sättigungsgrad des Verteilnetzes* zu kontrollieren. Die verwendete Methode in Genf besteht darin, dass am Ende eines jeden Jahres der Gesamtanschlusswert aller bei den Abonnenten angeschlossenen Anlagen mit der gesamten in den Transformatorenstationen für die Transformierung von 18 000 auf 220/380 V installierten Transformatorenleistung verglichen wird. Die langjährige Betriebserfahrung hat gezeigt, dass im Netz Zeichen von Überlastung (häufige Abschaltungen, schlechte Spannungshaltung) auftreten, sobald das Verhältnis

$$\frac{\text{Gesamtanschlusswert bei den Abbonnenten in kW}}{\text{installierte Transformatorenleistung in kVA}}$$

grösser wird als 2,6. Fig. 2 zeigt die Anwendung dieser Methode für das Netz des Elektrizitätswerkes Genf während der letzten zwei Jahrzehnte. Die Kurve *1* wurde erhalten, indem man die an jedem Jahresende in den Trafostationen installierte Trafoleistung mit dem Faktor 2,6 multiplizierte. Man kann diese Kurve als normale Grenzkurve für den *zulässigen Gesamtanschlusswert C* betrachten. Die Kurve *2* stellt den jeweils auf Jahresende bei den Abbonnenten *tatsächlich vorhandenen Gesamtanschlusswert* P_a dar.

Das Verhältnis $\frac{C-P_a}{P_a}$, in % ausgedrückt, ist also ein Maßstab für die Leistungsreserve des Netzes inbezug auf den Anschlusswert. Dieses Verhältnis gibt uns an, in welchem Umfang der Anschlusswert bei den Abonnenten noch zunehmen kann, ohne dass im Netzbetrieb technische Störungen zu erwarten sind. Die Kurve zeigt insbesondere, wie rasch die Leistungsreserve des Genfernetzes gegen Ende der Kriegsjahre 1939/1945 erschöpft war und dass es in den folgenden 15 Jahren mit Mühe gelungen ist, wieder eine Leistungsreserve von ca. 10 % zu erreichen.

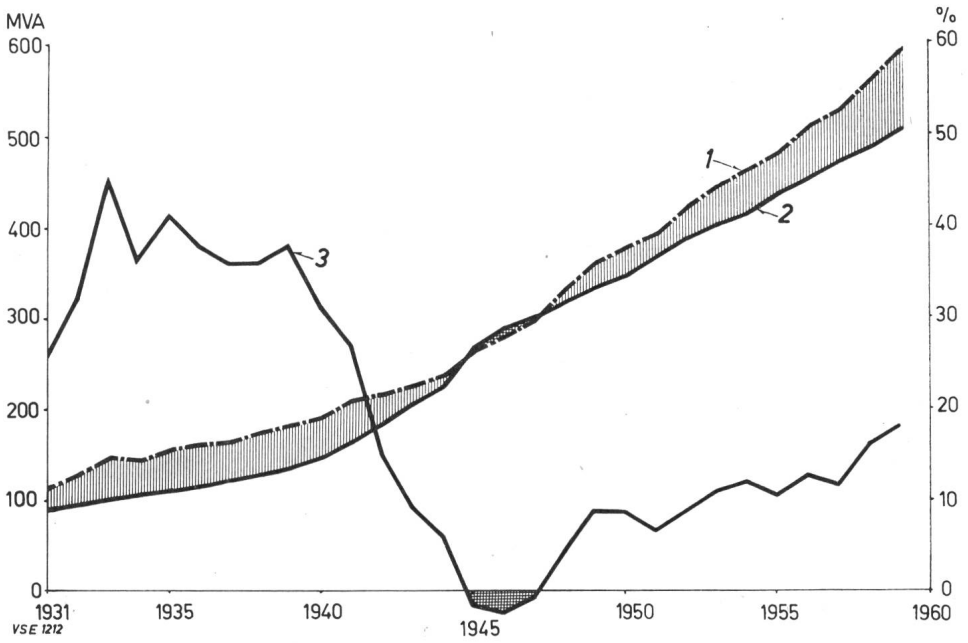

Fig. 2
Kontrolle der Kapazität des Verteilnetzes

1 Kapazität des Verteilnetzes C (gesamte Verteilnetztransformatorenleistung × 2,6)
2 Gesamtanschlusswert P_a
3 Leistungsreserve $\frac{C - P_a}{P_a}$ 100 %

3. Analyse des Verbrauches nach Abonnenten-Kategorien und nach Tarifarten

Für die *Statistiken über die Energieabgabe* werden die notwendigen Zahlen aus den Verkaufsübersichten entnommen, welche von der Lochkartenabteilung bei der Energieverrechnung erstellt werden. Seit dem Jahre 1957 werden die Zähler alle zwei Monate abgelesen. Die Resultate werden nach Tarifklassen und nach Verbrauchergruppen zusammengestellt.

Diese Aufstellungen werden ergänzt durch individuelle Verbrauchskarten für alle Abonnenten mit einem Zähler mit Maximumzeiger. Es handelt sich bei dieser Gruppe meist um *Industriebetriebe* mit einem Jahresverbrauch von über 100 000 kWh für Licht und Kraft zusammen. Für diese Grossbezüger ist die monatliche Ablesung des Zählerstandes und des Maximumzeigers beibehalten worden. Die Ergebnisse werden nach Tarifklassen gruppiert, sofern es sich nicht um Abonnenten mit einem Einheitstarif für den Gesamtverbrauch handelt. – Bisher bestand kein Bedürfnis, diese Zahlenwerte graphisch darzustellen. Die in Tabellenform vorhandenen Ergebnisse sind aber eine wertvolle, jederzeit verfügbare Unterlage, falls man sich über die Verbrauchsentwicklung bei einem bestimmten Abonnenten orientieren will. In einer besonderen, sowohl in Tabellenform als auch als Graphik geführten Statistik werden die verschiedenen Elemente des im Jahre 1946 eingeführten Haushalt-Einheitstarifs (Tarif unique) und deren Entwicklung laufend verfolgt. Fig. 3 zeigt einen Auszug aus der graphischen Darstellung dieser Statistik, welche ebenfalls nach der Methode des gleitenden Mittels der letzten zwölf Monate aufgestellt ist. Diese statistischen Unterlagen sind eine wertvolle Hilfe für die alljährliche Aufstellung des Einnahmenbudgets.

Wirtschaftliche und finanzielle Statistiken

1. Betriebseinnahmen und Betriebsausgaben

Die wichtigste Unterlage für die wirtschaftlichen Statistiken sind die von der Buchhaltung monatlich aufgestellten Übersichten, welche folgende Hauptdokumente umfassen:

1. *Vollständige monatliche Betriebsrechnung*, wobei in den Ausgaben nicht nur die anteiligen Aufwendungen für Kapitaldienst (Zinsen und Amortisationen), sondern auch die anteiligen Kosten der Verwaltung und der Buchhaltung enthalten sind. Für jährlich nur einmal vorkommende Ausgaben wird in diesen Monatsübersichten jeweils ein Zwölftel des entsprechenden Jahresbetrages berücksichtigt.

2. *Vollständige monatliche Bilanz* mit allen Investitionen, realisierbaren Aktiven und disponiblen Mitteln sowie den diversen Fonds.

3. *Detaillierte Übersicht über die Bauausgaben und die Ausgaben für die Erneuerung von Anlagen* (verfügbare Kredite, bereits ausgegebene Beträge und geleistete Anzahlungen.

4. *Übersicht über die Materialvorräte und deren Veränderungen.*

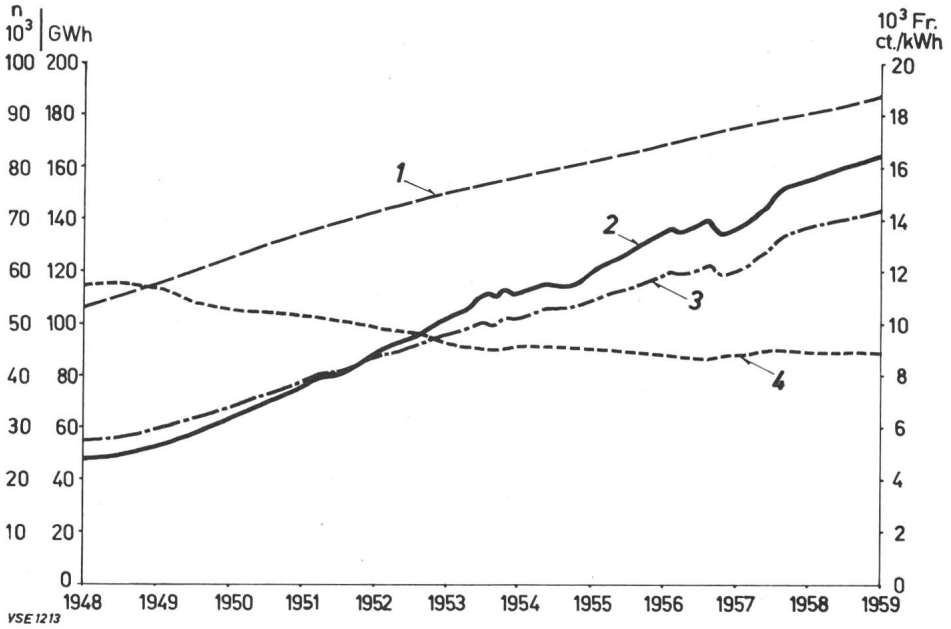

Fig. 3
Entwicklung des Haushalt-Einheitstarifs

1 Anzahl Abonnemente
2 Gesamtverbrauch
3 Gesamteinnahmen
4 Durchschnittserlös
n Anzahl Abonnemente

Es ist bei dieser Gruppe von Statistiken besonders wichtig, dass die beiden hauptsächlichsten Posten der Betriebsrechnung, nämlich die totalen Betriebseinnahmen und die gesamten Ausgaben, regelmässig graphisch aufgezeichnet und in ihrer Entwicklung laufend beobachtet werden. Da diese Werte von Monat zu Monat noch stark schwanken können und einem beträchtlichen Saisoneinfluss unterliegen, und weil ferner verschiedene Posten mehr oder weniger willkürlich mit je einem Zwölftel auf die einzelnen Monate verteilt werden, ist es gerade bei der Darstellung dieser Statistik besonders angezeigt, in jedem Monat die Summe der letzten zwölf Monate aufzutragen. Die allgemeine Entwicklungstendenz der einzelnen Teilposten ist auf diese Weise viel besser erkennbar.

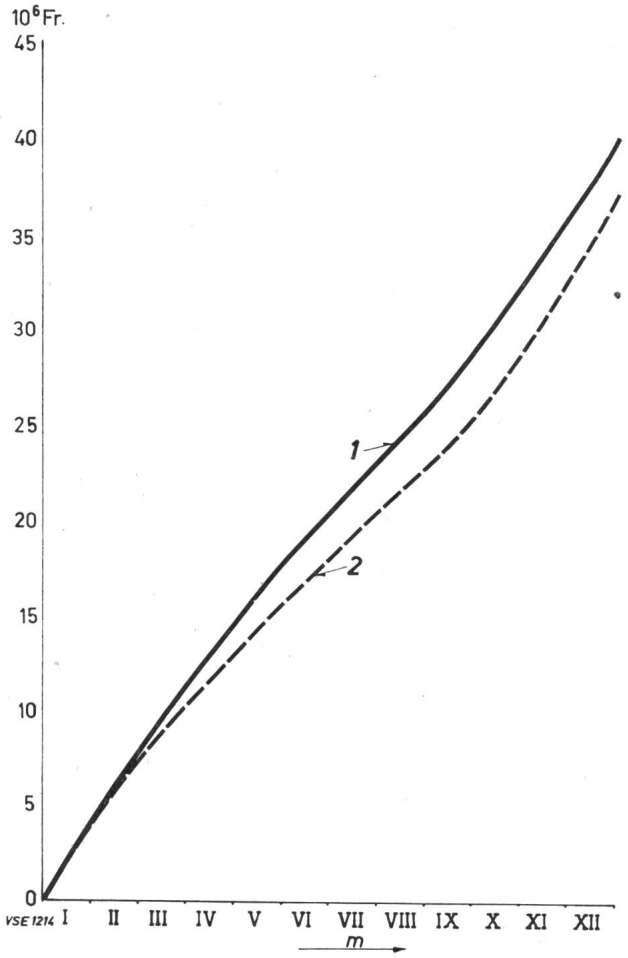

Fig. 4
Summierungskurve der Einnahmen
1 Tatsächliche Einnahmen im Jahre 1958
2 Normalkurve
m Monat

2. Die Entwicklung der Einnahmen aus Energieverkauf sowie der Durchschnittserlöse

Um die Entwicklung der *Einnahmen aus Energieverkauf* genau verfolgen zu können, ist es zweckmässig, im Laufe eines Jahres die Summe aller Monatswerte seit Beginn des Betriebsjahres als Kurve aufzuzeichnen. Wenn einmal der Verlauf dieser Kurven für eine Reihe von Jahren bekannt ist, so kann man sich Normalkurven aufzeichnen, welche für jeden Verwendungszweck angeben, wieviel Prozent des Jahrestotals (Fr.) in einem bestimmten Monat seit Jahresanfang erreicht werden sollte. Solche Kurven (vgl. Fig. 4) sind besonders wertvoll, um die Entwicklung der tatsächlichen Einnahmen mit den budgetierten Werten zu vergleichen und um festzustellen, in welchem Masse die budgetierten Werte erreicht oder überschritten werden.

Es ist ebenfalls sehr nützlich, die *Entwicklung des Durchschnittserlöses der insgesamt verkauften Energie* aufmerksam zu verfolgen. Die Entwicklung dieses Durchschnittserlöses gibt einen guten Gesamtüberblick über die Auswirkungen der Tarifpolitik. Auch in diesem Falle wird durch das gleitende Mittel der letzten zwölf Monate der Einfluss von kurzfristigen Schwankungen ausgeglichen und die allgemeine Entwicklungstendenz tritt besser in Erscheinung.

3. Die Struktur der Betriebsausgaben

Bei den *Betriebsausgaben* ist es vor allem wichtig, dass deren Struktur in grossen Zügen richtig erfasst wird und dass die Entwicklung der wesentlichen Elemente sichtbar wird. Die Fig. 5 und 6 zeigen zwei

Darstellungen, welche sich für diesen Zweck als nützlich erwiesen haben. Fig. 5 zeigt die nach Ausgaben bzw. Kostenarten aufgegliederten gesamten Jahresausgaben und deren Entwicklung im Laufe einer Reihe von Jahren.

Fig. 6 ist nach der Methode des gleitenden Mittels (der letzten zwölf Monate) aufgestellt und ermöglicht es, die Entwicklung der einzelnen Ausgaben- bzw. Kostenarten näher zu verfolgen.

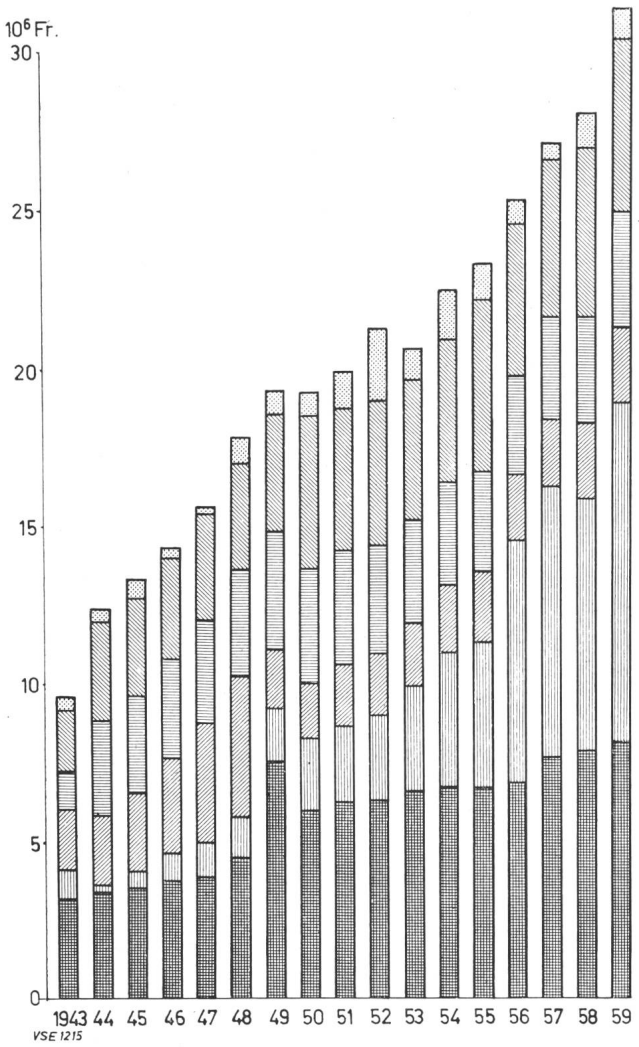

Fig. 5
Struktur der Ausgaben

- Erneuerung der Anlagen
- Amortisationen
- Zinsen
- Allgemeine Verwaltung
- Energieankauf
- Betrieb

Bei einer anderen Art der Darstellung der Ausgaben bzw. Kosten fragt man sich, wo die Kosten entstanden sind (Kostenstellen) und unterscheidet demgemäss Kosten für: Energie-Erzeugung und -Ankauf, Transformierung, Übertragung, Verteilung, Abonnentendienst. Auf diese Weise erhält man eine genaue Analyse über die Gestehungskosten der Energie. Eine derartige Darstellung, welche aber eine lange und sorgfältig durchzuführende Rechnungsarbeit verlangt, leistet besonders gute Dienste, wenn es sich darum handelt, Sonderbedingungen für Grossbezüger festzulegen.

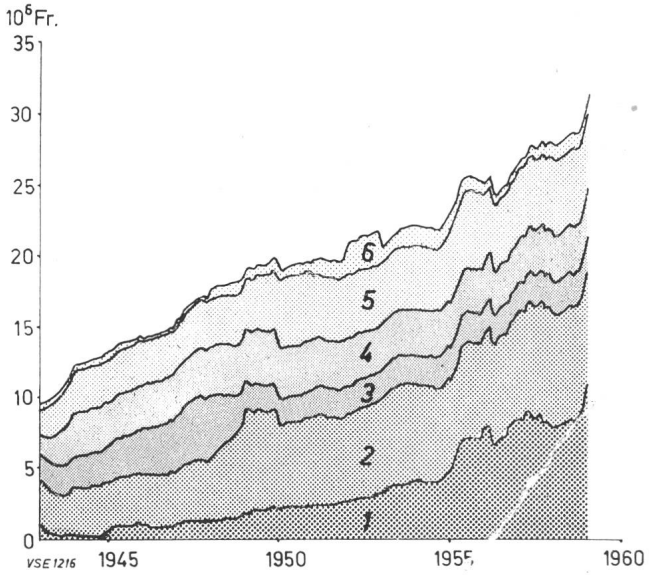

Fig. 6
Struktur der Ausgaben

Gleitende Summen von 12 Monaten

1 Energieankauf
2 Betriebskosten
3 Allgemeine Verwaltung
4 Zinsen
5 Amortisationen
6 Erneuerung der Anlagen

4. *Aufwendungen für den Bau und den Unterhalt des Verteilnetzes*

Es ist sicher nicht notwendig, noch besonders zu erwähnen, dass in einem Elektrizitätswerk *die in den Anlagen investierten Kapitalien* eine sehr wichtige Rolle spielen. Es ist deshalb angezeigt, die Entwicklung dieser Investitionen statistisch zu verfolgen, insbesondere die Aufwendungen für den Ausbau des Verteilnetzes. Die spezifischen Kennzahlen, die man aus einer solchen Statistik erhält, ergeben eine zuverlässige Grundlage für die Kostenvoranschläge für den künftigen Weiterausbau des Netzes. Die spezifischen Kosten können auf verschiedene Grössen bezogen werden, so z. B. pro kVA der in den Stationen installierten Transformatorenleistung, pro kW der bei den Abonnenten angeschlossenen Apparateleistung, pro kW der im Netz auftretenden Spitzenbelastung oder pro kWh abgegebene Energie. Man kann diese spezifischen Kennzahlen berechnen, indem man z. B. von den jährlichen Aufwendungen für das Netz ausgeht. Auf diese Weise erhält man aber Werte, welche von Jahr zu Jahr stark schwanken. Um diese Schwankungen zu vermeiden, ist es besser, wenn man von den Gesamtaufwendungen für eine Reihe von Jahren ausgeht. Ferner kann man im Rahmen der finanziellen Statistiken ermitteln, welche Geldbeträge jedes Jahr investiert werden oder welche Geldsummen nach Abzug der Amortisationen in einem bestimmten Zeitpunkt noch in den Anlagen investiert sind. Als Beispiel zeigt Fig. 7 die spezifischen Werte für die im Genfer Verteilnetz (Primärnetz, Sekundärnetz, Transformatoren) investierten Beträge seit dem Jahre 1932. Die mit der Ziffer *1* bezeichneten senkrechten Linien geben an, welcher Betrag jährlich pro kVA Leistungszuwachs der Transformatorenstationen investiert worden ist. Die Kurve *2* zeigt die Entwicklung der spezifischen Investitionen seit dem Jahre 1932, indem aus den kumulierten Werten die Quotienten gebildet worden sind. Die Kurve *3* zeigt die Entwicklung der Summe des gesamten im Netz seit dem Jahre 1932 investierten Kapitals. Die gezeigten Kurven beginnen mit

dem Jahre 1932, weil in jenem Jahre die Genfer «Services Industriels» als selbständiges Unternehmen geschaffen worden sind.

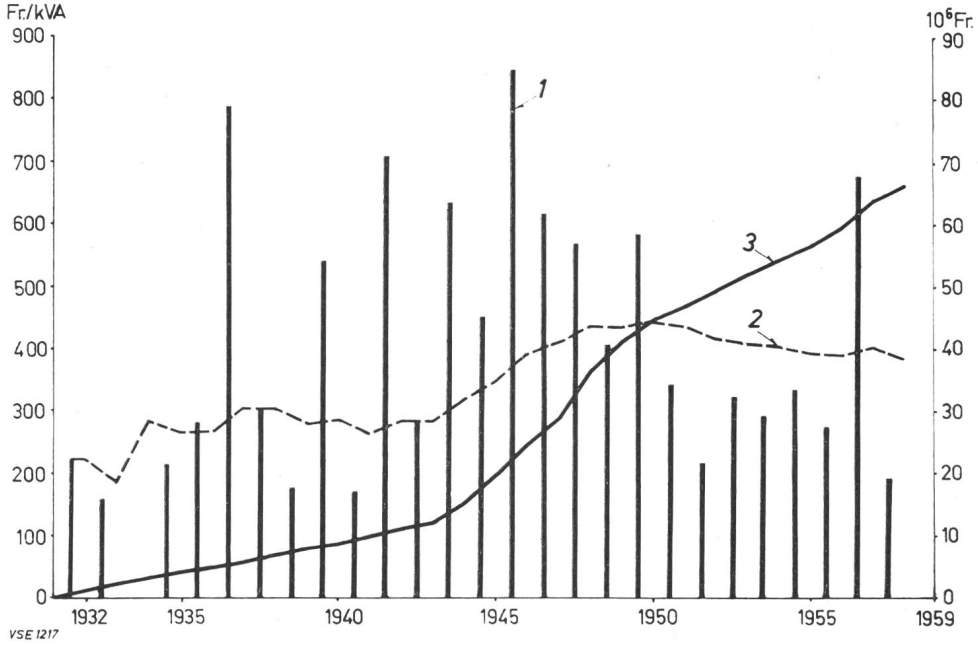

Fig. 7
Im Verteilnetz investierte Kapitalien
Primärnetz, Sekundärnetz und Transformatoren
1 Jährliche Investitionen in Fr. pro zusätzlich — in den Transformatorenstationen — installiertes kVA
2 Entwicklung der spezifischen Investitionen (gesamte Investitionen in Fr. seit 1932 dividiert durch die Gesamtzahl der seit 1932 installierten kVA)
3 Gesamte Investitionen im Verteilnetz (seit 1932)

Besondere Statistiken

1. Die fortlaufende Überwachung der Eindeckung mit elektrischer Energie

Neben den soeben erläuterten eigentlichen Betriebsstatistiken gibt es in einem Elektrizitätswerk noch andere statistische Arbeiten, welche wertvolle Dienste leisten können. Ein besonders wichtiges Problem, das wir noch näher erläutern möchten, ist die fortlaufende Überwachung der ausreichenden Eindeckung mit elektrischer Energie im Winterhalbjahr.

Bei vorwiegend hydraulischer Energieerzeugung ist die Einführung und Verwendung des Wahrscheinlichkeitsbegriffes ein besonders einfaches und wirksames Hilfsmittel, um die Entwicklung der Versorgungslage laufend zu verfolgen.

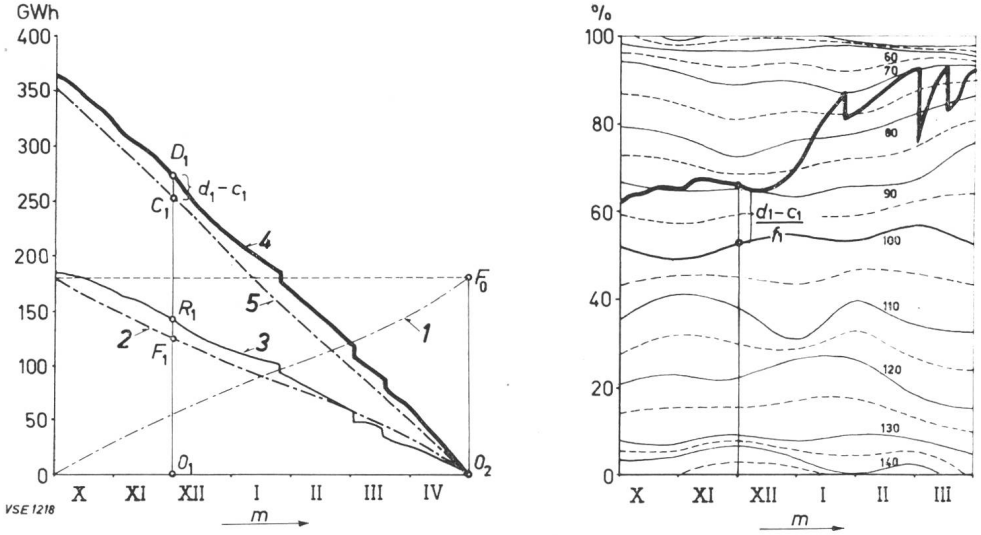

Fig. 8
Kontrolle der Energieversorgungslage
links Verfügbare Energiemengen und mutmasslicher Verbrauch
1 Mittlere Erzeugungsmöglichkeit des Laufwerkes, Summierungskurve
2 Zur Verfügung stehende Energiemenge (aus Laufwerken)
3 Reserven
4 Gesamte, zur Verfügung stehende Energiemenge
5 Zu deckender Bedarf
rechts Deckungswahrscheinlichkeit
m Monat
$\overline{O_1F_1} = f_1$ $\overline{O_1C_1} = c_1$
$\overline{O_1R_1} = r_1$ $\overline{O_1D_1} = d_1$
$\overline{O_2F_0} = f_0$

Die in Genf verwendete Methode basiert auf den folgenden Überlegungen:

Wenn man in einem beliebigen Zeitpunkt des Winters zu den in den Stauseen aufgespeicherten oder durch Lieferverträge gesicherten Energiemengen die bis zum Winterende mögliche, voraussichtliche Erzeugung der Laufkraftwerke bei mittlerer Wasserführung addiert, so erhält man die gesamte Energiemenge, die von diesem Zeitpunkt an bis zum Ende des Winters unter normalen Verhältnissen verfügbar sein wird. Vergleicht man nun diese voraussichtlich insgesamt verfügbare Energiemenge mit dem in der gleichen Periode zu erwartenden Energiebedarf, so wird man normalerweise eine positive oder negative Differenz feststellen können. Diese Differenz kann man in Prozent der in der betreffenden Zeitperiode zu erwartenden Laufwerkproduktion ausdrücken. Aus einer genügend langfristigen Statistik über die Laufwerkproduktion wissen wir aber, mit welcher Wahrscheinlichkeit die aus dem Diagramm festgestellte Differenz gegenüber dem langjährigen Mittelwert der Laufwerkproduktion auftreten wird. Wenn wir nun aber diese Wahrscheinlichkeit kennen, so können wir auch direkt bestimmen, mit welcher Wahrscheinlichkeit unser Energiebedarf bis Winterende gedeckt sein wird. Indem man diese Vergleichsrechnung laufend wiederholt, kann man sehr gut verfolgen, wie gross jeweils die Wahrscheinlichkeit für eine ausreichende Bedarfsdeckung in einem bestimmten Zeitpunkt ist. Auf diese Weise ist es möglich, rechtzeitig zweckmässige Massnahmen zu ergreifen und z. B. entweder kurzfristig zusätzlich benötigte Energie anzukaufen oder voraussichtlich nicht benötigte Energie zu verkaufen.

Die Kurven in Fig. 8 zeigen das Prinzip und das Arbeitsverfahren, wie es in Genf seit sehr vielen Jahren angewendet wird. Auf der linken Hälfte des

Diagramms sind schematisch die wesentlichen Elemente der Energiebilanz in Funktion der Zeit dargestellt. Die Kurve *1* gibt für durchschnittliche Wasserverhältnisse die kumulierten Werte der Erzeugungsmöglichkeit der Kraftwerke seit Beginn des Winters. Der Endwert $O_2F_0 = f_0$ gibt die gesamte im Winter aus Laufwerken erzeugbare Energiemenge an. Die Kurve *2* wurde wie folgt konstruiert: Vom Wert $O_2F_0 = f_0$ wurden die Werte der Kurve *1* subtrahiert. Die Kurve *2* stellt also die von einem bestimmten Zeitpunkt an bis zum Ende des Winters noch zu erwartende Laufwerkproduktion dar.

Die Kurve *3* gibt die gesamte in einem bestimmten Zeitpunkt im Speichersee vorhandene oder durch Lieferverträge fest gesicherte Energie wieder. Durch Addition der Ordinaten der Kurven *2* und *3* erhält man Kurve *4*, welche die in einem bestimmten Zeitpunkt insgesamt noch verfügbare Energiemenge darstellt.

Die Kurve *5* stellt den gesamten bis Ende Winter jeweils noch zu deckenden Energiebedarf dar.

Beispiel für die Anwendung der Bedarfsdeckungskurven: Ende November verfügte man über eine Energiemenge von $f_1 + r_1 = d_1$ GWh, um den Bedarf c_1 zu decken. Da d_1 grösser ist als c_1, würde es für die volle Bedarfsdeckung genügen, wenn die Erzeugung der Laufwerke um den Betrag $d_1 - c_1$ kleiner wäre als die mittlere zu erwartende Produktion f_1. In Relativwerten ausgedrückt, kann sie um $\frac{d_1 - c_1}{f_1} \cdot 100$ (in % ausgedrückt) kleiner sein als f_1.

Wenn beispielsweise die Differenz $d_1 - c_1$ 10 % von f_1 beträgt, so heisst das, dass eine Laufenergieproduktion von 90 % des Durchschnittswerts genügt, um den Bedarf zu decken.

Diese in % ausgedrückten Differenzen zwischen Produktion und Bedarf werden in die *rechte Hälfte des Diagrammes* von Fig. 8 übertragen, welches wie folgt konstruiert ist:

Auf Grund von langjährigen Statistiken (20 bis 40 Jahre) berechnet man für den Beginn eines jeden Monats die kumulierte Häufigkeitskurve der Laufwerkerzeugung (Dauerkurven) vom betreffenden Zeitpunkt an bis zum Ende des Winters. Die Produktionsmöglichkeit wird in % des langjährigen Mittels dargestellt. Die Gesamtheit dieser kumulierten Häufigkeitskurven wird alsdann zu einem topographischen Diagramm zusammengestellt, dessen Niveaulinien die Prozentwerte der mittleren Erzeugung darstellen. Auf der Abszisse wird in den Figuren die Zeit eingetragen (Wochen und Monate des Winters). Auf der Ordinate kann die prozentuale Wahrscheinlichkeit, mit welcher x % des Mittelwertes bis zum Ende des Winters überschritten werden, abgelesen werden.

Wenn dieses Topogramm einmal aufgestellt ist, so muss man nur noch auf den in % eingeteilten Niveaulinien denjenigen Punkt ermitteln, welcher dem aus der ersten Graphik ermittelten Wert $\frac{d-c}{f}$ entspricht, um auf der Ordinate die gewünschte Wahrscheinlichkeit für die Bedarfsdeckung zu erhalten. Indem man nacheinander eine Reihe von Punkten bestimmt und durch eine Kurve verbindet, kann man den Verlauf der Wahrscheinlichkeit für die Bedarfsdeckung im Laufe des Winters genau verfolgen.

Die Erfahrung zeigt, dass eine monatlich nur einmalige Kontrolle der Versorgungslage für die in Genf vorhandenen Verhältnisse nicht genügt. Sobald die Produktion der Laufkraftwerke einen beträchtlichen Teil der Gesamtproduktion ausmacht, können Veränderungen in der Wasserführung bereits innerhalb von wenigen Tagen eine ins Gewicht fallende Veränderung der Versorgungslage bewirken. Anderseits haben aber die täglichen Schwankungen doch einen zu geringen Einfluss auf die Versorgungslage, um eine tägliche Kontrolle zu rechtfertigen. Für die Genfer Verhältnisse hat sich die wöchentliche Kontrolle der Versorgungslage als zweckmässigste Lösung erwiesen.

Der wesentliche Vorteil der geschilderten Methode besteht darin, dass sie ständig und rasch eine Gesamtübersicht über die Versorgungslage ergibt und dass man auf Grund dieser Unterlagen feststellen kann, wie rasch sich eine gegebene Situation verbessern oder verschlechtern wird. Ausserdem reduziert diese Darstellung den Einfluss momentaner aussergewöhnlicher Verhältnisse auf ihren wahren Wert. Es ist ja bekanntlich besonders schwierig, unter dem Eindruck eines aussergewöhnlichen Ereignisses den Überblick über die Gesamtlage zu behalten.

2. *Kontrolle der Durchschnittserlöse bei Grossabonnenten*

Eine andere Sonderanwendung der Statistik, die noch zu erwähnen wäre, ist die Aufstellung einer *graphischen Übersicht* über die bei bestimmten *Grossbezügern (z. B. Industrie) erzielten Durchschnittserlöse.* Man geht dabei am zweckmässigsten wie folgt vor:

Auf der Abszisse trägt man den Verbrauch auf und es ist dabei günstig, eine logarithmische Skala anzuwenden, die sich über zwei bis drei Zehnerpotenzen erstreckt, damit man einen genügend grossen Verbrauchsbereich auf einem einzigen Blatt erfassen kann. Auf der Ordinate werden, ebenfalls in lograrithmischem Maßstab, die erzielten Durchschnittserlöse aufgetragen. Auf diese Weise kann man die Gesamteinnahmen, welche sich als Produkt aus Energiemenge und Mittelpreis ergeben, als unter 45° verlaufende Geraden darstellen.

Diese Art der graphischen Darstellung, welche bei uns jedes Jahr einmal aufgezeichnet wird, gibt mit einem Blick eine Übersicht über die Grössenordnung der für eine bestimmte Energielieferung am häufigsten erzielten Mittelpreise. Man kann mit Hilfe dieser Graphik sofort Abonnenten feststellen, bei welchen der Erlös offensichtlich unter dem Durchschnitt liegt und deren Lieferbedingungen man in erster Linie revidieren muss, wenn es sich als notwendig erweist, die Einnahmen des Werks zu erhöhen.

Selbstverständlich gäbe es auch noch viele Beispiele für die Anwendung der Statistik in der Elektrizitätswirtschaft, aber der Zweck des heutigen Referats ist ja nicht, alles zu erzählen, was in Genf auf dem Gebiet der Statistik getan wird. Es handelte sich vielmehr darum, die Aufmerksamkeit auf einige typische Fälle zu lenken und einige interessante Anwendungsmöglichkeiten für die Anwendung der Statistik in der Betriebsüberwachung zu zeigen.

Man kann sich des Eindruckes oft nicht erwehren, dass wir heute noch weit davon entfernt sind, aus der statistischen Wissenschaft den vollen möglichen Nutzen zu ziehen. Die für die Stromverrechnung an die Abonnenten benutzten Lochkarten geben uns bereits bemerkenswerte Möglichkeiten, die aber noch nicht voll ausgenutzt werden. In nächster Zeit wird für die

Verbesserung unserer automatischen Stromverrechnung in Genf ein Rechenautomat installiert, welcher uns eine Reihe von weiteren Möglichkeiten für statistische Untersuchungen gibt. Es wird unsere Aufgabe sein, daraus den vollen Nutzen zu ziehen, um den Betrieb mit ständig grösserer Sicherheit, Voraussicht und besserem Wirkungsgrad zu führen.

D. : Tr.

Adresse des Autors:
E. Dufour, Ingenieur für Tarife und Energieverkehr, Elektrizitätswerk Genf, Genf.

Eindrücke von einem Studienaufenthalt bei der Electricité de France

von *Ch. Oester*, Bern

(Fortsetzung aus Nr. 2, S. 56)

061.1(44) EDF : 621.311

Anlässlich seines Studienaufenthaltes bei der Electricité de France [1]) *hatte der Autor Gelegenheit, mehrere neue Unterwerke der EDF zu besichtigen; er berichtet hier über das moderne gekapselte Material, das heute in Frankreich beim Bau von Unterwerken und Transformatorenstationen verwendet wird.*

Au cours de son récent séjour d'études auprès de l'Electricité de France [1]), *l'auteur a eu l'occasion de visiter plusieurs sous-stations nouvelles de cette entreprise nationalisée. Il consacre l'article suivant au matériel blindé moderne, utilisé actuellement en France pour équiper les sous-stations et les postes de transformation.*

III. Die modernen gekapselten Anlagen der EDF

Einführung

Man ist heute allenthalben bestrebt, die Zollschranken abzubauen und den Güteraustausch mit anderen Ländern zu intensivieren; neue Absatzmärkte für die eigenen Produkte können jedoch nur dann gefunden werden, wenn diese in bezug auf Preis und Qualität konkurrenzfähig sind. Eine Kosten- bzw. Preissenkung kann nun u. a. durch eine Normalisierung – in unserem Fall der elektrischen Apparate und Ausrüstungen – erzielt werden.

Die normalisierten Ausrüstungen werden in ihrer konstruktiven Gestaltung, in ihren Abmessungen, auf die Bedürfnisse der Praxis abgestimmt. Der Aufwand für die Lagerhaltung, die Auswechslung und Reparatur einzelner Anlageteile lässt sich erheblich vermindern. Es können, mit andern Worten, die Kosten für den Bau und den Unterhalt der Verteilanlagen gesenkt und damit die Wirtschaftlichkeit der Energieverteilung verbessert werden.

Gerade bei den gekapselten Anlagen und Anlageteilen sind nun die Voraussetzungen für eine Normung besonders günstig. Wenn die Werkleiter das notwendige Verständnis zeigen und bereit sind, auf Sonderwünsche zu verzichten, sollte es möglich sein, gekapseltes Material in Zukunft in vermehrtem Mass als Serienerzeugnis herzustellen; die Vorteile der rationellen Fertigung sowie die Verkürzung der Lieferfristen kämen den Elektrizitätswerken und den Abonnenten zugute.

Der nachfolgende Beitrag gibt einen Überblick über die Anstrengungen und Erfolge der EDF auf diesem Gebiet.

Vereinheitlichung der Anlagenschemata

Eine Kommission hat die Frage der Schaltschemata sehr sorgfältig geprüft. Um die Betriebsführung zu erleichtern und die Anlagekosten senken zu können, wählte man ein einfaches Bauelement: den gekapselten *Einsammelschienen-Schaltwagen*. Detaillierte Angaben über die Konstruktion dieser Bauelemente würden den Rahmen dieser Ausführungen sprengen: wir verweisen den Leser auf die Veröffentlichungen anderer Autoren in der in- und ausländischen Fachpresse. Wie mit Hilfe der Einsammelschienen-Schaltwagen eine den betrieblichen Anforderungen gerecht werdende Anlage geschaffen werden kann, zeigen die nachfolgenden Darlegungen.

a) Verteilanlage mit einer Sammelschiene

Die genormten Schaltschränke, bestehend aus den beiden festen Teilen – Sammelschiene und Kabelanschluss – und dem beweglichen, ausfahrbaren Schalter, werden zu einer Schrankreihe aneinander gereiht. Diese Anordnung ist jedoch im allgemeinen nur bei Anlagen mit einem Speisetransformator gebräuchlich. Muss ein Schalter revidiert werden, so wird die Ener-

Fig. 1
Gekapselte Verteilanlage mit einer Sammelschiene in einem Unterwerk

[1]) s. Bull. SEV, «Seiten des VSE», Bd. 52(1961), Nr. 2, S. 49...56.

[1]) Bull. ASE. «Pages de l'UCS», t. 52(1961), n° 2, p. 49...56.