

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 52 (1961)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Anwendung der Statistik in einer regionalen Unternehmung für die Erzeugung und Grossverteilung von elektrischer Energie  
**Autor:** Seylaz, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916818>

### **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:** 04.04.2026

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

dargestellt wird und alsdann die einzelnen Kurvenabschnitte je von einem Jahr bis zum letzten Jahr in den Ursprung parallel verschoben werden. Es entsteht so ein Kurvenbüschel, das nach rechts immer dünner wird (eben der Roßschwanz) und die Tendenz gut wiedergibt (Fig. 2).

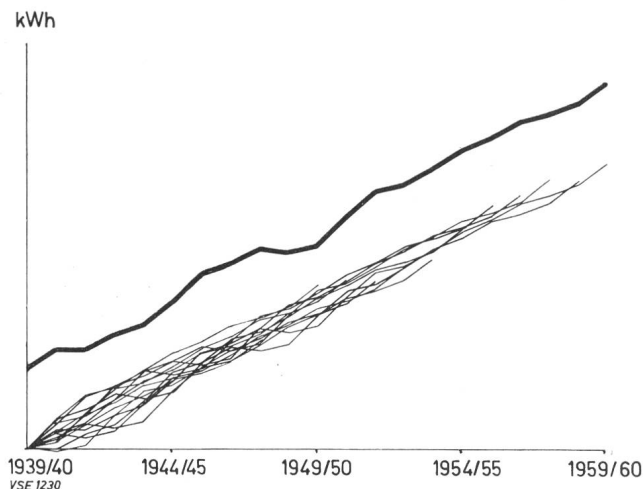


Fig. 2

Beispiel einer Trenduntersuchung mit der Roßschwanzmethode  
Dick ausgezogene Kurve: Urkurve (Inlandverbrauch ohne Elektrokessel und Speicherpumpen; logarithmischer Maßstab)

Ein Randgebiet der Statistik bilden die Marktanalysen, die immer mehr verwendet werden, um die Entwicklungstendenzen auf den einzelnen Märkten (Haushalt, Gewerbe, Industrie usw.) herauszuschälen und so verfeinerte Prognosen aufzustellen.

### 5. Schlusswort

Zum Schluss möchte ich noch auf die nützlichen Dienste hinweisen, die die statistischen Methoden im Betrieb und in der Führung der Unternehmen zu lei-

sten imstande sind. Ich erinnere an verschiedene Studien der letzten Zeit, die es verdienen, besser bekannt zu werden. Für die Analyse der Belastung und des Verbrauches sind es z. B. die Studien von Schiller in England, von Puromäki in Finnland, von Strauch und Ott in Berlin, von Herbatschek in Österreich; für die Betriebsführung von thermischen Kraftwerken die Untersuchung von Emery in England, für die Bewirtschaftung der Speicherbecken die Studien von Holmström in Schweden und Wöhr in Deutschland, für Hydraulizitätsfragen von Tonnini in Italien und für die Entwicklung des Energieverbrauches im Haushalt von van der Maas in Holland.

### Literatur

- Athen, H.: Einführung in die Statistik. Paderborn: Schöningh 1955.  
 Davies, K. und A. Beckel: Grosszahl-Methodik und Häufigkeitsanalyse. Weinheim: Chemie 1958.  
 Dumas, R.: L'entreprise et la statistique. Paris: Dunod 1954.  
 Fisher, R.-A.: Les méthodes statistiques adaptées à la recherche scientifique. Paris: Presses Universitaires de France 1947.  
 Fueter, R.: Das mathematische Werkzeug des Chemikers, Biologen, Statistikers und Soziologen. Zürich: Orell Füssli 1947.  
 Graf, U. und H.-J. Henning: Formeln und Tabellen der mathematischen Statistik. Berlin: Springer 1958.  
 Klezl-Norberg, F.: Allgemeine Methodenlehre der Statistik. Wien: Springer 1946.  
 Linder, A.: Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure. Basel: Birkhäuser 1957.  
 Mackenroth, G.: Methodenlehre der Statistik. Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht 1949.  
 Monjallon, A.: Introduction à la méthode statistique. Paris: Vuibert 1954.  
 Schorer, H.: Statistik. Grundlegung und Einführung in die statistische Methode. Bern: Francke 1946.  
 Schwarz, A.: Über den Umgang mit Zahlen (Einführung in die Statistik). München: Oldenbourg 1952.  
 Van der Waerden, B. L.: Mathematische Statistik. Berlin: Springer 1957.  
 Vessereau, A.: Méthodes statistiques en Biologie et en Agronomie. Paris: Baillière 1948.  
 Winkler, M.: Grundriss der Statistik (Bd. I: Theoretische Statistik). Wien: Manz 1947.

Adresse des Autors:

Ch. Morel, Dipl. Ing. ETH, Teienstrasse, Feldmeilen.

## Anwendung der Statistik in einer regionalen Unternehmung für die Erzeugung und Grossverteilung von elektrischer Energie

Von E. Seylaz, Lausanne

Der Autor weist einleitend auf die Aufgaben der EOS im Rahmen der westschweizerischen Elektrizitätswirtschaft sowie auf die besonderen Merkmale der Tätigkeit dieser Unternehmung hin. Gegenstand der zwei ersten Abschnitte sind die Statistiken über die Füllung und Entleerung der Speicher. Der Verfasser erwähnt hernach die Statistiken, die eine optimale Zusammenarbeit zwischen Lauf- und Speicherwerken gewährleisten sollen sowie die Statistiken über die Energieverwendung. Abschliessend werden die Statistiken betr. die Energieübertragung (besonders auch über die Übertragungsverluste) sowie über die Störungen auf den Übertragungsleitungen eingehend besprochen.

### I. Vorwort

Als Einleitung und zur ungefähren Gebietsabgrenzung der nachfolgenden Ausführungen möchten wir vorerst die Stellung der S. A. l'Énergie de l'Ouest-Suisse (EOS), in welcher der Verfasser tätig ist, im Rahmen der westschweizerischen, gesamtschweizerischen und internationalen Elektrizitätswirtschaft erläutern.

Alle grösseren westschweizerischen Elektrizitätswerke und Elektrizitätsgesellschaften sind an der

L'auteur rappelle tout d'abord le rôle de l'EOS dans le cadre de l'économie électrique de Suisse Romande et les particularités de l'activité de cette entreprise. Les deux premiers paragraphes traitent des statistiques relatives au remplissage et à la vidange des bassins d'accumulation. L'auteur parle ensuite des statistiques permettant de coordonner au mieux l'exploitation des usines à accumulation et au fil de l'eau, ainsi que des statistiques de consommation d'énergie. Pour terminer, il donne des indications détaillées sur les statistiques concernant les transports d'énergie — en particulier les pertes de transport — ainsi que les incidents affectant les lignes de transport.

EOS als Aktionäre beteiligt. Die Aufgabe der Gesellschaft ist die Erzeugung und der Ankauf von elektrischer Energie, welche die EOS über ein Hochspannungsnetz den genannten Aktionären zuleitet und an diese verkauft. Das Hochspannungsnetz verbindet die Kraftwerke und die wichtigen Verbrauchsschwerpunkte miteinander und ermöglicht es, allen Beteiligten die für die Deckung ihres gegenwärtigen und zukünftigen Bedarfs notwendigen Energie zuzuführen.

Die EOS beteiligt sich am Bau neuer Kraftwerke

oder sie veranlasst deren Bau, damit der ständig steigende Elektrizitätsbedarf der Westschweiz sicher gedeckt werden kann. Die Gesellschaft bemüht sich ferner, die Verwertung von Energieüberschüssen aus ihren eigenen Kraftwerken oder aus Werken ihrer Aktionäre zu erleichtern. Die EOS kann sich auch direkt oder indirekt an jeder andern Gesellschaft beteiligen, welche ein ähnliches Ziel verfolgt.

Das vorstehend skizzierte Arbeitsprogramm der EOS gibt auch einen Begriff von ihrer sehr ausgedehnten Geschäftstätigkeit und von ihrer wichtigen Rolle als Puffer zwischen der schwankenden Erzeugung und dem veränderlichen Verbrauch von elektrischer Energie.

Für die Leitung der Geschäfte einer so grossen Gesellschaft und für die wirtschaftliche Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Anlagen sind gründliche und umfangreiche wirtschaftliche, technische und statistische Untersuchungen notwendig. Im Rahmen des heutigen Vortrags können wir nur auf einige wesentliche Punkte eingehen, weil die zur Verfügung stehende Zeit nicht ausreicht, um das Thema in umfassender Weise zu behandeln.

## 2. Voraussagen über die Füllung von Jahres-Speicherbecken

Die EOS verfügt vor allem über Wasserkraftwerke mit Jahresspeichern. Einerseits muss im Sommerhalbjahr die Füllung dieser im Kanton Wallis gelegenen Stauseen sehr genau überwacht werden, und zwar sowohl der Verlauf der Füllung als auch der jeweils vorhandene Energievorrat. Andererseits müssen im Winterhalbjahr die Speicherentnahmen sehr scharf kontrolliert werden, damit sich die tatsächliche Speicherentleerung nicht zu stark von der aufgestellten *Sollwertkurve* entfernt. Dank dieser Überwachung steht jederzeit die notwendige Leistung zur Deckung des Bedarfs der angeschlossenen Netze und zur Erfüllung der mit den Abnehmern (Wiederverkäuferwerke und

Grossbezüger) abgeschlossenen Energielieferungsverträge zur Verfügung.

Es ist sehr schwierig, eine wirklich zuverlässige Voraussage über die Füllung der Stauseen aufzustellen.

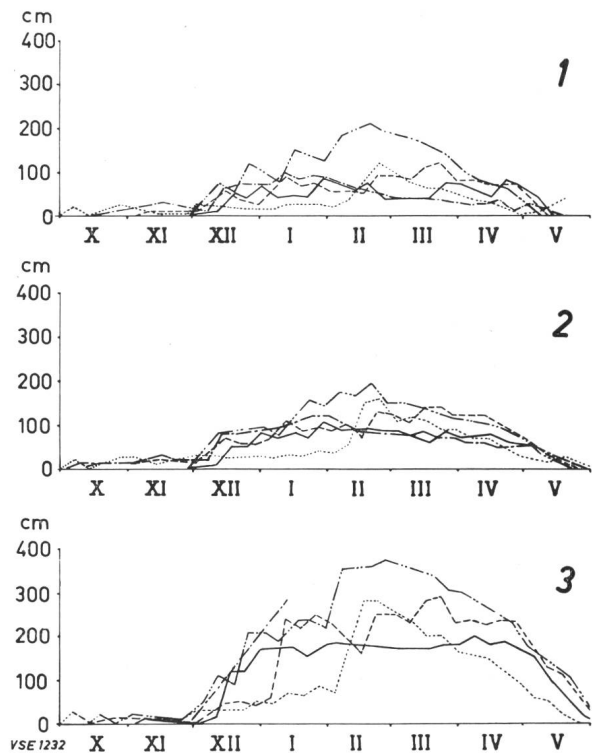


Fig. 2

Statistik über die Schneefälle. Jahre 1954...1959

Gemessene Schneehöhen bei den Staumauern Dixence, Cleuson und Salanfe. Obwohl Salanfe wesentlich tiefer liegt als die andern beiden Stellen, ist der Schneefall in der Gegend von Salanfe viel stärker. Die jährliche Niederschlagsmenge ist übrigens in Salanfe dreimal so gross wie in Dixence/Cleuson

|                         |           |         |
|-------------------------|-----------|---------|
|                         | — · — · — | 1954/55 |
| 1 Dixence, 2170 m ü. M. | — — — — — | 1955/56 |
| 2 Cleuson, 2112 m ü. M. | · · · · · | 1956/57 |
| 3 Salanfe, 1886 m ü. M. | - - - - - | 1957/58 |
|                         | — · — · — | 1958/59 |

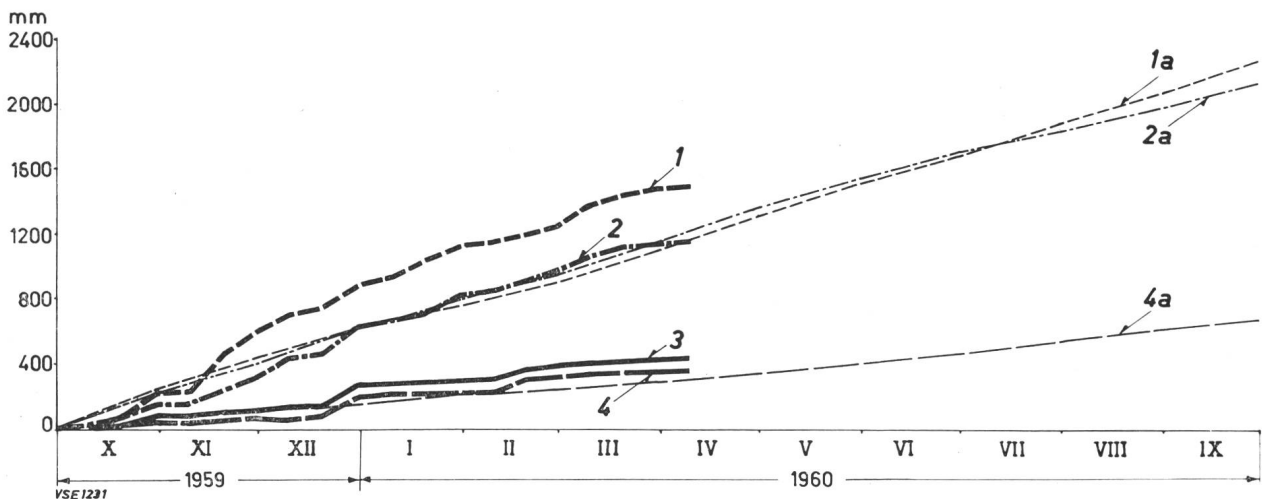


Fig. 1

Niederschlags-Statistik. Hydrographisches Jahr 1959/60

Niederschläge (progressive Summenwerte) bei der Staumauer Dixence, in Hérémence (Val d'Hérémence), auf der Passhöhe des Grossen St. Bernhard und auf der Gotthard-Passhöhe. Man beachte die beträchtlichen Unterschiede der durchschnittlichen Niederschlagshöhen für die verschiedenen Orte

|                                |     |                                  |
|--------------------------------|-----|----------------------------------|
| 1 Auf dem Gotthard             | 1 a | } langjähriges Mittel (40 Jahre) |
| 2 Auf dem Grossen St. Bernhard | 2 a |                                  |
| 3 Bei der Staumauer Dixence    | 3 a |                                  |
| 4 In Hérémence                 | 4 a |                                  |

len, weil diese Füllung von verschiedenen Umständen abhängig ist.

Die Kenntnis der *Schneehöhe* in den die Stauseen speisenden Einzugsgebieten ist ein wichtiger, aber keineswegs ausreichender Anhaltspunkt. Vorerst ist zu beachten, dass die Schneehöhe in den verschiedenen Teilgebieten des gesamten Einzugsgebiets eines Stausees stark unterschiedlich sein kann; es ist ausgeschlossen, darüber eine planmässige und ausreichende Kontrolle zu führen. Ferner hat die Schneebeschaffenheit und die Schneedichte einen grossen Einfluss auf die nachher während der Schmelzperiode zu erwartenden Abflussmengen. Ausserdem muss noch daran erinnert werden, dass der Schneevorrat in den hochgelegenen Alpentälern durch länger andauernden Föhn sehr stark verringert werden kann.

Die Füllung der Stauseen ist aber teilweise auch vom *Abschmelzen der Gletscher* abhängig. So kann es z. B. vorkommen, dass auf einen Winter, in welchem sich eine ausreichende Schneedecke gebildet hat, ein ungünstiger kalter Sommer folgt, in welchem der vorhandene Schnee nur teilweise schmilzt und in welchem dann auch fast kein Gletscher-Schmelzwasser zufliesst. Die Speicher können in einem solchen Falle u. U. nicht ganz gefüllt werden, obwohl nach der im Frühling vorhandenen Schneedecke mit Recht ausreichende Zuflüsse erwartet werden konnten. Aber auch der gegenteilige Fall kann vorkommen, wie z. B. im letzten Jahr. Im Winter fiel zwar nur wenig Schnee; der Sommer war jedoch sehr warm und das warme Wetter dauerte lange an. Dies bewirkte im Wallis eine starke und für die Speicherfüllung willkommene zusätzliche Gletscherschmelze.

In Anbetracht der vielen Faktoren, welche die Speicherfüllung beeinflussen, ist es für die EOS zweckmässig, die Speichervorräte bis zum Monat August zu schonen um die Füllung der Jahresspeicher auf alle Fälle zu gewährleisten. Andererseits müssen unter Um-

ständen im September bei starken Herbstzuflüssen wesentlich grössere Energiemengen als vorgesehen aus den Speichern entnommen werden, um ein Überlaufen der Stauseen und damit entsprechende Energieverluste am Anfang des Winters zu vermeiden.

### 3. Verwertung der verfügbaren Energie

Der *Verlauf der Speichorentleerung* wird durch die in der ersten Winterhälfte von Monat zu Monat abnehmende und gegen den Frühling zu wieder steigende

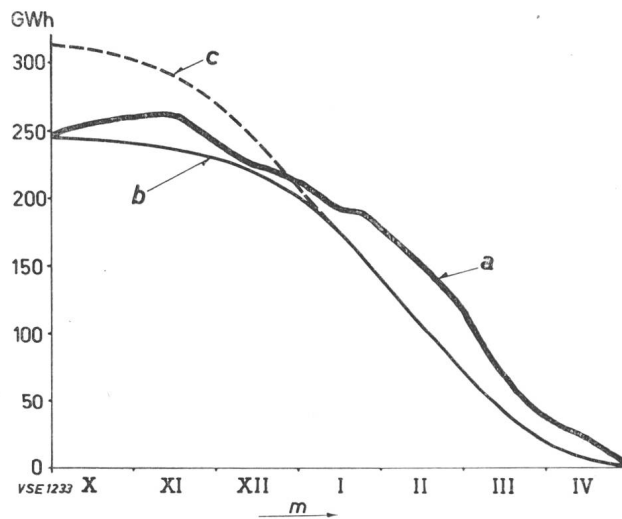


Fig. 3

Statistik über die Ausnutzung der Speicherenergie. Jahr 1954/55  
Das Bild zeigt deutlich, wie die ungenügende Speicherfüllung durch stark reduzierte Bezüge von Speicherenergie in den Monaten Oktober und November kompensiert werden musste

- a Tatsächliche Entleerung
- b Normalkurve der Speichorentleerung (bezogen auf die Speicherfüllung 1954/55)
- c Normalkurve der Speichorentleerung (bei vollständig gefüllten Speichern)
- m Monat

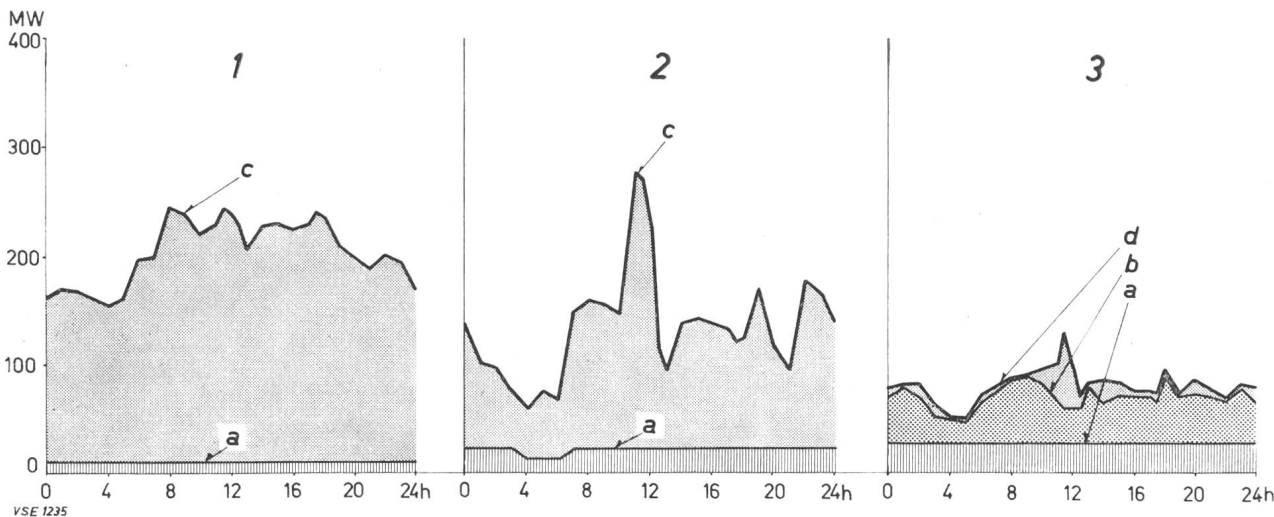


Fig. 4

Belastungsdiagramm der EOS (stündliche Werte) für verschiedene Perioden des Jahres 1958

- 1 *Hochwinter* (15. Januar): Durchgehende grosse Produktion der Speicherwerke. Das Risiko, in den Laufwerken bei Auftreten von starken Niederschlägen Energie zu verlieren, ist sehr gering
  - 2 *Zwischensaison* (12. März): Grosse Produktion der Speicherwerke während der Tageszeit, besonders in den Spitzenlaststunden. In den Nachtstunden besteht das Risiko, dass bei Auftreten von beträchtlichen Niederschlägen Laufwerkenergie verloren geht.
  - 3 *Hochsommer* (8. Juli): Kleine Erzeugung der Speicherwerke. Die volle Ausnutzung der möglichen Laufwerkproduktion ist schwierig, da nur geringe Anpassungsmöglichkeiten vorhanden sind und der Verbrauch nur in sehr beschränktem Umfang der Produktionsmöglichkeit angepasst werden kann.
- a Laufwerkproduktion der EOS
  - b Energieüberschüsse der Werke, die an der EOS beteiligt sind
  - c Speicherwerkproduktion der EOS + zugekaufte Energie
  - d Speicherwerkproduktion der EOS

Erzeugung der Laufkraftwerke massgebend bestimmt. Diese Mindererzeugung der Laufkraftwerke in den Wintermonaten muss durch eine entsprechende Mehrerzeugung der Speicherkraftwerke ausgeglichen werden.

Die EOS hat für die *Überwachung der Speicherentleerung* eine *Sollwertkurve* (Fig. 3) aufgestellt, wobei für das Winterhalbjahr eine normale Entwicklung der Witterungs- und Abflussverhältnisse und auch eine durchschnittliche Verbrauchsentwicklung vorausgesetzt wird. Diese Sollwertkurve gründet sich also auf statistisch ermittelte Unterlagen für durchschnittliche Verhältnisse. Die Erfahrung zeigt aber, dass bei der Anwendung solcher statistischer Verfahren Vorsicht geboten ist; nur so können unangenehme, wirtschaftlich-finanziell ungünstige Überraschungen vermieden werden.

Um eine gute *Zusammenarbeit zwischen den Speicherwerken und den Laufwerken* zu erreichen, müssen die Belastung der einzelnen Kraftwerke und die Entwicklung des Verbrauchs fortwährend sehr aufmerksam verfolgt werden. Im eigentlichen Hochwinter und bei grosser Kälte kann zwar auch eine vorübergehende Schlechtwetterperiode die Betriebsweise der Kraftwerke nicht stark beeinflussen. Anders verhält es sich im Frühling und im Herbst, wo manchmal besondere Massnahmen getroffen werden müssen, um auch bei vorübergehend abgestellten Speicherwerken grössere Verluste von Laufwerkenergie zu vermeiden (Fig. 4). Wir beabsichtigen, eine besondere Statistik über die Ver-

luste von Laufwerkenergie in Abhängigkeit von den jeweiligen Wetter- und Wasserverhältnissen vor und während des Auftretens von Laufwerk-Energieverlusten sowie für verschiedene Jahreszeiten aufzustellen. Wir hoffen, mit Hilfe dieser neuen, zusätzlichen statistischen Darstellungen die bisher aufgetretenen, zwar nicht immer sehr grossen, aber doch fühlbaren und unangenehmen Energieverluste in Laufwerken in Zukunft vermeiden zu können.

Unsere *Statistiken über Energieerzeugung* und über *An- und Verkauf von Energie* sind ähnlich aufgebaut wie die von den amtlichen Stellen geführten und im Bulletin SEV regelmässig veröffentlichten Energiestatistiken und die international geführten Energiestatistiken. Es kann deshalb darauf verzichtet werden, auf diese Statistiken näher einzugehen und wir möchten nur darauf hinweisen, dass Energiestatistiken der EOS mit vorläufigen Werten täglich aufgestellt werden. Aus dieser Tagesstatistik wird täglich die Bilanz gezogen, und es kann auf diese Weise der gesamte Energieverkehr laufend überwacht werden (Fig. 5).

#### 4. Entwicklung des Energiebedarfes und der Erzeugungsanlagen

Eine Unternehmung wie die EOS ist auf Grund ihrer Aufgabe verpflichtet, langfristige Voraussagen über die Energieeindeckung aufzustellen. Der Energiebedarf nimmt in der Westschweiz in ähnlicher Weise zu wie dies letzthin in einer Publikation im Bulletin SEV für die gesamte Schweiz festgestellt worden ist. Mit Rücksicht auf diese anhaltende Bedarfssteigerung hatte der Verwaltungsrat der EOS seinerzeit den Bau der Grande Dixence beschlossen, welche nach Fertigstellung aller Bauarbeiten, d. h. vom Jahre 1965 an, der EOS 840 GWh Winterenergie liefern wird.

#### 5. Übertragungsanlagen und Betriebsstörungen

Wir möchten nun zu den *Statistiken über die Kraftwerke, die Unterwerke und die Hochspannungsleitungen* übergehen.

Bei den *Kraftwerken* haben wir zu wenig Zahlen, um eine genügend beweiskräftige und anschauliche Statistik über die Störungen an den Maschinen und Apparaten ausarbeiten zu können.

Bei den *Übertragungsanlagen* verhält es sich in dieser Hinsicht anders. Die *Überwachung und die Bewertung der Energieverluste* in einzelnen Teilen des Hochspannungsnetzes der EOS (z. Z. meist 130 kV) haben die EOS veranlasst, auf 220 kV überzugehen. Eine der am stärksten belasteten Leitungen des Netzes der EOS, die Strecke Wallis-Romanel (bei Lausanne) wird vom nächsten Winter an durch eine 220-kV-Leitung entlastet, und es wird auf diese Weise möglich sein, die Übertragungsverluste wesentlich zu vermindern.

Andere Massnahmen wie z. B. die Ringschaltung des westschweizerischen, des schweizerischen und ausländischer Netze ermöglichten eine fühlbare Verminderung der Übertragungsverluste und eine bessere Ausnutzung des Leitungsnetzes.

Gleichzeitig mit der Ausdehnung des Hochspannungsnetzes der EOS sind sehr ausgedehnte Berechnungen und Versuche durchgeführt worden, um *Möglichkeiten zur Verminderung der Baukosten von Hochspannungsleitungen* zu finden. Unsere Statistiken über die neuen Leitungen zeigten eine anhaltende Steigerung der Erstellungskosten, welche in erster Linie durch die

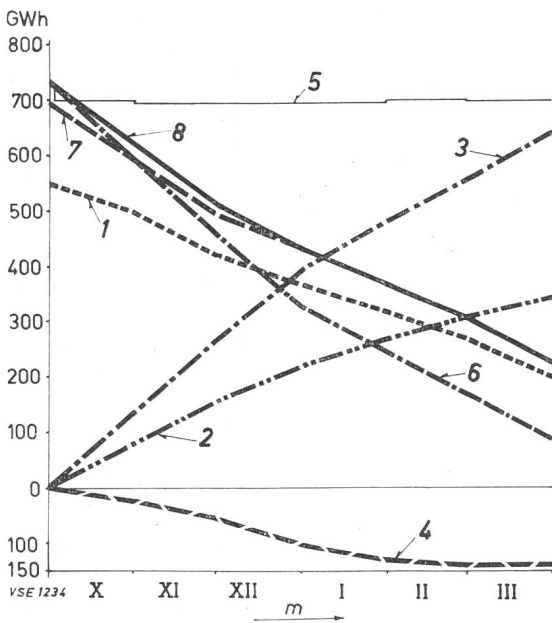


Fig. 5

Entwicklung der verschiedenen Grössen, welche den Energieverkehr beeinflussen. Winter 1959/60

Auf Ende des Winters wurde ein Vorrat an nicht ausgenutzter Speicherenergie geschaffen, um den für den Winter 1960/61 erwarteten Mangel an Speicherenergie kompensieren zu können

- 1 Energieinhalt der Speicherbecken
  - 2 Energieerzeugung
  - 3 Eigene Energieerzeugung + Energieankauf + Rücklieferungen
  - 4 Überschuss-Energie
  - 5 Gesamte Lieferungs-Verpflichtungen
  - 6 Energiemenge, die von einem bestimmten Datum an bis Ende April geliefert werden muss
  - 7 Zur Verfügung stehende Energiemenge
  - 8 Von einem bestimmten Datum an zur Verfügung stehende Energiemenge (inkl. vertraglich festgelegter Energieankauf)
- m Monat

allgemeine Erhöhung der Materialpreise und der Löhne, aber auch der Entschädigungen für Durchleitungsrechte, Servitute usw. bedingt waren. – Dank der Ver-

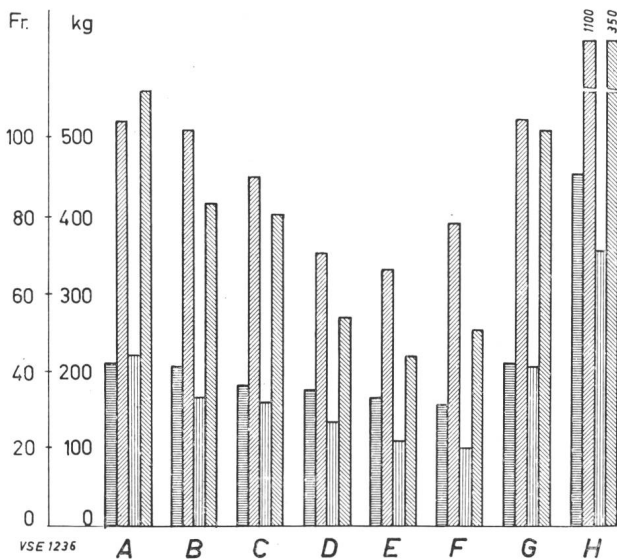


Fig. 6

Vergleich der spezifischen Baukosten für verschiedene in den letzten Jahren erstellte zweisträngige 220-kV-Leitungen

A — B — C — D — E — F von der EOS erbaute Leitungen  
G — H von andern Werken erbaute Leitungen

- ▨ Kosten pro km in 1000 Fr.
- ▩ Kosten pro km und MW in Fr.
- ▧ Gewicht der Masten pro km Leitung in 10<sup>8</sup> kg
- ▦ Gewicht der Masten pro km und MW in kg

besserung der Konstruktionen, der praktischen Erprobung verschiedener Theorien, der erhöhten Qualität des verwendeten Materials usw. war es der EOS in den letzten Jahren möglich, die Baukosten neuer Hochspannungsleitungen beträchtlich zu senken (Fig. 6).

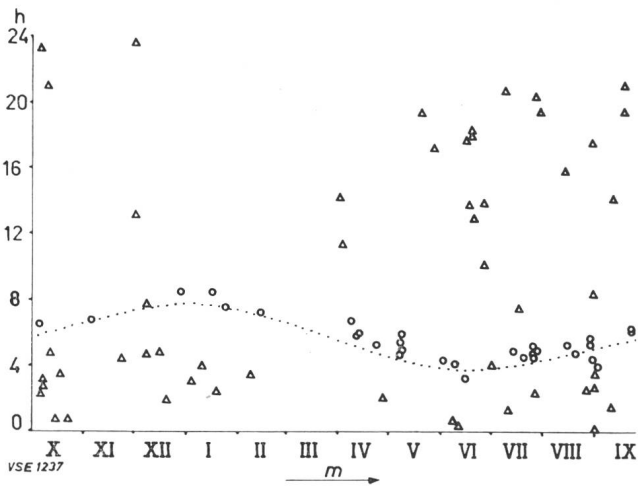


Fig. 7

Statistik über die Störungen auf den Hochspannungsleitungen

«Morgenstörungen» und Störungen aus andern Gründen (Blitzschläge, Isolatoren-defekte usw.). Leitungen der EOS Romanel—Verbois (2 Stränge) und Romanel—Renfile (1 Strang)

Periode 1953 bis 1957 (5 Jahre) vor der allgemeinen Verbesserung der Masterdungen und vor der Montage von Schutzgittern gegen Vögel

- «Morgenstörungen». Jahresdurchschnitt 7 Störungen
- ▲ Störungen aus andern Gründen Jahresdurchschnitt 10 Störungen
- .....Kurve für die Zeit des Sonnenaufgangs
- m Monat

Eine weitere Statistik von allgemeinerem Interesse ist die Statistik der EOS über die Störungen der Fernleitungen. Die auftretenden Störungen haben ganz verschiedene Ursachen. Die eine, nur vorübergehende Art von Störungen betrifft eine einzige Phase und hat meist keine andern nachteiligen Folgen als die Abschaltung der Leitung, welche sofort wieder in Betrieb genommen werden kann. Dank dem selektiven Leitungsschutz und der sofortigen Abschaltung der betroffenen Leitung entstehen in solchen Fällen meist keine weiteren oder nur sehr beschränkte Schäden. Die zweite Art von Störungen, nämlich die bleibenden Störungen, sind von viel schwererer Art, aber auch viel seltener. Sie können z. B. durch Fehler in den Abschalteinrichtungen oder in den an den Enden der Leitungen eingebauten Messeinrichtungen verursacht sein, aber auch durch den Unterbruch einer Leitung durch eine Lawine oder durch einen auf die Leiter fallenden Baum, da die Holzfäller leider sehr wenig Respekt vor unsern Leitungen haben.

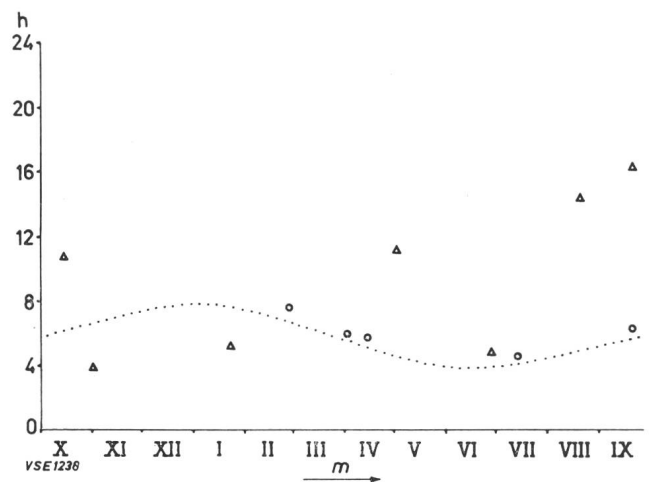


Fig. 8

Statistik über die Störungen auf den Hochspannungsleitungen

«Morgenstörungen» und Störungen aus andern Gründen (Blitzschläge, Isolatoren-defekte usw.). Leitungen der EOS Romanel—Verbois (2 Stränge) und Romanel—Renfile (1 Strang)

Periode seit 1958 (zirka 2½ Jahre) nach der Verbesserung der Masterdungen und nach der teilweisen Montage von Schutzgittern gegen die Vögel. Die Montage der Schutzgitter gegen die Vögel war im Oktober 1959 beendet. Von diesem Zeitpunkt an sind gar keine «Morgenstörungen» mehr aufgetreten

- «Morgenstörungen»
- ▲ Störungen aus andern Gründen. Nur 2 dieser Störungen sind durch Blitzschlag verursacht
- .....Kurve für die Zeit des Sonnenaufgangs
- m Monat

Die durch atmosphärische Entladungen verursachten Störungen sind meist nur vorübergehender Art. Im Netz der EOS wurde entgegen dieser allgemeinen Erfahrung festgestellt, dass derartige Störungen sehr häufig auftraten. Da alle 130- und 220-kV-Leitungen der EOS mit an jedem Mast geerdetem Erdseil ausgerüstet sind, musste man annehmen, dass die zur Erde abfließenden Blitzströme einen so grossen Spannungsabfall verursachten, dass es zu Überschlägen an den die Leiterseile tragenden Isolatorenketten kam. Daraufhin wurden an allen Masten die Erdungen kontrolliert. Es zeigte sich, dass ein grosser Teil dieser Erdungen eindeutig ungenügend war. Es muss allerdings erwähnt werden, dass diese Erdungen vor rund 30 Jahren erstellt worden sind, also zu einer Zeit, da

die Kenntnisse über die Rückwirkungen eines Blitzschlags auf eine Hochspannungsleitung noch recht lückenhaft waren. Nachdem der ungenügende Zustand der Erdungen erkannt worden war, hat die EOS alle Erdungen durch Verlegung von einem bis vier Metallbändern von je ca. 10 m Länge bei jedem Mast verbessert. Da das ganze Hochspannungsnetz der EOS 810 km lang ist, können Sie sich vorstellen, wie umfangreich diese 2 Jahre dauernden Verbesserungsarbeiten waren.

Wir möchten nicht behaupten, dass dank dieser Massnahme Störungen infolge von atmosphärischen Entladungen auf das Leitungsnetz der EOS vollständig verhindert werden können. Ohne Zweifel erhöhen aber die verbesserten Masterdungen die Betriebssicherheit wesentlich. Die Störungsstatistiken der nächsten Jahre werden dies sicher beweisen.

Eine andere Art von vorübergehenden Störungen auf den Hochspannungsleitungen sind die sog. «Morgenstörungen», über die schon sehr viel geschrieben worden ist. Für die mit dem Betrieb eines Hochspannungsnetzes weniger vertrauten Leser möchten wir erläutern, dass es sich dabei um plötzliche Abschaltungen der Leitungen während der Morgendämmerung handelt. Diese Störungen treten ohne ersichtlichen Grund zu jeder Jahreszeit auf und betreffen meist nur eine einzige Phase. Diese Feststellungen sind statistisch eindeutig bewiesen (Fig. 7 und 8).

Für die EOS wirkten sich diese Störungen vor allem auf der verhältnismässig neuen 130/150-kV-Leitung von Romanel (bei Lausanne) nach Genf sehr störend aus. Diese Leitung verläuft nördlich der 130-kV-Leitung von Romanel nach Renfile (bei Genf), welche seinerzeit nur für 110 kV gebaut und deshalb für die heutige Betriebsspannung von 130 kV schwächer isoliert ist als die zuerst genannte neuere Leitung. Auf beiden Leitungen wirkten praktisch genau die gleichen atmosphärischen Einflüsse, und es wäre deshalb eigentlich zu erwarten, dass die weniger gut isolierte Leitung vermehrt abgeschaltet würde. Dies war aber gar nicht der Fall. Meist schaltete ohne irgend einen ersichtlichen Grund die auf der Juraseite gelegene, neuere Leitung aus und zwar ohne dass in der betreffenden Gegend Nebel oder Gewitter vorhanden waren und ohne dass andere leerlaufende Leitungen des Netzes abgeschaltet worden wären, was unter Umständen Überspannungen hätte hervorrufen können. Eine Verstärkung der Isolation der Leitung brachte gar keine Verbesserung der Betriebssicherheit. Als weitere Massnahme wurden an den äusseren Enden der Querträger fächerförmig angeordnete Drähte befestigt, welche die Vögel von ihrer «Morgentoilette» unmittelbar oberhalb der Isolatorenketten hätten abhalten sollen.

Aber auch diese Massnahme hatte nicht den erwarteten Erfolg. Schlussendlich konnte dann aber der Grund für diese Störungen doch noch gefunden werden. Einerseits verdanken wir dies den Meldungen eines Angestellten des Flugplatz-Kontrollturms von Genf-Cointrin. Dieser Angestellte hatte an der in der Nähe des Flugplatzes vorbeiführenden Hochspannungsleitung auf einem Mast einen Lichtbogen beobachtet. Andererseits wurden an kleinen, auf den Leiterseilen montierten Transformatoren Brandspuren an den Bolzen festgestellt (die Primärseite dieser Transformatoren wurde durch den Leiter selbst gebildet; die Sekundärseite bestand aus einer durch einen Schmelzdraht kurzgeschlossenen Wicklung. Bei leer-

laufender Leitung war das Schmelzen dieses Drahtes ein Beweis für das Auftreten eines Kurzschlussstromes auf der Leitung; auf diese Weise konnte das Gebiet, in welchem sich die Störungsquelle befand, eingegrenzt werden). Mit diesen Beobachtungen war auch die eigentliche Ursache der Störung ermittelt. (Fig. 9.)

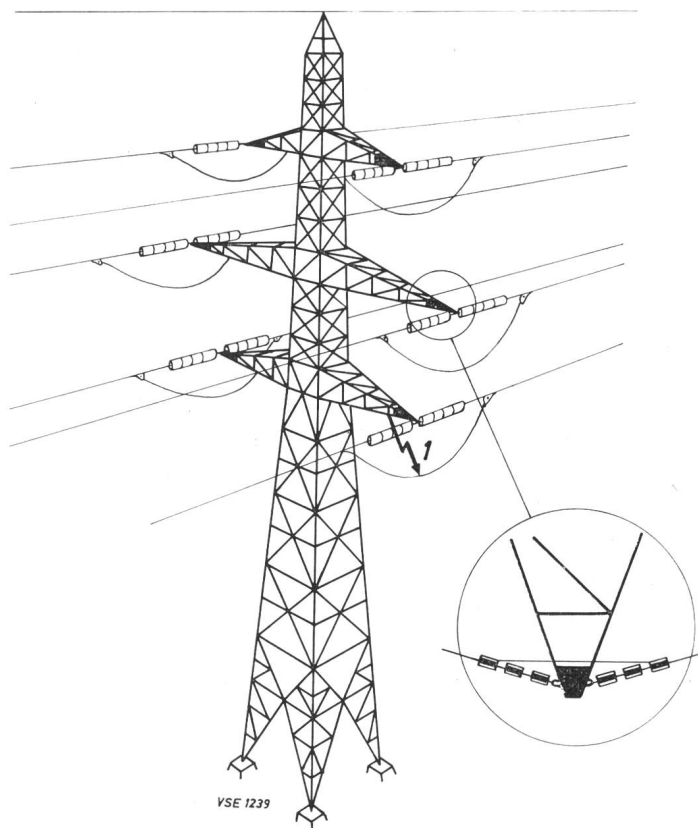


Fig. 9

«Morgenstörungen»

Skizze eines Winkel-Abspannmastes. Auf diesem Mast ereigneten sich die Morgenstörungen

Detailzeichnung Kopf eines käfigartigen Metallträgers, wo sich die Vögel niederliessen. Der Kurzschluss 1 gegen Erde wird durch die Vögel bei ihrer Morgentoilette eingeleitet, und zwar zwischen dem untern Teil des Käfigs und dem ca. 1,6 m darunter liegenden Leiter

Nun war es leicht, für Abhilfe zu sorgen. Der Zugang zu dieser Sitzgelegenheit wurde den Vögeln durch nachträglich montierte Metallgitter verunmöglichlicht. Nachdem diese Gitter angebracht worden waren, nahm die Anzahl der Morgenstörungen sehr stark ab. Dieser Rückgang der Störungen war auch für das mit der Überwachung der Leitung beauftragte Betriebspersonal der EOS angenehm, da dieses Personal in den frühen Morgenstunden, welche die Krähen für ihre «Morgentoilette» benutzen, normalerweise noch keinen Dienst hat.

Der Nutzen der Statistiken wird heute von niemandem mehr bestritten; es ist eine Tatsache, dass zweckmässig geführte Statistiken für die Untersuchung von bestimmten Problemen und für eine technisch einwandfreie und eine wirtschaftlich nutzbringende Betriebsführung sogar unentbehrlich sind. Bei der Auswertung der Statistiken dürfen aber nie die Regeln des gesunden Menschenverstandes missachtet werden.

D. : Tr.

Adresse des Autors:

E. Seylaz, ingénieur, chef du service des mouvements d'énergie de la S. A. Energie de l'Ouest-Suisse, Lausanne.