

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
<b>Band:</b>	48 (1957)
<b>Heft:</b>	10
<b>Rubrik:</b>	Energie-Erzeugung und -Verteilung : die Seiten des VSE

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 08.01.2026

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

# Energie-Erzeugung und -Verteilung

## Die Seiten des VSE

### Wie entsteht eine Prognose der Sommerabflussmenge eines Alpenflusses?

Von W. Schweizer, Birmensdorf b. Zürich

519.24 : 627.133.5

Anhand von drei Beispielen wird gezeigt, dass die Methode der Korrelationsrechnung für die Alpenflüsse die Aufstellung von Sommer-Abflussprognosen auf Grund der Winter-Niederschlagsbeobachtungen im Einzugsgebiet gestattet. Auf die Bedeutung solcher Prognosen für die schweizerische Elektrizitätswirtschaft wird kurz hingewiesen.

*A l'aide de trois exemples, l'auteur montre que la méthode du calcul de corrélation permet d'établir pour les cours d'eau alpins des prévisions de débit estival en partant des précipitations observées durant l'hiver dans le bassin versant; il souligne en quelques mots l'importance de telles prévisions pour l'industrie suisse de l'électricité.*

#### Allgemeines

Es besteht ein beträchtlicher Unterschied zwischen den *normalen Wetterprognosen* und einer *Abflussvorhersage*: die erste sucht auf Grund der momentanen Wetterlage die Entwicklung in den nächsten 24 Stunden zu bestimmen; die zweite setzt sich zum Ziel, die gesamte Wassermenge im voraus zu berechnen, die ein genau abgegrenztes Flussgebiet innert einer bestimmten längeren Zeit, z. B. drei Monaten, verlassen wird.

Das Wesen und die praktische Bedeutung einer Abflussprognose kann am besten am Beispiel *kalifornischer Flüsse* vor Augen geführt werden. In Kalifornien fällt, ähnlich wie in Südeuropa, während einiger Sommermonate praktisch kein Regen, so dass die Pflanzenwelt eine Zeit der Trockenruhe durchmachen muss. Die fruchtbaren Obst- und Gemüseplantagen des Landes liefern daher ihre Ernten nur dank umfangreicher Bewässerungsanlagen, in welchen Wasser aus den Bergketten der *Sierra Nevada* verwendet wird. Mit der Ausdehnung der landwirtschaftlichen Kulturläche konnte man im Lauf der Jahre nur so weit gehen, als das von den Bergflüssen im Sommer gelieferte Wasser ausreicht, wobei man sogar sicherheitshalber nicht mit einer normalen Wassermenge, sondern mit Niederwasser hätte rechnen müssen. Hier kommt nun die im Frühjahr ausgegebene *Sommerabflussprognose* zu Hilfe<sup>1)</sup>. Sie geht davon aus, dass die Gebirgsflüsse Schneeschmelzwasser führen, das um so reichlicher fließt, je grösser der während der Wintermonate angesammelte *Schneevorrat* ist. Messungen des Winterniederschlags oder der Schneehöhen in den Bergen liefern die Grundlagen für die Prognose, welche ihrerseits erlaubt, den Anbau in einem Umfang vorzunehmen, für welchen die Bewässerung ausreichen wird.

Bei der Schneeschmelze wirken indessen in Kalifornien wie auch bei uns noch andere Faktoren mit, die nicht im voraus bekannt sind, wie Temperatur, Verdunstung, Niederschläge nach Ausgabe der Pro-

gnose u. a. m. Deshalb ist die zukünftige Wassermenge niemals genau als Funktion des Schneevorrates berechenbar. In Wirklichkeit treten Abweichungen vom berechneten Wert nach unten und oben auf. Es ist auch zu bedenken, dass die Niederschlagsmessungen nur an einer beschränkten Zahl von Stationen im Einzugsgebiet vorgenommen werden und somit für den wirklichen Wasservorrat in Form von Schnee nicht einen vollständig sicheren Zahlenwert ergeben. Besonders in Berggegenden ist die Verteilung der Niederschläge je nach Höhenlage, Geländeform und -exposition sehr ungleich, weshalb die Berechnungen des Gesamtniederschlages aus den stichprobenartigen Messungen nur eine Annäherung darstellen.

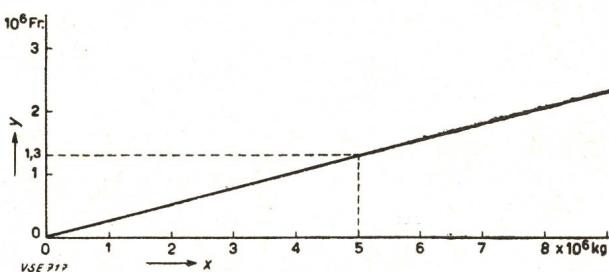


Fig. 1

Beispiel einer funktionalen Abhängigkeit  
Zollertrag beim Import einer Ware mit einer Zollbelastung von  
Fr. 26.— pro 100 kg

x Importmenge (Variable)  
y Zollertrag (Funktion)

$$y = 0,26 \cdot x$$

Man fasst die Tatsache, dass ein Naturvorgang oder ein Versuchsergebnis von Fall zu Fall in mehr oder weniger ausgeprägtem Mass von einer messbaren Grösse beeinflusst wird, unter dem Begriff der *«stochastischen Abhängigkeit»* zusammen, im Unterschied zur präzisen *«funktionalen Abhängigkeit»*<sup>2)</sup>. Figur 1 zeigt graphisch ein Beispiel für den zweiten Fall in dem Sinne, dass mit jeder Ver-

<sup>1)</sup> Genauere Prüfungen zeigen, dass weit mehr Erscheinungen in Natur und Technik in stochastischer Abhängigkeit von ihrer Hauptursache stehen, als man auf den ersten Blick anzunehmen geneigt ist; ja man ist berechtigt, zu sagen, dass die rein funktionalen Wirkungen nur in der Theorie vorkommen.

<sup>2)</sup> In Kalifornien sind Abflussprognosen erstmals 1911 von Prof. Dr. J. E. Church (Universität Nevada) ausgegeben worden.

änderung der Grösse  $x$  auch der Wert von  $y$  sich ändert. In Figur 2 sind die Rhoneabflüsse von zwanzig Jahren einzeln als Funktion des Schneevorrates im Einzugsgebiet dargestellt. Man erkennt leicht, dass im allgemeinen mit steigendem Wintervorrat auch grössere Abflüsse einhergehen. Die angeschriebene Abflussgleichung, welche der eingetragenen «Ausgleichsgeraden» entspricht, stellt aber kein strenges Naturgesetz dar, sondern sie gibt eher ein mittleres Verhalten an (die Zahl 177 ist für den Vergleich der Figuren 1 und 2 ohne Belang; es ist die Konstante der Regressionsgleichung). Die Aus-

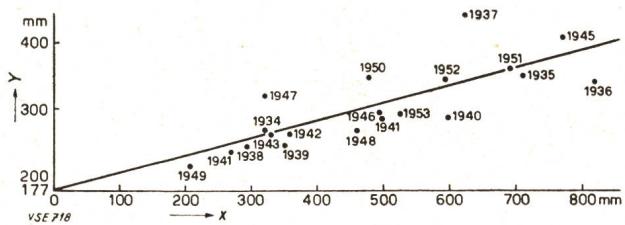


Fig. 2

## Beispiel einer stochastischen Abhängigkeit

Die Rhoneabflusshöhen im Unter-Wallis vom 1. Mai bis 30. Juni für die Jahre 1934...1953 in Abhängigkeit des Schneevorrates im Einzugsgebiet aus den vorangegangenen 7 Monaten

Alle Werte wurden als Dicke einer gleichmässig über das Flussgebiet von  $5220 \text{ km}^2$  verteilten Wasserschicht berechnet  
 $x$  Schneevorrat  
 $Y$  Abflusshöhe

$$Y = 0,26 x + 177$$

gleichsgerade entspricht in ihrer Lage am besten den verstreuten Punkten; die mehr oder weniger starke Abweichung der Punkte von der Geraden zeigt bildlich, wie sich das betreffende Jahr vom «Normalfall» unterschied.

Während wir für eine funktionale Abhängigkeit nur ein einziges Zahlenpaar brauchen (z. B.  $x = 5$ ;  $y = 1,3$ ), um andere Fälle zu berechnen, können stochastische Zusammenhänge offenbar erst auf Grund einer Reihe von Messungen erkannt und beurteilt werden. Man bedient sich dabei der statistischen Methode der *Korrelationsrechnung*, die auch in vielen andern Gebieten, der Naturwissenschaft, Technik und im Versicherungswesen Anwendung findet. In der Gewässerkunde werden dafür meist Messungen von mindestens zehn, besser noch 20, 30 oder mehr Jahren verwendet.

Wir wollen die Entstehung von Abflussprognosen<sup>3)</sup> anhand von drei Fällen verschiedener Grösse verfolgen, über welche Figur 3 orientiert. Die dafür verwendeten Abflussmessungen sind vom *Eidgenössischen Amt für Wasserwirtschaft*, die Niederschlagsbeobachtungen von der *Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt* veröffentlicht worden.

<sup>3)</sup> In der Ausgabe und Anwendung von Sommerabflussprognosen ist in Europa die «Electricité de France» vorangegangen; siehe unter anderem [2] gemäss Literaturverzeichnis am Schluss dieser Arbeit.

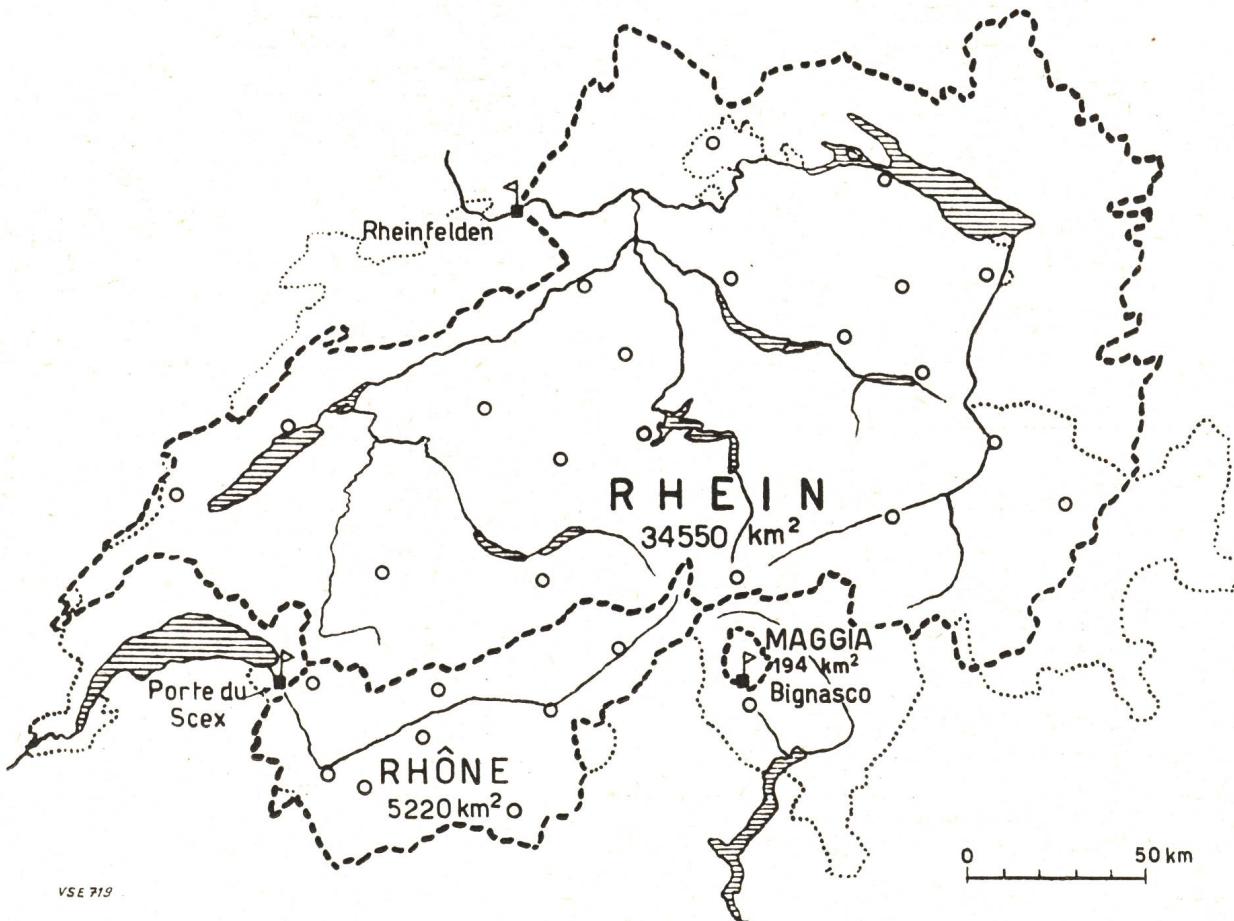


Fig. 3  
Übersicht der Flussgebiete, für welche im Jahre 1955 Abflussprognosen ausgegeben wurden



Abflussmeßstation



Niederschlagsstation (Auswahl aus über 300 Stationen)

Dick strichpunktiert sind die Grenzen der Flussgebiete eingezzeichnet; die Zahlen bedeuten die Flächen dieser Flussgebiete in  $\text{km}^2$

### Die Maggia

Mit Recht gilt dieses Gewässer als eines der wildesten in der Schweiz. Das Einzugsgebiet der Meßstelle von *Bignasco* besitzt eine mittlere Höhe von 1840 m ü. M. Die mittlere Wasserführung richtet sich hauptsächlich nach der Ansammlung und dem Schmelzen der Schneedecke und zeigt Niederwasser vom Dezember bis zum März, Hochwasser im Mai und Juni. Nach der Schneeschmelze sinkt der Wasserstand der Maggia gewöhnlich wieder im Sommer, doch reagiert er heftig auf die sommerlichen Regenfälle und steigt im allgemeinen gegen den Oktober noch leicht an, wegen der für die Alpensüdseite charakteristischen starken Herbstregen. Im Hochwasserjahr 1951 führte die Maggia vom April bis zum Juli talabwärts insgesamt mehr als dreimal soviel Wasser als im Trockenjahr 1949. Die extremen Stände vom August 1951 und August 1949 waren  $490 \text{ m}^3/\text{s}$  und  $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Für eine Prognose kommt die Zeitspanne vom 1. April bis zum 31. Juli am besten in Frage, weil in dieser Zeit die Schneedecke im ganzen Gebiet verschwindet. Hätten wir nichts anderes als die Abflussmessungen seit 1929, so müsste man den Mittelwert als die wahrscheinlichste Zahl für jeden künftigen Abfluss bezeichnen. Dazu kann die Grundstreuung  $s$  angegeben werden, die in der Statistik nach der Formel

$$s = \sqrt{\frac{S(Y - \bar{Y})^2}{n-1}}$$

berechnet wird. Darin bedeutet:

$S$  Summe

$n$  Anzahl Jahre

$Y$  Abfluss eines Einzeljahres

$\bar{Y}$  mittlerer Abfluss aller Jahre der Beobachtungsreihe

Da die Grösse  $\bar{Y}$  in der Zeit vom 1. April bis zum 31. Juli 972 mm beträgt, d. h. eine Wassermenge von  $972 \text{ mm} \times 194 \text{ km}^2 = 188,6 \text{ Millionen m}^3$  darstellt, kann man jeden Sommer rund 190 Millionen  $\text{m}^3$  Wasser erwarten, wobei mit mittleren Abweichungen von 326 mm oder 65 Millionen  $\text{m}^3$  zu rechnen ist. So käme man auf eine Abflussmenge, die mit grosser Wahrscheinlichkeit zwischen 125 und 255 Millionen  $\text{m}^3$  liegen müsste.

Suchen wir nun aber mit Hilfe von Korrelationsrechnungen nach dem Zusammenhang zwischen den Sommerabflüssen und den vorangegangenen Niederschlägen, so erkennen wir eine bemerkenswerte Übereinstimmung mit den Beobachtungen der Niederschlagsstation in *Cevio*. Entsprechende Rechnungen mit den Messresultaten anderer Stationen (z. B. *Fusio*, *Airolo*, *St. Gotthard*), die in der Höhenlage dem Gebiet der Maggia sogar besser entsprechen würden, haben weniger günstige Ergebnisse geliefert als *Cevio*. Natürlich liegt es auf der Hand, dass die in der Gegend von *Cevio* fallenden Niederschläge gar nicht zur Meßstelle *Bignasco* gelangen können, ferner, dass besonders im Spätherbst ein gewisser Teil des Niederschlags noch als Regen fällt und sofort abfließt. Die Korrelationsrechnung zeigt aber, dass man für die bis-

herige Beobachtungszeit mit der Niederschlagssumme von *Cevio* vom 1. Oktober bis 31. März als Grösse des Winterschneevorrates im obern Maggital rechnen kann. Figur 4 zeigt diesen Zusammenhang und gibt die Abflussgleichung von der Form

$$Y = 0,894 x + 405$$

Darin ist  $Y$  der wahrscheinlichste Abfluss vom 1. April bis zum 31. Juli und  $x$  die Summe der Niederschläge in *Cevio* vom 1. Oktober bis zum 31. März.

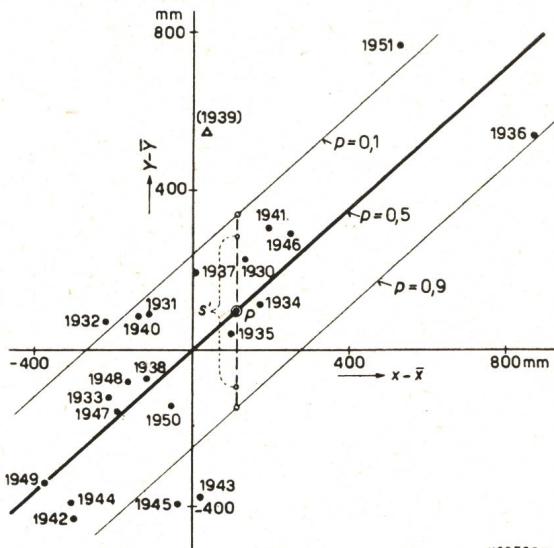


Fig. 4

Zusammenhang zwischen den Abflusshöhen der Maggia in *Bignasco* und den Winterniederschlägen in *Cevio*

Die Korrelationsrechnung wurde auf Grund der Messresultate für die Jahre 1929/30 bis 1950/51 durchgeführt; aus besonderen Gründen musste das Jahr 1938/39 weggelassen werden

$x$  Winterniederschläge in *Cevio* vom 1. Oktober bis 31. März

$\bar{x}$  mittlere Winterniederschläge aller Jahre der Beobachtungsreihe (634 mm)

$Y$  Abflusshöhe der Maggia in *Bignasco* vom 1. April bis 31. Juli

$\bar{Y}$  mittlere Abflusshöhe aller Jahre der Beobachtungsreihe (972 mm)

$P$  Prognose für 1955

$s'$  mittlere Prognosenstreuung ( $\pm 190 \text{ mm}$ )

Bedeutung der Geraden  $p = 0,1$  und  $p = 0,9$ : Siehe Erklärungen im Text

Wenn sich die Prognose nunmehr auf eine bekannte Zahl für den Winterschneevorrat stützen kann, ist die zu erwartende Abweichung des wirklichen Wertes vom berechneten (die sog. mittlere Prognosenstreuung  $s'$ ) bedeutend kleiner als die Grundstreuung. Wir finden für die Maggia  $s' = \pm 190 \text{ mm}$ . Auf dieser Grundlage konnte z. B. im Frühjahr 1955 angegeben werden, dass der Sommerabfluss  $1072 \text{ mm} \pm 190 \text{ mm}$  betragen würde, d. h. dass er sich mengenmäßig auf 170...245 Millionen  $\text{m}^3$  belaufen müsste. Man sieht sofort, dass diese Angabe wesentlich zielsicherer ist als die erste, und dass damit der Sommer 1955 von vorne herein ziffernmässig als wasserreich bezeichnet werden konnte<sup>4)</sup>.

Die in Figur 4 sichtbaren Linien  $p = 0,1$  und  $p = 0,9$  geben Grenzen an, die aus der Prognosenstreuung berechnet wurden unter Annahme, dass

<sup>4)</sup> Seit Ende 1953 wird das Wasser der Maggia grossteils für die Kraftwerke abgeleitet, deshalb sind die heutigen Messungen in *Bignasco* nicht mehr vergleichbar mit den früheren.

die wirklichen Abflüsse eine sog. Gauss'sche Normalverteilung rund um die berechneten Werte besitzen. Neun von zehn Jahren sollten über der tieferen Linie, und ebenfalls neun unter der höheren Linie ihren Platz haben, so dass dazwischen acht einigermassen «normale» Jahre bleiben. Natürlich kann niemand voraussagen, ob ein kommendes Jahr ein von der Regel abweichendes Ausnahmejahr sein wird, sind doch solche Jahre (1932, 1939, 1943, 1945 und 1951) ganz unregelmässig nach oben oder unten abweichend über die Jahrzehnte verteilt.

Die Prüfung des Zusammenhangs zwischen den Winterniederschlägen der Walliser Stationen und den Abflüssen ergibt, dass mit Vorteil mehrere regional gut verteilte Stationen in die Rechnung einzogen werden können. So ist der Schneevorrat für Figur 2 aus den Niederschlägen von acht Stationen berechnet worden nach der Überlegung, dass die Schneedecke im Frühling soviel Wasser verkörpere, wie der um den Winterabfluss verminderte winterliche Gesamtniederschlag angibt. Nähere Angaben darüber enthält [4].

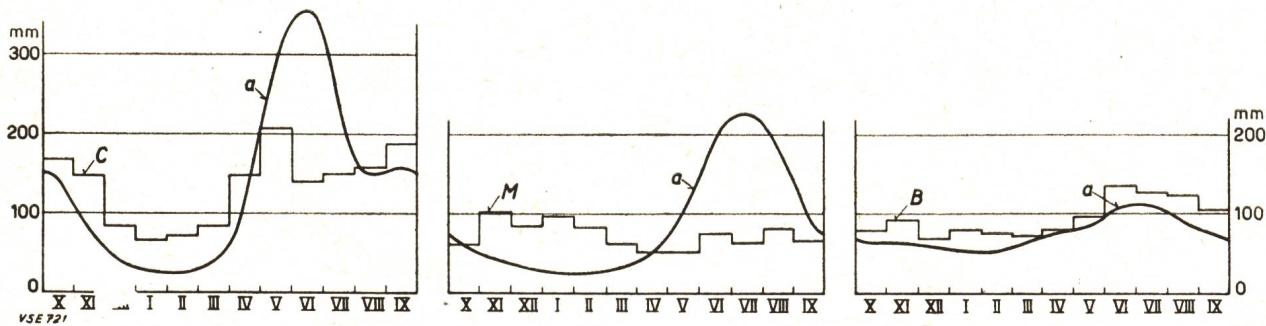


Fig. 5

Mittlere monatliche Niederschlags- und Abflusshöhen für die drei Flussgebiete der Fig. 3

Von links nach rechts: *Maggia* in Bignasco, *Rhone* bei Porte du Scex und *Rhein* bei Rheinfelden

a Abflusshöhe

C Niederschlagshöhe in Cevio  
(Mittelwerte für die Jahre 1930...1951)

M Niederschlagshöhe in Montana  
(Mittelwerte für die Jahre 1934...1953)

B Niederschlagshöhe in Beromünster  
(Mittelwerte für die Jahre 1934...1953)

*Maggia*

Fläche des Einzugsgebietes . . . . . 194 km<sup>2</sup>  
mittlere Höhe über Meer des Einzugsgebietes . . . 1840 m  
mittlere Jahresabflusshöhe für die Jahre 1930...1951 1660 mm

*Rhone*

Fläche des Einzugsgebietes . . . . . 5220 km<sup>2</sup>  
mittlere Höhe über Meer des Einzugsgebietes . . . 2130 m  
mittlere Jahresabflusshöhe für die Jahre 1934...1953 1117 mm

*Rhein*

Fläche des Einzugsgebietes . . . . . 34550 km<sup>2</sup>  
mittlere Höhe über Meer des Einzugsgebietes . . . 1070 m  
mittlere Jahresabflusshöhe für die Jahre 1934...1953 912 mm

### Die Rhone

Mit einem Gletscheranteil von 16 % im Einzugsgebiet von 5220 km<sup>2</sup> hat die Rhone vor der Mündung in den Genfersee einen andern Charakter als die Maggia.

Das regelmässige jahreszeitliche Hochwasser fällt in die Monate Juni, Juli und August, wobei der August noch deutlich grössere Abflüsse liefert als der Mai. Dies ist das Kennzeichen der Flüsse mit bedeutendem Anteil von Gletscherwasser (Figur 5). Da die Gletscher in warmen, trockenen Sommern vermehrt, in einem regnerischen Sommer aber weniger Wasser liefern, sind die Schwankungen der Sommerabflüsse prozentual viel kleiner als bei der Maggia. Die Grundstreuung ist bei einer mittleren Abflusshöhe vom April bis zum Juli von 600 mm nur 97 mm oder 16 % gegenüber 34 % im Maggiatal.

Mehr als die Hälfte des Rhonegebietes liegt in Höhen zwischen 1800 und 3000 m ü. M., also in einer Zone, wo die im Vergleich zum Talboden schon reichlicheren Niederschläge sich im Winter als Schneedecke ansammeln und vom Frühjahr an als Schmelzwasser weggehen. Eine Sommerabflussprognose kann sich daher sehr gut wiederum auf die Monate April bis Juli beziehen.

Die für den Sommer 1955 berechnete Abflussprognose liess überdurchschnittliche Wasserführung erwarten, die tatsächlich auch bis Ende Juni registriert wurde. Anschliessend gelangte jedoch die restliche Schneedecke in der Höhe nicht vollständig zum Abschmelzen, und auch die Gletscherschmelze blieb vom Juli an unter ihrem gewöhnlichen Ausmass. So erreichte die Rhone bis zum Herbst nur wenig mehr als ihren Mittelwert. Bei der näheren Prüfung des Wasserhaushaltes ergab es sich, dass in den Jahren 1934 bis 1953 durchschnittlich rund 10 % der Sommerwassermenge vom Juni bis September vom *Rückzug der Gletscher* stammten, d. h. die Rhone hätte soviel weniger Wasser geführt, wenn das Volumen der Gletscher unverändert geblieben wäre.

### Der Rhein

Man wird sich wohl fragen, ob der Rhein bei Rheinfelden noch mit Recht ein Alpenfluss genannt werden dürfe. Er zeigt aber beim Verlassen unseres Landes noch so deutlich die alpinen Merkmale des Sommerhochwassers und des niedrigen Standes im Winter, dass er noch weit flussabwärts ein Alpensohn bleibt. Erst die Verbindung mit den deutschen Strömen verändert im Unterlauf sein Regime

so, dass die winterlichen Wassermengen überwiegen.

Die Sommerabflüsse vom April bis Ende Juli betragen im Durchschnitt  $383 \text{ mm} \pm 66 \text{ mm}$ , das sind 13 Milliarden  $\text{m}^3 \pm 2$  Milliarden  $\text{m}^3$ . Das Trockenjahr 1949 lieferte in dieser Zeit nur 9 Milliarden, das Hochwasserjahr 1927 dagegen 17 Milliarden  $\text{m}^3$ .

Für die Ausgabe von Prognosen wurde eine Anzahl aus den annähernd dreihundert Niederschlagsstationen ausgewählt, welche, regional gut verteilt, die mittleren Niederschlagsverhältnisse des grossen Einzugsgebietes am besten wiedergeben. Ein Mass für die Schneereserven können in erster Linie die Stationen in den Bergen, wie Davos, Andermatt usw. liefern, doch sind auch Orte im Mittelland wie Neuenburg, Aarau, Kreuzlingen u. a. insofern beteiligt und für die Rechnung verwendbar, als die Wasserreserven im Boden und in den Seen auch von Regenfällen im Winter gespeist werden und zum Teil erst viel später abfliessen.

Die Abflussgleichung für die Monate April bis Juli lautet:

$$Y = 0,40 x + 173$$

Sie erlaubte, am 1. April 1955 als wahrscheinlichste Abflussmenge 14,6 Milliarden  $\text{m}^3$  zu nennen (mittlere Prognosenstreuung 1,4 Milliarden  $\text{m}^3$  oder 10%). Nach Ablauf der Frist ergaben die Messungen, dass 15,2 Milliarden  $\text{m}^3$  Wasser abgeflossen waren.

Interessanterweise gibt die Voraussage für den Rhein nicht nur in den Monaten der Schnee-

schmelze gute Resultate, sondern auch in der Folgezeit, z. B. vom 1. August bis zum 31. Oktober. Dies beruht in der Hauptsache darauf, dass die Seen mit einer gesamten Oberfläche von  $1250 \text{ km}^2$  beim normalen Ansteigen im Frühling etwa eine Milliarde  $\text{m}^3$  Wasser aufnehmen und wochen- oder monatelang behalten. Neuerdings beträgt die in künstlichen Stauseen gespeicherte Wassermenge im Rheingebiet etwa gleichviel und verändert das Regime in der Weise, dass damit erst die Winterabflüsse verstärkt werden.

Allen drei Flussgebieten ist gemeinsam die winterliche Schneerücklage, die das Frühsommerhochwasser liefert. Abflussprognosen haben in unserem Land nicht für Bewässerungsfragen, wohl aber für die Füllung von Stauseen, für die Regulierung der grösseren Seen und für die Erzeugung von Sommerenergie Bedeutung.

#### Literatur

- [1] Church J. E.: Snow and Life [Manuskript]. Nevada.
- [2] Ferry S. und F. Lugiez. Prévisions d'apports pendant la période de fusion des réserves nivales. Brüssel: Ass. internat. hydr. sci. 1951.
- [3] Hoeck E.: La prévision du débit estival de quelques rivières. Brüssel: Ass. internat. hydr. sci. 1951.
- [4] Kasser P. und W. Schweizer: Voraussage der globalen Sommerabflussmenge der Rhone bei Porte du Scex auf Grund von Winterniederschlag und Winterabfluss. Wasser- u. Energiewirtsch. Bd. 47(1955), Nr. 5/6/7, S. 104...107.
- [5] Vanni M.: Nuove ricerche sul manto nevoso quale riserva d'acqua nei rapporti coi deflussi. Energia Elettr. Bd. 30(1953), Nr. 9, S. 581..588.

#### Adresse des Autors:

Dr. W. Schweizer, Birmensdorf bei Zürich.

## Das belgische Kernforschungszentrum in Mol

061.62(493) : 621.039.4

### Allgemeines

Im November des vergangenen Jahres fand anlässlich einer Tagung der «Union pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Électricité (UCPTE)» in Bruxelles eine Besichtigung der «Laboratoires d'Etudes pour les Applications de l'Energie Nucléaire», oder, mit andern Worten, des belgischen Kernforschungszentrums in Mol statt. Da es sich bei dieser Forschungsstätte um eine für Belgien beachtenswerte Anlage handelt und ein spezielles Interesse vorhanden ist, Vergleiche mit unseren Anlagen in Würenlingen anzustellen, berichten wir kurz über die Entstehung und Entwicklung des belgischen Forschungszentrums.

### Entstehung

Im Jahre 1951 wurde ein Organismus, der «Centres d'études pour les Applications de l'Energie Nucléaire», abgekürzt CEAN, mit nationalem Charakter und zwar in Form eines Verbandes ohne Gewinnzweck gegründet. Schon im Jahre 1952 wurden siebzig Ingenieure, Doktoren und Lizenziate

von diesem Studienzentrum zu einer Reihe von Vorlesungen über die Theorie, den Bau und die Ausrüstung der Reaktoren eingeladen. Noch im gleichen Jahr wurden etwa zehn von diesen Akademikern zur weiteren Ausbildung in die Vereinigten Staaten geschickt. Das Jahr 1953 wurde der Ausarbeitung verschiedener Projekte des Reaktors und der damit verbundenen Laboratorien gewidmet.

Nach gründlicher Prüfung der in Frage kommenden Plätze fiel die Wahl auf ein bei Mol gelegenes Terrain von rund 190 ha. Die Erwerbsurkunde konnte Ende 1953 unterzeichnet werden. Die Bauten in Mol wurden 1954 begonnen und in weniger als zwei Jahren beendet. Seit etwa 10 Monaten sind die wesentlichen Installationen in Betrieb. Die Kosten betrugen bisher rund 80 Millionen Schweizer Franken, wobei die Finanzierung zum Teil aus dem Verkauf von Uran aus dem belgischen Kongo erfolgte.

### Ziel

Belgien will eine Equipe von Spezialisten erhalten, die alle mit der Entwicklung der Kerntechnik

vertraut sein müssen. Diese Equipe soll in der Folge imstande sein, ihre Rolle in den zahlreichen Anwendungen der Kernenergie zu spielen. Diese *Personalausbildung* wird intensiv gefördert und durch Kurse, Vorlesungen, Seminarien erreicht, besonders aber durch direkt an praktischen Forschungen angewandten Laboratoriumsarbeiten.

Zu diesem Zweck ist auf nationaler Ebene *ein Ensemble von Laboratorien zu bilden*, wo alle zur Entwicklung der Anwendungen der Kernenergie notwendigen Forschungen durchgeführt werden können.

Das Studienzentrum wird nicht nur ein Forschungszentrum, sondern ebenfalls ein ausgesprochenes *Laboratorium der Industrie* sein. Dort wird man die Versuche für die Vervollkommnung neuer Verfahren durchführen, wie auch Prototypen verschiedener Apparate erstellen.

Das Zentrum ist auch der offizielle *Aufbewahrungsort der wichtigen Unterlagen* über die Anwendungen der Kernenergie, die aus den Vereinigten Staaten und Grossbritannien herrühren. Es sorgt ebenfalls für deren Verbreitung.

### Umfang

Die gegenwärtigen Bauten nehmen ungefähr die Hälfte des verfügbaren Terrains ein. Sie sind um einen zentralen Ring verteilt und umfassen:

1. *Das Reaktorgebäude* mit Nebengebäuden. Dort werden die Studien über die physikalischen und nuklearen Eigenschaften der Materialien fortgesetzt, wie auch das Studium im Betrieb der wesentlichen Bestandteile anderer Reaktoren. Mit dem Reaktor kann man auch radioaktive Isotopen erzeugen.
2. *Das Physiklaboratorium* für das Studium bestimmter wichtiger nuklearer Reaktionen, für die Kontrolle der Zusammensetzung und des Gefüges gewisser Materialien, usw.
3. *Das Elektroniklaboratorium*. Hier werden Prototypen von Mess- und Kontrollapparaten usw. entworfen und vervollkommnet, die für das Gebiet der Kernenergie bestimmt sind.
4. *Das Chemielaboratorium* für die Studien betreffend die Aufbereitung von Materialien mit bestimmten Merkmalen, die für die Produktion von Kernenergie verwendet werden.
5. *Das Metallurgielaboratorium*, wo die metallurgischen Verfahren zur Erstellung der nuklearen Brennstoffelemente und der Baumaterialien für Reaktoren studiert werden.
6. *Das Gebäude der theoretischen Studien*, wo die für die Projektierung von Reaktoren schwieri-

gen Rechnungen ausgeführt werden. Es wird hauptsächlich erforscht, wie man am genauesten und bequemsten diese Rechnungen ausführen kann. Das gleiche Gebäude dient ebenfalls als *Verwaltungsgebäude*. Die Direktion der Laboratorien und die verschiedenen administrativen Dienstzweige haben hier ihre Büros. Die zentrale Bibliothek und das zentrale Zeichnungsbüro sind auch in diesem Gebäude untergebracht.

### 7. Die allgemeinen Werkstätten.

8. *Die verschiedenen Nebenbetriebe*: die elektrische Unterstation, das Wasserschloss, die Cafeteria, das Club-house für Besucher, die Erholungs- und Sportanlagen, usw.

### Personal

Wie wir bereits erwähnt haben, besteht das Personal zur Hauptsache aus Physikern, Ingenieuren, Technikern, also aus Spezialisten. Der totale Personalbestand wird im Laufe dieses Jahres auf 500 bis 600 Spezialisten anwachsen, im Vergleich zum verhältnismässig kleinen Mitarbeiterstab in unserem Forschungszentrum Würenlingen eine beachtliche Zahl. Für die Unterkunft des Personals besteht eine schöne und grosszügig angelegte Wohnkolonie.

Wichtig ist der Schutz der Menschen gegen die Gefahren der Ausstrahlungen. Der *Kontrolldienst* ist von grösster Bedeutung. Seine wesentliche Aufgabe besteht darin, fortwährend auf die Befolgung der unerlässlichen Vorsichtsmassregeln zu wachen. Zu diesem Zweck wird jede Tätigkeit ganz besonders unter diesem Gesichtspunkt studiert und mit geeigneten Messapparaten kontrolliert. Ferner wird jede Person, die in einem Laboratorium arbeitet, mit einem kleinen Apparat versehen, der zu jeder Zeit die Radioaktivität kontrolliert. Für den Schutz der benachbarten Bevölkerung besteht eine permanente Kontrolle.

Selbstverständlich verfügt Mol ebenfalls über einen eigenen ärztlichen Dienst, wo das gesamte Personal nicht nur die gewöhnliche Pflege erhält, sondern periodisch gründlich untersucht wird.

### Schlussbemerkung

Gesamtbetrachtet darf hier festgestellt werden, dass das belgische Atomforschungszentrum in Mol in verhältnismässig kurzer Zeit erstellt worden ist und heute im Vergleich zu andern Kleinstaaten einen beachtenswerten Umfang angenommen hat. Die Besichtigung hinterliess in jeder Beziehung einen ausgezeichneten Eindruck. *Me.*

## Wirtschaftliche Mitteilungen

### Aus den Geschäftsberichten schweizerischer Elektrizitätswerke

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

Man kann auf Separatabzüge dieser Seite abonnieren

	Cie Vaudoise d'Electricité Lausanne		Elektrizitätswerk der Gemeinde St. Moritz St. Moritz		Elektrizitätswerk der Stadt Aarau Aarau		Industrielle Betriebe der Stadt Chur Chur	
	1955	1954	1955	1954	1955	1954	1955	1954
1. Energieproduktion . . . kWh	173 045 000	124 540 000	10 968 720	12 365 230	105 476 900	104 834 000	76 034 100	76 973 900
2. Energiebezug . . . kWh	73 194 000	59 254 000	6 649 455	4 750 725	10 822 530	7 231 000	3 248 000	4 591 000
3. Energieabgabe . . . kWh	228 726 000	169 842 000	16 739 920	15 851 110	116 299 430	112 065 000	77 846 740	80 415 020
4. Gegenüber Vorjahr . . . %	+ 34,7	+ 5,5	+ 5,6	+ 4,5	+ 3,8	+ 7,1	- 3,30	+ 4,5
5. Davon Energie zu Abfallpreisen . . . kWh	26 112 000	16 829 000	604 630	1 044 130	-	-	33 904 350	38 392 963
11. Maximalbelastung . . . kW	50 100	39 000	4 680	4 350	21 500	20 300	14 330	14 330
12. Gesamtanschlusswert . . . kW	70 000	70 000	33 950	32 750	165 811	157 771	62 919	59 754
13. Lampen . . . . . (Zahl)	395 000	383 000	53 340	53 105	229 724	222 934	114 795	110 713
13. Lampen . . . . . (kW)	21 500	20 500	2 600	2 574	10 514	10 096	4 867	4 698
14. Kochherde . . . . . (Zahl)	10 950	10 220	925	902	11 438	10 926	2 139	1 944
14. Kochherde . . . . . (kW)	70 300	65 850	5 120	4 989	72 115	68 787	15 035	13 682
15. Heisswasserspeicher . . . (Zahl)	7 930	7 270	850	791	7 753	7 392	5 429	5 096
15. Heisswasserspeicher . . . (kW)	11 100	10 200	1 710	1 591	18 364	18 291	5 997	5 773
16. Motoren . . . . . (Zahl)	13 330	12 850	1 410	1 330	11 660	11 337	5 941	5 566
16. Motoren . . . . . (kW)	33 000	31 900	2 450	2 318	22 339	21 689	8 901	8 657
21. Zahl der Abonnemente . . .	25 900	25 810	3 350	3 190	29 522	28 856	19 588	18 710
22. Mittl. Erlös p. kWh Rp./kWh	6,1	6,7	7,34	7,23	4,36	4,22	7,44 <sup>2)</sup>	7,64 <sup>2)</sup>
<i>Aus der Bilanz:</i>								
31. Aktienkapital . . . . . Fr.	20 000 000	20 000 000	-	-	-	-	-	-
32. Obligationenkapital . . . »	39 000 000	39 000 000	-	-	-	-	-	-
33. Genossenschaftsvermögen . . .	-	-	-	-	-	-	-	-
34. Dotationskapital . . . . . »	-	-	2 650 000	2 650 000	4 063 000	4 063 000	14 711 150	14 661 796
35. Buchwert Anlagen, Leitg. . .	66 729 040	58 735 000	1 836 255	1 915 300	9 358 505	8 749 819	14 102 335	13 921 440
36. Wertschriften, Beteiligung . . .	9 549 170	7 671 300	510 101	385 101	8 249 000	8 773 000	-	-
37. Erneuerungsfonds . . . . . »	-	-	142 600	122 600	6 859 468	6 774 564	207 853	216 800
<i>Aus Gewinn- und Verlustrechnung:</i>								
41. Betriebseinnahmen . . . . . Fr.	12 533 610	11 409 680	1 264 147	1 183 431	5 142 628	4 805 408	3 593 522	3 551 649
42. Ertrag Wertschriften, Beteiligungen . . . . . »	252 545	329 050	11 292	8 543	-	-	-	-
43. Sonstige Einnahmen . . . . . »	516 035	7 050	3 352	1 740	109 832	82 745	8 277	7 823
44. Passivzinsen . . . . . »	1 612 850	1 555 830	132 500 <sup>1)</sup>	132 500 <sup>1)</sup>	213 307	213 307	740 150	720 335
45. Fiskalische Lasten . . . . . »	255 835	399 230	259 694	260 441	200 201	172 271	111 174	109 939
46. Verwaltungsspesen . . . . . »	347 450	639 770	83 739	78 823	700 339	657 207	223 000	224 285
47. Betriebsspesen . . . . . »	3 008 880	3 638 400	227 576	218 270	1 418 517	1 374 978	759 628	699 656
48. Energieankauf . . . . . »	2 329 430	2 774 660	281 996	218 890	578 963	461 127	158 176	216 002
49. Abschreibg., Rückstell'gen . . . »	3 324 490	748 730	142 347	151 787	1 687 679	1 537 799	651 800	569 000
50. Dividende . . . . . »	1 200 000	480 000	-	-	-	-	-	-
51. In % . . . . . »	6	6	-	-	-	-	-	-
52. Abgabe an öffentliche Kassen . . . . . »	992 090	616 831	-	-	676 534	634 663	957 871	1 019 626
<i>Übersicht über Baukosten und Amortisationen</i>								
61. Baukosten bis Ende Berichtsjahr . . . . . Fr.	81 763 830	72 293 200	3 280 463	3 280 463	30 577 005	29 168 319	20 802 961	20 226 066
62. Amortisationen Ende Berichtsjahr . . . . . »	15 803 390	13 557 500	1 444 213	1 365 163	21 218 500	20 418 500	6 700 626	6 304 626
63. Buchwert . . . . . »	66 729 040	58 735 700	1 836 250	1 915 300	9 358 505	8 749 819	14 102 335	13 921 440
64. Buchwert in % der Baukosten . . . . .	81,5	81,25	56	58,4	30,6	30,0	67,79	68,83

<sup>1)</sup> Verzinsung des Dotationskapitals (5 %).

<sup>2)</sup> exkl. Überschussenergie.

## Kongresse und Tagungen

### Weltkraftkonferenz Technisches Programm der Teilkonferenz von Montreal

Anfangs dieses Jahres wurde vom kanadischen Nationalkomitee das technische Programm der Teilweltkraftkonferenz, die vom 7. bis 11. September 1958 in Montreal stattfinden wird, veröffentlicht. Diese Tagung soll den *«Wirtschaftlichen Entwicklungstendenzen der Erzeugung, des Transports und des Verbrauches der Brennstoffe und der Energie»* gewidmet werden.

Aus der Wahl des Themas geht hervor, dass beabsichtigt ist, sich an der Tagung von Montreal vor allem mit den wirtschaftlichen Aspekten der von den verschiedenen Energieträgern aufgeworfenen Problemen zu beschäftigen. Insbesondere sollen die wirtschaftlichen Folgen der in den letzten Jahren auf den Gebieten der Energieerzeugung und des Verbrauches erzielten technischen Fortschritte untersucht werden. So wird zum Beispiel die Entwicklung der Kernenergie zweifellos eine starke Rückwirkung auf die wirtschaftliche Stellung der anderen Energiequellen ausüben. Durch die Ausnutzung der Kernenergie kann sich anderseits in Zukunft die Wirtschaft bestimmter Länder grundlegend verändern.

Das Thema wurde in drei Hauptgebiete unterteilt: Erzeugung, Transport und Verbrauch. Diese drei Gruppen sind ihrerseits entsprechend dem natürlichen Aufbau des Stoffes unterteilt: die Erzeugung nach den Brennstoffarten, der Transport nach den verwendeten Mitteln, der Verbrauch nach den Verbraucherkategorien.

Wir geben nachstehend eine kurze Übersicht über das Programm:

#### Abteilung I

##### Erzeugung

1. Hydraulische Energie
2. Thermische Energie

##### Brennstoffe:

- a) Kohle
- b) Erdöl
- c) Gasförmige Brennstoffe
- d) Kernbrennstoffe

##### Erzeugung:

- a) Gewöhnliche Brennstoffe
- b) Kernbrennstoffe
3. Andere Energiequellen

#### Abteilung II

##### Transport

1. Elektrische Übertragung
2. Eisenbahnen
3. Wasserwege
4. Rohrleitungen
5. Andere Transportmittel

#### Abteilung III

##### Verbrauch

1. Industrie
2. Handel und Gewerbe
3. Verkehr
4. Landwirtschaft
5. Haushalt

## Literatur

### Begriffbestimmungen für elektrizitätswirtschaftliche Statistiken

Im Hinblick auf die Vereinheitlichung der in den Statistiken der Elektrizitätswirtschaft verwendeten Begriffbestimmungen wurde von einer Arbeitsgruppe des *Studienkomitees für Statistik der UNIPEDE* eine Zusammenstellung von Definitionen ausgearbeitet; ihr Entwurf ist dem letzten Kongress dieser internationalen Organisation in London (1955) unterbreitet worden.

Nach Überprüfung des Textes wurden nun zwei Broschüren herausgegeben; die erstere enthält die Begriffbestimmungen in Französisch und Deutsch, die zweite in Franzö-

sisch und Englisch. Eine französisch-italienische Ausgabe wird nächstens erscheinen.

Es ist sehr zu wünschen, dass die Definitionen der UNIPEDE in allen Ländern bei den Ingenieuren, die mit Fragen der Elektrizitätswirtschaft und insbesondere der Statistik beschäftigt sind, Verbreitung finden.

Das Sekretariat VSE hat den Vertrieb der Broschüren in der Schweiz übernommen; der Text umfasst 40 Seiten und der Titel lautet auf deutsch: «Begriffbestimmungen für elektrizitätswirtschaftliche Statistiken.» Bestellungen sind an das Sekretariat VSE, Postfach Zürich 23 unter Angabe der gewünschten Fassung (französisch-deutsch, französisch-englisch, französisch-italienisch) zu richten. Der Preis beträgt Fr. 4.— pro Exemplar.

## Verbandsmitteilungen

### Erfreulich gute Verbreitung des Unfallverhütungsfilms «Sicherheit für Alle»

Der Unfallverhütungsfilm des VSE «Sicherheit für Alle» wird in der 35-mm-Fassung als Beiprogramm zum deutschen Film «Der Hauptmann von Köpenick» seit einigen Monaten in den Kino-Theatern unseres Landes gezeigt. Bisher wurde er unter anderem in Zürich (8 Wochen), in Basel, Bern (4 Wochen), St. Gallen, Aarau usw. vorgeführt. Gegenwärtig läuft er in mittleren und kleineren Städten. Der von der Verleihfirma aufgestellte Vorführungsplan sieht vor, dass der Film bis Ende dieses Jahres praktisch in allen Ortschaften der deutschen Schweiz, in welchen ein Kino-Theater besteht, gezeigt wird. Anfangs 1958 wird der Film als Reprise wieder in den grossen Städten zu laufen beginnen.

Schätzungsweise dürfte der Film bis heute von über 150 000 Personen gesehen worden sein. Die Kritiken über unseren Unfallverhütungsfilm lauten allgemein günstig.

Ausser der 35-mm-Fassung bestehen eine Anzahl 16-mm-Kopien des Films, die vom Sekretariat des VSE ausgeliehen werden. Zwei Kopien wurden dem Schul- und Volkskino in

Bern und eine Kopie der Schmalfilm A.G. in Zürich überlassen.

### VSE-Jubiläumsfeier 1957

Die diesjährige Jubiläumsfeier des VSE findet Samstag, den 22. Juni 1957 in Montreux statt. Die eigentliche Feier, in deren Verlauf den Veteranen Becher mit einer Widmung und den Jubiläums Diplome ausgehändigt werden, wird am Vormittag abgehalten. Anschliessend lädt der VSE die Veteranen und Jubilare zu einem gemeinsamen Mittagessen ein. Für den Nachmittag ist eine Fahrt auf dem Genfersee vorgesehen.

Das detaillierte Programm werden wir den Mitgliedern in nächster Zeit auf dem Zirkularwege bekanntgeben.

### Sekretariat des VSE

Der Vorstand des VSE hat Herrn *H. Wisler*, lic. rer. pol., der bisher die Handlungsvollmacht inne hatte, zum Prokurator ernannt. Ebenso hat der Vorstand den Herren *H. Attenthaler*, dipl. Elektrokaufmann und *R. Saudan*, dipl. Elektroingenieur ETH, die Handlungsvollmacht erteilt.

**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: Electrusion Zürich.

**Redaktor:** Ch. Morel, Ingenieur.

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