

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
<b>Band:</b>	50 (1959)
<b>Heft:</b>	13
<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:** 17.02.2026

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

# Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

## Freileitungs- und Kabelbau

Bericht über die 19. Diskussionsversammlung des VSE vom 29. April 1959 in Bern

### Gegenwärtige Tendenzen beim Bau der elektrischen Verteilnetze

von L. Carlo, Genf

621.315.235 + 621.316.1

Der Referent behandelt im ersten Teil die Verlegung von Kabelleitungen, insbesondere in städtischen Gebieten, und geht dabei unter anderem auf folgende Fragen ein: Koordination der Grabarbeiten der verschiedenen öffentlichen Dienste mit unterirdischen Leitungen, Disposition in Trottoir oder Strasse, Wirtschaftlichkeit von Leitungstunnels, Bestimmung der Kabelquerschnitte, Trenner für unterirdische Kabel, Nullleiterquerschnitt, Kabelverlegungsarbeiten, Kabel mit Aluminiumleitern und Aluminiummantel. Im zweiten Teil werden die Freileitungen behandelt, wobei die Verwendung von Aluminium als Leitermaterial und die Wirtschaftlichkeit von sorgfältig und richtig imprägnierten Holzmasten für normale Leitungen und Weitspannleitungen besonders berücksichtigt werden.

#### Kabelleitungen

##### Vorbereitung für das Verlegen von Leitungen

Die Organisation der Arbeiten bei der Verlegung von unterirdischen Kabeln oder Freileitungen und die Koordination der Leitungsverlegung mit Arbeiten, welche eventuell gleichzeitig von andern öffentlichen oder privaten Unternehmungen ausgeführt werden, stellen eine Reihe von wichtigen Problemen.

Die Vorbereitungsarbeiten umfassen die technischen Studien, von denen jedoch hier nicht näher die Rede sein soll, und die Wahl des Leitungsweges (Trasse). Besonders bei der unterirdischen Kabelverlegung ist eine Reihe von Vorbesprechungen mit andern Verwaltungen oder Unternehmungen nötig, welche eventuell auf dem gleichen Trasse unterirdische Leitungen für Telephon, Gas, Wasser oder Elektrizität erstellen wollen.

Diese Vorbesprechungen können in Form von Sitzungen stattfinden, an denen die Vertreter der verschiedenen interessierten Betriebe und Verwaltungen und ein oder mehrere Vertreter des Kantons oder der Gemeinden teilnehmen, welche für die Erteilung der Baubewilligungen zuständig sind. Diese Vertreter bilden zusammen die *Koordinationskommission*, deren Vorsitzender (in Genf z. B. ein Ingenieur des Elektrizitätswerks) alle an diesen Fragen interessierten Instanzen zu periodisch stattfindenden Sitzungen einlädt.

Vor diesen Besprechungen werden allen interessierten Instanzen die Formulare und Pläne mit den notwendigen Angaben über die Bauvorhaben zugestellt. Diese Unterlagen werden nach einem festen Schema versandt, damit niemand vergessen wird.

Im Verlaufe dieser Sitzungen wird die Reihenfolge für die Verlegung der verschiedenen unterirdischen Leitungen festgelegt. Ein Sekretär verfasst

L'auteur examine dans la première partie la pose de lignes souterraines dans les réseaux urbains et traite principalement les questions suivantes: coordination des travaux de pose des lignes souterraines des différents services publics, disposition des canalisations sous la chaussée, valeur économique des caniveaux ou des galeries, détermination de la section des câbles, sectionneurs pour canalisations souterraines, sections pour le conducteur neutre, câbles à conducteur d'aluminium, câbles à enveloppe d'aluminium. Dans la seconde partie les questions concernant les réseaux aériens sont examinées en tenant compte surtout de l'utilisation de conducteurs d'aluminium et de la valeur économique du support en bois soigneusement imprégné pour les lignes à moyenne ou à longue portée.

über die Beschlüsse ein Protokoll, welches nachher allen Teilnehmern zugestellt wird. Die mit den Bauarbeiten zu beauftragenden Unternehmer werden meistens in diesen Sitzungen bestimmt. Sehr oft wenden sich Architekten an diese Koordinationskommission, wenn sie mit Arbeiten beauftragt sind, welche öffentlichen Grund und Boden in Anspruch nehmen.

Die Zuteilung der genauen Lage für jede einzelne Leitung stellt manchmal sehr schwierige Probleme, weil die Belegung des Untergrundes besonders in grösseren Städten und hier vor allem in den alten Hauptverkehrsadern so stark ist, dass man oft vorhandene unterirdische Leitungen umlegen muss; das ist mit beträchtlichen Kosten verbunden. In diesem Zusammenhang darf nicht vergessen werden, dass für die Leitungen der öffentlichen Dienste eigentlich nur die Verlegung unter den Trottoirs in Frage kommt, weil der Verkehr und der sehr teure Fahrbahnbelaag beträchtliche Hindernisse für die Verlegung unter der Strasse darstellen.

Seit einigen Jahren haben in Genf die Architekten in mehreren Fällen von den zuständigen Behörden die Bewilligung erhalten, unter den Trottoirs, d. h. in öffentlichem Grund und Boden, zu Baublöcken gehörende Anlageteile zu erstellen, wie z. B. Garagen, strassenseitig verbreiterte Fundamente, überdeckte Lichtschächte für Kellerfenster und insbesondere unterirdische Öltanks. Es ist nur zu hoffen, dass solche Bewilligungen, welche bisher von den Behörden ohne vorherige Anfrage bei den mit unterirdischen Leitungen arbeitenden öffentlichen Diensten erteilt wurden, in Zukunft nicht mehr möglich sind. Unter den heutigen Verhältnissen sind solche Hindernisse im öffentlichen Grund und Boden untragbar, um so mehr, als bei unterirdischen Öltanks u. U. mit Korrosionen gerechnet werden muss.

In diesem Zusammenhang erscheint es dringend notwendig, dafür zu sorgen, dass allfällige Gesuche für solche Bewilligungen zuerst den interessierten öffentlichen Diensten vorgelegt werden. Es sollte nicht mehr vorkommen, dass die Architekten mit einer von den Behörden bereits ausgestellten Bewilligung bei den öffentlichen Diensten die Umlegung von Leitungen verlangen. Die bisher angewendete Bewilligungsmethode führt zu anarchischen Zuständen, besonders im Falle von Hochspannungsleitungen, seien es nun Kabel- oder Freileitungen.

#### Anordnung der unterirdischen Leitungen

Wir haben bereits weiter oben erwähnt, dass die Art des Strassenbelags und dessen hohe Kosten sowie die Dichte des Strassenverkehrs in den meisten Fällen dazu zwingen, die unterirdischen Leitungen, gleichgültig ob für Wasser, Gas, Elektrizität oder Telephon, unter den Trottoirs anzuordnen. Aus den genannten Gründen drängt sich auch die gleichzeitige Verlegung von Leitungen auf beiden Seiten der Strassen auf, weil unter der Strassenfahrbahn nicht häufige Querverbindungen erstellt werden können, ausgenommen vielleicht für in Eternit- oder Zementrohre verlegte Telephon- und Elektrizitätskabel.

Die Notwendigkeit, für alle unterirdischen Leitungen die Trottoirs zu benutzen, bringt manchmal schwierige Probleme mit sich. Aber der gute Wille zur Zusammenarbeit, welcher an den Besprechungen bei den Vertretern der verschiedenen Verwaltungen und öffentlichen Dienste vorhanden sein muss, kann auch diese Schwierigkeiten überwinden.

In vielen Fällen stellt sich bei der parallelen Verlegung verschiedener unterirdischer Leitungen (Wasser, Gas, Elektrizität und Telephon) die Frage, ob es nicht zweckmässiger wäre, alle Leitungen in einem einzigen *Leitungstunnel* oder Leitungskanal zu vereinigen. Eine solche Lösung scheint richtig zu sein, sofern sie bei der Erstellung von neuen Strassen von Anfang an geplant wird; denn die nachträgliche Erstellung von unterirdischen Leitungskanälen in seit Jahrzehnten oder sogar seit Jahrhunderten bestehenden Strassen ist so teuer, dass sie praktisch gar nicht in Frage kommt. In Genf hatten die öffentlichen Dienste letztthin Gelegenheit, gemeinsam die Erstellung eines solchen unterirdischen Leitungstunnels in einer der wichtigsten Hauptstrassen zu studieren. Es handelte sich um eine Strasse, deren Belag und Profil vollständig erneuert werden mussten. Trotz dieser für den Bau eines Leitungstunnels günstigen Voraussetzungen hat die nähre Prüfung gezeigt, dass das Projekt wegen der hohen Kosten nicht verwirklicht werden konnte.

Es gibt jedoch besonders für elektrische Verteilkabel ein verhältnismässig einfaches Mittel, um das wiederholte Öffnen von Gräben quer zur Strasse zu vermeiden, nämlich das Verlegen von Reserverohren aus Zement oder Eternit anlässlich der Verlegung der ersten Leitung oder anlässlich der Erneuerung des Fahrbahnbelags. Diese Lösung ist sehr einfach zu verwirklichen und sie ermöglicht es dem Netzinhaber, auf das spätere Öffnen von Gräben zu verzichten, welche quer zur Strasse verlaufen und deshalb die grössten Schwierigkeiten mit sich bringen.

#### Anschluss von Gebäudeblöcken

In städtischen Gebieten werden Gebäudeblöcke meist über Abzweigkästen an das Verteilnetz angeschlossen. Diese Anschlussart wird in den Vororten beibehalten, während man im eigentlichen Stadtgebiet immer mehr zum direkten Einzelanschluss übergeht.

Die Hausanschlusskästen von Gebäudeblöcken enthalten meistens Hochleistungssicherungen, weil die Anschlusswerte in den städtischen Wohnblöcken immer grösser werden und die Schraubsicherungen nicht mehr genügen, wenn man unerwünschte Erwärmungen vermeiden will.

#### Bestimmung der Kabelquerschnitte

Der grösste für Mehrleiterkabel (meist dreiphasig, sehr selten zweiphasig) in Frage kommende Querschnitt beträgt ungefähr  $150 \text{ mm}^2$  bei einem Nulleiterquerschnitt von 75 bis  $95 \text{ mm}^2$ . Es scheint, dass sich in Städten von einer bestimmten Grösse an (d. h. über ca. 50 000 Einwohner) die Wahl von grossen Kabelquerschnitten immer mehr aufdrängen wird, weil die von einem Wohnblock beanspruchte Leistung sehr leicht 30 bis 40 kW erreicht, so dass ein Kabel von  $3 \times 150 \text{ mm}^2 + 75 \text{ mm}^2$  Nullleiter voll belastet ist, wenn einige Wohnblöcke angeschlossen sind. Als Beweis sei nur angeführt, dass es in Genf demnächst notwendig wird, Transformatorenstationen mit einem Verteilradius von nur noch 100 m zu erstellen.

#### Trenner für unterirdische Kabel

In Städten von einer bestimmten Grösse an können die meisten unterirdischen Kabelleitungen mindestens von zwei verschiedenen Transformatorenstationen aus gespiesen werden. Die Kabelleitungen enthalten oft ziemlich lange Abzweige, welche ihrerseits auch wieder von einer andern Transformatorenstation gespiesen werden können. Das ganze System bildet ein Maschennetz, in welchem die Möglichkeit vorhanden sein muss, die einzelnen Netzbabschnitte durch Trenner zu unterteilen. Oft sind auch mit Rücksicht auf die Lastverteilung oder die unter allen Umständen aufrecht zu erhaltende Belieferung eines besonders wichtigen Abonnenten in einem Leitungszug Trenner nützlich, selbst wenn die betreffende Leitung nur an zwei Stationen angeschlossen ist.

Man benützt für diese Zwecke zwei verschiedene Trenner-Typen. Die einfachste Art sind gewöhnliche Trennmesser, bei denen der Anpressdruck für grosse Ströme durch eine seitliche Verriegelung mit Hilfe einer nach Einschalten der Trenner gesicherten Schraube verstärkt werden kann. Die Trenner sind in einen Gusskasten eingebaut, welcher mit einem gesicherten, abnehmbaren Deckel versehen ist, so dass die Trennmesser mit einer besonderen Stange betätigt werden können. In ausgeschalteter Stellung können die Trennmesser durch Isolierstücke ersetzt werden. Es gibt auch ähnliche Trennkästen mit zwei eingebauten Trennern, zwischen denen ein Abzweig angeschlossen werden kann. Die Montage dieser Trennkästen ist aber komplizierter. Bei beiden Modellen ist der Kasten derart mit Isoliermasse gefüllt, dass nur die zu betätigenden Teile herausragen. Der Gusskasten wird in einen Schacht mit Kontrolldeckel eingebaut. Aus leicht verständlichen Gründen

ist es sehr zu empfehlen, die Trennkästen in einem Trottoir und nicht in der Strasse zu plazieren.

In mehreren Schweizerstädten werden unterirdische Trennkästen verwendet, welche gegenüber den vorstehend geschilderten Modellen wesentliche Vorteile aufweisen. Diese bessere Bauart ermöglicht das plötzliche und gleichzeitige allpolige Öffnen des Trenners, und die Untertrennung erfolgt unter Öl. Solche Trennkästen werden auch mit zwei, drei oder vier Trennern für die Abtrennung von ebenso vielen Abgängen geliefert. Das Elektrizitätswerk Genf verwendet bereits seit ca. 20 Jahren solche Trennkästen und ist damit sehr zufrieden. Es muss noch erwähnt werden, dass diese Trenner bei Beachtung einiger sehr einfacher Vorsichtsmassnahmen auch bei sehr schlechtem Wetter bedient werden können, was bei dem zuerst geschilderten Modell mit in Luft schaltenden Trennmessern nicht der Fall ist.

#### *Dimensionierung der Leiter; Ein- oder Mehrleiterkabel*

Die grossen Anschlusswerte einzelner Abonnierten zwingen heute die Elektrizitätswerke mehr und mehr, Einleiterkabel zu verwenden. Die einzige wirtschaftliche Lösung ist in solchen Fällen die Verwendung von Kabeln mit thermoplastischer Umhüllung.

Mit Rücksicht auf die in Drehstromnetzen zunehmend gleichmässiger auf die einzelnen Phasen verteilte Belastung erscheint uns die Verwendung von Nulleitern mit gleichem Querschnitt wie die Phasenleiter als Verschwendug. Seit langer Zeit wird in Genf, abgesehen von gewissen Spezialfällen, für Kabel mit grösserem Querschnitt als  $4 \times 35 \text{ mm}^2$  für den Nulleiter der halbe Querschnitt des Phasenleiters gewählt.

Bei den klassischen papierisolierten Kabeln stellen sich keine eigentlichen Probleme, sofern die Stationen mit allpoligen, rasch abschaltenden Schaltern ausgerüstet sind.

Die Frage des sorgfältigen Überstromschutzes bei Polythenkabeln sollte besser studiert werden. Wenn man berücksichtigt, wie häufig solche Kabel im Auslande verwendet werden, sollte dies übrigens ohne grosse Schwierigkeiten möglich sein.

#### *Bewehrung der Kabel*

Die Kabelbewehrung kann durch Eisenband oder durch Flachdraht (Zugarmatur) erreicht werden. In bezug auf den mechanischen Schutz des Kabels bietet weder die eine noch die andere Bauart eine genügende Garantie. Bestimmt können diese dünnen Metallumhüllungen die Verletzung des Bleimantels nicht verhindern, wenn das Kabel vom Schlag eines Pickels, eines Meissels oder eines Spitzeneisens getroffen wird. Die Gefahr ist für das Kabel besonders gross, wenn solche Werkzeuge mit einem Drucklufthammer betätigt werden. Etwas allgemeiner gefasst, entsteht immer dann eine Gefahr für das Kabel, wenn es durch einen harten oder schneidenden Teil von irgendeinem der vielen heute auf den Baustellen verwendeten mechanischen Geräte getroffen wird. Die dünnen, diskontinuierlichen Metallumhüllungen schützen den Bleimantel des Kabels auch nicht genügend gegen chemische oder elektrolytische Korrosion.

Einzig eine Umhüllung aus PVC dürfte einen wirksamen Schutz bieten; solche PVC-Umhüllungen sind für alle Hochspannungskabel angezeigt, und zwar überall dort, wo irgendeine Korrosionsgefahr vorhanden ist.

In der Schweiz sind die Erfahrungen mit papierisolierten Bleikabeln und Polythenkabeln noch zu wenig zahlreich und zu kurzfristig, als dass man sich über die systematische Anwendung dieser Kabel bereits ein Urteil bilden könnte. Wir sind deshalb darauf angewiesen zu beobachten, was auf diesem Gebiet im Ausland geschieht. Wir werden auf diese Frage weiter unten im Zusammenhang mit den Kabeln mit Aluminiummantel zurückkommen.

#### *Dimensionierung der Kabel für den Anschluss von Wohngebäuden*

Wohngebäude werden allgemein mit einem Querschnitt von mindestens  $4 \times 6 \text{ mm}^2$  angeschlossen. Auch wenn es sich nur um ein Einfamilienhaus handelt, wäre es doch lächerlich, wenn man einen kleineren Querschnitt wählen würde oder die Zahl der Leiter vermindern wollte, weil die Kosten für das Kabel im Vergleich zu den Kosten für den Kabelgraben und den Kosten für die Einführung in das Haus verhältnismässig gering sind.

#### *Kabel für die öffentliche Beleuchtung*

Für die Speisung einer Reihe von Beleuchtungskandelabern sind zwei verschiedene Lösungen möglich:

1. Falls der Abstand zwischen dem ersten und dem letzten Kandelaber nicht zu gross und die zu übertragende Leistung nicht zu hoch sind, kann man das Kabel in jedem Kandelaber einschlaufen. Dies bedingt aber ziemlich kleine Querschnitte und ist nur möglich, wenn im Fuss des Kandelabers entsprechend Platz vorhanden ist.

2. Wenn die Bedingungen für die Einschlaufung des Kabels nicht erfüllt sind, so muss man nach der klassischen Methode vorgehen und vor jedem Kandelaber eine Abzweigmuffe vorsehen.

In diesem Zusammenhang sei noch erwähnt, dass wir mehrere Versuche mit der Speisung von Kandelabern mit einfachen Tdc-Kabeln gemacht haben und dass diese Lösung besonders vorteilhaft ist, weil sie die Einschlaufung und die Herstellung von äusserst einfachen Verbindungen im Innern des Fusses des Kandelabers erlaubt.

#### *Verlegung der Kabel*

In den weitaus meisten Fällen werden die Kabel in Gräben verlegt. Diese Kabelgräben, deren Dimension von der Zahl und der Art der zu verlegenden Kabel abhängig ist, werden innerhalb von Siedlungen normalerweise von Hand ausgehoben. Es kommt sehr selten vor, dass man in einer Strasse, wo der Untergrund stark mit Leitungen belegt ist und wo ein starker Verkehr herrscht, die Kabelgräben mit einer Baggermaschine ausheben kann.

Es gibt heute sehr starke Pressen, mit deren Hilfe Metallrohre in den Untergrund eingepresst werden können. Die Erfahrungen, welche wir mit dieser neuen Methode gemacht haben, sind sehr schlecht. Die Pressmethode kann in bestimmten Fällen sogar gefährlich sein, weil die eingepressten Rohre je nach

dem Untergrund stark aus der gewollten Richtung abweichen und mit im Betrieb befindlichen unterirdischen Leitungen in Berührung kommen können. Das Einpressen von Rohren bei den im schweizerischen Mittelland meist vorhandenen Bodenverhältnissen dürfte praktisch nicht in Frage kommen, abgesehen von Ausnahmefällen in Gebieten mit lockerem, geröllfreiem Boden.

Die Kabel können mit der Maschine oder von Hand eingezogen werden. Wenn es das Längenprofil zulässt, d. h. wenn die Höhenlage der vorhandenen Hindernisse gegenüber dem Boden nicht zu unterschiedlich ist und die einzelnen Hindernisse weit genug voneinander entfernt sind, ist der Kabelzug mit der Maschine vorteilhafter als der Handzug, der manchmal eine sehr grosse Anzahl von Hilfskräften für eine verhältnismässig kurze Zeit erfordert.

In jedem Falle ist es vorteilhaft, eine ausreichende Anzahl von Verlegerollen für die Unterstützung des Kabels während des Einzugs vorzusehen. Kabel mit Bleimantel sollten sich nicht zwischen zwei Rollen durchbiegen können, weil dadurch die notwendige Zugkraft sehr stark erhöht wird.

Die im Boden eingelegten Kabel werden entweder durch gebogene Zementsteine, durch Zementplatten oder durch Ziegel, welche auf eine die Kabel nach oben abdeckende Sandschicht gelegt werden, geschützt. Diese Schutzmethode erscheint uns sowohl vom technischen als auch vom wirtschaftlichen Standpunkt aus vorteilhaft. Sie ist billig und gewährleistet die beste Abkühlung der Kabel, welche ohne eine Zwischenschicht von der Wärme schlecht leitender Luft in direkter Berührung mit dem Boden sind. Es sei hier noch betont, dass eine genügend tiefe Verlegung der Kabel günstige Abkühlungsbedingungen schafft.

Die unterirdischen Kabel haben normalerweise keine äusseren Kennzeichen, aus denen ihre Spannung ersichtlich wäre. Das Wiederauffinden von Kabeln muss durch sorgfältig und laufend nachgeführte Kabelpläne sichergestellt werden.

In bestimmten Fällen baut man für die Muffen von Hochspannungskabeln besondere Kontrollkammern ein, in denen auch Temperaturmessungen und die Kontrolle von vagabundierenden Strömen vorgenommen werden können.

Für das Wiederauffüllen der Kabelgräben wird das Aushubmaterial verwendet, wenn dessen Qualität genügend ist. Andernfalls muss für das Wiederauffüllen unsortierter Kies verwendet werden. Letztere Massnahme wird manchmal vom Strassenbauamt verlangt, welches auf eine rasche Wiederherstellung der aufgerissenen Oberfläche drängt.

Die Temperatur für das Verlegen der Kabel sollte im Prinzip nie unter  $+5^{\circ}\text{C}$  liegen. Es handelt sich dabei um die Temperatur am Kabel selbst. Durch entsprechendes Vorheizen des Kabels ist es leicht möglich, diese Temperatur während der Verlegung einzuhalten.

#### *Schweissen der Kabelleiter oder Verwendung von Muffen*

Allgemein werden die Leiter von Hochspannungskabeln geschweisst oder gelötet, besonders für Spannungen über 10 kV.

Die Verbindungen der Leiter von Niederspannungskabeln erfolgen durch Klemmen, und zwar sowohl für Verbindungs- als auch für Abzweigstellen.

#### *Kabel auf stark geneigten Strecken*

Bei der Verlegung von papierisolierten Kabeln auf Strecken mit starken Steigungen müssen gewisse Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden. Diese sind um so notwendiger, als die Kabelfabriken seit dem Krieg für die Kabel Öle mit niedriger Viskosität verwenden, angeblich zur Verminderung der dielektrischen Verluste, was aber für Kabel für 50 Hz Wechselstrom vollständig zwecklos ist. Infolge des verwendeten dünneren Öles kommen die Kabel bereits bei sehr geringen Steigungen unter Flüssigkeitsdruck, falls die Steigungen auf einer genügend langen Strecke vorhanden sind. Als Folge dieses Drucks entstehen Risse im Mantel und an den Bleimuffen sowie erhöhter Druck in den Endmuffen. Meist treten dann bei den periodischen Abkühlungen des Kabels Unterdrücke und manchmal auch Ölverluste auf.

Für Strecken mit starken Steigungen kann man, wenn es für das betreffende Kabel zulässig ist, den erhöhten Flüssigkeitsdruck durch Anbringen von Briden am Kabel verhindern. Die einfachste Lösung ist aber in solchen Fällen die Verwendung von Polythen- oder Thermoplast-Kabeln. Bei Strecken mit schwacher Steigung muss man unterwegs in ölimprägnierten Kabeln sog. Sperrmuffen einbauen. Dieses Problem spielt besonders bei Hochspannungskabeln eine grosse Rolle.

#### *Aluminiumkabel*

Es muss im Zusammenhang mit den Kabeln noch einiges über eine Kabelart gesagt werden, welche nach unserer Ansicht in Zukunft immer mehr verwendet werden wird, nämlich das *Kabel mit Aluminiumleitern*.

Das Aluminium wird bereits seit vielen Jahren für die Herstellung von elektrischen Leitern verwendet. Bereits im Jahre 1903 benutzte eine französische Gesellschaft Aluminiumleiter für eine 30 km lange Hochspannungsfreileitung, welche elektrische Energie nach Béziers transportierte. In der gleichen Periode erstellte eine amerikanische Gesellschaft eine 230 km lange Freileitung für den Energietransport nach San Francisco.

Es könnten noch viele Beispiele genannt werden, aber wir möchten uns mit der Feststellung begnügen, dass Hunderte von Kilometern Aluminiumkabel, die vor dem Jahre 1914 verlegt wurden, noch heute im Betrieb sind.

Es scheint also, dass die Aluminiumkabel ihre Bewährungsprobe bestanden haben und dass die bedeutenden Fortschritte, welche seither in der Technik und bei der Fabrikation der Kabel verwirklicht worden sind, dazu führen sollten, das Aluminium als einheimisches Metall in Zukunft beim Bau der elektrischen Leitungsnetze in der Schweiz in wesentlich grösserem Umfang zu verwenden.

Eine weitere wichtige Verwendung von Aluminium ergibt sich im Kabelbau bei den *Kabeln mit Aluminiummantel*. Diese Bauart bietet zwei Vor-

teile, welche Kabel konventioneller Bauart nicht aufweisen, nämlich

1. erhöhte mechanische Festigkeit, welche eine besondere Bandarmierung überflüssig macht,
2. leichtes Gewicht und infolgedessen Ersparnisse beim Transport und besonders beim Verlegen der Kabel.

Es ist klar, dass die notwendige Zugkraft für das Verlegen bei normalen Kupferkabeln wesentlich grösser ist als bei Aluminiumkabeln, denn man darf nicht ausser acht lassen, dass sich ein Kabel normaler Bauart zwischen den einzelnen Verlegerollen durchbiegt, falls diese Rollen nicht sehr nahe beieinander sind. Dieses Durchbiegen bedingt aber sofort eine stark erhöhte Zugkraft für das Verlegen.

Der Bleimantel eines Kabels herkömmlicher Bauart darf nicht mit mehr als  $2 \text{ kg/mm}^2$  Zug beansprucht werden, und auch diese Beanspruchung ist nur zulässig, wenn dem Blei eine bestimmte Menge Zinn zulegiert wurde. Ein Aluminiummantel aus 99,5 % reinem Aluminium erträgt dagegen eine Zugbeanspruchung von  $7 \dots 9 \text{ kg/mm}^2$ . Die Dehnungen vor dem Bruch sind  $25 \dots 35 \%$  bzw.  $20 \dots 25 \%$ .

Bei gleichem Spannungsabfall ist die Temperaturerhöhung in einem Aluminiumleiter  $20 \%$  kleiner als in einem Kupferleiter.

Die Leitfähigkeit des Bleis beträgt  $4,82 \cdot 10^4 (\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1})$ , jene des Aluminiums  $37,6 \cdot 10^4 (\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1})$ . Die Leitfähigkeit des Aluminiums ist also rund 8mal grösser als diejenige des Bleis. Dadurch ist es in allen Fällen, d. h. selbst bei Kabeln mit Phasenleitern von grossem Querschnitt, möglich, den Aluminiummantel als Nulleiter zu verwenden. Die Nutzung des Aluminiummantels als Nulleiter bei Aluminiumkabeln (d. h. bei Kabeln mit Aluminiumleitern und mit Aluminiummantel) hat sehr lebhafte Kritik hervorgerufen. Man muss tatsächlich dafür sorgen, dass der als Nulleiter verwendete Mantel keine Unterbrechungsstellen aufweist. Die Verwendung von geklemmten Überbrückungen kann nach Ansicht der Spezialisten und der Überwachungsstellen selbst dann nicht genügen, wenn die Klemmbriden sehr sorgfältig konstruiert worden sind. Deshalb wurde für Überbrückungen anstelle von Klemmverbindungen die Lötung eingeführt. Man verwendet z. B. als Überbrückung Kupferleiter, welche mit dem Aluminiummantel durch die übliche Methode mit einem guten Reiblot verbunden werden.

### Freileitungen

Für Niederspannungs-Freileitungsnetze wird in der Schweiz trotz der Konkurrenz des Betonmastes noch ziemlich allgemein der Holzmast verwendet. Der Holzmast bietet gegenüber den andern Mastarten, sei es nun der Eisenmast oder der Betonmast, so grosse Vorteile, dass ihn die Betriebsleiter von Verteilnetzen auch in Zukunft beibehalten werden. Über die Verwendung von Holzmasten für Hochspannungsleitungen bis zu ca. 30 kV sind die Meinungen heute allerdings geteilt, aber auch für diesen Spannungsbereich werden in vielen Netzen noch Holzmasten verwendet. Wir werden weiter unten sehen, was man von Holzmasten für Hochspannungsleitungen zu halten hat. Es sind nicht immer tech-

nische Gründe, welche zur Wahl von Beton- oder Eisenmasten anstelle von Holzmasten führen, sondern vielmehr die wachsenden Schwierigkeiten, die sich dem Leitungsbauer bei der Erwerbung von Durchleitungsrechten über private Liegenschaften entgegenstellen. Diese Schwierigkeiten sind besonders gross, wenn es sich darum handelt, Leitungsmasten auf landwirtschaftlich genutztem Boden aufzustellen. Das ist übrigens auch sehr leicht verständlich, wenn man an die technische Entwicklung auf dem Gebiete der Bodenbearbeitung in den letzten Jahrzehnten denkt. Die Mechanisierung ist auch in die Landwirtschaft eingedrungen, und mit der zunehmenden Verwendung von landwirtschaftlichen Maschinen werden die Leitungsmasten auf landwirtschaftlich genutztem Boden immer mehr unerwünscht. Der Landwirt möchte sein Land von allen Hindernissen frei halten, welche die normale Verwendung seiner landwirtschaftlichen Maschinen erschweren könnten. Dieser Gesichtspunkt ist so wichtig, dass es tatsächlich Fälle gibt, wo Landeigentümer die Erteilung von Bewilligungen für die Errichtung einer Leitung über ihr Land verweigert haben, obwohl ihnen sehr grosse Entschädigungen angeboten wurden. Aus diesen Tatsachen ergibt sich für den Leitungsbauer die zwingende Notwendigkeit, die Zahl der Masten so weit wie möglich zu vermindern und Beton- oder Eisenmasten aufzustellen, welche tatsächlich oder manchmal auch nur vermeintlich grössere Spannweiten zulassen. Gegen solche Überlegungen könnte man einwenden, dass es ein Expropriationsgesetz gibt, welches die Verteilunternehmungen anrufen können, besonders wenn es sich um öffentliche Elektrizitätswerke handelt. Unglücklicherweise sind die Formalitäten für die Expropriation langwierig und kostspielig. Sie sind für den Exproprierten verletzend, und man sollte deshalb zur Expropriation nur Zuflucht nehmen, wenn tatsächlich keine andere Verständigungsmöglichkeit mehr vorhanden ist. Meist schafft nämlich die Expropriation bei den Landeigentümern der betroffenen Gegend eine Stimmung, welche sehr ungünstig ist für spätere Verhandlungen, die das betreffende Elektrizitätswerk eines Tages für den Bau weiterer Leitungen in der betreffenden Gegend ganz sicher wird führen müssen. Diese Betrachtungsweise ist das Ergebnis einer grossen Zahl von eigenen Erfahrungen.

### Wahl des Leitermaterials

Im Gegensatz zu der in Frankreich, Deutschland, England, Nordamerika und andern Ländern allgemein üblichen Praxis hat man in der Schweiz die Tendenz, für Niederspannungs-Freileitungen *Kupfer* als Leitermaterial zu verwenden. Vielfach ist das nur eine alte Gewohnheit, die aber, wie man weiss, so stark wie ein Gesetz ist. Der *Aluminiumleiter* hat aber trotzdem gewisse Vorteile, welche dazu führen, dass er in den erwähnten Ländern sehr häufig, wenn nicht ganz allgemein, gebraucht wird. Womit kann man wohl das geringe Zutrauen begründen, welches die meisten schweizerischen Leitungsbauer dem Aluminiumleiter entgegenbringen? Wir glauben, dass dies hauptsächlich auf die schlechten Erfahrungen zurückzuführen sein dürfte, welche während des letzten Krieges mit Aluminium-

leitern gemacht worden sind. Die Arbeiten an Aluminiumleitungen wurden nicht mit der notwendigen Vorsicht durchgeführt, und die technischen Bedingungen für die Einregulierung waren dem damit beauftragten Personal entweder nicht recht bekannt oder sie wurden von ihm beim Bau der Leitungen zu wenig beachtet. Daraus haben sich dann Unfälle und Störungen bei grosser Kälte und bei Unwettern ergeben. Es ist nicht zu vergessen, dass beim Bau von Leitungen mit Kupferleitern die Regulierung der Leitung bei normalen Spannweiten sehr oft dem Baugruppenchef überlassen wird, welcher den Durchhang dann mehr oder weniger empirisch regelt. Bei Kupferleitern macht das meist nicht viel aus, aber bei Aluminiumleitern kann das geschilderte Vorgehen sehr schwere Folgen haben. In vielen Fällen hatten die Werke auch Schwierigkeiten mit den Verbindungs- und Abzweigstücken, an denen oft infolge des Zusammentreffens von zwei verschiedenen Metallen Korrosionen aufgetreten sind. Diese Schwierigkeiten lassen sich aber vermeiden, wenn man die Klemmen und die Leiter vor der Montage mit neutralem technischem Vaselin einfettet, das nur wenig kostet.

Das Elektrizitätswerk Genf baut seit dem Jahre 1940 Niederspannungsleitungen mit Aluminiumleitern. Auf diesen Leitungen hat sich noch nie eine bedeutende Störung ereignet.

Die Aldreyseile bieten nicht die gleiche Betriebssicherheit wie die Aluminiumseile. Unter den Nachteilen, welche Aldrey aufweist, ist das Fehlen der Geschmeidigkeit bei den Drähten, welche das Leiterseil bilden, der grösste. Wenn ein Draht der äussersten Schicht eines Seils bricht, so wickelt sich dieser auf eine sehr lange Strecke ab und kann sich frei zwischen den Leitern bewegen; es entsteht dann fast unfehlbar ein Kurzschluss.

#### *Wirtschaftlicher Wert von Holzmasten*

Es gibt mehrere Berechnungsmethoden, um den wirtschaftlichen Wert eines Mastes zu bestimmen; ihre Anwendung hängt davon ab, welche Bedeutung man den Kapitalkosten eines Leitungsnetzes bemisst.

Beim Holzmast ist es besonders schwierig, sich im voraus eine genaue Vorstellung seines wirtschaftlichen Wertes zu machen, weil seine Lebensdauer je nach der Art des Mastes und seiner Lebens- und Aufstellungsbedingungen verschieden gross ist, so dass man sehr unterschiedliche Ansätze für die Amortisation anwenden müsste.

Es ist heute zweifellos unbedingt notwendig, die Lebensdauer der Holzmasten so viel als möglich zu verlängern. Die Betriebsbedingungen der Netze werden von Tag zu Tag schwieriger, und es genügt, dass sich diejenigen, die schon vor 25 Jahren mit dem Netzbetrieb zu tun hatten, daran erinnern, dass damals ein Unterbruch von einem halben oder sogar von einem ganzen Tage in einem ländlichen Netz ohne grosse Bedenken als zulässig galt. Heute haben wir aber mit ganz andern Verhältnissen zu rechnen. Ganz abgesehen vom Kleingewerbe hat sich die Verwendung von elektrischen Haushaltapparaten, von Motoren und von andern elektrischen landwirtschaftlichen Betriebseinrichtungen so stark verbreitet, dass ein Stromunterbruch von mehr als zwei

Stunden nicht mehr zulässig ist. Selbst dann muss man oft noch zu provisorischen Verbindungen greifen. Der Aufbau der Netze hat sich geändert und ist durch die fast allgemeine Einführung von Drehstromleitungen und Drehstromanschlüssen komplizierter geworden. Dazu kommen noch die Einrichtungen für die öffentliche Beleuchtung.

Alle diese Umstände haben zu einer beträchtlichen Erhöhung der Kosten für das Auswechseln von faulen Holzmasten geführt.

Bereits im Jahre 1951 hatte M. Grossen in einem Bericht der Bernischen Kraftwerke geschrieben:

«Die gewaltige wirtschaftliche Bedeutung der durchschnittlichen Standdauer wird klar, wenn man bedenkt, dass beim heutigen Stangenbestand von 157 000 Stück die Verlängerung um ein einziges Jahr einer Ersparnis von Fr. 1 160 000.— entspricht. Der eingangs zwischen einzelnen Betriebskreisen festgestellte Unterschied der durchschnittlichen Standdauer von fast 11 Jahren würde somit, auf das ganze Gebiet bezogen, einer Mehr- oder Minderausgabe (ca. Fr. 80.— pro Stange) von über 12 Millionen Franken oder jährlich ca. Fr. 430 000.— entsprechen.»

Es könnten noch viele andere Beispiele angeführt werden, aber die genannten Zahlen sollten genügen, um die Bedeutung des wirtschaftlichen Wertes eines Holzmastes zu zeigen. Dieser wirtschaftliche Wert bestimmt schliesslich die tatsächlichen Mastkosten, denn der Ankaufspreis für einen Holzmast kann keinen genauen Maßstab für seinen wirklichen Wert abgeben. Es scheint dies zwar selbstverständlich, aber wir wissen, dass viele Betriebsleiter dieses Problem nicht unter dem richtigen Gesichtspunkt betrachten.

Aus unsrern Überlegungen folgt auch, dass die konservierende Nachbehandlung von Holzmasten in jedem Falle ihren Wert behält, unabhängig von der Qualität der ersten Imprägnierung.

Unter den Verfahren für Holzkonservierung, welche am meisten verbreitet sind, möchten wir das «Cobra»-Verfahren nennen, welches, wenn es richtig angewendet wird, unbestreitbar gute Resultate ergibt. Irrtum unsseits vorbehalten, wird dieses Verfahren in der Schweiz seit mindestens 20 Jahren angewendet; man kann sich deshalb ein genaues Bild über seinen Wert machen, und zwar nicht nur auf Grund der im Jahre 1952 durchgeföhrten Versuche, sondern auch dank der Erfahrung der Elektrizitätswerke, welche dieses Verfahren angewendet haben. Insbesondere haben die Bernischen Kraftwerke, die Compagnie Vaudoise d'Electricité und das Elektrizitätswerk Genf, um nur von uns gut bekannten Beispielen zu sprechen, Tausende von Holzmasten nach dem Verfahren «Cobra» imprägnieren oder nachimprägnieren lassen. Die erhaltenen Resultate sind absolut schlüssig, und man kann ohne die Gefahr sich zu täuschen sagen, dass dieses Verfahren wirtschaftlich ist, gleichgültig, ob es sich um die Grundbehandlung oder um die Nachbehandlung von Holzmasten handelt.

Auf die sich in diesem Zusammenhang stellende Frage, ob spätere Nachimprägnierungen notwendig oder wirtschaftlich seien, kann man ohne den geringsten Zweifel positiv antworten und feststellen,

dass sich Aktionen für das Nachimprägnieren von Holzmasten für das Werk gut bezahlt machen.

Oben wurden bereits die Bernischen Kraftwerke erwähnt. Es sei auch noch kurz auf die Erfahrungen beim Elektrizitätswerk Genf hingewiesen, das ein Freileitungsnetz mit 22 000 Holzmasten unterhält. Während im Jahre 1936 die mittlere Lebensdauer der damals ersetzen Holzmasten 16,2 Jahre betrug, ist sie im Jahre 1946 auf 19,1 Jahre und im Jahre 1958 nach mehreren Nachimprägnierungsaktionen auf 27,3 Jahre gestiegen. Die Zahl der wegen Fäulnis ersetzen Holzmasten nimmt umgekehrt noch stärker ab. In der Periode 1936/1940, d. h. innert 5 Jahren, wurden 2530 Masten ersetzt. In der Periode 1954/58 ist die Zahl der wegen Fäulnis ersetzen Masten auf 945 gesunken. Die mittlere Lebensdauer ist 1,68mal grösser, und die Zahl der ersetzen Stangen 2,68mal kleiner geworden.

Wenn die erstmalige Behandlung noch verbessert wird, und das kann und soll der Fall sein, bestehen sehr günstige Aussichten. Auch die unter ungünstigsten Verhältnissen aufgestellten Holzmasten werden sehr leicht eine Lebensdauer von mehr als 30 Jahren erreichen. Aber schon jetzt hat der Betriebsleiter die Möglichkeit, alle Fälle frühzeitiger Mastfäulnis zu verhindern, welche im Betrieb eines Netzes eine zu grosse Zahl einzelner, örtlich und zeitlich zerstreuter Eingriffe erfordern.

#### Einfluss der Lebensdauer auf den wirtschaftlichen Wert eines Mastes

Um den wirtschaftlichen Wert eines Holzmastes beurteilen zu können, muss man die Jahreskosten berücksichtigen, welche er während seiner ganzen Lebensdauer im Netz verursacht. Diese Jahreskosten sind früher so berechnet worden, indem die Erstellungskosten durch die Lebensdauer dividiert wurden. Die Vernachlässigung von Amortisation und Verzinsung ergab aber gegenüber den effektiven Jahreskosten einen zu kleinen Wert.

Wenn man richtigerweise auch die Amortisation und die Verzinsung berücksichtigt, ergeben sich die jährlichen Kapitalkosten, von denen der wirtschaftliche Wert abhängt, aus folgender Formel:

$$R = N_1 \cdot f + \frac{N_2 \cdot f}{(1+f)^n - 1} = f \cdot \left( N_1 + \frac{N_2}{(1+f)^n - 1} \right)$$

wobei

$R$  jährliche Kapitalkosten

$N_1$  ursprünglich beim Bau der Leitung pro Mast investiertes Kapital

$N_2$  notwendiges Kapital für den Ersatz eines Mastes

$f$  Zinsfuss

$n$  durchschnittliche Lebensdauer eines Mastes

In der obigen Gleichung unterscheidet sich das zweite Glied  $\frac{f \cdot N_2}{(1+f)^n - 1}$

von der klassischen Formel für die Amortisation eines Kapitals

$$a = \frac{f \cdot N_2 (1+f)^n}{(1+f)^n - 1}$$

weil darin im Zähler das Glied  $(1+f)^n$  fehlt, was bedeutet, dass der Wert  $N_2$  nicht kapitalisiert wird.

Bei den so berechneten jährlichen Kapitalkosten wird also angenommen, dass die Leitung während der ganzen Lebensdauer des Mastes im Betrieb bleibt und dass weder das Anfangskapital  $N_1$  zurückbezahlt noch der für den Ersatz des Mastes notwendige Betrag  $N_2$  während der Lebensdauer  $n$  verzinst werden muss. In bezug auf  $N_2$  muss noch erwähnt werden, dass dieser Betrag grösser ist als  $N_1$ , weil, wie weiter oben erwähnt, der individuelle Ersatz einzelner infolge Fäulnis in unterschiedlichen Zeitpunkten unbrauchbar gewordener Masten wesentlich teurer ist als die Aufstellung eines Mastes beim erstmaligen gleichzeitigen Bau der ganzen Leitung.

In Tabelle I haben wir als Beispiel die obige Formel für einen Zinsfuss von 3,5 % numerisch ausgewertet. Die Anwendung der Formel ist einfach und ermöglicht eine rasche Bestimmung der jährlichen Kapitalkosten eines Mastes unabhängig vom Masttyp und dessen charakteristischen Eigenschaften. Natürlich muss die Tabelle in gleicher Weise noch für die andern in Frage kommenden Zinsfüsse durchgerechnet werden wie dies in Tabelle I für den Zinsfuss von 3,5 % geschehen ist.

Berechnung der Jahreskosten  $R$  eines Leitungsmastes mit der oben erläuterten Formel

$$R = f \cdot N_1 + \frac{f \cdot N_2}{(1+f)^n - 1}$$

Tabelle 1

$N_1$ Fr.	$N_2$ Fr.	Jahreskosten $R$ in Franken bei einer Lebensdauer $n$					
		20 Jahre	25 Jahre	30 Jahre	35 Jahre	40 Jahre	50 Jahre
200.—	300.—	17,60	14,70	12,80	11,50	10,55	9,30
200.—	400.—	21,15	17,30	14,75	13,10	11,75	10,05
250.—	350.—	21,15	17,75	15,55	14,00	12,90	11,40
250.—	500.—	26,45	21,60	18,45	16,25	14,65	12,60
300.—	450.—	26,40	22,05	19,20	17,25	15,80	13,95
300.—	600.—	31,70	25,90	22,10	19,50	17,60	15,10
400.—	600.—	35,20	29,40	25,60	23,00	21,10	18,60
400.—	800.—	42,30	34,55	29,50	26,00	23,45	20,10

Die in der Tabelle angeführten Beispiele zeigen deutlich die finanzielle Bedeutung der Verlängerung der Lebensdauer der Masten, ganz abgesehen von den Umtrieben, welche beim Betrieb eines Netzes durch die vorzeitige Fäulnis von Holzmasten um so häufiger entstehen, je kürzer die mittlere Lebensdauer der Masten ist.

Es zeigt sich aber auch, dass der *Ankaufspreis* eines Mastes bei richtiger Betrachtung für die Wirtschaftlichkeit im Rahmen eines Elektrizitätsunternehmens nur eine *sekundäre Rolle* spielt.

Es ist heute bekannt, dass die Lebensdauer vor Holzmasten beträchtlich verlängert werden kann. Die Ausnutzung der vorhandenen Möglichkeiten hängt zum Teil vom Willen der schweizerischen Elektrizitätswerke und besonders von der PTT ab, welche die weitaus grösssten Abnehmer für Holzmasten sind. Was die Lieferanten der Holzmasten betrifft, so wissen diese heute, was sie vorzukehren haben, wenn sie der starken Konkurrenz der Betonmästen begegnen wollen.

#### Holzmastenleitungen für mittlere und grosse Spannweiten

Wir haben die Vorteile einer Verlängerung der Lebensdauer von Holzmasten für die Elektrizitäts-

werke und deren Abonnenten darzustellen versucht; die verlängerte Lebensdauer erlaubt es aber auch, den Holzmast höher als bisher zu bewerten und ihm dort, wo es möglich ist, Aufgaben zu übertragen, für die bisher andere Mastarten verwendet worden sind. Man darf in diesem Zusammenhang nicht vergessen, dass die grosse Verbreitung des Betonmastes in Frankreich zum grossen Teil auf die schlechten Erfahrungen zurückzuführen ist, welche die Werke mit den in der Zeit nach dem ersten Weltkrieg von 1918...1926 gelieferten Holzmasten gemacht haben, welche zugegebenermassen im allgemeinen mangelhaft waren. Übrigens haben wir in der Schweiz mit Holzmasten aus der Kriegs- und Nachkriegszeit die gleichen ungünstigen Erfahrungen gemacht. Um objektiv zu bleiben, sei jedoch festgehalten, dass nicht immer ein Fehler der Lieferanten vorlag, und zwar aus folgenden Gründen:

1. Eine grosse Anzahl Masten musste in sehr kurzer Zeit geliefert werden.
2. Die Imprägnierungsmittel (Kupfersulfat) konnten nur in beschränktem Umfang angewendet werden und waren vielfach nur in schlechter Qualität verfügbar.
3. Es musste ungenügend getrocknetes Holz von teilweise zweifelhafter Qualität verwendet werden.

Wird der Betonmast die Werke vor ähnlichen Unfällen und schlechten Erfahrungen schützen, wie man sie dem Holzmast zur Last legt?

Die Verwendung von Betonmasten bietet bestimmt sehr aussichtsreiche Möglichkeiten, aber bis zur Aussage, dass der Betonmast ohne weiteres den Holzmast ersetzen könne, ist doch noch ein grosser Schritt.

Was die gesetzlichen Vorschriften für Holzmasten anbetrifft, kann man sich fragen, ob nicht eine Revision von Artikel 77 der eidgenössischen Verordnung über die elektrischen Starkstromanlagen zweckmäßig wäre, damit man die durch die Holzmasten gegebenen Möglichkeiten besser ausnutzen könnte.

Mehrere Elektrizitätsunternehmungen haben sich diese Frage schon gestellt, denn bei fast allen Werken ergeben sich wachsende Schwierigkeiten beim Erwerb von Durchleitungsrechten. So haben sich, um nur Werke aus der Westschweiz zu nennen, die Compagnie Vaudoise d'Electricité, die Société Romande d'Electricité, die Entreprises Electriques Fribourgoises, die Société des Forces de l'Aubonne und das Elektrizitätswerk Genf mit diesen Problemen beschäftigt.

Die Compagnie Vaudoise d'Electricité liess durch Herrn Ing. Treyvaud eine ausführliche Untersuchung dieser Probleme durchführen. Die folgenden Abschnitte sind diesem Bericht entnommen:

«*Durchleitungsrechte*. Die fortlaufende Verteuerung beim Erwerb von Durchleitungsrechten und die ständig wachsenden Schwierigkeiten, diese überhaupt zu erhalten, veranlassen die Leitungsbauer immer mehr, die normale Bauart mit Holzmasten und einer grössten Spannweite von 50 m zu Gunsten von Leitungen mit grösseren Spannweiten und mit Masten aus Eisen oder Beton aufzugeben. Trotz gewisser technischer Vorteile sind diese Weitspannleitungen aber wesentlich teurer als Leitungen her-

kömmlicher Bauart mit gleicher Leistungsfähigkeit (Mittelspannungsleitungen). Anderseits sind Leitungen mit grosser Spannweite mit Eisen- oder Betonmasten weniger geeignet für Trasseänderungen oder für Spannungsänderungen.

*Imprägnierung des Holzes*. Die Holz-Imprägnierverfahren sind in den letzten Jahren stark verbessert worden. Die Pilze, welche durch Kupfersulfat nicht bekämpft werden konnten, sind durch neue Verfahren ausgeschaltet worden (Verfahren «Cobra», UA-Salze). Man kann deshalb annehmen, dass sich die Lebensdauer der Holzmasten wesentlich erhöhen und im Durchschnitt zwanzig Jahre überschreiten wird. Dies erlaubt uns voraussichtlich, den Holzmast als «dauerhaft» im Sinne der eidgenössischen Gesetze und Verordnungen zu betrachten, wenn man anderseits berücksichtigt, dass Umbauten oder Änderungen an Leitungen in einem Zeitraum von 20...30 Jahren sehr wohl in Frage kommen können.

*Wahl einer Übertragungsleitung und Ziel der Untersuchung*. Diese verschiedenen Überlegungen haben uns veranlasst, die technischen und wirtschaftlichen Fragen von Weitspannleitungen mit Holzmasten zu untersuchen, da diese wesentlich billiger sind als Leitungen mit Eisen- oder Betonmasten. Bei einem Vergleich der Gesamtkosten einer gewöhnlichen Leitung mit normaler Spannweite (exkl. Leiterkosten) mit einer Weitspannleitung mit Holzmasten stellt man fest, dass die Kosten ungefähr gleich gross sind.»

Nachstehend folgen einige diesbezügliche Zahlenangaben:

#### 1. 10-kV-Leitung mit gemischten Masten (Holz und Eisen)

##### Hauptdaten:

Länge 6348 m  
Mittlere Spannweite 151 m  
grösste Spannweite 363 m  
Leiter  $3 \times 95 \text{ mm}^2$  Aldrey  
Isolatoren Motor, Typ 6595  
Zubehör « + GF + »

##### Transportleistung

(bei  $\cos \varphi = 0,8$  und 5 % Verlust) 1500 kW

##### Gestehungskosten pro km Leitung:

Alle Lieferungen inkl. Montage,	
Transporte usw.	Fr. 18 500.—
Durchleitungsrechte, Landschaden	Fr. 1 000.—
	<b>Total Fr. 19 500.—</b>

#### 2. 20-kV-Leitung mit gemischten Masten (Holz und Eisen)

##### Hauptdaten:

Länge 3736 m  
Mittlere Spannweite 143,7 m  
grösste Spannweite 271,5 m  
Leiter  $3 \times 95 \text{ mm}^2$  Aldrey  
Isolatoren Motor, Typ 6807  
Zubehör « + GF + »

##### Transportleistung

(bei  $\cos \varphi = 0,8$  und 5 % Verlust) 10 000 kW

##### Gestehungskosten pro km Leitung:

Alle Lieferungen inkl. Montage,	
Transporte usw.	Fr. 20 000.—
Durchleitungsrechte, Landschaden	Fr. 1 500.—
	<b>Total Fr. 21 500.—</b>

Zum Schluss seien noch einige Angaben gemacht über zwei neuere kleinere Versuche des Elektrizitätswerks Genf. Es handelt sich dabei nicht um eine umwälzend neue Bauart. Die grösste Spannweite der einen Leitung von Sézenove beträgt 82 m, jene der anderen Leitung in Avully 71 m.

Beide Leitungen haben folgende Merkmale: Die Masten (Typ «dick») messen unten 26,5 cm, mit einer Konizität von weniger als 6 mm pro m. Sie werden 1,8...1,9 m tief in den Boden eingelassen. Die Masten wurden nach dem Verfahren Boucherie mit Kupfersulfat imprägniert und dann an Ort und Stelle auf 2 m Länge nach dem Cobra-Verfahren so behandelt, dass sich die Kontaktstelle mit der Erde in der Mitte dieser speziell behandelten Zone befindet. Ausserdem sind die Masten noch mit «Sollignum» angestrichen und als zusätzliche Vorsichtsmaßnahme nach der Aufstellung mit Wolman-Bändagen umwickelt worden.

Die Leitung in Sézenove ist 853 m, diejenige von Avully 436 m lang.

Bei der Berechnung der Leitungen sind die eidgenössischen Vorschriften über die zulässigen Beanspruchungen beachtet worden. Die einzige kleine Abweichung von den Vorschriften ist das Fehlen der Mastsockel. Art. 92, Ziff. 1, der Verordnung über elektrische Starkstromanlagen schreibt allerdings

vor: «Tragwerke von Weitspannleitungen sollen in der Regel aus haltbarem Material bestehen, wobei für Tragmasten in besonderen Fällen auch Holz zulässig ist.» Dabei wird nicht ausdrücklich erwähnt, dass Sockel unbedingt nötig sind.

Die beiden beschriebenen Leitungen haben Kupferleiter mit 28,3 mm<sup>2</sup> Querschnitt. Mit einer Zusatzzlast von 2 kg/m beträgt der minimale Bodenabstand über Wiesen 6,2 m bei der Leitung von Sézenove und 8 m bei der Leitung von Avully. Die Leiter sind so angeordnet, dass der mittlere Leiter überhöht ist. Sie haben unter sich einen Abstand von 90 cm.

Die Isolatoren (Typ Rig, Rosenthal) sind fest montiert, ermöglichen aber ein gewisses Gleiten des Leiters und verhindern das Auftreten von Drehmomenten, weil in Richtung der Leitung der Leiter in der Achse der Isolatorenstütze liegt. Die Kosten für Leitungen dieser Bauart überschreiten in ebenem Gelände den Betrag von 11 Franken pro m Leitungslänge nicht; bei Leitungen von über 2 km Länge lassen sich die spezifischen Kosten sogar auf 10 Franken pro m senken. Dieser Preis ist ohne Trenner aber einschliesslich Abspannung an beiden Leitungsenden gerechnet.

D. : Tr.

#### Adresse des Autors:

L. Carlo, Chef de la section des réseaux du Service de l'Électricité de Genève, Genève.

## Wirtschaftliche Mitteilungen

### Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie in Belgien im Jahre 1958 und das Ausbauprogramm 1958/62

31 : 621.311(493)

Dem ausführlichen Jahresbericht 1958 der «Fédération professionnelle des producteurs et distributeurs d'électricité en Belgique» entnehmen wir die folgenden, durch einige Zahlen aus anderen Quellen ergänzten Angaben über die belgische Elektrizitätswirtschaft; diese versorgt ein Gebiet von rund 30 000 km<sup>2</sup> mit einer Bevölkerung von rund 9 Millionen Einwohnern (Schweiz: rund 41 000 km<sup>2</sup> mit rund 5 Millionen Einwohnern).

Die verfügbare Nettoleistung aller belgischen Kraftwerke betrug im Jahre 1958 3304 MW. Sie hat damit innerhalb 5 Jahren nach Abzug der abgebrochenen alten Anlagen um 17,1% zugenommen (Höchstleistung des schweizerischen Landesverbrauchs im Jahre 1958 2690 MW). Für die Aufteilung der belgischen Gesamtleistung auf die einzelnen Kraftwerkarten verweisen wir auf die ausführlichen Angaben für das Jahr 1957 in dieser Zeitschrift<sup>1)</sup>.

Die jährliche Netto-Energieerzeugung in den Jahren 1957 und 1958 sowie die prozentuale Veränderung gegenüber dem Vorjahr ist in Tabelle I dargestellt.

Jährliche Netto-Energieerzeugung Tabelle I

	1957 GWh	1958 GWh	Veränderung %
Werke der Allgemeinversorgung			
Private Werke . . . . .	6 666	6 606	-0,9
Werke der öffentlichen Hand . . . . .	436	442	+1,6
Industriekraftwerke			
Gemeinsame Kraftwerke .	1 149	1 211	+5,4
Eigene Kraftwerke . . .	4 360	4 259	-2,1
Total	12 611	12 518	-0,7

Während die Nettoerzeugung aller Werke zusammen im Jahre 1957 gegenüber 1956 noch um 6,4% zugenommen hatte, ist im Jahre 1958 gegenüber dem Vorjahr eine Verminderung der Gesamtproduktion von 0,7% eingetreten. Bemerkenswert ist, dass in Belgien, im Gegensatz zu den Verhältnissen in der

<sup>1)</sup> Bull. SEV, Seiten des VSE, 49 Jg.(1958), Nr. 21, S. 1043.

Schweiz, ein sehr grosser Teil der Gesamtproduktion auf die Industriekraftwerke und von der Produktion der Werke der Allgemeinversorgung rund 94% auf private Werke entfallen.

Die Verteilung der jährlichen Netto-Energieerzeugung auf die verschiedenen Energiequellen ist aus Tabelle II ersichtlich.

Verteilung der jährlichen Netto-Energieerzeugung auf die verschiedenen Energiequellen Tabelle II

Art der Erzeugung und verwendeter Brennstoff	1957 GWh	GWh	Anteil am Gesamttotal in %
Thermische Werke			
Kohle . . . . .	9 446	9 093	72,6
Abgase . . . . .	1 607	1 637	13,1
Erdölprodukte . . . .	1 386	1 591	12,7
Total	12 439	12 321	98,4
Hydraulische Werke . .	172	197	1,6
Gesamttotal	12 611	12 518	100,0

Bei den Kraftwerken, welche Abgase als Brennstoff verwenden, handelt es sich in erster Linie um Hüttenwerke; der Anteil der Abgase als Brennstoff ist im Rahmen der Gesamtproduktion beträchtlich. Der Anteil der Kohle an der Deckung des Gesamtbedarfs ist von 74,9% im Jahre 1957 auf 72,6% im Jahre 1958 zurückgegangen; die Kohle ist aber immer noch der wichtigste Energieträger für die Erzeugung elektrischer Energie in Belgien. Der verschwindend kleine Anteil der hydraulischen Kraftwerke ist durch die topographischen Verhältnisse des Landes bedingt.

Die Aufteilung des Gesamtlandesverbrauchs auf die Abgabe in Hochspannung und Niederspannung und deren Unter teilung auf einige Hauptanwendungsbereiche geht aus Tabelle III hervor.

Auffallend ist die unterschiedliche Entwicklung der Abgabe in Niederspannung (vorwiegend Haushalt und Gewerbe) mit einem Mehrbedarf von 132 GWh oder 8% im Vergleich zum Vorjahr und der Abgabe in Hochspannung (vorwiegend Industrie) mit einem Verbrauchsrückgang von 98 GWh oder 1%. Die Aufteilung des Gesamtverbrauchs auf die drei Verbrauchergruppen Industrie, Haushalt und Gewerbe und Bahnen ist in Belgien wesentlich anders als in der Schweiz. Während in Belgien die Industrie den grössten Teil der Landeserzeugung von elektrischer Energie beansprucht, gilt für die

*Jährlicher Verbrauch an elektrischer Energie*  
Tabelle III

	1957 GWh	1958 GWh	Veränderung %
<i>Abgabe in Niederspannung</i>			
Beleuchtung in Haushalt und Gewerbe inkl. übrige Haushaltanwendungen . . . . .	1 373	*	*
Öffentliche Beleuchtung und öffentliche Gebäude . . . . .	169	*	*
Kleinmotor (gewerbliche Motoren)	115	*	*
Total	1 657	1 789	+ 8,0
<i>Abgabe in Hochspannung</i>			
Industrie . . . . .	9 351	9 209	— 1,5
Bahnen . . . . .	615	641	+ 4,2
Beleuchtung . . . . .	177	195	+ 9,9
Total	10 143	10 045	— 1,0
Totaler Landesverbrauch . . .	11 800	11 834	+ 0,3

Schweiz gegenwärtig die folgende Verteilung: Industrie (ohne Elektrokessel) 42 %, Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft 48 %, Bahnen 10 %.

Der *Energieverkehr mit dem Ausland* ist in Belgien lange nicht so gross wie in der Schweiz. Abgesehen von einem Ausfuhrüberschuss im Jahre 1957 hatte Belgien in den Jahren 1949...1958 jeweils einen Einfuhrüberschuss, der zwischen wenigen GWh und rund 100 GWh schwankte. Die Gesamteinfuhr bewegte sich in dieser Periode zwischen 200 und 300 GWh pro Jahr. Für das Jahr 1958 ergibt sich als Resultat von 296 GWh Einfuhr und 234 GWh Ausfuhr ein Einfuhrüberschuss von 62 GWh. In der Ausfuhr 1958 sind auch 41 GWh nach der Schweiz gelieferter Energie enthalten. Im Jahre 1957 hatte die Ausfuhr von Belgien nach der Schweiz 217 GWh erreicht.

Tabelle IV zeigt die *Gesamtbilanz der Erzeugung und des Verbrauchs*.

*Gesamtbilanz der Erzeugung und des Verbrauchs  
in den Jahren 1957 und 1958* Tabelle IV

	1957 GWh	1958 GWh	Veränderung %
<i>Erzeugung</i>			
Einfuhr . . . . .	12 611	12 518	— 0,7
295	296	+	0,3
<i>Im Inland verfügbar (brutto)</i>			
12 906	12 814	—	7,2
<i>Inlandverbrauch (netto)</i>			
11 800	11 834	+	0,3
Ausfuhr . . . . .	399	234	— 41,3
Verluste . . . . .	707	746	+ 5,5
Total	12 906	12 814	— 7,2

Die Verluste machen in Belgien nur 6 % des Gesamtbedarfs aus (Schweiz rund 10 %), was vor allem damit zusammenhängt, dass der grosse Industriebedarf meist durch Werke in der Nähe der Verbrauchsstellen gedeckt wird. Der spezifische Elektrizitätsverbrauch pro Kopf der Bevölkerung betrug in Belgien im Jahre 1958 1311 kWh (Vorjahr 1318 kWh), gegenüber dem Jahr 1939 (640 kWh/Kopf) hat sich der spezifische Verbrauch mehr als verdoppelt. In der Schweiz ist der spezifische Verbrauch mit 2980 kWh pro Einwohner rund 2,3mal so gross wie in Belgien.

Die *langfristigen Ausbaupläne* der belgischen Elektrizitätswerke basieren auf einer jährlichen Verbrauchszunahme von 5,5 %, was auch der mittleren tatsächlichen Zunahme in den Jahren 1953...1958 entspricht. In den letzten Jahren hat der Verbrauch im Haushalt und Gewerbe mit durchschnittlich 6,5 % stärker zugenommen als in der Industrie (5,3 %). Da aber der Industriebedarf in Belgien stark überwiegt, dürfte die Gesamtentwicklung des Elektrizitätsverbrauchs in erster Linie doch von den Verhältnissen in der Industrie abhängen. Der Ausbauplan für die fünf Jahre 1958 bis 1962 sieht in Belgien die Installation von insgesamt 1600 MW neuer Kraftwerk leistung vor, das ist fast die Hälfte der heute überhaupt verfügbaren Werkleistung. Dazu kommen noch Projekte für zwei belgische Atomkraftwerke mit zusammen ca. 150 MW. In den neuen Dampfkraftwerken soll an Stelle der bisherigen Maschinengröße von normal 50 bis 60 MW eine rund doppelt so grosse Type mit 115 bis 120 MW Einheitsleistung installiert werden. Die erste Gruppe von 115/120 MW des neuen Ausbauprogramms ist bereits im Dezember 1958 in Betrieb gesetzt worden. Während die bisherigen 50-MW-Gruppen der Bauperiode 1950...1955 mit 85 kg/cm<sup>2</sup> und 510 °C betrieben wurden, sind die neuen Einheiten für 140 kg/cm<sup>2</sup> und für Dampftemperaturen von 540 bis 560 °C gebaut. Pa-

rallel mit der Grössenentwicklung ging die Verbesserung des Wirkungsgrades von 22 % bei den früheren 30-MW-Gruppen über 29 % bei den 50-MW-Gruppen auf heute 35 % und mehr bei den 115 MW-Gruppen. Die Aufstellung noch grösserer Maschinengruppen von 250 MW wird in Betracht gezogen. — Die höchste im belgischen Landesnetz verwendete Spannung beträgt 150 kV, und auch die Mehrzahl der Verbindungsleitungen mit dem Ausland werden mit dieser Spannung betrieben, abgesehen von wenigen Leitungen mit 70 kV Betriebsspannung. Gegenwärtig wird der Ausbau von 380-kV-Verbindungsleitungen mit den entsprechenden Netzen der Nachbarländer studiert, so dass voraussichtlich die Spannungsstufe von 220 kV in Belgien in der Entwicklung übersprungen wird.

P. Troller

**Ausbau der Wasserkräfte in Norwegen**

Nach einer vom norwegischen Wasser- und Elektrizitätsamt ausgearbeiteten Übersicht<sup>1)</sup> erreichte die installierte Leistung der Wasserkraftwerke Norwegens (über 100 kW) am 31. Dezember 1957 etwa 4860 MW. Im Jahre 1958 betrug der Zuwachs durch Neuanlagen sowie durch Erweiterungen und Umbauten bestehender Anlagen etwa 537,4 MW, wodurch sich die total installierte Leistung per Ende 1958 auf etwa 5400 MW erhöhte.

Die Eigentumsverhältnisse der Wasserkraftwerke zeigen folgendes Bild:

Zuwachs 1958:	Staat	143 MW = 27 %
	Gemeinden	303 MW = 56 %
	Private	91 MW = 17 %
Total Ende 1958:	Staat	1 373 MW = 25 %
	Gemeinden	2 453 MW = 46 %
	Private	1 572 MW = 29 %

Hinzu kommen thermische Anlagen mit einer installierten Leistung von etwa 100 MW.

Die Produktion elektrischer Energie wurde für das Jahr 1958 auf 28 000 GWh veranschlagt; nach den letzten vorliegenden Angaben wurde eine Produktion von 27 580 GWh erreicht.

Die Aufteilung des Energieverbrauchs auf die einzelnen Verbrauchergruppen in den letzten drei Jahren war die folgende:

	1955 GWh	1956 GWh	1957 GWh
Totalle Produktion . . . . .	22 682	23 750	25 840
Übertragungsverluste . . . . .	2 832	3 030	3 360
Netto-Abgabe . . . . .	19 850	20 720	22 480
<i>Verbrauch:</i>			
Elektrochemische Industrie usw. .	8 430	8 890	9 750
Holzveredelung . . . . .	1 800	1 620	1 900
Bergwerke . . . . .	195	210	215
Andere Industrie und Handwerk .	2 110	2 230	2 375
Total der Grossindustrie . . . . .	12 535	12 950	14 240
Eisen- und Strassenbahnen . . . . .	275	290	300
Haushalt, Landwirtschaft usw. . .	7 040	7 480	7 940

Von der Verbrauchszunahme 1956/57 beanspruchte die Industrie rund 75 %. Der Anteil der Industrie am Energieverbrauch machte im Jahre 1957 etwa 63 % aus gegenüber 75 % im Jahre 1939.

Das Bauprogramm für die kommenden fünf Jahre sieht eine Vergrösserung der installierten Leistung um 2184 MW vor; der durchschnittliche Zuwachs in der Periode 1959/63 wird rund 435 MW pro Jahr betragen.

Der Zuwachs 1959/60 verteilt sich auf die einzelnen Eigentümergruppen wie folgt:

Staat . . . . .	1 007 MW = 46 %
Gemeinden . . . . .	1 131 MW = 52 %
Private . . . . .	42 MW = 2 %

Bhn.

**Das Eidg. Amt für Elektrizitätswirtschaft  
im Jahre 1958**

06.046.38 : 621.311(494)

Dem Bericht des Bundesrates über die Tätigkeit des Amtes für Elektrizitätswirtschaft 1958 entnehmen wir folgendes:

Der *Landesverbrauch elektrischer Energie* erreichte im Berichtsjahr (1. Oktober 1957 bis 30. September 1958), ohne die fakultativen Lieferungen an Elektrokessel und den Eigen-

<sup>1)</sup> «Teknisk Ukeblad», Oslo, Heft Nr. 12, 1959.

verbrauch der Elektrizitätswerke für Speicherpumpen, 15 085 (Vorjahr 14 653) Millionen Kilowattstunden (kWh), das sind 432 Millionen kWh oder 2,9 Prozent mehr als im Vorjahr. Seit dem im Jahre 1950/51 eingetretenen Konjunkturaufschwung ist dies die geringste Zuwachsrate, die, in chronologischer Reihenfolge aufgezählt, gegenüber dem jeweiligen Vorjahr 16,2, 6,7, 3,1, 6,2, 7,3, 4,9, und 6,8 Prozent betragen hat.

Die grösste Abnehmergruppe, Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft, auf die im Berichtsjahr 48 Prozent des Verbrauchs entfielen, wies mit 5,4 (7,0) Prozent immer noch eine sehr ausgeprägte Bedarfzunahme auf, wogegen die Zunahme des gesamten industriellen Verbrauchs, der 42 Prozent des Landesverbrauchs beanspruchte, mit 0,6 (8,8) Prozent und diejenige der Bahnbetriebe, deren Anteil am Landesverbrauch 10 Prozent betrug, mit 0,3 (2,6) Prozent nur bescheiden war. Die Gruppe Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft zeichnet sich seit dem Jahre 1940/41, wie nachstehende Tabelle zeigt, durch die weitaus stärkste Verbrauchszunahme aus.

#### Relative Verbrauchssteigerung gegenüber 1930/31:

Hydr. Jahr (1. Okt. / 30. Sept.)	Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft	Industrie ohne Elektrokessel	Bahnen	Alle drei Gruppen inkl. Verluste
1930/31	100	100	100	100
1940/41	150	162	150	153
1950/51	344	263	185	271
1957/58	576	356	223	391

Der gesamte Landesverbrauch elektrischer Energie einschliesslich Elektrokessel und Speicherpumpen belief sich im Berichtsjahr auf 15 761 (15 240) Millionen kWh oder 3,4 Prozent mehr als im Vorjahr.

Die Erzeugung der Wasserkraftwerke erreichte 16 703 (15 704) Millionen kWh, wovon 40 (43) Prozent auf das Winter- und 60 (57) Prozent auf das Sommerhalbjahr entfielen. Die beträchtliche Mehrerzeugung von 999 Millionen kWh ist ausschliesslich auf die Mehrerzeugung im Sommerhalbjahr zurückzuführen, während die Erzeugung im Winterhalbjahr, trotz Inbetriebnahme neuer Werke, wegen der ungünstigeren Wasserführung etwas geringer war als im Vorjahr. Die Erzeugung der thermischen Reservekraftanlagen betrug 175 (190) Millionen kWh, wovon 144 (142) Millionen kWh auf das Winterhalbjahr entfielen. Sie deckte im Winter 1,9 (1,9) Prozent des Landesverbrauchs, während weitere 10 (6) Prozent desselben durch die Einfuhr von Energie befriedigt werden mussten.

Der Energieverkehr mit dem Auslande war in beiden Richtungen sehr intensiv. In den Hauptwintermonaten Dezember und Januar wurden rund 21 Prozent des Landesverbrauchs durch eingeführte Energie gedeckt, während in den Monaten August und September rund 23 Prozent der landeseigenen Erzeugung an das Ausland abgegeben werden konnten. Die Einfuhr erreichte für das ganze Winterhalbjahr 783 (467) Millionen kWh oder 10 Prozent des Landesverbrauchs, die Ausfuhr für das ganze Sommerhalbjahr 1900 (1121) Millionen kWh oder 19 (13) Prozent der Landeserzeugung. Beides sind bisherige Höchstwerte.

Zur Verwendung der Energieüberschüsse wurden im Berichtsjahr 114 meist kurzfristige, wiederholt erneuerte Ausfuhrbewilligungen erteilt.

Die verschiedenen offiziellen internationalen Organisationen, in denen das Amt vertreten ist, befassten sich vorwiegend mit Fragen der gegenwärtigen und zukünftigen Energiebedarfsdeckung.

## Zahlen aus der schweizerischen Wirtschaft

(Auszüge aus «Die Volkswirtschaft» und aus  
«Monatsbericht Schweizerische Nationalbank»)

Nr.		April	
		1958	1959
1.	Import . . . . . (Januar-April) . . . . .	630,6 (2 465,1)	696,8 (2 480,0)
	Export . . . . . (Januar-April) . . . . .	514,6 (2 110,9)	580,1 (2 185,7)
2.	Arbeitsmarkt: Zahl der Stellen- suchenden . . . . .	2 958	2 696
3.	Lebenskostenindex*) Aug. 1939 Grosshandelsindex*) = 100	180,7 218,3	179,9 210,5
	Detailpreise*: (Landesmittel) (August 1939 = 100)		
	Elektrische Beleuchtungs- energie Rp./kWh . . . . .	33	33
	Elektr. Kochenergie Rp./kWh	6,6	6,6
	Gas Rp./m <sup>3</sup> . . . . .	29	30
	Gaskoks Fr./100 kg . . . . .	21,21	19,20
4.	Zahl der Wohnungen in den zum Bau bewilligten Gebäuden in 42 Städten . . . . .	1 443	2 013
	(Januar-April) . . . . .	(4 219)	(7 025)
5.	Offizieller Diskontsatz . . . %	2,5	2,0
6.	Nationalbank (Ultimo)		
	Notenumlauf . . . . . 10 <sup>6</sup> Fr.	5 512,7	5 715,7
	Täglich fällige Verbindlichkeiten . . . . . 10 <sup>6</sup> Fr.	2 716,9	3 003,9
	Goldbestand und Gold- devisen . . . . . 10 <sup>6</sup> Fr.	8 227,3	8 804,8
	Deckung des Notenumlaufes und der täglich fälligen Verbindlichkeiten durch Gold %	93,09	95,82
7.	Börsenindex am 25. April	am 24. April	
	Obligationen . . . . .	97	101
	Aktien . . . . .	385	501
	Industriekästen . . . . .	522	665
8.	Zahl der Konkurse . . . . .	30	29
	(Januar-April) . . . . .	(154)	(137)
	Zahl der Nachlassverträge . . . . .	10	15
	(Januar-April) . . . . .	(60)	(60)
9.	Fremdenverkehr März		
	Bettenbesetzung in % nach den vorhandenen Betten . . .	1958 24,3	1959 29,9
10.	Betriebseinnahmen der SBB allein März	1958	1959
	Verkehrseinnahmen aus Personen- und Güterverkehr . . . . . 10 <sup>6</sup> Fr.	65,1 (181,2)	67,4 (181,7)
	Betriebsertrag . . . . .	71,7 (200,6)	74,0 (201,2)

\*) Entsprechend der Revision der Landesindexermittlung durch das Volkswirtschaftsdepartement ist die Basis Juni 1914 = 100 fallen gelassen und durch die Basis August 1939 = 100 ersetzt worden.

## Verbandsmitteilungen

### 87. Meisterprüfung

Vom 31. März bis 3. April 1959 fand im Museggshulhaus in Luzern die 87. Meisterprüfung statt. Von insgesamt 28 Kandidaten aus der deutschsprechenden Schweiz haben folgende die Prüfung mit Erfolg bestanden:

Baumgartner Erwin, Oberschan  
Bechtiger Walter, St. Gallen  
Boss Alfred, Sigriswil  
Breitenmoser Willi, Rebstein  
Burri Werner, Zürich  
Egger Willi, Zürich  
Fehr Ernst, Winterthur

Fehr Walter, Schaanwald  
Forrer Toni, Schaffhausen  
Jünger Armin, Bazenheid  
Krebs Albert, Pfäffikon (ZH)  
Mattenberger Hans-Jörg, Schaffhausen  
Moosberger Christian, Chur  
Stäbler Johann, Wettigen  
Stork Max, Pratteln  
Spinnler Rudolf, Liestal  
Weber Hugo, Spiez  
Ziegler Urs, Zuchwil

Meisterprüfungskommission VSEI/VSE

# 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

	Bernische Kraftwerke A. G. Bern		Elektrizitätswerk des Kantons Thurgau Arbon		Elektra Baselland Liestal		Gemeindewerke Uster Uster	
	1957	1956	1957	1956	1957	1956	1956/57	1955/56
1. Energieproduktion . . . kWh	495 320 800	495 491 900	—	—	84 000	1 840 000	—	—
2. Energiebezug . . . . . kWh	1577731694 <sup>1)</sup>	1394371026 <sup>1)</sup>	291 757 479	276 712 194	175 606 000	166 405 000	25 145 489	23 476 608
3. Energieabgabe . . . . . kWh	2 073 052 494	1 889 862 936	283 304 132	268 719 174	167 104 000	159 434 000	24 159 861	22 684 214
4. Gegenüber Vorjahr . . . %	+ 9,7	+ 5,3	+ 5,42	+ 7,48	+ 5	+ 6	+ 6,5	+ 6,52
5. Davon Energie zu Abfallpreisen . . . . . kWh	—	—	471 600	2 992 099	4 299 000	3 347 000	1 252 250	1 534 850
11. Maximalbelastung . . . kW	499 100	457 900	50 960	47 800	34 500	34 000	5 500	5 320
12. Gesamtanschlusswert . . . kW	1 757 844	1 663 377	461 060	440 890	219 600 <sup>4)</sup>	201 700 <sup>4)</sup>	42 215	39 847
13. Lampen . . . . . Zahl kW	1 836 397	1 761 771	813 600	790 700	—	—	61 623	59 895
14. Kochherde . . . . . Zahl kW	102 834	96 225	18 300	17 200	11 700	10 900	1 586	1 421
15. Heisswasserspeicher . . . . . Zahl kW	620 965	581 551	106 140	99 760	76 600	70 600	10 083	8 935
16. Motoren . . . . . Zahl kW	75 869	70 351	15 150	14 050	8 900	8 100	2 054	1 881
17. 154 595	165 120	21 200	19 700	16 800	15 200	3 348	2 956	
18. 170 094	158 486	52 000	50 200	31 500	28 500	2 906	2 890	
19. 327 165	305 702	175 550	125 370	57 300	52 500	9 032	9 012	
20. Zahl der Abonnemente . . .	318 561	309 249	334	339	17 100	16 400	7 285	7 350
21. Mittl. Erlös p. kWh Rp./kWh	—	—	4,598	4,669	—	—	6,934	6,743
<i>Aus der Bilanz:</i>								
31. Aktienkapital . . . . . Fr.	56 000 000	56 000 000	—	—	—	—	—	—
32. Obligationenkapital . . . .	25 000 000	—	—	—	—	—	—	—
33. Genossenschaftsvermögen . .	—	—	—	—	4 046 156	4 285 964	—	—
34. Dotationskapital . . . . .	—	—	6 000 000	6 000 000	—	—	—	—
35. Buchwert Anlagen, Leitg. .	85 922 121	83 884 489	1 247 000	1 208 340	2 520 002	2 380 002	1 710 002	1 496 281
36. Wertschriften, Beteiligung .	14 717 925	11 370 925	8 835 000 <sup>3)</sup>	9 139 360 <sup>3)</sup>	4 204 004	4 004 004	—	—
37. Erneuerungsfonds . . . . .	21 967 000	21 107 000	1 000 000	1 000 000	706 000 <sup>5)</sup>	650 000 <sup>5)</sup>	325 000	281 000
<i>Aus Gewinn- und Verlustrechnung:</i>								
41. Betriebseinnahmen . . . . Fr.	78 716 432	70 852 655	12 525 200	11 896 130	2 185 922	2 548 639	1 675 419	1 529 718
42. Ertrag Wertschriften, Be- teiligungen . . . . .	533 760	572 167	422 700	405 570	166 492	114 238	—	—
43. Sonstige Einnahmen . . . .	2 624 624	2 052 688	1 000	955	27 283	19 743	—	—
44. Passivzinsen . . . . .	—	—	82 800	283 750	138 649	116 382	39 329	26 945
45. Fiskalische Lasten . . . . .	4 195 285	3 955 505	—	—	231 506	175 273	—	—
46. Verwaltungsspesen . . . . .	—	—	349 000	315 400	421 071	339 495	135 422	120 915
47. Betriebsspesen . . . . .	23 610 754 <sup>2)</sup>	21 855 898 <sup>2)</sup>	636 600	598 400	637 103	905 032	164 126	158 499
48. Energieankauf . . . . .	41 593 906	35 174 955	9 590 000	8 887 670	—	—	996 410	890 997
49. Abschreibg., Rückstell'gen .	9 501 822	9 502 352	1 218 000	1 148 520	1 116 746	1 052 694	202 078	160 000
50. Dividende . . . . .	3 080 000	3 080 000	—	—	—	—	—	—
51. In % . . . . .	5,5	5,5	—	—	—	—	—	—
52. Abgabe an öffentliche Kassen . . . . .	—	—	200 000	200 000	—	—	50 000	50 000
<i>Übersicht über Baukosten und Amortisationen</i>								
61. Baukosten bis Ende Be- richtsjahr . . . . . Fr.	—	—	15 468 000	14 880 000	19 617 178	18 381 573	4 738 711	4 322 913
62. Amortisationen Ende Be- richtsjahr . . . . .	—	—	14 221 000	13 672 000	17 097 176	16 001 571	3 028 709	2 826 632
63. Buchwert . . . . .	83 850 000	79 580 000	1 247 000	1 208 340	2 520 002	2 380 002	1 710 002	1 496 281
64. Buchwert in % der Bau- kosten . . . . .	—	—	8,06	8,12	13	13	36,09	34,61

<sup>1)</sup> inkl. Bezug aus Partnerwerken

<sup>2)</sup> inkl. Verwaltungsspesen

<sup>3)</sup> Buchwert

<sup>4)</sup> ohne Lampen

<sup>5)</sup> in Ziff. 33 inbegriffen

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

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

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