

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 47 (1956)  
**Heft:** 23  
  
**Rubrik:** 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:** 16.01.2026

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

# Energie-Erzeugung und -Verteilung

## Die Seiten des VSE

### Gedanken zum Bau der Maggia-Kraftwerke

Von A. Kaech, Locarno

621.311.21 (494.55)

Anlässlich der Kollaudation der Maggia-Kraftwerke am 29. September 1956 machte der Oberbauleiter, Herr Dr. h. c. A. Kaech, einige Mitteilungen über das Projekt und die Ausführung dieses Bauwerkes, die wir hier mit einigen wenigen Kürzungen wiedergeben.

Die Hauptdaten des Werkes sind aus der Fachliteratur bekannt. Es wird deshalb hier auf die Bedeutung eingegangen, welche diesen Zahlen zukommt. Dies geschieht, indem der Ingenieur, der mit den Projektstudien und der Bauleitung beauftragt war, Aufschluss gibt über einige Probleme, die sich dabei stellten, und wie sie gelöst wurden. Ein kurzer vergleichender Hinweis auf andere, ähnliche Anlagen erlaubt, die technische und wirtschaftliche Bedeutung des Maggiawerkes in einem weiteren Rahmen zu beurteilen.

Lors de l'inauguration des usines de la Maggia, le 29 septembre 1956, l'ingénieur en chef, M. A. Kaech, Dr. h. c., a fait quelques communications sur le projet et son exécution. Nous les reproduisons ci-après sous une forme légèrement raccourcie.

Les données principales de l'aménagement sont connues. On peut donc se dispenser de les répéter et les remplacer par quelques considérations sur l'importance de ces chiffres. L'ingénieur chargé de l'étude du projet et de la direction des travaux le fait ici en citant quelques-uns des problèmes qui se sont posés et en indiquant comment ils furent résolus. L'auteur termine par une brève comparaison avec d'autres aménagements semblables qui permet de juger dans un cadre plus large de la valeur technique et économique des installations de la Maggia.

#### I

Im August vor acht Jahren hat der Baudirektor des Kantons Tessin uns ersucht, durch eine Projektstudie festzustellen, ob es möglich wäre, mit dem Wasser aus dem Einzugsgebiet der Maggia und ihrer Zuflüsse eine wirtschaftliche Wasserkraftanlage zu erstellen mit einem so grossen Energieertrag und genügender Betriebssicherheit, dass ihre Ausnutzung für die schweizerische Energieversorgung von Interesse sein könnte.

Bekannt war schon damals, dass die Niederschläge im ganzen Flussgebiet der Maggia im Vergleich mit denjenigen anderer schweizerischer Flussgebiete ungewöhnlich gross sind; die Niederschlagsmenge beträgt nicht nur in den Hochlagen etwa 2,0 m jährlich, sondern auch in grossen Teilen der Tieflage, in Brissago über 2,0 m. Bekannt war aber auch, dass die Regenmengen oft sehr konzentriert niederfallen (20 cm und lokal sogar bis ihre Zuflüsse als Wildbäche bei Hochwasser viel 30 cm in 24 Stunden), und dass die Maggia und Geschiebe führen. Diese wilde Natur trat drastisch in Erscheinung durch die Zerstörung der Brücke der Maggiabahn kurz oberhalb des Cañon bei Ponte Brolla im August 1951, indem das Eisenfachwerk, dessen Untergurt über 15 m höher lag als die normalen Wasserstände der Maggia, durch das Hochwasser abgehoben und in das Flussbett hinuntergeworfen worden ist. Dieser wilden Natur musste das Projekt sowohl hinsichtlich Bauausführung, als auch Sicherheit des Betriebs Rücksicht tragen, wozu vielfach neue Methoden und

Konstruktionen für die Wasserfassungen nötig waren.

Bei dem zwischen den Extremen stark schwankenden Wasserregime wäre es nicht möglich gewesen, eine genügend konstante Energieerzeugung zu erreichen ohne entsprechend grosse Wasserspeicher in den Hochlagen. Über solche Gelegenheiten lagen bereits einige von verschiedenen Seiten angestellte Untersuchungen vor, welche aber nur viel zu geringe und ungenügend abgeklärte Becken nachgewiesen haben. Glücklicherweise haben aber die Rekognoszierungen der Ingenieure und Geologen schon bald gezeigt, dass auf der rund 1400 m ü. M. gelegenen Sambucoalp eine günstige Stelle für die Anlage eines Grossspeichers und daneben noch eine Anzahl weiterer Gelegenheiten zur Anlage geeigneter Speicher im westlichen Hochgebiet zwischen der Cristallina und dem Basodino (Speicherbecken Naret und Cavagnoli für je 100 GWh, Sammel- und Ausgleichsbecken Robiei) vorhanden sind.

In den Steiltälern, welche an diese Becken bis in die Gegend von Bignasco, dem Treffpunkt der Haupttäler Lavizzara und Bavona, anschliessen — mit Gefälle von rund 1000 m von Sambuco und von rund 1800 m von Naret/Cavagnoli bis Bignasco — war es dann mit Anwendung der bei der Anlage Innertkirchen in der Schweiz erstmals entwickelten modernen Baumethode mit unterirdischen Zentralen verhältnismässig einfach, geeignete Gefällskonzentrationen zu finden. Immerhin hat die Anpassung an die Natur, d. h. in erster Linie an geo-

logisch günstige Gesteine und die tunlichste Vermeidung von Lawinen- und Steinschlaggefahr bei der Situierung der Baustellen noch recht viele Rekognosierungen verlangt, und zur Ermittlung der wirtschaftlichsten Lösung waren umfangreiche rechnerische Analysen notwendig; es wurden hiezu 14 Varianten verglichen.

Im Talabschnitt von rund 30 km Länge von Bignasco nach dem Lago Maggiore beträgt das mittlere Gefälle mit rund 0,9 % nur noch etwa  $1/8$  bzw.  $1/12$  so viel wie in den Steiltälern oberhalb Bignasco. Dies ist wohl der Hauptgrund, warum frühere Projekte für die Ausnützung der Maggia nicht realisiert werden konnten. Mit einer Wasserführung in Druckstollen wäre bei dieser grossen Länge zum vornherein keine wirtschaftliche Lösung möglich gewesen. Es kann aber auf diesem Talabschnitt das Betriebswasser aller oberr. Kraftwerke vereinigt und, vermehrt durch Wasser der Bäche aus den grossen, rechts der Maggia gelegenen Seitentälern, mit einem Gefälle von rund 270 m ausgenützt werden. Damit lässt sich auf diesem Talabschnitt eine grosse Energiemenge von rund 500 GWh erzeugen. Es war also nur notwendig, hiefür eine wirtschaftliche Projektdisposition und Art und Weise der Bauausführung zu finden. Hiezu gelangten wir erst durch eine Studie darüber, ob es möglich sei, gegen das untere Ende dieses Projektgebietes eine geeignete Stelle für ein Zwischenbecken mit einigen Millionen  $m^3$  Nutzhinhalt zu finden. Nach eingehenden Rekognosierungen fand sich schliesslich in der Felsschlucht, in welcher die Melezza der Maggia zufließt, eine zwar nicht in allen Teilen vorzügliche, aber doch gut brauchbare Engstelle zur Anlage einer Sperre für die Errichtung eines Ausgleichsbeckens mit 4,8 Millionen  $m^3$  Nutzhinhalt beim Aufstau der Melezza bis zur Landesgrenze. Dieser zufällig durch die Natur dargebotene günstige Umstand hat eine sehr zweckmässige Disposition für die Ausnützung dieses untersten Talabschnittes mit einer einzigen Gefällsstufe an ihrem untern Ende bei Verbano am Ufer des Lago Maggiore ermöglicht. Auf 80 % der Länge kann die Wasserleitung auf der kürzesten Linie in einem *Freilaufstollen* bewerkstelligt werden. In diesen konnten auch die Bäche der rechtsufrigen Seitentäler in günstiger Höhenlage und mit sehr einfachen und betriebstüchtigen Entnahmeverrichtungen eingeleitet werden. Das *Palagnedrabecken* bietet genügend Raum zur Feinklärung des Wassers und dazu auch zur zeitweisen Veredelung von Nacht- in Tagesenergie. Die Wasserüberführung vom Palagnedrasee zur Zentrale Verbano benötigt einen Druckstollen von nur noch 7450 m Länge. Festzulegen war dann noch, wie dieses System an das Unterwasser der Mittelstufe ohne Gefällsverlust angeschlossen werden konnte. Dank der unterirdischen Anordnung der Zentralen war es möglich, den *Unterwasserspiegel der Mittelstufe auf das Stauziel des Palagnedrasees auszurichten*, und es fand sich kurz oberhalb des Dorfes Cavergno auch eine verhältnismässig nicht zu lange Strecke zur Kreuzung des Wasserleitungsstollens mit dem wilden, schuttgefüllten Bergtal der Bavona.

Auf den Umstand, dass eine solche Lösung ohne die moderne Entwicklung mit unterirdischer Disposition der Zentralen nicht möglich gewesen wäre, möchte ich hier nochmals ausdrücklich hinweisen, denn nicht nur die Laien, sondern auch die meisten Spezialfachleute sind heute noch der Meinung, es handle sich hierbei nur um die etwas mehr oder weniger grossen Baukosten bei den Zentralen selbst, oder um den besseren Schutz gegen ein rauhes Klima, oder gegen Lawinen und Steinschlag, oder schliesslich um eine Frage des Platzmangels. Das alles mag zwar auch eine Rolle spielen. Viel wichtiger ist aber, dass diese moderne Technik eine viel grössere Freiheit in der *Gesamtkomposition im «Raume»* ermöglicht mit Ersparnissen, welche von viel grösserem Gewicht sein können, als die nur aus den etwas mehr oder weniger grossen Baukosten allein der Zentrale resultierenden. — Die Disposition der Anlage von *Verbano* und ihres Zusammenschlusses mit derjenigen von *Cavergno*, und auch der Zusammenschluss von *Cavergno* und *Peccia*, bieten ein klassisches Beispiel dafür, wie mit moderner Technik der Ausbau von vielen Wasserkräften hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit gefördert werden kann.

Diese Erfahrungen und der Umstand, dass uns von den vorangegangenen Studien der Wasserkräfte des Kantons Tessin, worunter auch Projekte für die Ausnützung des Brenno, ein gut eingearbeiteter Stab von Ingenieuren und Geologen zur Verfügung stand, haben es ermöglicht, die Studien über die Maggiawasserkräfte so rasch voranzubringen, dass wir schon *anfangs Dezember 1948 der Baudirektion des Kantons Tessin eine Projektstudie mit Bericht und Schätzung der Bau-, Betriebs- und Energiekosten abliefern konnten*.

Das Studienprojekt hat den Nachweis geliefert, dass es möglich ist, in zwei bis drei Etappen aus dem Gebiet der Maggia *einen Energieertrag von über einer Milliarde kWh zu gewinnen*, und ferner, dass schon mit einer ersten Bauetappe, dem so genannten *Oststrang* (Sambuco, Peccia, Cavergno und Verbano) *über 800 GWh erreicht werden können*.

In der Studie wurde auch dargelegt, wie diejenigen Energiemengen, welche im Kanton Tessin nicht in absehbarer Zeit verwendet werden können, nach den grossen *Verbrauchszentren auf der Nordseite der Alpen transportiert werden können*.

Auf Initiative des Kantons Tessin wurde bereits am *17. Februar 1949* von den heutigen Aktionären der Maggia-Gesellschaft eine *Studiengesellschaft gegründet*. Diese hat am gleichen Tag dem Kanton Tessin auf der Grundlage des Studienprojektes ein Konzessionsbegehren für die Ausnützung der Maggia und ihrer Zuflüsse bis zum Lago Maggiore gestellt. Die Konzession wurde von den Kantonsbehörden unverzüglich behandelt und schon am *10. März 1949* erteilt.

In der Konzession wurde die Maggia-Gesellschaft verpflichtet, die erste Bauetappe, den Speichersee Sambuco und die drei Kraftwerke Peccia, Cavergno und Verbano in einem Zuge auszuführen und alsbald mit dem Bau zu beginnen.

Im Auftrag der Studiengesellschaft haben wir in der ersten Hälfte des Jahres 1949 das *Bauprojekt für die erste Bauetappe* ausgearbeitet und dieses im *Juni mit einem eingehenden Bericht samt detailliertem Kostenvoranschlag und Bauprogramm vorgelegt*. Nach Begutachtung durch die Organe der Gesellschaft wurde das Projekt als dienliche Unterlage zur Gründung der Aktiengesellschaft und für die Bauausführung erachtet. Ob das Bauprogramm eingehalten werden könnte, wurde zwar zunächst von vielen Ingenieuren bezweifelt, hauptsächlich wegen der gegenüber früheren schweizerischen Kraftwerksbauten aussergewöhnlichen Länge der Stollen von rund 88 km, mit einem unterirdischen Ausbruch in Tunnel von kleinen bis zu sehr grossen Querschnitten von rund 1,1 Millionen m<sup>3</sup>, was etwa dem Ausbruch des Simplon-Doppeltunnels entspricht. Dieser Einwand wäre nur berechtigt gewesen bei Anwendung der bis etwa 1945 im schweizerischen Kraftwerksbau allgemein zur Anwendung gekommenen primitiven Stollenbaumethoden mit Handbohrhämtern, mit welchen nur mittlere Monatsvortriebe in hartem Gestein von etwa 80...130 m erreicht wurden. Wir haben aber schon 1940 beim Bau der Anlage Innertkirchen auf Spannsäulen montierte schwedische Nass-Bohrmaschinen mit automatischem Vorschub ausprobiert und die Plazierung des Betons der Stollenmäntel mit Pumpen vorgenommen. Ferner wurden beim Bau des Stollens Handeck-Gauli auf unsere Veranlassung durch den Bauunternehmer Ing. Eugen Losinger auch amerikanische Bohrwagen mit einer Anzahl auf Lafetten befestigten Bohrern mit automatischem Vorschub ausprobiert. Damit konnten nicht nur die Vortriebsleistungen gegenüber früher *mehr als verdoppelt werden*, sondern es wurden auch die sozusagen unmenschlichen Arbeitsbedingungen, die beim Handbohrhammer vorhanden waren, beseitigt. Die früheren viel zu häufigen Erkrankungen der Stollenarbeiter an der perfiden Silikose, der Gicht usw. wurden auf diese Weise viel wirksamer bekämpft, als dies durch administrative Massnahmen je möglich gewesen wäre. Die Anwendung dieser modernen Arbeitsgeräte bot auch Gewähr für die Beibringung der vielen für diese grossen Stollenbauten nötigen Mineure.

Die eingehenden geologischen Aufnahmen und ihre Berücksichtigung bei den Trassierungen, die Mechanisierung aller Stollenbauten und einige weitere Massnahmen, z. B. die Bereitstellung eiserner Einbaubögen zur raschen Überwindung beim Durchfahren schlechter Felspakete, sowie endlich die heute auf einer hohen Stufe angelangte Qualität unserer Bauunternehmungen boten eine ausreichende Gewähr dafür, dass die kurzen Bauzeiten des Bauprogrammes nicht überschritten würden.

Mit Genugtuung dürfen wir hierzu heute feststellen, dass diese Zuversicht sich bei der Bauausführung voll erfüllt hat. Alle Stollen wurden fristgemäß erstellt, trotzdem — allerdings an verhältnismässig wenigen und hauptsächlich nur kurzen Strecken — auch recht heikle Schutt- und Felspartien zu bewältigen waren. In der Schweiz, besonders auch im Tessin, gibt es jetzt viele Stollenbau-Unternehmer, welche dank der neuen Metho-

den fähig sind, kleine und auch sehr grosse Wasserstollen zu Preisen herzustellen, wie sie vor 20...30 Jahren üblich waren, obschon sich seither die Stundenhöhne mehr als verdoppelt haben.

In der zweiten Hälfte 1949 wurden die Vorbereitungen zur Gründung der Aktiengesellschaft getroffen. Die Zustimmungen der Oberbehörden für die Finanzierung und Teilnahme an der Aktiengesellschaft erfolgten so rechtzeitig, dass am *10. Dezember 1949 die Maggia Kraftwerke A.-G. mit Sitz in Locarno gegründet werden konnte*.

Schon vorher hatten die Mitglieder der Studiengesellschaft einige Vorkredite zur Verfügung gestellt zur Ausführung einiger baulicher Vorbereitungen. Es wurde schon im Sommer 1949 mit den Verbesserungen der Zufahrtsstrassen, der Anlage von Wegen und Seilbahnen, sowie mit den Zuleitungen elektrischer Energie zu den Baustellen begonnen. Ferner wurden die Maschinen für die Zentrale Verbano bestellt, damit sie von den Fabriken früh genug geliefert werden konnten.

Ende April 1950 konnten die ersten grösseren Bauarbeiten — Stollen für das Kraftwerk Verbano — an Bauunternehmer in Auftrag gegeben werden, und seither sind entsprechend dem Bauprogramm die weitern Vergebungen der Bauobjekte Zug um Zug erfolgt, sowie die elektromechanischen Ausführungen bestellt und die Anlagen ausgeführt worden.

Nach nicht ganz 3 Jahren Bauzeit, am *23. März 1953*, konnte die *Energieproduktion* zunächst mit zwei, und ab August mit allen vier Maschinen in der *Zentrale Verbano aufgenommen* werden. Für die Anlagen Cavergno und Peccia konnten die ersten Stollen im Juli 1952 und die Zentralenkävernen, die Wasserfassungen mit Zuleitungsstollen, im Juni 1953 vergeben werden. In Cavergno konnte schon am *13. Juni 1955* und in Peccia am *12. September 1955* die Energieproduktion aufgenommen werden.

Masgebend für den Fertigstellungstermin der *Gesamtanlage* war die *Bauzeit der Sambucosperrre* mit ihren 260 000 m<sup>3</sup> Aushub und 775 000 m<sup>3</sup> Betonmauerwerk. Die Bauvergebung erfolgte Mitte Juli 1951 mit dem Fertigstellungstermin und der Möglichkeit des Vollstaus im *Herbst 1957*. Zufolge der Verhältnissen sehr gut angepassten Bauinstalation und des günstigen Wetters im Baujahr 1954, hauptsächlich aber wegen der raschen Abfuhr der Abbindewärme durch Wasser, welches in einem über den ganzen Sperrenkörper verteilten Röhrensystem zirkulierte, konnte die *Mauer ein volles Jahr früher fertiggestellt werden*, und die *Vollspeicherung erfolgte schon im Jahre 1956*.

Diese in der Schweiz erstmalig zur Anwendung gelangte wirkungsvolle Kühlungsweise hat einen früheren Fugenschluss mittels Zementinjektionen in die Fugenflächen zwischen den einzelnen Betonblöcken ermöglicht und dadurch auch einen Aufstau, welcher der Betonierung unmittelbar folgen konnte. Das Stauziel wurde erstmals Ende Juli 1956 erreicht.

Die ganze Sperre ist aussergewöhnlich gut dicht und auch das statische Verhalten, das trigonometrisch und durch drei Pendellote kontrolliert wird,

ist sehr befriedigend. Die Durchbiegungen entsprechen den vorausberechneten Werten; sie haben sich seit Beginn des Vollstaus bis heute nicht geändert. Die Deformationen im Sperrenkörper und im Felsuntergrund sind also schon jetzt an ihrem Grenzwert angelangt, was die beste Gewähr für die Sicherheit des Bauwerkes auf lange Dauer bietet.

Zu den umfangreichen *unterirdischen Aushüben in den Stollen, Schächten und Kavernen* haben wir bereits mitgeteilt, dass sie dank der besondern Vorbereitungen fristgemäß nach den Bauprogrammen und teilweise noch rascher ausgeführt werden konnten. Eine Erfahrung, die wir bei der Ausführung der Stollen gemacht haben, kann für Tunnelingenieure noch von Interesse sein. Die Gesteinstemperaturen bei Stollen, die unter hohen Bergmassiven durchgeführt wurden, haben bei weitem nicht die maximalen Werte erreicht, welche die in üblicher Weise gemachten Prognoseberechnungen ergeben hätten. Statt der erwarteten 40...44 °C haben sie rund 30 °C nicht überstiegen. Eine Fels temperatur von rund 32 °C wurde zwar auch einmal angetroffen, aber nicht in einem Basisstollen, sondern merkwürdigerweise beim Ablaufstollen der Zentrale Cavergno, bei einer horizontalen Felsstärke von nur rund 150 m und einer Überdeckung von nur rund 250 m. Ursache dieser lokal auf etwa 100 m Länge begrenzten Übertemperatur war offensichtlich, dass in der Nachbarschaft eine heisse Quelle durch das Gebirge floss.

Prognosen über die zu erwartenden Felstemperaturen beim Bau grosser Basistunnel, wie sie bisher gewöhnlich üblich waren, d. h. auf Grund der Morphologie des zu unterfahrenden Bergmassivs und mit aus wenigen Erfahrungen abgeleiteten Temperaturgradienten, sind zwar wertvoll; sie können aber nur Werte liefern, bei welchen in der Wirklichkeit grosse Abweichungen auftreten können.

Zu den *Wasserfassungen* habe ich schon in der Einleitung darauf hingewiesen, dass dafür eine den extravaganten Niederschlags- und Klimaverhältnissen besonders angepasste Ausführungsweise nötig sei, um die der Berechnung des Energieertrages zu Grunde gelegte Wassermenge beim Betrieb auch wirklich zu erreichen und um überhaupt Zerstörungen an den Fassungsanlagen in diesen wilden Bächen zu vermeiden. Mit «beweglichen» Stautafeln wäre dies unmöglich gewesen.

Durch Wahl schon von Natur aus geeigneter Stellen und dazu durch Anpassungen der Bachbette mittels Buhnen, und wo nötig durch Schwellen, musste erreicht werden, dass das Bachwasser bis zu gewissen Mengen vollständig und bei Hochwasser noch teilweise in den Einlauf fliesst, und zwar mit so wenig Kiessand und Geschwemmsel, dass es in kleinen Absatzbecken ausgefällt und abgespült werden kann. Dieses neuartige System musste zunächst theoretisch fundiert werden. Durch eine entsprechende «räumliche» Wasserführung konnte erreicht werden, dass kein Geschiebe vor den Einläufen liegen bleibt, und alsdann wurde eine grosse Anzahl verschiedene Fassungen durch hydraulische Modellversuche den jeweiligen örtlichen Verhältnissen angepasst. Mehrere dieser Fassungen stehen

nun schon seit einigen Jahren im Betrieb; sie haben dabei den erwarteten Wassertribut geleistet und sich auch bei grossem Hochwasser gut bewährt.

Es ist ein besonderes Verdienst von Herrn Oberingenieur *Hans Lüthi*, dass trotz dieser grossen Entwicklungsarbeit alle Wasserfassungen noch innert nützlicher Frist fertiggestellt werden konnten. Dadurch ist es möglich geworden, schon während der Bauzeit der ersten Bauetappe *eine bedeutende Energiemenge zu produzieren; sie beziffert sich bis Ende September 1956 bereits auf 1 713 000 000 kWh.*

Zur Ausführung der *Druckschächte und Zentralen* ist zunächst zu bemerken, dass diese, sowohl bezüglich ihrer Grösse als auch der Art der Ausführung, nicht über das hinausgegangen sind, was bei der ersten Kavernenzentrale der Schweiz, der in den Jahren 1939...1942 erstellten Anlage Innertkirchen, gemacht worden war. Wie deshalb zu erwarten war, sind diese Anlagen in der im Programm vorgesehenen Frist erstellt worden.

Als einzige Neuerung ist zu erwähnen, dass die *Spannung für den Energie-Ferntransport auf 220 kV* erhöht wurde, gegenüber 150 kV, wie sie bisher als Maximum in unserem Land üblich war. Unsere Maschinen-, Kabel- und Schalterfabriken konnten dieser verhältnismässig nicht sehr grossen «*Extrapolation*» umso eher genügen, als sie ihre Fabrikmate schon früher in andere Länder für diese und höhere Spannungen geliefert haben.

Die Detailprojektierung und Bauleitung des elektromechanischen Teils der Zentralen und der 220-kV-Fernleitungen hatte die Maggia Kraftwerke A.-G. der *Motor-Columbus A.-G.* übertragen. Die 220-kV-Leitung Verbano nach der Schaltstation Avegno und der Station der ATEL in Riazzino, sowie die Verbindung Avegno nach Cavergno/Peccia und von dort über den Campolungopass nach der Station Lavorgo der ATEL waren jeweils auf den Zeitpunkt der Betriebsaufnahme der entsprechenden Zentralen ebenfalls betriebsbereit.

Die Zentrale Verbano steht heute nun schon  $3\frac{1}{2}$  Jahre im Betrieb und die Zentralen Peccia und Cavergno seit einem Jahr. Sie haben ohne nennenswerte Störungen gearbeitet und ihre *Betriebstüchtigkeit in allen Teilen erwiesen*. Die schon während der Bauzeit erreichte Energieproduktion von nahezu 1,75 Milliarden kWh hat damit bereits einen erheblichen Beitrag zur Deckung des stets wachsenden Energiebedarfes der Schweiz geleistet.

Unsern Mitteilungen über die Bauausführung würde wohl der Aufschluss über einen Kardinalspunkt fehlen, wenn wir keine Auskunft darüber geben würden, *wie wir mit den devisierten Baukosten ausgekommen sind*. Ich kann mich hierüber ganz kurz fassen. Die *Schlussabrechnungen* aller Bauwerke und der elektromechanischen Installationen sind bereits erledigt, und zwar dank der guten Leistungen der Lieferanten und Bauunternehmer, ohne dass weitergehende Auseinandersetzungen nötig geworden sind. Wir können deshalb schon am heutigen Tag der Kollaudation mit Befriedigung feststellen, dass mit Berücksichtigung der während des Baues durch den Verwaltungsrat beschlossenen Erweiterungen, wie Vergrösserungen

der installierten Leistungen, ferner der Zuleitung der Bavona von San Carlo nach Peccia schon in der ersten Bauetappe, sowie der alsbaldigen Installation der Pumpenanlage in Peccia und einer Vergrösserung des Sambucuspeichers, *wir gut im Rahmen des Kostenvoranschlages des Projektes geblieben sind.*

## II

Damit durch die Hervorhebung einiger besonderer Leistungen beim Projekt und Bau der Maggiawerke keine Missverständnisse entstehen können, ist es gegeben, die Maggiawerke noch in einen etwas grössern Rahmen zu stellen. Dazu können vor allem einige vergleichende Hinweise dienen auf zwei ähnliche Anlagen, die zurzeit im Kanton Wallis errichtet werden. Die Talsperren von Mauvoisin und Grande Dixence übertreffen nach ihren Höhen und Kubaturen weit die Sambucusperre, und daher naturgemäß auch hinsichtlich der Bauinstallationen und deren Leistungen. Während noch vor 3 bis 4 Jahrzehnten Sperrenhöhen von etwa 100 m bei Schwergewichtstypen und 90 m bei Bogenarten als obere Grenze des Zulässigen erachtet wurden, wird die Schwergewichtsmauer Grande Dixence 284 m und die Bogenmauer Mauvoisin 237 m hoch. Die hiezu erforderlichen Mauerwerkskubaturen betragen 5,8 Millionen m<sup>3</sup> bei Grande Dixence und 2 Millionen m<sup>3</sup> bei Mauvoisin.

Diese Zahlen zeigen eindrücklich, welch gewaltige Fortschritte die Berechnungstheorie und die Mauerungskunst in den letzten Dezennien gemacht haben. Sie zeigen aber auch, ähnlich wie einzelne Teile bei den Maggiawerken, welch grosser Aufwand an Geist und Arbeit nötig ist für den Ausbau unserer schweizerischen Gebirgswasserkräfte.

Der Wunsch, unser Land von der Kohleneinfuhr möglichst bald weitgehend zu befreien, hat bei uns, im Vergleich mit andern Ländern, verhältnismässig früh dazu geführt, eigentlich bevor die Technik genügend weit fortgeschritten war, schon recht grosse Flusskraftwerke zu erstellen und ihren Ausbau so zu fördern, dass die am Anfang des Jahrhunderts jährlich produzierbare Energiemenge von 600 Millionen kWh heute bald auf 15 Milliarden kWh angestiegen sein wird.

Anfangs, um die Jahrhundertwende herum, hat bei uns allgemein die Meinung geherrscht, die Schweiz sei besonders reich an ausbauwürdigen Wasserkräften, und auch heute noch ist diese Meinung beim grossen Teil unserer Bevölkerung vorhanden. Es hat sich aber bald gezeigt, dass es, zufolge viel günstigerer Naturverhältnisse, in einzelnen andern Ländern möglich ist, *auf viel einfachere Art als bei uns sehr grosse Anlagen zu bauen*. Dies ist auch dann noch der Fall, wenn wir die gigantischen Werke von Kanada und den USA oder gar die Monsterprojekte in Asien und Afrika ausser Betracht lassen, und nur Werke europäischer Staaten zum Vergleich heranziehen, z. B. solche in den nordischen Ländern. Das grösste hydraulische Kraftwerk Europas wird jedoch zurzeit in Spanien errichtet. Auf engem Raum kann dort in einer einzigen Zentrale eine so grosse Energiemenge erzeugt werden, wie im Maggia- und Bleniotal zusammen. Es liegt auf der Hand, dass bei solch günsti-

gen Naturverhältnissen die Energiegewinnung mit einem viel geringern Aufwand an schöpferischem Geist, Arbeit und Geld möglich ist.

Mit dieser Feststellung möchte ich keinesfalls dem Pessimismus bei der tunlichst weitgehenden Energiegewinnung aus unseren noch ausbauwürdigen Wasserkräften Vorschub leisten. Wir müssen im Gegenteil in der weitern Aufschliessung des ausser Holz einzigen Energieträgers unseres Landes mit der gleichen Tatkraft weiterfahren, wie sie bei uns schon seit der Pionierzeit der Elektrizitätswirtschaft vorhanden war. Der Armut an natürlichen Gütern unseres Bodens können wir in der Elektrizitätswirtschaft, gleich wie in der Landwirtschaft, auch in Zukunft nur entgegenwirken durch *Tatkraft und Freude an der Arbeit*.

## III

Es sind jetzt 13 Jahre her, seit ich an einer grossen Aufgabe des Kantons Tessin, der Entwicklung seiner Elektrizitätswirtschaft durch Ausbau seiner Wasserkräfte, mitarbeiten darf. Wenn auch nicht alles erreicht werden konnte, was wir zuerst glaubten in Aussicht nehmen zu dürfen, nämlich den systematischen Ausbau auf grössten Energieertrag der ganzen schweizerischen Südostalpen, so ist dem Kanton Tessin mit dem Ausbau der Maggia-Wasserkräfte jetzt doch gelungen, in seiner Elektrizitätswirtschaft einen grossen Schritt voranzukommen. Ein weiterer Fortschritt, der Ausbau der Wasserkräfte des Bleniotales, ist bereits über das Anfangsstadium hinaus gediehen und ich zweifle nicht daran, dass auch diese Anlagen in wenigen Jahren erstellt sein werden, verfügt doch die Blenio-Gesellschaft von Anfang an über die gut eingearbeitete Organisation und die erfahrenen Ingenieure vom Bau der Maggiawerke. Auch für den Weiterausbau der Maggiawerke sind die technischen Abklärungen und Vorbereitungen schon weit gediehen, so dass auch mit diesen weitern Bauetappen jederzeit — je nach Bedarf — begonnen werden kann.

Was dann schliesslich zur systematischen Ordnung der restlichen Wasserkräfte, derjenigen des Tessin- und des Verzascatales, noch verbleibt, ist sowohl technisch als finanziell bei weitem nicht von der gleichen Grössenordnung wie der Ausbau der Maggia- und Bleniogewässer. Es sind dabei allerdinge einige alte Werke, die aus der Pionierzeit der Gewinnung elektrischer Energie aus schweizerischen Wasserläufen stammen und daher heute veraltet sind, neu zu gestalten. Dabei mag die Ordnung administrativer Art natürlicherweise etwas langwierig sein. Da aber hierzu genügend Zeit zur Verfügung steht und die Rechtslage beim Ablauf der Konzessionsdauer dieser alten Anlagen aus den Wasserrechtsgesetzen des Bundes und des Kantons Tessin klar hervorgeht, so sind die Behörden des Kantons Tessin durchaus in der Lage, auch diesen letzten Schritt zur systematischen Ordnung des Ausbaus der Wasserkräfte und der Elektrizitätswirtschaft zur gegebenen Zeit in einer Art und Weise vorzunehmen, wie sie der Volkswohlfahrt des Kantons am dienlichsten ist.

Adresse des Autors:  
A. Kaech, Dr. h. c., Oberbauleiter der Maggia-Kraftwerke  
A.-G., Locarno.

## Der Elektrizitätswerkbetrieb in England

Von Chr. Oester, Bern

621.311 (42)

Anlässlich eines kürzlichen Studienaufenthaltes in Grossbritannien beim «Nord Eastern Electricity Board, Sub Aera York» erhielt der Autor einen guten Einblick in den englischen Elektrizitätswerkbetrieb. Im vorliegenden kurzen Beitrag hat er seine Eindrücke zusammengefasst.

### Einleitung

In England sind die Elektrizitätswerke verstaatlicht. Die oberste Behörde ist die «Central Electricity Authority» (CEA) in London, welche dem Ministerium für Feuerung und Energie unterstellt ist. Die Kraftwerke und das Hauptverteilnetz gehören der «Central Electricity Authority», und diese verkauft die elektrische Energie an die 14 «Area Boards», die über das ganze Land verteilt sind. Die «Area Boards» sind verantwortlich für die Planung und Durchführung der Energieverteilung an die Konsumenten.

Die CEA besitzt rund 300 Kraftwerke, deren Einzelleistung zwischen 1000 und nahezu 700 000 kW variiert. Die meisten sind Dampfkraftwerke mit Kohlenfeuerung.

Das *nationale Netz*, das zu 90 % aus 132-kV-Leitungen besteht, wird von London aus betrieben. Daneben dient ein *Super-Netz* aus 275-kV-Leitungen der Energieübertragung auf grössere Distanzen. Für die Verbindung zwischen England und Frankreich ist ein gasgefülltes Seekabel projektiert.

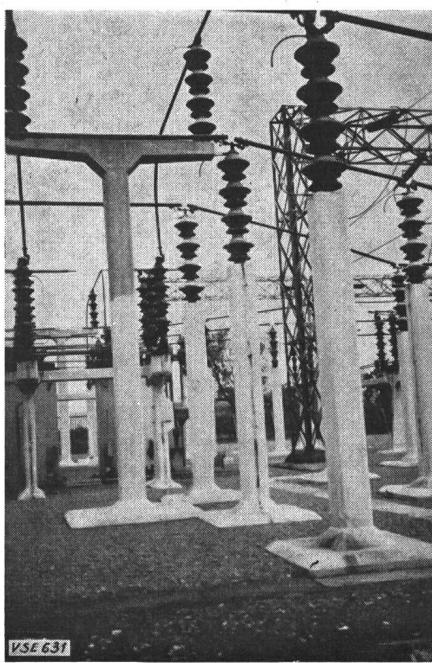


Fig. 1  
Betonständer in einer Freiluftstation

Die Verstaatlichung hat sich stark auf die Normalisierung des Materials und der Anlagen gemäss den «British Standard Specifications» ausgewirkt. So gibt es dank diesen Normen in der Auswahl des

*Au cours d'un récent séjour d'études en Grande-Bretagne auprès du «Nord Eastern Electricity Board, Sub Aera York», l'auteur a pu voir de près l'exploitation d'un service de l'électricité anglais. Il a réuni ses impressions dans le court exposé qui suit.*

Materials und in der Frage der Gestaltung elektrischer Anlagen keine grossen Probleme mehr abzuklären.

### Die Zentrale York

Die installierte Leistung der thermischen Zentrale in York beträgt 46 MW bei 11 kV Generatorspannung. Die wichtigsten Pumpen können wahlweise mit Gleich- oder Wechselstrom angetrieben werden, um im Störungsfalle den bestmöglichen Einsatz zu gewährleisten. Da das Flusswasser nicht ausreicht, steht ein grosser Wasserkühlturm zur Verfügung.

In der Zentrale sind alle Maschinen hellgrün angestrichen. Zwei «Charge»-Ingenieure — wir würden ihnen Schichtenführer sagen — sind eingesetzt. Der eine ist für den thermischen, der andere für den elektrischen Teil der Anlage verantwortlich. Beide sind weiss gekleidet, damit sie vom übrigen Bedienungspersonal unterschieden werden können.

### Unterwerke

Freiluftstationen sind in England ähnlich gebaut wie in der Schweiz. Grosse Eisengerüste werden jedoch vermieden und Trennschalter, Strom- und Spannungswandler sind auf *Betonständern* montiert (Fig. 1). Die Schalter der abgehenden Leitungen können durch einen «Bypass» überbrückt werden, was bei Schalterdefekten und für die Revision

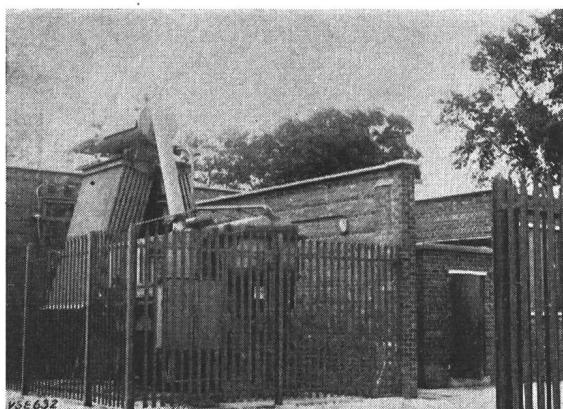


Fig. 2  
Grösserer Transformatorm in einem neuen Unterwerk, zweiseitig ummauert

der Leitungsschalter von Vorteil ist. Auf die Koordinierung der Isolierung wird besondere Sorgfalt gelegt. Hiezu dienen Funkenstrecken, die an ausgewählte Isolatoren angebracht werden.

Interessant ist der Einbau der Transformatoren in die Unterwerke. Als Schutz gegen Brandausbruch werden auf zwei oder drei Seiten der Le-

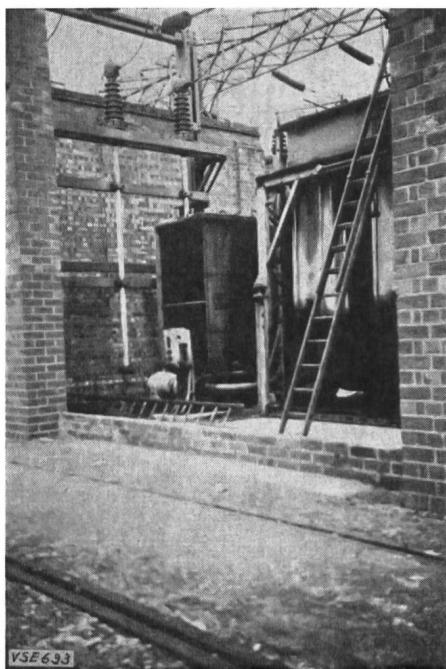


Fig. 3

Transformator in einem Unterwerk, dreiseitig ummauert, mit asbestumwickelten Zuführungskabeln



Fig. 4

Eigenbedarfstransformator in einem Unterwerk, allseitig ummauert

stungstransformatoren Mauern aufgestellt (Fig. 2, 3 und 4). Alle Kabel innerhalb dieser Schutzmauern sind mit einer Asbest-Umflechtung versehen. Die Transformatoren haben eine Kurzschlußspannung von 20%; sie gehören der Schaltgruppe  $Yd_1$  oder  $Yd_{11}$ .

Die Spannung wird auf der Sekundärseite automatisch reguliert. Es ist üblich, die Transformatorenenschalter nicht im betreffenden Unterwerk anzurufen, sondern am andern Ende der sie speisenden Leitung. Tritt irgend ein Fehler im Transformator oder auf den sekundärseitigen Sammelschienen auf, dann wird mittels Relais der zugehörige Transformatorenenschalter im entfernten Unterwerk geöffnet. Für die Übertragung des Relais-Auslösebefehls dienen zwischen den Unterwerken eingelegte Steuerkabel.

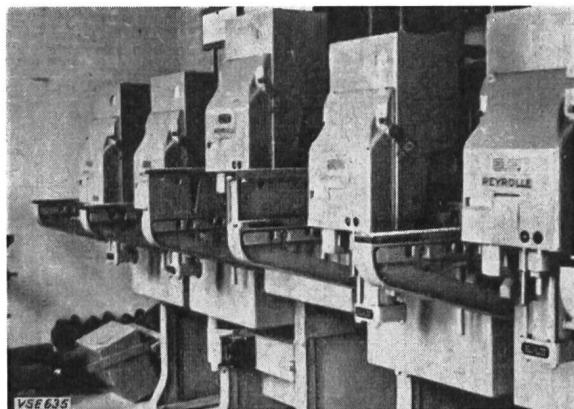


Fig. 5

Verteilanlage mit horizontal ausziehbaren «Reyrolle»-Schalteinheiten

In baulicher Hinsicht sind die Unterwerke stark unterteilt. Die Fensterscheiben der 11-kV-Gebäude sind meistens aus splitterfreiem Glas.

#### 6- und 11-kV-Verteilanlagen

Die Anlagen im Mittelspannungsbereich unterscheiden sich am stärksten von denjenigen auf dem Kontinent. Sammelschienen, Schalter, Messwandler

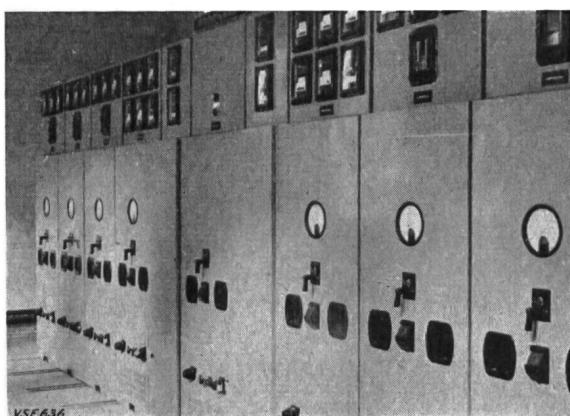


Fig. 6

Verteilanlage mit horizontal ausziehbaren Schalteinheiten

und Kabelendverschlüsse sind zu einem Block zusammengebaut. Dieser Block besteht aus einem festen Sammelschienen- und Kabelanschlussteil sowie einem ausziehbaren Schalter- und Wandlerteil. Es existiert in der Hochspannungsanlage nirgends ein der Berührung zugänglicher spannungsführender

Teil. Die Vorteile dieser Bauart sind: Ungefährlichkeit, geringer Raumbedarf, einfache Wartung und Überholung, minimale Installationskosten.

Interessant ist die geschichtliche Entwicklung dieser Anlagen. Zuerst wurden die Sammelschienen, Trenner- und Ölschalter offen in Zellen eingebaut. Aus Sicherheitsgründen wurden dann die Trennwände weggelassen und alle Teile zusammengekapselt. Man unterscheidet zwischen Blockanlagen mit horizontal ausziehbarem Schalter und solchen mit vertikal ausziehbarem Schalter. Die Gehäuse sind aus Blech oder aus Gusseisen (Fig. 5 und 6). Als Schalter werden Druckluft- und Ölschalter verwendet. Der Aufbau eines Blockes ist etwa folgender:

Die *Sammelschienen* werden zuerst mit Ölband umwickelt und dann in der Sammelschienenkammer mit Komound vergossen. In neueren Ausführungen besteht die Isolation bereits aus Araldit. Diese Kapselung ist ausgezeichnet, um die hohen Kurzschlusskräfte zu meistern.

Der ganze bewegliche Schalter- und Wanderteil wird mittels *Steckkontakten* an den feststehenden Sammelschienen- und Kabelabgangsteil angeschlossen. Bei Doppelsammelschienen werden verschiebbare Steckkontakte oder ein in Öl eingetauchter Wahlschalter angewandt.

Als *Leistungsschalter* dienen Kesselölschalter, ausgerüstet mit magnetischer Löschung oder Druckluftschalter.

Der *Spannungswandler* liegt in Öl, und der *Stromwandler* ist in der Durchführung eingebaut.

Die *Relais* sind je nach Fabrikat oberhalb oder unterhalb des Schalters oder auch hinter diesem angeordnet.

Schliesslich sind noch die neuen 11-kV-*Freiluftverteilanlagen* zu erwähnen (Fig. 7). Damit das Landschaftsbild nicht gestört wird, sind die zugehörigen Freileitungen über Kabel angeschlossen.

Die Überholung einer gekapselten Schalteinheit (Ölschalter) geht bei ausgeschalteter Speiseleitung wie folgt vor sich:



Fig. 7  
11-kV-Freiluft-Verteilanlage mit vertikal ausziehbaren Schalteinheiten

- Der bewegliche Teil des Apparates wird mit einer eingebauten Winde in vertikaler Richtung gehoben. So wird bei den Steckkontakten der Schalterteil von Sammelschienen und Kabelanschluss getrennt. Die Trennung wird durch ein Knistern wahrgenommen. Automatisch schliesst nun ein Klappdeckel die Steckkontakte der Sammelschienen und des Kabelanschlusses ab.
- Der Schalterteil, der auf Rädern ruht, kann nun nach vorn gezogen und heruntergelassen werden. Erst jetzt kann der Blechdeckel entfernt werden. (Verriegelung.)

c) Nun wird der Ölbehälter losgelöst und der Schalter zum zweiten Mal hochgewunden, um die Hauptschalterkontakte zwecks Revision freizulegen.

Das Einfahren geschieht in umgekehrter Reihenfolge. In Fig. 8 ist ein in «Revisionsstellung» gebrachter Schalteiteil zu sehen.

Die Schalteinheiten wurden für folgende klimatische Bedingungen entwickelt:

Temperaturwechsel von  $-10$  auf  $50^{\circ}\text{C}$  mit 90...100 % relativer Luftfeuchtigkeit.

Temperaturwechsel bis  $30^{\circ}\text{C}$  in weniger als 1 Stunde.

Direkte Sonnenbestrahlung bis  $70^{\circ}\text{C}$ .

Tropischer Sturm, Nebel, Flut und Ungeziefer.

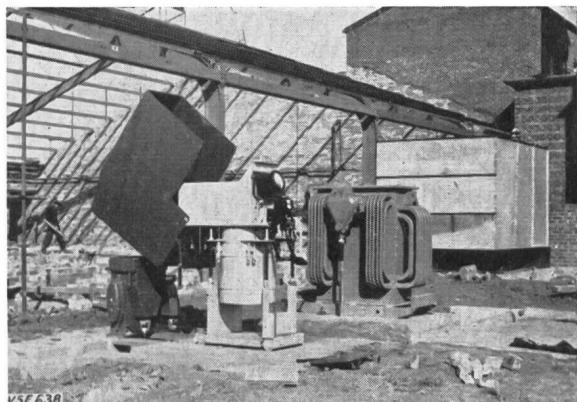


Fig. 8  
Transformatorenstation bei einem Neubau, bestehend aus Hochspannungsschalteinheit und Transformator

### Schalttafeln

Es ist üblich, für kleinere Unterwerke, an Stelle der bei uns gebräuchlichen Schalttafeln für Instrumente und Relais, nur normalisierte Wandkästen zu verwenden.

In den Schalttafeln sind alle Klemmenreihen senkrecht angeordnet. Wird die Türe geöffnet, dann wird automatisch das Innere der Tafel mit einer Lampe beleuchtet. Bei der Verdrahtung wird meist ein Kompromiss zwischen der relativ teuren Flachverdrahtung und der unübersichtlichen Bündelung der Drähte angewandt, indem die mit Polyvinylchlorid (PVC) isolierten Drähte frei in verschiedenen Lagen übereinander durch Bakelithalter distanziert werden. Die Draht- und Kabeladerbezeichnung erfolgt so, dass jede bestimmte Leitung, z. B. Strom, Phase R etc. eine feste Nummer erhält. Die Leitung wird dann vom Wandler weg bis zum betreffenden Relais mit dieser Nummer bezeichnet. Die Nummern sind auf aufsteckbaren Endhülsen angebracht.

### Transformatorenstationen

Meistens besteht eine kleinere Transformatorenstation aus folgenden drei Teilen:

Hochspannungsschalteinheit,  
Transformator,  
Niederspannungsverteilung.

Die *Hochspannungsschalteinheit* enthält einen Ölschalter oder eine selbst auswerfende Sicherung.

Der **Transformator** ist in bezug auf Berührung ganz ungefährlich, weil die Zu- und Ableitung nicht offen, sondern geschlossen mit Kabeln erfolgt. Dank dieser Anordnung ist es nicht einmal notwendig, einen Transformator einzuhagen (Fig. 8).

Die Transformatoren sind nach der Schaltgruppe  $Dy_{11}$ , d. h.  $D_1$  nach VDE, ausgeführt und ihre Kurzschlußspannung beträgt 4 %. Normalerweise sind drei Anzapfungen mit 95, 100 und 105 % der Nennspannung vorgesehen. Es wird grosser Wert darauf gelegt, dass das Öl nicht zu warm wird, damit es nicht ansäuert.

Die **Niederspannungsverteilung** ist in einem Blechkasten eingebaut. Blanke, spannungsführende Teile werden, zur Verhütung von Unfällen, sorgfältig isoliert. Jeder Niederspannungsabgang ist mit einem Ampèremeter mit Maximumzeiger bestückt. Das Ampèremeter wird von einem kleinen Stromwandler gespeist, der in Form einer Spule über den Durchführungsbolzen des Sicherungsuntersatzes gestülpt wird. Jeden Monat werden die Ampèremeter abgelesen und die Schleppzeiger zurückgestellt. Die Angaben dieser Instrumente geben ein sehr gutes Bild über die Belastung der Kabel und den Ausnützungsgrad der Transformatorenstation.

Für den Transformatorenschutz dienen Maximalstrom- und Erdschlussrelais, die bei einem Defekt im Transformator ansprechen und den Primärabschalter auslösen. Alle Transformatoren sind auf einem mit Kies bedeckten Boden aufgestellt. Der Durchmesser der Kieselsteine muss mindestens 3,8 cm betragen, damit möglichst viel Luftzwischenraum entsteht, um bei einem Leck des Transformators sämtliches Öl zu verschlucken.

Die Transformatorenstationen sind außerdem noch mit einem werkeigenen Telefon, einem Feuerlöscher, einem kleinen Stationsschema, einer Relaisliste mit den Einstelldaten der Relais, einer Anleitung zur Hilfeleistung und der Adresse des nächsten Arztes ausgerüstet. Die Eingangstüre der Transformatorenstation ist mit einer Warnungstafel versehen, die die Adresse und Telefonnummer des Elektrizitätswerkes enthält.

#### Ländliche Transformatorenstationen

Da die Elektrizitätsversorgung auf dem Lande meistens weit voneinander entfernte Farmen umfasst, werden die einzelnen Farmen über einen sog. Farmtransformator an die nächstgelegene Hochspannungsleitung angeschlossen. Es lohnt sich nicht, jeden Transformator einzeln abzusichern. Eine selbstauswurfende Sicherung, die bei einem Defekt den Stromkreis wie ein Trenner öffnet, schützt zugleich eine Gruppe von Transformatoren.

Die Niederspannungssicherungen sind auf halber Masthöhe montiert. Sowohl die Hochspannungs- als auch die Niederspannungssicherungen werden vom Boden aus mit einer Stange bedient. Die Isolatoren auf der Oberspannungsseite des Transformators sind zur Koordinierung der Isolation mit

Schutzfunkenstrecken ausgerüstet. Um Störungen durch Vögel zu verhindern, sind zwei Funkenstrecken in Serie geschaltet. Die hauptsächlichsten Typen von Farmtransformatorenstationen sind in den Figuren 9 und 10 dargestellt.

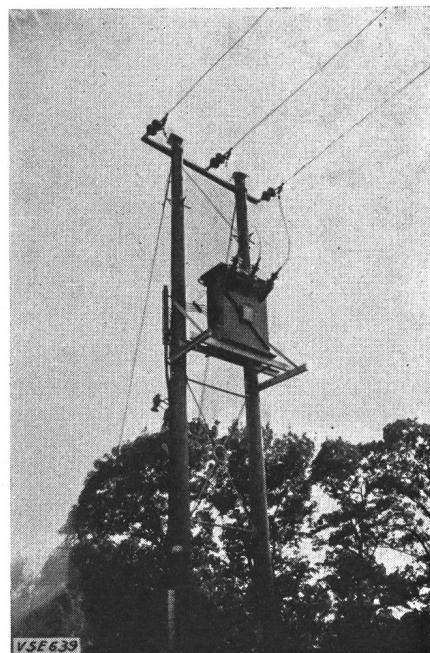


Fig. 9  
Dreiphasige «Farmer»-Transformatorenstation mit Niederspannungs-Kabelendverschluss und -Sicherungen

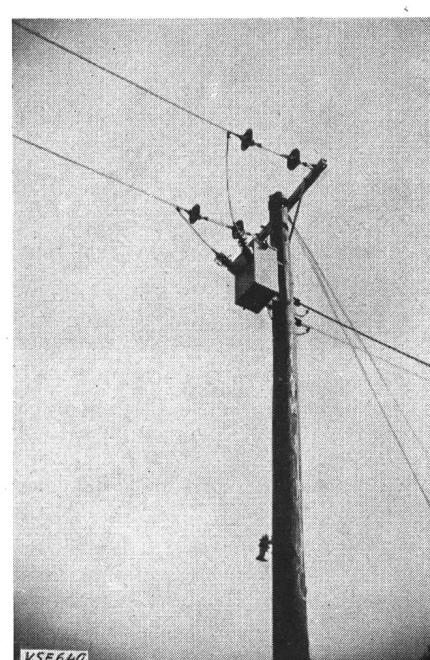


Fig. 10  
Einphasige «Farmer»-Transformatorenstation mit Niederspannungs-Sicherungen

Weil alle Jahre beträchtliche Blitzschäden an Freilufttransformatoren vorkommen, werden diese versichert. Die meisten Farmen und übrigens auch

kleinere Dörfer sind einphasig an das Dreiphasen-Hochspannungsnetz angeschlossen. Beim Anschluss wird durch Phasenwahl ein Belastungsausgleich angestrebt.

### Kabelanlagen

Für die Hoch- und Niederspannungsverteilungen werden armierte Papierbleikabel verwendet. In Hausinstallationen kommen flache Gummi- oder PVC-Kabel zur Anwendung, weil flaches Kabel besser zu verlegen ist als rundes. Der Erdleiter befindet sich als blander Leiter zwischen den isolierten Adern. Interessant ist das neue einphasige Kabel, bei dem die isolierte Armierung als Nullleiter dient. Die armierten Hoch- und Niederspannungskabel werden im Kabelgraben eingesandet und mit einem Kabelstein mit der Aufschrift «Gefahr Elektrizität» zugedeckt. Auffallend ist auch, dass die Kabelarmierung bis unmittelbar an den Kabelendverschluss geführt wird und an diesem fest angeschlossen wird, um den Bleimantel gegen Zug zu entlasten.

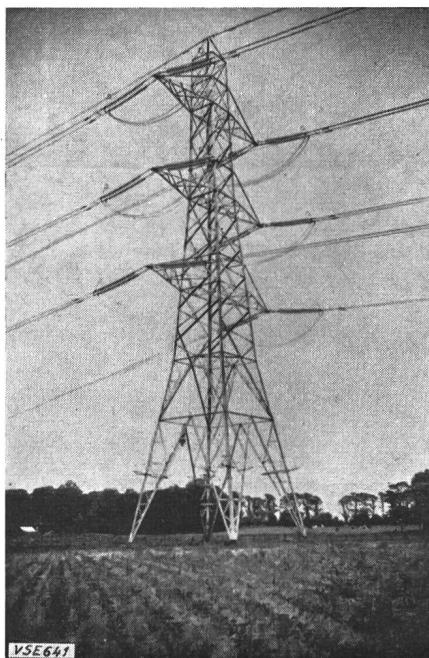


Fig. 11

275-kV-Abspannmast mit Doppelbündelleitern

In Wohnquartieren werden vollelektrifizierte Einfamilienhäuser nur einphasig angeschlossen. Der Hausanschlusskasten besteht aus einem Endverchluss, einer 60-A-Sicherung und einem Hauptschalter, alles in einem Bakelithblock von sehr kleinen Dimensionen zusammengebaut.

### Freileitungen

Die Winkeleisenmaste des 275-kV-Supernetzes sind 40 m hoch und wiegen je ca. 40 t. Die Glasisolatoren sind vom Kappenbolzentyp. Die Leiter bestehen aus einem Doppelbündel, mit Schwingungsdämpfern beidseitig der Isolatorenketten. Die Leitungen sind für einen späteren Ausbau auf 380 kV

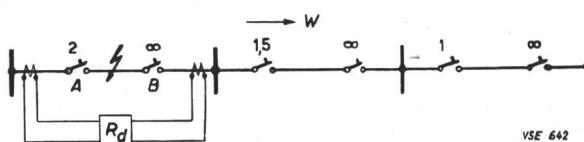
vorgesehen (Fig. 11). Die 6- und 11-kV-Leitungen stehen auf Holzmasten. Alle Isolatoren sind auf der selben Höhe angeordnet. Die Ankerseile sind durch einen ca. 1 m langen Stab aus Isoliermaterial unterbrochen, der mit zwei Funkenhörnern ausgerüstet ist. Bei Strassenüberführungen sind die Leiter mit PVC isoliert, damit bei einem allfälligen Drahtbruch weniger Schaden angerichtet wird. Die Schalter der über Kabelleitungen angeschlossenen Freileitungen sind mit Wiedereinschaltvorrichtungen versehen, die befriedigend arbeiten.

Die Seile der Niederspannungsreileitungen sind auf Rillenisolatoren befestigt; diese sind auf einer Seite des Holzmastes untereinander angeordnet. Bei kurzen Hausanschlüssen sind die Drähte isoliert, um Kurzschlüsse zu verhindern. Um Störungen durch Vögel zu vermeiden, sind oft Korkzapfen um die Leiter befestigt. Vögel meiden erfahrungsgemäß Leitungen mit solchen Zapfen.

Die Gummihandschuhe und Gummistiefel der Monteure werden alle Jahre geprüft. Eine am Rande der Gummihandschuhe bzw. -stiefel aufgedruckte Jahreszahl wird bei bestandener Prüfung gelocht. Besondere Sorgfalt wird auch den Sicherheitsgurten gewidmet; es sind drei verschiedene Systeme, zum Teil mit zusätzlichen Sicherheiten gegen das Reissen, in Gebrauch.

### Netzgestaltung und Relaischutz

Das 6- und 11-kV-Hochspannungsnetz ist ein **Ringnetz**, bei dem die Ringe normalerweise offen betrieben werden. Alle wichtigen Transformatorenstationen werden dadurch von zwei Seiten her gespeist. Wichtige Hauptkabel sind doppelt geführt. Der Nullpunkt der Unterwerkstransformatoren ist über einen ohmschen Widerstand von 12 Ohm an Erde gelegt.



Prinzipschema eines zeitgestaffelten Maximalstrom- und Erdschlußschutzes mit «Solkor»-Differenzialschutz

W Energieflussrichtung  
 $R_d$  Differentialrelais

Die Zahlen bedeuten die Relais-Ansprechzeiten in Sekunden

Als Netzschatz dient ein zeitgestaffelter Maximalstrom- und Erdschlußschutz. Für wichtige Speisekabel ist zudem noch ein spezieller Differenzialschutz, «Solkor-Protection» genannt, gebräuchlich, der den Vorteil hat, bei einem Defekt die Schalter momentan auszulösen, ohne dass der Ablauf des Maximalstrom- oder Erdschlußrelais abgewartet werden muss. In Fig. 12 ist ein Netzgebilde schematisch dargestellt.

Entsteht im Speisekabel zwischen A und B ein Defekt, so ist der Strom in A nicht mehr gleich dem Strom in B, und das Differenzialrelais spricht mo-

mentan an, ohne die 2,0 s des Maximalstromrelais abzuwarten. Mit dieser Anordnung werden die oft sehr nachteiligen, langen Auslösezeiten in den Unterwerken überbrückt. Die Relais, die an der Staffelung nicht beteiligt sind, sprechen sofort an, wenn von der entgegengesetzten Seite her gespeist wird.

Muss eine Arbeit im Bereich spannungsführender Teile durchgeführt werden, so stellt der Betriebsingenieur eine *Arbeitserlaubniskarte* aus. Auf dieser Karte wird schriftlich festgelegt, wo und was gearbeitet werden muss; ferner wird darauf bestätigt, dass die Leitungen spannungslos gemacht und an Erde gelegt wurden. Nach Ausführung der betreffenden Arbeit durch den verantwortlichen Meister gibt dieser die Karte unterschrieben wieder an den Betriebsingenieur zurück; erst darauf kann die Erdung aufgehoben und die Leitung wieder eingeschaltet werden.

Bei Störungen leistet die *drahtlose Werktelephonie* sehr gute Dienste. Vom Betriebsbureau aus können zwei Störungswagen erreicht werden, die meistens auf den Montageplätzen sind. Diese Störungswagen sind mit dem notwendigen Material ausgerüstet, um bei einer Störung ohne Zeitverlust eingesetzt werden zu können. Die drahtlose Werktelephonie wird auch angewandt, um Meldungen vom Betriebsbureau an die Montageplätze zu leiten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass auch für den englischen Elektrizitätswerkbetrieb der Grundsatz gilt: «*Safety first*» (Sicherheit vor allem). Die Sicherheitsvorschriften sind in den so genannten «*Safety rules*» zusammengefasst.

#### Adresse des Autors:

Oester Chr., dipl. Elektrotechniker, Schloßstrasse 112, Bern.

## Aus dem Kraftwerkbau

### Inbetriebnahme der ersten Maschinengruppe im Kraftwerk Rheinau

Am 30. September 1956 wurde im Kraftwerk Rheinau die erste Maschinengruppe in Betrieb genommen. Die Montagearbeiten für die zweite und letzte Gruppe werden intensiv gefördert. Das Kraftwerk Rheinau wird eine maximal mögliche Leistung von 40 MW und eine mittlere jährliche Erzeugungsmöglichkeit von 215 Millionen kWh aufweisen.

serkräfte dieses Flüsschens in der Zentrale Plan-Dessous ermöglichen; sein nutzbarer Wasserinhalt wird 55 000 m<sup>3</sup> betragen. Durch eine neue Generatorgruppe soll das Gefälle zwischen der neuen Staumauer und der Zentrale ausgenutzt werden; bis jetzt war nur ein Tages-Ausgleichspeicher mit einem Wasserinhalt von 10 000 m<sup>3</sup> vorhanden. Nach Abschluss der jetzigen Arbeiten wird dieses Kraftwerk eine maximal mögliche Leistung von 2565 kW und eine mittlere mögliche Jahreserzeugung von 12,5 Millionen kWh aufweisen.

### Vollendung der Staumauer von Zervreila

Die Betonierung der grossen Bogengewichtsmauer von Zervreila konnte kürzlich mit einem Jahr Vorsprung auf das Bauprogramm abgeschlossen werden. Die maximale Höhe dieser Staumauer beträgt 151 m; zu ihrer Herstellung wurden 650 000 m<sup>3</sup> Beton benötigt. Der Speichersee von Zervreila hat einen nutzbaren Wasserinhalt von 100 Millionen m<sup>3</sup>, was einem Energieinhalt von 244 Millionen kWh entspricht.

### Bau einer Staumauer auf der Aubonne

Eine 8,5 m hohe Staumauer wird gegenwärtig von der «Société électrique des forces de l'Aubonne» auf der Aubonne gebaut. Der Speicher wird eine bessere Ausnützung der Was-

### Inbetriebnahme der Zentrale St. Leonard der «Electricité de la Lienne S. A.»

Am 16. August 1956 wurde die erste und am 10. Oktober die zweite Maschinengruppe der Zentrale St. Leonard der «Electricité de la Lienne S. A.» in Betrieb genommen. Die maximal mögliche Leistung dieser Zentrale beträgt 28,6 MW; ihre mittlere jährliche Erzeugungsmöglichkeit wird nach Fertigstellung der Kraftwerk-Gruppe Lienne 65 Millionen kWh, wovon 53 Millionen kWh im Winterhalbjahr, erreichen. Vorläufig arbeitet die Zentrale St. Leonard als reines Laufwerk; nach der Inbetriebnahme der oberen Stufe, d. h. voraussichtlich von Ende Januar 1957 an, wird sie jedoch auch Speicherenergie erzeugen können. Für das Winterhalbjahr 1956/57 wird die Energieerzeugung dieser Zentrale vermutlich 14 Millionen kWh betragen.

## Kongresse und Tagungen

### Internationale Elektrizitäts- und Atomausstellung in Kopenhagen

Vom 18. bis zum 27. Oktober wird in Kopenhagen eine *Internationale Elektrizitäts- und Atomausstellung* stattfinden; den Ausstellern wird eine Standfläche von insgesamt 4000 m<sup>2</sup> in der Ausstellungshalle des «Forums» zur Verfügung stehen. Diese Ausstellung ist von der dänischen Beratungsstelle für Elektrizitätsanwendung (Foreningen Elektricitetens Rationelle Anwendung, ELRA) organisiert, und soll folgende fünf Hauptgruppen umfassen:

1. Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie;
2. Starkstrom-Anwendungen in Industrie und Gewerbe;
3. Fernmeldetechnik und Elektronik;
4. Beleuchtung;
5. Elektrifizierung des Haushaltes.

Es steht bereits fest, dass eine grössere Anzahl führender dänischer und ausländischer Industrie-Unternehmungen an der Ausstellung von Kopenhagen teilnehmen werden.

## 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

	Elektra Baselland Liestal		Industrielle Betriebe Interlaken Interlaken		Elektrizitätsversorgung Olten Olten		Elektrizitätswerk Horgen Horgen	
	1955	1954	1955	1954	1955	1954	1955	1954
1. Energieproduktion . . . kWh	<b>1 114 000</b>	94 000	<b>5 804 100</b>	5 684 400	—	—	<b>1 130 110</b>	613 240
2. Energiebezug . . . . kWh	<b>158 987 000</b>	140 241 000	<b>10 106 798</b>	9 381 174	<b>58 431 000</b>	52 970 000	<b>15 994 858</b>	14 853 895
3. Energieabgabe . . . . kWh	<b>150 104 000</b>	134 385 000	<b>15 910 898</b>	15 065 574	<b>55 674 000</b>	50 142 000	<b>16 104 357</b>	14 630 715
4. Gegenüber Vorjahr . . . %	+ 11	+ 11	+ 5,6	+ 6,1	+ 11,0	+ 6,6	+ 10,1	+ 3,9
5. Davon Energie zu Abfallpreisen . . . . . kWh	<b>4 566 100</b>	4 967 000	<b>21 700</b>	17 300	<b>1 054 000</b>	552 000	—	—
11. Maximalbelastung . . . kW	<b>32 000</b>	27 000	<b>3 140</b>	3 000	<b>10 820</b>	10 030	<b>3 662</b>	3 413
12. Gesamtanschlusswert . . . kW	<b>191 830</b>	181 379	<b>21 480</b>	19 940	<b>75 000</b>	70 500	<b>29 000</b>	27 300
13. Lampen . . . . . (Zahl)	?	?	<b>73 900</b>	73 200	<b>124 000</b>	119 000	<b>44 710</b>	44 500
	kW		?	?	2 300	2 240	7 600	7 300
14. Kochherde . . . . . (Zahl)	<b>10 363</b>	9 962	<b>870</b>	780	<b>3 235</b>	3 075	<b>929</b>	859
	kW		66 835	62 036	5 980	5 360	18 650	17 580
15. Heisswasserspeicher . . . (Zahl)	<b>7 508</b>	7 084	<b>1 335</b>	1 220	<b>4 095</b>	3 840	<b>1 169</b>	1 119
	kW		13 961	14 290	2 990	2 770	9 210	8 330
16. Motoren . . . . . (Zahl)	<b>27 007</b>	24 766	<b>2 335</b>	2 165	<b>9 900</b>	9 460	<b>1 845</b>	1 835
	kW		50 739	47 466	3 375	3 290	32 400	30 650
21. Zahl der Abonnemente . . .	<b>16 016</b>	15 280	<b>3 851</b>	3 793	<b>9 625</b>	9 530	<b>3 150</b>	2 945
22. Mittl. Erlös p. kWh Rp./kWh	—	—	9,5	9,9	5,54	5,68	7,29	7,45
<i>Aus der Bilanz:</i>								
31. Aktienkapital . . . . . Fr.	—	—	—	—	—	—	—	—
32. Obligationenkapital . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
33. Genossenschaftsvermögen .	<b>4 204 526</b>	4 701 334	—	—	—	—	—	—
34. Dotationskapital . . . .	—	—	<b>650 000</b>	650 000	—	—	<b>2 197 574</b>	2 060 045
35. Buchwert Anlagen, Leitg. .	<b>2 560 002</b>	1 900 002	<b>2 383 110</b>	1 865 580	<b>1 150 007</b>	1 360 011	<b>1 728 005</b>	1 539 005
36. Wertschriften, Beteiligung .	<b>3 400 004</b>	1 970 004	<b>16 050</b>	11 100	—	—	—	—
37. Erneuerungsfonds . . . .	<b>570 000<sup>1)</sup></b>	1 075 000 <sup>1)</sup>	<b>642 050</b>	555 000	<b>1 054 537</b>	945 919	<b>7 000</b>	7 000
<i>Aus Gewinn- und Verlustrechnung:</i>								
41. Betriebseinnahmen . . . . Fr.	<b>2 125 004</b>	2 148 889	<b>1 399 500</b>	1 325 000	<b>3 439 963</b>	3 313 171	<b>1 341 909</b>	1 245 080
42. Ertrag Wertschriften, Beteiligungen . . . .	33 250	67 450	—	—	—	—	—	—
43. Sonstige Einnahmen . . . .	<b>116 833</b>	153 071	<b>57 300</b>	38 400	<b>2 924</b>	2 904	—	—
44. Passivzinsen . . . . .	59 443	37 259	<b>58 900</b>	51 400	<b>25 495</b>	32 220	<b>73 490</b>	67 754
45. Fiskalische Lasten . . . .	<b>205 658</b>	178 656	<b>8 600</b>	8 200	<b>596</b>	596	<b>804</b>	804
46. Verwaltungsspesen . . . .	<b>357 990</b>	294 188	<b>140 600</b>	128 900	<b>410 944</b>	416 665	<b>62 983</b>	61 668
47. Betriebsspesen . . . . .	<b>546 408</b>	380 824	<b>165 900</b>	191 200	—	—	<b>291 044</b>	310 317
48. Energieankauf . . . . .	—	—	<b>356 640</b>	336 000	<b>1 612 651</b>	1 450 585	<b>609 434</b>	584 922
49. Abschreibg., Rückstell'gen . .	<b>972 745</b>	1 363 496	<b>508 330</b>	435 900	<b>558 812</b>	433 884	<b>208 376</b>	161 709
50. Dividende . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
51. In % . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
52. Abgabe an öffentliche Kassen . . . . .	—	—	<b>220 000</b>	212 000	<b>363 749</b>	356 650	<b>89 401</b>	42 253
<i>Übersicht über Baukosten und Amortisationen</i>								
61. Baukosten bis Ende Berichtsjahr . . . . . Fr.	<b>17 694 283</b>	15 486 537	<b>6 518 350</b>	5 860 680	—	—	<b>5 047 254</b>	4 649 877
62. Amortisationen Ende Berichtsjahr . . . . .	<b>15 134 281</b>	13 586 535	<b>4 135 239<sup>2)</sup></b>	3 995 100 <sup>2)</sup>	—	—	<b>3 149 840</b>	2 950 077
63. Buchwert . . . . .	<b>2 560 002</b>	1 900 002	<b>2 383 111</b>	1 865 580	<b>1 150 007</b>	1 360 011	<b>1 728 005</b>	1 538 004
64. Buchwert in % der Baukosten . . . . .	14	12	<b>36,5</b>	31,8	—	—	<b>34</b>	33

<sup>1)</sup> in Ziff. 33 inbegriffen.<sup>2)</sup> exkl. Reservefonds von Fr. 60 000.—