

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 40 (1949)  
**Heft:** 14

**Artikel:** Das Aletschwerk  
**Autor:** Bolliger, Fritz  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1056372>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 18.01.2025

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

court-circuité, protégé uniquement du côté haute tension, sous une tension efficace de 145 V, par celles des enveloppes métalliques mises à la terre par le neutre qui n'étaient pas isolées, mais reliées au contraire à la terre par la canalisation d'eau et, par conséquent, au point neutre du transformateur à 145/250 V.

Quant au moteur à 250 V installé au rez-de-chaussée et dont le câble de raccordement présentait des traces de fusion, il était relié métalliquement à une installation centrale de collection des poussières. A cette installation centrale étaient également reliées d'autres machines commandées par des moteurs triphasés à 500 V, qui étaient mis à la terre par l'intermédiaire du fil de cuivre nu partant du point neutre du transformateur à 145/250 V et relié, dans la fabrique, à la canalisation d'eau, ainsi qu'on a pu le constater après l'incendie. Entre le conducteur neutre du réseau de distribution à 145/250 V et la terre de protection des moteurs à 500 V, il existait donc une liaison métallique conductrice. Le courant de court-circuit qui s'écoula par le conducteur neutre trouva entre autres un chemin de la borne du transformateur mal connectée, par le conducteur neutre isolé, jusqu'au moteur à 250 V mis à la terre par le neutre, au rez-de-chaussée, puis de là par la manche métallique de l'installation de collection des poussières et la terre de protection des moteurs à 500 V, pour aboutir au point neutre du transformateur à 145/250 V. Ce circuit défectueux est visible sur la figure 1.

L'intensité totale du courant qui s'écoulait par le conducteur neutre peut être évaluée à 500 A, en tenant compte de la caractéristique de déclenchement courant-temps du coupe-circuit à haute tension et de la résistance d'environ 0,3 ohm du circuit du courant de défaut. Ce courant de court-circuit s'est réparti dans plusieurs circuits parallèles et surchauffa les conducteurs neutres, à tel point que leur isolation prit feu ou fondit.

Au dernier étage, où le feu a pris naissance, tous les moteurs étaient branchés au réseau de 500 V et il n'existait aucune liaison métallique avec l'installation centrale de collection des poussières, ni avec des appareils mis à la terre par le neutre du réseau à 145/250 V. Par contre, les transformateurs

alimentant une installation de tubes luminescents aménagée sur le toit et leur bâti en fer étaient mis à la terre par le neutre du réseau à 145/250 V. De plus, il est probable que le bâti en fer était relié d'une manière conductrice aux paratonnerres du bâtiment. Une importante partie du courant de court-circuit pouvait donc également s'écouler par le conducteur neutre allant à l'installation de tubes luminescents. Son intensité dépendait de la résistance des conducteurs parcourus, de l'installation des paratonnerres et du fil de terre du point neutre des transformateurs. Le conducteur neutre de l'amenée de courant à l'installation de tubes luminescents possédait, paraît-il, une isolation en caoutchouc inflammable. Une surchauffe de ce conducteur neutre était donc d'autant plus dangereuse que, au dernier étage, l'air était généralement saturé d'acétone utilisée dans le processus de fabrication.

En outre, les consommateurs d'énergie monophasés alimentés par les deux conducteurs de phase correctement connectés et par le conducteur neutre, reçurent une tension de 250 V au lieu de 145 V. Les consommateurs à 145 V qui étaient enclenchés, notamment des lampes à incandescence, furent donc passagèrement alimentés sous 250 V et, de ce fait, endommagés ou détruits. Dans ces conditions, il se peut qu'un mélange d'acétone et d'air se soit enflammé par des étincelles.

Si, dans le cas de cette fabrique, le courant électrique a provoqué un aussi grand incendie, cela est dû principalement au fait que les monteurs avaient omis de contrôler l'exactitude des raccordements des câbles de 4 m de longueur seulement, entre les bornes du transformateur à 145/250 V et les barres omnibus, avant de mettre l'installation sous tension. Ce contrôle aurait été d'autant plus nécessaire, qu'on utilisait pour cette installation provisoire quatre câbles *de même couleur*. D'autre part, la fusion d'un coupe-circuit à haute tension peu après le premier enclenchement signalait que quelque chose n'était pas en ordre. En tout cas, il aurait été plus correct d'utiliser, pour la liaison du neutre, même dans cette installation provisoire, un conducteur ayant une isolation de couleur jaune, ce qui aurait certainement permis d'éviter une pareille erreur.

## Das Aletschwerk

Von Fritz Bolliger, Baden (AG)

621.311.21 (494.441.7)

Im Aletschwerk sollen die Wasserkräfte der Massa auf der 700 m hohen Gefällstufe vom Ausfluss aus dem Aletschgletscher bis zur Rhone unterhalb von Mörel ausgenützt werden.

Die Disposition dieser Anlage ergab sich dadurch, dass ein unter dem Riederhorn hindurch führender

### Stollen

von rund 2800 m Länge so gebaut wurde, dass er sowohl der Bewässerung der «Mörjerberge» ob Mörel, als auch der Kraftnutzung dienen kann. Vor dem Einlauf des Stollens wurde in der tief einge-

schnittenen Massaschlucht unmittelbar unterhalb des Aletschgletschers ein Bauwerk für die

### Wasserfassung,

bestehend aus einem festen Wehr mit Überlaufkrone auf Kote 1442.0 und einem Spüldurchlass, erstellt. Aus der relativ kleinen Stauhaltung der Fassung soll das benützte Wasser durch einen Rechen in eine im Berg erstellte Entsandungsanlage und von dort weiter in den Stollen fliessen.

Da die Druckleitung der Geländebeziehungen wegen etwa 300 m westlich von der talseitigen Mündung des Riederhornstollens angeordnet werden

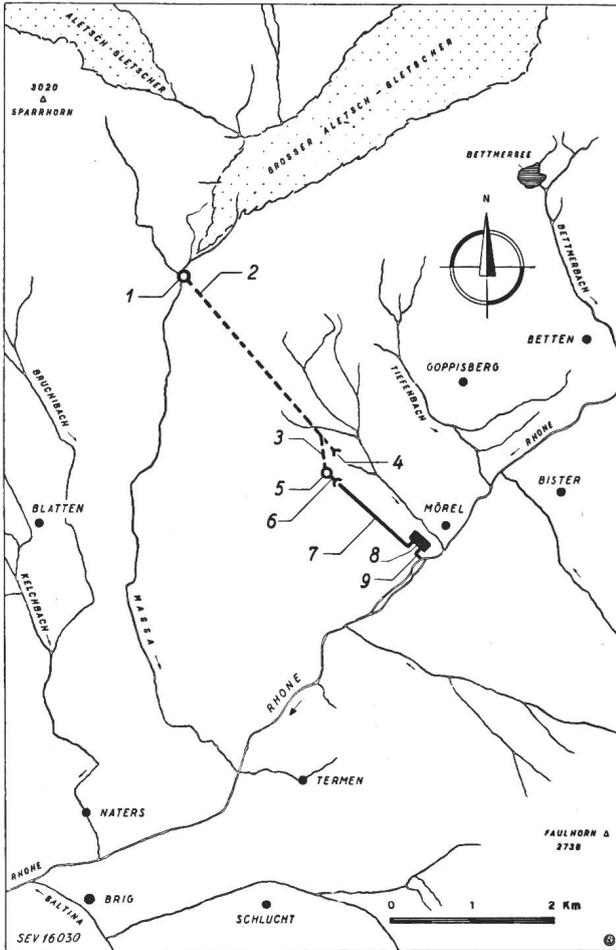


Fig. 1

**Aletschwerk, Übersichtsplan**

- |                              |                    |
|------------------------------|--------------------|
| 1 Wasserfassung              | 6 Überlauf         |
| 2 Druckstollen               | 7 Druckleitung     |
| 3 Zuleitungsstollen          | 8 Maschinenhaus    |
| 4 Portal Bewässerungsstollen | 9 Unterwasserkanal |
| 5 Wasserschloss              |                    |

(Die Cliché-Zeichnung wurde uns freundlicherweise vom Sekretariat des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes zur Verfügung gestellt.)

**Wasserschloss**

an, bestehend aus einer unteren und einer oberen Kammer sowie einem Steigschacht. Der Stollenabschluss wird durch zwei hintereinander geschaltete Drosselklappen erfolgen, die in einer im Berg angelegten

**Apparatekammer**

in die Druckleitung eingebaut werden.

Vom Wasserschloss aus wird das Betriebswasser durch eine 1655 m lange, im Grundriss geradlinig verlaufende

**Druckleitung**

nach dem Maschinenhaus geführt. Diese Leitung wird aus geschweissten Rohren von 900/750 mm Durchmesser erstellt und auf der ganzen Länge im Boden verlegt. Besonders in der Steilzone unterhalb des Dorfes Ried wird die Leitung an den Stellen, an denen ihr Gefälle ändert, durch betonierte Fixpunkte verankert und talseitig bei diesen mit einer Expansion ausgerüstet. Bevor die Leitung die Talsohle erreicht, wird sie die Kantonsstrasse und das Tracé der Furka-Oberalp-Bahn unterfahren.

Das zwischen der Bahn und der Rhone erstellte

**Maschinenhaus**

wird einen Maschensaal, die Transformatoren- und die Schaltanlage, eine Werkstatt sowie die notwendigen Büroräumlichkeiten enthalten. Ein eingedeckter Unterwasserkanal leitet das Betriebswasser in die Rhone. Von der Kantonsstrasse aus dient eine neue Strasse der Zufahrt zum Maschinenhaus.

Zur Energieerzeugung werden im Maschinenhaus

**2 horizontalachsige Maschinengruppen,**

jede bestehend aus einer eindüsigen 8000-kW-Pelton-Turbine und einem Drehstromgenerator von 10 000 kVA, 16,6 kV und 50 Hz aufgestellt. Jeder Maschinengruppe ist ein

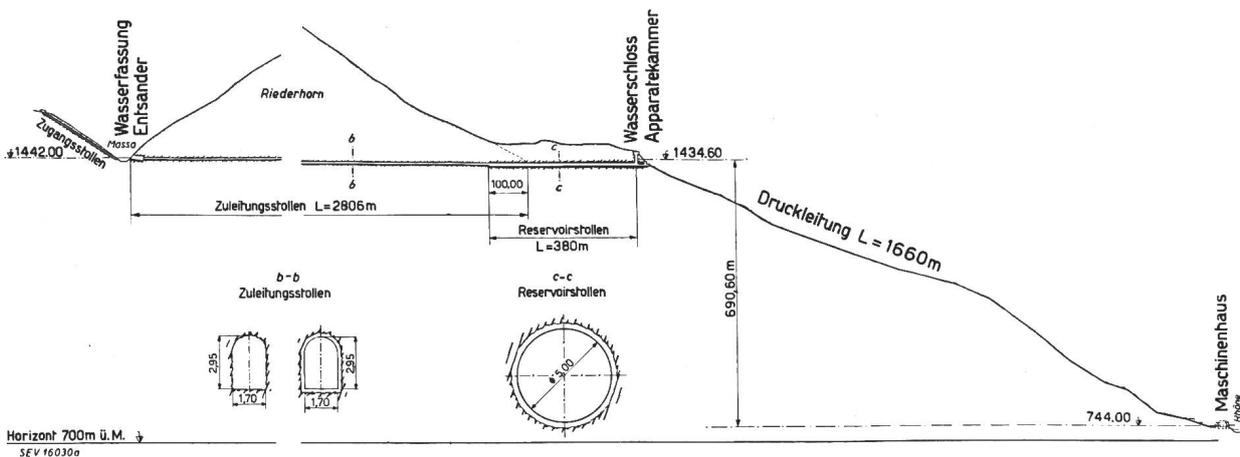


Fig. 2

**Übersichtslängenprofil**

muss, wurde von diesem bis zur Druckleitung ein rund 380 m langer

**Abzweigstollen**

ausgeführt. An diesen schliesst ein

**wassergekühlter Dreiwicklungstransformator**

zugeordnet; die Sekundärwicklung 50/65 kV ist für die volle Generatorleistung bemessen, die Tertiärwicklung 17 kV dagegen für 3000 kVA.

Das Aletschwerk wird für eine Betriebswassermenge von 3 m<sup>3</sup>/s ausgebaut, die im Mittel während 5 Sommermonaten zur Verfügung steht. Die maximale Leistung des Werkes in Übertragungsspannung wird rund 15 000 kW betragen, die mittlere jährliche Energieerzeugung rund 80 GWh, wovon 55 im Sommer- und 25 im Winterhalbjahr. Die erzeugte Energie wird in das Netz der Lonza, Elektrizitätswerke und Chemische Fabriken A.-G., abgegeben.

Das Aletschwerk ist ein Laufwerk; die Ausnützung des im Riederhorn- und im Zuleitungstollen gespeicherten Wassers wird jedoch auch die Deckung von Leistungsspitzen ermöglichen. Während der Zeit, da die Wasserführung der Rhone geringer ist als die Ausbauwassermenge des Kraftwerkes

Massaboden der SBB, wird auch die Energieproduktion dieses Werkes infolge der durch das Aletschwerk bewirkten Umleitung der Massa erhöht.

Das Aletschwerk wird von der Aletsch A.-G., einer Tochtergesellschaft der Lonza A.-G., Basel, erstellt. Die Projektierung und Bauleitung wurde der Motor-Columbus A.-G., Baden, übertragen. Mit den Bauarbeiten für das Werk wurde im Frühjahr 1948 begonnen. Die Inbetriebnahme der ersten Maschinengruppe soll im Frühjahr 1950, diejenige der zweiten Gruppe spätestens im Frühjahr 1951 erfolgen.

Adresse des Autors:

Fritz Bolliger, Ingenieur der Motor Columbus A.-G., Verenastrasse 7, Baden (AG).

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Netzmodelle

621.316.313

[Nach G. H. Marchal: Tables de calcul électriques.

Bull. Soc. Belge des Electr. Bd. 64(1948), Nr. 3, S. 85...92.]

#### I. Einführung

Die Umgestaltung elektrischer Netze durch Verbindung der Kraftwerke und Vermaschung der Verteilnetze erfolgt im Hinblick auf eine wirtschaftliche Produktion und kontinuierliche Lieferung elektrischer Energie. In vermaschten Netzen wird jeder Netzweig die Spannung an den Knotenpunkten beeinflussen, so dass die Untersuchung der Betriebsbedingungen immer schwieriger wird. Die rechnerischen Methoden erlauben zwar, die gestellte Aufgabe mit der erforderlichen Genauigkeit zu lösen; sie beanspruchen jedoch ausserordentlich viel Zeit. Bei manchen Problemen liefert das Resultat lediglich eine erste Annäherung oder zeigt, dass eine Änderung der Konfiguration bzw. einzelner Zweigdaten vorgenommen werden muss. Die ganze Rechnung muss dann Schritt für Schritt wiederholt werden.

Das Prinzip der Ähnlichkeit, das sich für die verschiedensten Zweige der Wissenschaft und Technik als so fruchtbar erwiesen hat, ermöglicht die Verwendung eines leistungsfähigen Hilfsmittels. Das Netzmodell ist nichts anderes als ein Instrument zur Erleichterung der Lösung des Problems und zur Verringerung des Zeitaufwandes. Es liefert eine automatische und gleichzeitige Auflösung des das Netz charakterisierenden linearen Gleichungssystems einer Vielzahl von Unbekannten und komplexen Koeffizienten.

Die Wechselstrom-Netzmodelle bestehen aus einer grossen Zahl einstellbarer Ohmscher, induktiver und kapazitiver Widerstände, mehreren Autotransformatoren mit variablem Übersetzungsverhältnis und den in der Grösse und Phasenlage der Spannungen einstellbaren Einspeisungen (Generatoren). Die Abbildung eines beliebig gestalteten Netzes erfolgt derart, dass jedem Netzweig ein in seinem Widerstand (Ohmsch, induktiv, kapazitiv) ihm proportionaler Modellzweig zugeordnet und alle diese Elemente gemäss der Netzkonfiguration miteinander verknüpft werden. Diesem Netzabbild werden den Generatorspannungen proportionale Speisespannungen zugeführt, deren gegenseitige Phasenlagen den Einspeisungen des Originalnetzes entsprechen. Die in diesem Miniaturnetz bestehenden Ströme und Spannungen sind den zugeordneten Grössen im Originalnetz proportional. Ein besonderer Instrumentensatz gestattet, Grösse und Phasenlage der Spannungen und Ströme in einem beliebigen Netzpunkt oder Netzweig zu erfassen. Solche Wechselstromnetzmodelle gestatten eine eingehende Untersuchung der Betriebsbedingungen der Netze. Sie erweisen sich ausserordentlich wertvoll bei der Auswahl der in den Kraft- und Unterwerken einzubauenden Apparate. Die von Störungen (Kurzschluss, unrichtige Schaltmanöver) hervorgerufenen Auswirkungen auf das statische und dynamische Verhalten können auch geprüft werden. Es sei besonders auf das Stabilitätsproblem und auf die Vorgänge bei der Schnellwiedereinschaltung hingewiesen.

Soll das Netzmodell vor allem zur Bestimmung von Kurzschlussströmen in vermaschten Netzen dienen, so rechtfertigt sich oft eine Vereinfachung seiner Ausführung durch Ausserachtlassung der Kapazitäten. Die bei der Vernachlässigung der Ohmschen Widerstände sich ergebenden Kurzschlussströme sind eher grösser als die tatsächlichen Werte, was oft erwünscht ist (grössere Sicherheit). Bei der Annahme, dass die Spannungen der Generatoren gleiche Grösse und Phasenlage aufweisen, genügt eine einzige Spannungsquelle. So kommt man dazu, das Modell aus variablen Ohmschen Elementen als Ersatz für die Reaktanzen aufzubauen und für die Speisung eine Gleichspannungsquelle zu verwenden (Gleichstromnetzmodell)<sup>1)</sup>.

#### II. Die Entwicklung der Netzmodelle

##### Gleichstromnetzmodelle

Das erste Gleichstromnetzmodell wurde im Jahr 1916 von der amerikanischen General Electric Co. konstruiert. In den heute üblichen Ausführungen stellen solche Modelle mit Rücksicht auf die Anwendungsmöglichkeiten ein billiges Instrument dar, mit welchem die Abschaltleistungen der Schalter mit praktisch genügender Genauigkeit ermittelt werden können. Gleichstromnetzmodelle bezeugten vor allem bei amerikanischen Gesellschaften regem Interesse für die Untersuchung der Hochspannungs- und Verteilnetze. In Europa bauten die folgenden Firmen und Institute ein Gleichstromnetzmodell: Société Alsthom, Compagnie pour la fabrication des compteurs; Siemens-Schuckert-Werke; AEG; Central Electricity Board (London); SEV; A.-G. Brown Boveri; Faculté des Sciences appliquées de l'Université Libre de Bruxelles. Besonders erwähnt sei das Gleichstromnetzmodell der Société Nationale «Electricité de France», welches zur raschen Bestimmung der Wirklastverteilung und von Fehlern dient.

##### Wechselstromnetzmodelle

Parallel zu dieser Entwicklung erfolgte der Bau von Wechselstromnetzmodellen. Das erste Modell (1917) der General Electric Co. arbeitete mit Maschinen beträchtlicher Leistung. Im Jahr 1922 verwendete diese Firma ein dreiphasiges Miniaturmodell mit Generatoren von 3,75 kVA, welches vor allem für qualitative Untersuchungen diente. Die Anwendung der Methode der symmetrischen Komponenten ermöglichte, dreiphasige, von einem unsymmetrischen Fehler betroffene Netze durch einphasige Netze abzubilden. Von Spencer und Hazen des Massachusetts-Instituts (MIT) stammt die Idee, die in Grösse und Phasenlage regulierbaren Spannungsquellen mit Hilfe von Induktionsreglern darzustellen. Auf diesem Prinzip beruhen die einphasigen Wechselstromnetzmodelle des MIT; und der Westinghouse Electric and Manufacturing Co.

Von den seit 1929 in den Vereinigten Staaten gebauten Modellen (etwa 20 an der Zahl) sei besonders das Modell der General Electric Co. in Schenectady erwähnt, auf welchem

<sup>1)</sup> z. B. das SEV-Modell, s. Bull. SEV Bd. 18(1927), Nr. 11, S. 713, das immer noch gute Dienste leistet und von den Elektrizitätswerken häufig und mit Erfolg beansprucht wird.