

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 40 (1949)
Heft: 14

Artikel: Das Aletschwerk
Autor: Bolliger, Fritz
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060670>

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: 16.05.2025

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

kreis mit 145 V wirksamer Spannung über jene genullten Metallgehäuse, die nicht isoliert aufgestellt waren, sondern eine leitende Verbindung zur Erde bzw. zum Wasserleitungsnetz und damit zum Sternpunkt des 145/250-V-Transformators besaßen.

Der genullte 250-V-Motor im Parterre, dessen Anschlusskabel die Schmelzspuren aufwies, ist nun metallisch mit einer zentralen Staubfanganlage fest verbunden. Andere an diese Staubfanganlage angeschlossene Maschinen besitzen aber 500-V-Drehstrommotoren, die, wie sich erst nach dem Brand zeigte, an die vom Transformatorsternpunkt herkommende, im Fabrikgebäude mit der Wasserleitung verbundene 145/250-V-Sondererdleitung gederetwaren. Zwischen dem Nulleiter des 145/250-V-Verteilnetzes und der Schutzerdung der 500-V-Motoren bestand somit eine gut leitende metallische Verbindung. Der im Nulleiter fließende Kurzschlußstrom nahm daher u. a. seinen Weg von der falsch verbundenen Transformator клемme über den isolierten Nulleiter bis zum genullten 250-V-Motor im Parterre, von hier über das metallene Rohr der Staubfanganlage und über die Schutzerdung der 500-V-Motoren zurück zum 145/250-V-Sternpunkt. Für den Fehlerstromkreis sei ausserdem auf Fig. 1 verwiesen.

Der im Nulleiter geflossene Gesamtstrom lässt sich angenähert aus der Strom-Zeit-Abschaltcharakteristik der Hochspannungssicherung und aus dem zu etwa 0,3 Ohm gemessenen Widerstand des Fehlerstromkreises auf 500 A errechnen. Dieser Kurzschlußstrom verteilte sich auf verschiedene parallele Stromkreise und erhitze die durchflossenen Nulleiter derart, dass die sie umgebende Isolation zum Brennen oder Schmelzen kam.

Im Dachstock, wo der Brand ausgebrochen ist, waren zwar nach der erhaltenen Auskunft sämtliche Motoren am 500-V-Verteilnetz angeschlossen; es soll ausserdem keine metallische Verbindung dieser Motoren mit der zentralen Staubfanganlage oder mit genullten Apparaten des 145/250-V-Verteilnetzes bestanden haben. Dagegen waren die Transformatoren für eine auf dem Dach montierte Leuchtröhrenanlage und ihre Eisenkonstruktion am

Nulleiter des 145/250-V-Verteilnetzes genullt. Vermutlich bestand ausserdem eine leitende Verbindung von diesen Eisenkonstruktionen zur Gebäudeblitzschutzanlage. Ein beträchtlicher Teil des Kurzschlußstromes konnte also auch durch den zur Leuchtröhrenanlage führenden Nulleiter fließen, dessen Grösse vom Widerstand der durchflossenen Leiter, der Gebäudeblitzschutzanlage und der Sondererde des Transformatorsternpunktes abhängig war. Der Nulleiter der Zuleitung zur Leuchtröhrenanlage soll eine brennbare Gummiisolation aufgewiesen haben. Eine Überhitzung dieses Nulleiters musste um so gefährlicher werden, als anscheinend im Dachstock infolge des Fabrikationsprozesses in der Regel eine mit Aceton durchtränkte Luft vorhanden war.

Aber auch die einphasigen Energieverbraucher, welche durch die beiden richtig angeschlossenen Polleiter und den Nulleiter gespiesen wurden, erhielten eine erhöhte Spannung von 250 V statt 145 V. Allfällig eingeschaltete 145-V-Energieverbraucher, z. B. Glühlampen, wurden somit kurzzeitig mit 250 V betrieben und dadurch beschädigt bzw. zerstört; dabei bestand die Möglichkeit einer Entzündung des Aceton-Luftgemisches durch Funkenbildung.

Wenn also im vorliegenden Fall der elektrische Strom einen grossen Brandschaden verursacht hat, so liegt der Hauptfehler wohl darin, dass die beteiligten Monteure es unterliessen, die Anschlüsse der nur etwa 4 m langen Verbindungskabel von den Transformator клемmen zu den 145/250-V-Sammelschienen auf ihre Richtigkeit zu prüfen, bevor sie die Anlage unter Spannung setzten. Eine solche Kontrolle wäre um so nötiger gewesen, als für dieses Provisorium vier *gleichfarbige* Verbindungskabel verwendet wurden. Auch das Durchschmelzen einer Hochspannungssicherung kurz nach dem ersten Einschalten hätte als Warnung dienen sollen, dass etwas nicht in Ordnung war. Richtiger wäre es jedenfalls gewesen, für die Nulleiterverbindung einen Draht mit gelber Isolation zu verwenden und so den Irrtum auszuschliessen, auch wenn es sich nur um ein Provisorium handelte.

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 Krafterzeugung 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 Geländeverhältnisse wegen etwa 300 m westlich von der talseitigen Mündung des Riederhornstollens angeordnet werden

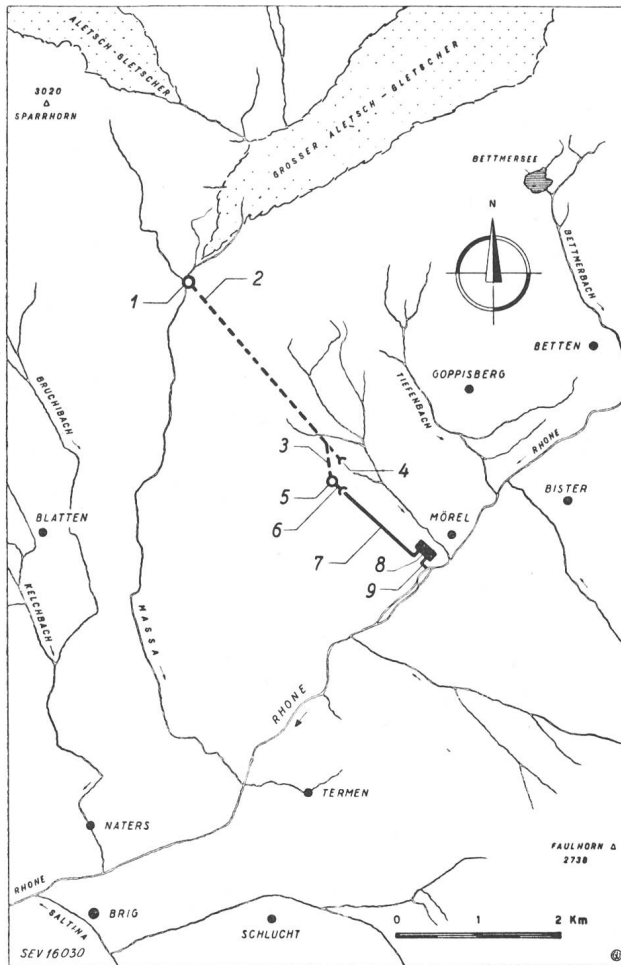


Fig. 1

Aletschwerk, Übersichtsplan

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

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

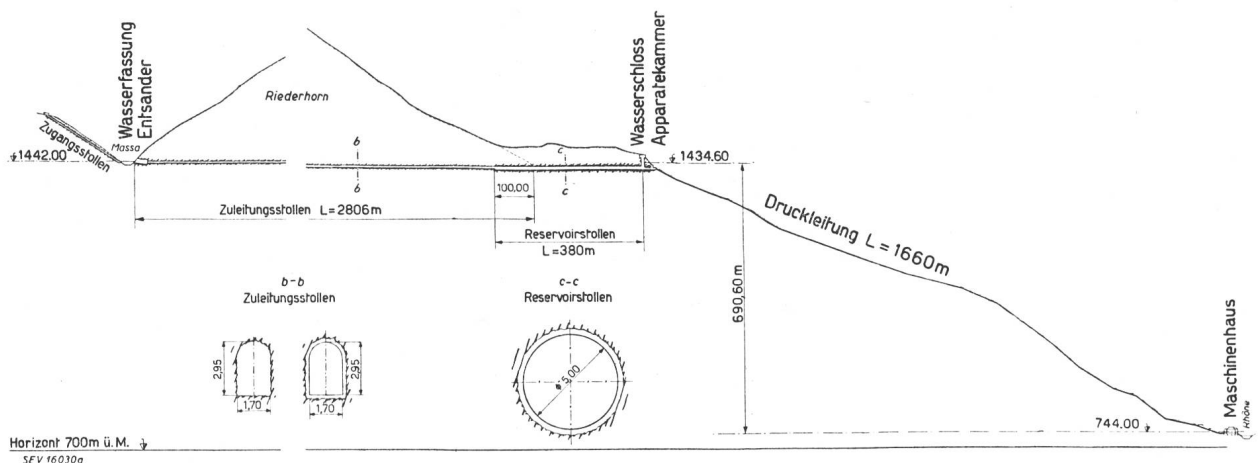


Fig. 2

Übersichtslängensprofil

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

Abzweigstollen

ausgeführt. An diesen schliesst ein

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 Maschinensaal, 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

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 m³/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 Zuleitungsstollen 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 Netzzweig 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 Netzzweig 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 Netzknoten oder Netzzweig zu erfassen. Solche Wechselstromnetzmodelle gestatten eine eingehende Untersuchung der Betriebsbedingungen der Netze. Sie erweisen sich ausserordentlich wertvoll bei der Auswahl der in der 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)¹⁾.

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 begegnen 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

¹⁾ 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.