

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 103/104 (1934)
Heft: 7

Artikel: Das Pump-Speicherwerk zwischen Schwarz- und Weiss-See in den Vogesen
Autor: Blattner, H. / Strickler, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83161>

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: 30.01.2025

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

INHALT: Das Pump-Speicherwerk zwischen Schwarz- und Weiss-See in den Vogesen. — Note II relative au coupe de bélier et à son influence sur le réglage automatique des turbines. — Tribüne für die Pferderennen in Yverdon. — Neue, einwandfreie Methode der Befestigung keramischer Wandplatten. — Schwere Wasserstoff- und schweres Wasser. — Beanspruchung der Wasserrohrkessel-Trommeln. — Mitteilungen: Die Kennzeichen moderner Dampfkraftwerke. Elektrische Untersuchungsmethoden für geologische Forschung. Dampf-

lokomotiven mit adhäsionsvermehrenden Hilfsmotoren. Die Lastkraftwagen der deutschen Reichsbahn. Fortschritte im Bau von Flugmotoren. Neue Stahlschienen der P. L. M. „Oeuvre“, der welschschweizerische Werkbund. Das naturhistorische Museum in Bern. Ein Blinden- und Altersheim in Genf. Kut-Stauwerk im Tigris (Irak); Submission. — Nekrologe: H. Sommer. — Wettbewerbe: Relief, Plastiken und Mosaiken für das neue kantonale Verwaltungsgebäude am Walcheplatz in Zürich. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 103

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 7

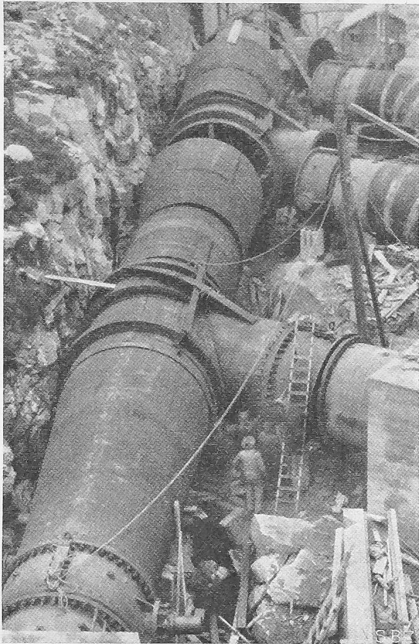


Abb. 29. Verteilung mit Abzweigungs-Verstärkungen (im Bau).

Das Pump-Speicherwerk zwischen Schwarz- und Weiss-See in den Vogesen (Forts. von S. 55.)

Von Obering. H. BLATTNER und Ing. H. STRICKLER, Zürich.

In die eigentliche *Verteilung* (Abb. 29 und 30) ist für jede der vier Gruppen ein Abzweigstutzen von 2,30 m Ø mit anschließender Drosselklappe der Einzelgruppenleitung von 2,20 m Durchmesser eingebaut. Beidseitig jeder Abzweigung erhielt die Hauptleitung eine kräftige Verstärkung durch paarweise aufgeschweisste Flacheisenringe und Profileisen, wie in Abb. 29 zu sehen. Die Horizontal-schübe in den Abzweigpunkten werden von den Rohrblechen selber und der Reibung des Fundamentes auf der Felsunterlage aufgenommen, sodass keine besonderen Fixpunkte ausgebildet werden mussten; über jeder Abzweigstelle erhebt sich ein Schieberhäuschen zum Schutze der Apparatur. Am Ende der Leitung ist auch eine, ebenfalls in einem besonderen Raume untergebrachte Filteranlage aufgestellt, die das der Druckleitung für Kühlzwecke entnommene Wasser reinigt.

Vor dem Schieber zur (letzten) Maschinengruppe I zweigt eine Leitung von 350 mm Durchmesser ab und führt das Betriebswasser zur Hilfsturbine. Sämtliche Zweigleitungen sind im Felsmassiv, das sich hinter der Zentrale erhebt und auf dessen Sohle sie fundiert ist, entweder in offenen Schlitten oder in Stollen unter 32° bis 51° Neigung verlegt und vollständig einbetoniert (Abb. 31 bis 33). Sie

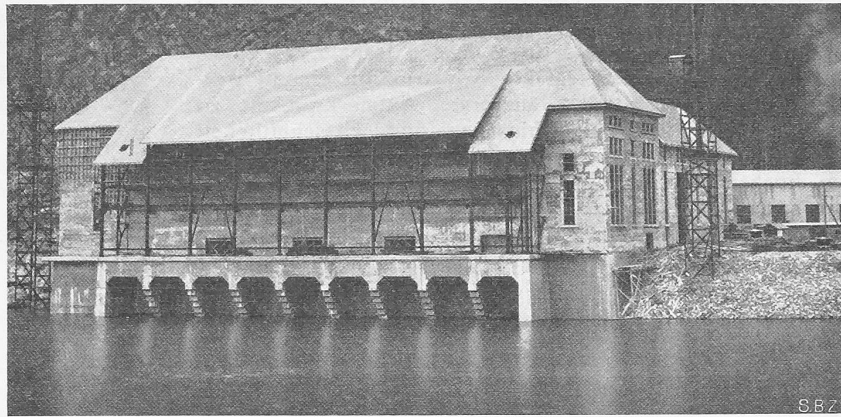


Abb. 34. Seeseitige Ansicht des Maschinenhauses am Schwarzsee, Seespiegel etwa 5 m unter Maximum.

Noch unvollendet, da die seeseitige Abschlusswand des Schützensanges und der darüberliegenden Wohnung und der Bureaux noch fehlt.

durchdringen an ihrem unteren Ende die bergseitige Mauer der Zentrale und schliessen dort durch besondere Dichtungsringe wasserdicht an die Mammutisolation des Maschinenhauses an. Nach Durchdringung der Mauer verzweigt sich jede Gruppenleitung in zwei Aeste, deren jeder für sich durch einen Kugelschieber abgeschlossen werden kann. Der obere Rohrst von 1,90 m Durchmesser führt auf die Turbine, der untere von 1,80 m Durchmesser auf die Pumpe, bezw. von dieser in die Hauptleitung. Die zur Zentrale abfallenden Gruppenrohre sind, trotzdem sie allein den Was-

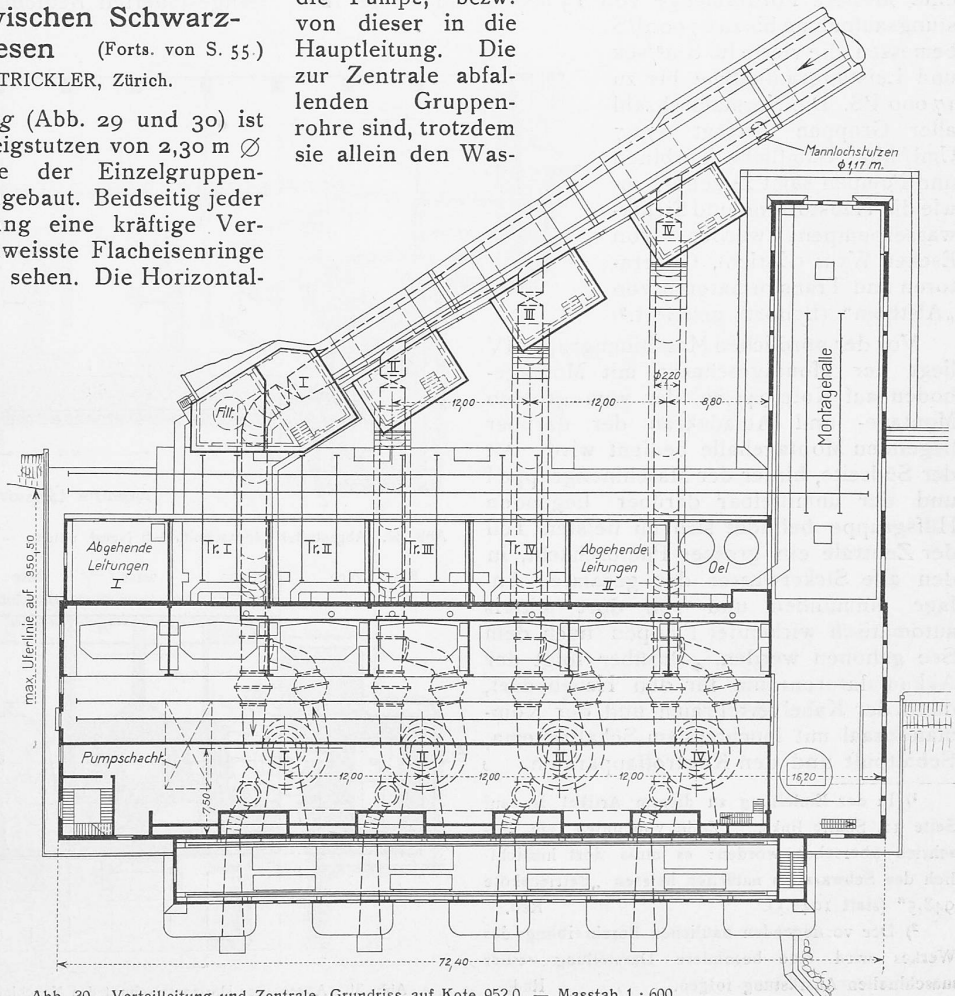


Abb. 30. Verteilung und Zentrale, Grundriss auf Kote 952,0. — Masstab 1 : 600.

serdruck aufnehmen müssen, ebenfalls durch Zementinjektionen durch das Rohr hindurch nach dem Ummantelungs- beton und Fels gegen die Rostgefahr besonders geschützt worden, da diese Rohrpartie im Bereich der Spiegelschwankungen des Schwarzsees liegt.

Das Maschinenhaus am Schwarzsee (Abb. 33), ist charakterisiert durch eine abnormale Bauhöhe von 61 m, gemessen von der untersten Fundationskote (916,50) des Pumpschachtes der Zentrale bis zur Dachfirst. Bei gefülltem Schwarzsee auf Kote 950,50¹⁾ sind von dieser Gesamtbauhöhe 34 m unter Wasser. Es musste deshalb das ganze Maschinenhaus als wasserdichte Konstruktion erstellt werden, deren Durchbildung äusserste Aufmerksamkeit zu schenken war, da aus technischen und wirtschaftlichen Gründen auch der Generatorenboden noch 8,70 m unter den höchsten Schwarzseewasserspiegel zu liegen kommt.

Aus Heimatschutzgründen hatte man im Projektstadium auch versucht, ähnlich wie an der Truyère, das gesamte Maschinenhaus in den Berg zu verlegen. Doch wären die aus dieser Disposition sich ergebenden baulichen und betriebstechnischen Schwierigkeiten, ganz abgesehen von den bedeutend höhern Baukosten, so gross geworden, dass man auf eine solche Lösung verzichtete. Angestrebt wurde ein einfacher, ruhig gehaltener Zweckbau, der möglichst alle bei einer gewöhnlichen Anlage sonst sichtbaren Zusatz-Installationen des maschinellen und elektrischen Teiles der Sicht vom südöstlichen Seeufer, auf das die bestehende Touristenstrasse mündet, entzieht. Es enthält der untere Teil der Zentrale je vier Maschinen-Einheiten, deren vertikale Anordnung gegeben war. Die Hauptdaten der Maschinen haben wir bereits genannt: es sind vier Francisturbinen von je 24 000 bis 40 000 PS, je nach Gefälle. Je nach der Aussentemperatur können die Generatoren für kurze Zeit stark überlastet werden, was für ein Spitzenwerk von grossem Wert ist. Drei der Zentrifugal-Pumpen sind für eine mittlere Fördermenge von 13 m³/sek und eine Leistungsaufnahme bis zu 27 000 PS bemessen, die vierte für 8 m³/sek und Leistungsaufnahme bis zu 17 000 PS. Die Normaldrehzahl aller Gruppen beträgt 272,7 Uml./min. Sämtliche Turbinen und Pumpen samt Zubehör, sowie die Hausturbine und Sickerwasserpumpen wurden von Escher Wyss (Zürich), Generatoren und Transformatoren von „Alsthom“ (Belfort) geliefert.²⁾

Vor der nördlichen Maschinengruppe IV liegt der Montageschacht mit Montageboden auf Kote 941,80, der vom grossen Montage- und Abladekran der darüber liegenden Montagehalle bedient wird. An der Südseite, hinter der Maschinengruppe I und der unmittelbar darüber liegenden Hilfsgruppe befindet sich im tiefsten Teil der Zentrale ein grosser Pumpschacht, in den alle Sickerwasser der gesamten Anlage einmünden und von dort mittels automatisch wirkender Pumpen nach dem See gehoben werden. Darüber folgt der Akkumulatorenraum für den Hausbedarf, dann der Kabelverteerraum und der Kommandosaal mit leuchtendem Schaltschema, Schalterpult und den Kontrollapparaten.

¹⁾ In der Einleitung zu diesem Artikel ist auf Seite 32, Spalte links, 7. Zeile von unten, ein Verschieb übersehen worden: es muss dort hinsichtlich des Schwarzsees natürlich heissen „Betriebskote 948,5“ (statt 1048,5). Red.

²⁾ Der vorliegenden baulichen Beschreibung des Werkes wird eine besondere Darstellung seiner maschinellen Ausrüstung folgen. Red.

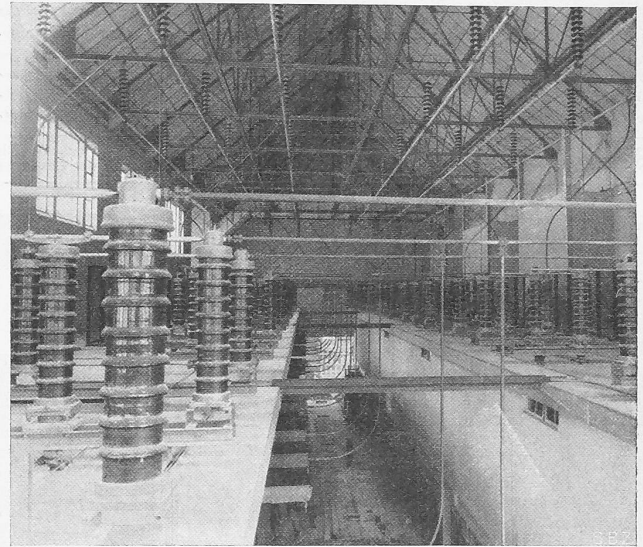


Abb. 36. Dachraum mit den Sammelschienen (links Bergseite).

Ueber dem Generatorensaal, der zwei Laufkrane von je 55 t Tragkraft enthält und der, wie schon erwähnt, bei höchstem Wasserspiegel unter Wasser liegt und deshalb fensterlos ist, erhebt sich ab Kote 952,00 der eigentliche Hochbau, ein Eisenhochbau mit Betonfüllwänden. Im Erdgeschoss des Hochbaues (dessen Boden die Maschinenhausdecke bildet, die aus programmtechnischen Gründen als starke Melanträgerkonstruktion ausgebildet werden musste, Abb. 35), sind sämtliche Haupt- und Hilfstransformer und Oelschalter untergebracht. Darüber befindet sich der Raum zur Aufstellung der gesamten Apparatur zur automatisch ferngesteuerten Bedienung der Zentrale, und im obersten

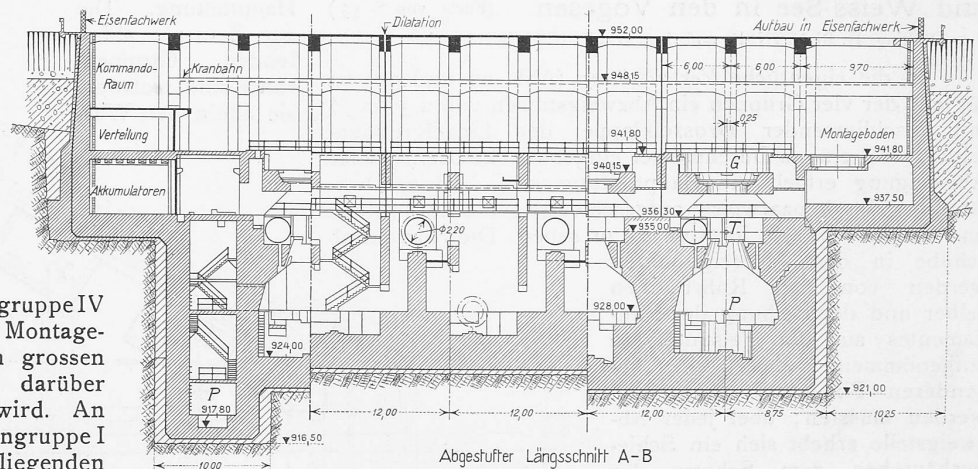


Abb. 32. Abgestufter Längsschnitt A-B (vergl. unten). — Masstab 1 : 600.

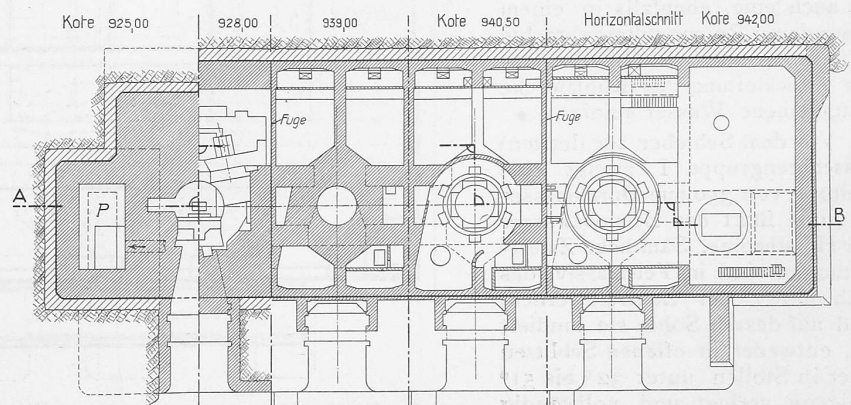


Abb. 31. Abgestufter Horizontalschnitt des Maschinenhauses. — Masstab 1 : 600.



Abb. 35. Der Generatorensaal im Rohbau (rechts Seeseite).

Stockwerk endlich sind die Hochspannungs-Verteilungen (Abb. 36) und die dazugehörigen Schalteinrichtungen montiert. Von diesem Raum aus zweigen die zwei Freileitungen, die von einem hinter dem Maschinenhaus stehenden Sammelmast abgenommen werden, ab und gewinnen in weiten Spannungen die nordöstlich des Schwarzsee gelegene Höhe an der Strasse nach dem Weissee. Von dort wendet sich dann die Hochspannungsleitung wieder talwärts und übersetzt das Tal von Orbey ebenfalls auf ganz wenigen, hohen Leitungsmasten in der Richtung Logelbach, wobei die grösste Spannweite 1400 m beträgt.

Die mit hohen Fenstern versehene seeseitige Front der Zentrale über dem höchsten Seespiegel ist der Hauptfassade konsolenartig vorgebaut (Abb. 34) und bildet mit ihr zusammen einen Laufgang von 5,35 m Breite, der von einem Laufkran bestrichen wird und zum Einsetzen der Notschützen und für die Bedienung der Abschlusschützen der Pumpen und Turbinenausläufe bestimmt ist. Ueber diesem Gang befinden sich schöne Bureauräumlichkeiten und eine Wärterwohnung. An der bergseitigen Front

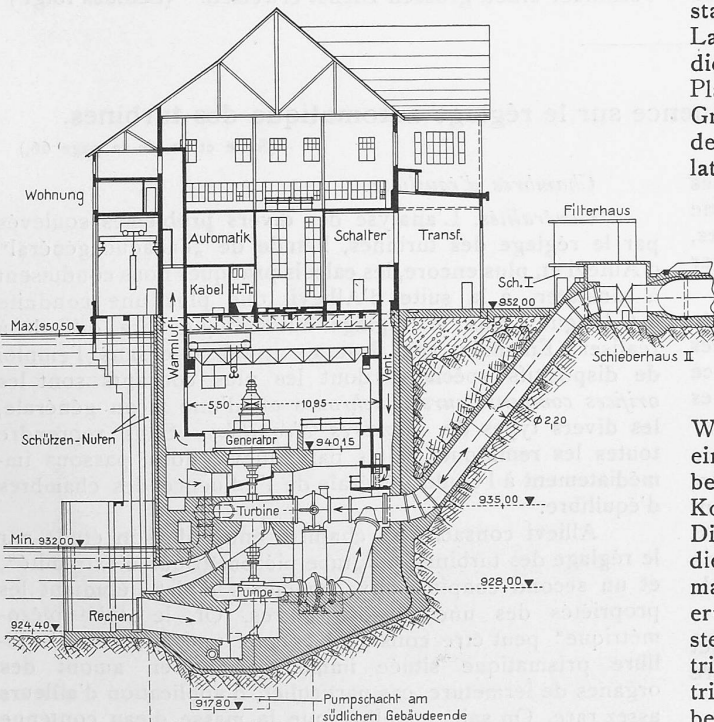


Abb. 33. Querschnitt des Maschinenhauses. — Masstab 1 : 600.

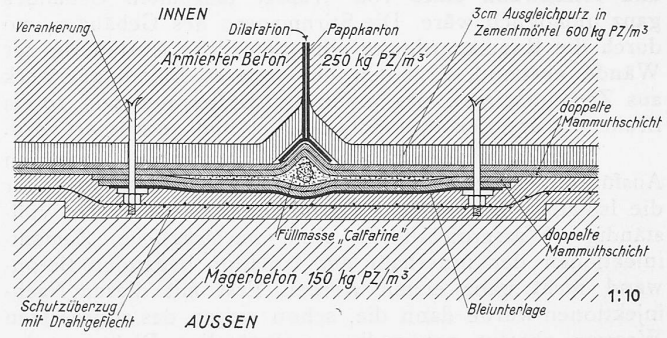
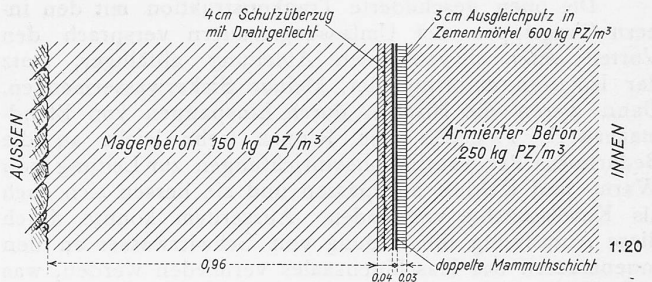


Abb. 37. Einzelheiten der Abdichtung des Maschinenhauses.

liegen die Zellen der vier grossen Haupttransformatoren, die auf Schienen und unter Zuhilfenahme von Umleitungsrollen, über die die Zugkabel nach dem grossen Montagekran geführt werden, durch die Kranwinden herausgerollt und nach der Montagehalle verbracht werden können.

Der eiserne Dachstuhl ist mit grauem Eternit und nach innen zum besseren Schutz mit Lignat-Platten abgedeckt, die eine 14 cm starke Luft-Isolierschicht zwischen sich und der eigentlichen Dachhaut schaffen. Allfällige Feuchtigkeit und Kondenswasser saugt die innere Dachhaut löschblattartig auf.

Der Unterbau der Zentrale zwischen Kote 921,0 und 952,0 ist als Eisenbetonkonstruktion in Form eines, durch zehn Querrahmen ausgesteiften, riesigen Troges ausgebildet (Abb. 31 bis 33); seine Gesamtlänge von 74 m (gemessen zwischen den Isolationen) ist über Kote 936,30 durch zwei Querfugen unterteilt. Den Boden dieses Troges bildet eine stark armierte Grundplatte, welche die auf ihr ruhenden Lasten gleichmässig auf die granitene Felsunterlage verteilt; die berg- und wasserseitigen Hauptmauern sind vertikale Plattenbalken mit den Tragrippen nach dem Gebäudeinnern. Grundplatte und Tragwände sind durch einen durchgehenden Verputz und darauf aufgeklebte doppelte Mammuthisolierung, die wieder durch einen mit Drahtgitter verstärkten Verputz vor mechanischen Verletzungen geschützt ist (Abb. 37), gegen den hohen Wasserdruck abgedichtet.

Zwischen dem Berg und der Isolierschicht auf dem armierten Beton der bergseitigen, um 1,0 m von der Felswand abgerückten Gebäudemauer, liegt eine Füllbetonschicht aus Magerbeton. Seeseitig ist die Isolierschicht von einem armierten Beton von 30 cm Stärke abgedeckt, dessen Zusammensetzung besonders sorgfältig gewählt wurde, um Frost und Wasserschäden zu vermeiden und der als weitem Schutz einen grauen Eveolanstrich erhielt, soweit diese Fassade bei abgesenktem See sichtbar wird, während unterhalb Kote 932,00 ein schwarzer Eveolanstrich verwendet wurde. Die Grundplatte überträgt nach vollendeter Montage auf die untere Isolation einen spezifischen Flächendruck von max. 5 kg/cm². Da aus Programmgründen, wie schon erwähnt, die Füllung des Schwarzsee sofort nach Fertigstellung des Rohbaues erfolgen musste und allfällige Auftriebskräfte bei diesem Gewichtszustand ein kleines exzentrisches Kippmoment erzeugen konnten, wurde die Platte bergseitig mit einem nasenartigen Sporn versehen, der dieses Moment auf den Felsen übertragen kann (Abb. 33).

Die oben geschilderte Tragkonstruktion mit den internen Tragrippen der Umfassungsmauern versprach den Vorteil einer einwandfreien Ableitung allfälliger, trotz der Isolation eindringender, kleiner Sickerwassermengen. Dann waren die Nischen durch Einspannen von Blendmauerwerk zwischen den Rippen sehr leicht an die Bedürfnisse der Ventilationseinrichtungen zur Leitung von Warm- und Kaltluft anzupassen und sie liessen sich auch als Kabelschächte verwenden. Ausserdem konnte durch diese Anordnung die Bildung von Schwitzwasser an den Innenmauern des Maschinensaales vermieden werden, was beim Fehlen einer isolierenden Luftschicht zwischen Aussen- und Innenwand eines von Wasser umspülten Gebäudes ganz unmöglich wäre. Die Stirnmauern des Gebäudes, wo durch die Raumanordnung eine natürliche Absteifung der Wände entstand, erhielten ein inneres Blendmauerwerk aus Zementsteinen, das einen Luftisolierraum von 10 cm Breite erzeugt, der besonders belüftet und entwässert wird.

Trotz aller dieser, gegenüber sonstigen bekannten Ausführungen auch sehr weitgehenden Durchbildung der die Isolation stützenden Konstruktionen, konnte eine vollständige Wasserdichtigkeit ohne nachträgliche Zementinjektionen der innerhalb der Isolation liegenden Betonwand nicht ganz erzielt werden. Erst mit diesen Nachinjektionen wurde dann die, schon wegen des aggressiven Wassers absolut notwendige, vollständige Dichtung der Mauern erreicht.

Es drängt sich deshalb die Frage auf, welche Massnahmen denn, gestützt auf die Erfahrungen an den Seen und anderwärts, ergriffen werden müssen, um eine vor allen Zufälligkeiten sichere Isolationsmethode auszubilden. Ganz allgemein ist eben doch zu sagen, dass ausser anderen theoretisch möglichen Gründen, grundsätzlich bei allen diesen Konstruktionen die fehlerfreie Ausführung an zu viele praktische Voraussetzungen und vor allen Dingen an die absolute Zuverlässigkeit des ausführenden und des Ueberwachungs-Personals gebunden ist, sodass Defekte in der Isolation erfahrungsgemäss trotzdem möglich sind. Sobald aber solche, wenn auch nur lokale Defekte vorliegen, ist eine nachträgliche, vollständige Dichtung immer sehr schwierig und auch kostspielig, da man an die Isolation selbst nicht herankommen kann ohne zu riskieren, dass diese durch den Aussenwasserdruck und durch das zu ihrem Abdecken notwendige Wegspitzen der Betonstützkonstruktion aufgebläht und damit unter Umständen

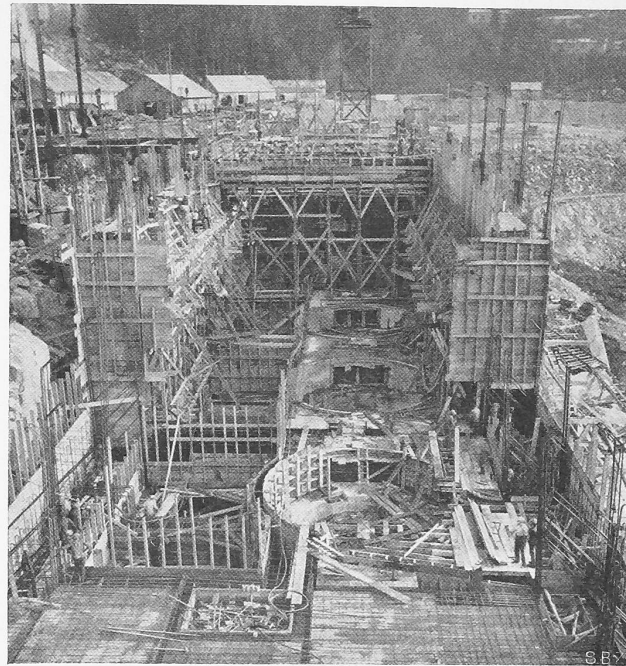


Abb. 39. Blick in die Baugrube des Maschinenhauses.

ganz zerstört wird. Eine ideale Lösung wäre wohl die, wenn grundsätzlich die Isolation überhaupt nur aussen, vielleicht in Form eines absolut dichten, wetter- und wasserbeständigen Anstriches aufgebracht werden und dieser Anstrich in verschiedenen, haltbaren Farben geliefert werden könnte. Damit wären die konstruktiven wie die ausführungstechnischen Schwierigkeiten viel leichter zu überwinden; ausserdem hätte diese Lösung den gewaltigen Vorteil, dass der wasserabweisende Anstrich immer wieder unterhalten und allenfalls ausgebessert werden könnte, soweit wenigstens ein Absenken des Wasserspiegels möglich ist. Möge diese Anregung von den Beherrschern der schwarzen Kunst im Reiche des Bitumen und des Kautschuk als Einladung angesehen werden, diesen Idealanstrich bald zu erfinden; sie würden damit sich und dem projektierenden Techniker einen grossen Dienst erweisen. (Schluss folgt.)

Note II relative au coup de bélier et à son influence sur le réglage automatique des turbines.

Par CHARLES JAEGER, Ing. dipl. E.P.F., Dr. ès sc. techn.

(Suite et fin de la page 66.)

Cas spéciaux. Le problème du réglage des turbines tel que nous venons de l'exposer, suppose une turbine unique, ou encore un groupe de turbines synchronisées, alimentées par une seule conduite. Mais on peut envisager d'autres cas.

Il se peut qu'une seule et même conduite alimente plusieurs turbines, accouplées à des génératrices branchées sur des réseaux différents. On pourra vérifier l'influence de la mise en marche d'une unité sur le réglage des autres turbines.

Parfois encore, chaque turbine, ou chaque groupe de turbines, sera alimenté par une conduite indépendante, plusieurs conduites se réunissant à l'amont, en un point de bifurcation, en une seule conduite. Chaque turbine est supposée indépendante. On trouvera, dans notre „Théorie générale“, des équations qui pourront servir de point de départ à l'étude de ce problème.¹³⁾

Ces cas, trop complexes pour pouvoir faire l'objet d'un exposé systématique, ne rentrent plus dans le cadre d'une étude générale. Il nous suffit de les signaler.

Chambres d'équilibre.

Généralités. L'analyse des divers problèmes soulevés par le réglage des turbines, l'étude de „l'abaque général“ d'Allievi et, plus encore, les calculs pratiques nous conduisent à constater, à la suite d'Allievi, que plus une conduite est longue, plus le réglage automatique sera difficile à réaliser. En maint cas, il serait irréalisable sans l'emploi de dispositifs spéciaux, dont les plus courants sont les *orifices compensateurs synchrones* et, d'une façon générale, les divers types de *chambres d'équilibre*. Sans reprendre toutes les remarques faites par Allievi, nous passons immédiatement à l'étude générale de l'influence des chambres d'équilibre.

Allievi consacre un chapitre entier de son étude sur le réglage des turbines au „tube piézométrique d'extrémité“, et un second chapitre aux „chambres d'air“, étudiant les propriétés des unes et des autres. Or, le „tube piézométrique“ peut être considéré comme une chambre d'équilibre prismatique située immédiatement en amont des organes de fermeture, cas particulier, d'application d'ailleurs assez rare. On sait, en effet, que la masse d'eau contenue dans une chambre d'équilibre est soumise à des „oscil-

¹³⁾ Charles Jaeger. „Théorie générale“, pages 87 et suivantes.