Das Kraftwerk Wäggital

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **97/98 (1931)**

Heft 19

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-44776

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

INHALT: Das Kraftwerk Wäggital. — Wettbewerb für die Erweiterung des Bezirkspitals Interlaken. — Die schweizerischen Eisenbahnen im Jahre 1930. — Eisenbahnmotorwagen auf Gummireifen. — Nekrologe: C. v. Bach. — Mitteilungen: Neue Versuche über die Seitengleitreibung der Eisenbahnräder. Ampère-Museum in Poleymieux bei Lyon. Wasserturbinen von 8 m Durchmesser. Die Ausstellung von Architektur- und Landschaftskizzen von H. Fietz. — Eine Ausstellung von Messapparaten für staubförmiges Arbeitsgut. Schweiz. Gesellschaft für Photogrammetrie. Der Neubau der Landesbibliothek in Bern. Schweizerische Bundesbahnen. — Wettbewerbe: Frauenspital der Kantonalen Krankenanstalt Aarau. — Preisausschreiben: Schweisstechnisches Prüfgerät. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine.

Band 98

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. 19

Das Kraftwerk Wäggital.

(Fortsetzung von Seite 223.)

III. DIE STAUMAUER SCHRÄH.

Vorbereitung und Durchführung des Baues. Ueber die geologischen Verhältnisse sei bloss erwähnt, dass sie von Prof. H. Schardt gründlich untersucht und als günstig bezeichnet worden sind; eine Prognose, die sich in allen Teilen als zutreffend erwiesen hat.

Ueber die Disposition der hauptsächlichen Installationen, der Transporte, Arbeiterunterkunft, Energieversorgung, Bauprogramm orientiert der Artikel von Ing. A. Zwygart in der „S. B. Z." Band 84, S. 77: „Gesichtspunkte zur Bauinstallation mit Beispielen vom Bau des Kraftwerks Wäggital". Das Diagramm der Baufortschritte zeigt Abb. 9 auf Seite 223 letzter Nummer.

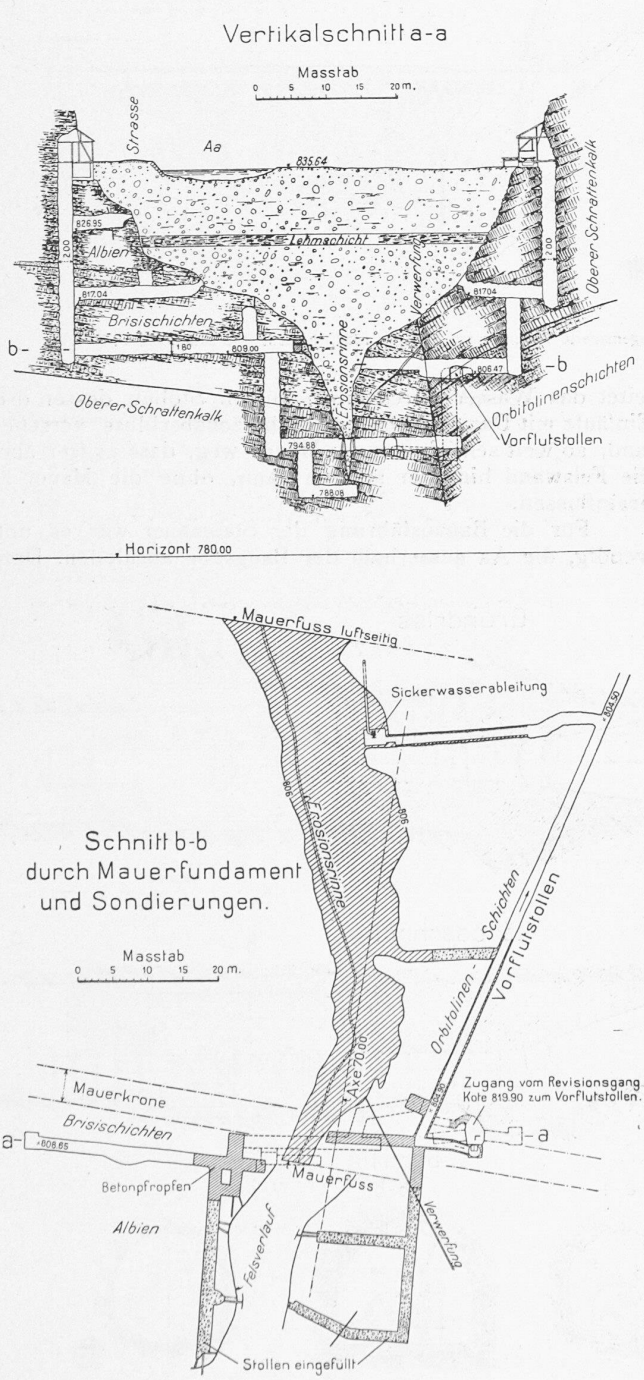


Abb. 12 und 13. Sondierung der Staumauer-Baustelle im Schräh, 1 : 1000.

Das Staubecken Innertal (Abb. 4 auf S. 220) mit seinem flachen Talboden war für die Erstellung eines Stausees ausserordentlich günstig. Um einen Stauinhalt von 147,4 Mill. m³ zu erhalten, musste eine Bodenfläche von nur 4,15 km² überstaut werden, dabei hat der See rd. 5 km Länge und 1,2 km grösste Breite. Den Zusammenhang zwischen Stauinhalt, akkumulierter Energie und Seeoberfläche zeigt Abb. 6 auf S. 219.

Rings um den See wurde eine Strasse angelegt, die auf dem rechten Ufer eine Fahrbahnbreite inkl. Seitenschale von 4,6 und 4,0 m, auf dem linken Ufer eine solche von 3,3 und 2,9 m aufweist; zur Kreuzung von Fahrzeugen sind auf der linksufrigen Strasse Ausweichstellen angelegt worden. Die Strasse verläuft in 5 m bis 30 m Höhe über höchstem Stau und erforderte drei grössere Brücken, von denen die Flienglibachbrücke in Abb. 8 auf S. 223 gezeigt ist. Auf dem gleichen Bild ist auch der Hauptkomplex der Neusiedelung zu sehen, die zum Ersatz der im Stausee untergegangenen Anwesen Innertal und Bad, sowie der Kirche errichtet worden ist.

Die Staumauer Schräh (Abb. 10 und 11), deren Lage zwischen den steilen Felswänden des Gugelberges und des Schrährückens von Natur aus gegeben war, ist ausgebildet als im Grundriss gerade Gewichtsmauer; dies aus statischen sowohl wie aus Gründen der einfachen Ausführung. Das Talprofil hat an der Abschlusstelle auf dem ebenen Talboden (Kote 836) eine Breite von 60 m. Unterhalb der aus Alluvion gebildeten flachen Talsohle bis Kote 810 ist das Flussprofil trogförmig, mit einer schmalen Erosionsrinne ungefähr in der Mitte des Profils, die bis auf Kote 791,50, also 44,5 m unter den Talboden reicht. Zur Feststellung dieses Felsprofils sind umfangreiche Sondierungen vorgenommen worden (Abb. 12 und 13), über die in der „S. B. Z.", Band 77, S. 86 näheres berichtet worden ist. Bis auf die Höhe der Mauerkrone, Kote 902, d. h. 2 m über höchstem Stau, erweitert sich das Talprofil auf 160 m.

Die grösste Höhe der Staumauer von der Mauerkrone bis auf die Sohle der Erosionsrinne (Kote 791,50) beträgt 110,50 m, hiervon befinden sich 44,50 unter und 66 m über dem Talboden. Die Mauerkrone hat eine Länge von 155,70 m. Geeignete Bausteine waren in der Nähe der Baustelle nicht erhältlich, sodass als Baumaterial lediglich Beton in Frage kam, der als Gussbeton zubereitet und mittels eiserner Giessrinnen eingebracht worden ist. Die Mauer ist in Abständen von 4 × 32 m (seitlich weniger) durch Kontraktionsfugen in sechs Mauerblöcke unterteilt. Die beiden mittleren Fugen reichen bis auf Kote 831,30 hinab, die seitlichen bis auf das Fundament. Für die Abdichtung der Kontraktionsfugen (Abb. 11) sind auf der Wasserseite der Mauer fünfkantige Nuten von 70 × 100 cm Weite ausgespart worden, die nach dem Erhärten des Mauerbeton gleich wie die dahinterliegenden Kontraktionsfugen mit einem Teerpräparat gestrichen und bei tiefer Temperatur durch einen Dichtungsstab aus Eisenbeton ausgefüllt wurden. Hinter dem Dichtungsstab, gegen die Luftseite, ist in einem Abstand von rund 2 m noch ein Schacht von 80 × 80 cm ausgespart, der im Bedarfsfall mit Lehm ausgefüllt werden kann, was sich aber bisher nicht als nötig erwiesen hat.

Für die ständige Kontrolle sind gegen die Wasserseite im Mauerkörper begehbare, horizontale Revisionsgänge ausgespart, die in den Kontraktionsfugen durch

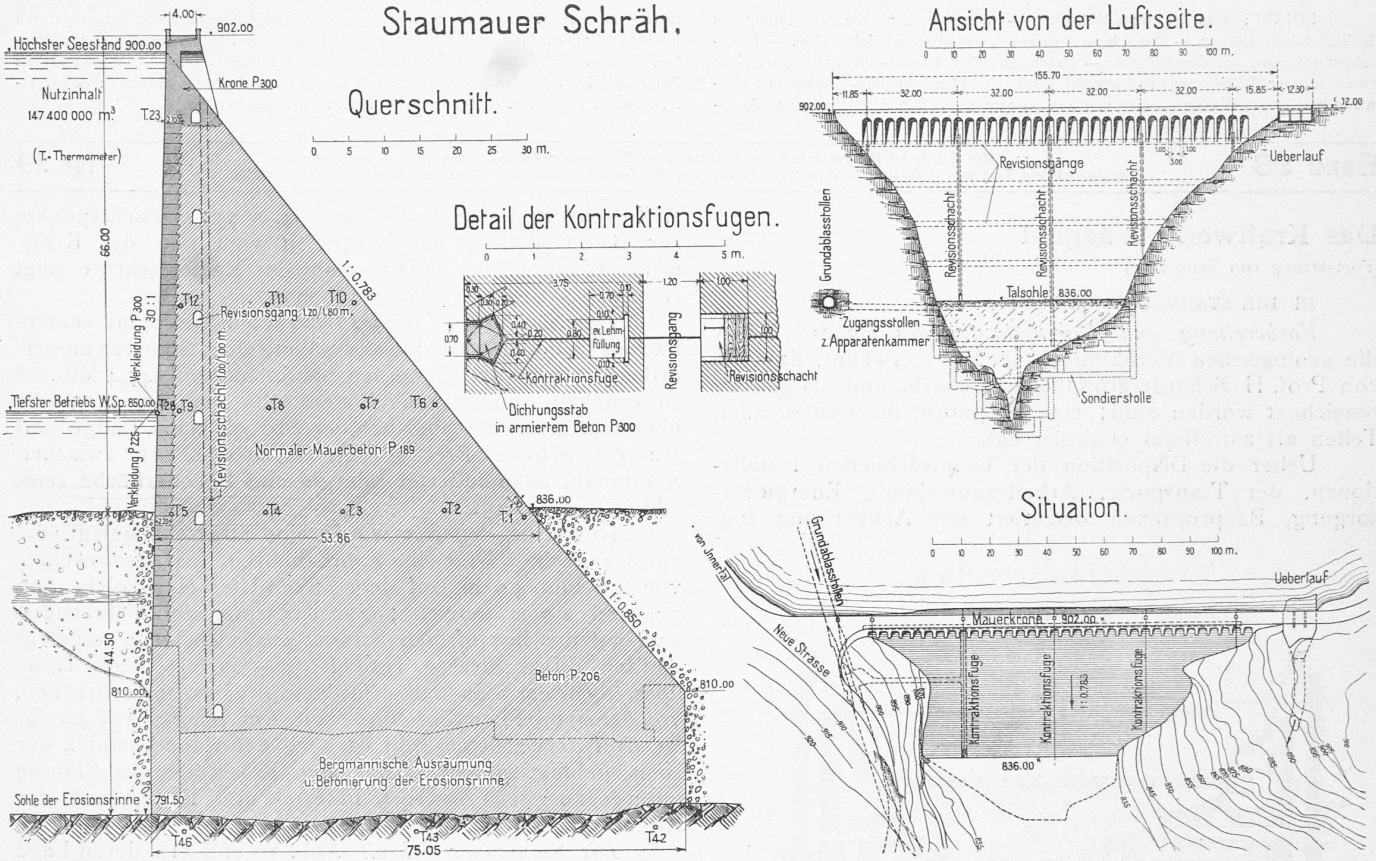


Abb. 11. Staumauer des Kraftwerks Wäggital im Schräh. — Querschnitt 1 : 1000 (T = eingemauerte Thermometer), Detail 1 : 150, Ansicht und Draufsicht 1 : 2500.

vertikale Schächte und eiserne Leitern miteinander verbunden sind. Mangels geeigneter in der Nähe gewinnbarer Bausteine ist die wasserseitige Mauerfläche von Kote 823 bis 890 durch Betonblöcke von 1,4 m Höhe und 2 bis 2,6 m Breite aus P. 225 und P. 300 gebildet, die in eisernen Schalungen gegossen wurden. Ueber Kote 890 ist die Mauerkrone vollständig in der Mischung P. 300 betoniert. Auf der Luftseite verzichtete man auf die Ausführung der Sichtfläche in höher dosiertem Beton, da bei mangelnder Wetterbeständigkeit später jederzeit eine Verkleidung in Beton oder Naturstein aufgebracht werden kann. Während nun Wasserseite und Mauerkrone keine Frostschäden aufweisen, zeigte die Luftseite sechs Jahre nach Fertigstellung erhebliche Abwitterungen, woraus hervorgeht, dass Gussbeton P. 189 mit dem notwendigen grössern Wasserzusatz weniger frostbeständig ist, als erdfeucht oder plastisch eingebrachter Beton gleicher Dosierung. Es wird daher gegenwärtig der beschädigte Beton der Luftseite bis auf das gesunde Gefüge abgespitzt und durch eine Verkleidung in Schichtsteinmauerwerk aus Urnergranit mit 2 cm Fugenweite ersetzt.[1])

Die Verkleidungssteine haben eine minimale Tiefe von 30 cm und werden in der Mischung P. 300 hinterbetoniert. Die neue Verkleidungsschicht erhält eine minimale Stärke von 60 cm, wobei die neue Lichtfläche 30 cm über der frühern Betonschicht liegt. Die Kontaktfläche zwischen altem und neuem Beton wird mit einem engmaschigen Drainagenetz aus Zementröhren versehen.

Auf der linken Talflanke befindet sich anschliessend an die Mauer ein Hochwasserüberlauf, bemessen für die Abführung von 85 m³/sec. Er leitet das Wasser durch einen kurzen Stollen, dessen drei Einläufe mit Dammbalken und Schützenabschluss versehen sind, so weit seitlich von der Mauer weg, dass es frei über die Felswand hinunter stürzen kann, ohne die Mauer zu beeinflussen.

Für die Bauausführung der Staumauer war es notwendig, die Aa ausserhalb der Baugrube abzuleiten. Dazu

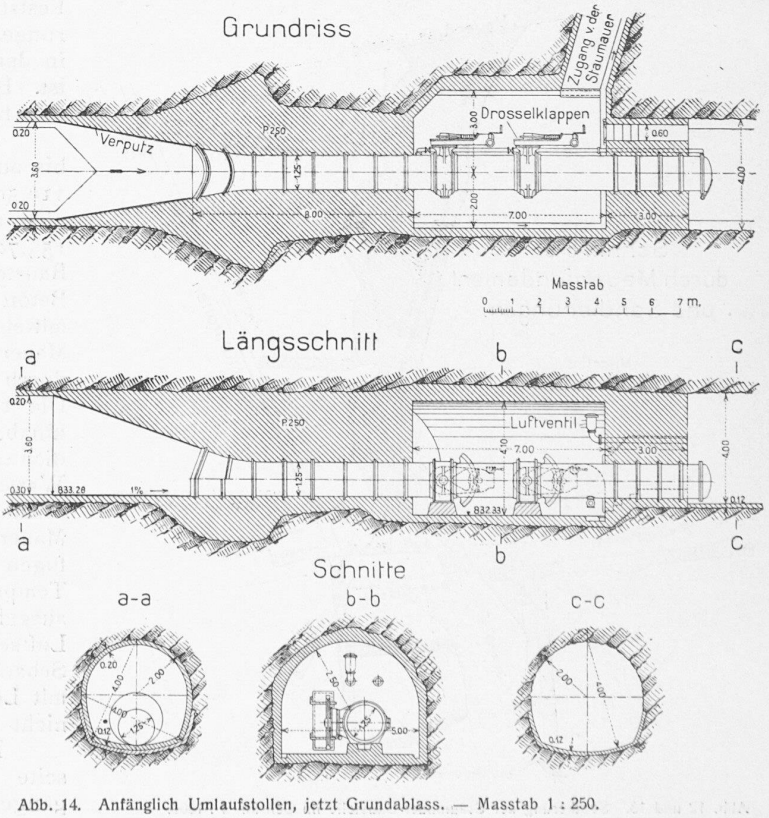


Abb. 14. Anfänglich Umlaufstollen, jetzt Grundablass. — Masstab 1 : 250.

[1]) Wir hoffen nach Vollendung der Verkleidungsarbeiten über die dabei gemachten Beobachtungen näheres berichten zu können. Red.

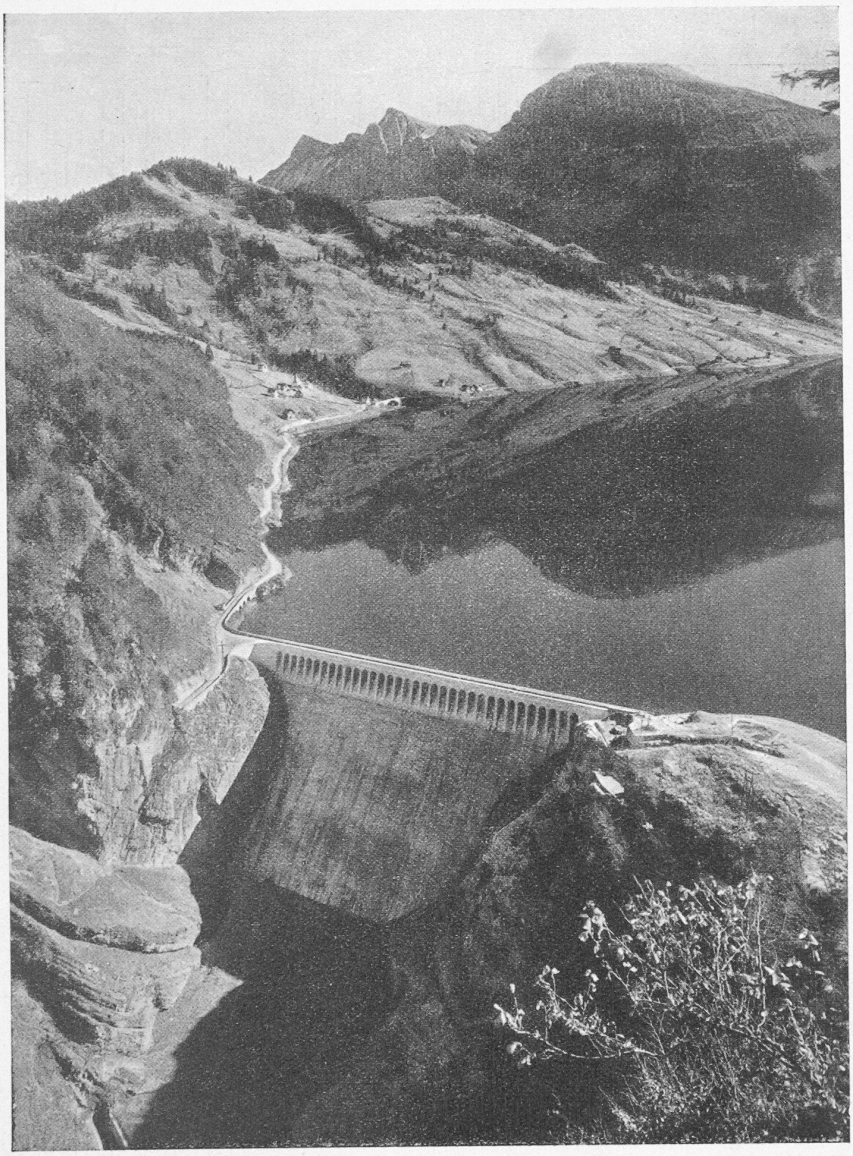


Abb 10. Staumauer im Schräh und Stausee Innertal, von Kote 1100 aus gesehen.

wurde der schmale Talausgang ungefähr 100 m oberhalb der Staumauer mit einem Damm bis auf Kote 843 abgeschlossen und auf der rechten Seite die Aa vermittelst eines 280 m langen Umlaufstollens von 4 m Höhe und Breite durch den Felskopf des Gugelberges umgeleitet. Nachdem im Frühjahr 1924 die Staumauer über die Talsohle hinausgewachsen, hat man die Aa während zwei Monaten durch eine in der Mauer offen gelassene Rinne geleitet und in dieser Zeit den Umlaufstollen zu dem jetzigen Grundablass ausgebaut (Abb. 14). Für die Bemessung des Grundablasses war massgebend, dass bei einer Stillsetzung der oberen Stufe die untere Zentrale Siebnen voll, d. h. mit 32 m³/sec betriebsfähig bleiben muss. Dem Ausgleichbecken Rempen können im zehnstündigen Hauptbetrieb 10 m³/sec Wasser entnommen werden; es genügt also ein Zuschuss von etwa 22 m³/sec aus dem Innertal-Stausee. Diese Abgabe ist bis zum Seestand etwa auf Kote 855 möglich. Wenn der Stausee Innertal durch den Druckstollen ganz abgesenkt ist, kann durch den Grundablass die vollständige Entleerung in weniger als einem Tag erfolgen.

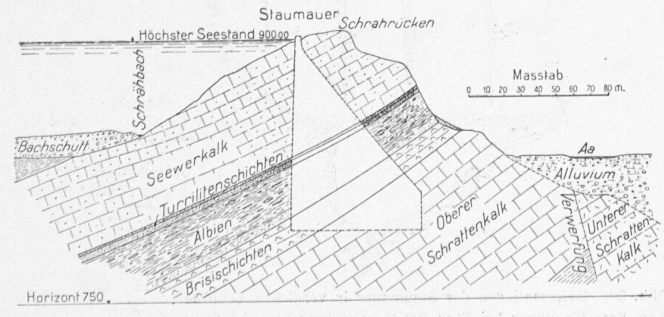


Abb. 16. Geologisches Profil linksseitig der Staumauer. — Masstab 1 : 4000.

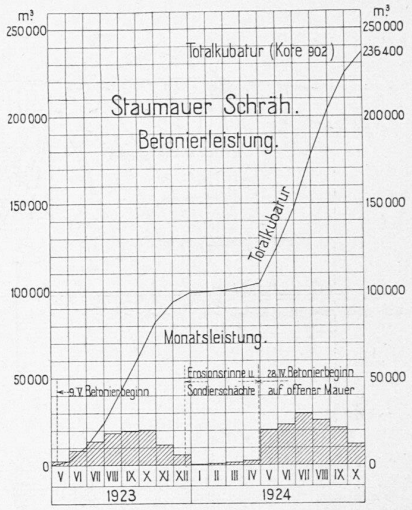


Abb. 15. Betonierleistungen.

Ueber *Bauinstallation,* Baufortschritt und Baukontrolle wollen wir uns mit einem Hinweis auf die früher erschienenen Aufsätze begnügen: Ing. A. Zwygart in Bd. 84, S. 77, 99 und 110, weitere Bilder dazu in Bd. 82, S. 258, Ing. H. Nipkow, in Bd. 88, S. 143 und 165. Zur Ergänzung ihrer Ausführungen zeigt Abb. 15 das Diagramm der Betonierleistung, aus dem hervorgeht, dass die Mauer Ende Oktober 1924, volle zehn Monate vor Vertrags-Termin, fertig betoniert war.

Die unter Leitung von Prof. Dr. P. Joye (Fribourg) durchgeführten *Temperaturmessungen* (Verteilung der Thermometer siehe Abb. 11; Gesamtzahl 45) haben auf ein normales Verhalten des erhärtenden Mauerbeton schliessen lassen. In der Mauermitte erreichte der Beton P. 189 beim Abbinden und infolge der Ueberlagerung Temperaturen von 30 bis 34 ° C, die sechs Jahre nach Fertigbetonierung nach und nach auf 11 bis 18 °C zurückgegangen sind.

Besondere *Abdichtungsarbeiten* im Felsanschluss beidseitig der Staumauer waren vorzusehen, weil die geologischen Verhältnisse beim Stau auf Kote 900 erhebliche Wasserverluste befürchten liessen. Abb. 16 zeigt das geologische Profil des linken Felsanschlusses, wo die als undurchlässig anzusprechenden Albienschichten die luftseitige Mauerfläche erst etwa 50 m unter dem höchsten Seestand schneiden. Allfällige Durchsickerungen waren also an dieser Stelle zu erwarten. Am rechten Widerlager erschien nur die von undurchlässigen Orbitolinenschichten unterlagerte dreieckförmige Partie des obern Schrattenkalks als gefährdet. Um solche Wasserverluste zu verhindern, ist gleichzeitig mit der Erstellung der Staumauer durch Zementeinpressungen eine Dichtung dieser Felspartien ausgeführt worden. Die geologischen Verhältnisse und die vorgenommenen Dichtungsarbeiten sind in Abb. 17 dargestellt. Die gewählte Lösung besteht darin, dass in den durchlässigen Felspartien mittels der Injektionen eine Dichtungsschürze geschaffen wurde, die sich sorgfältig an die beiden Mauerwiderlager anschliesst. Im Schrährücken sind in Abständen von etwa 10 m 43 vertikale Tief-

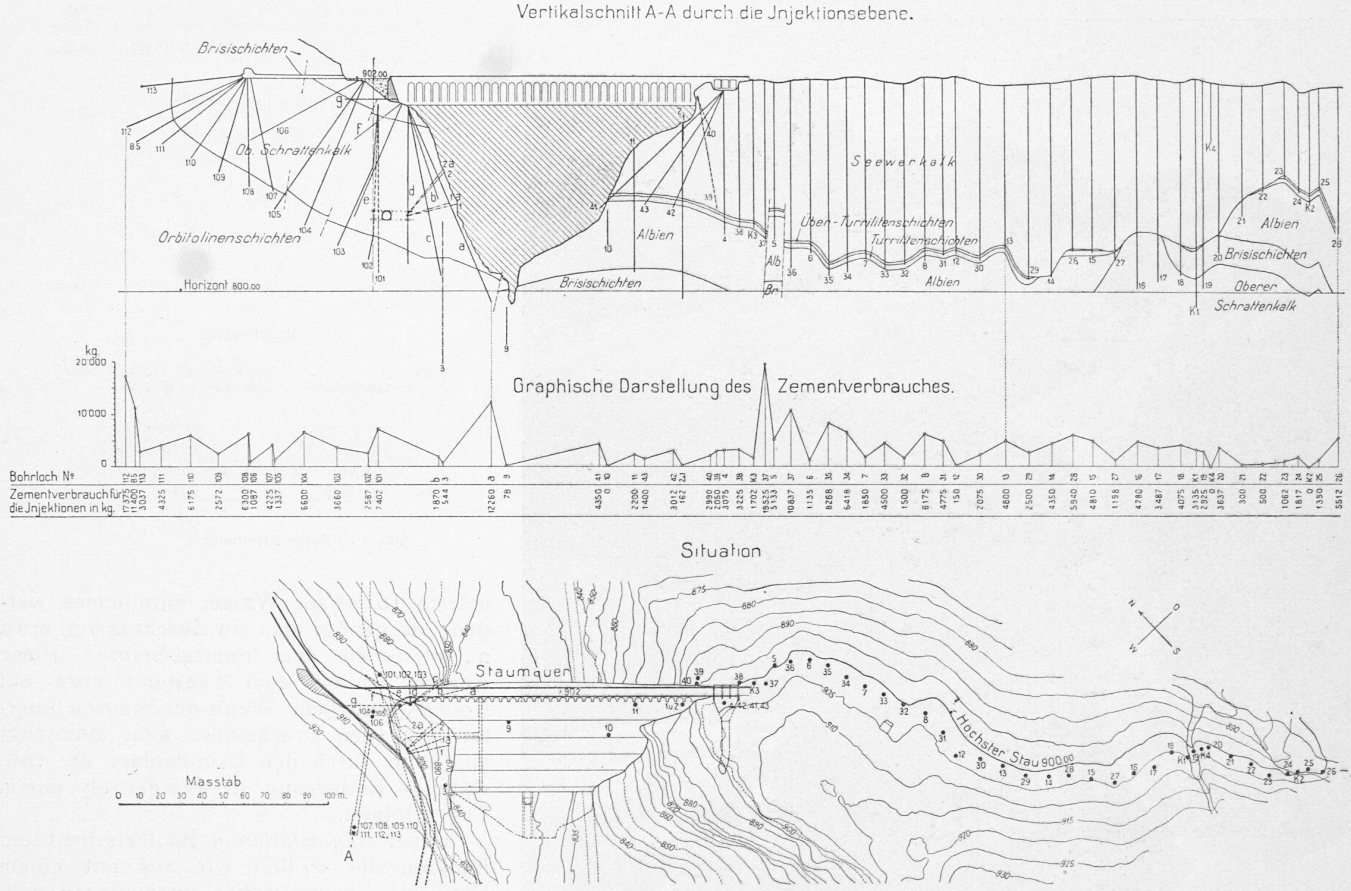


Abb. 17. Beidseits der Staumauer im Schräh ausgeführte Abdichtungsarbeiten, mit Angabe des Zementverbrauchs pro Bohrloch.

bohrungen von 46 mm Durchmesser bis in die wasserdichten Schichten des Albien ausgeführt worden; in diese Bohrlöcher wurde unter einem maximalen Druck von 40 at Zementmilch eingepresst. Die grösste Bohrlochtiefe beträgt 110 m. Diese Abdichtungsebene reicht von der Staumauer bis zu dem etwa 250 m entfernten Schrähbach hinaus.

Für die Dichtung des rechtsseitigen Schrattenkalkdreiecks musste von der Strasse aus ein 50 m langer Stollen erstellt werden, dessen Ende als Bohrkammer ausgeweitet ist. Von dieser Stelle aus sind acht Bohrlöcher fächerförmig durch den Schrattenkalk bis in die Orbitolinenschichten vorgetrieben und ausgepresst worden.

Je nach den Ergebnissen der Bohrungen erfolgten die Injektionen in einzelnen Stufen wechselnder Höhe von oben nach unten. In einer bestimmten Tiefe wurde die Bohrung eingestellt, das Bohrloch zuerst mit Wasser geprüft und hierauf Zementmilch eingepresst, wobei der Druck stufenweise bis auf 40 at gesteigert wurde. Nach der Injektion wurde zunächst der im Bohrloch entstandene

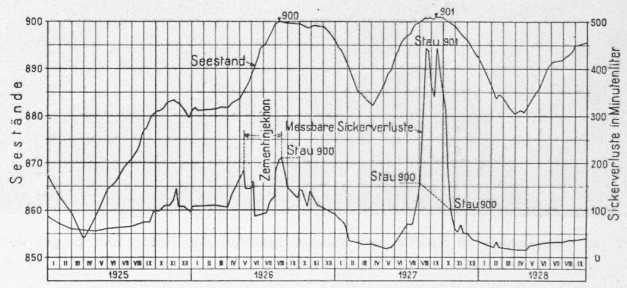


Abb. 18. Beeinflussung der Sickerungen durch die Zementinjektionen.

Zementpfropfen mit einem Schneckenbohrer wieder ausgebohrt und hierauf die Bohrung um eine weitere Druckstufe verlängert. Auf diese Weise war es möglich, die Höhenlage der Verluststellen in den Bohrlöchern ziemlich genau festzustellen. Der durch diese Einpressungen erzielte Erfolg kann deshalb nicht direkt nachgewiesen werden,

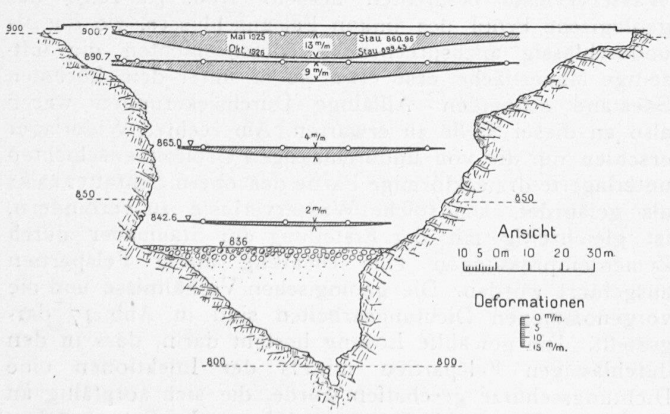


Abb. 19. Deformationen der Staumauer in horizontalen Schnitten.
Max. Verschiebungen bei Stau 899,43 gegenüber Stau 860,96.

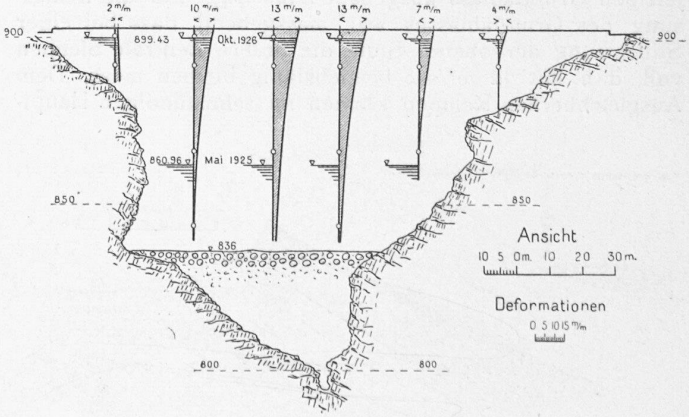


Abb. 20. Deformationen der Staumauer in vertikalen Schnitten.
Max. Verschiebungen bei Stau 899,43 gegenüber Stau 860,96.

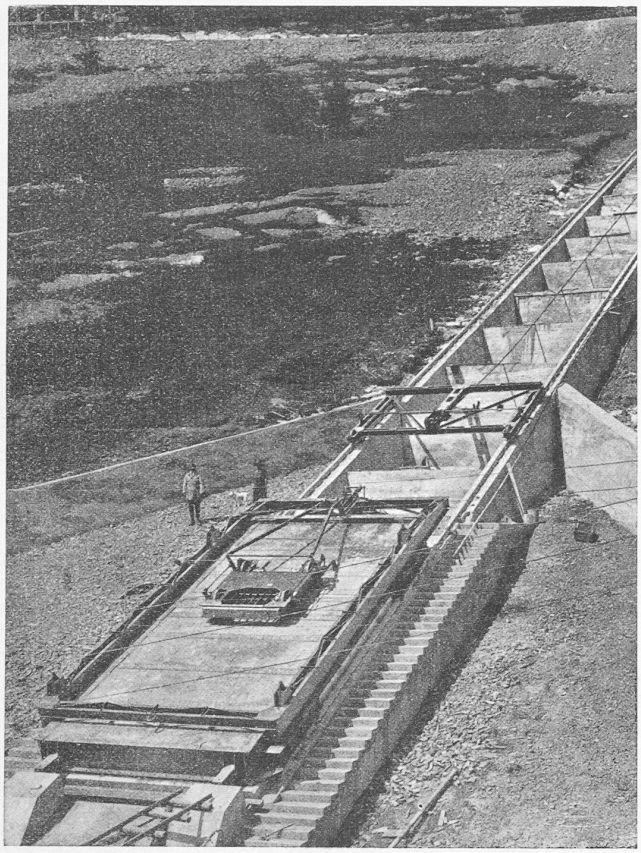


Abb. 22. Abschluss-Schütze mit Hakenwagen (siehe auch Abb. auf S. 236).

weil die Abdichtungen vor der Füllung des Staubeckens ausgeführt worden sind, also bevor überhaupt Wasserverluste durch die Felsanschlüsse eintreten konnten.

In der Staumauer und bei den Felsanschlüssen sind die sämtlichen Durchsickerungen seit Staubeginn fortwährend gemessen worden. Die graphische Darstellung Abb. 18 orientiert über das Mass dieser Durchsickerungen bei wechselndem Seestand. Die Injektionen a bis g haben sich beim ersten Aufstau über Kote 885 als notwendig erwiesen; beim erstmaligen Stau über Kote 900 stiegen die Verluste auf 443 l/min, wobei die Zunahme grösstenteils durch eine Quelle am rechten Mauerwiderlager hervorgerufen ist, die erst bei einem Seestand über 898 anspricht.

Deformationsbeobachtungen. Bereits im Jahre 1921 hat in der Schweiz erstmals die schweizerische Landestopographie, Sektion für Geodäsie, versucht, die beim Füllen des Stausees bei der Staumauer Montsalvens entstehenden Deformationen an verschiedenen Punkten der luftseitigen Mauerfläche trigonometrisch zu erfassen. Für die Staumauern Schräh und Rempen ist die Durchführung dieser Präzisionsmessungen der genannten Sektion übertragen worden. In ihrer neuesten Veröffentlichung[1]) wird gezeigt, wie die Beobachtungsmethoden der Geodäsie, die bei ihr in ständiger Anwendung stehen, praktisch auf die Messung von Deformationen an Bauwerken übertragen werden können. Neben den Messungsergebnissen an den Mauern Rempen und Schräh sind auch jene an den Mauern Montsalvens, Pfaffensprung, Barberine und Les Marécottes aufgeführt und miteinander verglichen. Die in ihrer Folgerichtigkeit bemerkenswerten Beobachtungsergebnisse über die Bewegungen der Mauer im Schräh sind in den Abb. 19 und 20 dargestellt.

Für die *Wasserfassung* waren absolut betriebsichere Einrichtungen zu schaffen, die auch unter 55 m Wasserdruck leicht zu handhaben sein mussten. Die Anordnung ist so getroffen, dass zwei verschieden gestaltete, von einander völlig unabhängige und sich ergänzende Abschlüsse hintereinander geschaltet wurden (Abb. 21).

Die in Eisenbeton erstellte Einlauföffnung ist in der Mitte horizontal durch eine 1 m dicke Zwischenmauer in zwei Oeffnungen von je 4 × 4,5 m Lichtweite unterteilt. Die Einlaufgeschwindigkeit beträgt für die maximale Betriebswassermenge von 30 m³/sec rund 0,90 m/sec und steigt im anschliessenden 15 m langen Uebergangstück auf die maximale Stollengeschwindigkeit von 2,95 m/sec.

Das vordere Abschlussorgan, das nur bei Stollenrevisionen zur Verwendung kommt, ist als fahrbare Flachschütze ausgebildet (Abb. 22), die einen dichten Abschluss sichert und während des Betriebs durch einen ebenfalls fahrbaren Rechen ersetzt wird. Fahrschütze und Feinrechen werden durch einen Transportwagen versetzt, der auf der unter 42 % geneigten Schrägbahn bewegt wird. Durch das Spielen einer selbsttätigen Kupplung wird die Schütze, bezw. der Rechen, gefasst oder abgehängt. Der Transportwagen und das nicht benutzte Abschlussorgan wird in der Felsenkammer versorgt, wo eine Schiebebühne die Querverschiebung von der Geleisebahn weg gestattet.

Bei gefülltem See und leerem Stollen ruht auf der Schützentafel eine Last von rund 2500 t. Die Funktion der verschiedenen Organe ergibt sich aus den schematischen Darstellungen Abb. 23 bis 25. Beim Ablassen stösst die Fahrschütze in der untersten Lage über dem Einlauf gegen einen Prellbock, worauf der Kupplungshaken sich durch

[1]) W. Lang: Deformationsmessungen an Staumauern nach den Methoden der Geodäsie. Verlag der Abt. für Landestopographie, Bern 1929.

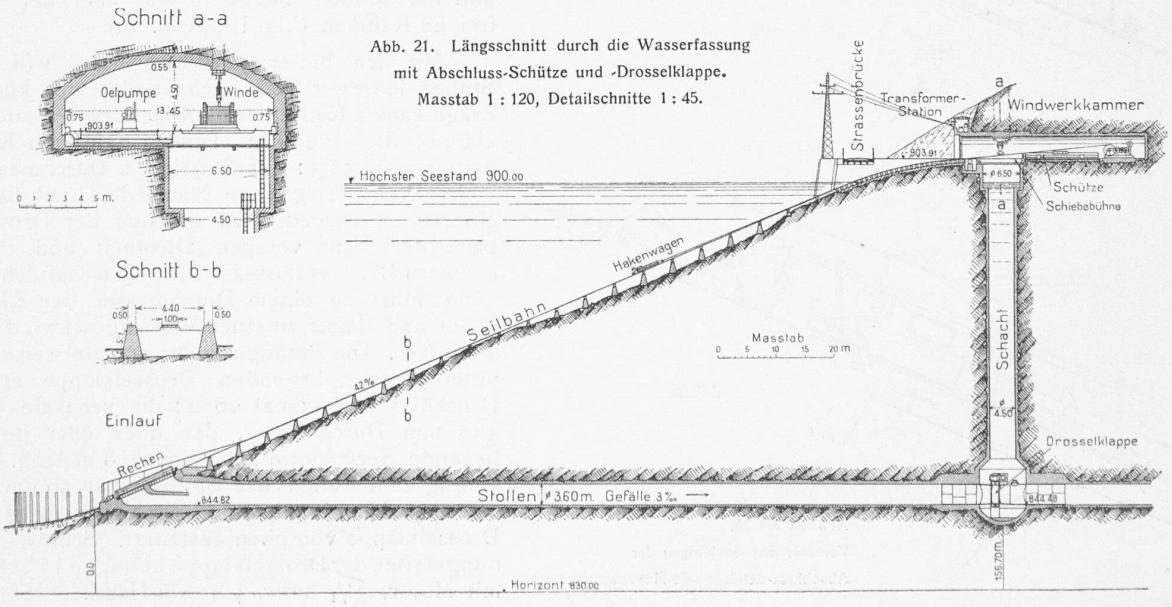
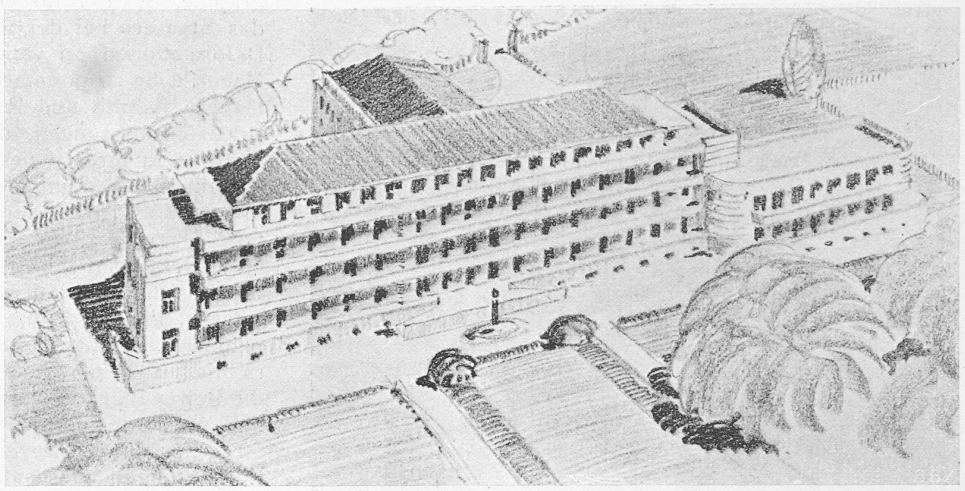


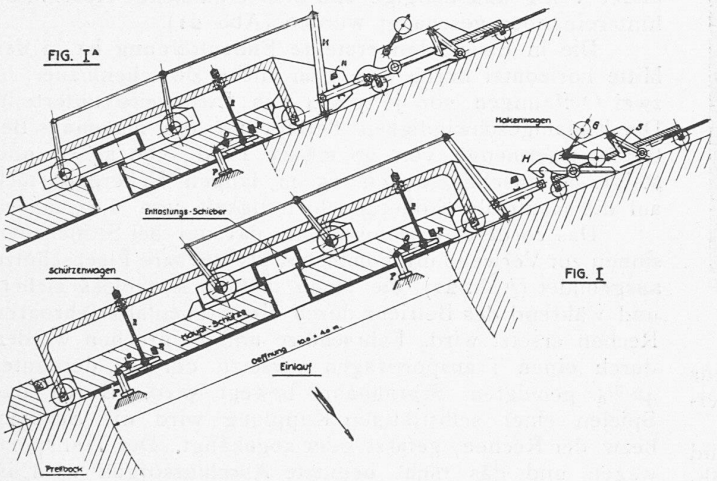
Abb. 21. Längsschnitt durch die Wasserfassung mit Abschluss-Schütze und -Drosselklappe. Masstab 1 : 120, Detailschnitte 1 : 45.

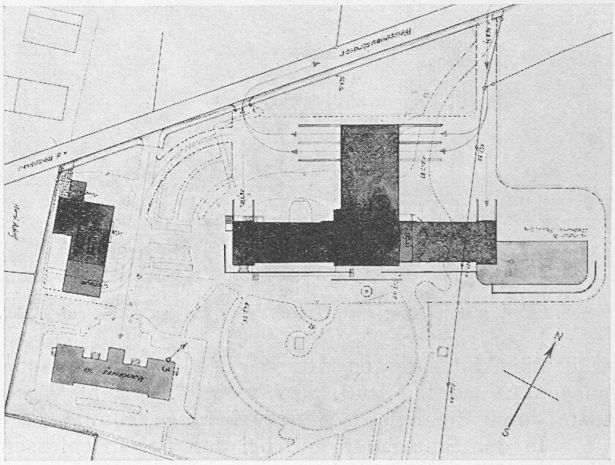
sein Eigengewicht löst und der Hakenwagen mit dem Seil eingezogen werden kann (Fig. I in Abb. 23). Infolge exzentrischer Aufhängung am Fahrgestell legt sich die Schütze beim Schlaffwerden des Zugseiles mit ihrer Gummidichtung auf die glattgeschliffene Granitfläche und bewirkt einen dichten Abschluss. Umgekehrt wird zum Aufziehen der Hakenwagen hinabgelassen; beim Auftreffen auf die Schütze schnappt der Haken ein. Hierauf wird durch das Anziehen des Drahtseiles vorerst ein Entlastungsschieber geöffnet (Fig. Ia in Abb. 23) für das Füllen des Stollenstücks bis zum zweiten (geschlossenen) Abschluss, falls die Füllung des ganzen Stollens nicht mittels der Pumpenanlage vom Ausgleichbecken Rempen her erfolgt. Beim weitern Anziehen wird der Schützenwagen, der die Schütze rahmenartig umfasst, auf seinen vier Rollen bewegt (Fig. II, Abb. 24). Die Relativbewegung des Wagens zur Schütze hebt diese mittels Hebel und Druckfüssen von der Unterlage ab; sobald die Zugstangen vertikal stehen, hört die Relativbewegung auf und die Schütze hängt 30 mm über der Unterlage frei im Rahmen (Fig. III, Abb. 25).

Mit dem hintern Abschlussorgan will man den Stollen jederzeit und rasch abschliessen können. In Frage kamen Keilschieber, Kugelschieber und Drosselklappe; die Angebote ergaben dafür ein Kostenverhältnis von 5 : 3 : 1, bei gleichem Durchmesser. Der kleine Preis, der geringe Platzbedarf und die einfache Montage entschieden zu gunsten der Drosselklappe trotz der nicht völligen Dichtheit und des etwas grössern Druckverlustes. Die Wirtschaftlichkeitsrechnung führt zu einem Durchmesser der Klappe von 3,2 m und damit zu einer Wassergeschwindigkeit von 4,6 m/sec. Die Betätigung der nomalerweise bis 50 m unter Wasser liegenden Drosselklappe erfolgt mit Drucköl von maximal 20 at; die vertikale Welle hat 330 mm Durchmesser, der quer über der Klappe liegende Servomotor ist beinahe 8 m lang. Die Umleitung zum Füllen des Stollens hat 500 mm Durchmesser; der eingebaute Keilschieber wird wie die Drosselklappe von oben gesteuert. Schluss- und Oeffnungszeiten der Drosselklappe betragen 13 bezw. 16 min mit Motor, 3¼ bezw. 4 h von Hand. (Forts. folgt.)

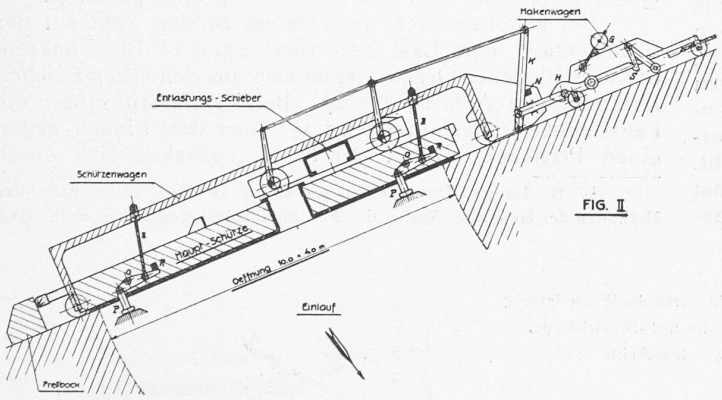


1. Rang (2300 Fr.), Entwurf Nr. 34. — Verfasser Robert Saager, Arch., Biel.





1. Rang, Entwurf Nr. 34. — Lageplan 1 : 2000.



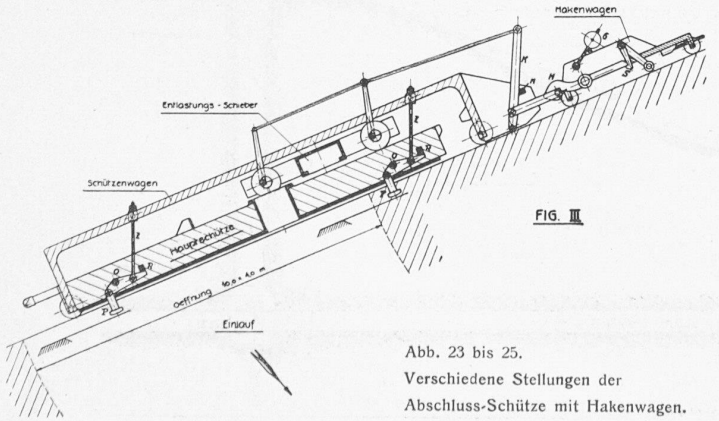


Abb. 23 bis 25.
Verschiedene Stellungen der Abschluss-Schütze mit Hakenwagen.