Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 78 (1960)

Heft: 24

Artikel: Aus der Projektierung für die Kraftwerkgruppe Hinterrhein: die Abschluss- und Entlastungsorgane des Ausgleichbeckens Bärenburg

Autor: Jacobsen, Sidney

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-64906

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: 08.08.2025

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

jeder Etage des Hochhauses ist verfehlt. Die Speiseräume sind nicht überzeugend angelegt. Die vorgeschlagene Shedkonstruktion des Speisesaales ist abzulehnen, um so mehr als auch kein Seitenlicht und kein Ausblick ins Freie vorhanden ist. Die übrigen Räume für die Verwaltung sind annehmbar angelegt. Die Heizung liegt richtig, ist aber zu klein dimensioniert. Die Fassaden sind ansprechend und funktionell richtig ausgebildet, Fensterflächen und Mauerflächen stehen in guter und spannungsreicher Wechselbeziehung zueinander. Die Distanzen der Bauten zur bestehenden Ueberbauung wie auch zum Vierfeldweg sind knapp.

Die etappenweise Durchführung ist ohne weiteres möglich. Hervorzuheben ist die Tatsache, dass schon die erste Bauetappe eine abgeschlossene und schöne Einheit bildet. Die Durchbildung und die Anschlüsse der zweigeschossigen Bauten der zweiten und dritten Bauetappe befriedigen allerdings weniger. Die Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage wird beeinträchtigt durch die Weitläufigkeit. Der umbaute Raum liegt weit über dem Mittel, wobei immerhin zu bemerken ist, dass die erhöhte Wohnfläche hierbei eine wesentliche Rolle spielt. Das Projekt darf in städtebaulicher Hinsicht als glücklichr Vorschlag gewertet werden, insbesondere auch in bezug auf die Lage der Hochhäuser. 63 228 m³.

Aus der Projektierung für die Kraftwerkgruppe Hinterrhein

DK 627. 83

Motor-Columbus AG., Baden

Fortsetzung von Seite 370

Die Abschluss- und Entlastungsorgane des Ausgleichbeckens Bärenburg

Von **Sidney Jacobsen**, dipl. Ing. S. I. A., Baden

II. Die Grundablässe des Ausgleichbeckens Bärenburg

Der rechtsseitige, im Fels ausgesprengte Grundablass und der am Fusse der Staumauer durch diese führende Mauerdurchlass werden im späteren Betrieb sowohl als Spül- wie als Hochwasserentlastungsorgane dienen und leiten während der Bauzeit ausserdem das Flusswasser um. Entsprechend den eingangs erwähnten 1000- bis 100-jährigen Hochwässern wurden die Ableitungsvermögen der beiden Grundablässe auf 490 bzw. 160 m³/s festgesetzt.

A. Der Grundablass

Aus den Bildern 1 bis 3 (Seite 365) ist die Anordnung des Grundablasses ersichtlich, Bilder 11 und 12 zeigen ihn in grösserem Masstab.

1. Panzerung

Der als Grundablass dienende Umleitstollen ist 90 m lang und weist einen hufeisenförmigen Ausbruchquerschnitt von 6,25 m l. Höhe und 6,70 m l. Breite auf. Die aussergewöhnlichen Dimensionen zwangen zu einer Teilung des Durchlass in zwei Stränge vor und hinter den Schützen. Die Panzerung erstreckt sich über 25 m Stollenlänge; sie beginnt mit einem ellipsenförmigen Durchflussquerschnitt mit den Halbaxen 3350 und 3133 mm, verjüngt sich dann und geht vor dem Kopf des Zwischenpfeilers in ein Rechteck von 5,60 · 4,10 m Querschnitt über. Die Blechdicke der Panzerung beträgt durchwegs 12 mm im Druckteil und 10 mm im Auslaufstück. Aussteifungsrippen sind im Abstand von 500 mm angeordnet. Die ebenen Teile der Panzerung sind mittels Schlaudern an den Rippen gegen Einbeulen zusätzlich gesichert. Die Dimensionierung erfolgte für einen Aussendruck entsprechend der Geschwindigkeitshöhe des Wassers an der betreffenden Stelle, und zwar für eine Wassermenge von 490 m³/s. Selbstverständlich wird angenommen, dass der Dichtungsschleier im Fels und die Kontaktinjektionen zwischen Panzerung und Beton den Aufbau eines Aussendruckes verhindern werden.

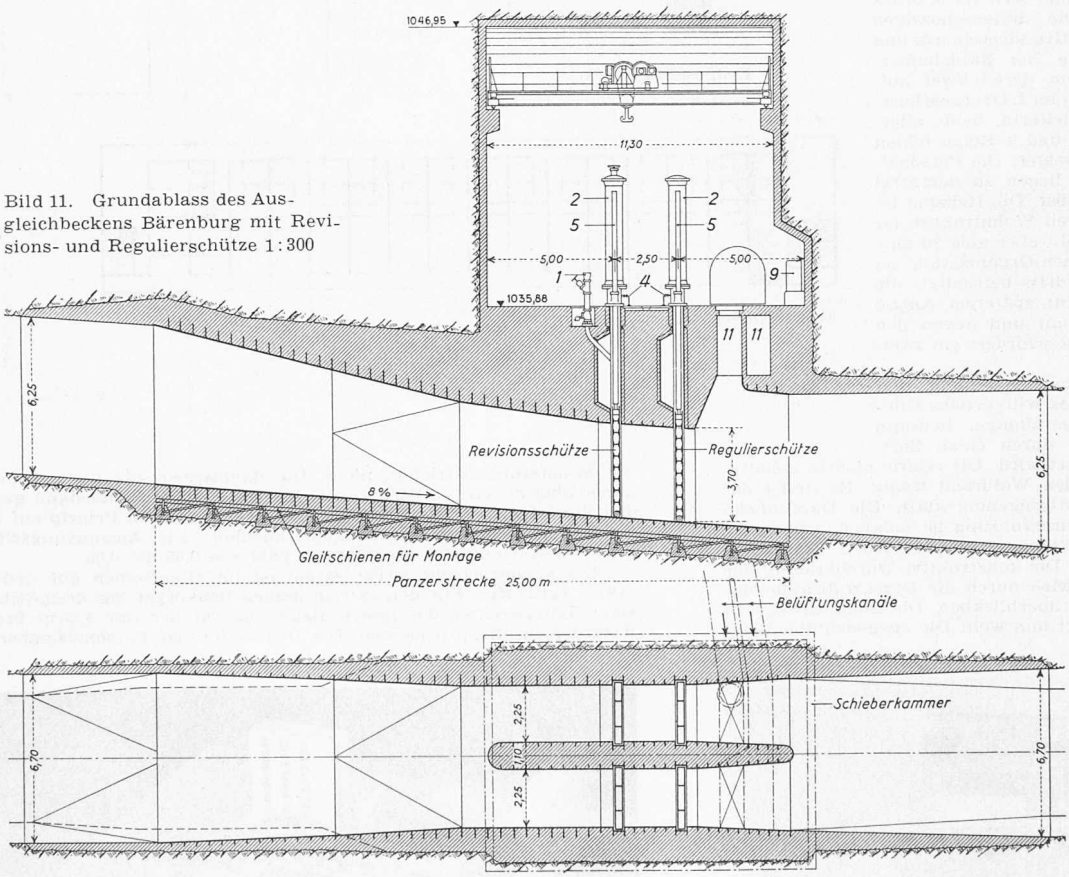


Bild 11. Grundablass des Ausgleichbeckens Bärenburg mit Revisions- und Regulierschütze 1:300

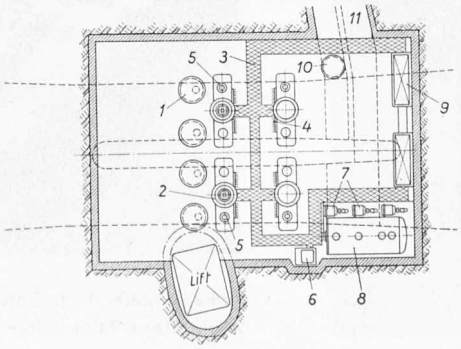


Bild 12 (rechts). Grundriss der Schieberkammer

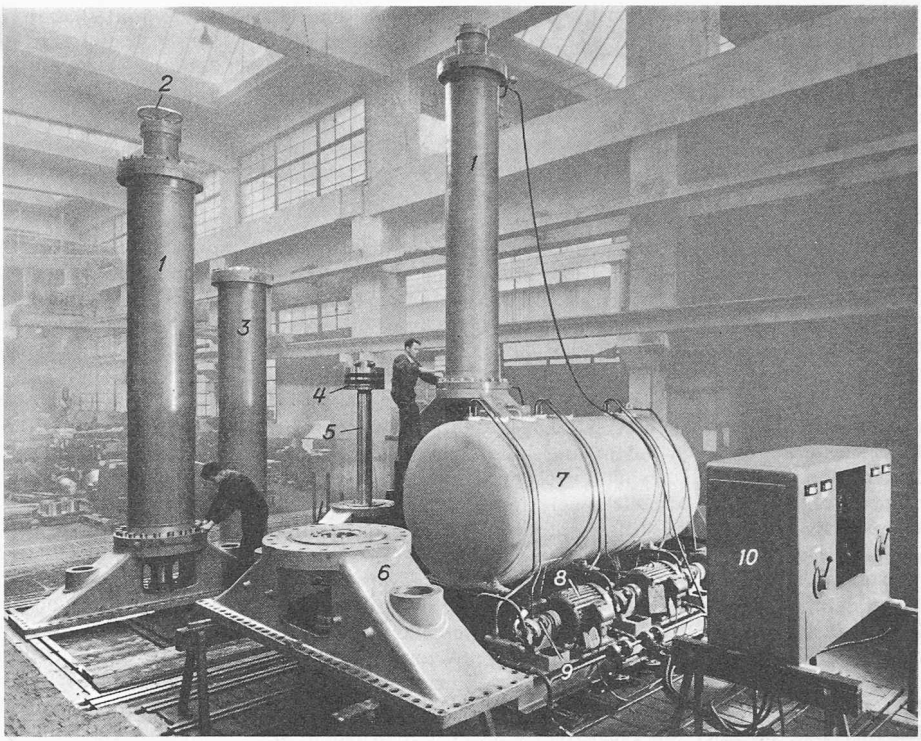
1 Schlackenschleuse
2 Antriebspresse
3 Leitungskannal
4 Verteilventile für die Schmierung der Gleitschienen
5 Stellungsanzeiger
6 Sickerölgrube
7 Antriebsaggregate
8 Oelbehälter
9 Steuerschränke
10 Einstiegöffnung
11 Belüftungskanäle

2. Schützentafeln

Die vier Tafeln der Regulier- und Revisionsschützen sind genau

Bild 14. Antriebsorgane der Grundablassschützen, Werkaufnahme in Klus

1 Oelpresszylinder der Revisionsschützen
2 Handrad zur Verriegelung
3 Oelpresszylinder einer Regulierschütze
4 Oelpresskolben
5 Kolbenstange
6 Pressenuntersatz
7 Oelbehälter
8 Pumpenmotor
9 Hydro-Titan-Pumpe
10 Steuerschrank



gleich ausgebildet. Eine Tafel schliesst eine lichte Durchflussöffnung von 2,25 · 3,70 m ab und widersteht bei Normalstau einem Wasserdruck von 465 t. Die Tragkonstruktion besteht aus I DIN-Trägern mit einem 18 mm dicken Staublech. Aus Rostschutzgründen ist die Tafel durch rückseitig zwischen den Trägerflanschen eingeschweisste Bleche zu einem geschlossenen Hohlkörper ausgebildet. Die Schneide ist aus einem Rundstahl ⌀ 310 mm gefräst und erhielt ihre eigentümliche Form nach eingehenden wasserbaulichen Modellversuchen der Lieferfirma. Die seitlichen Schienen aus gezogener Bronze gleiten auf Stahlschienen mit Hochdruckschmierung. Acht Schmierstellen pro Schützenseite können durch nach oben geführte Leitungen mit der Fettpresse verbunden werden. Die Schützenschneide dichtet gegen eine auswechselbare Sohlenplatte.

3. Der Antrieb

Der hydraulische Antrieb setzt sich aus Pressen, Pumpengruppen und Steuerschrank zusammen. Die Pressen sind für eine Hubkraft von 250 t bemessen. Bei Abzug des Schützengewichtes und der Wasserauflast entspricht dies einem Reibungskoeffizienten von $\mu = 0{,}42$. Bild 13 zeigt einen Schnitt durch einen Pressenzylinder. Die Zylinder sind aus SM-Stahl St. 42 nahtlos gepresst und gewalzt. Die ebenfalls nahtlosen Flanschen sind angeschweisst. Bei einem Innendurchmesser von 620 mm und 100 atü Betriebsdruck beträgt die Wanddicke 45 mm. Damit die normalerweise gehobenen Revisionsschützen infolge Oelverlusten nicht selbsttätig schliessen, sind im Deckel ihrer Zylinder mechanische Verriegelungen angeordnet, die für 110 atü Druck auf der Senkseite des Kolbens ausgelegt sind. Die vier Oelpressen sind im übrigen genau gleich. Die toraxierten (galvanisch vernickelten) Kolbenstangen von 230 mm ⌀ dichten sowohl gegen den Oel- wie gegen den Wasserdruck mittels je einer Betriebs- und einer Revisionsdichtung. Eine Dichtung besteht aus fünf V-förmigen Kunststoffringen, die gegeneinander gepresst werden. Um das Auswechseln zu ermöglichen, sind die Ringe auf Gehrung durchgeschnitten und gegeneinander versetzt. Durch ein Ventil kann die Betriebsdichtung entlastet und durch eine Aussparung im Pressenstuhl ausgewechselt werden. Die totale Höhe von Zylinder und Pressenstuhl beträgt 5065 mm.

Jedem Durchlasstrang ist eine Pumpengruppe, Bild 14, zum wechselweisen Antrieb von Regulier- oder Revisionsschütze zugeordnet. Eine dritte Pumpengruppe ist als Reserve vorgesehen. Die Hydro-Titan-Axialmehrkolbenpumpe ist direkt mit der Welle des Drehstrommotors von 22 PS gekuppelt.

Das Tableau des Steuerschrankes enthält Druckknopfschaltungen zum Ein- und Ausschalten jedes Motors, Hebel zur Betätigung der Steuerventile sowie Manometer zum Ablesen des Betriebsdruckes. Zwischen Pumpe und Zylinder sind jeweils zwei Ueberdruckventile eingeschaltet, die beim Heben bei 110 atü und beim Senken bei 75 atü ansprechen. Der Oelbehälter hat ein Fassungsvermögen von 5000 l.

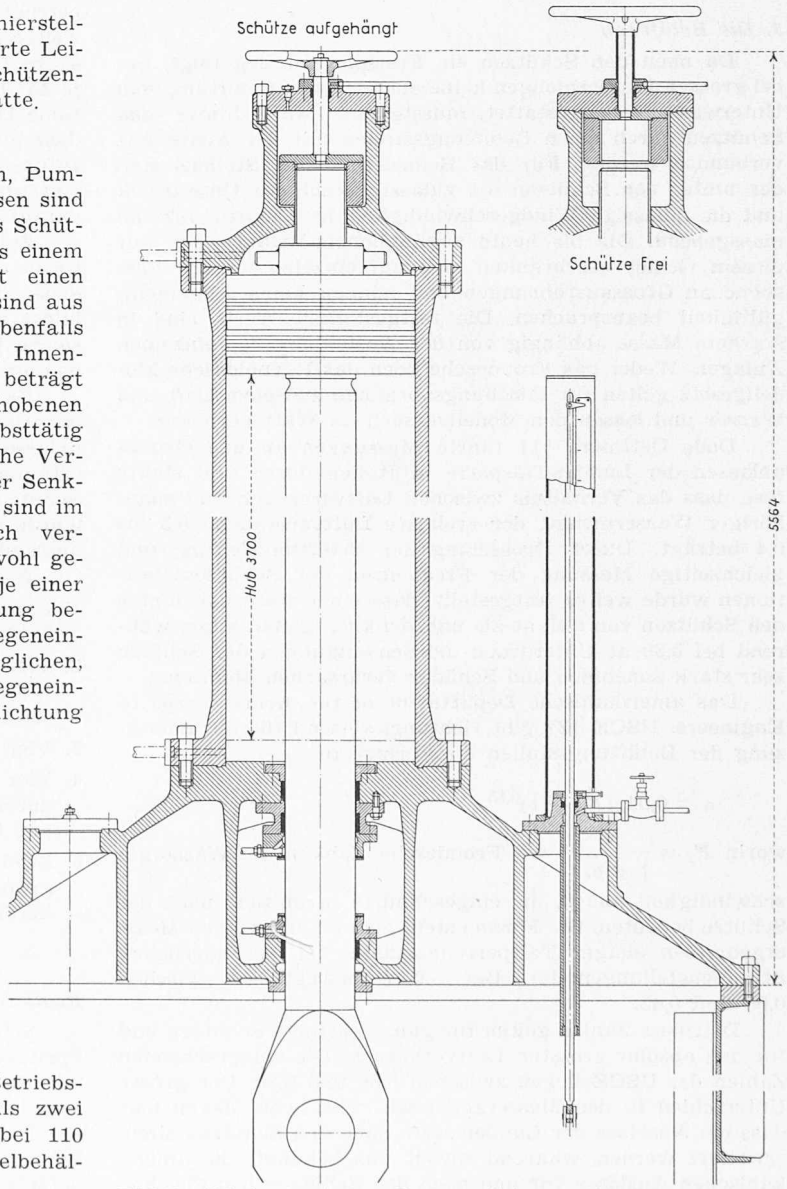


Bild 13. Schnitt durch einen Pressenzylinder, 1:25

Zur mechanischen Ausrüstung gehören noch die vier Schlackenschleusen der Revisionsschützen. Um Verstopfungen zu vermeiden, wurde eine Durchgangsöffnung von 150 mm ϕ gewählt. Jede Schütze ist mit einer Hubanzeigevorrichtung ausgerüstet. Die Anzeigestange dringt seitlich des Zylinders durch den Pressenstuhl und wird gegen den Wasserdruck mittels Stopfbüchse abgedichtet.

4. Montage

Die grossen Durchmesser der Panzerung kamen als 2 m breite Viertelschalen auf die Baustelle, der zweisträngige Teil als Kästen. Das schwerste Montagestück stellte die Schütze mit 8,5 t dar. Die einzelnen Teile wurden mittels Winde durch den ausgebrochenen Liftschacht direkt in die Grundablasskammer abgesenkt, mit dem Laufkran der Kammer auf den darunterliegenden Stollenboden weiterbefördert und hier zusammengeschweisst. Die gesamte fertiggestellte Panzerung wurde nach jedem angebauten neuen Schuss auf Gleitschienen stollenaufwärts geschoben. Als Gleitmittel diente Schmierseife. Mittels zwei Umlenkrollen konnte der Kammerkran auch für diese Manipulation herangezogen werden. Der erste Betoniervorgang umfasste den ganzen oberwasserseitig der Schützen liegenden Teil der Panzerung. Nach dem Abbinden wurden die Schützenführungen und das Zwischenstück endgültig gerichtet, verschweisst und einbetoniert. So erreichte man ein Minimum an Deformation dieser wichtigsten Teile. Löcher von 180 mm ϕ im Boden der Panzerung erleichterten das Einbringen und Vibrieren des Betons. Die nachher eingeschweissten Deckel wurden mit Injektionslöchern versehen.

5. Die Belüftung

Da nach den Schützen ein Freispiegelstollen folgt, der bei grossen Wassermengen keine ausreichende Belüftung vom Unterwasser her gestattet, musste der Raum hinter den Schützen durch einen Belüftungsstollen mit der Aussenluft verbunden werden. Für das Bemessen dieses Stollens sind der hinter den Schützen als zulässig erachtete Unterdruck und die zulässige Windgeschwindigkeit im Belüftungskanal massgebend. Die bis heute zugänglichen Erfahrungen auf diesem Gebiet beschränken sich auf einzelne wenige Versuche an Grossausführungen und können keine Allgemeingültigkeit beanspruchen. Die festgestellten Werte sind in starkem Masse abhängig von der Ausbildung der einzelnen Anlagen. Weder das Froudesche noch das Reynoldssche Modellgesetz gelten für Mischungsvorgänge zwischen Luft und Wasser und lassen den Modellversuch an Wert verlieren.

Dode Dettmers [1] führte Messungen an den Grundablässen der Lumiei-Talsperre in Italien durch und stellte fest, dass das Verhältnis zwischen Luftverbrauch und zugehöriger Wassermenge, der «relative Luftverbrauch» 0,3 bis 0,4 beträgt. Durch Drosselung der Belüftungsleitung und gleichzeitige Messung der Frequenzen der Schützenvibrationen wurde weiter festgestellt, dass ein Unterdruck hinter den Schützen von 0,10 at als unbedenklich gelten kann, während bei 0,30 at Unterdruck die Schwingungen der Schütze sehr stark zunehmen und Schäden verursachen könnten.

Das amerikanische Department of the Army, Corps of Engineers, USCE [2] gibt richtungsweisend für die Bemessung der Belüftungsstollen die Formel an

$$\alpha = 0{,}04 \ (F_1 - 1)^{0{,}85}$$

worin $F_1 = \frac{v}{\sqrt{g\, y_e}}$, die Froudesche Zahl, v die Wassergeschwindigkeit und y_e die eingeschnürte Strahltiefe nach der Schütze bedeuten. Die Formel stellt eine Hüllkurve von Messergebnissen einiger Talsperrenauslässe bei veränderlichen Schützenstellungen dar. Der α-Wert bewegt sich zwischen 0,06 und 0,45.

Dettmers Zahlen gelten für ganz geöffnete Schützen und für den absolut grössten Luftverbrauch. Die entsprechenden Zahlen der USCE liegen zwischen 0,06 und 0,20. Der grosse Unterschied in den Messergebnissen rührt wohl davon her, dass die Auslässe der Lumieisperre nach den Schützen stark erweitert werden, während soweit uns bekannt, die amerikanischen Auslässe vor und nach den Schützen den gleichen Querschnitt haben. Dies erklärt auch, warum die Amerikaner den grössten Luftverbrauch bei um 70 bis 80 % geöffneter Schütze feststellten und bei weiterer Oeffnung die Saugwirkung verschwand.

Bei den Abnahmeversuchen für den Grundablass der Staumauer Mauvoisin [3] wurden bei einem Schützenhub von 40 cm (Schützenquerschnitt 1,80 × 2,95 m) und einem Wasserdurchfluss von 31 m³/s ein Luftverbrauch von 140 m³/s festgestellt, was $\alpha = 4{,}5$ entspricht. Die Messungen an der Lumiei- und Norfolk-Talsperre zeigen beide, dass bei kleinerer Schützenöffnung α ein Maximum erreicht, um dann wieder abzusinken und bei grosser Oeffnung den absoluten Höchstwert zu erreichen. Das Maximum bei kleiner Oeffnung ist aus dem Versprühen des Strahles zu erklären. Es ist somit wahrscheinlich, dass sich auch bei Mauvoisin der absolut grösste Luftverbrauch bei grosser Schützenöffnung einstellt. Da die maximale Wassermenge 140 m³/s beträgt, ist anzunehmen, dass α den Wert 1,0 übersteigen wird. Grössere Wassermengen konnten wegen Ueberschwemmungsgefahr nicht abgegeben werden. Schon bei 40 cm Hub wurde ein Unterdruck von 0,25 atü hinter der Schütze gemessen, ohne dass sich irgendwelche Nachteile gezeigt hätten. Die oben erwähnten, stark abweichenden Versuchsergebnisse zeigen deutlich, mit welcher Unsicherheit die Bemessung der Belüftungsanlagen gegenwärtig behaftet ist, so dass der Wunsch besteht, diese Frage an möglichst vielen Ausführungsbeispielen zu überprüfen.

Bei der Beurteilung der Belüftungsanlage des Grundablasses Bärenburg wurde angenommen, dass die grösste Luftmenge gleich der Wassermenge sein kann, also 490 m³/s beträgt. Die Messungen von Mauvoisin zeigen, dass dies ohne weiteres möglich ist. Mit einem Luftkanal in Bärenburg von 42 m Länge, 4,2 m² Querschnitt und zwei Krümmern von je 45° berechnet sich ein Druckabfall von 0,16 at, was nach Dode Dettmers Kriterium ungefährlich ist. Interessant ist, dass auch bei der Norfolksperre eine Drosselung der Luftzufuhr und der hiermit verbundene Druckabfall auf 0,32 at Unterdruck derartige Schwingungen erzeugten, dass man darauf verzichten musste, weiter zu drosseln.

Zur Abklärung der Belüftungsfrage führte die Lieferfirma der Grundablass-Schützen Modellversuche durch, bei denen die Wassergeschwindigkeiten im Masstab 1:1 nachgebildet wurden. Nach Fertigstellung der Staumauer sollen solche Belüftungsmessungen am Objekt selbst wiederholt werden.

Es sei noch an dieser Stelle vermerkt, dass die wohl wichtigste Einflussgrösse für die Saugwirkung eines Grundablasses, das Mass der Erweiterung zwischen Durchflussöffnung unter der Schütze und Stollenquerschnitt nach der Schütze, in den bisherigen Veröffentlichungen nicht erfasst wurde und sicher zur Streuung der Versuchsergebnisse beigetragen hat.

Die Liefergewichte der Anlage betragen:

1. Panzerung einschliesslich Montagegerüst und Schlaudern	114,5 t
2. Vier Schützen (2,25 · 3,70 m lichter Oeffnung, Wasserdruck 52,7 m, Hubkraft 250 t, Hubgeschwindigkeit 30 cm/min)	36,0 t
3. Vier Schützenführungen	41,0 t
4. Vier Oelpressen (Hubhöhe 3,70 m, Kolbendurchmesser 610 mm, Betriebsdruck 100 at) mit Untersätzen	46,0 t
5. Zwei Steuerschränke einschliesslich Pumpengruppen, Oelbehälter, Schlackenschleusen, Sikkerölgrube, Oelleitungen usw.	7,5 t
Totalgewicht	245,0 t

Rostschutzbehandlung

Schützen und Panzerung: Sandstrahlreinigung, 0,2 mm Spritzverzinkung mit 0,02 mm Minustoleranz, vier Anstriche mit Imerit-Bitumen GLM/GLMA mit Aluminiumpulverzusatz.

Die Schützen wurden im Werk rostschutzbehandelt, die Panzerung nach Montage auf der Baustelle. Die Anlage lieferte und montierte die Gesellschaft der Ludwig von Roll'-

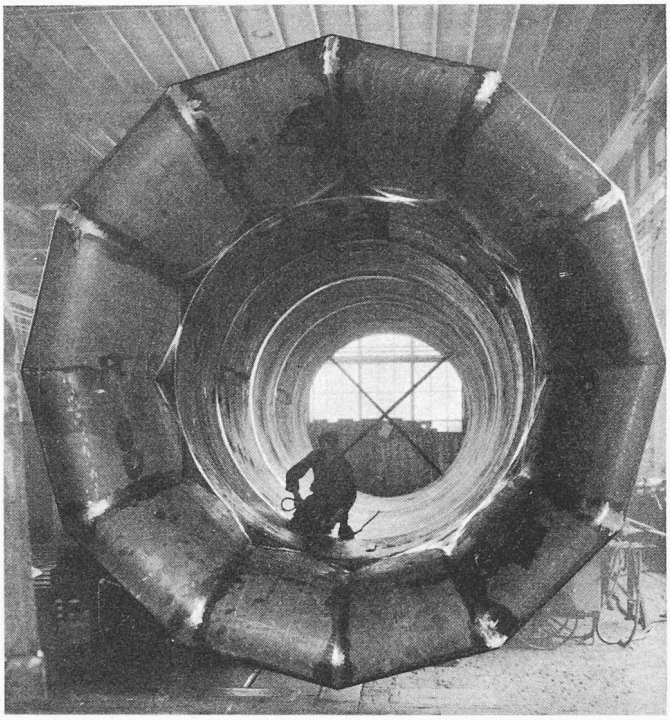


Bild 16. Einlauftrompete zum Mauerdurchlass

schen Eisenwerke AG., Werke Bern und Klus, mit AG. Louis Giroud, Olten, als Unterlieferant für die Stahlkonstruktionen.

B. Der Mauerdurchlass

Der Mauerdurchlass durchdringt die Staumauer Bärenburg an ihrer tiefsten Stelle direkt über dem Talboden. Ein in die Mauer einbetoniertes, kreisrundes Stahlrohr von 2,70 m Durchmesser und 40 m Länge wird an der Luftseite der Mauer durch zwei Gleitschützen mit Antrieb durch Drucköl abgeschlossen, Bild 15. Die Einlauftrompete von zwölfeckigem Querschnitt erhielt eine elliptische Form mit den Halbaxen 1350 und 400 mm, Bild 16. Vor der Revisionsschütze ist ein Uebergangsstück von 5,0 m Länge eingeschaltet. Ein Luftrohr von 800 mm Durchmesser belüftet direkt die Oberfläche des hinter der Regulierschütze ausschiessenden Wasserstrahles. Das Luftrohr weitet sich an seinem Ende auf die Schützenbreite aus, so dass eine gleichmässige Belüftung der ganzen Strahlbreite gewährleistet ist. Die Schützenantriebe unterscheiden sich nur in Grösse und Leistung von denen der Grundablass-Schützen.

Die Abgabe von Dotierwasser in das Flussbett bildete bei der Projektierung ein besonderes Problem. Die interessierten Kreise behielten sich vor, erst nach Inbetriebsetzung der Kraftwerke durch Versuche die erforderlichen Dotierwassermengen festzulegen. Da die Lieferfirma der Anlage erst für grössere Durchflussmengen als 3 m^3/s eine vibrationsfreie Unterströmung der Schütze sicher garantieren konnte, musste eine besondere Dotieranlage vorgesehen werden.

Als Regulierorgan wirkt ein vertikal angeordneter Zylinderschieber (Kegelstrahlschieber) von 500 mm NW, der durch ein im Boden der Schützenkammer einbetoniertes Stahlrohr mit dem Raum zwischen den Schützen verbunden ist und das Wasser über einen zum Schieber gehörenden Energievernichter in ein Beruhigungsbecken mit Messüberfall abgibt. Durch diese Anordnung dient die Revisionsschütze zugleich als Revisionsorgan für die Dotieranlage. Der Zylinderschieber wird durch einen Elektroantrieb über eine in der Strömung im Innern des Stahlrohres verlegte Antriebsstange vom Messüberfall aus selbsttätig reguliert und ist für eine maximale Wassermenge von 3,8 m^3/s dimensioniert. Grössere Wassermengen müssten durch den Mauerdurchlass selbst abgegeben werden. Man hat sich die Möglichkeit vorbehalten, später eine Maschinengruppe zur Ausnützung des

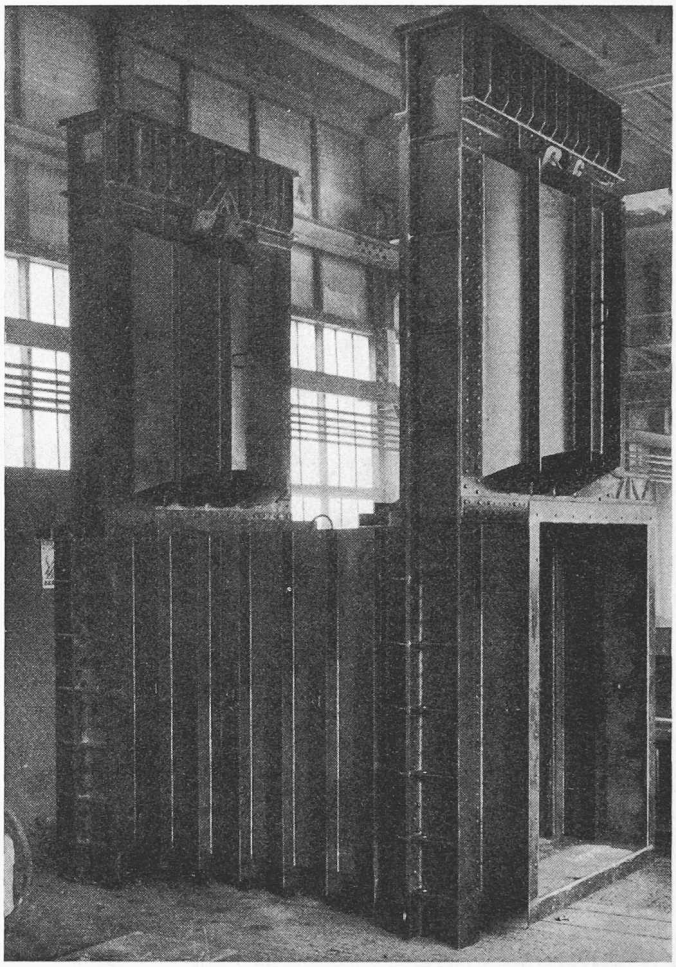


Bild 15. Mauerdurchlass des Ausgleichbeckens Bärenburg. Schützenführungen (Werkaufnahme)

Dotierwassers aufzustellen; der dazu nötige Platz ist in der Schützenkammer freigehalten.

Die Liefergewichte der Anlage betragen:

1. Panzerung einschliesslich Belüftungsrohr, Montagegerüst und Schlaudern	48,3 t
2. Zwei Schützen von je 2,0 · 2,70 m lichter Oeffnung, Wasserdruck 55,0 m, Hubkraft 160 t, Hubgeschwindigkeit 24 cm/min	11,9 t
3. Schützenführungen	13,7 t
4. Zwei Oelpressen mit Untersätzen, Hubhöhe 2,70 m, Kolbendurchmesser 480 mm, Betriebsdruck 100 atü	9,3 t
5. Zwei Steuerschränke einschliesslich Pumpengruppen, Oelbehälter, Schlackenschleusen, Sickerölgrube, Oelleitungen usw.	4,6 t
6. Zuleitungsrohr zum Zylinderschieber	1,9 t
7. 1 Zylinderschieber, 500 NW, einschl. Energievernichter und Zulaufrohre	5,8 t
Totalgewicht	95,5 t

Die Anlage lieferte die Gesellschaft der Ludwig von Roll'schen Eisenwerke AG., Werke Bern und Klus, mit AG. Louis Giroud, Olten, als Unterlieferant für die Stahlkonstruktionen.

III. Die Einlaufschütze zum Druckstollen Bärenburg—Sils

Der rd. 13 km lange Druckstollen Bärenburg—Sils der untersten Stufe der Kraftwerke Hinterrhein führt vom Ausgleichbecken Bärenburg (Stauziel 1080 m) nach der Apparatekammer Viaplana, an die ein Druckschacht mit 55 % Gefälle zum Kraftwerk Sils (Kote 665,0) anschliesst. Der Druckstollen hat einen kreisrunden Querschnitt mit einem Durchmesser von 5,40 m und ist für eine maximale Wasser-

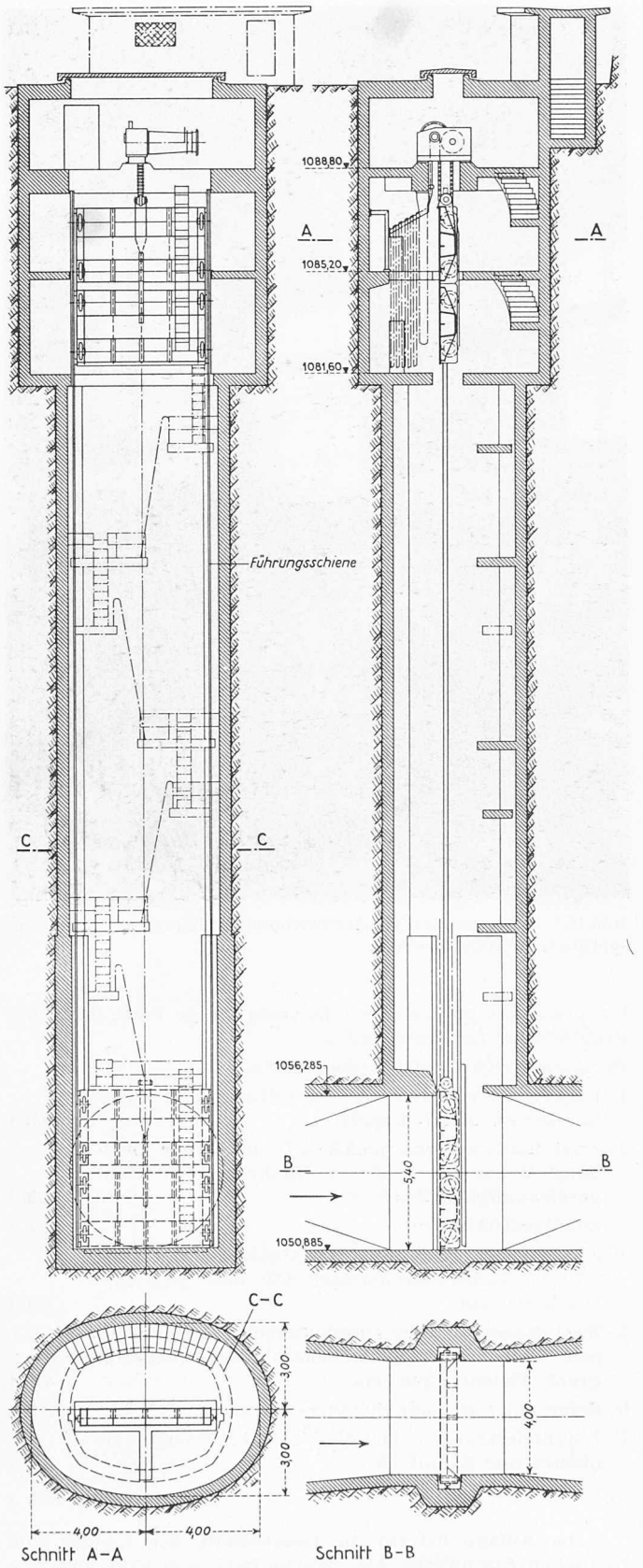


Bild 18. Schützenschacht mit Schütze und Antriebswinde, 1:250

menge von 73 m³/s ausgebaut. Um Revisionen und Inspektionen im Stollen zu ermöglichen, ohne den Spiegel im Ausgleichbecken Bärenburg tief absenken und so auch die mittlere Stufe ausser Betrieb setzen zu müssen, war ein Abschlussorgan am Einlauf notwendig.

A. Wahl der Schütze

Das Abschlussorgan konnte entweder vor die Oeffnung gesetzt oder im Felsinnern angeordnet werden. Von der ur-

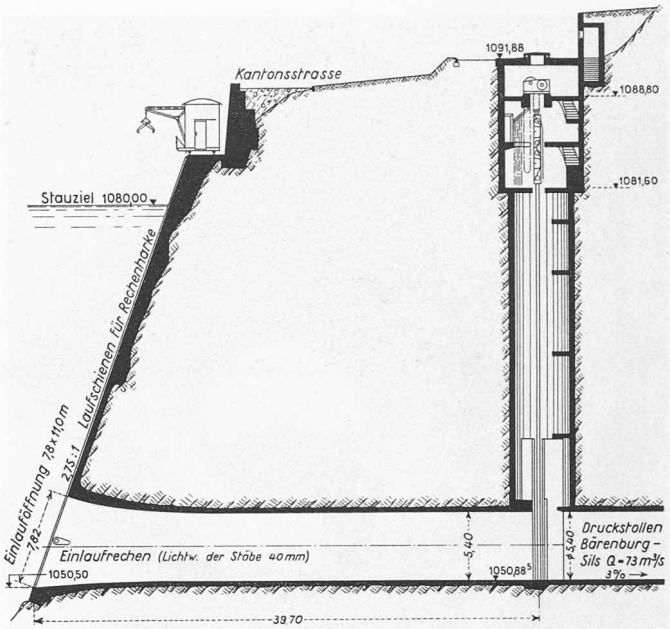


Bild 17. Einlauf zum Druckstollen Bärenburg-Sils, mit Anordnung der Schütze 1:600

sprünglich vorgesehenen, einschwimmbaren Schütze mit Pressluftantrieb wurde abgesehen, weil befürchtete Schwierigkeiten beim Betrieb mangels Erfahrungen nicht widerlegt werden konnten. Andere Arten von Schützen- und Dammbalken mit konventionellem Antrieb zum Einsetzen vor die Oeffnung wären wegen den grossen Abmessungen des Einlaufes (11,0 m Breite, 7,80 m Höhe) zu schwerfällig geworden, was sich kostenmässig, besonders hinsichtlich der Antriebe, ungünstig ausgewirkt hätte. Zudem wäre der Einsatz des Abschlussorganes als Notverschluss bei strömendem Wasser wegen der Sogkräfte nur bei einer wesentlichen Vergrösserung des Antriebes möglich gewesen.

Der schliesslich gewählten Lösung mit einer Schütze im Nasschacht stand noch die in einer Kammer angeordnete Gleitschütze mit Antrieb durch Drucköl gegenüber. Neben den hohen Kosten sprechen aber gegen diese Ausführung erschwerte Zugänglichkeit und Revisionsmöglichkeit der Schütze. Eine totale Revision könnte nur stattfinden, wenn die beiden, an das Becken Bärenburg anschliessenden Kraftwerke ausser Betrieb gesetzt würden.

B. Beschreibung der gewählten Schützenkonstruktion

Etwa 40 m hinter dem Einlaufrechen, Bild 17, verbindet der 25 m hohe Schützenschacht den Druckstollen mit der über dem Stauziel liegenden Windenkammer. Sowohl der Schacht wie die Kammer sind im Fels ausgebrochen. Der Schachtquerschnitt ist ellipsenförmig mit den Halbaxen 2,70 m und 2,10 m. Die Schütze schliesst eine Oeffnung von 4,0 m lichter Breite und 5,40 m lichter Höhe ab. Vor und hinter der Abschlussstelle ist der Uebergang zum Kreisquerschnitt in Beton hergestellt.

Die Schütze, Bilder 18 und 19, ist im Schacht seeseitig angeordnet, was den Zugang zu ihrer Hinterseite in geschlossener Stellung erlaubt. Da sich der Verschlusskörper auf der Luftseite befindet, ist bei dieser Anordnung keine Erhöhung der Hubkraft beim Bewegen der Schütze im strömenden Wasser zu erwarten, wie dies bei talseitiger Anordnung der Fall wäre.

Der Einbau eines Antriebs mit Drucköl fiel nicht in Betracht, da die Aufhängung mittels auswechselbarem Gestänge ein umständliches, zeitraubendes Versetzen der Schütze bedingt hätte. Die Anordnung der Oelpresse direkt über der Abschlussöffnung musste aufgegeben werden, weil der Kugellagerlieferant in diesem Fall jegliche Garantie für die Dichtheit der Lager ablehnte.

Die zur Ausführung gelangende Konstruktion mittels Kettenaufhängung gestattet die Schütze über dem Stauspiegel hochzuziehen und sie so jederzeit kontrollieren zu

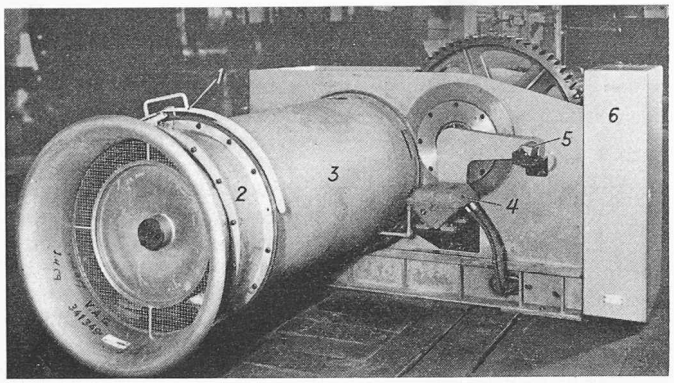


Bild 20. Kettenwindwerk zur Einlaufschütze (Werkaufnahme)

1 Entriegelung für Schnellsenken
2 Ventilator
3 Luftrohr. im Innern derAntriebsmotor
4 Spindel-Endschalter
5 Schützstellungs-Zählwerk
6 Steuerkasten

können. Trotz des langen Senkweges der Schütze kann die Oeffnung bei Stromausfall innert 10 Minuten abgeschlossen werden. Normalerweise beträgt die Senkzeit 20 Minuten.

Um die Wasserlast auf die acht Räder möglichst gleichmässig zu verteilen, wurde die Schütze in zwei gleich grosse Tafeln geteilt, die durch einen waagrechten Staublechstoss verbunden sind. Auf der Hinterseite sorgt eine in der Mitte angeordnete Lasche für die Kraftübertragung. Das Haupttragelement jeder Schützentafel bildet ein luftdicht geschlossener, trapezförmiger Hauptträger, der das 18 mm dicke Staublech mittels lotrechter Spanten unterstützt. Die Laufräder sind mit Wälzlagern ausgerüstet. Von der Verwendung von Pendelrollenlagern musste abgesehen werden, da dabei die Lenkung der Räder in Laufrichtung der Schütze Schwierigkeiten bereitet hätte. Die zu erwartende Verkantung der Räder infolge der Durchbiegung der Schütze ist jedoch unbedeutend. Ein Laufrad mit 62 cm Durchmesser überträgt 82 t auf die Laufschiene. Die Räder haben keine Spurkränze. Seitenführungsschienen und entsprechende Nocken an der Schütze korrigieren die Laufrichtung. Die Stirn- und Seitendichtungen bestehen aus Notenprofilgummi, die Schwellendichtung aus Flachgummi. Die Laufschiene ist mit einem leichteren Profil um eine volle Schützenhöhe über die Oeffnung weitergeführt. Die Seitenführungsschienen sind bis zur Windenkammer verlängert.

Die Schütze ist mittels einer Umlenkrolle an einer zweisträngigen Gallschen Kette aufgehängt. Die maximale Hubkraft beträgt 50 t und setzt sich aus 17,5 t Stahlgewicht, 17 t Ballast, sowie 15,5 t Reibungskräften zusammen. Es war notwendig, Ballast in die Hauptträger der Schütze einzubringen, um mit genügender Sicherheit durch Eigengewicht absenken zu können.

Das Windwerk, Bild 20, besteht aus einem Drehstrom-Getriebemotor, der über ein Vorgelege das Kettenritzel antreibt. Der Windwerksrahmen ist vollständig geschweisst. Die gedrungene Konstruktion mildert unerwünschte Durchbiegungen und Verdrehungen.

Das Schnellsenken wird im Bedarfsfall durch einen Handgriff eingeleitet, wodurch Magnetbremse und Strom ausgeschaltet werden. Die Schütze sinkt durch das Eigengewicht in die Tiefe, wobei sie durch einen direkt an der Motorwelle gekoppelten Ventilator gebremst wird, der die angesaugte Luft durch eine Düse presst. Das Windwerk ist mit einer Sicherheitseinrichtung ausgerüstet, die aus einer Ueberlast- und einer Schlaffkettenschaltung besteht. Diese Schaltungen werden durch ein als Kettenaufhängung angeordnetes Tellerfederpaket ausgelöst. Die elektrische Ausrüstung umfasst Anlasswiderstand, Steuerung mit Schützen und Zeitrelais, Hauptschützschalter, Spindelendschalter und einen Verriegelungsschalter zum Kurzschliessen des Schlaffkettenschalters vor der unteren Schützenstellung.

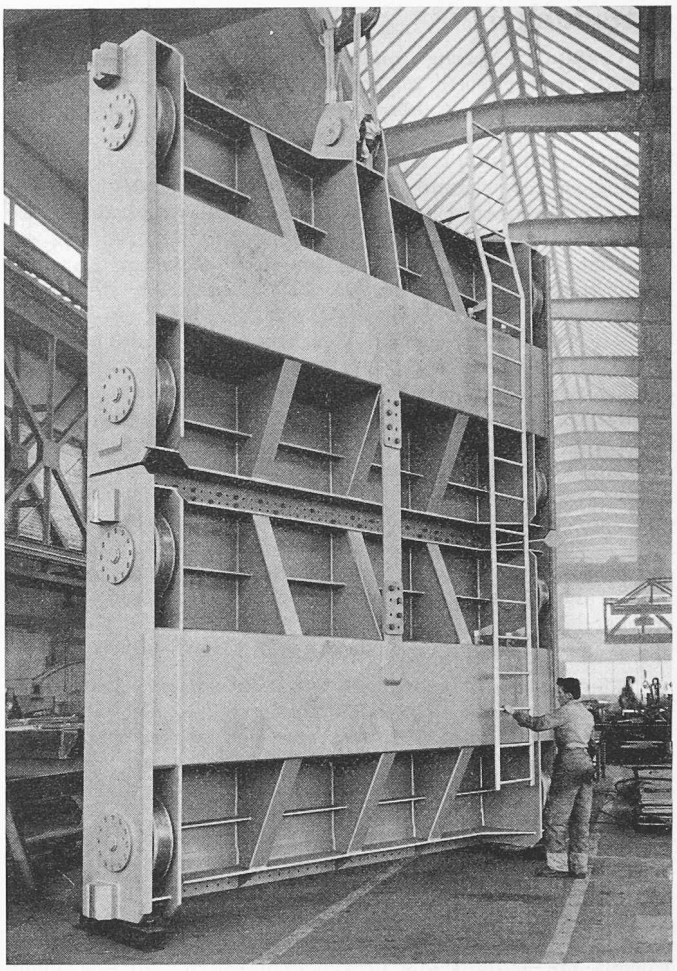


Bild 19. Die beiden übereinander angeordneten Schützentafeln (Werkaufnahme)

Die wichtigsten Daten der Anlage sind:

Stahlgewicht der Schützen	16,0 t
Gewicht der Armaturen	9,4 t
Gewicht der Kette	6,4 t
Gewicht des Windwerkes	3,0 t
Hubkraft des Windwerkes	50 bis 60 t
Hubhöhe	30 m
Leistung des Motors	26 PS
Hubgeschwindigkeit	1,8 m/s
Senkgeschwindigkeit (Schnellsenken)	3,6 m/s
Schützenöffnung	4,0 · 5,4 m
Wasserdruck an der Schwelle	29,1 m

Die zulässige Vergleichsspannung beträgt für die Schützenkonstruktion 1400 kg/cm², die zulässige Linienpressung zwischen Schiene und Rad 9600 kg/cm². Die Schütze wurde in Stahl St. 37 ausgeführt, Schienen und Räder in Stahl St. 60.11. Der Rostschutz besteht aus Sandstrahlreinigung und drei Chlorkautschukanstrichen, während die Armaturen zusätzlich eine Spritzverzinkung von 0,2 mm Schichtdicke erhielten.

Die Anlage wurde von AG. Conrad Zschokke, Stahlbau, Döttingen, geliefert und montiert.

Literaturhinweise:

[1] *Dode Dettmers*: Beitrag zur Frage der Belüftung von Tiefschützen, «Mitteilungen der Hannoverschen Versuchsanstalt für Grundbau und Wasserbau», Franziusinstitut der Technischen Hochschule Hannover 1953, Heft 4, Eigenverlag der Hannoverschen Versuchsanstalt für Grundbau und Wasserbau.

[2] *R. L. Bloor:* Safety and Economy in Concrete Gravity Dams of the Corps of Engineers, 5th Congress on Large Dams, Paris 1955, Vol. II, p. 123.

[3] Erfahrungen beim Betrieb der Kraftwerke Mauvoisin. Mitgeteilt von Elektro-Watt, Zürich, SBZ 1959, Heft 39, S. 645 ff.