

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 75/76 (1920)
Heft: 2

Artikel: Die 100000 PS-Wasserkraftanlage Gubavica bei Duare, Dalmatien
Autor: Zigerli, P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-36490>

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: 06.02.2025

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

INHALT: Die 100000 PS-Wasserkraftanlage Gubavica in Duare, Dalmatien. — Wettbewerb für den Neubau der Schweizerischen Volksbank in Zürich. — Die Betriebskosten verschiedener Raumheizarten und die Wärmespeicherung bei elektrischer Heizung. — Vom Ritom-Kraftwerk der S. B. B. — Miscellanea: Deutscher Betonverein. Ramsay-Gedächtnis-Stiftung für schweizerische Chemiker. Schweizerische Naturforschende Gesellschaft. Eine grosse Plattenbiegemaschine. Ausstellung für Strassenbauwesen im

Haag. Ausbau der bayerischen Wasserstrassen. — Nekrologie: A. Rothenbach. Willy Jürges. M. Klinger. — Konkurrenzen: Billige Wohnbauten in der Westschweiz. Gedenkstätte verstorbener berneroberrändischer Wehrmänner in Spiez. Sportplatz mit öffentlichen Anlagen in Vallorbe. Schiffbarmachung des Rheins Basel-Bodensee. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Gesellschaft ehemaliger Studierender der Eidg. Technischen Hochschule: Stellenvermittlung.

Band 76.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 2.

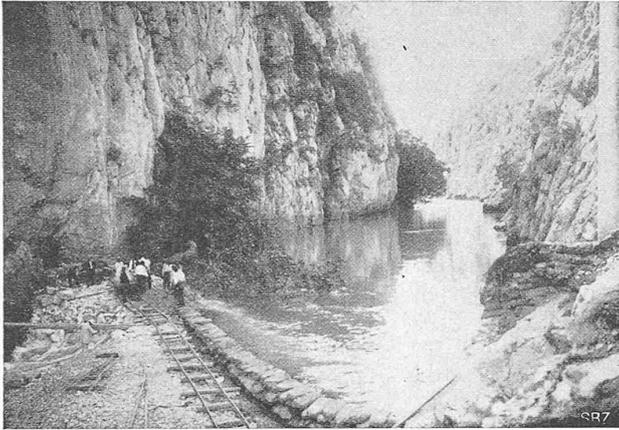


Abb. 8. Erstes provisorisches Wehr im Bau (Blick flussaufwärts).

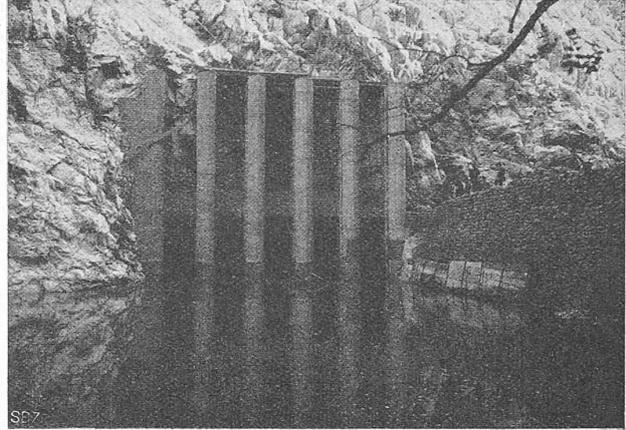


Abb. 9. Einlauf des Umgehungstunnels, rechts I. provisorisches Wehr.

Die 100 000 PS - Wasserkraftanlage Gubavica bei Duare, Dalmatien.

Von Ing. P. Zigerli, Zürich.

(Fortsetzung von Seite 6.)

Wehranlage und Wasserfassung.

Diese besteht, von oben angefangen, aus dem Umgehungstunnel, dem provisorischen Wehr (während der Bauzeit), dem Stauwehr und dem Einlauf in den Oberwasserkanal mit Grundablässen und Sandfängen (Abbildungen 5 bis 7, Seite 12 und 13).

Der Umgehungstunnel dient einem doppelten Zweck: erstens musste, um das definitive Wehr samt dem Einlauf und dem Grundablass I fundieren zu können, der Grossteil des Flusses abgeleitet werden, und zweitens war für die grossen Hochwasser ein Ablauf vonnöten. Ein ursprünglich zu letztgenanntem Zweck auf der rechten Flussseite als Halbgalerie gedachter Ueberlaufkanal wurde auf Vorschlag der Unternehmung nicht ausgeführt und nach Projekt des Verfassers als Tunnel-Unterführung am linken Ufer ersetzt. Dieser Umgehungstunnel beginnt etwa 50 m oberhalb des definitiven Wehrs, umgeht dieses im Bogen, unterfährt den Oberwasserkanal und mündet in den Fluss zurück. Der Einlauf (Abbildung 9) liegt mit Kote 153,80 in gleicher Höhe mit der Flusssohle und ist mit fünf

eisernen, von Hand zu betätigenden Spindelschützen von je 175 x 450 cm Lichtweite als Abschluss des Tunnels versehen. Dieser besitzt ein Gefälle von 2 ‰ und ist 179,53 m lang, weist eine Breite von 8,00 m und eine lichte Höhe von 6,50 m auf und ist roh in den kompakten Kalkfels eingesprengt. Der Querschnitt, der bis auf eine gebräuchte Stelle nicht verkleidet ist, beträgt rd. 47 m² und erweitert sich trichterförmig gegen den Einlauf bis auf eine Breite von 14 m. Die Bohrung geschah von Hand von beiden Portalen aus, wobei der untere Teil zweckmässig doppelt so rasch betrieben wurde wie der obere; der Abbau erfolgte nach belgischem System vom Firststollen aus.

Das provisorische Wehr wurde unmittelbar im Anschlusse an diese Tunnelausführung gebaut und derart gefördert, dass am gleichen Tage, an dem der Tunnel vollendet war, das Wasser schon durchgeleitet werden konnte. Das provisorische Wehr setzt etwas unterhalb des Tunneleinlaufs an und führt schräg über den Fluss. Das erste Provisorium, mit grobem Steinwurf und vorgeschichteten, mit rotem Karstlehm gefüllten Säcken ausgeführt (Abb. 8 u. 9), wurde, kaum erstellt, vom Hochwasser weggetragen. Das zweite wurde solider gebaut: Zwischen die im Flussbett lagernden grossen Steinblöcke trieb man gespitzte Rundeisenstangen von 50 mm Durchmesser, die unter sich durch schwächere Rund- und Bandeisen gut verbunden wurden. Diese Eisenpfähle ragten 2 m über

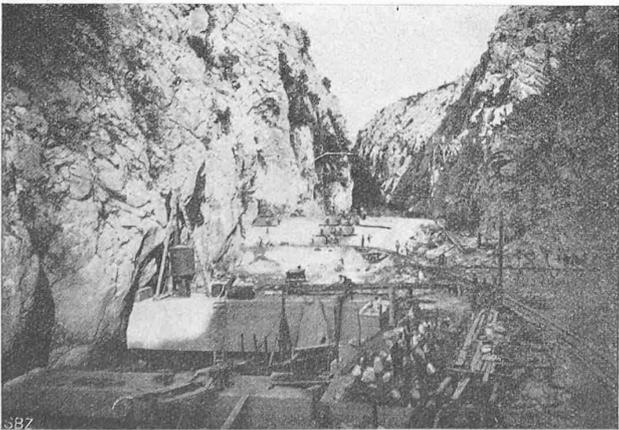


Abb. 13. Caissons des definitiven Wehrs, dahinter das II. prov. Wehr.

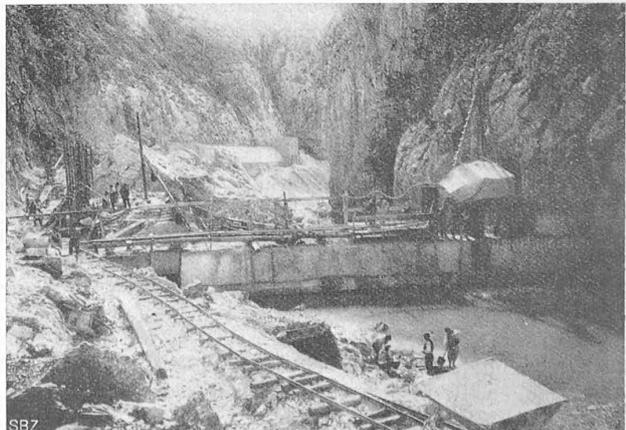


Abb. 14. Caisson des definitiven Wehrs, im Hintergrund der Oberwasserkanal.

die Blöcke heraus und wurden in einen Betonquerriegel von 3 auf 3 m Stärke und 25 m Länge eingemauert, der nun den soliden Fuss des Wehres bildete; die Schüttung mit grossen Steinen wurde aufgeführt und mit einer 50 cm starken, mit Zementmörtel gut verputzten Betonschicht überzogen. Die Form dieses provisorischen Wehres ist jener des definitiven Wehrkörpers ähnlich (Abb. 5); die Höhe betrug rd. 8 m, die Breite am Fusse 15 m; die Krone lag auf Kote 160,30. Die Baukosten stellten sich auf 25000 Kr. Das Wehr hielt den grössten Hochwassern tadellos stand und stürzte erst ein, nachdem durch das stete Probemanövrieren mit den Einlaufschützen des Umgehungstunnels und das entsprechende Heben und Senken des Wasserspiegels die Steinschüttung sich setzte und die dadurch unterhöhlte Betonverkleidung durch das Gewicht des überströmenden Wassers eingedrückt wurde. Inzwischen waren das definitive Wehr und die übrigen Wasserbauten längst erstellt und das Provisorium daher entbehrlich geworden.

Das definitive Stauwehr, in einer von 70 m hohen, fast senkrechten Wänden eingeschlossenen und nur 40 m

mit der Spitze nach unten liegenden gleichschenkligen Dreiecks ergeben, was nach der Formation der Schlucht auch anzunehmen war. Diese Annahme war indessen, wie sich nachträglich herausstellte, unrichtig; zufällig waren die Sonden auf einige der zahlreichen, im Kalktuff und Geschiebe eingebetteten, oft Zimmergrösse erreichenden Felsblöcke gestossen. Wie sich bei der Bauausführung zeigte, näherte sich die Lage der Felssohle des Flussbettes auf Kote 146,00 auf eine Länge von 20 m vielmehr einer Horizontalen. Dies ist deshalb erwähnenswert, weil dadurch die Art der unten beschriebenen pneumatischen Fundation des Wehres bestimmt wurde.

Das provisorische Wehr lenkte natürlich nur die grosse Masse des Wassers ab, während noch reichliche Mengen zwischen den Blöcken und durch die Felsspalten unter ihm hindurchdrangen. An eine vollkommene Absperrung des Wassers, wie sie zur Ausführung der einwandfreien Fundierung eines Wehrkörpers unumgänglich notwendig ist, war bei der Beschaffenheit des fast 6 m hoch mit Geröll aufgefüllten Flussbettes nicht zu denken, und

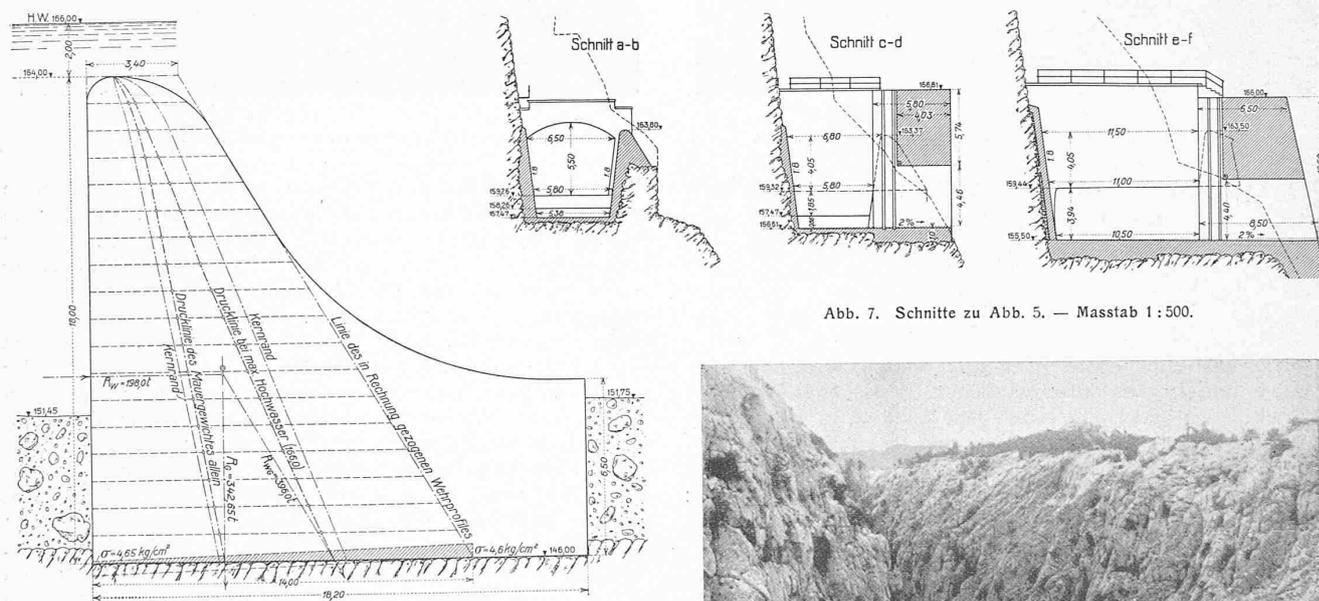


Abb. 11. Statische Verhältnisse des Stauwehrs. — 1:250.

breiten Schlucht liegend, weist eine totale Höhe, von der Fundamentsohle bis zur Krone gemessen, von 18 m auf und ragt 12,50 m über die Flusssohle empor (Abb. 5 u. 10). Die Fundamentbreite beträgt 18,20 m, die der Krone 3,40 m. Seine Form ist aus dem Querschnitt Abb. 5 ersichtlich. Das Wehr ist senkrecht zur Flussrichtung angelegt und besitzt eine Länge von 25 m. Der Kubikinhalte des eigentlichen Wehrkörpers beträgt über 5000 m³ Stampfzementbeton in verschiedenen Mischungen. Das ganze Objekt ist auf gesunden, gewachsenen Kalkfels 5,50 m unter die sichtbare Flusssohle geführt und sorgfältig fundiert.

Abbildung 11 zeigt die statischen Verhältnisse des Stauwehres; das Mauerwerkgewicht ist mit 2200 kg/m³ in Rechnung gesetzt. Die Abmessungen der Mauer sind so gewählt, dass die Drucklinien nirgends über den Kernrand heraustreten; Zugspannungen sind also ausgeschlossen. Die maximale Kantenpressung beträgt flussabwärts bei maximalem Hochwasser auf Kote 166,00, also bei 2,00 m Ueberfall über der Wehrkrone, 4,60 kg/cm², flussaufwärts bei eventueller gänzlicher Ableitung des Wassers durch den Umgehungstunnel, also für das Mauerwerk allein, 4,65 kg/cm². Hierbei ist nicht der gesamte Wehrkörper, sondern sinngemäss das ideale Querschnittprofil in Rechnung gezogen, während der übrige flussabwärts gelegene Teil als Fallboden zu betrachten ist.

Vorgenommene Sondierungen im Bereiche des zu erstellenden Wehrkörpers hatten das ungefähre Bild eines

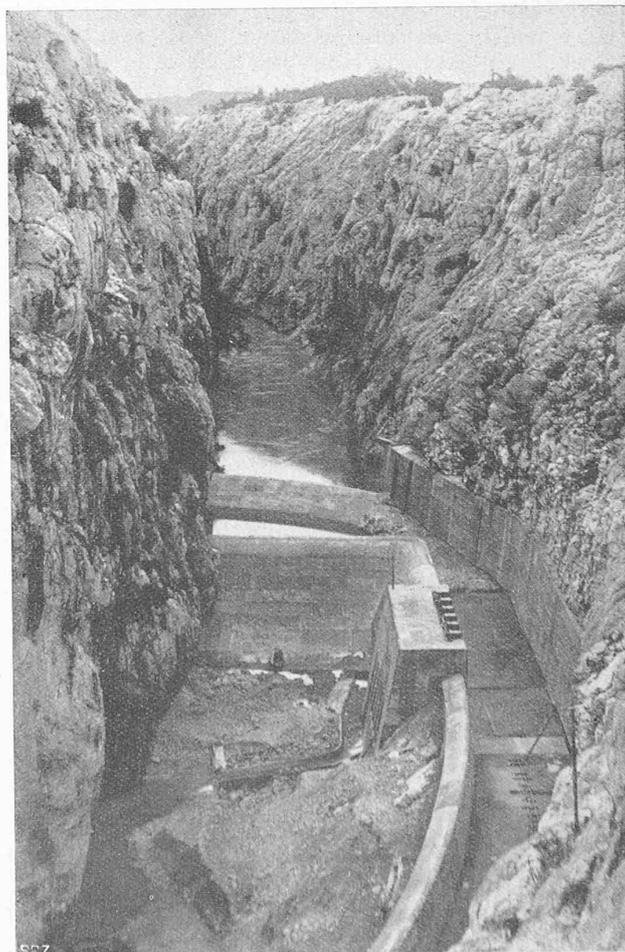


Abb. 10. Blick auf prov. und def. Wehr, Wasserfassung und Grundablass I.

die Notwendigkeit einer pneumatischen Fundierung ergab sich daher von selbst.

Der Gedanke an eine Gründung mittels beweglicher Caissons musste angesichts des durch die Sondierungen erhaltenen Querprofils der Flusssohle fallen gelassen werden, da die Caissons auf halber Tiefe an ihren beiden Enden zum Aufsitzen auf den gesunden Fels gekommen wären und Sprengungen in den Kammern bis auf die richtige Tiefe hinunter erschienen, ganz abgesehen von der Gefährlichkeit einer solchen Arbeit, zu mühsam und zeitraubend. Die Bauunternehmung schlug daher folgende Ausführung vor, die von der Bauherrschaft auch genehmigt wurde:

In der flussaufwärts gerichteten künftigen Wehrfront wurde ein *feststehender* Caisson in armiertem Beton von 25 m freitragender Länge und 4 m äusserer Breite bei ebensolcher Höhe erstellt, der an beiden Enden auf gesundem Fels auflagerte und am rechten Ufer in die Felswand eingebaut war (Abb. 5, 13 und 14). Die eigentliche Luft- und Arbeitskammer hatte eine Breite von 2,80 m

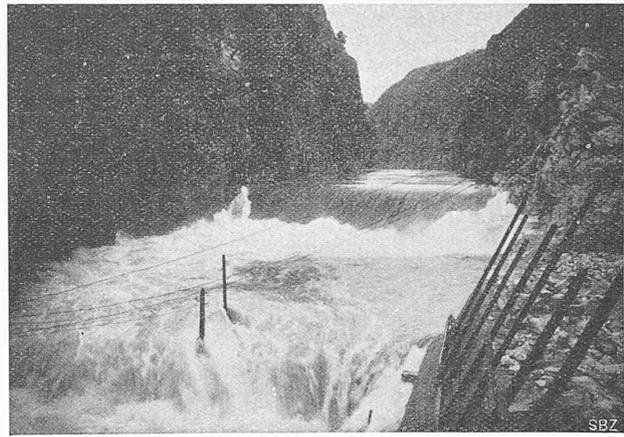


Abb. 15. Die Wehrbaustelle bei Hochwasser (vergl. Abb. 13 und 14).

Die 100000 PS-Wasserkraftanlage Gubavica bei Duare, Dalmatien.

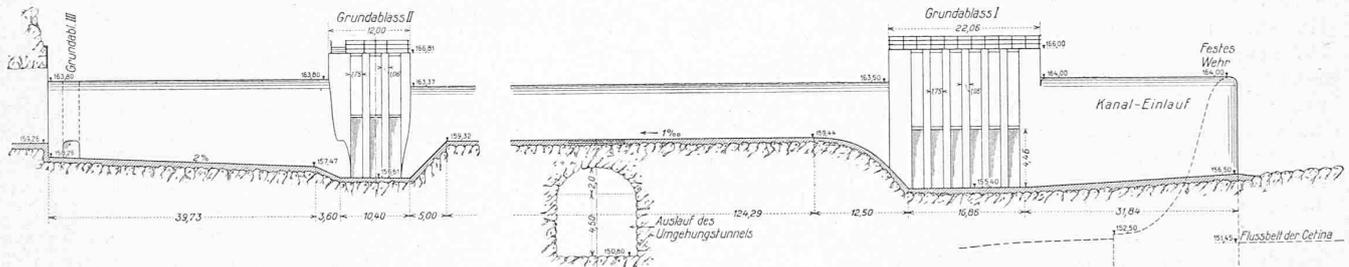


Abb. 6. Längsschnitt durch Wasserfassung und Oberwasserkanal mit Grundablässen. — Längen 1:1000, Höhen 1:500.

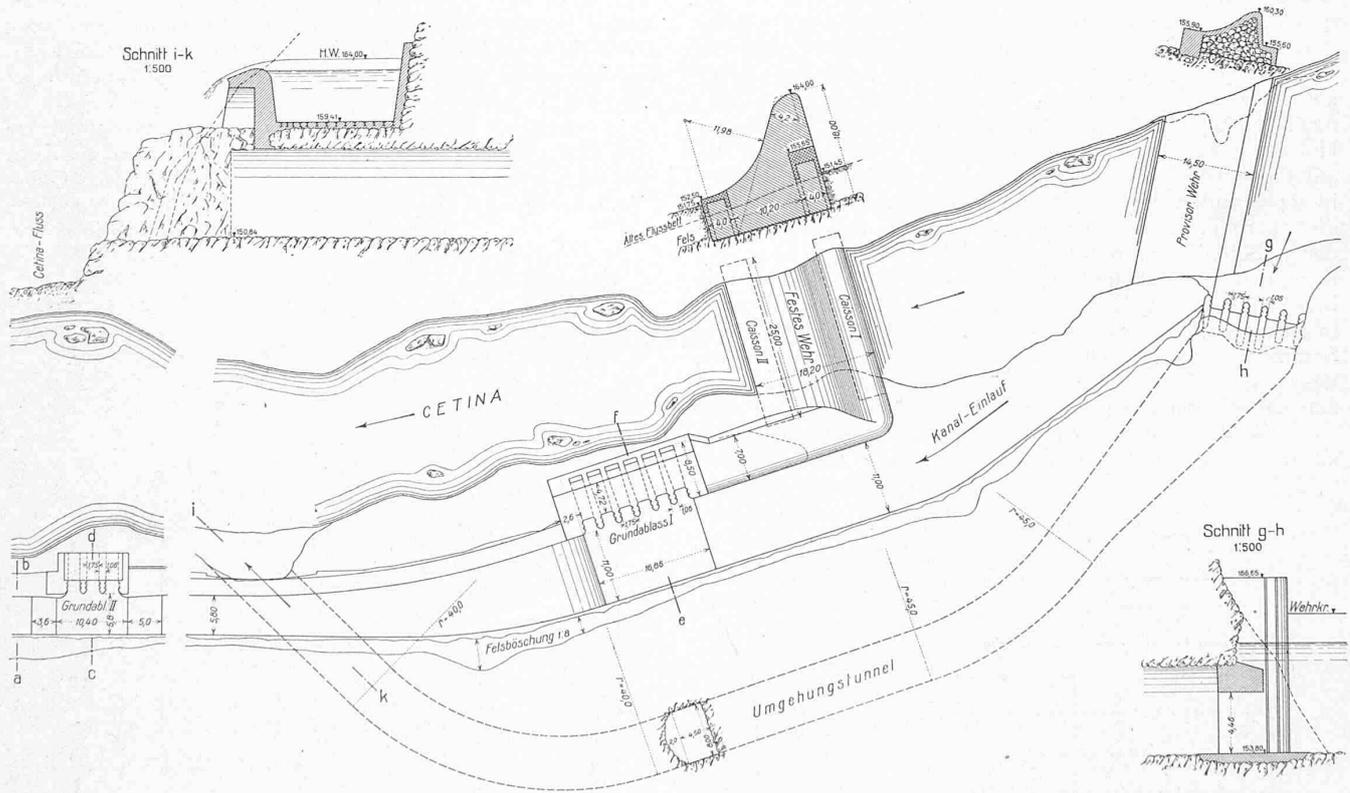


Abb. 5. Provisorisches und definitives Stauwehr, Umgehungstunnel und Wasserfassung. — Masstäbe 1:1000 und 1:500.

bei 2,00 m lichter Höhe (Abb. 12, S. 14); alle Innen- und Aussenflächen des Caisson waren mit einem luft- und wasserdichten Zementverputz sorgfältig verkleidet. Die Stärke der Decke von 2,00 m ergab sich als nötiges Gegengewicht gegen den Auftrieb; die Seitenwände der Arbeitskammer waren in Abständen von 1 m durch U-Eisen

NP Nr. 6 nahe der Unterkante miteinander verbunden. Dieser Caisson wurde so tief als möglich, mit der Unterkante bloss 30 cm über der obren Flusssohle, erstellt, also dem Wasser vorläufig freien Durchgang gestattend, und an Ort und Stelle eingeschalt und (mit 400 kg Zement auf 1 m²) betoniert. Ein kleinerer, gleichartiger Caisson

kam, wie aus den Abbildungen 5 und 13 ersichtlich, an der flussabwärts gerichteten Wehrfront zur Ausführung. Um den nötigen Gegendruck gegen die innere Pressluft zu haben, wurde beidseitig der fertigen Caissons reichlich Erd- und Steinmaterial angeschüttet und das Wasser durch einen kleinen, unterhalb der Baustelle ausgeführten Fangdamm bis über die „Schneiden“ gestaut. Der Arbeitsvorgang war dabei folgender:

Zugespitzte U-Eisen NP Nr. 5, deren Zwischenraum zwischen den Schenkeln mit gut befestigter Holzfüllung versehen war und deren Länge 70 bis 100 cm betrug, wurden in senkrechten Abständen von 50 bis 60 cm längs der beiden Seitenwände des Caissons von innen und etwas schief nach aussen gerichtet in das Geröll und den Kalktuff eingetrieben. (Abb. 12). An diese mit der Holzfüllung nach innen gerichteten Eisenpfähle wurden horizontal verlegte 50 mm starke Holzbohlen genagelt oder mit Holzschrauben befestigt und die Stossfugen mit Hanf und Lehm gedichtet. Sobald ein so gebildeter Kranz von 20 cm Höhe ringsum geschlossen war, senkte sich der innere Wasserspiegel durch die Pressluft um ebenso viel, und das Aushubmaterial konnte gefördert werden. Hierauf begann die gleiche Arbeit aufs neue; weitere Eisenpfähle wurden eng an den schon verlegten Pfosten eingetrieben, neue Pfosten angebracht und der Wasserspiegel weiter gesenkt; im Geröll eingebettete Steinblöcke wurden mit Dynamit gesprengt. Die Arbeit verlief, von der Notwendigkeit öfters Dichtens der Stossfugen zwischen den Pfosten nach erfolgter Sprengung und Ersetzen etwa zersplitterter Holzteile abgesehen, programmgemäss. Der Aushub war auf diese Weise bei einem Durchschnitt von 40 cm Tiefe in 24 Stunden bereits auf eine Tiefe von 2,20 m unter die obere Flusssohle gediehen, als eines Tages mitten in der Arbeit die Kolbenstange des die Pressluft liefernden Kompressors brach und diesen vollständig demolierte. Die Beschaffung eines Ersatzes nahm mindestens vier Wochen in Anspruch, und da man sich bereits im vorgeschrittenen Sommer befand, durfte der nahenden Hochwassergefahr wegen keine Zeit verloren werden, ohne eine Verlängerung der Bauzeit um ein ganz Jahr zu riskieren.

Es blieb somit wohl oder übel nichts anderes übrig, als die bisherige Bauweise aufzugeben und zu versuchen,

durch gewöhnliches Abteufen die gewachsene Flusssohle zu erreichen, obschon die Aussicht auf ein gutes Gelingen keine grosse war. Das Wasser wurde so gut als möglich durch kleine Fangdämme aus Holzpiloten und gestampftem Lehm wechselweise abgeleitet und Schächte von 4 m Breite und 6 m Länge unter beiden Caissons abgeteuft. Das noch zuströmende Wasser wurde durch die vorhandenen

grossen Zentrifugalpumpen entfernt. Dank dem ausnahmsweise schönen und trockenen Sommer gelang diese Ausführung, wenn auch mit ziemlichen Schwierigkeiten, so doch anstandslos. Die ausgezimmerten Schächte konnten aber im gleichen Jahre nicht mehr ausbetoniert werden; man musste sich damit begnügen, entsprechend den Seitenwänden der Caissons 60 bis 100 cm starke Zementsteinmauern, die an ihrer Aussenfront wasserdicht verputzt wurden, auf der peinlich gesäuberten Felssohle aufzusetzen und bis zur Caissonunterkante aufzuführen. Knapp vor Eintritt des ersten Hochwassers (Abb. 15) war diese Arbeit unter beiden Caissons beendet. Nach Ablauf der Regenzeit wurde die Fundierung wieder aufgenommen, die Kammern vom eingedrungenen Schlack gereinigt, die Sohle aufgeraut, mit Zementmilch abge-

schlänmt, etwaige Fugen im Felsboden sorgfältig ausgefüllt, das Ganze mit Zementmörtel beworfen und sofort der Beton eingebracht, letzteres durch die Oeffnungen der abmontierten Caisson-Schleusen. Dieser Füllbeton hatte eine Mischung von 1 Raumteil Zement, 2,5 Teilen Sand und 4,5 Teilen gebrochenen Kalkschotter.

Nachdem auf diese Weise die zwei Caissons auf ihre ganze Länge fundiert waren und nun sowohl am Kopf wie am Fuss des Wehres einen soliden, 4 m breiten Querringel durch das Flussbett bildeten, bot die weitere Fundierung keine Schwierigkeiten mehr. Das Wasser war

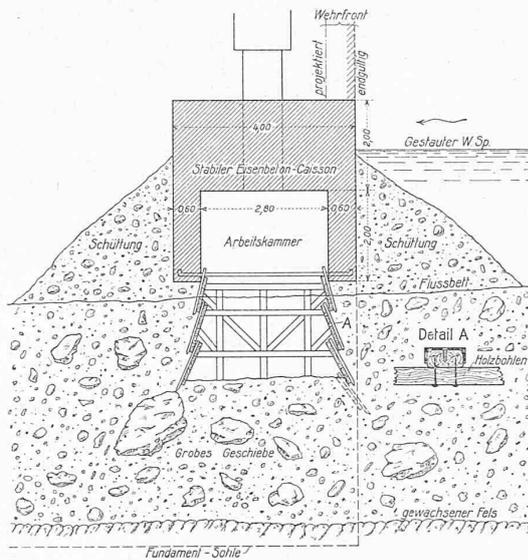
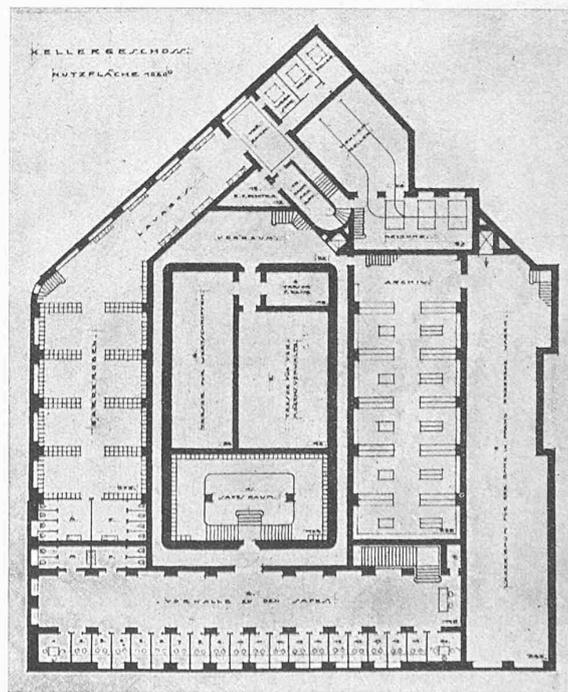
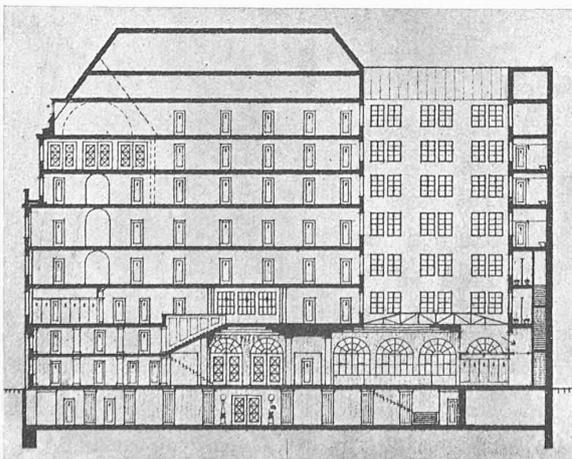


Abb. 12. Pneumatischer Fundations-Vorgang. — 1:150.



II. Rang, Entwurf Nr. 27. — Querschnitt durch die Eingangs-Halle und Grundriss vom Kellergeschoss. — Masstab 1:600.

beidseitig abgesperret, und die ganz unbedeutenden Sickerungen durch die Felsfugen konnten mit Leichtigkeit bewältigt werden. Der 10,20 m breite und 25 m lange Kern zwischen den beiden Caissons wurde sozusagen im Trockenen ausgehoben und mit Zementbeton 1:4,5:7, in den mit Stahlbürsten gereinigte und mit Wasser abgespülte Steine eingebettet wurden, ausgefüllt; der über dem grossen Caisson, also über Kote 155,65 liegende Teil des Wehrkörpers ist mit einem Beton 1:3,5:5,5 erstellt worden.

Ein eigentliches Sturzbett am Fusse des Wehres zu bauen, erschien angesichts der einwandfreien und soliden Gründung des Wehrkörpers nicht notwendig; immerhin wurden die Zwischenräume zwischen den dort liegenden grossen Steinblöcken gut mit Beton ausgefüllt und so eine zusammenhängende rauhe Oberfläche geschaffen. Die Baukosten des Wehrkörpers samt Druckluft-Gründung stellten sich auf rund 300 000 Kr.

Einlauf in den Oberwasserkanal mit Grundablass und Sandfang (Abb. 7 u. 8). Die betonierte Einlaufsohle ist an der vordern Wehrfront auf Kote 156,50 angesetzt und senkt sich bei 32 m Länge auf Kote 155,40; die Sohlenbreite beträgt auf dieser Länge 11 m. Anschliessend ist der Grundablass I gebaut, der mit sechs eisernen, ebenfalls von Hand zu betätigenden Spindel-Schützen von je 175 × 446 cm Lichtweite versehen ist.

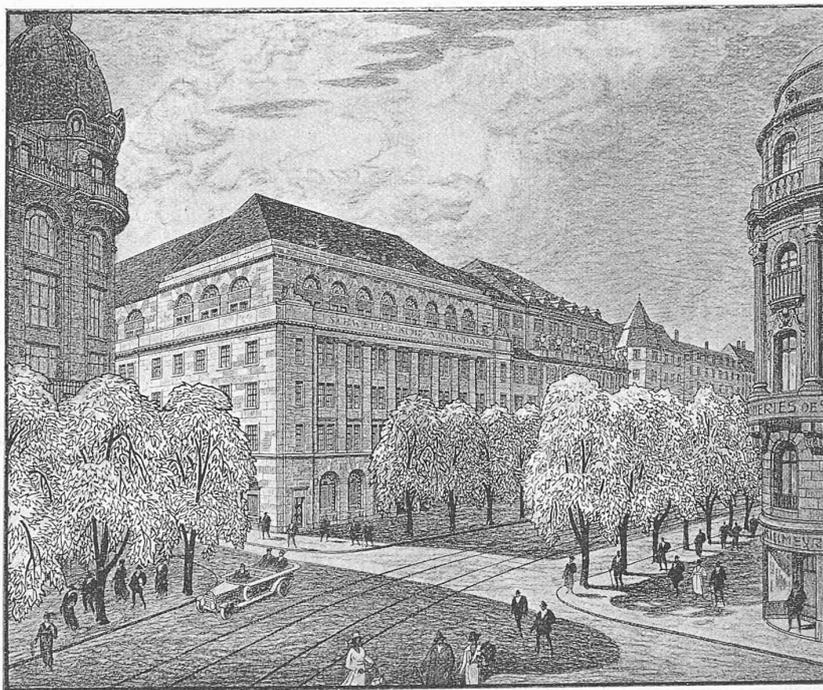
Dieser Grundablass ist 16,86 m lang, hat dem Flusse zu ein Gefälle von 2‰ und dient sowohl zur Regulierung der Hochwasser als auch zur Reinigung des Sandfanges. Der Bedienungsboden liegt auf Kote 166,00, also 2 m höher als die Wehrkrone, und ist 4,72 m breit. (Forts. folgt.)

Wettbewerb für den Neubau der Schweizerischen Volksbank in Zürich.

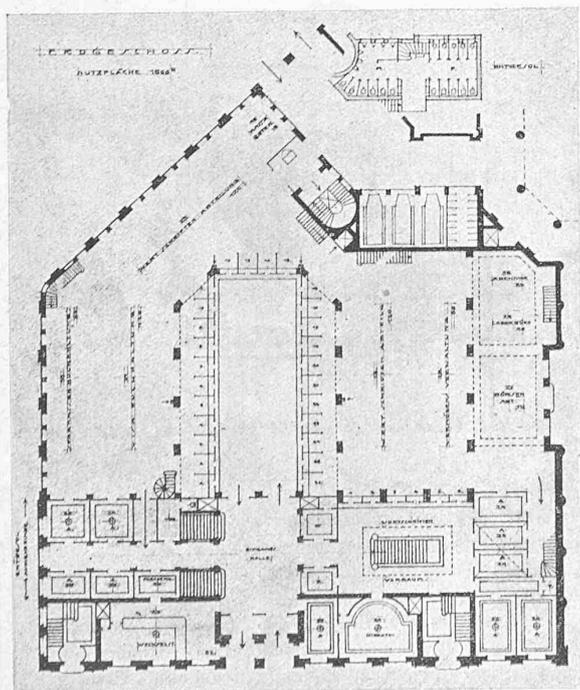
(Fortsetzung von Seite 6.)

Nr. 27. „Demos“. Der Eingang, die kleine und grosse Schalterhalle, Haupttreppe und Safes-Treppe sind richtig angelegt. Die Form der Schalterhallen und der Guichet-Einbau stimmen indessen nicht gut zusammen. Das Untergeschoss weist übersichtliche, gutgeformte Räume, gute Verbindung und Zugänglichkeit auf. Die Garderobe ist übertrieben weitläufig angelegt. Die Audienzzimmer im Erdgeschoss sind sämtlich in der Nähe des Einganges untergebracht, für das Publikum sowohl wie für die Beamten in richtiger Weise zugänglich. Eine Gruppe von Audienzkabinen ist in unpraktischer Weise in einem Zwischengeschoss angelegt. Die stattliche Halle im I. Stock gibt in richtiger Weise den Zugang für die Direktion, sowie für die für das Publikum bestimmten Audienz-Zimmer. Die Garderobe und W.C. sind geschickt gelöst.

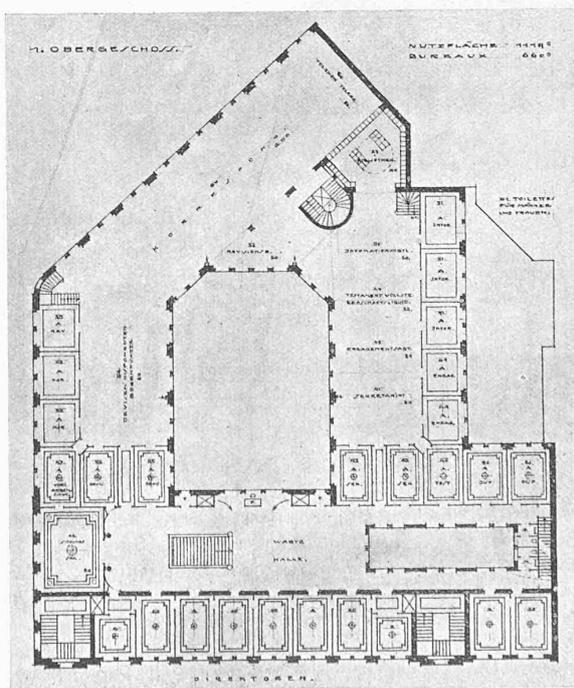
In den obern Geschossen sind die Arbeitsräume in Trakten



II. Rang, Entwurf Nr. 27. — Verfasser Arch. K. R. Völlmy, Herrliberg.



Grundriss vom Erdgeschoss.



Grundriss vom I. Stock.

Masstab 1:600.