Zeitschrift: Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schiffahrt

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 7 (1914-1915)

Heft: 2-3

Artikel: Direkte Wasserfassung der Kraftwerke Brusio A.-G. im Poschiavo-See

Autor: Lüscher, G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-920052

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: 26.07.2025

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

Inhaltsverzeichnis:

Direkte Wasserfassung der Kraftwerke Brusio A.-G. im Poschiavo-See — Die Wasserkräfte des Kantons Aargau — Der Anteil Deutschlands an der Rheinschiffahrt — Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband — Wasserbau und Flusskorrektionen — Wasserkraftausnutzung — Schiffahrt und Kanalbauten — Wasserwirtschaftliche Literatur.

Direkte Wasserfassung der Kraftwerke Brusio A.-G., im Poschiavo-See.

Von Dr. G. Lüscher, Ingenieur in Aarau.

I. Allgemeines.

Beim Vortrieb ihres Zulauf-Stollens in Meschino, gegen den Poschiavo-See zu, begegneten im Jahre 1907 die Kraftwerke Brusio A.-G. mit fortschreitender Annäherung an den See so ungeahnten Schwierigkeiten, dass sie den vorgesehenen Plan der direkten Fassung des Wassers aufgeben mussten.

Der Seespiegel stand rund 10 m höher als die Sohle des dem See sich nähernden Stollens, welcher hier durch ein Gebiet von Moräne, aus dem die Seebarriere besteht, durchzutreiben war, um dem Ausführungs-Projekte entsprechend auf kürzestem Wege an den See zu gelangen, und es machte sich in der Entfernung von ca. 150 m vor dem Seeufer starker Wasserandrang geltend, der sich bis zur Verunmöglichung der Arbeit steigerte.

Man täufte in der Folge, in der Entfernung von zirka 50 m vom Seeufer entfernt und von diesem durch die Kantonsstrasse getrennt, einen kreisrunden Schacht von 4,5 m Durchmesser (in nebenstehender Figur 1 mit Nr. 1 bezeichnet) vermittelst der Brunnensenkmethode ab, um dann von diesem Schachte aus den Stollen landeinwärts treiben und mit dem bereits fertigen Stollenstücke, das in zirka 100 m Entfernung von einem zweiten Schacht (Nr. 2 in Figur 1) aus getrieben wurde, zusammen schliessen zu können.

Als Schacht Nr. 1 unter grosser Anstrengung und unter Verwendung mehrerer Zentrifugalpumpen in zirka 9 m Tiefe unter der Seeoberfläche angelangt war, wurde der Wasserandrang so stark, dass die Weiterarbeit nach dieser Methode aufgegeben werden musste.

Nach Durchführung der erforderlichen Studien wurde sodann die weitere Ausführung dieser Arbeit mittelst Druckluft der Firma D. Vitali in Rom übertragen, mit dem Programm, den Schacht pneumatisch fertig zu stellen und nachher von dessen Sohle ausgehend, wenn möglich, den Stollen horizontal landeinwärts unter Druckluft so weit vorzutreiben, als der Wasserzusfluss dies gestattete und notwendig machte. Würde ein solcher horizontaler Vortrieb unter Druckluft sich als undurchführbar erweisen, so sollte alsdann der Stollen durch Absenken von Caissons landeinwärts, und je nach den Ergebnissen auch seewärts von diesem Schachte aus vorgetrieben werden.

In den unvollendeten Schacht Nr. 1 wurde nun diesem Programme entsprechend ein runder eiserner Caisson eingeführt, mittelst dessen ein zweiter Schacht mit 25 cm starken Wandungen aus armiertem Beton von 4,25 m Durchmesser konzentrisch im ersten Schachte auf die notwendige Tiefe pneumatisch abgesenkt wurde und zwar etwa 4 m tiefer als der Brunnenrahmen des ersten Schachtes Nr. 1 stehen geblieben war. Der Zwischenraum zwischen den Wandungen der beiden Schächte wurde dann mittelst Zementmilcheinpressung ausgefüllt.

Aus diesem pneumatisch versenkten Schacht wurden sodann die landeinwärts vorbereiteten Aussparungen ausgebrochen und der Stollen, immer

Mit Genehmigung der eidgenössischen Landestopographie.

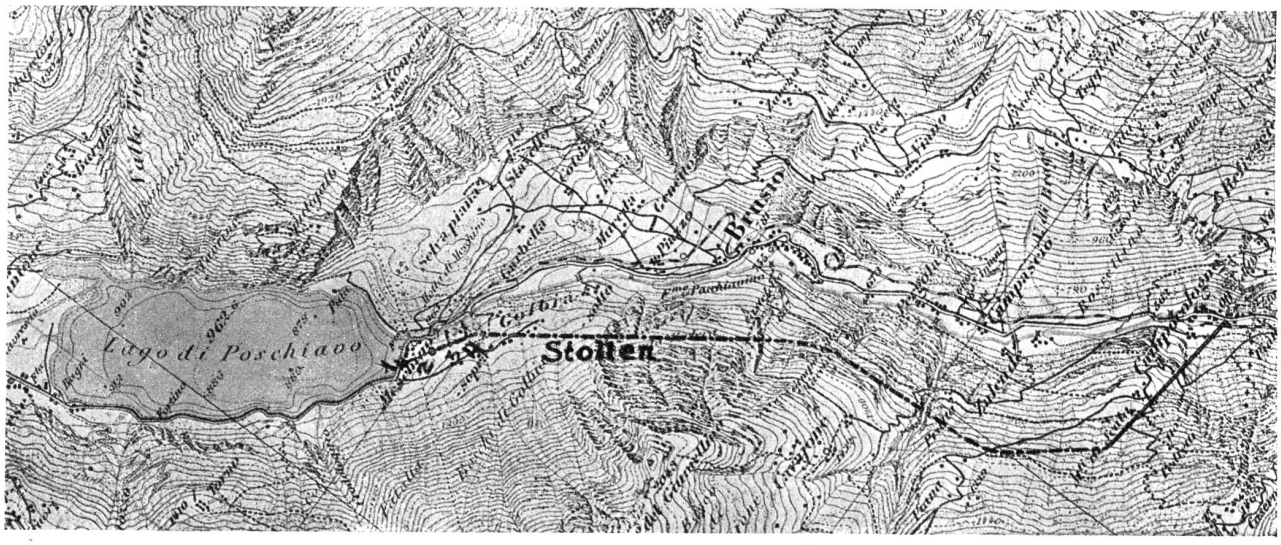

Abbildung 1. Uebersichtsplan der Wasserfassung, des Stollen und der Druckleitung der Brusiowerke 1 : 50,000.

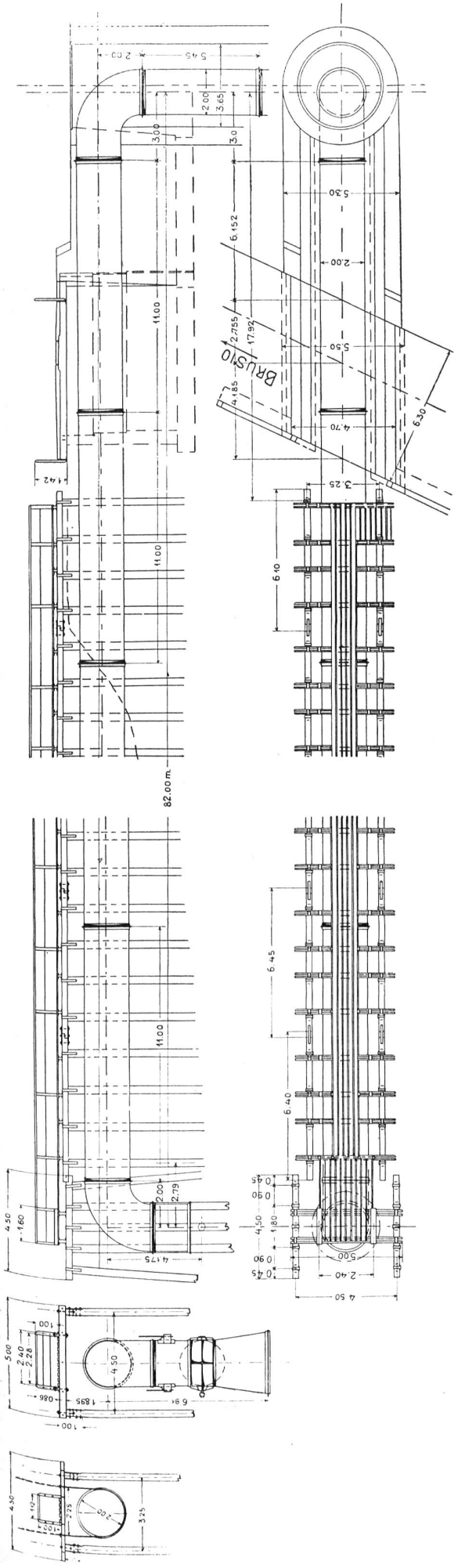

Abbildung 2. Heberanlage. Maßstab 1 : 250.

unter Druckluft, vorgetrieben. Es gelang zwar, diesen bis zum Anschluss an den zweiten Schacht und das fertige Stollenstück vorzutreiben, aber das Ergebnis dieser Arbeit war derart, dass das vorgesehene gleiche Vorgehen aus dem pneumatisch erstellten Schachte Nr. 1 gegen den See zu ganz aufgegeben wurde.

Diese Stollenvortrieb-Arbeiten gestalteten sich deshalb schwierig, weil durch die in der Moräne vorhandenen Felsblöcke die Anwendung des pneumatischen Schildes verunmöglicht wurde.

Um die Betriebseröffnung durch diese Zwischenfälle nicht hinauszuschieben, wurde sofort eine provisorische Wasserfassung mittelst Heberanlage aus eisernen Röhren vom See, beziehungsweise vom Stauwehr im Poschiavino hinweg, über das rechte Ufer des Flusses zirka 275 m weit bis zum einem dort erstellten Seitenfenster (Nr. 4 in Abbildung 1) des Stollens angelegt. Um grössere Anlagekosten für diese erste provisorische Anlage zu ersparen, namentlich um die Rohrleitung nach dem Abbruch wieder verwenden zu können, wurden für diese Eisenröhren von 850 mm Durchmesser und der genügenden Wandstärke beschafft, so dass die gleichen Röhren beim späteren Vollausbau des Kraftwerkes als sechste Druckleitung wieder Verwendung finden konnten. (Das Werk mit 400 m Gefälle, arbeitete einstweilen im ersten Ausbau mit fünf solcher Druckleitungen.)

Die beschriebene erste provisorische Heberanlage mit 850 mm Durchmesser der Heberleitung und 275 m Länge konnte wenigstens für die erste Betriebseröffnung das notwendigste Wasser durch das oberste Seitenfenster an den Stollen abgeben. In der Nähe dieses Seitenfensters wurde sodann ein Seitenstollen von der Tiefe des Flussbettes aus zum Stollen getrieben und als Sommerfassung in der Weise, eingerichtet (Figur 1 Nr. 3) dass er mit Rechen und Einlauffallen versehen und etwas unterhalb ein kleines gemauertes Überfallwehr im Poschiavino erstellt wurde.

Nachdem durch die provisorische Heberanlage die erste Betriebseröffnung sicher gestellt worden war, wurde sofort auch an die Verbindung des beschriebenen pneumatisch erstellten Stollenschachtes Nr. 1 mit dem See durch eine leistungsfähigere definitive Heberleitung geschritten, die bei einem lichten Durchmesser von 2,00 m, vom Schachte weg über eine Pfahlbrücke in den See hinausgeführt wurde und so eine wirksamere Wasserentnahme und auch eine bedeutendere Absenkung des Seespiegels gestattete.

Diese definitive Heberanlage wurde durch die Firma Gebrüder Sulzer in Winterthur unter Mitwirkung des Herrn Prof. K. E. Hilgard in Zürich konstruiert. Deren Anordnung ist aus den Figuren 2, 3 und 4 ersichtlich. Dieser Heber besteht aus

einem horizontal verlegten 82 m langen, genieteten und an den Flanschen verschraubten Blechrohr von 2,00 m lichten Durchmesser und von 11 mm starkem bestem Kesselblech.

Die Rohrleitung ist vom Schachte 1 aus ca. 20 m weit bis an das Seeufer in einem 3 m unter Seespiegel reichenden gemauerten Kanal verlegt worden, welcher unter der Kantonsstrasse und der Berninabahnlinie als Stollen durchführt. Vom Seeufer aus ist sie ca. 60 m weit zwischen zwei eine Gerüstbrücke bildenden Pfahlreihen in den See hinaus geführt und auf ihrer ganzen Länge in Eisenbügeln mit beidseitigen Schraubengewinden aufgehängt. Mittelst dieser Schrauben von zirka 50 mm Durchmesser konnte die Heberleitung nach der über dem Wasserspiegel ausgeführten Montage den Betriebsverhältnissen folgend, zirka 3 m tief abgelassen werden.

Am seeseitigen Ende ist der 8 m lange vertikale Saugschenkel ebenfalls an zwei Schrauben von 70 mm Durchmesser an die hier verstärkte Pfahlbrücke kugelgelenkartig aufgehängt. Am landseitigen Ende hängt der vertikale Auslaufschenkel an einer ähnlichen Hängevorrichtung in den Stollenschacht hinunter. Der Saugschenkel ist mit einer Drosselklappe versehen, während am Ende des Auslaufschenkels als Regulierorgan ein Tellerventil angebracht ist, das mittelst einer 100 mm starken stählernen, mit Gelenk versehenen Spindel mechanisch gehoben und gesenkt werden kann, wodurch die Austritts-Öffnung je nach dem Bedarf an Betriebswasser kleiner oder grösser gemacht werden kann. Zur Entlüftung oder Ansaugung des Hebers sind in einer über dem Schachte Nr. 1. erstellten Maschinenhalle Kompressoren und Antriebsmotoren aufgestellt, und zwar in dreifacher Reserve, mit Elektromotoren, Benzinmotoren und Dampfmaschine.

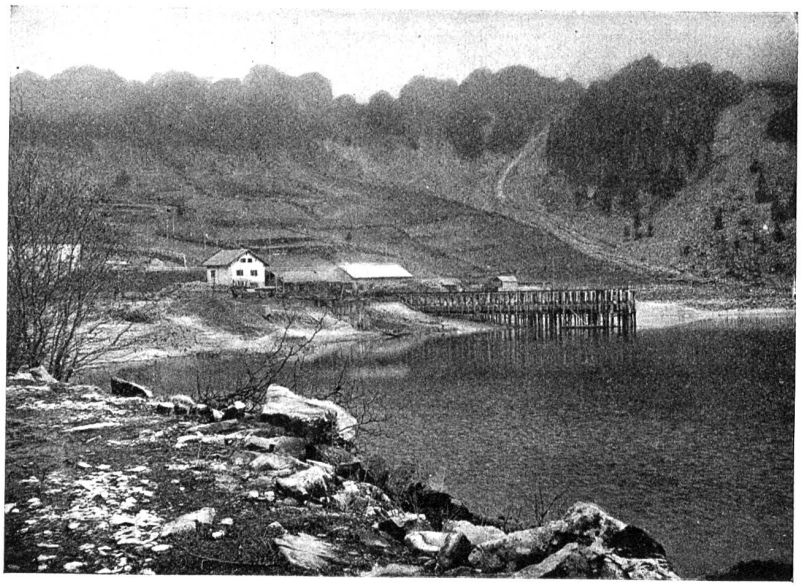

Abbildung 3. Heberanlage vom Ufer aus gesehen bei gesenktem Seespiegel.

Diese Heberanlage vermochte indessen für den Betrieb bei tiefgesenktem Spiegel wegen der Abnahme der Wasserlieferung gegen das Frühjahr nicht mehr zu genügen.

Es kam auch unerwarteter Weise vor, dass der Heber Luft ansaugte und versagte, ferner brachen infolge starker Erschütterung durch die stürzenden Wassermassen die das Teller-Regulierventil des Auflaufschenkels tragende Stahl-Spindel oder Teile des Ventils selbst ab.

Diese Schwierigkeiten und die starke Inanspruchnahme des Pfahlwerkes der den Heber tragenden Seebrücke infolge der grossen Spiegelschwankungen drängten nur Lösung der Frage vermittelst einer direkten Wasserfassung.

Für die Ausführung einer Wasserfassung lagen der Direktion der Kraftwerke Brusio von der Bauzeit her Projekte mehrerer Firmen vor.

Ein solches Projekt wurde im Winter 1911/12 auch von der Firma Dr. G. Lüscher, Ingenieur in Aarau eingezogen, der dann die Bauausführung übertragen wurde.

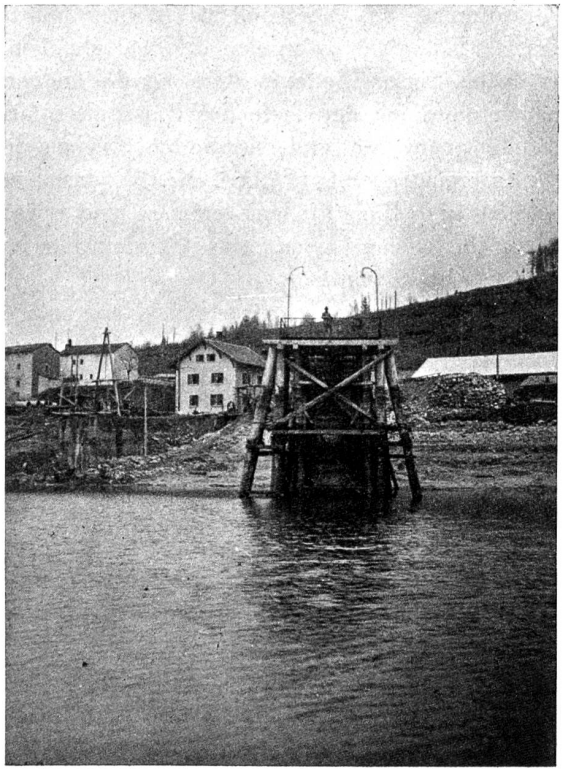

Abb. 4. Heberanlage von der Seeseite gesehen, bei abgesenktem Spiegel.

II. Direkte Fassung, Projekt und Programm.

Es waren bei der Festsetzung des Programmes und des Projektes für die Ausführung folgende hauptsächlichen Punkte zu beachten:

1. Das Trace der neuen Fassung musste so gewählt und das Bauprogramm derart gestaltet werden, dass die Bauten von der im kontinuierlichen Betrieb stehenden Heberanlage ganz unabhängig waren, und es durfte die letztere auch nicht

durch die mögliche Einwirkung von Zufälligkeiten während der Ausführungsarbeiten berührt oder beeinflusst werden.

2. Für die Wahl der Baumethode waren die früher gemachten Erfahrungen zu berücksichtigen, wie solche in Beschreibungen der „Schweizerischen Bauzeitung" Band LI, 1 bis 13 seinerzeit niedergelegt worden sind und zur Verfügung standen. Es war sehr starker Wasserandrang und auch das Antreffen von einzelnen grösseren Steinen zu erwarten.

3. Der stete ungestörte Betrieb der zu unterfahrenden Berninabahnlinie und der Strasse Bernina-Tirano musste gesichert bleiben.

nicht beinflussen. Durch Sondierungen war festgestellt, dass die meisten Pfähle in Lehmboden geschlagen waren, und dass infolge der Spiegelabsenkungen bereits Rutschungen stattgefunden hatten. Deshalb musste später die Pfahlgerüstbrücke durch Drahtseilkabel gegen die Seeufer beidseitig der Brücke verspannt werden.

Für den in das Seegebiet entfallenden zirka 32 m langen Stollenteil war die pneumatische Ausführung in Aussicht genommen, und zwar die Methode der stückweisen Absenkung des Stollens über Arbeitskammern aus Eisenbeton. Auch die Frage der Ausführung mittelst mobilen Caissons war studiert worden.

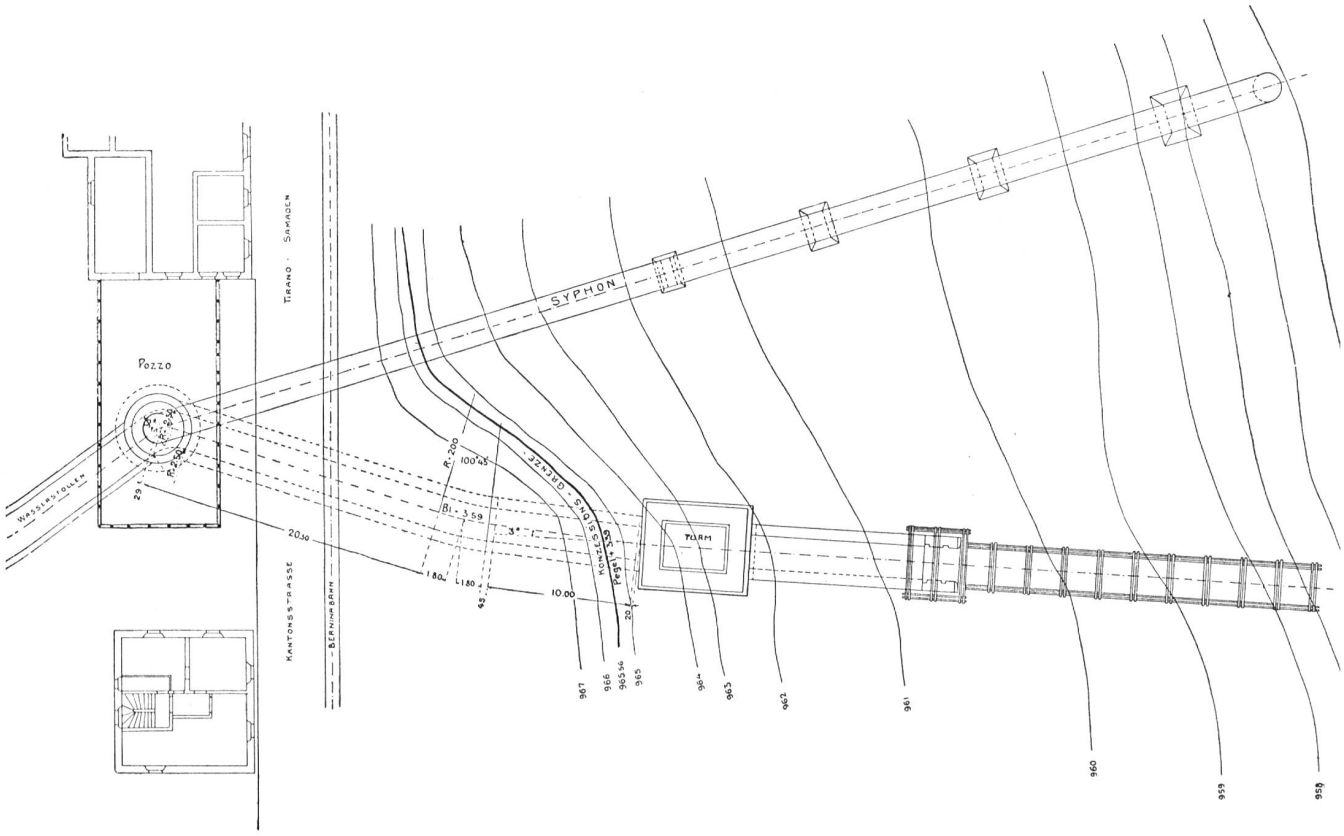

Abbildung 5. Situationsplan der alten und neuen Fassung. Maßstab 1 : 500.

4. Die direkte Fassung musste derart angelegt werden, dass ihr Anschluss an die im Betriebe stehende Anlage möglichst während des Sonntags geschehen konnte.

Diese Bedingungen führten dazu, das Trace des projektierten Stollens für die direkte Fassung von demjenigen der Heberanlage hinreichend (zirka 30°) gegen Westen abzudrehen, mit Drehpunkt des Auslaufschachtes 1 des Hebers, an welchen der Stollen später anzuschliessen war. (Siehe den Situationsplan Figur 5.)

Dadurch wurde erreicht, dass im Seegebiete, wo der Heber an der Pfahlgerüstbrücke aufgehängt ist, die Entfernung von letzterer hinreichend gross war. Störungen, durch die neuen Bauten im Terrain des Seegrundes konnten die Gerüstpfähle der Heberanlage nicht erreichen und in ihrer Standsicherheit

Es war ferner vorgesehen, das landseitige zirka 25 m lange Stollenstück zwischen den Caissons und dem Heberauslaufschacht mittelst Druckluft aus dem mittelst Caissons zu versenkenden Stollen ausbrechend horizontal vorzutreiben und zum Gefrierverfahren zu schreiten, so bald die zu grosse Durchlässigkeit des Bodens bei Unanwendbarkeit des Schildes dies erforderlich machen sollte.

Das diesem Programme entsprechende Projekt ist in Figur 6 im Längenschnitt dargestellt. Die Einmündungsstelle des Sees in den Stollen war mittelst eines kurzen offenen Kanals, nötigenfalls im Hinblick auf das Hebergerüst zwischen Spuntwänden oder kleinen Seiten-Mauern projektiert. Dieser Ausführungsplan entspricht dem vom Direktor der Kraftwerke Brusio, Herrn Ingenieur P. Schmutz-Demeyriez, angenommenen und in der Länge des ins See-

gebiet entfallenden pneumatisch zu versenkenden Stollenstückes und der Armierung des Stollenprofils modifizierten Projekt.

Wie ersichtlich, ist auf 38 m Entfernung vor dem Heberauslaufschacht ein turmförmiger Aufbau auf den Stollen aufgesetzt worden, um darin das Regulierorgan, ein mittelst zwei Schraubenspindeln bewegliches Schützenthor, sowie einen Feinrechen, einbringen zu können. Es ist vorgesehen, ein zweites Regulierorgan im Heberauslaufschacht einzubringen, für besondere Fälle ist überdies das Einlaufmundstück am seeseitigen Stollenende mit zwei Rinnen für einen Dammbalkenabschluss versehen.

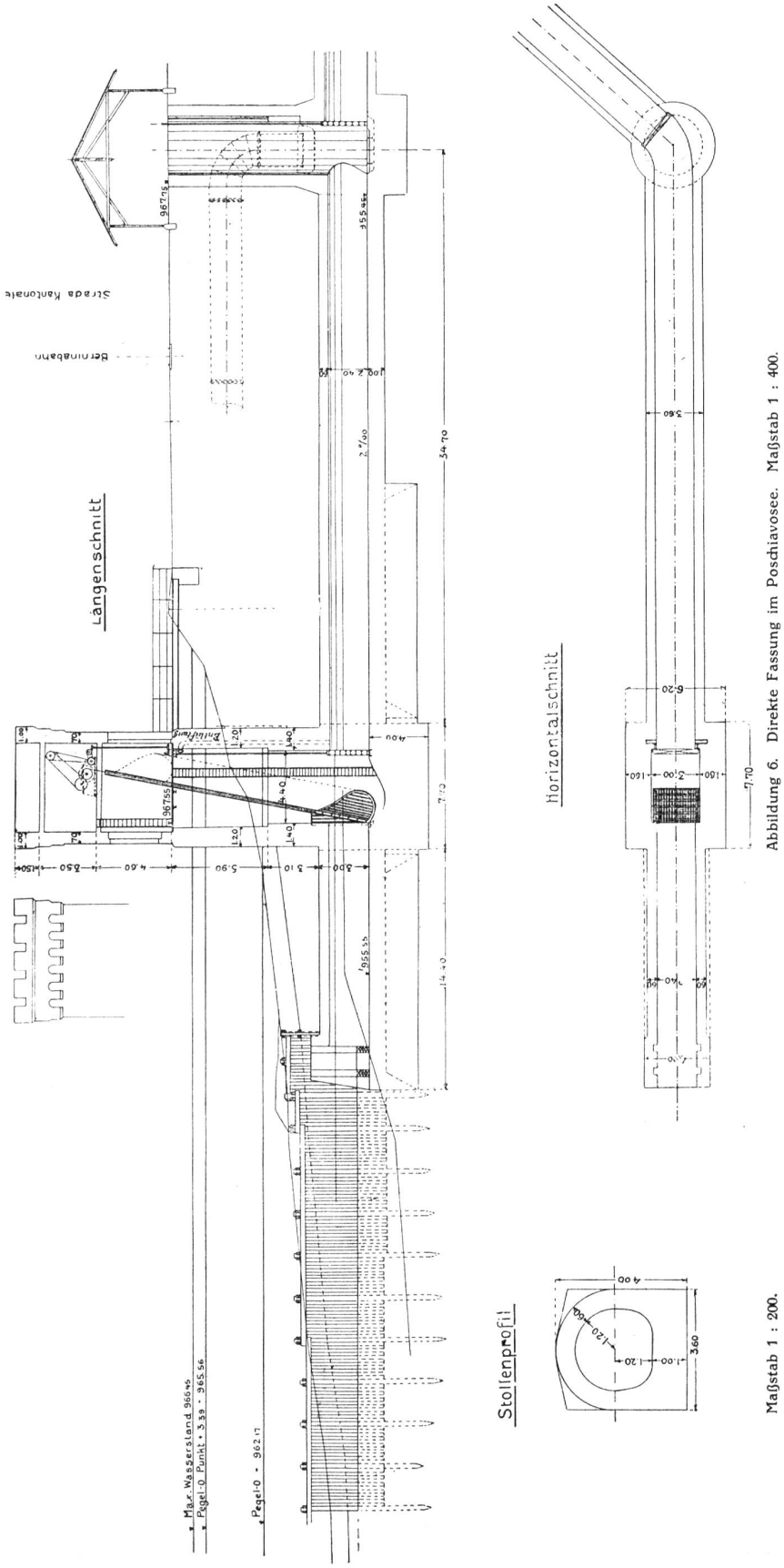

Abbildung 6. Direkte Fassung im Poschiavosee. Maßstab 1 : 400.

Die Querschnitte durch den Stollen sind aus den Figuren 7, 8 und 9 ersichtlich.

Das Stollenprofil ist sehr kräftig armiert. Dessen Armatureisen sind mit denjenigen der Arbeitskammern in Verbindung gebracht worden, nicht nur der Belastung des übergelagerten Terrains wegen, sondern auch um Beschädigungen des Stollenmauerwerkes beim Absenken, möglicherweise durch Minen, zu verhüten und zu verhindern, dass infolge eintretender Terrainpressungen beim Absenken auch etwa eine Trennung des Stollenteiles von den unten gelegenen Arbeitskammern eintrete.

Auf der Seeseite des Turmes wurde ein 14 m langer, 3,8 m breiter Stollencaisson abgesenkt, wie er in Figur 10 dargestellt ist. Ein ebensolcher, während der Ausführung auf 10 m Länge reduzierter, im übrigen gleich gebauter Caisson wurde landwärts des Turmes versenkt. Figuren 11 und 12 enthalten die Schalgerüste, in welche diese Caissons betoniert wurden. Es wurde durch einige Auffüllungen in See das zur Aufstellung dieser Schalgerüste notwendige Planum hergestellt und dann der Caisson samt dem übergelagerten Stollen in freier Luft gebaut.

Auf die Arbeitskammerdecke wurde ein Anschlussstutzen für die Steigröhren in der normalen Weise verankert, wie in Figur 10 dargestellt ist. Das Steigrohr durchbrach das Stollengewölbe und es war hier ein Futterrohr einbetoniert, wie dies aus der Endabbildung der Figur 10 ebenfalls ersichtlich ist. Auf diesen Futterrohrstutzen sollte dann nach fertiger Ver-

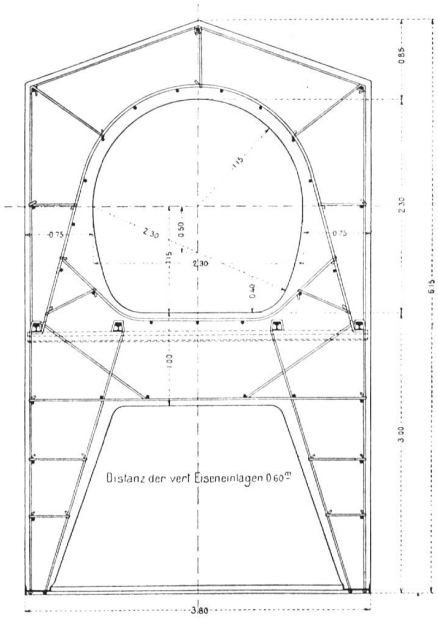

Abb. 7. Schnitt durch den Stollen und Caisson. Maßstab 1 : 80.

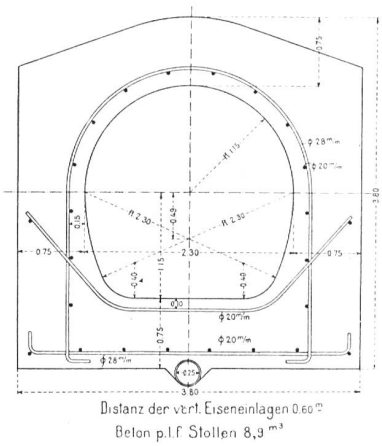

Abb. 9. Schnitt durch den Stollen. Maßstab 1 : 80.

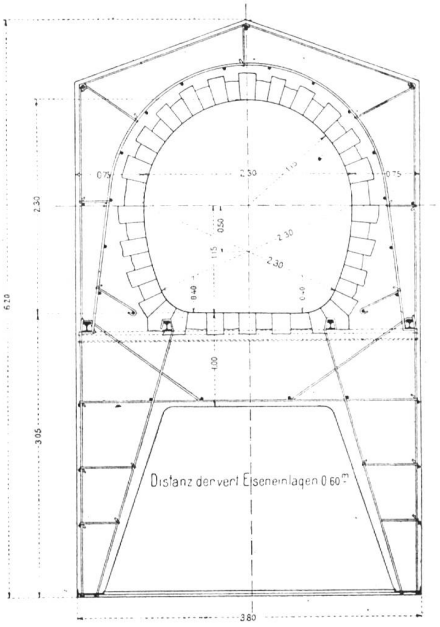

Abb. 8. Schnitt durch den Stollen und Caisson. Maßstab 1 : 80.

senkung und Ausfüllung der Arbeitskammer mittelst einer Amorceplatte die Caisson-Steigröhre aufgesetzt werden damit man nach Einführung der Druckluft in den Stollen selbst in diesem arbeiten und aus ihm landwärts in das Uferterrain ausbrechen und den Stollen bergmännisch vortreiben könne. Im Turme wurde ein ebensolches Futterrohr zu dem gleichen Zwecke in einen über der Höhe des Stollenscheitels eingebauten provisorischen mit T-Eisen verspannten Zwischenboden verankert, damit man auch hier nach fertiger Absenkung unter Druckluft in den Stollen einsteigen könne.

Die angewendeten Mischungsverhältnisse für dieses Caisson-Mauerwerk waren die folgenden:

330 kg Portlandzement per m³-Mauerwerk für Arbeitskammern, Wände und Decken, 325 kg für das ganze Stollenprofil, 250 kg für das Mauerwerk des Turmes über höchstem Wasserspiegel, 150 kg für die Arbeitskammerfüllung. Bei allem Mauerwerk wurde ein wasserdichter Verputz: 1 Teil Sand, 1 Teil Zement aufgetragen, dessen Stärke sich nach den an ihn zu stellenden Anforderungen richtete.

Der Erstellung dieser Beton-Caissons kam der durch die Heberanlage gegen das Frühjahr zu abgesenkte Wasserspiegel des Sees insofern zu statten, als das Planum der ins Seegebiet entfallenden Caissons nur geringe Auffüllungsarbeit erforderte, wenn nur die Zeitspanne vom Frost bis zur Schneeschmelze mit ihrem raschen Ansteigen des Sees einen hinreichenden Spielraum liess; dieser war übrigens in normalen Jahren vorhanden und stellte sich auch jetzt wirklich ein.

Sodann musste mit allen Mitteln dahin getrachtet werden, den ganzen über Caissons abzusenkenden Stollenteil während des Sommers fertig einzubringen, um für den landseitigen Aushub und Vortrieb wieder die günstigeren Wasserstände des folgenden Winters ausnützen zu können.

(Fortsetzung folgt.)

Die Wasserkräfte des Kantons Aargau.

(mit einem Lageplan und einem Höheplan).

Von J. Leuzinger, Zürich.

In der „Schweizerischen Wasserwirtschaft" vom 25. Januar 1913 hat Herr Ingenieur Härry eine interessante Zusammenstellung über die Entwicklung der Ausnutzung der Wasserkräfte des Kantons Aargau gegeben, wonach die Ausnutzung der Wasserkräfte vom Jahre 1862 mit 471 Wasserkraftanlagen und 4518 PS. brutto bis 1911 auf 555 Wasserkraftanlagen mit 65,725 PS. angestiegen ist.*) Die noch auszunutzenden Wasserkräfte auf Grund der normalen Niederwassermenge ohne Rücksicht auf Seeregulierungen und Akkumulationsanlagen wurde beziffert am Rhein zu 145,000 PS., an der Aare zu 32,000 PS., an der Reuss zu 10,000 PS. und an der Limmat zu 4500 PS. zusammen 192,000 PS. brutto. Danach wären die gesamten Wasserkräfte bei normalem Niederwasser zirka 258,000 PS. brutto = 195,000 effektive PS.

Die zirka 200,000 PS. wären also die Summe der aargauischen Wasserkräfte bei dem gegenwärtigen natürlichen Wasserhalt der Gewässer. Wenn aber die Entwicklung der Ausnutzung der Wasserkräfte bis zur Gegenwart dargestellt wird, so dürfte es ebensostark

*) Diese Wasserkräfte haben sich im Jahre 1912 mit Augst um 15,000 PS., 1913 mit Aarau um 3000 PS. und 1914 mit Laufenburg um 25,000 PS. vermehrt, betragen somit bereits zirka 107,000 PS brutto.