

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

**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

**Band:** 10 (1917-1918)

**Heft:** 7-8

**Artikel:** Die Staumauer San Antonio [Fortsetzung]

**Autor:** Ganz, K.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-920455>

#### **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:** 29.12.2025

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

Die Kohlennot hat uns gezeigt, in welch starkem Masse wir vom Ausland abhängig sind. Auch nach dem Kriege werden diese Verhältnisse nicht besser werden; die übermäßig verschuldeten Kriegsstaaten werden ihre ungeheuren Lasten vor allem dort herauszuholen versuchen, wo ihnen die Natur vor andern Ländern den Vorzug gegeben hat: in den Rohstoffen. Und zwar werden sie dieselben vor allem dem Ausland so teuer als möglich abgeben werden. Wir werden auch unsere Kohle nach wie vor teuer beziehen müssen. Deshalb ist für uns die Frage nach Ersatz eine brennende geworden.

Wenn wir auch weiterhin im Konkurrenzkampf der Völker bestehen wollen, so müssen wir, um einen Ausgleich im Endprodukte erzielen zu können, darnach trachten, die Produktionsbedingungen zu erleichtern. In der Zukunft werden jene Länder Mittelpunkte der Kultur werden, welche ihre Landesschätze auszunützen verstehen.

Der österreichische Ministerpräsident v. Seidler hat die Wichtigkeit der Wasserkräfte für sein Land erkannt und unlängst die Ausnutzung derselben als die nächste und dringendste Aufgabe bezeichnet. Und dies für Österreich, das mitten im Kriege steht und an einer ungleich grösseren Kriegslast zu tragen haben wird!

Wir Schweizer stehen ja bedeutend günstiger da, sowohl bezüglich der nötigen Kapitalien, wie des Wasserreichtums.

Aber diese Schätze werden uns nur dann zum Wohle gereichen, wenn sie unmittelbar der Volkswirtschaft zugute kommen.

Vor allem dürfen unsere Wasserkräfte nicht nach privatwirtschaftlichen Geschäftstendenzen ausgebeutet werden, sei es durch Private oder durch den Staat selbst, sondern sie sollen der arbeitenden Bevölkerung die produktive Arbeit erleichtern. Mit unseren Wasserkräften darf nicht Fiskalpolitik getrieben werden; die Staatskasse wird durch die Hebung des Volkswohls, durch Erhöhung der Wohlfahrt seiner Steuerzahlenden ebenfalls und bedeutend besser auf ihre Rechnung kommen!

Wir wollen dem Kriegsgeschick dankbar sein, wenn es uns, wenn auch in bitterer Erfahrung, diese Notwendigkeiten so deutlich vor Augen geführt hat. Ungehindert kleinlicher Entgegenhaltungen veralteten Zopftums, unbeachtet privater Interessen und beschränkten Kantönligeistes sollen unsere Behörden unverzüglich daran gehen, ihre eigenen Landeskräfte für die rationellste Ausnutzung zu untersuchen, um nach Klärung der jetzigen verworrenen Kriegsverhältnisse mit dem Ausbau sofort einsetzen zu können. Es ist Sache und Pflicht der Regierungen, für ihre Gewässer einen Wasserwirtschaftsplan auszuarbeiten, der als Grundlage für den späteren Ausbau dienen kann und in seiner Gesamtheit die beste und rationellste Ausnutzung darstellt. Gleichzeitig

soll untersucht werden, wie in wirtschaftlicher Beziehung die unleidigen Zustände saniert werden können. Und zwar sollen für diese Untersuchungen die einheimische Technikerkenschaft in Verbindung mit Industriellen beigezogen werden, um unabhängig von jeder Parteipolitik etwas wirklich Brauchbares zu schaffen.



## Die Staumauer San Antonio

der „Barcelona Traction, Light & Power Co. Lmtd.

Von K. Ganz, Dipl.-Ing., Meilen.

(Schluss.)

Der Bauausführung gingen umfangreiche und sorgfältige Sondierbohrungen voraus, die als Untergrund blauen und rötlichen Sandstein und Mergel ergaben; sie liessen auf Verwerfungen, mit Kies und Sand angefüllte Gänge und Spalten gefasst machen.

Im Januar 1914 konnte der Fluss in den gleichzeitig ausgeführten 120 m langen Umgehungsstollen im rechten Widerlager geleitet, die Baugrube durch Fangdämme abgeschlossen und die Sohle aufgedeckt werden. (Siehe Abbildung 8.) Schon die ersten Arbeiten liessen erkennen, dass an Installationskosten nicht gespart wurde, um ein rasches und ergiebiges Arbeiten zu ermöglichen. Zwei grosse Kranseilbahnen überspannten die Baustelle in etwa 130 m Höhe über der Talsohle (siehe Abbildung 9), so dass sie bis zur Vollendung der Mauer unverändert benutzt werden konnten. Die beidseitigen Türme waren fahrbar, so dass die ganze Baustelle bestrichen war. Auf der Talsohle und später auf der Mauer unterstützten grosse hölzerne Derricks mit einer scheinbar spielenden Beweglichkeit und enormen Leistungsfähigkeit die menschliche Arbeit. Die Konsolidierung des Untergrundes gestaltete sich, wie aus den Bohrergebnissen zu schliessen war, recht schwierig; es entstand unter der Sohle des Bauwerks ein wahres Labyrinth von Schächten und Gängen, die erst zubetoniert werden konnten, als die Mauer bereits über die Hälfte ihrer Höhe gediehen war.

Unterhalb der Mauer auf dem rechten Hang waren grosse Werkstätten erbaut für Schreinerei, Schlosserei und Schmiede, ferner Lebensmittelmagazine und Warendepots. (Siehe Abbildung 10.) Noch höher oben, über Kronenhöhe und anschliessend an ihren rechten Flügel lag die eigens erbaute moderne Zementfabrik mit einer Leistungsfähigkeit von zirka 320 t in 24 Stunden. Eng angeschlossen an die Zementproduktion waren die Steinbrecher und Betonmischer, welch letztere wie Schwalbennester am Absturz über der Baustelle klebten und von wo aus der breiartige Beton in halbkreisförmigen Stahlrinnen auf die Baustelle geleitet wurde; später, als die Mauer so hoch war, dass diese Zuleitungskanäle nicht mehr genügend Gefälle und Aktionsradius hatten, wurde auf der tal-

seitigen Dammböschung ein Steg erstellt auf dem Rollwagen mit Betonkübeln verkehrten. Letztere wurden mittels den Rinnen direkt vom Mischer aus gefüllt und durch den Bremsberg in die Nähe des Verbrauchsortes geführt, wo sie dann von den Seilkränen oder den Derricks abgehoben wurden.

Zum Betriebe der Bohrmaschinen, Bremsberge und Derricks war eine zweistufige Luftkompressorenanlage erstellt; ferner war zur Versorgung des Campamentes mit Betriebswasser eine Pumpenanlage unterhalb der Baustelle am Fluss errichtet worden, die das Flusswasser links- und rechtsseitig in hochgelegene Reservoirs förderte. Für die Trinkwasserversorgung musste man zu ältern Einrichtungen greifen: Auf  $\frac{3}{4}$  Stunde Entfernung wurde das Quellwasser aus Tälern auf dem Rücken von Maultieren herbeigeschleppt und man musste recht sparsam damit umgehen.

Eine Eisfabrik, Automobilwerkstätten, Garagen, Spitäler, Speisesäle, Bureaux, Wohnhäuser, Ställe für Pferde und Maultiere etc. bildeten Bestandteile der grossen Baumaschine. Es wurde Tag und Nacht gearbeitet. Die Baustelle wurde nachts durch Bogenlampen und von der Zementfabrik aus durch Scheinwerfer taghell beleuchtet; für die Besucher, wenn sie erst abends nach Tremp gelangten, war der Anblick der Baustelle imposant. Hunderte von Lichtern markierten die neue Ansiedelung, märchenhaft hob sich die weisse

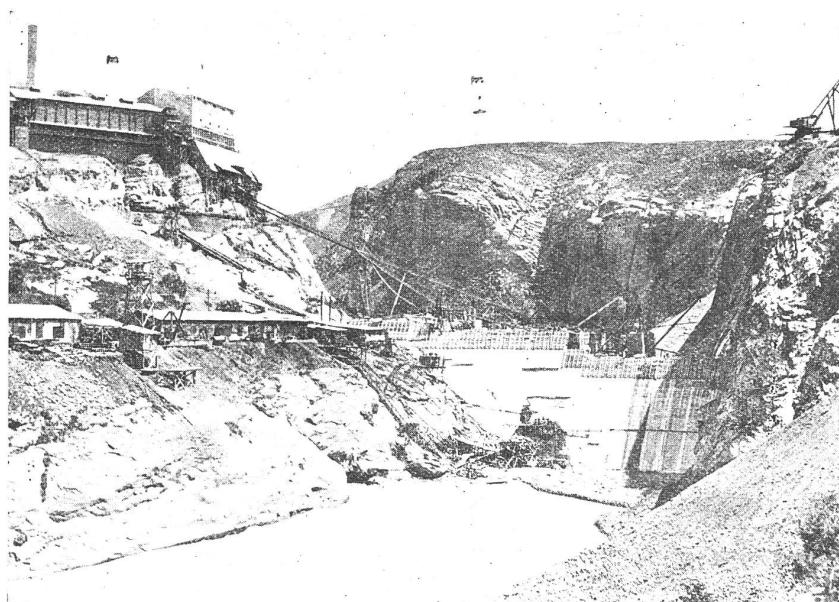


Abb. 8. Links der Umgehungsstollen, oben Zementfabrik und Zuleitungskanäle für den Beton.

Betonmauer im Scheinwerferlicht ab von den dunklen Felswänden.

Der ganze Damm ist einheitlich in Beton gegossen ohne Verkleidung der sichtbaren Flächen. Von der Talsohle bis etwa zur halben Höhe wurde ein Beton verwendet, der im Mittel  $240 \text{ kg/m}^3$  Zement enthält, später wurde der Zementgehalt auf  $200 \text{ kg/m}^3$  reduziert. Es wurde ein langsam bindender Zement verwendet, um bei den grossen Massen doch ein möglichst gleichmässiges, einheitliches Erstarren zu erzielen. Der Beton wurde so dünnflüssig aufgetragen, dass die Arbeiter bis zu den Knien darin versanken. Von Anfang an wurden grosse solide, gesunde Felsblöcke, sog. Plums, in den Brei geworfen; deren Volumen betrug anfänglich 5-7%

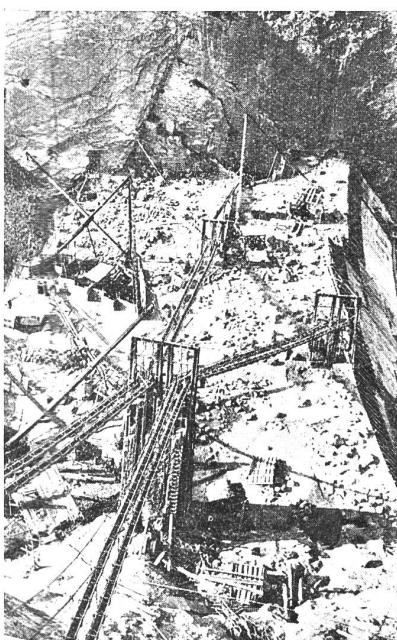


Abb. 9. Blick von der Zementfabrik auf die Staumauer.

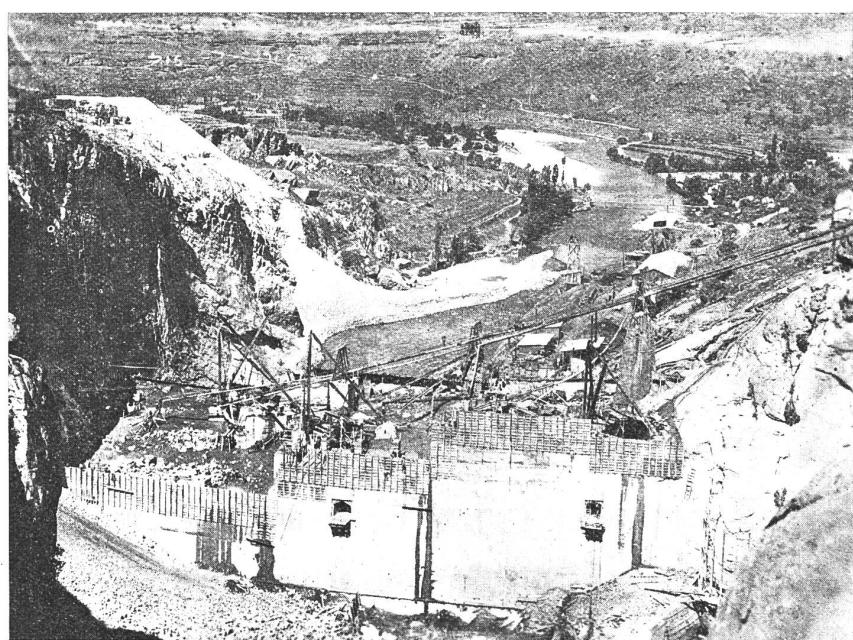


Abb. 10. Blick flussabwärts auf die Staumauer, rechts unten Einlauf in den Umgehungsstollen und erste Arbeiten zum Abschlussturm.

des Gesamtinhaltes, später steigerte sich das Verhältnis bis zu 22%. Die Verschalung der sichtbaren Flächen geschah mit Eisenblechen, die durch in Beton steckenden Schrauben festgehalten wurden. (Siehe Abbildung 11.) Diese wurden bei noch feuchtem Beton durch Drehen gelockert und konnten beim Versetzen der Tafeln leicht herausgedreht werden, wobei einzig die Schraubenmuttern am Ende der zirka 60 cm langen Schäfte im Beton verblieben. Außerdem waren zur Versteifung und zur Montage der Eisenbleche Doppel- $\square$  Eisen angeschraubt, die über zwei Tafeln reichten, so dass, wenn der Beton den Rand der oberen Tafel erreichte, die  $\square$  Eisen gelöst, um eine Feldhöhe gehoben und wieder festgemacht wurden. Die untere Tafel wurde dann ebenfalls von den Schrauben gelöst, oben an den  $\square$  Eisen festgemacht und mit den unten aus dem Beton herausgedrehten Schraubenbolzen versehen. (Siehe Abbildung 12.) Die Höhe der Tafeln betrug 2,70, die Länge der  $\square$  Eisen 5,40, die Breite der Tafeln zirka 3 m. Diese Verschalung arbeitete sauber, rasch und, da ohne Gerüst, auch billig. Im Innern wurden die einzelnen Arbeitsstellen jeweils durch Holzverschaltungen möglichst rauh und unregelmässig abgeteilt, so dass in Querschnittsrichtung immer eine gute Verzahnung war. Nach oben, etwa von Cote 520 an, wurden Dilatationsfugen hergestellt dadurch, dass man die Stossflächen solcher Arbeitsstellen mit Teermasse bestrich. Die Kronenbreite beträgt 4 m und ist beidseitig mit Steingeländern begrenzt. Abbildung 13 zeigt das Aufbringen der hohlen Geländersteine, die an Ort und Stelle mit Beton vergossen wurden.

Der gesamte Kubikinhalt der Staumauer ohne irgend welche Zusatzbauwerke beträgt 270,000 m<sup>3</sup>; zum Vergleich seien noch folgende Kubaturen genannt:

#### Einlaufbauwerk zum Druckstollen

und Schieberhaus . . . . .	5,700	m <sup>3</sup> Beton
Druckstollen und Leitung . . . . .	6,500	" "
Überlauf mit automatischen Klappen	10,500	" "
Maschinenhaus . . . . .	7,400	" "

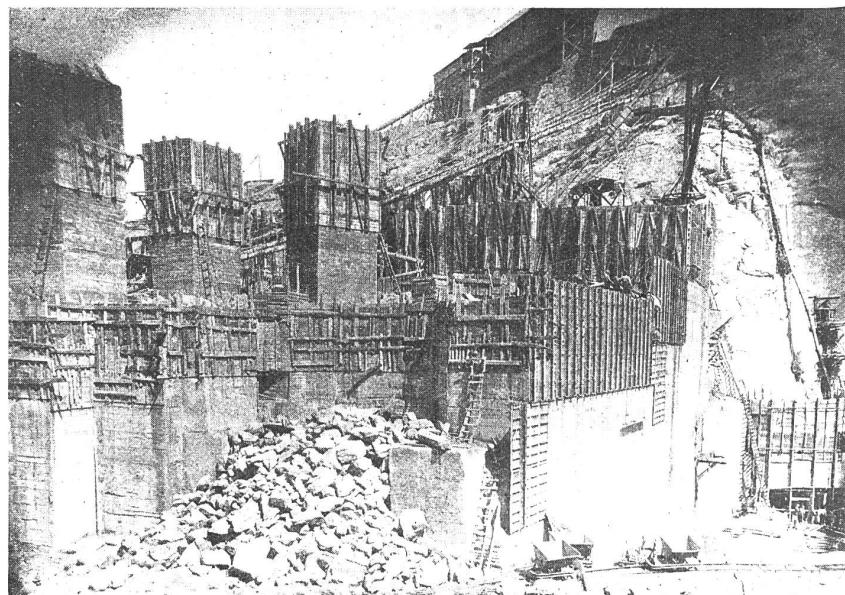


Abb. 11. Die Stirnflächen werden mit Eisenformen geschalt, im Innern der Mauer möglichst rauhe und unregelmässige Blöcke gebildet.

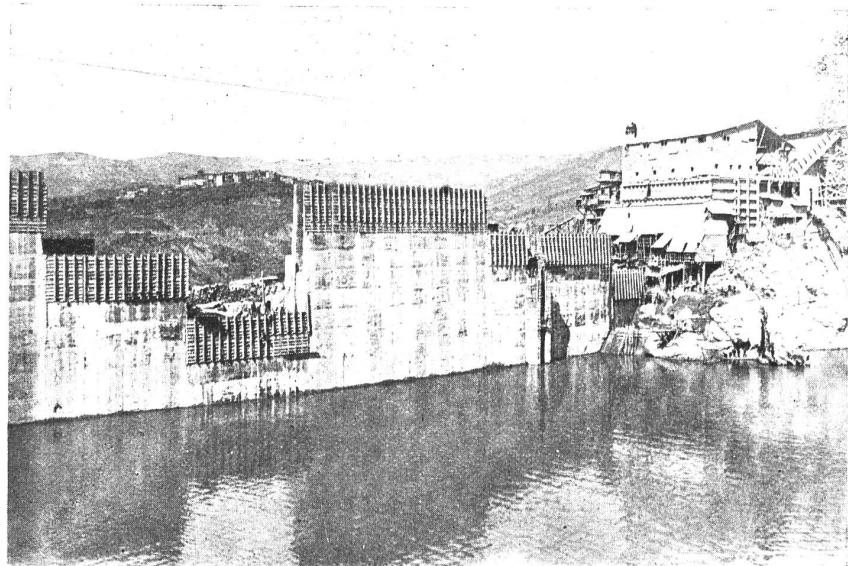


Abb. 12. Blick vom Bassin aus. Dilatationsfuge.

Der m<sup>3</sup> fertiger Damm beton kostete im Mai 1914 durchschnittlich 33.65 Pesetas; die Kosten der gesamten Mauer berechnen sich hiernach auf 9,08 Mill. Pesetas; durch den Krieg sind aber die Preise für Kohle, Öl etc. rapid gestiegen, so dass sich die Abrechnung in beträchtlich höhern Zahlen bewegen wird.

Die mittlere Tagesleistung betrug zirka 900 m<sup>3</sup> Beton; einzelne Rekordleistungen brachten der 7. Juli 1914 mit 1232 m<sup>3</sup>, der 28. Oktober 1915 mit 1717 m<sup>3</sup> und der 10. Januar 1916 mit 1207 m<sup>3</sup>. Für den 7. Juli 1914 betrugen die Kosten des m<sup>3</sup> Damm betons 30.56 Pesetas, an Plums wurden 13,2% eingeworfen. In den Schächten und Gängen unter der Sohle stieg der Preis des m<sup>3</sup> Beton auf das Doppelte.

Die Zementfabrik fand an der rechtsufrigen Lehne einen sehr günstigen Steinbruch, von dem 82 % zur Zementfabrikation verwendbar war; der  $m^3$  des nützlichen Rohmaterials kam auf 10 Pesetas zu stehen, die Tonne Zement kostete 62 Pesetas, im Durchschnitt wurden im Tag 125 Tonnen Zement verarbeitet.

Der Abschluss des Umgehungsstollens machte Schwierigkeiten, weil die Regierung verlangte, dass auch während der Zeit des Stauens dem Fluss mindestens  $20 m^3$  zugeführt werden müssen; man musste also den Fluss bis auf die Höhe des Einlaufs zum Druckstollen stauen können, bevor man den Umgehungsstollen schliessen durfte. Man erreichte dies mittels eines halbkreisförmig um den Stollenmund gebauten Turmes, der bis auf die Cote 510 geführt wurde. (Siehe Abbildung 14.) In die Wand, die unten 1,50 m stark und mit Eiseneinlagen gegen Risse bewehrt ist, sind einige Meter über der Sohle zwei grosse Öffnungen gelassen, die man durch Dammbalkentafeln schloss und zubetonierte, sobald man mit dem Stauen begann. Es musste für diesen Vorgang natürlich ein geringer Wasserzufluss abgewartet werden. Ende Januar 1916 war mit  $20 m^3/\text{sek.}$  ein Minimum erreicht; die zirka  $6 m^2$  grosse provisorische Öffnung im Staudamm selbst auf Cote 480 wurde zubetoniert, eine der untern Öffnungen am Turm ebenfalls und sofort stieg das Wasser bis zur nächsten Öffnung im Turm, die sich nun alle 3 m wiederholten und mittels Klappen von der Plattform 510 aus zu schliessen und wieder zu öffnen waren. (Siehe Abbildung 15.) Man konnte so mittels dieser Öffnungen den Stauvorgang regulieren und jede Höhe eventuell einhalten. Der obere Rand des Turmes konnte als Überlauf wirken, so dass auf alle Fälle ein unerwartetes Steigen des Sees über Cote 510 und damit ein Überfließen der Baustellen ausgeschlossen war. Zur festgesetzten Zeit stand aber der Stolleneinlauf und die Druckleitung betriebsfertig da und es konnten auf diesem Wege  $75 m^3/\text{sek.}$  dem Flusse zugeführt werden. Ausserdem stand als Entlastung noch eine Entnahmleitung für Bewässerung

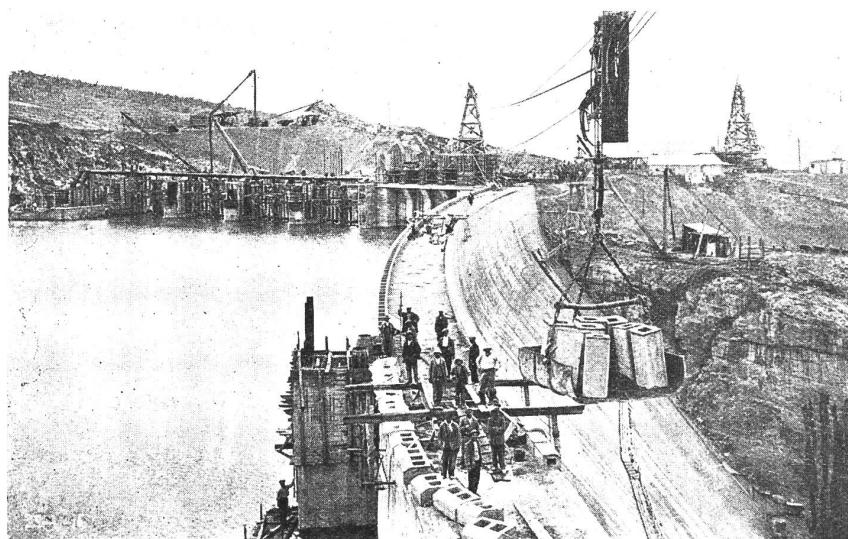


Abb. 13. Mauerkrone, Aufbringen der hohen Geländersteine, die an Ort und Stelle vergossen werden.

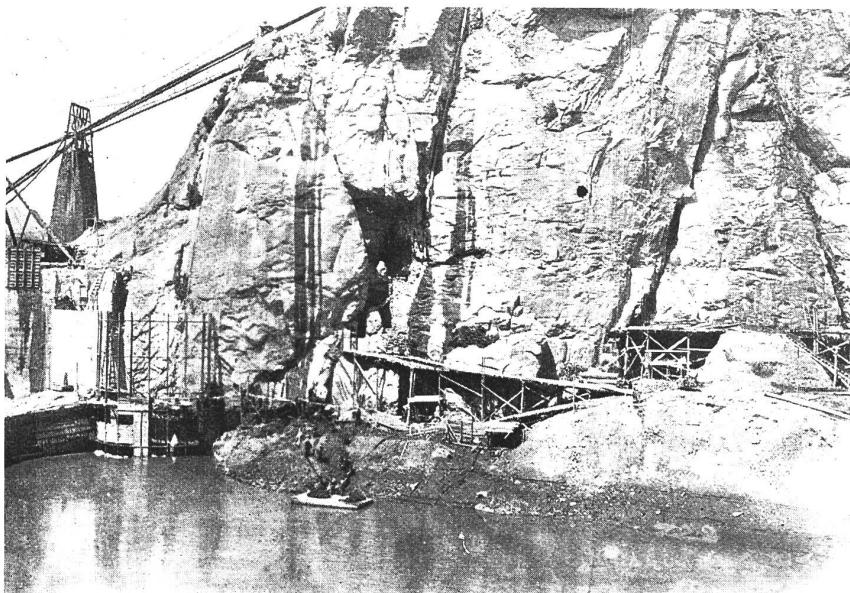


Abb. 14. Blick auf den Turm vor dem Umgehungsstollen und auf die Konsolidierungsarbeiten in den Felsen im Staugebiet.

zur Verfügung, die ebenfalls geöffnet wurde. (Siehe Abbildung 16.) Es wurde also auch die zweite Öffnung am Turm geschlossen und sobald der Wasserspiegel die Cote 500 erreichte, die Klappen geschlossen und damit der Stollen trocken gelegt. Der obere Teil desselben und auch der Turm wurden mit Beton ausgefüllt. Der verbleibende Teil wurde vom Unterwasser her zubetoniert und damit der See durch einen soliden Ppropfen für alle Zeiten abgeschlossen. Die Stauung ging nun ohne weitere Störung vor sich, obwohl auf dem Damm fieberhaft gearbeitet werden musste, um vom rasch steigenden Wasser nicht eingeholt zu werden. Im Mai 1916 war die Schwelle der automatischen Klappen erreicht und der Über-

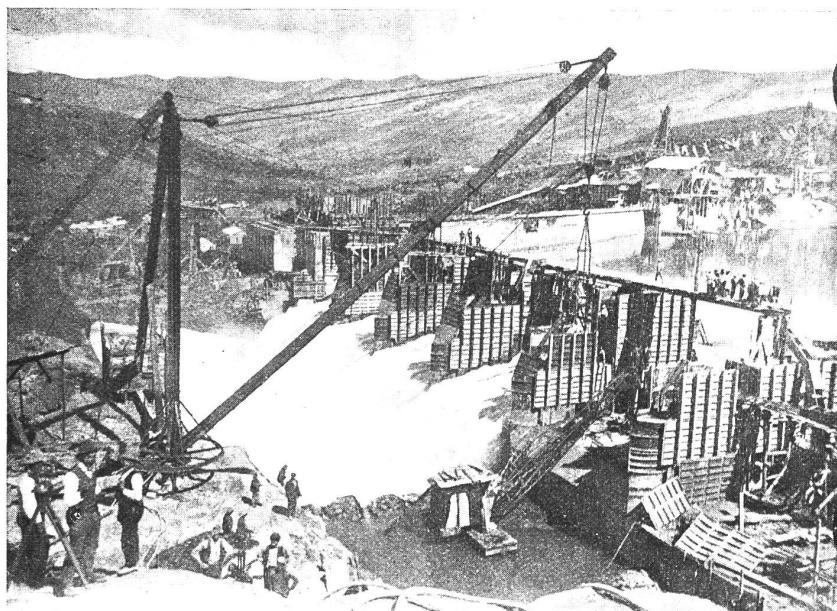


Abb. 15. Autom. Klappen der Stauwerke im Bau. Hochwasserperiode Mai-Juni 1916.

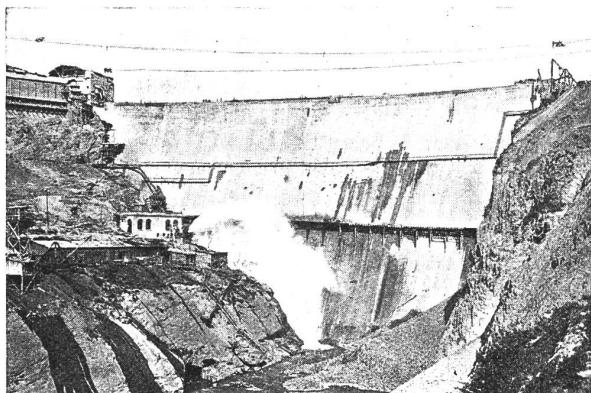


Abb. 16. Das provisorisch geöffnete Entnahmerohr für Bewässerungswasser; am Damm und am rechten Widerlager sind deutlich die Schwitzstellen bemerkbar.



Abb. 17. Verteilungsstück des 4 m Druckstollens auf zwei je 2,80 Rohre. Die Schmetterlingsklappen sind noch nicht montiert.

lauf trat in Funktion. Das Wasser suchte sich im noch unausgebaute Kanal unliebsame Wege, die Spalten und Risse des Kalkgestein schluckten es gierig und spien es etwa 100 m weiter unten unter Mitnahme von Bäumen und Humus wieder aus. Bis man wusste, wo das plötzlich verschwindende Wasser wieder zum Vorschein trat, verstrichen einige bange Minuten. Die Staumauer selbst zeigte keinerlei Spuren der kolossalen Belastung, ausser dass die talseitige Stirne zu schwitzen begann und man an den Schweißstellen von aussen genau den Stand des Wasserspiegels verfolgen konnte. Auch das anliegende natürliche Gestein verlor unter dem enormen Druck Schweißwasser.

Über das Einlaufbauwerk, die automatischen Klappen, die Druckleitung und das Maschinenhaus sei auf die Publikation des Herrn Direktors A. Huguenin von Escher Wyss & Cie. in der „Schweiz. Bauzeitung“ vom 7. April 1917 etc. verwiesen; dort sind über die Wasserverhältnisse, die maschinellen Einrichtungen und die Verwendung des Stromes nähere Angaben zu finden. (Siehe Abbildung 17.) Es sei noch erwähnt, dass die Bauten von Amerikanern geleitet wurden; die Projektarbeiten lagen in den Händen des Schweizers Oberingenieur W. Diem; die schweizerische Industrie nahm hervorragenden Anteil an der Ausrüstung des Werkes: Escher Wyss & Cie. lieferte sowohl Turbinen und Druckleitung, die gesamte Ausrüstung des Einlaufbauwerkes, der Abschlusschützen, Aufzugsmechanismen, wie auch die Pumpenanlagen für das Bewässerungssystem; Stauwerke A.-G. Zürich erstellten die sieben automatischen Schützen. Die zum Teil sehr schwierige Montage für Escher Wyss & Cie. leitete unter Direktor A. Huguenins Oberleitung Herr Chefmonteur Baumann. Mit dem Bau wurde anfangs 1913 begonnen; am 7. August 1914 wurde er für ein Jahr eingestellt; im März 1916 konnte von der Zentrale Tremp bereits Strom nach Barcelona abgegeben werden, während das Seros-Werk in knapp 14 Monaten erstellt wurde. Das Tempo, in dem die Anlagen dieser Gesellschaft aus dem Boden gestampft werden, ist amerikanisch geblieben und es werden dabei namhafte Summen an Bauzinsen erspart worden sein, abgesehen davon, dass die Werke sehr rasch zu Einnahmen gelangten.

