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

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 10 (1917-1918)

Heft: 3-4

Artikel: Die Staumauer San Antonio

Autor: Ganz, K.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-920448

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: 22.07.2025

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

die stärkste Strömung und der grösste Schall gerade beim Wehr selbst stattfindet, wo der Aufstieg unmöglich ist. Die Ausmündung einer Fischtreppe mit ihrer doch verhältnismässig geringen Wasserbewegung, würde inmitten der grossen, durch das Wehr verursachten Bewegung gar nicht beachtet. Die Ausmündung wird daher besser seitwärts in ruhigerem Wasser, aber immer möglichst nahe unterhalb des Wehres angebracht, wohin der Fisch nach Absuchen der Wehrbreite gelangt. Die Öffnung muss immer unter Wasser liegen und soll möglichst gross sein. Daneben sind noch eine Reihe von Faktoren zu berücksichtigen, wie Geschiebebewegung, Gestaltung des Flussbettes usw. Der Fischweg selbst soll eine möglichst gleichmässige Strömung besitzen. Der Fisch besitzt in der sogenannten Seitenlinie ein Organ, das ihn nach den Forschungen von Professor Dr. Hofer in München in den Stand setzt, Richtung und Stärke der Strömung wahrzunehmen und einen seitlichen Zufluss schon von ferne zu fühlen.[1]) Ohne die Seitenorgane würden viele Wanderfische nicht in der Lage sein, sich in alle die zahlreichen Nebenarme eines Flussgebietes zu verteilen. (Aal und Lachs.)

Die Forderung, dass Wände, Zwischenwände und Böden von Fischtreppen beispielsweise mit Kieselsteinen bedeckt sein müssen, um den Fischtreppen ein natürliches Aussehen zu geben, erscheint nach den Untersuchungen von Denil (siehe S. 98) als hinfällig. Verputzter Beton, der sich mit Algen und Moosen überdeckt, genügt für ein natürliches Aussehen.

Im Laufe der Zeit haben sich zwischen den verschiedenen Ländern und innerhalb dieser Länder selbst die verschiedenartigsten Systeme von Fischwegen ausgebildet, ein Beweis dafür, dass man immer noch nach einer Lösung sucht, ohne, wie wir später nachweisen werden, sie gefunden zu haben. Die hauptsächlichsten Typen von Fischwegen sind folgende:[2])

1. Fischwege aus Tümpeln. Primitivste Form des Fischweges, der hergestellt wird, indem man Ober- und Unterwasser über das Wehr durch eine ungleichmässige Reihe von Absätzen mit Tümpeln verbindet.
2. Schrägpässe. Ununterbrochene Verbindung zwischen Ober- und Unterwasser über das Wehr in Form eines Wehreinschnittes, von Schlupföffnungen in Nadelwehren, gerade oder schräg angeordnet.
3. Fischtreppen. Bestehen aus einer Reihenfolge von Becken in gleichmässigen Absätzen treppenartig gestaltet. Sind die Zwischenmauern nicht ganz durchgeführt, nennt man die Anlagen Fischtreppen mit Stegen,[1]) mit durchgeführten Zwischenmauern Fischtreppen mit Sperren, letztere mit Einschnitten oder Schlupflöchern, oft auch beide. Die Abmessungen richten sich nach der Fischart.
4. Fischwege mit Gegenstrom, Durch entsprechend angelegte Zuleitungskanäle wird ein Gegenstrom im Fischweg erzeugt. (System Mac Donald & Caméré.)
5. Deniltreppen. Benannt nach dem Erfinder Denil.[2]) Entstanden aus einer Umarbeitung und Verbesserung der Fischtreppen System Caméré. Bestehend aus einer stark geneigten Rinne mit schaufelförmigen Einbauten und seitlicher Wasserzuführung zwecks Erniedrigung der Geschwindigkeit. (Gegenstrom.)
6. Schleusen. Wo Fischwege ihren Zweck nicht erfüllten, benützt man die vorhandenen Schiffschleusen zum Durchschleusen der Fische. Eine Fischschleuse, die eigens zum Zwecke der Durchschleusung von Fischen gebaut wird, ist die sogenannte Recken'sche Fischschleuse, benannt nach ihrem Erfinder Baurat Recken in Hannover.
7. Aalpässe und Aalleitern. Aalpässe dienen zum Aufstieg der jungen Aale vom Meer in die Flüsse; Aalleitern zum Abstieg der ausgewachsenen Aale nach dem Meere. Aalpässe bestehen in einem Loch in der Unterkante einer Schütze, Einmauerung von Röhren in Wehren und bei den Turbinen, Rinnen usw. Aalleitern bestehen in langen Holzrinnen, Faschinenwänden usw.

(Fortsetzung folgt.)

[1]) Berichte aus der kgl. bayrischen Versuchsstation in München, Bd. I. Stuttgart 1908. S. 115, 156.

[2]) Siehe Gerhardt a. a. O.

Die Staumauer San Antonio

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

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

Die Staumauer San Antonio in Tremp, spanische Pyrenäen, ist für Europa weitaus die höchste ausgeführte massive Staumauer; es scheint daher gerechtfertigt, über deren Anlage, Berechnung und Bauausführung einiges mitzuteilen.

Die Kraftanlage Tremp, zu der die Talsperre als wesentlichster Bestandteil gehört, bildet das oberste Glied der projektierten Anlagen der von Dr. F. S. Pearson gegründeten „Barcelona Traction, Light & Power Co." zur Ausnutzung der Wasserkräfte der Flüsse Noguera Pallaresa, Segre und des Ebro bei Fayon. Der Pallaresafluss wird durch die 84 m hohe Mauer in der Nähe von Tremp aufgestaut und da-

[1]) In der Schweiz „Chicanen" genannt.

[2]) Les échelles hydrauliques, par G. Denil, Ing. Gand, Imp. F. & R. Buyck frères. Über Anlage von Fischpässen von Ing. S. Bitterli, Rheinfelden, S. A. Schweiz. Bauzeitung Bd. LV No. 7.

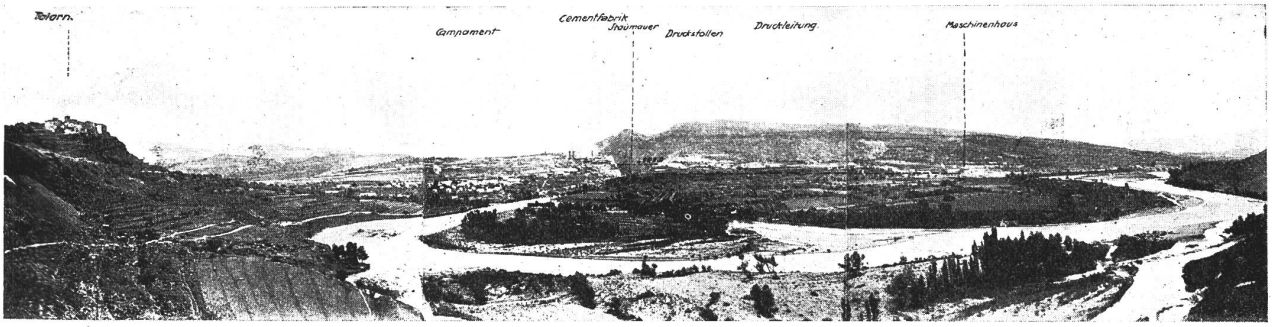

Abb. 1. General-Ansicht von Tremp aus auf die Baustellen.

mit ein Gefälle von 75 m bei höchstem und 37 m bei niederstem Wasserspiegel des Stausees gewonnen. Die Kraft für die Bauinstallationen hatte der Fluss selbst zu liefern, indem in Pobla, etwa 14 km oberhalb Tremp, vor Baubeginn ein provisorisches Kraftwerk mit 4000 PS. Maschinen-Kapazität erstellt wurde.

Etwa 18 km unterhalb Tremp, in Barcedana, ist ein weiteres Gefäll von 70 m zu gewinnen, indem das durch den gewaltigen Stausee regulierte Unterwasser der Zentrale Tremp in einem Kanal an der linksseitigen Tallehne hinuntergeführt wird. Dabei sind zwei grössere Täler zu überschreiten, wovon das erstere mittels eines Syphons von zwei Leitungen à 4 m Durchmesser überwunden wird, während das zweite durch eine etwa 30 m hohe Mauer in ein Tagesausgleichsbecken umgewandelt werden soll. Von hier wird das Wasser durch einen zirka 1,4 km langen Stollen dem Wasserschloss zugeführt. (Siehe Abbildung 1.)

Die dritte Anlage soll am Zusammenfluss von Segre und Pallaresa erstehen mit bedeutendem Ausgleichsbecken in jedem Flusstal.

Die vierte Anlage ist seit 1914 in Betrieb; sie nutzt das Wasser des Segre von Lérida bis 30 km unterhalb aus und ist mit 60,000 PS. Maschinen-Kapazität ausgerüstet.

Die fünfte Anlage, zugleich die bedeutendste von allen und voraussichtlich die grösste in Europa, ist durch Aufstau des Ebro bei Fayón geplant. Sie soll im zweiten Ausbau 300,000 PS. produzieren.

Von diesen fünf Anlagen, sämtliche Hochdruckanlagen mit bedeutenden Wassermengen, sind fertig erstellt die Tremp-Zentrale und die Seros-Zentrale; die dritte Anlage bei Camarasa ist diesen Herbst begonnen worden, während die Barcedana- und die Ebro-Anlagen erst im Projekt festgelegt sind. Das Zusammenarbeiten dieser fünf Anlagen mit ihren bedeutenden Ausgleichsbecken, die bei der stark wechselnden Wasserführung der spanischen Flüsse von höchster Wichtigkeit sind, wird dereinst eine fast restlose Ausnützung der während langer Monate hindurch unscheinbaren Wasserkräfte der genannten Flüsse erlauben.

Damit ist dem Leser eine Übersicht über die Anlagen gegeben und wir kehren zu unserem Staudamm San Antonio zurück.

Das Tal zwischen Pobla und Tremp schien für einen Stausee geschaffen, die Kulturen waren spärlich und wenig wertvoll, vereinzelte Olivenbäume mit ihrem schmutzig-grünen Blätterwerk gaben der Talschaft ein lebensmüdes, ärmliches Aussehen. Man durfte voraussetzen, dass hier ein See den Reiz der Landschaft nur heben konnte und fand für das Vorhaben bei der Bevölkerung denn auch nicht den Widerstand, den sie sonst in ihrer konservativen Gesinnung jedem modernen Unternehmen in diesen Gegenden entgegenbringt. (Siehe Abbildung 2.) Die Talhänge sind flach bis in die Nähe des Staudammes, wo sich der Fluss durch einen Querriegel aus Kalkstein durchgefressen hat. (Siehe Abbildung 3.) Die Lage der Talsperre war durch die Natur gegeben, die steilen Kalkfelsen, die bis auf 70 m zusammenrücken, bildeten prächtige Widerlager für das gewaltige Bauwerk.

Es lag in den Abflussverhältnissen des Pallaresa, dessen kleinste und grösste Wassermengen sich verhalten wie etwa 1 : 260 oder noch ungünstiger, dass nur ein gewaltiges Reservoir eine wirtschaftliche Ausnützung der Wasserkraft ermöglichte. Die Berech-

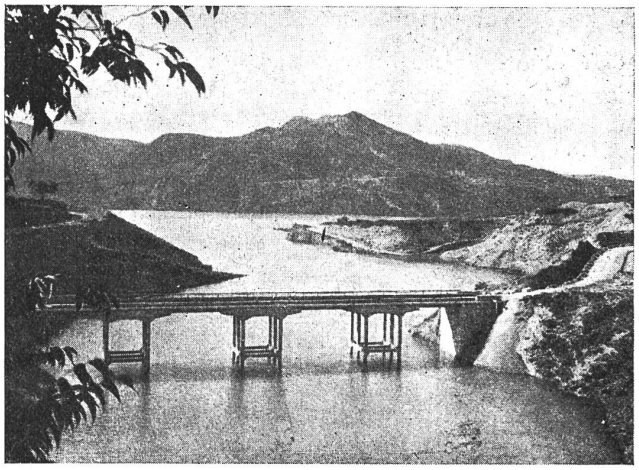

Abb. 2. Blick aus einem Seitenarm auf den Stausee. Im Vordergrund neue Strassenbrücke im Zuge der verlegten Staatsstrasse Tremp-Pobla-Frankreich.

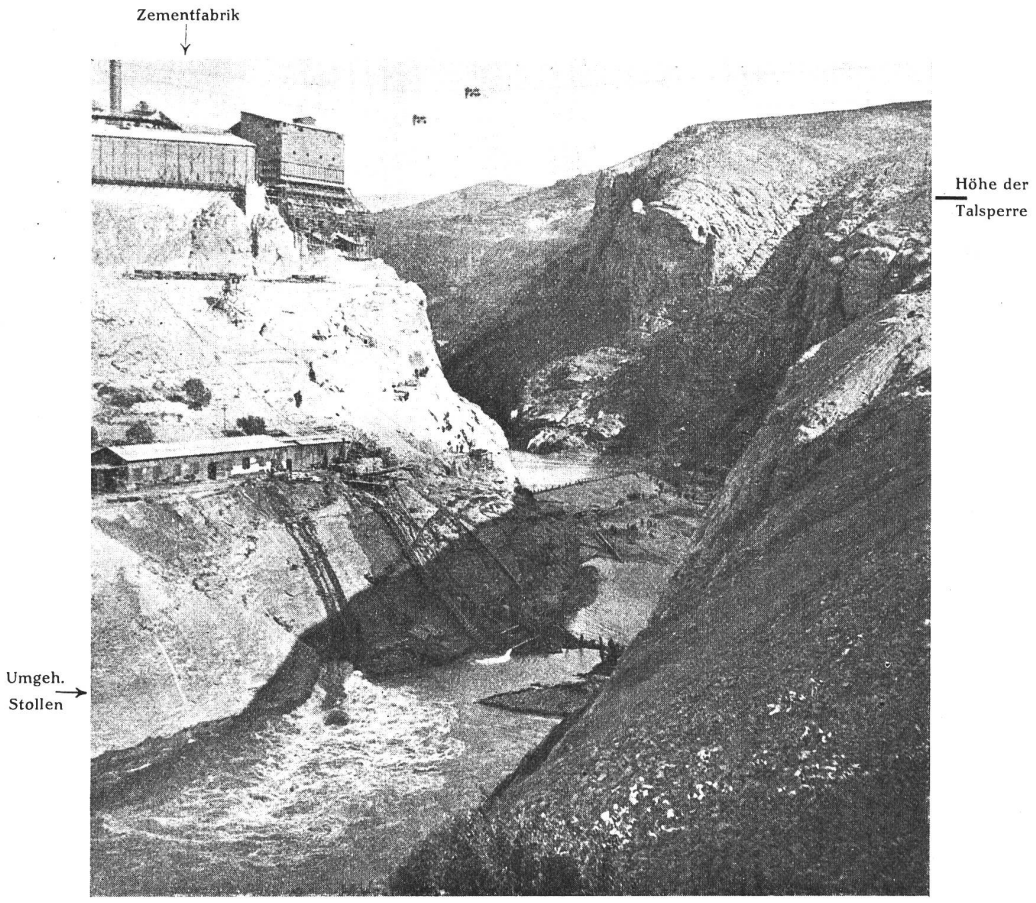

Abb. 3. Durchbruchstelle des Pallaresa, Lage der Talsperre, im Hintergrund Fangdam, links vorn Ausmündung des Umgehungsstollens.

nung mit einer 82 m hohen Mauer ergab ein Staubecken von 230 Millionen m^3, wovon 207 Millionen m^3 nutzbarer Inhalt, da der Druckstollen etwa 40 m über der Talsohle liegt und der See also nicht völlig entleert werden kann. Dabei war ein nutzbares Gefälle von 75 m bei höchstem und 37 m bei tiefstem Wasserstand zu erzielen. Die minimale Wassermenge des Flusses, die in trockenen Zeiten bis auf wenige m^3/sek. fiel, konnte auf zirka 22 m^3/sek. konstant gebracht werden; als obere Grenze der Entnahme wurden 60 m^3/sek. der Dimensionierung von Druckleitung und Maschinenhaus zugrunde gelegt. Bei den gewaltigen Mengen, die der Fluss bei Hochwasser führt, war einem Überfliessen des Beckens damit aber nicht begegnet; ein Überfliessen über die Dammkrone wurde von der Regierung nicht zugelassen, vielmehr schrieb sie die Erstellung einer seitlichen Hochwasserrinne von 2000 m^3/sek. Führungsvermögen vor. Zur Wasserhaltung auf nützlicher Höhe wurden zuerst Schützenöffnungen und Syphons projektiert; schliesslich entschied man sich für die Anlage von sieben automatischen Klappen der A.-G. Stauwerke Zürich, von denen eine kleinere Klappe bereits in Pobla zur Verwendung kam und dort tadellos funktionierte. Die Durchflussöffnung, die eine Klappe abgesenkt frei gibt, ist bei 10 m Breite 60 m^2; bei sieben Öffnungen also 420 m^2; rechnet man mit einem μ von 0.66, so erhält man die von der Regierung gewünschten 2000 m^3 Führungsvermögen, selbst wenn die Druckleitung geschlossen wäre. Diese Wassermenge wird in einem Felseinschnitt links am Dammende vorbei bei 60 m unterhalb der Mauer dem Flusse wieder zugeführt, wobei der etwa 40 m hohe Absturz über die Felswände bei Hochwasser ein imposanter Anblick ist. (Siehe Abbildung 4.)

Die Berechnung der Talsperre erfolgte nach den Grundsätzen von Maurice Lévy, wonach die maxi-

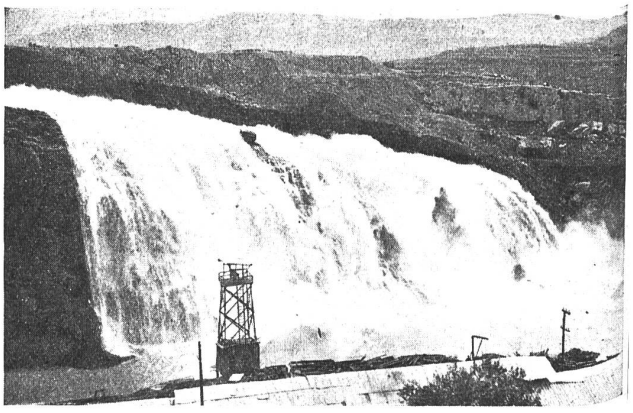

Abb. 4. Blick vom rechten Ufer auf den Hochwasser-Absturz.

malen Randspannungen des Mauerwerks nicht in lotrechter Richtung auftreten, sondern normal zu Schnittebenen stehen, die ihrerseits die äussere Umrisslinie rechtwinklig schneiden. Da eine von Lévy vorgeschlagene Schutzmauer abgelehnt wurde, verlangte die spanische Regierung, dass bei gefülltem Becken die Randspannungen wasserseitig keinesfalls kleiner werden als die entsprechende Wasserpressung, so dass wir zum Beispiel bei 81 m Wasserdruck wasserseitig noch eine Mauerpressung von 8,1 kg/cm² nachzuweisen hatten; ferner durften die maximalen Mauerpressungen den Betrag von 20 kg/cm² nicht überschreiten.

Die ersten Querschnitte, die man entwarf, erinnerten an Intzesche Formen; man versuchte durch Aufsetzen von Mauerwerk über die eigentliche Kronenhöhe hinauf jenen spezifischen Mauerdruck wasserseitig herauszurechnen. Es wäre ein Buckel über der Mauer emporgestiegen, der von einem Fussgänger ohne Hilfsmittel nur schwer zu begehen gewesen wäre. Der Gedanke hätte in seiner Ausführung wohl zu grotesk gewirkt und wurde fallen gelassen, obschon die Notwendigkeit eines horizontalen Mauerabschlusses nicht vorhanden war. Man sah erst durch wiederholtes Probieren ein, dass ein wasserseitiger Anzug am Fusse der Mauer der Erfüllung obiger Bedingungen entgegenwirkt.

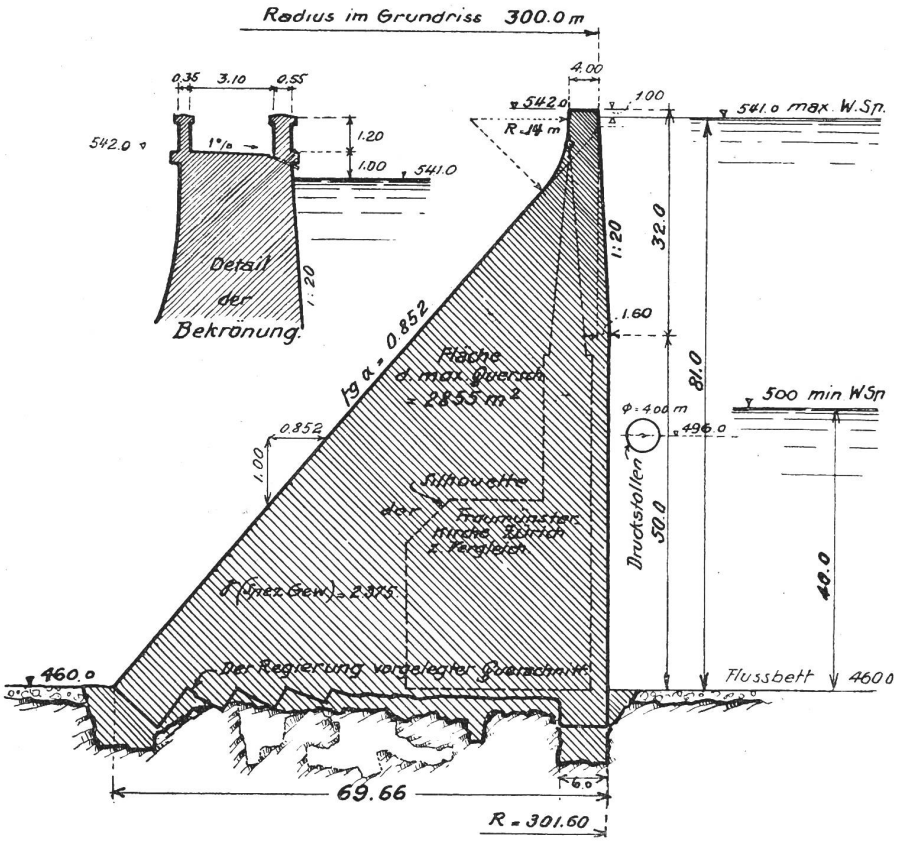

Abb. 5. Maximal-Querschnitt der Staumauer. 1 : 1000.

Der in Abbildung 5 dargestellte elegante Mauerquerschnitt ist die endgültige Form. Sie ist entstanden aus dem rechtwinkligen Grunddreieck x, y, z, das obige Bedingungen erfüllt, wenn α (= Winkel an der Spitze) (siehe Abbildung 6) bestimmt wird aus $\operatorname{tg} \alpha = \sqrt{\frac{1}{\gamma - 1}}$, wobei γ = spez. Gewicht des Mauerwerks. Die zu 4 m ausgebildete Bekrönung ändert die Spannungen; um bei leerem Becken negative Spannungen talseitig zu vermeiden, geben wir dem ursprünglichen Dreieck einen wasserseitigen Anzug bis in eine gewisse Tiefe und rücken gleichzeitig die mathematische Spitze des Dreiecks nach unten. Durch Probieren wird man am schnellsten obige Bedingungen mit einem Minimum an Fläche erfüllen können. Die Spannungen wurden nach den Formeln gerechnet:

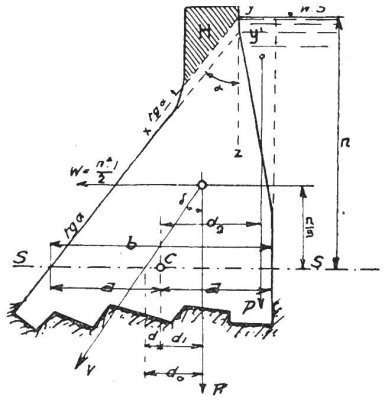

Abb. 6. Berechnung der Staumauer.

Reservoir voll (Cote 541):

$$\sigma_1 = \frac{R}{2a}\left(1 - \frac{3d}{a}\right) + \frac{P}{2a} \cdot \left(1 + \frac{3d_2}{a}\right) \text{ wasserseitig}$$

$$\sigma_2 = \left[\frac{R}{2a} \cdot \left(1 + \frac{3d}{a}\right) + \frac{P}{2a}\left(1 - \frac{3d_2}{a}\right)\right] \cdot (1 + \operatorname{tg}_2 \alpha) \text{ talseitig}$$

Reservoir leer (Cote 500):

$$\sigma_1 = \frac{R}{2a}\left(1 - \frac{3d}{a}\right) \text{ wasserseitig}$$

$$\sigma_2 = \frac{R}{2a}\left(1 + \frac{3d}{a}\right)(1 + \operatorname{tg}_2 \alpha) \text{ talseitig}$$

wobei bedeuten:

R = Gewicht des Mauerwerks über dem Schnitt S—S.

P = „ „ Wassers über dem Anzug.

W = horizontaler Wasserdruck = $\frac{n^2 \times 1}{2}$

V = Resultierende aus W und R.
n = Höhe des Wasserspiegels über dem Schnitt S—S.
b = Breite des Schnittes; $a = \frac{b}{2}$
d d_1 d_2 = Distanzen von C zu den Schnittpunkten von R, V und P mit der Schnittebene S—S.
$d_0 = d + d_1$.
$\operatorname{tg} \delta = \frac{n^2}{2R}$

Die Maximalspannungen am Fusse der Mauer ergaben:
bei vollem Becken:
(Cote 541.0 resp. 81 m Wasserdruck)
wasserseitig: 8,13 kg/cm²
talseitig: 18,65 „
bei leerem Becken:
(Cote 500 resp. 40 m Wasserdruck)
wasserseitig: 17,55 kg/cm²
talseitig: 2,24 „

Die Berücksichtigung eines Auftriebes wurde nicht verlangt angesichts der äusserst gewissenhaften und gründlichen Sohlenbefestigung und des Hinuntertreibens eines starken Dorns sowohl an der Ferse wie an der Dammzehe (siehe Abbildung 7); dagegen war das spezifische Gewicht Gegenstand lebhafter Erörterungen zwischen Regierung und Baugesellschaft. Letztere war auf Grund ihrer Untersuchungen berechtigt, mit einem spezifischen Gewicht von 2,4—2,45 zu rechnen, während die Regierung nur 2,3 gestatten wollte. Man einigte sich schliesslich auf 2,375, an welchen drei Dezimalen man sofort den Kompromiss errät. Spätere genaue Untersuchungen im chemischen Laboratorium der Zementfabrik ergaben an 153 mm-Würfeln mit 229 kg Zement pro m³ Beton folgende Zahlen:

	Druckfestigkeit	Spez. Gewicht
nach 7 Tagen	63,6 kg/cm²	2,425
„ 28 „	101,25 „	2,423
„ 56 „	152,5 „	2,421
„ 84 „	153,8 „	2,407
„ 6 Monaten	180,0 „	2,407

Die Annahme eines höhern spezifischen Gewichtes (2,4) wäre also durchaus berechtigt gewesen und hätten der Gesellschaft namhafte Summen erspart, umso mehr, als während des Baues bis zu 22 % schwere Blöcke mit spezifischem Gewicht von 2,7—2,8 in den Beton eingebracht wurden.

Mit $\gamma = 2{,}375$ ergibt sich als talseitige Böschung $\operatorname{tg} \alpha = \sqrt{\frac{1}{\gamma - 1}} = 0{,}852$; bergseitig ist bis auf 32 m unter der Krone die Böschung 1 : 20, von dort abwärts verläuft die Brenzung lotrecht. Die Kronenbreite beträgt 4 m, beidseitig mit Steingeländer abgeschlossen; im Grundriss ist die Mauer bogenförmig, wobei der innere wasserseitige Kronenrand ein Kreisbogen von 300 m Radius bildet. Die Basisbreite beträgt in 82 m Tiefe unter der Krone 69,66 m, die Breite der Talsohle ist in dieser Tiefe zirka 60 m, die Kronenlänge 203 m. 270,000 m³ Beton, wozu 65,000 Tonnen Zement verarbeitet wurden, sind zum Bau dieser gewaltigen Sperre gebraucht worden.

(Schluss folgt.)

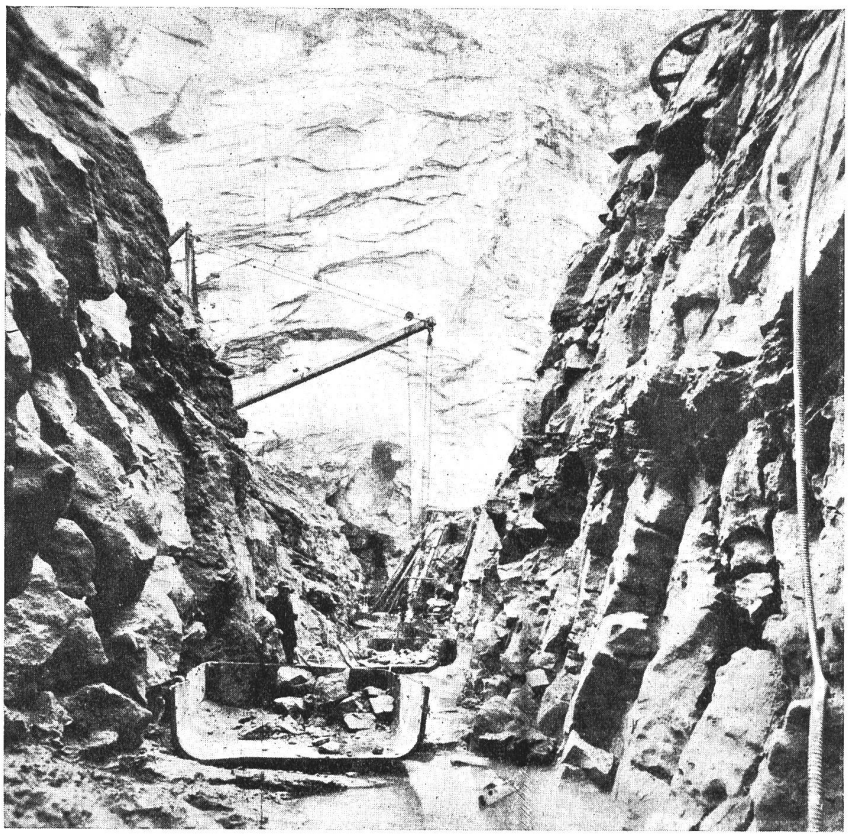

Abb. 7. Damm-Fundament; Dorn-Einschnitt am talseitigen Rand (Damm-Zehe).

Betriebsergebnisse von Dampf- und elektrischen Backöfen.

Von O. Hasler, Ingenieur, Zürich.

Über die Betriebsergebnisse von elektrischen Backöfen ist bis heute noch wenig veröffentlicht worden; dies ist wohl darauf zurückzuführen, dass die praktischen Verbrauchszahlen in kWh. umgerechnet auf die Gewichtseinheit des fertigen Gebäckes (Brot, Kleinbrot, Konditoreiartikel etc.) in den verschiedenen Bäckereien von einander stark abweichende Resultate und deshalb kein genaues Bild über die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Ofensysteme ergeben. Die Wirtschaftlichkeit eines Backofens hängt in erster Linie von der Grösse der Backfläche und der Quantität des täglich hergestellten Gebäckes, das heisst vom „Beschickungsgrad" ab. Ein Ofen von