

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

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 16 (1924)

Heft: 10

Artikel: Probleme des Talsperrbaues in der Schweiz

Autor: [s.n.]

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-920111>

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>

kunft mit den Nationalausschüssen) die Richtlinien festzulegen, auf denen die Ziele der I. Welt-Kraft-Konferenz gefördert werden können, wobei dafür zu sorgen ist, dass ein Uebergreifen oder Parallelarbeiten mit bestehenden internationalen Organisationen vermieden wird.

7. Der jetzige Organisationsausschuss bleibt bis auf weiteres für alle die Konferenz berührende Fragen die Vermittlungsstelle zwischen allen auf der Konferenz vertretenen Ländern.

8. Ort und Zeit der nächsten Welt-Kraft-Konferenz soll nach Einigung mit den Nationalausschüssen vom internationalen Komitee festgesetzt werden. Soweit als möglich sollen zukünftige Konferenzen in verschiedenen Ländern abgehalten werden.

B e s c h l ü s s e :

1. Die Konferenz ist der Ansicht, dass das dringendste Bedürfnis der Welt heute eine Vermehrung der Produktivität und der industriellen Betätigung ihrer Bewohner ist, unter Bedingungen, die den Wohlstand und das Glück des Einzelnen heben, und dass dieses Ziel in weitem Masse erreicht werden kann durch Einführung der wirtschaftlichen Methoden zu einer allgemeinen Verteilung und Nutzung der Energie.

2.—5. Es wird der Dank der Konferenz ausgesprochen: den Verfassern der vorgelegten Berichte, den Vorsitzenden der verschiedenen Sitzungen, den Organisatoren der Tagung, sowie dem britischen Nationalkomitee und den Komitees der andern Ländern.

Zwei weitere der Konferenz vorgelegte Anträge werden von dieser dem Exekutivkomitee überwiesen:

Das Haus von James Watt soll erworben und in seinem jetzigen Zustande erhalten bleiben. Den weiteren Arbeiten der Konferenz soll das metrische System zugrunde gelegt werden.



Probleme des Talsperrenbaues in der Schweiz.

Diskussion, im Anschluss an den Vortrag von Dr. ing. A. Stucky, Basel, an der Generalversammlung des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes in Luzern vom 31. Mai 1924.*)

Prof. E. Meyer-Peter, Zürich: Herr Dr. Stucky hat in seinem Vortrage eine ganze Reihe von Problemen, die den Bau von Talsperren berühren, behandelt. — Ich glaube, dass man seinen Ausführungen wohl ziemlich uneingeschränkt zustimmen darf. Es geht aus ihnen hervor, dass das Talsperrenproblem außerordentlich vielseitig ist, das an die Fähigkeiten des projektierenden und ausführenden Ingenieurs die allergrössten Anforderungen stellt. Der Natur der Sache nach konnten aber die vielen Einzelprobleme im Rahmen eines Vortrages, wie es der Herr Vortragende selbst ausdrücklich betont hat, nur andeutungsweise und nicht erschöpfend besprochen werden, weshalb es mir gestattet sei, einige ergänzende

*) Siehe „Schweiz. Wasserwirtschaft“ No. 7 und 8 vom 25. Juli und 25. August 1924.

zende Betrachtungen an den ausgezeichneten Vortrag zu knüpfen.

1. Die Bemessung der wirtschaftlichen Grösse eines Speichersees darf nach den Ausführungen Dr. Stucky nicht einfach daraus abgeleitet werden, dass diejenige Stauhöhe ermittelt wird, die bei gegebenem Mauertypus die geringste Mauerkrabatur pro m^3 aufgespeicherter Wassers oder pro kWh aufgespeicherter Energie liefert, sondern diese Wirtschaftlichkeitsberechnung hat im Rahmen eines Gesamtwasserwirtschaftsplanes für eine bestimmte Kraftwerkgruppe zu geschehen. Es wäre hier ergänzend beizufügen, dass ausser der im Vortrag erwähnten Kombination einer Winterakkumulieranlage mit hochausgebauten Niederdruckanlagen auch noch die Kraftwerkgruppen im engern Sinne, wo zwei oder mehrere Hochdruckanlagen an einem und demselben Flusse hinter- oder besser gesagt untereinander angeordnet werden, in Betracht fällt. Als Beispiel sei die Gruppe Barberine-Vernayaz erwähnt, die die Produktion konstanter Jahresenergie zum Zwecke hat. Hier erweist es sich als vorteilhaft, den Stausee bei Emosson so hoch auszubauen, dass sein Volumen ausreicht, um den ganzen Wasserzufluss der Barberine auf den Winter aufzuspeichern, so dass das Kraftwerk Châtelard im Sommer praktisch still liegt, wobei dann die totale Sommerenergie vom Werk Vernayaz aus dem Wasser des Einzugsgebietes der untern Stufe, Eau noire etc. erzeugt wird. Im Winter laufen dagegen beide Werke gewissermassen in Serie. Beim Ausbau des Werkes Châtelard für sich, und wieder unter Annahme, dass konstante Jahresenergie erzeugt werden soll, müsste sich selbstverständlich ein bedeutend kleinerer Stauwehrinhalt ergeben.

Dies als Beweis für den grossen Rahmen, in dem die Frage der Staumauerhöhe untersucht werden muss.

2. Was die Projektierung der Talsperren an sich betrifft, so möchte ich einige ergänzende Bemerkungen an den Vortrag von Herrn Dr. Stucky anschliessen.

Zunächst die sogenannten Gewichtsmauern:

Die vielerorts sehr komplizierten Querschnittsformen, die von den Erbauern der grösseren Talsperren vor einigen Jahren noch ersonnen wurden, sind deshalb so manigfaltig geworden, weil die betreffenden Ingenieure, je nach ihrer persönlichen Einstellung, ihrem Projekte ganz bestimmte Konstruktionsregeln zu Grunde legten, auf Grund derer dann, von der Mauerkrone beginnend, versuchsweise die Stärke und Form der untern Mauerteile successiv berechnet wurden.

Als eine der wichtigsten Regeln, die auch heute noch gilt, sei erwähnt, dass in einer vertikalen Lamelle einer Gewichtsmauer an keiner Stelle und bei keinem Belastungszustand Zugspannungen entstehen sollen.

Divergenzen im Aufbau eines Sperrenquerschnittes ergab dann aber hauptsächlich die verschiedene Einschätzung der Scheerbeanspruchung.

Bei den meisten amerikanischen Gewichtsmauern wurde die Bedingung aufgestellt, dass die Reibung in einem Horizontalschnitt ausreichen soll.

Dies führte dann, vereint mit dem Verbot einer übermässigen Mauerneigung auf der Luftseite, zu stark gekrümmten Mauerlinien auch auf der Wasserseite.

Andere Ingenieure haben ein Abscheeren des Talsperrenfusses als ein Gefahrmoment betrachtet und kamen dadurch auf eigenartige Querschnittsformen.

Ein eingehendes Studium der Abscheerungsfrage hat uns aber gezeigt, dass bei massiven Gewichtsmauern eine solche Gefahr nicht besteht, solange die Hauptdruckspannung am luftseitigen Sperrenfuss das zulässige Mass nicht überschreitet. Anderseits kann die erstgenannte Bedingung der Vermeidung von Zugbeanspruchungen durch den einfachen Dreieckquerschnitt für jeden Belastungsfall erfüllt werden, so dass gestützt auf diese beiden Erkenntnisse nun, wie bereits von Dr. Stucky erwähnt, in Amerika, Frankreich und der Schweiz dem Dreieckprofil neuerdings der Vorzug gegeben wird.

Massgebend für die Wahl der Neigung dieses Dreieckes ist dann neben dem spezifischen Gewicht des

Mauerwerkes die Grösse des hydrostatischen Auftriebes in den Horizontalfugen oder aber auch die Grösse der zulässigen Spannungen des Mauerwerkes.

Ich bin mit dem Vortragenden durchaus einig, wenn er findet, dass die französischen Vorschriften nun in der Revision der Lévy'schen Grundsätze über die Frage des Auftriebes vielleicht etwas zu weit gehen. Unter allen Umständen könnten diese Vorschriften zu einem gefährlichen Instrument werden in den Händen eines den Talsperrenbau nicht richtig beherrschenden Ingenieurs. Bei näherer Betrachtung zeigt sich nun allerdings, dass die neuen ministeriellen Vorschriften selbst nicht die letzten Konsequenzen aus dem über die Wirkung des Auftriebs Gesagten ziehen, weil sie anderseits vorschreiben, dass die maximale Druckbeanspruchung am luftseitigen Fusse der Sperre ein gewisses zulässiges Mass, das von der Qualität des Mauerwerks abhängt, nicht überschreiten soll.

In der Tat zeigt das den ministeriellen Vorschriften beigegebene Rechnungsbeispiel einen wesentlich stärkeren Querschnitt, als auf Grund der Vernachlässigung des Auftriebes zu erwarten ist, nämlich eine Mauerstärke, wie sie sich auf Grund der schweizerischen Berechnungsmethode und unter Einsetzung eines Auftriebes ermitteln würde, der auf der Wassersseite in jeder Horizontalfuge gleich dem halben Wasserdruck ist und von dort an gegen die Luftseite geradlinig auf Null abnimmt.

Man sieht, dass die Einführung des Auftriebes und die Reduktion der maximalen Pressungen beide im gleichen Sinne querschnittvermehrend wirken. In einem gegebenen Querschnitt ist dagegen, wie leicht zu zeigen wäre, die Einführung eines dreieckförmigen Auftriebs ohne Einfluss auf die Beanspruchung am luftseitigen Sperrenfuss.

Wenn nun mit der Verbesserung der Bindemittel und namentlich mit der Vervollkommenung der Herstellungsmethoden des Betons allmählich stets höhere Beanspruchungen zugelassen werden, so muss die Folge davon bei Anwendung der französischen Leitsätze eine Verringerung des Sperrenquerschnittes sein. Stellt sich dann trotz allen Vorsichtsmassregeln doch ein geringfügiger Auftrieb auf der Wassersseite ein, so wird die erst ausgesprochene Bedingung der Vermeidung von Zugspannungen auf der Wassersseite nicht mehr erfüllt.

Bei Anwendung der in der Schweiz üblichen Berechnungsmethode muss der projektierende Ingenieur bewusst und in voller Kenntnis des damit aufgenommenen Risikos über das Mass des einzuführenden Auftriebs entscheiden. Darin liegt nach meiner Auffassung der Vorteil unserer Methode.

Ueber die Grundrissform der Gewichtsmauern ist man bei uns mit den französischen Vorschriften einig. Infolge der sehr starken Abmessungen des Talsperrenquerschnittes, kann die in den ältern Mauern übliche gekrümmte Grundrissform nicht genügen, um den Einflüssen des Schwindens und der Temperatur in ausreichender Weise entgegenzuarbeiten. Diese gekrümmte Grundrissform hat deshalb nur einen Sinn, wenn die Konfiguration des Tales derart ist, dass die Auflagerbedingungen für die Fundation durch die Krümmung günstiger werden.

Eine der Ursachen der Glenokatastrophe bestand darin, dass die Auflagerflächen der Pfeiler gegen die Talseite abfielen.

Zeigt das Tal nach unten konvergierende Höhenkurven, so erweist sich eine leichte Krümmung in dieser Hinsicht als vorteilhaft, im andern Fall aber als nachteilig.

Zur Verminderung der Einflüsse des Schwindens des Betons und der starken Temperaturerhöhungen beim Abbindenprozess des Betons ist es angezeigt, während des Baues sogenannte Baufugen offen zu lassen. Theoretisch sollte dann der Schluss dieser Fugen eintreten, wenn die Abbindewärme sich verflüchtigt und das Mauerwerk in Folge der äussern Temperatureinflüsse ein Minimum an Temperatur besitzt. Beim Bau von grossen Sperren im Hochgebirge wirkt der lange Winter, wäh-

rend die Arbeiten eingestellt sind, abkühlend auf das Mauerwerk, der geeignete Zeitpunkt zum Schluss der Baufugen wäre demnach der folgende Frühling. Aber hier zeigt es sich, dass der Prozess der Abbindewärme bei sehr grossen Mauermassen selbst nach Verlauf eines Winters noch nicht vollkommen abgeschlossen ist; eine absolute Sicherheit gegen Rissbildung bietet daher dieses Verfahren nicht. Noch weniger ist dies der Fall bei Sperren, bei denen der Arbeitsunterbruch im Winter geringfügig ist. Auf Grund dieser Erkenntnis und unter Berücksichtigung der auch beim vollendeten Bau noch zu gewältigenden Temperaturschwankungen, ist nach dem heutigen Stande der Talsperrentechnik für Gewichtsmauern die definitive Belassung von Dehnungsfugen das einzige Mittel, um wilde Risse nach Möglichkeit zu vermeiden.

Eine bis heute wenig erforschte Frage ist der Eisdruck. Die italienischen Vorschriften geben hiefür ziemlich brauchbare Ratschläge. Mit Rücksicht darauf, dass zu Beginn der Eibildung auch die Seebesenkung einsetzt, kommt diesem Problem nur eine sehr untergeordnete Rolle zu. Der Eisdruck pflegt zwar Zugspannungen auf der Wassersseite hervorzubringen, doch verschwindet der Einfluss schon in einer Höhe von 30—40 m unterhalb der Krone fast ganz.

Neben der Herstellungsart des Betons, für dessen Qualität der Wasserzusatz eine massgebende Rolle spielt, ist noch auf die Frostwirkung bei unsren Hochgebirgssperren hinzuweisen. Nach den Erhebungen an der Waldecksperrre in Deutschland ist in den Beobachtungsjahren 1915—1919 bei einer minimalen Lufttemperatur (für Tagesmittel) von —16 Grad der Frost 1,5 m tief in das Innere des Mauerwerks eingedrungen.

Bei dem reichlichen Wasserzusatz, der zur Verarbeitung des Gussbetons benötigt wird, und der nach Absorption des für die Hydratation des Zementes notwendigen Quantität in den Poren des Betons zurückbleibt, ist ein nachträgliches Gefrieren, wie mehrere Beispiele moderner Sperrenbauten zeigen, bis auf beträchtliche Tiefen möglich.

Das Mittel zur Verhütung dieser Erscheinung sehe ich, wie der Herr Vortragende, in einem aufs äusserste reduzierten Wasserzusatz des Gussbetons und in einer starken Verkleidung der Ansichtfläche der Talsperre.

Bei den Bogenmauern, die bei günstigen geologischen Verhältnissen und geeigneter, d. h. enger und tiefeingeschnittener Talform unstreitig die einzige richtige Sperrenform darstellen, ist nach meiner Auffassung das Prinzip aufzustellen, dass die durch mehrere Horizontal schnitte getrennt gedachten wagrechten Gewölbe derart geformt werden müssen, dass sie auch ohne Berücksichtigung ihres gegenseitigen Zusammenhangs unter dem auf sie wirkenden Wasserdruck ein sicheres Gleichgewicht gewährleisten. Dies bedingt möglichst stark gekrümmte Grundrissform der Sperre. Erst in zweiter Linie soll die Wirkung der vertikalen Einspannung untersucht werden. Die Vermeidung von Vertikalrissen infolge Temperaturerniedrigung bedingt dann ferner möglichst elastische, das heisst dünne Gewölbe.

Durch die 3. Forderung der Einhaltung gewisser maximaler Beanspruchungen wird dann endlich entschieden werden können, ob bei gegebenem Talquerschnitt und gegebener Mauerhöhe beim heutigen Stand der Beton technik eine Gewölbemauer noch möglich erscheint.

Die Erfahrungen an der Jagne haben gezeigt, dass auch bei Bogenmauern Baufugen notwendig sind, mit deren Schluss so lange als möglich zugewartet werden muss. Immerhin ist zu sagen, dass Vertikalrisse infolge Temperatur- oder Schwinderscheinungen bei Bogenmauern, die der ersten der aufgestellten Bedingungen entsprechen, eine wesentlich geringere Bedeutung besitzen, als bei Gewichtsmauern, da der Wasserdruck solche Fugen zu schliessen trachten wird.

4. Der Herr Vortragende hat zum Schlusse seiner Ausführungen die Frage aufgeworfen, ob es angezeigt wäre, dem Beispiel von Italien und Frankreich folgend,

für die Schweiz Vorschriften oder Normen aufzustellen, und hat dieselbe verneint.

Dies ist der einzige Punkt, in dem ich mit den Ausführungen von Herrn Dr. Stucky nicht völlig einig gehe.

Der Vortragende hat darauf hingewiesen, dass einerseits starre Vorschriften für den Talsperrenbau auf die Tätigkeit des projektierenden Ingenieurs hindernd wirken können, dass anderseits eine ganze Reihe von Problemen des Baues von Talsperren heute noch nicht vollständig gelöst sind, und dass eventuelle Vorschriften sich demgemäß, wie etwa die französischen, im allgemeinen Rahmen bewegen müssten, wobei es aber nicht wahrscheinlich sei, dass dann in der Schweiz etwas Besseres und Fortschrittlicheres als diese französischen Vorschriften ausgearbeitet werde.

Ich bin der Auffassung, dass eine Normierung der Ingenieurtätigkeit vollständig verfehlt wäre, wenn sie eine Fesselung der individuellen Tätigkeit des Ingenieurs und eine Hemmung des Fortschrittes bedingt. Ich gebe auch zu, dass nicht jede Einzelfrage heute schon spruchreif ist. Indessen stehen uns doch speziell in der Schweiz durch den Bau der beiden grossen Sperranlagen der Barberine und im Wäggital zahlreiche Erfahrungen zu Gebote oder werden uns in kurzer Zeit zur Verfügung stehen. Diese Erfahrungen sollten gerade mit Rücksicht auf spätere Bauten und zur Erweiterung unserer Kenntnisse für einen weiteren Kreis von Ingenieuren nutzbringend verwertet werden. Die Fachgruppe für Betoningenieure und speziell deren Untergruppe, die Gussbetonkommission, ferner die Abdichtungskommission des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes haben sich, jede im Bereich ihrer direkten Interessensphäre, doch auch zur Aufgabe gesetzt, spezielle Gebiete des Talsperrenproblems näher zu erforschen und der Öffentlichkeit bekannt zu machen, um dadurch die Ingenieurtätigkeit ganz allgemein zu heben.

Könnten nicht auf andern Spezialgebieten des Talsperrenbaues ähnliche Untersuchungen angestellt werden, könnten nicht, soweit wie heute überhaupt möglich, die verschiedenen Berechnungsmethoden auf ihre grösste Eignung von einer Gruppe von berufenen Ingenieuren geprüft werden und daraus eine Norm, d. h. eine Anzahl allgemeiner als richtig erkannter Grundsätze aufgestellt werden?

Ich habe mich zu diesen Schlussbemerkungen veranlasst gefühlt, weil seit einiger Zeit im Schosse des Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins eine Normalienkommission für Tiefbau besteht, die nach dem Vorschlage des Sprechenden auf dem Gebiete des Wasserbaues zunächst das Talsperrenproblem zu studieren beabsichtigt.

Ich glaube, dass in dieser Hinsicht durch das Zusammenarbeiten unserer Ingenieure etwas für unser Land und das weitere Gedeihen unserer Wasserwirtschaft Ersprissliches geleistet werden könnte.

Ingenieur Hans Eggengerger, Bern: „Es wird Sie vielleicht interessieren, einiges über die Untersuchungen zu vernehmen, die vor und während des Baues der Staumauer des Kraftwerkes Barberine ausgeführt wurden. Die Fundierung der Talsperre war äusserst einfach, denn diese konnte in ihrer ganzen Ausdehnung auf einen Gneissriegel abgestellt werden. Der Fels trat sowohl in der Flussohle, als auch an den Seitenhängen überall zutage. Während der Ausführung der Aushubarbeiten zeigte sich aber, dass der Gneissfelsen, insbesondere in den flachen Partien, ziemlich tief verwittert war, sodass die Mauer 2—10 m tief eingegraben werden musste, wenn sie auf gesunden Felsen gestellt werden wollte. Um die Sicherheit gegen Wasserdrücke im Fundament zu erhöhen, ist seeseits ein Sporn von 5 m Breite besonders tief ausgehoben worden. Ferner wurden in diesem Sporn noch Diamantbohrungen von 20—25 m Tiefe ausgeführt. In diese Löcher werden, nachdem etwas Beton aufgebracht ist, Zementeinspritzungen gemacht, um allfällige Klüfte, die sich noch unter

dem Fundament befinden könnten, auszufüllen. Es ist vorgekommen, dass ein Loch 70 Säcke Zement verschlang, ein Beweis, wie wichtig diese Massnahme war.

Die Staumauer Barberine wird in Gussbeton mit Steineinlagen ausgeführt. Ursprünglich war der Prozentsatz der Steine auf 20 festgesetzt. Es gelang der Unternehmung indessen nicht, trotz Installierung von zwei Kabelkranen, mehr als 10 Prozent im Durchschnitt hinein zu bekommen. Im Gegensatz zu den Ausführungen des Herrn Dr. Stucky erachte ich doch die Steineinlagen als ausserordentlich wichtig, wenn ich auch ohne weiteres zugebe, dass sie aus Wirtschaftlichkeitsgründen nicht gemacht werden müssten. Die Steine bilden aber, insbesondere in den horizontalen Arbeitsfugen, einen ausgezeichneten Verband. Sie tauchen zur Hälfte in der untern, erhärteten Schicht ein und bilden auf diese Weise eine ganz rauhe Oberfläche, die insbesondere dann zum Ausdruck kommt, wenn die Steine gross sind. Die Steine haben demnach den Zweck, die schwachen Stellen, und als solche sind die Arbeitsfugen unzweifelhaft anzusehen, zu überbrücken. Was den Gussbeton anbetrifft, so ging aus zahlreichen Versuchen mit dem im Barberine-Becken zur Verfügung stehenden Kies und Sand folgendes hervor:

1. Die Menge des Anmachwassers muss auf ein Minimum reduziert werden. Sie darf unter keinen Umständen das Gewicht des Bindemittels oder 7,5 Prozent des Gewichtes sämtlicher Trockensubstanzen überschreiten, sonst trennt sich das Wasser vom Zement vor dem Abbinden und hinterlässt Hohlräume im Beton.

2. Die granulometrische Zusammensetzung und der Feuchtigkeitsgrad der zur Verwendung gelangenden Materialien sollen konstant sein.

3. Der Beton muss genügend feine Bestandteile unter 0,5 mm enthalten und zwar mindestens 20 Prozent (exkl. Zement) des Gewichtes des Sandes, damit sich die Materialien beim Giessen nicht entmischen. Dies ist nicht nur deshalb nötig, um das Giessen zu erleichtern, sondern auch, um das nötige spezifische Gewicht und die erforderliche Wasserundurchlässigkeit zu erhalten.

Um diesen Bedingungen zu genügen, sind folgende Anordnungen getroffen worden:

1. Die vertraglich festgesetzte Betonmischung für die grosse Masse der Staumauer wird von 200 kg Portlandzement pro Kubikmeter Kies auf 230 kg Portlandzement erhöht. Um das Giessen zu erleichtern und die Menge des Mischwassers zu verringern, werden noch 20 kg Kalko beigegeben. Die Erhöhung der Mischung war auch nötig, um der Forderung zu genügen, dass die Probekörper des Gussbetons im Mittel nach 28 Tagen eine Druckfestigkeit von 100 kg/cm² aufzuweisen haben oder 150 kg/cm² nach 90 Tagen.

2. Das im Ueberfluss vorhandene mittlere Korn zwischen 8 und 30 mm wird teilweise entfernt und in drei Schleudermühlen zu feinem Sand verkleinert. Eine vierte Anlage, bestehend aus Steinbrecher und Sandmühle, verarbeitet einen Teil des Kornes zwischen 30 und 80 mm. Die Beimischung dieses feinen Sandes geschieht erst, nachdem der Sand die Waschanlage passiert hat.

3. Das im Plateau gewonnene Material wird weniger gründlich gewaschen, um das Ausschwemmen der feinen Bestandteile etwas zu vermindern. Selbstverständlich wurde vorher durch Proben festgestellt, dass die Festigkeit des Betons dadurch nicht vermindert wird.

Die Staumauer Barberine ist ein Schwergewichtstyp. In die Berechnung ist ein Unterdruck eingesetzt worden, der vom vollen Wasserdruck seeseits gegen die Luftseite auf 0 abnimmt. Zur Verhinderung von Frostschäden wird die Mauer luftseits mit Natursteinen verkleidet und seeseits erhält sie eine Schicht fetteren Betons.

Interessant ist bei der Staumauer Barberine die Methode, die zur Ermittlung des Fundamentsaushubes diente. Es wurde von der üblichen Querprofilaufnahme, weil diese ausserordentlich umständlich und an den steilen Hängen auch gefährlich gewesen wäre, Umgang genommen. Im Einvernehmen mit der Unternehmung sind da-

gegen vor und nach Ausführung des Aushubes photogrammetrische Aufnahmen im Maßstab 1:200 gemacht worden und es wird die Kubatur aus der Differenz dieser Aufnahmen ermittelt.

Direktor F. Gugler, Baden: „Die grosse Staumauer für das Kraftwerk Wäggital ist im Grundriss geradlinig projektiert und ausgeführt, in Übereinstimmung mit den neuesten Anschauungen in Frankreich. Der Mauerquerschnitt ist wasserseitig und luftseitig durch zwei Gerade begrenzt, die sich auf der Höhe des höchsten Wasserspiegels, wieder entsprechend den z. Z. geltenden Anschauungen, schneiden. Die Basis des Dreieckes beträgt 81,6 Prozent der Höhe. Dieses Verhältnis hat sich ergeben einmal aus dem angenommenen spezifischen Gewicht für den Beton im Betrage von 2,3, sodann aus einer Berücksichtigung des Unterdruckes gemäß dem Prinzip von Maurice Lévy, immerhin mit der Abänderung, dass der Unterdruck nicht zu 100 Prozent des Wasserdrukkes, sondern nur zu 80 Prozent eingesetzt wurde. Die während der Bauausführung an den Probewürfeln und auch an verschiedenen dem fertigen Objekt entnommenen Blöcken vorgenommenen Kontrollen haben ergeben, dass das effektive spezifische Gewicht 2,37 beträgt, also höher geworden ist, als man der Rechnung zu Grunde gelegt hatte. Der Sicherheitsgrad des Bauwerkes in statistischer Beziehung ist daher grösser, als seinerzeit im Projekte angenommen wurde.“

Die Ausführung der Mauer geschieht in Gussbeton, unter Anwendung amerikanischer Rinnen. Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, dass es in der Tat sehr wichtig ist, mit dem Wasserzusatz immer an der unteren Grenze der Möglichkeit zu bleiben. Wir sind im laufenden Jahre, gestützt auf die Erfahrungen des letzten Baujahres dazu gelangt, die Rinnen etwas steiler (30°) zu neigen, um mit weniger Zusatzwasser auszukommen. Am Anfang der Bauperiode waren die Rinnen nach Angabe der amerikanischen Lieferanten nur 22° geneigt, eine Neigung, die vielleicht für Rundkies und Grubensand, nicht aber für Schlagkies und maschinell erzeugten Sand genügt. Seit die Rinnen steiler geneigt sind, geht die Betonierung viel besser vor sich.

Was das Bindemittel anbetrifft, so ist beim Wäggital davon abgesehen worden, irgend welche Surrogate zu verwenden, also keinen Sandzement oder dergl. Auch die Beimischung von reinem Kalkhydrat (Kalko) ist nach einigen Versuchen endgültig fallen gelassen worden. Man hat darauf hin tendiert, mit einem Minimum von Bindemittel auszukommen. Als Bezugsquellen sind die beiden Zementfabriken Holderbank und Jurazementfabrik Willegg gewählt worden.

Von Einlagen von Steinen und Blöcken (Plums) wird bei der Wäggitalmauer vollständig abgesehen. Neben dem Umstand, dass das anstehende Gestein an sich schon zur Gewinnung von Blöcken ungeeignet ist, hat auch die Erfahrung gelehrt, dass das Einbringen von Blöcken, sofern man einen namhaften Prozentsatz herausbringen will, eine derartige Komplikation des Baubetriebes nach sich zieht, dass kein wirtschaftlicher Erfolg mehr erzielt wird.

Der vergangene Winter hat die Folge gehabt, dass die Maueroberfläche gegen Frost weniger widerstandsfähig war, als man angenommen hatte. Es scheint dies eine gewisse nachteilige Eigenschaft des Gussbetons zu sein. Möglicherweise wird man daher dazu gelangen, die Mauer auf der Wasserseite, wenigstens soweit sie durch Absenkung des Stausees im Winter freigelegt wird, mit Naturstein zu verkleiden, während man auf der Luftseite die Entwicklung abwarten will.“

Prof. K. E. Hilgard: Der Vortragende hat in ausgezeichneteter und sehr umfassender Weise die hauptsächlichsten Probleme des Talsperrenbaues klargelegt. Er wünscht weitere Ergänzungen sowie detailliertere Angaben der Diskussion zu überlassen. Diesem Wunsche kann ich in der gewünschten Kürze nur in sehr beschränktem Masse gerecht werden. Nicht nur die armierte Beton-Staumauer nach dem System „Ambursten“, das auch bei der

„Combamala“-Sperre in Italien angewendet wurde, stammt auf Grund ursprünglicher und seither über hundertfacher Ausführungen von bis über 35 m Höhe in Nordamerika, aus diesem Lande *), sondern ebenso die moderne als eingespanntes Gewölbe erbaute Staumauer aus Mauerwerk oder Beton. Dies gilt namentlich für die von der „Ambursten“-schen Bauweise unabhängig entwickelte und ganz verschiedene, diese anscheinend nach und nach verdrängende „Multiple Arch“ oder „Vielfach-Gewölbe“ Staumauer aus armiertem Beton. Die ca. 500 zur Horizontalen geneigte wasserseitige Abschlusswand der „Ambursten“-Staumauer wird aus einer von Pfeilerwänden unterstützten reinen Balkendecke gebildet. Bei der erstmals von dem kürzlich verstorbenen Amerikaner John S. Eastwood und seither in grösserer Anzahl in den westlichen und nördlichen Staaten Nordamerikas auch von andern Ingenieuren erbauten „Vielfach-Gewölbe“-Staumauern sind dagegen die Pfeilerwände wasserseitig von verhältnismässig dünnen, etwa im gleichen Masse wie jene Balkendecken geneigten, besonders abgedichteten Tonnengewölben aus armiertem Beton überspannt. Bereits haben sich drei grundsätzlich verschiedene Typen dieser auch in Italien, Frankreich und Süddeutschland erfolgreich ausgeführten „Vielfach-Gewölbe“-Staumauern entwickelt. Statt der ursprünglichen Längsversteifung, welche die verhältnismässig dünnen Pfeilerwände gegeneinander durchgehend abstützt, sind in Nordamerika neuerdings alle Pfeilerwände als fachwerkartig in sich versteifte, dem ganzen einseitigen Gewölbeschub widerstehende Turmpfeilerwände aus armiertem Beton, in Italien dagegen fast ausschliesslich als in gleicher Weise mit sämtlich als Widerlager ausgebildeten Pfeilerwänden aus massivem Mauerwerk und Beton ausgeführt worden. Es mag hier mit Genugtuung konstatiert werden, dass der so beklagenswerte und folgenschwere Einsturz der nur in ihrem oberen Teile als „Vielfach-Gewölbe“-Mauer ausgeführten Gleno-Staumauer **) laut dem veröffentlichten Expertenberichte keinesfalls auf die Gewölbeform zurückzuführen ist. Die Ursache lag vielmehr in dem beginnenden Ausweichen des infolge ganz ungenügende Sicherheit in Bezug auf Baumaterial wie Anordnung und Ausführung bietenden, den unteren Teil der Schlucht absperrenden, der Gewölbemauer als Unterbau dienenden Stückes des ursprünglich als geradlinige Gewichts-Staumauer ausgeführten massiven Mauerwerkes. Es ist nicht bekannt, ob Eastwood bei seinen ersten Entwürfen die höchst bemerkenswerte schon um das Jahr 1800 bei Hyderabad in Indien aus 21 dünnen Tonnengewölben mit vertikaler Axe aus Backsteinmauerwerk, für Zwecke der Bewässerung erbaute Staumauer von 12,80 m Höhe bekannt war. Die lichten Gewölbe-Spannweiten dieser heute noch ihren Dienst versehenden allerersten „Vielfach-Gewölbe“-Staumauer variieren von min. 21,0 m bis 45 m ***.)

Eine wasserseitig unter gänzlicher Ausfüllung der Zwickelräume durch eine schräge Ebene abgeglichene Vielfach-Gewölbe Staumauer wurde schon im letzten Jahrhundert von dem Amerikaner Pegram für Ogden, aus Stampfbeton mit einer Verkleidung aus eisernen Platten vorgeschlagen. Eine solche ist aber ohne eine Verkleidung und ohne Armierung erst vor zirka 8 Jahren bei dem durch ein sehr rauhes Winterklima ausgezeichneten „Aziscohos“, im Norden des Staates Maine (U. S. A.), erfolgreich zur Ausführung gelangt und bildet ein höchst bemerkenswertes Beispiel dieser Bauart. Eastwood hat auch unter günstigen Verhältnissen als weitere Neuerung bereits eine armierte Vielfach-Gewölbe-Staumauer ausgeführt, bei der die einzelnen Gewölbe als 3-Gelenkbogen berechnet, und auch konstruktiv als solche wirkend, ausgebildet sind.

*) Siehe „Schweiz. Wasserwirtschaft“ No. 16, 17 und 19, Jahrg. 1910. Hilgard: „Neue Konstruktionstypen von Staumauern.“

**) Siehe „S. W. W.“ No. 15 vom 25. Dezember 1923, XV. Jahrgang.

***) Siehe: Handbuch für Eisenbetonbau, 4. Band, Wasserbau, 2. Auflage 1910, S. 260.

John S. Eastwood machte auch zuerst auf Grund seiner noch meist nach der approximatischen Cylinder-Formel erfolgten Berechnungsweise den bei den neueren Gewölbe-Staumauern in Nordamerika allgemein und auch bei der vom Vortragenden erwähnten „Montejaque“-Staumauer in Spanien befolgten Vorschlag, den Krümmungsradius mit zunehmender Tiefe unter der Krone dem zunehmenden Wasserdruck entsprechend abnehmen zu lassen. Dadurch kann an Mauerstärke bedeutend gespart werden. Denselben statischen und wirtschaftlichen Vorteil bezweckt der von dem Amerikaner L. R. Jörgensen zuerst vorgeschlagene Grundsatz, für die, der nach der Tiefe zu in der Regel abnehmenden Weite der zu verbauenden Fels-Schlucht entsprechende Sehnenlänge der wasserseitigen Kreisgewölbeleibung den Centriwinkel konstant zu wählen. Mit zunehmender Tiefe soll also ebenfalls die Krümmung des Gewölbes verschärft werden. Er hat diese Bauweise mit „Constant angle“-Staumauer bezeichnet.*). In Australien sind neuerdings ebenfalls eine grosse Anzahl von sehr schlanken Einzeltgewölbe-Staumauern aus Beton mit und ohne Armierung zur Ausführung gelangt. Im weiteren wird die moderne Gewölbe-Staumauer auch dadurch charakterisiert, dass ihre Berechnungsweise nicht auf der starren Cylinderformel, sondern auf einer mit Hilfe der Elastizitätstheorie aufgestellten Kombination von im untern Teil eingespannten vertikalen Balken mit seitlich eingespannten horizontalen Bogen beruht.

Diese Berechnungsweise ist m. W. erstmals von den amerikanischen Ingenieuren Vischer und Wagoner angewendet worden.**)

Unter den äusseren Einflüssen, die bei der Dimensionierung einer Staumauer jeder Form oder Bauweise eventuell zu berücksichtigen sind, wäre außer den bereits vom Vortragenden genannten noch die Schubwirkung einer allfälligen, sich auf dem Staubecken bildenden Eisdecke zu erwähnen. Ihre Bildung hängt von der geographischen Lage, der Gebrauchsweise des aufgestauten Wassers, den klimatischen Verhältnissen sowie den Uferformen des Staubeckens ab. Eine solche kann unter Umständen zu einer nicht unbeträchtlichen Verstärkung oder auch zu einer besonderen Querschnittsausbildung im oberen Teil der Staumauer führen. Bei kälteren sowie dem Wind ausgesetzten Gegenden, die für Wasserversorgung und Bewässerungszwecke in Frage kommen, ist diese Schubwirkung bei grossen bis grössten massiven Staumauern von 10 bis zu 70 Tonnen per laufenden Meter Mauerkrone längs auf der betreffenden eisbildenden Wasserspiegelhöhe, in Rechnung gesetzt worden, und zwar auf Grund von Messungen und Rechnungsergebnissen aus einschlägigen, besonders amerikanischen Beobachtungen. Es ist einleuchtend, dass bei ausschliesslich der Erzeugung von Wasserkraft dienenden Staubecken in der vornehmlich im Winter des Stauwassers bedürftigen Schweiz, die Senkungen oder Schwankungen des Wasserspiegels unter normalen Betriebsverhältnissen während der Kälteperiode so stark sein können, dass kaum eine grosse Schubwirkung von Eis zu erwarten sein wird. Schwerer Schneefall im Winter kann unter Umständen die zunehmende Eisbildung verzögern, aber auch unter dem Einfluss von abwechselndem Tauwetter oder Regen und Kälte noch bedeutend erhöhen. —

Immerhin sind in jedem einzelnen Falle Erwägungen unerlässlich, ob eine solche Eisschubwirkung, und im bejahenden Falle, in welchem Masse diese in Berücksichtigung zu ziehen ist.

Bei der Barberine-Staumauer der S. B. B. ist nach amerikanischen Beispielen eine maximale Eisschubwirkung von 70 Tonnen per lfd. Meter Kronenlänge in Rechnung gezogen worden, die aber infolge der Ausnutzungsweise des Staubeckens erst bei einer bereits um 7 m unter die maximale Füllhöhe abgesenkten Wasserspiegel eintreten soll. Bei der Gewölbe-Staumauer im Pfaffen-

sprung ist angesehnt der füglich eintretenden grossen Wasserspiegelschwankungen keine Eisschubwirkung der Berechnung zu Grunde gelegt werden. Bei der erstgenannten Staumauer ist bei dem dann noch vorhandenen Wasserdruck keine Verstärkung des Mauerquerschnittes gegenüber dem bei eisfreiem gänzlich gefülltem Staubecken vorhandenen Wasserdrucke erforderlich geworden.*)

Ein ganz besonderes Kapitel bei der Detail-Projektierung und Ausführung von Staumauern bilden dann die Vorberechnungen für eine in einer ferneren Bauperiode vorzusehende Erhöhung und entsprechende Verstärkung auf volle Ausbauhöhe, um bei dieser eine statisch richtige Anteilnahme der später hinzugefügten Teile am inneren Kräftespiel zu erzielen. In dieser Hinsicht sind besonders für die massive Gewichts-Staumauer der „Hetchy-Hetchy“ Wasserversorgung**) der Stadt San Franzisko interessante und sinnreiche Anordnungen getroffen worden. Diese Staumauer soll später auf die Gesamthöhe von 120 m ausgedehnt werden.

*) Auch bei der Wäggithal-Staumauer tritt voraussichtlich die Eisbildung erst bei stark unter Kronenhöhe abgesenktem Wasserspiegel ein, so dass der Eisschub dem maximalen Wasserdruck gegenüber keine zu berücksichtigende Wirkung ausüben könnte.

**) Siehe Schweiz. W. W. No. 3/4 v. 10./25. Nov. 1920, XIII. Jahrgang.



Holzrohrleitungen.*)

Die moderne Technik hat trotz Zement und Eisen Zeit gefunden, sich des Holzes als Röhrenmaterial wieder zu erinnern. Wenn einmal auch bei uns der Anfang gemacht sein wird und das Mißtrauen gegenüber dem Neuen geschwunden ist, dann wird das Holzrohr sicher in vielen Gegenden unseres gebirgigen Landes erfolgreich den Kampf mit dem Eisen aufnehmen können. Der Gedanke, Holzrohre zu bauen wie Fässer, aus einzelnen Dauben zusammengesetzt und mit eisernen Bändern zusammengeknüpft, ist nicht mehr neu. Schon vor mehr als fünfzig Jahren entwickelte sich in den holzreichen Gegenden Nordamerikas eine weitverzweigte, rasch aufblühende Holzrohr-Industrie. Bedeutend später folgten in Europa die nordischen Staaten und in jüngster Zeit erst Deutschland und Österreich. Alle die Erfahrungen aber, die seit einem Menschenalter über diese Bauart gesammelt werden konnten, haben einwandfrei dargetan, daß sich die Konstruktion bewährt.

Holz, mit Wasser fortwährend vollständig gesättigt, ist beinahe unbegrenzt haltbar. Die Pfähle der Pfahlbauten, wo sie sich dauernd unter Wasser befanden, weisen keine Spur von Zerstörung auf. Man hat Dünkelitungen, die seit undenklichen Zeiten in wasserdurchtränktem Boden lagen, beim Ausgraben vollständig intakt vorgefunden. Wenn demnach eine Leitung mit so großem Innendruck, daß die Wandung stets mit Wasser durchtränkt ist, in totem, nassem Boden verlegt werden kann, so ist deren Lebensdauer eine äußerst große. Die Leitung kann aber auch über dem Gelände auf Holzböcken oder Betonpfeilern verlegt werden; dies hat den Vorteil, daß die Revision der Röhren samt Armatur eine einfache ist. Zu vermeiden ist ein Zudecken der Leitung mit Humus, der, bald trocken, bald durchnässt, Fäulnisprodukte enthält, die naturgemäß ein Anfaulen der Holzwandung fördern. Zum Schutz gegen Austrocknen und das Ansetzen von Moos und Schwamm wird die Außenseite jedes Rohres mit einem Asphaltanstrich versehen, welcher gleichzeitig die Eisenumwicklung vor Rost schützt. Nach den gemachten Erfahrungen ist die Lebensdauer des Holzrohres größer als diejenige eines schmiedeeisernen und etwa gleich derjenigen eines gußeisernen Rohres.

In Eisenröhren bildet sich Rost; dadurch wird der Wandung die Glätte genommen. Das Wasser hat auf der an-

*) Siehe Trans. Am. Soc. C. E., Vol. LXXVIII, 1915. pag. 685.

**) Trans. Techn. Society Pac. Coast. Vol VI No. 3. 1890.

*) Siehe auch Schweizerische Bauzeitung Nr. 4 vom 26. Januar 1924 „Hölzerne Rohrleitungen in Österreich“.