

# Rohr-Staumauer

Autor(en): **Müller, R.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **12 (1919-1920)**

Heft 19-20

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-920672>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

anliegenden Grundstücke herbeiführt und dass da, wo infolge der Schaffung der nötigen Vorflut durch die neuen Kanäle regelrecht angelegte Drainagen ermöglicht werden, mit Bestimmtheit ein Erfolg, das heisst eine vermehrte Ertragsfähigkeit des Bodens erwartet werden darf, vorausgesetzt, dass der landwirtschaftliche Betrieb in richtiger Weise einsetzt und die hierfür erforderlichen Arbeitskräfte vorhanden sind.

Auch für das Jahr 1920 sind eine ganze Reihe solcher Projekte in Vorbereitung, die mit den schon eingereichten die Tätigkeit des Oberbauinspektorates in vermehrtem Masse in Anspruch nehmen und eine immer sorgfältigere und regere Überwachung der verschiedenen Baustellen bedingen.

(Fortsetzung folgt.)



### Rohr-Staumauer.

Vorschlag zu einer neuen Bauart massiver Talsperren.

Von Ingenieur R. Müller, Zürich.

Die Tatsache, dass die frei fliessenden Gewässer den wachsenden Kraftbedarf der Volkswirtschaft in kurzer Zeit wohl noch im Sommer, nicht aber im Winter zu decken vermögen, führte dazu, die zwecklos und überschüssig abfliessenden Wassermengen in geeigneten Talgründen vermittelt künstlicher Talsperren zurückzuhalten und aufzuspeichern. Diese Erkenntnis zeitigte ausser bereits ausgeführten Bauten in grosser Anzahl Projekte im In- und Ausland für immer mächtiger dimensionierte Stauanlagen.

Der Bau von Talsperren gewinnt daher immer mehr an Bedeutung, zumal die Herstellungskosten der Staumauern aus Bruchsteinen oder Stampfbeton bisweilen die Hauptausgaben der gesamten Anlagekosten einer solchen Wasserkraftanlage darstellen. Obwohl der Talsperrenbau schon seit Jahren zu einer Spezialität im Bauwesen und mit einer Auswahl von Konstruktionssystemen ausgebildet worden ist, so bleibt dem Konstrukteur doch immer noch die Ungewissheit, ob das von ihm gewählte System den beiden Hauptanforderungen der modernen Technik, der Standsicherheit und Ökonomie der Herstellung, gleich gut gerecht wird.

Die grösste Standsicherheit und Dauerhaftigkeit, sowie das natürliche Vertrauen in diese bietet bei grösster Querschnittsform die massiv gemauerte Talsperre, sie erfordert aber auch der Masse entsprechend bedeutende Baukosten und lange Bauzeit. Das Bedürfnis, diese Faktoren zu reduzieren, hat zu den verschiedenartigsten Systemen mit aufgelösten und gegliederten Querschnittsformen geführt. Namentlich ist es der Hohl- oder Hohlzellenbau in Eisenbeton in der Grundform eines Dreieckes, dessen mit Betontafeln abgedeckte Wasserseite 45 Grad geneigt ist, welcher seit Jahren Beachtung und Ausführung er-

fahren hat, das Altersbestand und die Garantie wie Massivmauern aber noch nicht aufweist. Diese Kunstformen vermögen, auch wenn sie allen statischen Anforderungen entsprechen und auf alle bekannten Kräfteeinwirkungen berechnet sind und ein billigeres Bauen ermöglichen, niemals ein gleich grosses Sicherheitsgefühl zu erwecken, wie jene gleichsam aus der Natur gewachsenen, durch grosse Massen wirkenden Talabschlüsse, die auch erfahrungsgemäss Naturereignissen Stand zu halten vermögen.

Der nachfolgende Vorschlag bezweckt einen Versuch, auch massive Talsperren mit weniger Kosten und Bauzeit ausführen zu können, bei gleichbleibender Massenwirkung und Standsicherheit.

Unter Beibehaltung der aus der Lage der Drucklinien bei leerem und gefülltem Stausee theoretisch sich ergebenden Querschnittsformen erfolgt die Ausführung der Sperrmauermasse nach dieser neuen Bauweise nicht mehr in einem einseitig fortschreitenden Blockbau in Mauerwerk oder Beton, sondern in vier getrennt aufeinander folgenden Ausführungsabschnitten, und kann insofern gleichfalls als Gliederbau bezeichnet werden.

Wie aus der beigefügten schematischen Querschnittszeichnung für eine 40 m hohe Staumauer ersichtlich ist, besteht diese aus später einzufüllenden Cementröhren von 1,40 m Lichtweite, welche genau die Hälfte des Querschnittsraumes einnehmen und dessen andere Raumhälfte mit Beton ausgefüllt wird, was zur Systembenennung „Rohr-Staumauer“ geführt hat.

Der Lage der Cementröhren ist eine mittlere Neigung gegen die beiden Grenzlinien der Resultierenden gegeben, mit 15 Grad von der Horizontalen nach der Luftseite der Mauer ansteigend. Wasserseitig bildet ein Vorsatzmauerwerk in Natur oder Betonsteinen, im guten Verband mit diesen, den Abschluss.

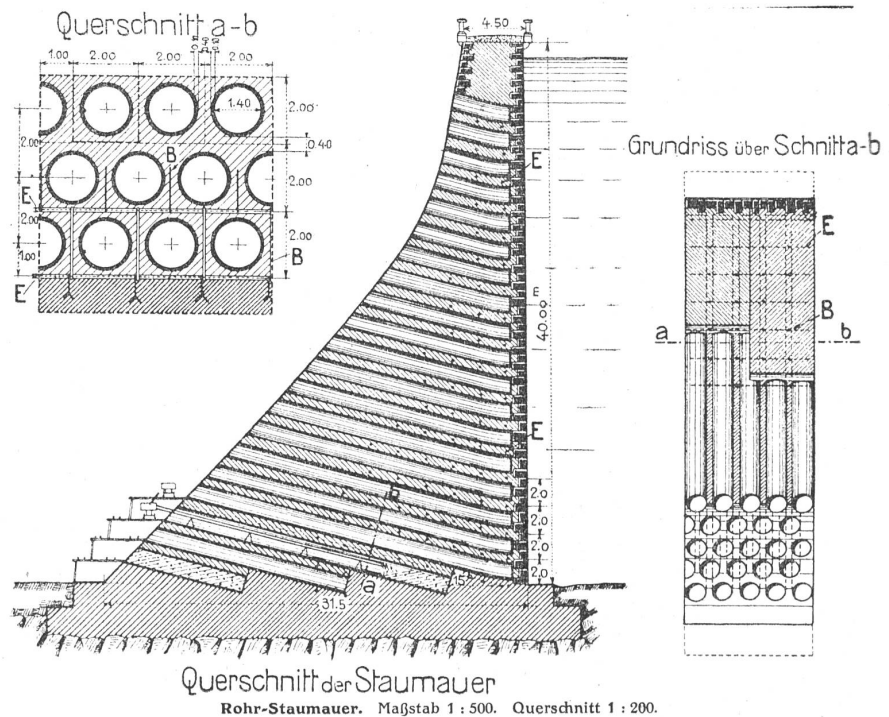
Aus dem Detailquerschnitt a—b und zum Teil im Grundriss ist die weitere Disposition der Cementröhren ersichtlich, dahin gehend, dass in der Längsrichtung die Mauer in quadratische Felder von  $2 \times 2$  m eingeteilt gedacht werden kann, die um deren halbe Breite abwechselnd übereinander verschoben sind, und in deren Kern die Rohre einbetoniert liegen. Nachfolgend werden diese Rohrkanäle mit billigerem Beton ausgefüllt und bilden Balkenlagen auf die volle Länge des Mauerquerschnitts.

Diese Anordnung ermöglicht auch gegen allfällige Zug- und Scherspannungen, namentlich wasserseitig, die Einlage von Eisenarmierungen in der Weise, dass horizontal zwischen den Rohrbalken alte Eisenbahnschienen „E“ eingelegt und diese vertikal unter sich mit Eisenbügeln „B“ verbunden werden bis zur Verankerung in das Fundament hinunter. Schematisch ist diese angedeutet, detailliert im Querschnitt a—b, durch Punkte im Mauerquerschnitt und durch punk-

tierte Linien im Grundriss. Eine solche Eisenarmierung erhöht etwas die Baukosten, fällt aber namentlich bei hohen Stau-mauern nicht wesentlich in Betracht. Ihre rationelle Anwendung bietet erhöhte Sicherheit gegen die nur unsicher bestimm- baren Kraftwirkungen, denen gegenüber eine Sperr-mauer bedeutend stärker dimensioniert werden muss, als nach dem theoretischen Grund-satz notwendig wäre, dass deren Standfähigkeit gesichert er-scheint, wenn das Stabilitäts-moment grösser ist als das Um-sturzmoment. Inwieweit Er-sparsnisse in dieser Hinsicht in der neuen Bauweise gemacht werden können, muss den An-passungen an die jeweiligen Bauverhältnisse vorbehalten bleiben.

Die neue Bauweise ermöglicht gegenüber dem „Bauvorgang“ beim Massivbau folgende vorteilhafte Durchführung:

1. Während der Vorbereitung der Bauinstallationen, Erstellung der Baugrube und der Fundamente, beginnt die Fabrikation der 1—1.50 m langen Cementröhren auf der Baustelle auf Vorrat. Es wird damit ein erheblicher Zeitgewinn für die nachfolgende Ausführung der eigentlichen Stau-mauer erreicht. Diese Cementröhren werden mit möglichst rauen Innen- und Aussenwandungen und eventuell auch mit Wulsten erstellt; dementsprechend sind Spezialmodelle erforderlich.
2. Der Aufbau der Sperrmauer beginnt auf der vollendeten Foundation vorerst durch die zirka 1 m starke Aufmauerung des wasserseitigen Verkleidungsmauerwerkes aus Natur oder Betonsteinen mit kräftiger Verzahnung nach der Innenseite, eventuell auch mit Ankereinlagen. Diese Ausführung bildet eine gesonderte Arbeitsabteilung mit entsprechender Installation und Betrieb von der Wasserseite aus.
3. Unmittelbar darauf folgt die Verlegung der Cementröhren mittelst Luftseilbahnen. Ein Cementrohr von 1 m Länge wiegt zirka 1050 kg. Das gleichmässige Gewicht erleichtert die Installation, den Transport und Betrieb. Die in Richtung und Höhe genaue Auflage erfolgt auf eine starke Cementmörtelschicht und die Schliesung der Fugen mit einem Mörtel-Wulst nach aussen. Dass diese Verlegung von mehreren Stellen aus im Sinne der Längsachse der Mauer vorgenommen werden kann, ist selbstverständ-



lich und erfolgt im gleichen Sinn, stets auf der Felder- oder Schichthöhe von 2 m. Ist Eisenarmierung vorgesehen, so wird diese gleichzeitig eingelegt.

4. Auf die Verlegung der Cementröhren folgt sofort deren Einbetonierung bis annähernd 40 cm über dem Scheitel. Das pro Feld auf 2 m' Breite erforderliche Betonquantum beträgt für das laufende Rohr 2 m<sup>3</sup>. Die Einbetonierung ist in Lamellen auszuführen, wie im Grundriss der Zeichnung ersichtlich, und zwar in einem Guss auf die jeweiligen Rohrlängen und einige Felderbreiten. Es ergeben sich somit nur Längsfugen in der Querschnittsrichtung der Mauer in Abständen von 4—6 oder mehr Meter, stets wechselweise von der darüber folgenden 2 m dicken Schicht auf volle Breite überlagert. Wird ein so stark flüssiger Beton verwendet, dass er die Tendenz hat, sich horizontal anstatt parallel mit der Rohrneigung zu lagern, so kann dem durch Abdeckung der Oberfläche mit beschwerten Brettern begegnet werden.

Wie das Verlegen der Röhren, so kann auch die Betonierung von mehreren Stellen aus gleichzeitig durchgeführt werden, als selbständiger Baubetrieb parallel den übrigen. Die Bauweise bedingt schichtenweise Ausführung auf die ganze Länge der Sperrmauer und wirkt dadurch günstig auf die gleichmässige Druckverteilung der Fundamente.

5. Als letzte Arbeit bleibt noch das Einfüllen der Röhren mit einem Quantum von 1,53 m<sup>3</sup> pro m' Rohr, oder 35% des Gesamtmauerwerkes,

bestehend aus Cementbeton in der Mischung 1 : 15 mit zirka 50% Einlage von Steinbrocken.

Mit dieser Arbeit wird in der untersten Reihe der Röhren und erst dann begonnen, wenn die Mauer bereits eine Höhe erreicht hat, dass ein erster Spannungsausgleich durch das Gewicht der Übermauerung in den unteren Partien und sukzessive nach oben angenommen werden darf. Es könnte damit aber auch bis zum gänzlichen Aufbau der Mauer zugewartet werden, da die Pressung auf die Betonfläche über der untersten Röhre  $5\frac{1}{2}$  kg pro  $m^2$  auch wasserseitig nicht übersteigt.

Das Einfüllen der Röhren ist luftseitig vorgesehen, von Längsgerüsten aus mittelst verlänger- und verkürzbarer Eisenröhren, durch welche der flüssige Beton von dafür mechanisch eingerichteten Wagen aus, mittelst Luftdruck oder Spiralgängen, gefördert wird. Dieser Vorgang ist schematisch in der Zeichnung des Mauerquerschnittes angedeutet. In ähnlicher Weise kann die Einförderung der Steinbrocken erfolgen, eine gute Verteilung wird aber nur durch Handarbeit möglich sein, wofür der Lichtraum der Cementröhre genügend Platz bietet. Es ist noch zu beachten, dass die Röhren in 27% Neigung liegen und es nur noch wenig Kraft zur Reibungsüberwindung des Einfüllmaterials braucht. Aus der Neigung der Röhren ergibt sich weiter noch, dass der Füllbeton unter eigenem Höhendruck diese satt ausfüllen wird.

Bei der neueren Bauweise können folgende Vorteile gegenüber den bisherigen Systemen der massiven Talsperren als gegeben erachtet werden:

Der wesentlichste Effekt liegt in der Anwendung von Cementröhren und deren geneigten Lage; bei satter Einbetonierung und ebenso ausgefüllt, bilden sie starke Monolit-Balken im Mauerquerschnitt, welche in der Struktur der ganzen Staumauer ein bedeutend grösseres Widerstandsvermögen bieten, vorab gegen den Angriff der Hauptkräfte für Abscherung in irgend einer Fuge und Umsturz der Mauer, als das nach gewöhnlicher Ausführung kurzbüdige Bruchsteinmauerwerk oder Beton von verschieden guter Qualität, wie solche bei grosser Massenausführung unvermeidlich ist.

Da die Bauweise eine in drei Glieder getrennte Ausführung bedingt, so werden die verschiedenen Nachteile einer einmaligen Massenaufbringung verhütet. Ferner bilden die Cementröhren im Mauerwerk vor deren Einfüllung ein gewissermassen elastisches Zwischenglied zur Aufnahme der Bauspannungen, die infolge des Verhaltens des Materiales und des Arbeitsvorganges, sowie der Witterungsverhältnisse in grösstem Masse während der Bauperiode auftreten.

Die nachfolgende Einfüllung der Röhren mit Beton bewirkt ein Verdichten allfällig dabei eingetretener Strukturveränderungen, was beim Massenbau ausgeschlossen ist. Da die Betonierung und Neuerung

sich in relativ kleinen Abschnitten und Massen stets wiederholt, so ist auch in der Ausführung bessere Gewähr für gutes und gleichmässiges Mauerwerk geboten.

Die neue Bauweise erfordert bei gleichen Ausführungsverhältnissen weniger als die Hälfte an Bauzeit wie eine gleich grosse Mauer nach bisherigen Systemen, dank der dreifach geteilten Mauermaße und ebensolcher Ausführung. Es ist dies ein besonders wichtiger Faktor bei Staumauern in grösseren und unwirtschaftlichen Höhenlagen mit kurzer Bausaison.

Nach dem hier schematisch angenommenen Mauerprofil beträgt der Kubikinhalte der Rohrwandung und deren Einfüllung genau die Hälfte der ganzen Mauerwerkmaße. Aus diesem Verhältnis und den verschiedenen Erstellungskosten der drei Betonqualitäten ergibt sich allein schon eine Ersparnis von mindestens 15%. Weitere Ersparnisse werden an Bauzinsen durch die grosse Verkürzung der Bauzeit erzielt, die je nach klimatischen Verhältnissen erheblich sein können, und, was dabei am meisten noch ins Gewicht fällt, durch eine bedeutend frühere Erreichung von Betriebseinnahmen. Nicht unwesentlich zur Verminderung der Baukosten wird die Ausführungsweise beitragen durch die Trennung der Baubetriebe und die starke Reduzierung der Handarbeit; in der Hauptsache kann der Betrieb mit Maschinen durchgeführt werden.

Kann bei gutem felsigem Fundament bei dieser Bauweise mit dem Minimum des Querschnittes bis an die Grenze der sicheren Stabilität gegangen werden, so eignet sie sich insbesondere auch für ungünstigen Baugrund, der manche Stauanlage der Unsicherheit und der hohen Baukosten wegen in Frage stellt. Ein solcher bedingt eine viel breitere Mauerbasis als deren Standfähigkeit erfordern würde, und damit auch eine Querschnittsvergrößerung, die wiederum eine Gewichtsvermehrung für die Bodenbelastung zur Folge hat. Bodenbelastung und Baukosten werden bei der neuen Bauweise dadurch reduziert, dass die Röhren bei grösster Basis unausgefüllt bleiben und dabei die Staumauer als Hohlbau wirkt. Inwieweit in diesem Falle die beschriebene Eisenarmierung und eventuell auch noch eine solche der Cementröhren bei entsprechender Querschnittsform der Mauer Anwendung finden muss, ist Sache jeweiliger Projektstudien; ein weiteres Eintreten darauf gehört nicht mehr in den Rahmen der vorliegenden Darstellung.



### Statuten einer Genossenschaft von Wasserwerkbesitzern.

Von Wasserrechtsingenieur O. Brockmann, Zürich.

In den Artikeln 34 bis 37 des Bundesgesetzes über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte ist die freiwillige oder zwangsweise Bildung von Genossenschaften der Nutzungsberechtigten an Gewässern vor-