Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 71 (1953)
Heft: 11: Sonderheft zum Geburtstag von Prof. Dr. E. Meyer-Peter. 3. Teil

Artikel: Die Staumauer Serra am Grosswasser im Zwischenbergtal
Autor: Gruner, Georg / Jauslin, Werner
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-60518

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: 16.12.2025

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

Die Staumauer Serra am Grosswasser im Zwischbergental

Von GEORG GRUNER, Dipl. Ing. ETH, und WERNER JAUSLIN, Dipl. Ing. ETH, Basel

DK 627.82 (494.441.8)

1. Allgemeines

Die Energie Electrique du Simplon S. A. hat im Zusammenhang mit der Ausnützung der Wasserkräfte auf der Südseite des Simplonpasses bis hinunter an die Landesgrenze bei Gondo in erster Etappe die Ausnützung der Wasserkräfte des Grosswassers im unteren Zwischbergental vorgenommen. Mit der Wasserfassung bei Serra ist ein Speicherbecken mit einem nutzbaren Stauinhalt von 165 000 m³ auf 1278 m ü. M. geschaffen worden. In dieses Speicherbecken werden durch einen Stollen der Lagginbach und der Krummbach eingeleitet.

Die Projektierung der gesamten Anlage erfolgte auf Grund eines generellen Projektes der Société Ofinco in Genf. Die Detailprojektierung für die Wasserfassung und Staumauer in Serra wurde dem Ingenieurbureau Gebrüder Gruner in Basel übertragen. Da es sich bei den ausgeführten Berechnungen um teilweise neuartige Methoden handelte, wurde Prof. F. Panchaud von der Ecole Polytechnique in Lausanne vom Eidgenössischen Oberbauinspektorat mit der Ueberprüfung der Berechnungen beauftragt. Die Zusammensetzung des Betons, die bei dem weichen Wasser des Grosswassers besonders sorgfältig studiert werden musste, erfolgte auf Grund von Versuchen in der Materialprüfungsanstalt der EPUL durch Prof. J.-P. Daxelhofer. Die geologischen Untersuchungen waren Prof. Dr. Lombard, Genf-Brüssel, und Dr. A. Falconnier, Nyon, übertragen worden.

2. Lage und Formgebung der Staumauer Serra

Die Lage der Staumauer Serra wurde durch die geologischen Verhältnisse bestimmt. Sondierbohrungen hatten ergeben, dass die Felsoberfläche, die am Ausgang des Talkessels von Serra blossliegt und einen 13 m hohen Absturz bildet, talaufwärts absinkt. Ausserdem zeigte sich in der rechten Talflanke im Bereiche der Rinne oberhalb der Staumauer eine Verwerfung, in welcher der Fels erst in grösserer Tiefe erreicht wird. Wir waren deshalb gezwungen, die Staumauer möglichst nahe an den Absturz heran zu rücken (Bild 1). Obwohl das Verhältnis zwischen Breite des Tales und Stauhöhe für die Wirkungsweise einer Bogenmauer nicht besonders günstig war, haben wir uns dazu entschlossen, eine schlanke Bogenmauer für diesen relativ kleinen Stausee vorzusehen. An der tiefsten Stelle beträgt die Stauhöhe 18 m, die Talbreite auf der Stauhöhe ist 56 m, die Kronenlänge der Mauer über 75 m (Bilder 1 bis 3). Dadurch wird das Verhältnis von Kronenlänge zu Scheitelhöhe ungefähr 4, was für eine normale Bogenmauer mit kreisförmigen Horizontalschnitten schon sehr ungünstig ist. Eine genauere Berechnung war nur dadurch möglich, dass die Mauer als Schale aufgefasst wurde. Die Gewölbewirkung in der Staumauer wurde durch eine besondere Formgebung betont:

a) Die Mauerstärke wurde in den Mittelpartien auf ein konstruktives Minimum von 1 m beschränkt. Dadurch wird das Bauwerk elastischer, und der Einfluss der vertikalen Beanspruchungen klingt nach oben rasch ab.

b) Die Bogenradien wurden in den hohen Mauerpartien klein und in den niederen Randzonen grösser gewählt. Da in stärker gekrümmten Bogen die Gewölbewirkung schon bei kleinerer Axverkürzung entsteht, tritt in den höheren Mittelpartien die Gewölbewirkung hervor, während an den Flanken, wo die Mauerhöhe klein ist, die Wasserlast mehr und mehr durch vertikale Beanspruchungen, wie in einer Schwergewichtsmauer, aufgenommen wird.

Die Durchbildung der Mauer nach diesen beiden Gesichtspunkten ergab eine elegante Lösung des stetigen Ueberganges von einer Bogenmauer zu seitlichen Schwergewichtswiderlagern. Die konsequente Ausbildung nach diesen statischen Gesichtspunkten hätte auch eine Wölbung in vertikaler Richtung erfordert. In Anbetracht der relativ kleinen Abmessung des Baues wurde aber zu Gunsten einer einfacheren Ausführung darauf verzichtet.

Technische Daten der Staumauer:

Höhe der Mauer	18,00 m	Kote d. Mauerkrone	1280,40 m ü. M.
Kote d. Stauspiegels	1278,00 m ü. M.	Länge d. Mauerkrone	75,05 m
Max. Hochwasser	180,00 m³/s	Dicke der Mauer	1,00 m
Breite d. Ueberfalles	32,60 m	Mauerradien	28, 35, 55 u. 170 m
Max. Ueberfallhöhe	1,84 m	Dicke d. Mauerfusses	3,50 m

Die ganze Mauer ist auf standfesten Kalkfelsen abgestellt worden. Da dieser stellenweise zerklüftet war und einige Schieferbänder aufwies, wurde der Untergrund mittels Zementinjektionen auf 8 bis 15 m Tiefe abgedichtet.

Die Betonmischung wurde pro m³ fertigen Beton zusammengesetzt aus 275 kg Portlandzement, 55 kg Puzzolan und 100 cm³ Darex. Der Puzzolanzusatz wurde aus Italien importiert; er erhöht den Widerstand gegen die Aggressivität des weichen Wassers. Die Festigkeit des Betons ergab im Mittel 370 kg/cm² nach 28 Tagen. Der höchste Wert erreichte 500 kg/cm².

Die Staumauer ist grundsätzlich nicht bewehrt. Auf der Luftseite wurde im obern Mittelteil eine Armierung eingelegt, um ein Oeffnen der Arbeitsfugen zu verhindern. Auf Verlangen des Experten des Oberbauinspektorates wurde am Mauerfuss ebenfalls eine Armierung auf der Wasserseite eingelegt, die eine Einspannung der Mauer auf den Fundamentblock

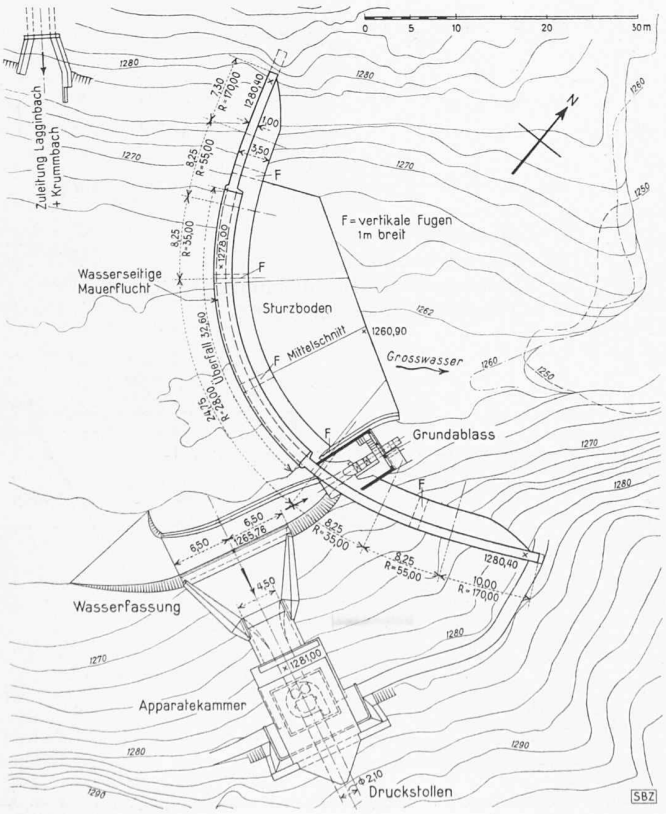


Bild 1. Situationsplan; 1:800

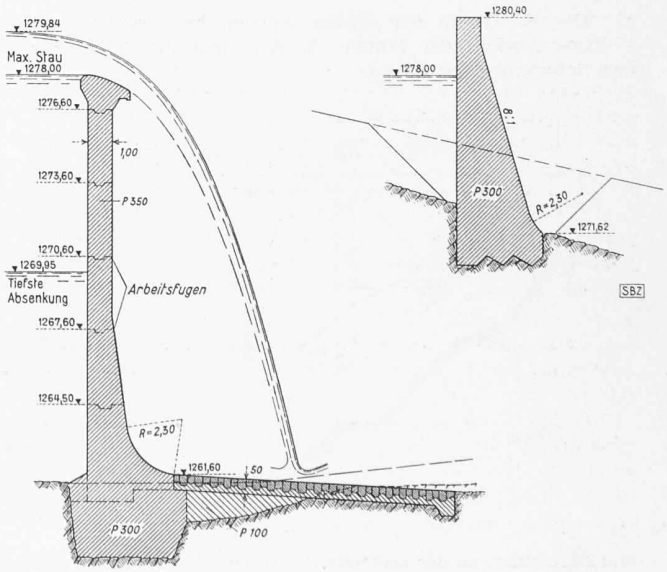


Bild 2. Typische Schnitte durch die Mauer 1:300

erreichen soll. Die Staumauer wurde im Sommer 1951 ausgeführt. Um den ungünstigen Einfluss des Schwindens des Betons und der Temperaturspannungen im Bauwerk möglichst auszuschalten, wurde die Mauer in sechs Segmente von je 11 m unterteilt, die durch vertikale Fugen von 1 m Breite abgetrennt wurden. Diese hat man erst im Frühjahr 1952 geschlossen.

3. Berechnung der Staumauer

a) Allgemeines

Um einen möglichst guten Aufschluss über das Kräftespiel in der neuartigen Konstruktion zu erhalten, wurde versucht, ihre Arbeitsweise als Flächentragwerk, als Schale zu erfassen.

Im Berechnungsverfahren nach Tölke wird die Schalenwirkung dadurch berücksichtigt, dass der Mittelschnitt einer Bogenmauer wie ein Vertikalschnitt eines Rotationszylinders berechnet wird. Die daraus erhaltene Lastaufteilung auf Konsole und Bogen wird auch für die übrigen Schnitte beibehalten, wodurch sich die Bogen einfach berechnen lassen. Dieses Verfahren ergibt für den berechneten Vertikalschnitt relativ gute Werte. Es ist jedoch offensichtlich, dass die gemachten Annahmen nicht der Wirklichkeit entsprechen. Die Verformungen eines Rotationszylinders, der die Grundlage der Berechnung nach Tölke bildet, sind unter Wasserlast alle radial und auf einem Horizontalschnitt gleich. Im Gegensatz dazu variieren in der Staumauer die Einspannverhältnisse und die Längen der Konsolen. Die Hauptdeformationen sind zwar ebenfalls radial, hingegen sind sie in einem Horizontalschnitt nicht konstant. An den Talflanken werden sie ungefähr gleich Null. Infolgedessen ergeben sich tangentiale Verschiebungen, so dass die Lastanteile über einen Bogen nicht konstant sein können.

In der für die Staumauer Serra gewählten Berechnungsart erhielt man für den Mittelschnitt eine ähnliche Berechnung wie nach Prof. Tölke, wobei sich aber ein zusätzlicher Faktor ergab, der die tangentiale Verformung berücksichtigt.

Die Differentialgleichungen für die Schalenelemente würden eigentlich die theoretischen Grundlagen für die genaue Berechnung einer Bogenmauer bilden. Hingegen ist es unmöglich, die Mauerform analytisch zu erfassen, weshalb eine direkte Lösung dieser Gleichungen unmöglich ist.

Die Grundidee der Berechnungsart, die für die Staumauer Serra gewählt wurde, war folgende: Der Verformungszustand der Mauer soll angenähert berechnet und geschätzt werden. Durch Einsetzen der Verformungsgrössen in die Differentialgleichungen soll mit Hilfe der Differenzenrechnung die Richtigkeit der angenommenen Werte bewiesen werden. Durch wiederholte Durchführung dieser Rechenoperation soll man den richtigen Verformungen nahe kommen. Natürlich liegt die Hauptschwierigkeit in der angenäherten Ermittlung der Deformationen. Es ergibt sich aber, dass für den Mittelschnitt, den eigentlich massgebenden Teil einer Staumauer, gute Näherungsberechnungen durchgeführt werden können. Diese Werte können wegleitend für die anschliessenden Partien verwendet werden.

b) Durchführung der Berechnung

Die Kräfte in der Mauer werden hervorgerufen durch: 1. Eigengewicht der Mauer, 2. Wasserdruck, 3. Temperatur und Schwinden des Betons.

Das Eigengewicht der Mauer wird direkt vertikal in die Fundamente übertragen, da am Anfang die Fugen noch offen stehen und keine horizontale Lastübertragung stattfinden kann. Das Schwinden ist durch den gewählten Bauvorgang weitgehend ausgeschaltet, und zudem genügt es, diesen Einfluss sowie den der Temperaturänderungen grössenmässig zu erfassen. Eine genaue Berechnung ist deshalb nur für die Wasserlast nötig. Der Wasserspiegel wurde auf Kote 1280 m ü. M. angenommen (H. H. W. Sp. 1279,84 m ü. M.).

Die Staumauer Serra hat die Form eines Zylinders, weshalb die Formeln für Zylinderschalen angewendet werden konnten. Die Poissonsche Zahl wurde gleich Null gesetzt, da diese die Resultate nicht wesentlich beeinflusst, wie verschiedene Untersuchungen gezeigt hatten.

Es ergeben sich folgende Formeln (Bild 4):

$$p_x = -\frac{\partial N_x}{\partial x} - \frac{\partial N_{yx}}{\partial y}$$

$$p_y = -\frac{\partial N_y}{\partial y} - \frac{\partial N_{xy}}{\partial x} + \frac{1}{r}\frac{\partial M_y}{\partial y} - \frac{1}{r}\frac{\partial M_{xy}}{\partial x}$$

$$p_z = -\frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} - \frac{N_y}{r} - \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 (M_{xy} - M_{yx})}{\partial x \partial y}$$

$$N_x = +\left[\frac{\partial \delta_x}{\partial x} - \frac{h^2}{12r}\frac{\partial^2 \delta_z}{\partial x^2} - w\left(t + \frac{\partial t}{\partial x} dx\right)\right] E h$$

$$N_y = \\ = +\left[\left(\frac{\partial \delta_y}{\partial y} - \frac{\delta_z}{r}\right) - \frac{h^2}{12r^2}\left(\frac{\delta_z}{r} + \frac{r\partial^2 \delta_z}{\partial y^2}\right) - wt\right] E h$$

$$N_{yx} = \\ = +\left[\left(\frac{\partial \delta_y}{\partial x} + \frac{\partial \delta_x}{\partial y}\right) + \frac{h^2}{12r^2}\left(\frac{\partial \delta_x}{\partial y} - \frac{r\partial^2 \delta_z}{\partial y \partial x}\right) - 2w\frac{\partial t}{\partial x} dy\right]\frac{1}{2} E h$$

$$N_{xy} = \\ = +\left[\left(\frac{\partial \delta_y}{\partial x} + \frac{\partial \delta_x}{\partial y}\right) + \frac{h^2}{12r^2}\left(\frac{\partial \delta_y}{\partial x} + \frac{r\partial^2 \delta_z}{\partial y \partial x}\right) - 2w\frac{\partial t}{\partial x} dy\right]\frac{1}{2} E h$$

$$M_x = -E\frac{h^3}{12r}\left(r\frac{\partial^2 \delta_z}{\partial x^2} + \frac{\partial \delta_x}{\partial x} - wt - w\frac{\partial t}{\partial x} dx\right)$$

$$M_y = -E\frac{h^3}{12r}\left(r\frac{\partial^2 \delta_z}{\partial y^2} + \frac{\delta_z}{r}\right)$$

$$M_{yx} = +E\frac{h^3}{12r}\left[-r\frac{\partial^2 \delta_x}{\partial x \partial y} + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \delta_x}{\partial y} - \frac{\partial \delta_y}{\partial x}\right)\right]$$

$$M_{xy} = +E\frac{h^3}{12r}\left[r\frac{\partial^2 \delta_z}{\partial x \partial y} + \frac{\partial \delta_y}{\partial x} - w\frac{\partial t}{\partial x} dy\right]$$

h = Mauerstärke
E = Elastizitätsmodul
w = Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient
t = Temperaturänderung in °C

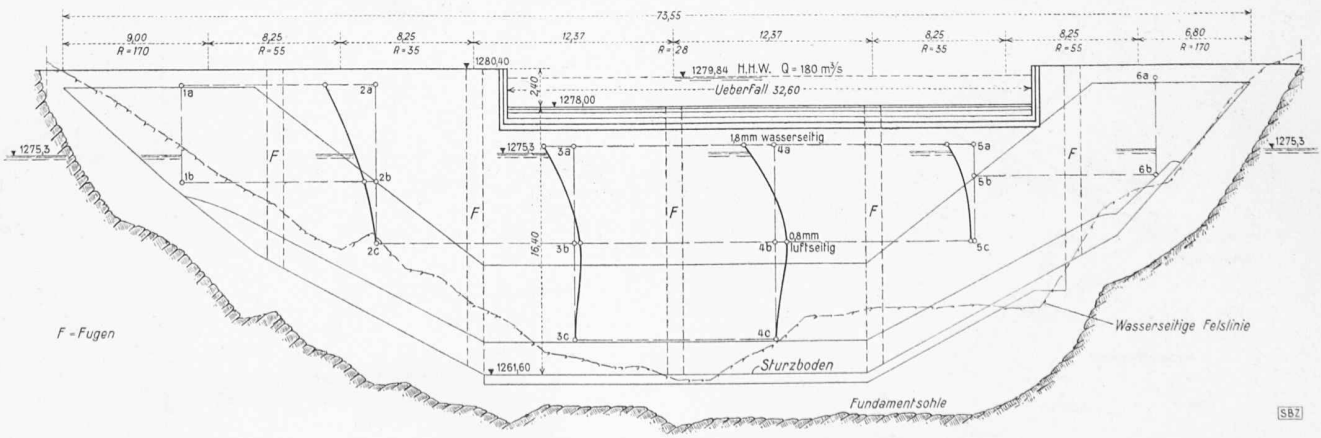


Bild 3. Ansicht von der Luftseite, 1:450. Die Deformationen in radialer Richtung wurden von der Eidgenössischen Landestopographie vom 12. bis 14. August 1952 bei einem Wasserstand auf Kote 1275,3 gemessen

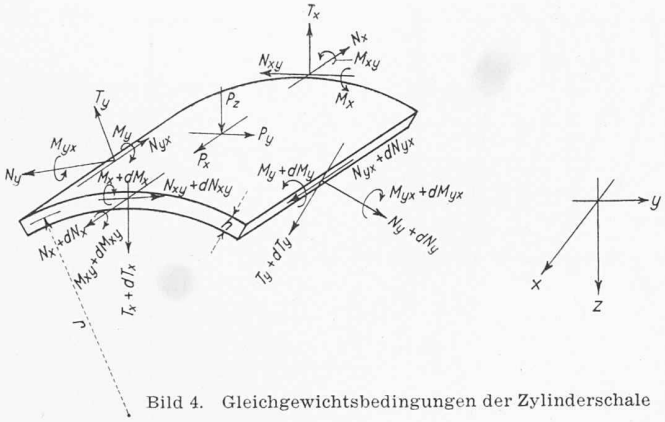


Bild 4. Gleichgewichtsbedingungen der Zylinderschale

Für die Verwertung obiger Gleichungen wurde die Differenzenrechnung angewendet. Anfänglich wurden sämtliche Ableitungen aus Parabeln vierter Ordnung durch die Netzpunkte gelegt. Es zeigte sich aber, dass Parabeln zweiter Ordnung genügen.

$$f_i' = \frac{\partial f_i}{\partial x} = \frac{-f_{i-1} + f_{i+1}}{2 \Delta x}$$

$$f_i'' = \frac{\partial^2 f_i}{\partial x^2} = \frac{f_{i-1} - 2 f_i + f_{i+1}}{\Delta x^2}$$

Für Wasserlast ergibt sich $p_x = p_y = 0$ und $p_z = \gamma x$

γ ist das spez. Gewicht des Wassers, x die Abszisse auf einer vertikalen Axe vom Wasserspiegel aus gemessen. In erster Annäherung darf δ_x überall gleich Null gesetzt werden. Ebenso ergibt sich, dass in erster Linie die Bedingung:

$$p_z = -\frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} - \frac{N_y}{r} - \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 (M_{xy} - M_{yx})}{\partial x \partial y}$$

erfüllt werden muss, da die Gleichgewichtsbedingungen für p_x und p_y weniger wichtige Glieder enthalten.

Für den Mittelschnitt lassen sich nun verschiedene Aussagen machen. Aus Symmetriegründen ist das letzte Glied, der Einfluss der Drillungsmomente, gleich Null. Die zweite Ableitung von M_y in horizontaler Richtung ist, besonders in einer schlanken Mauer, klein und kann vorerst vernachlässigt werden, womit sich die Gleichung reduziert auf:

$$p_z = -M_x'' - \frac{N_y}{r} \qquad \left(M_x'' = \frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2}\right)$$

M_x'' ist der Einfluss der Konsolwirkung und N_y/r enthält den Einfluss des Bogens. Diese Schnittgrössen können nach den obigen Formeln durch die Verschiebungen δ_z ausgedrückt werden.

Im Ausdruck für N_y verschwindet das zweite Glied gegenüber dem ersten, da r gegenüber h gross ist. Es ergibt sich:

$$(1) \qquad N_y = E h \left(\delta_y^{\cdot} - \frac{\delta_z}{r}\right)$$

$$(2) \qquad M_x = \left(\frac{E h^3}{12} \delta_z''\right)$$

$\delta_y^{\cdot} \left(= \frac{\partial \delta_y}{\partial y}\right)$ muss durch δ_z ausgedrückt werden.

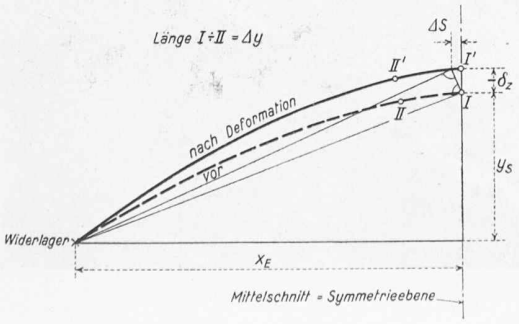


Bild 5. Radialverformung des Mittelschnittes

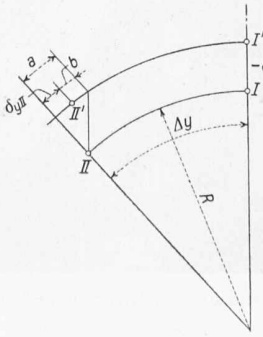


Bild 5a.

In einer symmetrischen oder nahezu symmetrischen Bogenmauer kann sich der vertikale Mittelschnitt nicht tangential verschieben. Für diesen Schnitt liegen also ähnliche Verhältnisse vor wie für einen Rotationszylinder. Durch die tangentialen Normalkräfte N_y werden die Bogenelemente verlängert (N_y ist positiv als Zugkraft). Dies bewirkt im Rotationszylinder eine Vergrösserung des Radius des Ringes, weshalb keine tangentialen Verschiebungen auftreten. In der Staumauer hingegen summieren sich diese Verlängerungen vom Widerlager aus auf und bewirken eine grössere Radialverformung des Mittelschnittes. Damit der Bogen geometrisch erhalten bleibt, muss er sich so hinausdrehen, dass die neue Bogenlänge der verlängerten Bogenaxe entspricht (Vgl. Bild 5).

N_y kann in Horizontalschnitten konstant angenommen werden. Dann ist:

$$\Delta s = N_y \Delta s^* \quad \text{wo } \Delta s^* = \Delta s \text{ für } N_y = 1\,\text{t/m}$$

$$(3) \qquad -\delta_z = \Delta s \frac{x_E}{y_s} = \frac{\Delta s^* x_E}{y_s} N_y$$

δ_y im Schnitt I $= 0$

δ_y im Schnitt II = Verlängerung infolge der Aenderung des Radius um δ_z (a) minus Verlängerung des Elementes I—II infolge von N_y (b) (Bild 5a).

$$\frac{a}{-\delta_z} \cong \frac{\Delta y}{r}$$

$$b = \frac{N_y}{E F} \Delta y \qquad F = 1 \cdot h$$

$$\delta_{y\,II} = a - b = \frac{-\Delta y}{r} \delta_z - \frac{N_y \Delta y}{E h}$$

$$\delta_{y\,I}^{\cdot} = \frac{\delta_{y\,I} - \delta_{y\,II}}{\Delta y} = + \frac{\delta_z}{r} + \frac{N_y}{E h}$$

N_y aus Gleichung (3) eingesetzt ergibt

$$(4) \qquad \delta_y^{\cdot} = + \frac{\delta_z}{r} + \frac{\delta_z y_s}{\Delta s^* x_E} \frac{1}{E h}$$

Setzen wir (4) in Gleichung (1) ein, so wird

$$N_y = -\frac{y_s}{\Delta s^* x_E} \delta_z$$

wobei in Δs^* auch elastische Widerlagerverschiebungen einfach berücksichtigt werden können.

Mit Hilfe der Differenzenrechnung kann auch M_x nach Gleichung (2) durch δ_z ausgedrückt und beide Werte können in die Gleichgewichtsbedingung für p_z eingesetzt werden. Es ergibt sich für einen Punkt i auf dem vertikalen Mittelschnitt die Gleichung:

$$p_{z\,i} = \frac{E}{12 \Delta x^4} \Big[\delta_{z,i-2} h_{i-1}^3 - 2 \delta_{z,i-1} (h_{i-1}^3 - h^3) + \\ + \delta_{z,i} \left(h_{i-1}^3 + 4 h_i^3 + h_{i+1}^3 + \frac{y_s 12 \Delta x^4}{\Delta s^* x_E r E} \right) - \\ - 2 \delta_{z,i+1} (h_{i+1}^3 + h_i^3) + \delta_{z,i+2} h_{i+1}^3 \Big]$$

Darin bedeuten:

Δx Abstand der Punkte $i-1, i, i+1 \ldots$ voneinander auf der vertikalen x-Axe, bzw. Abstand der horizontalen Netzlinien

h Mauerstärke

y_s Pfeilhöhe des Bogens im Horizontalschnitt i

x_E Halbe Sehnenlänge

r Krümmungsradius in horizontaler Richtung in i

E Elastizitätsmodul des Baumaterials

$p_{z\,i}$ Wasserdruck in i

Diese Gleichung kann für jeden Punkt auf dem Mittelschnitt angeschrieben werden. Für die Randpunkte oben und unten benötigen wir noch die Grössen für je zwei Punkte ausserhalb der Mauer. Wir haben also $n+4$ unbekannte δ_{zi}, denen n Gleichungen und je zwei Randbedingungen (oben: $M = 0$, $Q = 0$, unten elastische Einspannung mit Aussagen für δ_z und $\delta_z^{\cdot}$), also eben-

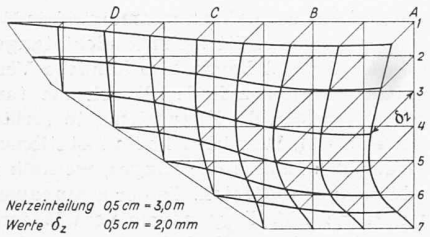


Bild 6. Radiale Durchbiegungen der Mauer

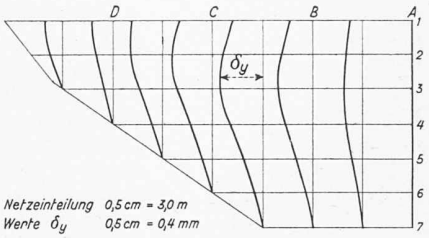


Bild 7. Tangentiale Verformungen der Mauer

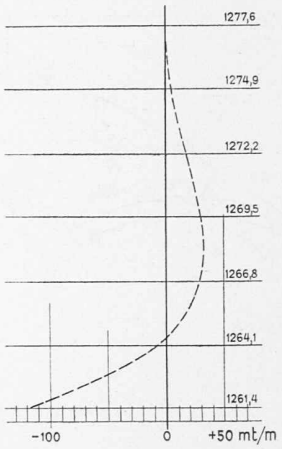


Bild 8 (rechts). Biegungsmoment in Bogenmitte

soviele Gleichungen gegenüberstehen. Für die Staumauer Serra wurden 7 Horizontalschnitte gelegt, so dass nach Einsetzen der Randbedingungen ein System mit 7 Unbekannten zu lösen war.

So erhält man im Mittelschnitt relativ genaue Werte für δ_z und δ_y. Sie geben guten Aufschluss über die Lastverteilung im Mittelschnitt und erlauben eine ziemlich genaue Dimensionierung einer Bogenmauer. Aus diesem Grunde wurde ausführlicher darauf eingegangen.

Von diesen Werten ausgehend, lassen sich durch vereinfachende Annahmen einzelne Gleichungen erfüllen und so die Verschiebungen für die Netzpunkte zwischen den Flanken und dem Mittelschnitt abschätzen. Diese Abschätzung führt verhältnismässig rasch zum Ziel. Den Werten für die Verschiebungen sind relativ enge Grenzen gesetzt, da ihr Verlauf sowie derjenige der Schnittkräfte und Lastanteile stetig, und an den Rändern die Auflagerbedingungen erfüllt sein müssen. Diese können nach den Formeln von Frederik Vogt berücksichtigt werden, die Abschätzung kann auf verschiedene Art geschehen, und es würde zu weit führen, diese Operationen im einzelnen darzustellen.

c) Ergebnisse

Für die Sperre in Serra ergaben sich die Verformungen gemäss den Bildern 6 und 7.

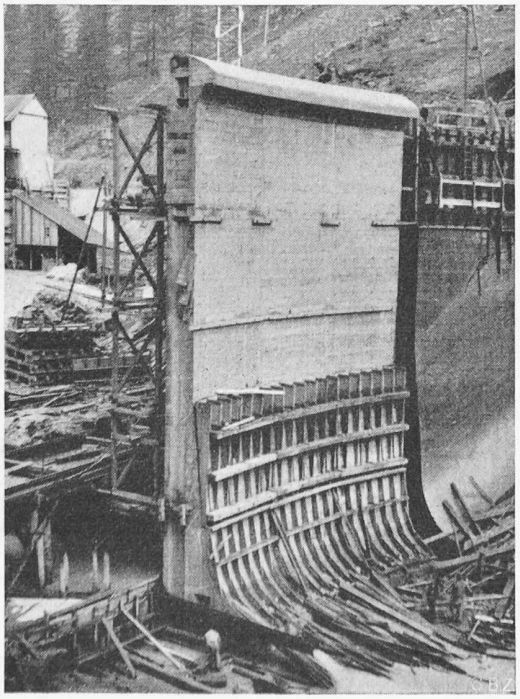
Die vertikalen Verschiebungen δ_x wurden nicht ermittelt. Sie sind wesentlich kleiner als die δ_y und ändern das Bild der wichtigsten Kräfte N_y, M_x, M_y, M_{xy} nicht. Sie sind hingegen massgebend für N_x und N_{xy}. Diese beiden Schnittkräfte sind jedoch nicht bedeutend, und man weiss, dass N_x im Mittelschnitt als Druckkraft, also günstig wirkt. Aus N_y und dem infolge der Schlankheit kleinen M_y entstehen horizontal max. Kantenpressungen $\sigma_{y\,max} = 26 + 3 = 29$ kg/cm². Der Verlauf von M_x im Mittelschnitt ist in Bild 8 angegeben.

M_x bedingt Zugspannungen an der Luftseite von maximal 17 kg/cm², die durch die Eigengewichtsspannungen noch etwas vermindert werden. Obwohl die Mauer auch nach Ueberwindung dieser Zugspannungen stabil bleiben würde, da die Bogen allein die ganze Wasserlast tragen könnten, wurde eine Armierung zur Aufnahme dieser Spannungen eingelegt. Der Mittelschnitt wurde für verschiedene Einspannverhältnisse nachgerechnet, und es zeigt sich, dass die Grösse des Vertikalmomentes im obern Mauerteil nicht stark von der Fusseinspannung abhängt. Die Drillungsmomente nehmen, wie die Biegungsmomente, nur an den Rändern grössere Werte an, können dort aber infolge der Mauerverdickung gut aufgenommen werden. Der vom Oberbauinspektorat zugezogene Experte rechnete den Mittelschnitt nach mit Hilfe von vereinfachenden Annahmen und einer Aufteilung in sechs Bogen und einen Vertikalbalken und erhielt für diesen nur wenig abweichende Werte.

Die Berechnung für Temperaturänderungen wurde als Abschätzung für den Mittelschnitt durchgeführt. Als Folge der schlanken Abmessungen ergeben sich grosse Verschiebungen der Krone (bis 9 mm) bei kleinen Spannungen. In den unteren Partien ergeben sich aus der Festhaltung im Fels grössere Beanspruchungen, hingegen sind hier die Temperaturschwankungen bei vollem Staubecken klein, so dass keine ungünstige Ueberlagerung entsteht.

Von der Eidg. Landestopographie wurden bisher zwei trigonometrische Messungen durchgeführt. Sie zeigen jedoch lediglich das elastische Verhalten des Bauwerkes. Da die Verschiebungen aus Temperatur wesentlich grösser sind als die aus der Wasserlast, können keine Schlüsse auf die Beanspruchung der Mauer gezogen werden, sofern nicht gleichzeitig der Temperaturzustand angegeben wird.

Die Erfahrungen mit dieser Mauer bis heute haben gezeigt, dass es möglich ist, unter Anwendung der Schalentheorie auch in relativ breiten Talquerschnitten schlanke und elegante Mauern zu erstellen.



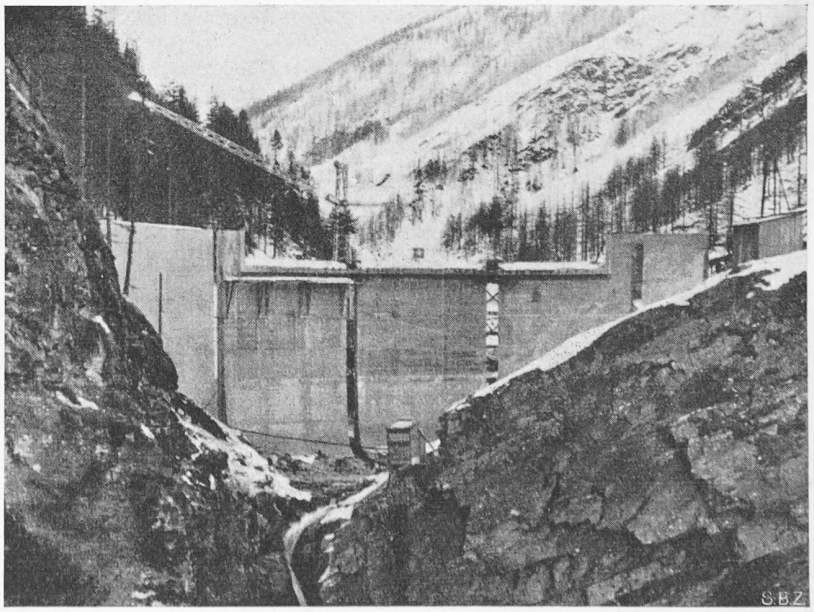


Bild 10. Ansicht von der Luftseite mit offenen Fugen, Winter 1951/52

Bild 9 (links). Mauerelement in Mauermitte

Die Bauleitung der Mauer lag in den Händen der Société Ofinco in Genf. Die Ausführung erfolgte durch die S. A. Conrad Zschokke in Genf. Die Injektionen des Untergrundes führte die Swissboring, Zürich, aus. Die Mauer wurde zu Beginn des Sommers 1952 zum ersten Mal eingestaut. Die offizielle Eröffnung des Kraftwerkes erfolgte am 4. Oktober 1952.

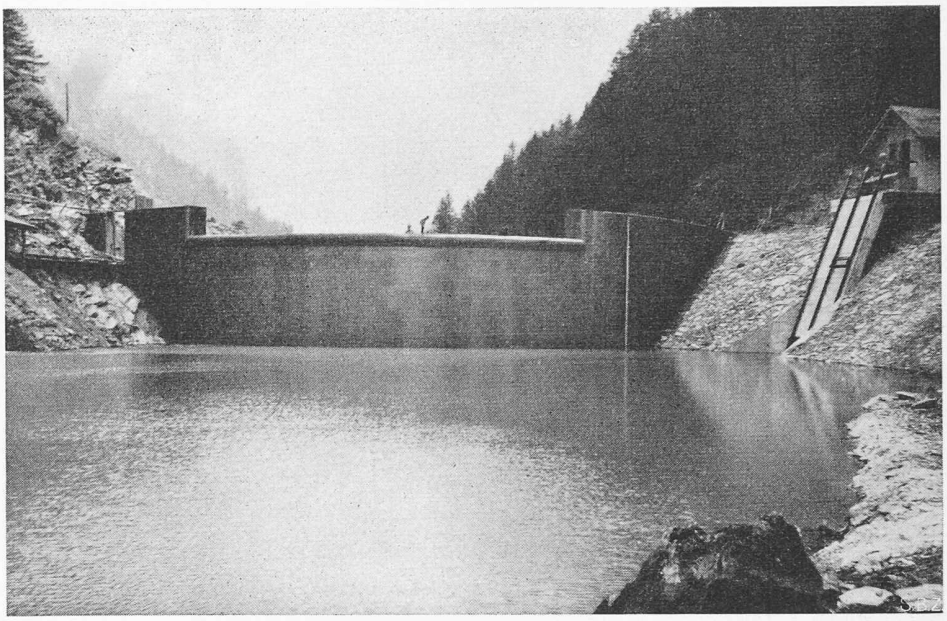


Bild 11. Ansicht von der Wasserseite, Juli 1952

Literaturnachweis:

Wasserkraftanlagen, herausgegeben von Adolf Ludin, 2. Hälfte, 1. Teil von Prof. Dr. Ing. Friedrich Toelke, 1938: Talsperren, Staudämme und Staumauern.

Flächentragwerke, von Prof. Dr. Ing. Karl Girkmann, 1948.

Transactions of the American Society of Civil Engineers, Vol. 90, S. 554, Juni 1927, Aufsatz von Fr. Fredrik Vogt.

Die gotischen Wandgemälde in der reformierten Kirche von Pratteln (Baselland)

DK 755

I.

In dem 1480 erbauten gotischen Chor der Pfarrkirche von Pratteln sind beim Abschlagen des Verputzes im Laufe von Renovationsarbeiten gotische Wandmalereien zu Tage getreten, und zwar die Reste einer Gesamtbemalung, die zu den bedeutendsten in ihrer Art in der Schweiz gehört. Es ist einer jener typisch gotischen Chöre, wie sie in den Jahrzehnten vor und nach 1500 in der ganzen Ostschweiz und in Süddeutschland entstanden sind, kristallhaft-polygonal nach dem Vorbild der Minoritenkirchen, natürlich entsprechend den ländlichen Verhältnissen nicht so gross und hoch wie die Chöre von Königsfelden, der Barfüsserkirche in Basel oder der Predigerkirche in Zürich, aber doch von der gleichen Art, elegant und schlank, mit schmalhohen Spitzbogenfenstern.

An den ebenfalls schmalhohen Wandstreifen zwischen den Fenstern befinden sich die Gemälde: je zwei muntere Engelchen mit spitzen Schwalbenflügeln halten ein hohes Rechteckfeld wie einen Wandteppich, darin schwebt eine grosse Heiligenfigur — verblasst und gerade noch in ihren Umrissen erkennbar, als helle Silhouette vor rotem oder blauem Grund. Die Fensterschrägen sind von einem breiten Farbband mit Krabben eingefasst; das Ganze ist auf einen Wurf komponiert, frisch und grosszügig. Wo die Binnenzeichnung noch erkennbar ist, wie an manchen Engelsköpfchen, da zeigt sich eine sichere, kernige Zeichnung allerbesten oberrheinischen Stils, wie er sich in Basels grösster Zeit zwischen dem grossen Kirchenkonzil und der Reformation herausgebildet hatte, ein Stil, der die verschiedenen Essenzen der Zeit in ungewöhnlich schönem Gleichgewicht enthält, die mittelalterliche Frömmigkeit, den neuen, renaissancemässigen bürgerlichen Realismus und einen Einschlag adelig-burgundischer Eleganz, wodurch der Oberrhein zur führenden Kunstlandschaft in deutschen Landen geworden war — von den Niederlanden abgesehen.

Selbstverständlich hatten sich die Denkmalpflege des Bundes und der Denkmalpfleger von Basel sogleich für die Erhaltung dieser nicht nur ehrwürdigen und kunstgeschichtlich wertvollen, sondern auch frommen und menschlich liebenswürdigen Denkmäler der Vergangenheit eingesetzt, und es bestand alle Hoffnung, die Pratteler Kirchen- und Gemeindebehörden würden sich diesen Bemühungen zugänglich erweisen.

Niemand hat je daran gedacht, diese Malereien so aufzufrischen, dass sie wie neu gewirkt hätten. Gemäss der modernen Konservierungspraxis hätte man allenfalls die ärgsten Fehlstellen in einem neutralen Ton ausgetupft, so dass die Figuren, soweit noch vorhanden, in ihren allgemeinen Umrissen auch dem Laien wieder verständlich geworden wären; es wäre ein schattenhafter Abglanz des ursprünglichen Reichtums entstanden, nicht dieser selbst, und in dieser blassen Form hätte sogar die sehr edle Marienfigur links neben dem Mittelfenster selbst auf ängstlich reformierte Gemüter nicht auffällig, geschweige denn provozierend gewirkt. Für den Fall aber, dass sich die kirchlichen Skrupeln nicht hätten überwinden lassen, hätte immer noch die Möglichkeit bestanden, die am besten erhaltenen Teile, einzelne Köpfchen z. B., abzunehmen und in ein Museum zu übertragen — wofür man im Baselland hätte dankbar sein müssen, nachdem die an Baselland gefallenen unersetzlichen Kunstschätze aus dem Basler Münsterschatz anlässlich der Kantonstrennung 1834 auf die schmählichste Weise an den Kunsthandel verschachert wurden. Der besondere Reiz der Pratteler Wandgemälde, nämlich ihre Bindung an die Architektur, wäre freilich dadurch zerstört worden — aber nicht einmal diesen bescheidenen Respekt vor den alten Kunstwerken hat man aufgebracht. Gerade weil «die Gefahr» bestand, die Behörden würden sich für die Erhaltung der Malereien gewinnen lassen, sind sie am 2. Februar von «der Kirche nahestehenden» Tätern in mehrstündiger Arbeit abgeschabt, und sind die Engelsköpfchen mit Hammerschlägen zerhackt worden. Heute, im Jahre 1953!

«So bedauerlich dieser Vorfall ist, so bedeutungslos war er für die Restaurationsfrage», erklärt die Kirchenpflege Pratteln-Augst in einem Artikel in der «Neuen Basellandschaftlichen Volkszeitung» Nr. 13 vom 17. Februar 1953, in dem die Schuld an der Zerstörung den Denkmalpflegern zugeschoben wird, die sich um die Erhaltung der Wandmalereien bemühten, und den «Zeitungsschreibern», die «Lobhudeleien» im «Kinoreklamestil» darüber geschrieben und dann die «Naivität» und «Unverfrorenheit» gehabt hätten, über die Zerstörungen zu berichten. (Wie wir hören, war die Minderheit der Kirchenpflege über dieses edle Produkt derer, die die Zerstörung offenbar inspiriert haben und heute bagatellisieren wollen, nicht informiert.) Spaltenlang wird dem Leser da vorgerechnet, das Erhaltene habe sowieso nur noch 23 % und beim Marienbild 60 % des Gesamtbestandes ausgemacht, und die «neutralen» Apostel wären bestenfalls zu 8 bis 40 % rekonstruierbar gewesen. Was soll damit bewiesen werden? Die Pratteler Glaubenshelden haben die Wandmalereien ja nicht deshalb mit Drahtbürsten und Hämmern bearbeitet, weil nur noch so wenig davon vorhanden war, sondern obschon nur noch so bescheidene Reste übrig waren; wenn die Malereien zu hundert Prozent erhalten gewesen wären, wären sie viel besser sichtbar gewesen und demgemäss erst recht zerstört worden. Man stelle sich das einmal deutlich vor: es hätte sich um guterhaltene Originalarbeiten von Schongauer, von Dürer, von Grünewald gehandelt — was alles in Basel und seiner Provinz durchaus möglich wäre, die brennende Schande für die Pratteler Fanatiker und für das ganze Land wäre nicht auszudenken. Man sieht hier in einen schwarzen Abgrund von Unduldsamkeit und Unbildung zugleich.

Leider handelt es sich ja nicht um eine einmalige Erscheinung, sondern um Barbarei mit Methode. Wir erinnern