Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 73 (1981)

Heft: 4

Artikel: Messen von Porenwasserdruck im Untergrund der Bogenstaumauer Zervreila

Autor: Schnitter, Niklaus J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941316

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: 06.07.2025

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

Entscheidend ist, dass die Zonen hohen Druckes auf engem Raum begrenzt werden. Dies kann, wo der Fels sich nicht selbst genügend entwässert, mit systematischen Drainagebohrungen erreicht werden. So betrachtet erhöhen die Drainagesysteme die Sicherheit der betreffenden Staumauern in wesentlichem Masse, auch wenn sich dies nicht in den vorliegenden Messergebnissen abzeichnet. Denn die Drainagesysteme entwässern und entlasten besonders den Felsuntergrund unterhalb der Fundamentkontaktzone und in den Felsflanken, auf denen sich die Staumauern abstützen.

Poren- und Kluftwasserdrücke im Felsuntergrund

Messeinrichtungen zur Bestimmung der Wasserdrücke, die sich im Felsuntergrund bzw. in den Felswiderlagern aufbauen, sind nur bei den Staumauern Gigerwald und Limmernboden vorhanden. Die Messzellen wurden in der gleichen Art wie für die Auftriebsmessung mit Bohrungen gebildet. Die Einrichtungen bei der Staumauer Gigerwald sind im Beitrag von *E. Schnitzler* beschrieben und im Bild 5 mit den Messergebnissen schematisch dargestellt. Im gleichen Messquerschnitt sind die Messzellen teilweise übereinander auf verschiedenen Horizonten angeordnet. Aus den angezeigten Drücken ist ersichtlich, dass das Wasser die Felsflanke in verschiedenen, voneinander unabhängigen Strängen durchströmt, was in Anbetracht der vorhandenen Klüftungssysteme nicht verwunderlich ist. Deutlich zeigen die Messergebnisse, dass die Druckverhältnisse nur in beschränktem Masse von den Stauschwankungen beeinflusst werden und dass die Druckhöhen bei den höhergelegenen Messstellen infolge direkt ins Gebirge einsickerndem Meteor- und Schneeschmelzwasser zeitweise auf ein Niveau ansteigen, das bedeutend höher liegt als der Wasserstand im Stausee. Die einzelnen Drainagebohrungen führen jeweils auch bei hohen Drükken nur wenig Wasser, gesamthaft höchstens 0,5 l/s. Daraus darf man schliessen, dass die Drainagebohrungen ihren Zweck erfüllen und den Fels wirksam entwässern.

Eine ebenso wirksame Entlastung ergaben vereinzelte Druckmessungen in Drainagebohrungen bei der Staumauer Sta. Maria, wo man hierfür systematisch ausgewählte Bohrungen bei der Mündung zeitweise verschlossen hat. Der Wasserandrang aus allen Bohrungen erreicht im Maximum 0,4 l/s.

Bei der Staumauer Limmernboden, wo keine speziellen Drainagen vorhanden sind, folgen die Drücke in beiden Talflanken regelmässig den Stauspiegelschwankungen. Die Drücke erreichen dort infolge der hohen Drainagewirkung des Felsens mittlere Höchstwerte, die höchstens 15% der Seestandshöhe entsprechen. Die Messhorizonte liegen 46 und 115 m unter der maximalen Staukote. Die Messzellen sind unmittelbar in der luftseitigen Randzone und in der Flucht des Dichtungsschirmes angeordnet.

Sickerwasserandrang

Die Sickerwassermessanlagen sind derart gestaltet, dass die interessierenden Anteile des Wasserandranges, in Zonen unterteilt, bestimmt werden können (Beispiel siehe Bild 2, Staumauer Curnera). Ermittelt werden die durch den Staumauerbeton in die Kontrollgänge zufliessenden Wassermengen, der Abfluss aus den Drainagebohrungen und der Wasserandrang in den einzelnen Erschliessungsstollen. Die bei den verschiedenen Staumauern gemessenen grössten Sickerwassermengen während der letzten Jahre sind in der Tabelle 1 aufgeführt.

Die Durchsickerungen durch den Beton betreffen in bezug auf die Anzahl der Austritte vorwiegend undichte Block- und Arbeitsfugen, mengenmässig hauptsächlich mangelhaft gestopfte Felsinjektionsbohrungen, die in den Injektionsgang münden und als erwünschte Drainagen der Fundamentkontaktzone wirken, dies besonders bei der Staumauer Curnera. Die Grösse dieser Wasserverluste ist belanglos. Bei der Inbetriebnahme der Bauwerke waren die Wasserdurchsickerungen im Beton bis zwei- oder dreimal grösser. Die ergiebigsten Austritte hat man damals mit Injektionen abgedichtet. Der Wasserandrang bei den übrigen Austritten hat sich dann im Lauf der Jahre vermindert, hauptsächlich infolge Versinterung des durchlässigen Betons und – bei den Austritten in die Injektionsgänge – infolge Verschlammung der Risse und Klüfte des Felsens in der Fundamentkontaktzone.

Ebenso haben Schlammablagerungen in den Stauräumen dazu geführt, dass sich die Abflüsse aus den Felsdrainagebohrungen bei den Staumauern Sta. Maria und Gigerwald allmählich verringert haben. Bei den Stauanlagen Nalps, Sta. Maria und Limmernboden sind einige hundert Meter unterhalb der Sperren im Bachbett Felsschwellen vorhanden, wo im Herbst die gesamten an die Oberfläche dringenden Durchsickerungen im Bereich der Sperrstellen bestimmt werden können, wenn sich günstige Witterungsverhältnisse bieten. Die Abflüsse erreichen kleine Werte von höchstens etwa 10 l/s.

Adresse des Verfassers: *Christian Venzin*, Nordostschweizerische Kraftwerke AG, NOK, CH–5401 Baden.

Überarbeiteter Vortrag, gehalten am 18. September 1980 anlässlich der Fachtagung über Talsperrenbeobachtung in Ilanz, Graubünden, organisiert vom Ausschuss für Talsperrenbeobachtung des Schweizerischen Nationalkomitees für Grosse Talsperren, SNGT.

Messen von Porenwasserdruck im Untergrund der Bogenstaumauer Zervreila

Niklaus J. Schnitter

Zusammenfassung

Die Untersuchung der Porenwasserdrücke im Untergrund der Bogenstaumauer Zervreila ergaben den Nachweis, dass die für die Stabilität einer Bogenstaumauer ausschlaggebenden luftseitigen Talflanken praktisch auftriebsfrei sind.

Résumé: Contrôle des pressions interstitielles sous le barrage voûte de Zervreila

La mesure des pressions interstitielles sous les fondations du barrage voûte de Zervreila ont prouvé, que les appuis rocheux avals sont pratiquement sans sous-pression

Summary: Control of pore water pressures at the Zervreila arch dam

The measurements of pore water pressures under the Zervreila arch dam have proven that the downstream rock abutments are practically free of uplift.

Riassunto: Pressione interstiziale nelle fondamenta della diga ad arco di Zervreila

Le misure della pressione interstiziale nel sottosuolo della diga ad arco di Zervreila hanno dimostrato che le imposte di valle, determinanti per la stabilità di questo tipo di diga, rimangono praticamente esenti da qualsiasi sottopressione.

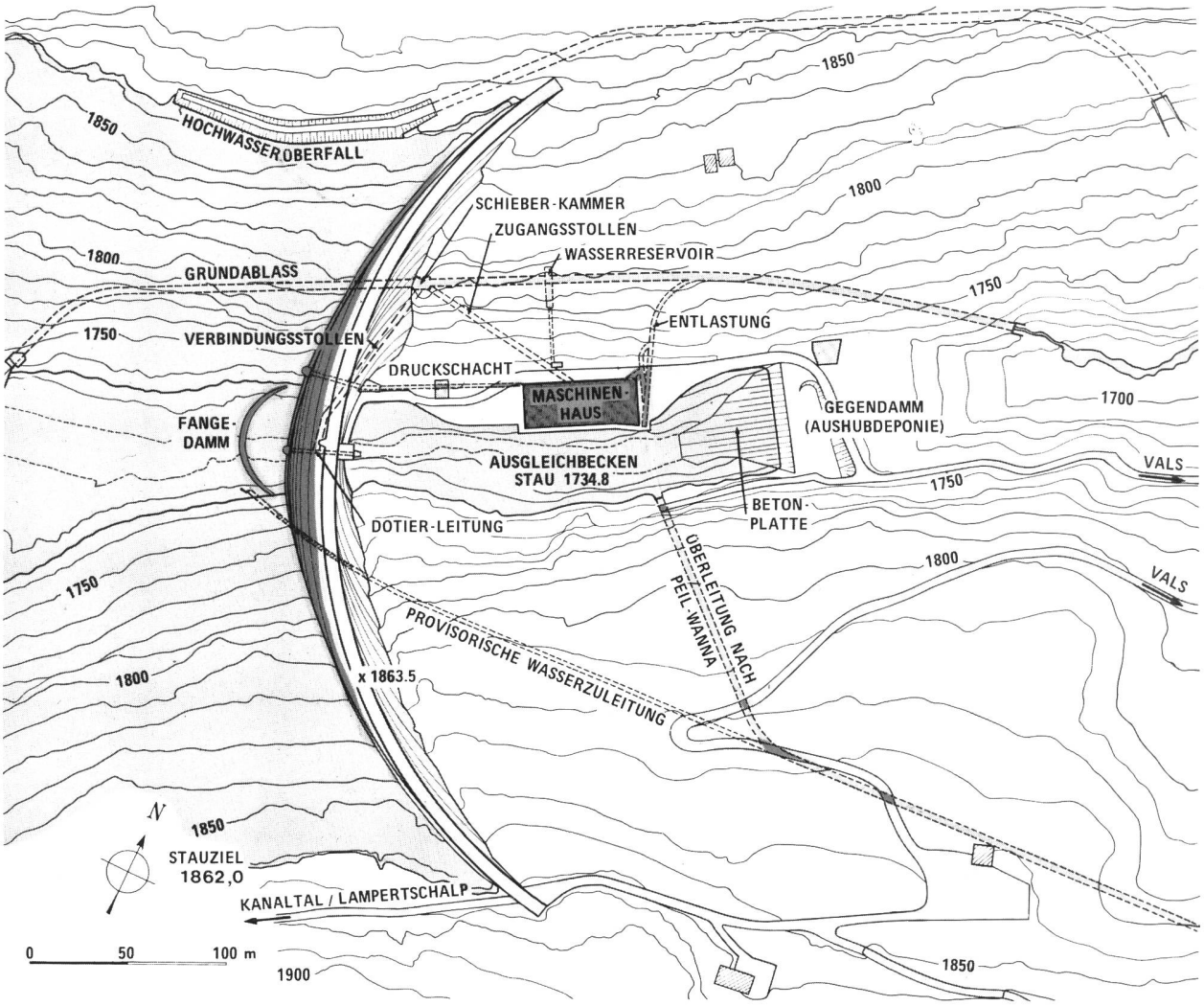
Die Bogenstaumauer Zervreila wurde 1953 bis 1957 erbaut. Ihr Konzept und ihre Auslegung liegen somit bald 30 Jahre zurück. Sie weist eine grösste Höhe von 151 m und eine Kronenlänge von 504 m auf. Ihre Betonkubatur beträgt 626 000 m³ (Bild 1).

Der Felsuntergrund besteht durchwegs aus kristallinem Gneis, dessen Schichtung mit etwa 20° von der rechten zur linken Talflanke fällt. Zusammen mit einer ausgiebigen Zerklüftung hat dies rechtsufrig eine erhebliche oberflächliche Lockerung der Felsschichten bewirkt, während linksufrig ein sehr kompakter Fels ansteht. Entsprechend erfolgte linksufrig nur ein minimaler Felsaushub, während auf der durch zahlreiche Sondierstollen eingehend untersuchten rechten Flanke die Mauer mindestens 10 m tief im Fels fundiert wurde. Auch bei den Injektionsarbeiten ergaben sich starke Unterschiede zwischen den beiden Flanken, die zum Beispiel bei den spezifischen Zementaufnahmen für den Dichtungsschleier das Fünfzehnfache ausmachten. Ein Drainageschleier luftseits des letzteren war damals noch nicht üblich.

Die unterschiedliche Qualität der beiden Talflanken wurde durch die geoseismischen Untersuchungen im Felde bestätigt, welche für die rechte Seite 40% (oben) bis 60% (unten) tiefere dynamische Elastizitätsmoduli ergaben. Dem damaligen Stand der Technik entsprechend wurde in der Formgebung der Mauer der unterschiedlichen Nachgiebigkeit der beiden Auflager kaum Rechnung getragen. Diese erwies sich dann als eher noch grösser als vermutet und bewirkte eine erhebliche Zerrung in Mauerlängsrichtung, vor allem bei leerem Stausee. Als Folge davon öffnet sich bei jedem Abstau die vertikale Kontraktionsfuge 8/9 an der linken Flanke, genau über der Stelle, wo die Fundamentlinie wegen der erwähnten vorzüglichen Felsqualität allzu knapp dem vorspringenden Knick in der Neigung der Talflanke folgt (Bild 2). Um dieser jährlichen Fugenöffnung und ihren Ursachen genauer auf die Spur zu kommen, wurde im Anschluss an die erste Fünfjahreskontrolle 1975 die Messeinrichtung um 4 × 2 horizontale und ein vertikales Rocmeter ergänzt. Ferner wurden in drei Vertikalschnitten Piezometerbohrungen abgeteuft, um die Auftriebsverhältnisse im Felsuntergrund zu überprüfen. Die letztgenannte und hier besonders interessierende Messanlage, über die nachfolgend *A. Thut* noch im Detail berichtet, kam im Sommer 1979 in Betrieb.

Für ihre Interpretation wurden die gemessenen Porenwasserdrücke als Prozentsatz der jeweiligen Staudruckhöhe über der Messstelle ausgedrückt (Bild 3). Es zeigt sich, dass diese Prozentsätze über den grössten Teil der Aufstau- und Absenkphase recht konstant bleiben. An den sieben Messpunkten, unmittelbar luftseits des vertikalen Dichtungsschleiers wurden 30 bis 60, im Mittel 45% der Staudruckhöhe gemessen, was auf eine befriedigende Wirkung des Schleiers nach über 20jähriger Betriebszeit schliessen lässt. Wohl noch wichtiger, ist, dass in den acht Punkten unter und luftseits des Mauerfusses nurmehr 0 bis 25, im Mittel 10% der Staudruckhöhe gemessen wur-

Bild 1. Lageplan der Bogenstaumauer Zervreila und ihrer Nebenanlagen.



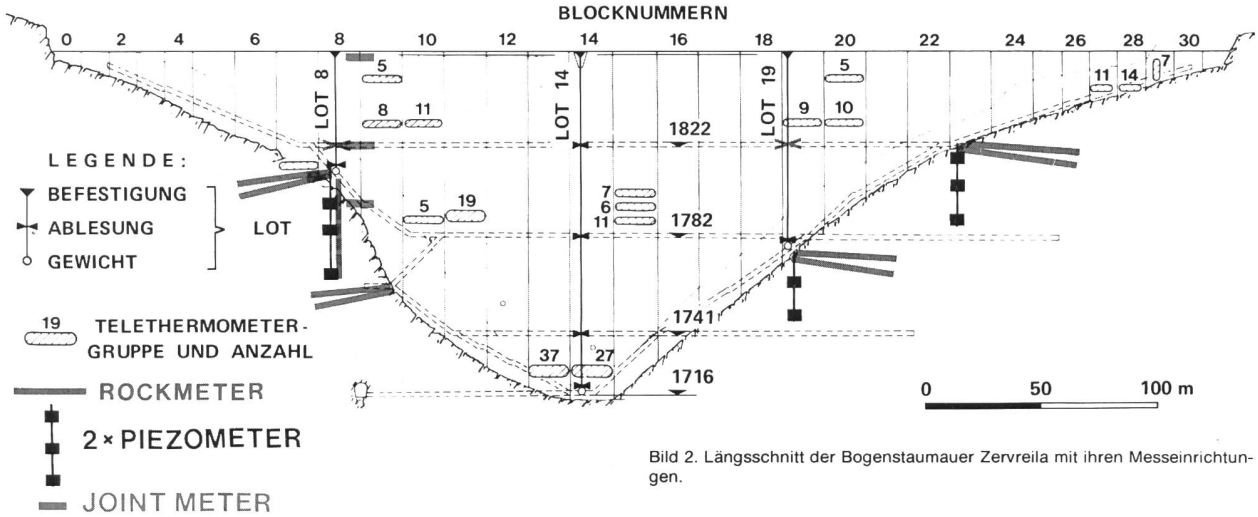


Bild 2. Längsschnitt der Bogenstaumauer Zervreila mit ihren Messeinrichtungen.

den. Damit ist der Nachweis erbracht, dass die für die Stabilität einer Bogenstaumauer ausschlaggebenden luftseitigen Talflanken praktisch auftriebsfrei sind.

Der Vergleich der Messungen unter den ähnlich hohen Blöcken 8 und 23 an der linken bzw. rechten Flanke zeigt, dass die Auftriebsverhältnisse in der rechten etwas günstiger sind dank zweier der seinerzeitigen Sondierstollen, welche nun als Drainage wirken. Die aus ihnen anfallende Sickerwassermenge, etwa die Hälfte des Totals, beträgt übrigens nur 0,2 l/s. Die optisch spektakulären Aussinterungen in ihnen entsprechen dem auslaugbaren Calciumhydrosidgehalt von lediglich 200 kg abgebundenem Zement pro Jahr, was mit dem seinerzeitigen Gesamtverbrauch für die Felsinjektionen von 3,8 Mio kg oder 19 000 mal mehr verglichen werden kann.

Überarbeiteter Vortrag, den der Verfasser am 18. September 1980 anlässlich der Fachtagung über Talsperrenbeobachtung gehalten hat. Diese Tagung in Ilanz, Graubünden, wurde vom Ausschuss für Talsperrenbeobachtung des Schweizerischen Nationalkomitees für grosse Talsperren, SNGT, organisiert.

Adresse des Verfassers: *Niklaus J. Schnitter*, dipl. Ing. ETH, Direktor, Motor Columbus Ingenieurunternehmung AG, CH-5401 Baden.

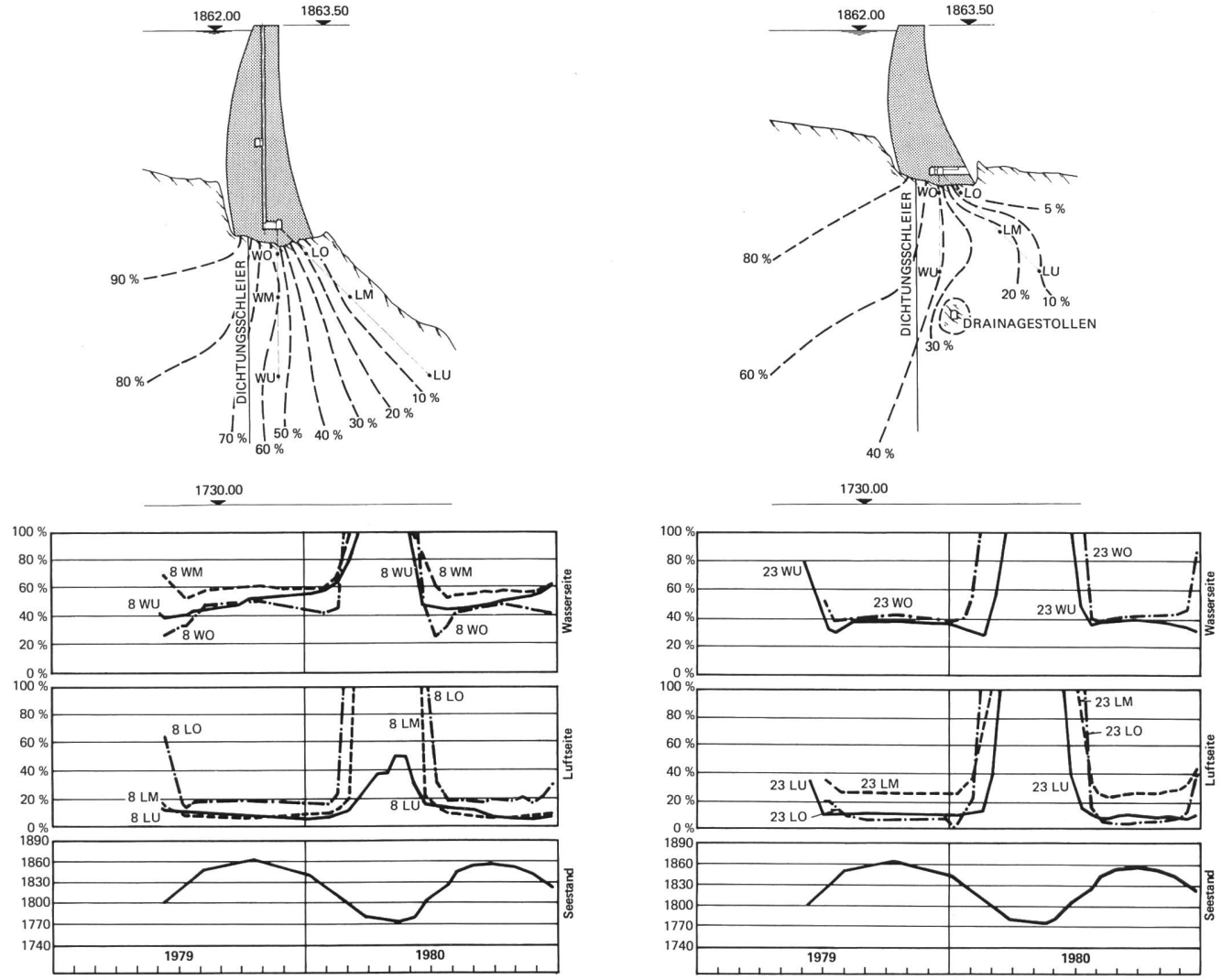


Bild 3. Auftriebsmessungen unter den Blöcken 8 (links) und 23 (rechts) der Bogenstaumauer Zervreila.