Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 73 (1981)
Heft: 4

Artikel: Messanlage für Porenwasserdruck : Bogenstaumauer Zervreila
Autor: Thut, Arno
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941319

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: 01.07.2025

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

Messanlage für Porenwasserdruck – Bogenstaumauer Zervreila

Dr. Arno Thut

Zusammenfassung

Die installierte Messanlage bei der Bogenstaumauer Zervreila erlaubt eine rasche Ermittlung der Porenwasserdrücke. Die verschiedenen im Talsperrenbau verwendeten Messsysteme zur Messung des Auftriebes werden miteinander verglichen.

Résumé: Centrale pour le contrôle des pressions interstitielles – Barrage voûte de Zervreila

La centrale installée au barrage de Zervreila permet une évaluation rapide des pressions interstitielles. Les différents systèmes utilisés aux barrages pour le contrôle des souspressions sont décrits et comparés.

Riassunto: Impianto di misura della pressione interstiziale – Diga ad arco di Zervreila

L'impianto di misura istallato presso la diga ad arco di Zervreila permette il rilevamento rapido della pressione interstiziale. Si confrontano i diversi sistemi di misura della sottopressione impiegati nelle dighe.

Measuring station to determine pore water pressure–Zervreila arch dam

The installation at Zervreila allows a rapid evaluation of pore water pressures. The different systems to measure uplift used in dam construction are being compared.

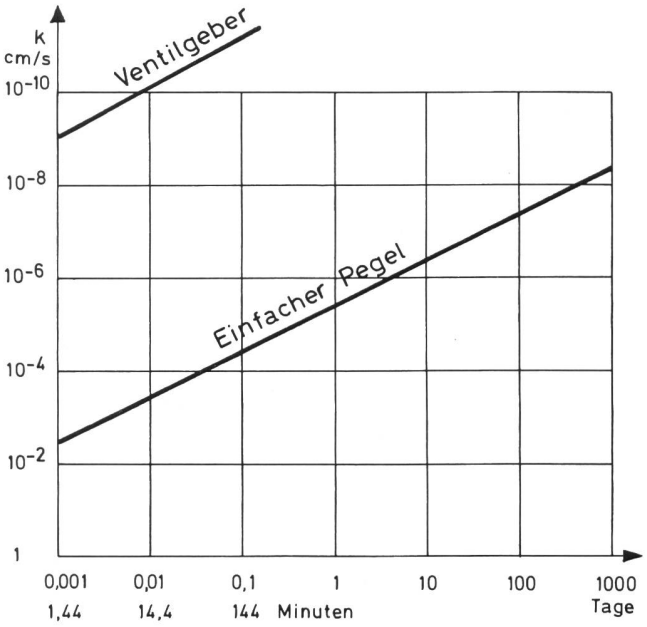

Bild 1. Abhängigkeit der Füllzeit des Piezmeterrohres von der Durchlässigkeit des Felsens.

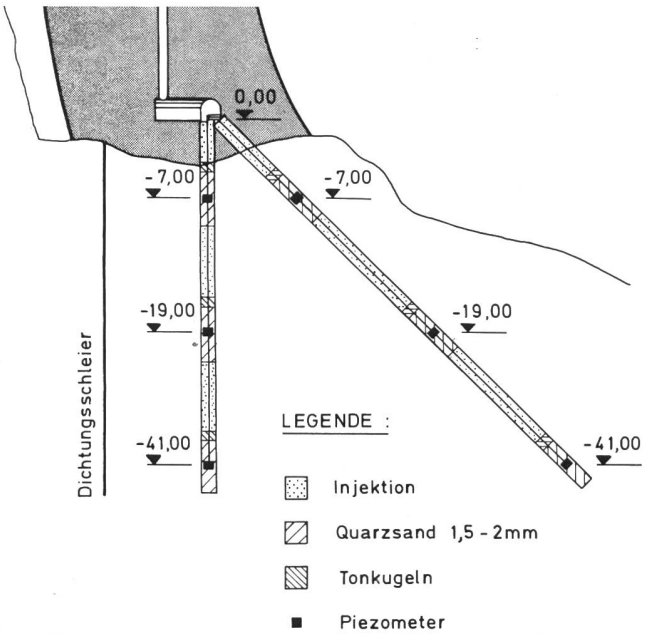

Bild 2. Bogenstaumauer Zervreila. Anordnung der Piezometer bei Block 8.

Wahl des Messsystems

Die Wahl des Messsystems zur Ermittlung der Porenwasserdrücke im Fels, bzw. des Auftriebes auf die Staumauer, richtet sich nach der Durchlässigkeit des Felsuntergrundes, der Grösse der zu messenden Drücke und dem Ziel der Messungen.

Die im Talsperrenbau verwendeten Systeme sind:

Einfacher Pegel: Filterstrecke einer bestimmten Länge, anschliessend Vollrohr. Messungen des Wasserstandes mit Wasserpfeife.

Pegel mit Manometer: Filterstrecke bestimmter Länge, Vollrohr und Anschluss eines Manometers.

Porenwasserdruckaufnehmer: montiert an der Stelle, an welcher der Porenwasserdruck gemessen werden soll, Gloetzl-Ventilgeber (Zervreila), elektrische Druckaufnehmer.

Zur Durchlässigkeit:

Jede Änderung des Seespiegels hat im Fels eine Änderung des Porenwasserdruckes zur Folge. Damit der Porenwasserdruck sofort ermittelt werden kann, muss die Volumenänderung des Messsystems minimal sein.

Beim *einfachen Pegel* wird der Druck im Fels über den Wasserstand im Rohr ermittelt. Bei einer Druckänderung muss Wasser in das Rohr zu- oder abfliessen, wobei die für den Druckausgleich notwendige Zeit mit folgender Formel abgeschätzt werden kann [1]:

$$t = \frac{d^2 \ \ln \frac{2L}{D}}{8 \ L \ k} \ \ln \frac{H1}{H2}$$

k	Durchlässigkeitsbeiwert nach Darcy
d	Durchmesser des Rohres
D	Durchmesser Filterstrecke
L	Länge der Filterstrecke
$\frac{H1}{H2}$	Verhältnis Druckhöhe zu Wasserstand im Piezometer

Die Abhängigkeit der Füllzeit des Piezometerrohres von der Durchlässigkeit des Felsens ist in Bild 1 dargestellt. Ab Durchlässigkeiten von 10^{-6} cm/s beträgt die Verzögerung

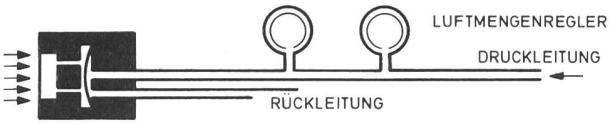

Bild 3. Schematischer Querschnitt durch die Ventilgeber.

etwa 2 Tage, bei 10^{-7} cm/s bereits 17 Tage. Einfache Pegel können daher bei diesen Durchlässigkeiten nicht mehr angewendet werden. Die übliche Grössenordnung der Durchlässigkeit von nicht geklüftetem Fels beträgt 10^{-11} bis 10^{-7} cm/s. Klüfte beeinflussen diese Werte wesentlich, so entspricht zum Beispiel ein Lugeon einem Durchlässigkeitswert von zirka 10^{-4} cm/s.

Ist am *Rohrende ein Manometer* montiert, so ist die Volumenänderung zur Messung des Porenwasserdruckes gering, und die Drücke können ohne grosse Verzögerung gemessen werden. Folgende Punkte sind jedoch zu beachten:

– Die Drücke bzw. die entsprechenden Wasserstände müssen höher liegen als der Manometer, höchstens wenige Meter darunter.

– Das System muss immer gesättigt sein oder wieder gesättigt werden können. Dies kann zu Schwierigkeiten führen, wenn die Wasserstände beim Entleeren des Sees unter das Manometerniveau absinken.

Das System muss absolut dicht sein.

– Eine lückenlose Beobachtung der Drücke ist meist nicht möglich, da bei tiefem Seespiegel die Wasserstände weit unter die Kote des Manometers absinken können. Es ist daher nicht möglich, Aufschluss über den Hangwasserspiegel zu erhalten.

Bei der Bogenstaumauer Zervreila wurden Gloetzl-Ventilgeber eingebaut. Da die Volumenänderung dieses Messsystems äusserst gering ist, kann eine Porenwasserdruckänderung sofort ermittelt werden (Bild 1). Die Anordnung der Messinstrumente im Querschnitt des Blockes 8 ist in Bild 2 dargestellt. Diese wurden in drei Stockwerken bis zu einer Tiefe von 41 m eingebaut.

Funktionsweise der Ventilgeber

Bild 3 zeigt eine schematische Darstellung eines Querschnittes durch das Messinstrument. Vorne am Geber befinden sich ein Filterstein und anschliessend eine kleine Kammer, die beide vor dem Einbau gesättigt werden. Der Porenwasserdruck wirkt über den Filter und die Kammer direkt auf eine Membran, die sich hinter der Wasserkammer befindet. Daher ist die Volumenänderung allein von der Kompressibilität des Wassers abhängig. Zur Messung des Porenwasserdruckes wird in der Zuleitung zum Geber pneumatisch ein Druck erzeugt, bis sich die Membran öffnet. Der Öffnungsdruck der Membran entspricht dem Porenwasserdruck. Die Membran, die wie ein Ventil wirkt, öffnet sich, und in der Rückleitung fliesst die Luft zurück. Der Porenwasserdruck wird bei Zervreila zentral (Bild 4) in der Dotierwasserkammer ermittelt, wobei die Leitungslängen von der Zentrale bis zum Ventilgeber bis zu 250 m betragen. Für eine Messung der Porenwasserdrücke aller 16 Druckaufnehmer werden 15 bis 20 Minuten benötigt. Die Messung erfolgt von Hand, doch ist bei grösseren Leitungslängen über 500 m und bei einer grösseren Anzahl von Druckaufnehmern eine automatische Mess- und Registrieranlage zu empfehlen.

Einbau der Ventilgeber

Aus organisatorischen Gründen müssen neue Instrumentierungen bei Talsperren in den Sommer- und Herbstmonaten, also bei Vollstau, durchgeführt werden. In erster Linie ist zu dieser Zeit freie Zufahrt für die Bohrmaschinen und den Zement gewährleistet, und ebenfalls ist die Installation der Baustelle, im besonderen die Zuleitung von Wasser, leichter zu bewerkstelligen. Bei Vollstau können jedoch schon durch kleine Undichtigkeiten im Injektionsschleier Wasseraustritte aus den Bohrlöchern entstehen, was das sachgemässe Abdichten zwischen den einzelnen Porenwasserdruck-Stockwerken erschwert. Bei Zervreila konnte ein Piezometer erst im folgenden Frühjahr, bei tiefstehendem Seespiegel, eingebaut werden.

Bild 4. Messzentrale fur 16 Peronwasserdruckgeber in der Staumauer Zervreila.

Der Durchmesser der Bohrung für die Piezometer betrug 76 mm. Bild 2 zeigt den Aufbau für die einzelnen Stockwerke. Im Bereich des Ventilgebers befindet sich eine Filterstrecke von 5,0 m aus Quarzsand. Die Stockwerkabdichtung erfolgte mittels Tonkugeln und anschliessender Zement/Wasser-Injektion.

Es ist beizufügen, dass vor dem Einbau und während des Bohrfortschrittes Wasserabpressversuche oder andere Messungen, zum Beispiel mit dem Micromoulinet, zur Abklärung der Durchlässigkeiten im Bereich der Ventilgeber unerlässlich sind.

Messresultate

Die Messresultate sind im Artikel «Porenwasserdruckmessungen im Untergrund der Bogenstaumauer Zervreila», von *N. J. Schnitter,* dargestellt.

Literatur:

[1] *J. Huder:* Erkundung der Grundwasserverhältnisse. «Schweizerische Bauzeitung», Heft 37, 1976.

Überarbeitete Fassung eines Vortrages, 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 Komitees für Grosse Talsperren, SNGT, organisiert.

Adresse des Verfassers: Dr. *Arno Thut,* Solexperts AG, Dufourstrasse 147, CH-8008 Zürich.