

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 79 (1987)
Heft: 1-2

Artikel: Anforderungen an die Messeinrichtungen von Talsperren
Autor: Biedermann, Rudolf
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940616>

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: 21.01.2026

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

Anforderungen an die Mess-einrichtungen von Talsperren

Rudolf Biedermann

Talsperren sind äusseren Belastungen ausgesetzt. Sie bewirken Verformungen und Durchsickerungen des Bauwerks und seines Untergrunds. Bei Staudämmen sind zusätzlich noch während längerer Zeit nach dem Bauende Setzungsvorgänge wirksam. Dieses Normalverhalten muss überwacht werden, damit allfällige Abweichungen und damit eine mögliche Beeinträchtigung der Sicherheit rechtzeitig erkannt werden können. Je früher eine Anomalie erfasst werden kann, desto besser ist sie beherrschbar, weil entsprechend mehr Zeit zur Ursachenabklärung und zur Ausführung der notwendigen Massnahmen zur Verfügung steht. Oberstes Ziel der Verhaltensüberwachung muss es deshalb sein, ein anomales Verhalten frühzeitig zu erkennen. Als Hilfsmittel stehen einerseits visuelle Kontrollen und andererseits Messungen zur Verfügung.

Mit visuellen Kontrollen können zwangsläufig nur sichtbare Veränderungen festgestellt werden wie neue Risse oder neue Feuchtstellen, die entweder harmlos, je nach ihrer Natur aber auch die Folge eines Schadens oder die Auswirkung eines anomalen Verhaltens sein können. Über das genaue Verhalten des Bauwerks und seines Untergrunds in Abhängigkeit der variablen Belastungen vermögen sie jedoch nichts auszusagen. Dazu braucht es Messungen. Die Verhaltensüberwachung erfordert deshalb Messeinrichtungen, und zwar so konzipiert, dass einerseits die massgebenden Belastungsgrössen und andererseits alle jene Indikatoren erfasst werden, die ausreichend und relevant Auskunft über das Verformungs- und Durchsickerungsverhalten geben.

Bei Staumauern kann beispielsweise die Bauwerksverformung mit Loten gut überwacht werden. Eine allfällige Verschiebung der Talsperre in Berg-Tal-Richtung vermögen sie jedoch nicht zu erfassen, weil sich die Aufhängepunkte mit der Staumauer verschieben. Es braucht also weitere Messeinrichtungen, die Auskunft über das Verformungsverhalten des Untergrunds geben. Fehlen sie, ist die Messanlage nicht zielkonform, weil nicht alle möglichen Gefährdungen überwacht werden. Zwangsläufig ist auch das Sicherheitsrisiko grösser, und zwar um so ausgeprägter, je mehr relevante Informationen über das Verhalten der Talsperre, ihres Untergrunds und der Umgebung fehlen. Die Umgebung gehört mit dazu, weil auch dort Verhaltensanomalien auftreten können, die sich nachteilig auf die Talsperre auswirken können. Der Fall Zeuzier ist dafür ein sprechendes Beispiel. Das Verhalten der Umgebung kann aber auch Rückschlüsse auf das Verhalten der Talsperre und ihres Untergrunds erlauben. So dürfte beispielsweise die anomale Erhöhung der Schüttung einer talseitig vorhandenen Quelle in der Regel auf eine Veränderung der Sickerströmung im Bereich der Talsperre zurückzuführen sein. Hieraus folgt:

Anforderung Nr. 1

Messeinrichtungen müssen so konzipiert sein, dass ausser dem Verhalten der Talsperre auch das Verhalten des Untergrunds und der Umgebung ausreichend erfasst wird. Bei der Auslegung von Messanlagen ist überdies zu beachten, dass Messgeräte fehlerhafte Daten liefern oder ausfallen können. Ein anomales Messresultat bedeutet also nicht zwingend, dass auch ein anomales Verhalten vorliegt. Messresultate sollten deshalb überprüfbar sein. Ein Gerä-

teausfall unterbricht vorübergehend die Kontrolle. Muss das Gerät ersetzt werden, kann unter Umständen die Homogenität der Datenreihe gestört und damit die Beurteilung des Langzeitverhaltens zumindest erschwert werden. Ausgefallene Messdaten sollten also rekonstruiert und die Daten von neuen Geräten geeicht werden können. Hieraus folgt:

Anforderung Nr. 2

Messeinrichtungen müssen so konzipiert sein, dass wenigstens für die wichtigsten Belastungsgrössen und Verhaltensindikatoren redundante Messanlagen vorhanden sind. Dies kann erreicht werden, indem die Messgeräte verdoppelt werden oder an wesentlich mehr Stellen als erforderlich Geräte installiert werden oder dafür gesorgt wird, dass ein Messwert auf zwei verschiedenen Wegen bestimmt wird (die Verschiebung eines Messpunktes zum Beispiel mittels Lot und Polygonzug).

Das frühzeitige Erkennen einer allfälligen Verhaltensanomalie ist die entscheidende Voraussetzung, um die Sicherheit einer Talsperre bestmöglich gewährleisten zu können. Es muss aber auch sichergestellt sein, dass in einem solchen Fall rasch gehandelt werden kann. Dies ist nur möglich, wenn die Ursache innert nützlicher Frist erkannt werden kann. Hieraus folgt:

Anforderung Nr. 3

Messeinrichtungen müssen so konzipiert sein, dass im Falle einer festgestellten Verhaltensanomalie rasch und sicher deren Ursache ermittelt werden kann.

Dies verlangt, dass das Verhalten genügend differenziert erfasst wird, d.h. dass

- die Verformung der Talsperre und ihres Untergrunds längs einer ausreichenden Anzahl vertikaler und horizontaler Linien bestimmt wird,
- die Sickerwassermenge auch für einzelne Sektoren gemessen wird,
- die Auftriebsdrücke (bei Staumauern) respektive die Porenwasserspannungen (bei Staudämmen) in einer angemessenen Anzahl Profile erfasst werden und
- die Umgebung (mittels Triangulationsnetz, Nivellementszügen und Quellenbeobachtung) genügend grossräumig in die Überwachung einbezogen wird.

Damit sind auch die Anforderungen 1 und 2 bereits weitgehend erfüllt, und zwar vor allem dann, wenn die verschiedenen Messeinrichtungen zur Erfassung der Verformung untereinander verbunden werden (Redundanz). Die Installation von zusätzlichen Messgeräten oder die Ausweitung der Triangulations- und Nivellementsnetze erst nach der Feststellung einer Anomalie ist entweder aus zeitlichen Gründen nicht möglich oder zumindest von beschränktem Wert, weil ungestörte Bezugsdaten fehlen.

Die genannten Anforderungen ergeben sich aufgrund des heutigen Fachwissens. Dieses war früher beschränkter, und es wird sich weiterentwickeln. Auch die Messtechnik (Geräte, Messmethoden und Auswertung) macht ständig Fortschritte. Diesen Entwicklungen müssen die Messeinrichtungen bestehender Talsperren angemessen folgen. Sie müssen deshalb periodisch überprüft und nötigenfalls ergänzt oder erneuert werden. Die kritische Überprüfung und allfällige Ausarbeitung von Sanierungsvorschlägen gehört somit zu den ständigen Aufgaben der mit der Talsperrenüberwachung beauftragten Spezialisten, d.h. der Experten respektive der für die Jahreskontrolle eingesetzten Bauingenieure, falls die Talsperre der Fünfjahresexpertise nicht unterstellt ist.

Als Arbeitshilfe für die Beurteilung und allfällige Anpassung bestehender Messeinrichtungen (aber auch für die Auslegung der Messeinrichtung neuer Anlagen) hat eine Arbeitsgruppe des Ausschusses für Talsperrenbeobachtung des Schweizerischen Nationalkomitees für Grosses Talsperren (in der auch die Oberaufsichtsbehörde mitwirkte) eine einschlägige Dokumentation erarbeitet, die in einem ersten Teil das Konzept, in einem zweiten die (heute verfügbaren) Messanlagen und -methoden und in einem dritten die einzelnen Messgeräte behandelt. Die Teile 1 und 2 sind bereits veröffentlicht¹. Der Teil 3 ist noch in Bearbeitung und dürfte etwa Mitte 1987 verfügbar sein².

Adresse des Verfassers: Dr. Rudolf Biedermann, Beauftragter für die Sicherheit der Talsperren, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Postfach 2743, CH-3001 Bern.

¹ «wasser, energie, luft – eau, énergie, air», Heft 7/8 1986 (Seite 127 in deutscher und Seite 117 in französischer Sprache).

² Zu beziehen beim Schweizerischen Nationalkomitee für Grosses Talsperren, Sekretariat, c/o Ingenieurbüro für bauliche Anlagen, Postfach 6936, 8023 Zürich (auch die Teile 1 und 2).

Einführungsreferat zur Studientagung des Ausschusses für Talsperrenbeobachtung des Schweizerischen Nationalkomitees für Grosses Talsperren über «Erneuerung und Ergänzung von Messeinrichtungen» vom 26./27. Juni 1986 in Meiringen.

Projektierung der Erneuerung der Messanlagen in den Talsperren der Kraftwerke Oberhasli AG sowie Erfahrungen aus den Arbeiten

François Matthey

Einleitung

Während im Vortrag von W. Indermaur [1] die Gründe und Überlegungen, die zur Erneuerung der Messeinrichtungen der KWO-Talsperren führten, dargelegt wurden, sollen hier die praktischen Aspekte solcher Arbeiten wiedergegeben und die aus den Erfahrungen abgeleiteten Regeln erläutert werden, die für die Projektierung ähnlicher Arbeiten angewandt werden sollten.

Die Modernisierung von Messanlagen führt dazu, bestehende Einrichtungen aufzugeben, weiterhin aufrechtzuerhalten, solche zu renovieren oder auch neue Einrichtungen zu installieren. Einzig diese letzten Arbeiten sollen hier diskutiert werden. Zu ihrer Vorbereitung und Ausführung sind folgende Massnahmen nötig:

- Genaue Aufnahme der Örtlichkeiten
- Schaffung von messtechnisch- oder auch arbeitsbedingten Nischen
- Konzipieren von Kragträgern in Stahl zur Befestigung von Ablesestationen für Messeinrichtungen
- Bohrungen

Im Bild 1 sind sämtliche Arbeiten zusammengestellt, die von 1981 bis 1985 ausgeführt wurden. Dieses zeigt das Ausmass der Arbeiten und den grossen Anteil der Bohrarbeiten. Im linken Tabellenteil ist die Zahl der umgebauten oder neu eingerichteten Messstellen angegeben. Im rechten Teil sind die ausgeführten Gesamtlängen der gross- und kleinkalibrigen Bohrungen aufgeführt, die benötigt wurden.

In der Folge der Fünfjahresexperten wurden Vorschläge ausgearbeitet, die alsbald zwischen den KWO, dem Experten und der Aufsichtsbehörde des Bundes diskutiert und bereinigt wurden. Daraufhin wurden durch das Büro Stucky für jede Talsperre das Detailprojekt sowie die Ausschreibung der vorgesehenen Arbeiten ausgearbeitet. Die KWO übernahmen die Bauleitung der Arbeiten und führten einen Teil der Arbeiten selbst aus.

In den wichtigsten 5 Talsperren wurden sämtliche Juillard-Pendel umgerüstet, und zusätzliche, neue Lote und Umkehrlote wurden eingerichtet, mit dem Zweck:

- künftig auch bisher nicht überwachte Partien der Sperren zu kontrollieren
- bestehende Pendel nach unten ins Felsinnere zu verlängern, um für diese Messung Fixpunkte zu bekommen

- bestehende Pendel nach oben bis zur Krone zu verlängern, um dort die geodätische Messung mit den Pendelmessungen sauber zusammenzuschliessen. Künftig kann damit die Stabilität der Fixpunkte periodisch überprüft werden.

Renovation der alten Pendel

Vorerst seien die Gründe, die zur Erneuerung der an und für sich sehr guten, robusten, präzisen und zuverlässigen Juillard-Pendel geführt haben, nochmals aufgeführt:

- Die Messung bedingt die Anwesenheit von zwei gut aufeinander eingespielten Sperrenwärtern. Die Messzeit pro Messstelle ist lang.
- Eine rasche Interpretation der Messablesungen an Ort und Stelle ist praktisch ausgeschlossen.
- Die Auswertung kann nur durch eine Person vorgenommen werden, die das Messsystem perfekt kennt.

Obige Überlegungen führen zur

Regel 1: Pendel müssen unbedingt mit einem Ablesedispositif ausgerüstet sein, das eine direkte, einfache und rasche Auswertung der Ablesung gestattet.

Dank der ausgezeichneten Qualität des verwendeten Materials konnten die Aufhängevorrichtungen, die Drähte und die Spanngewichte in den meisten Fällen beibehalten werden. Verschiedene Teile mussten jedoch in der Werkstatt revidiert werden, da sie nach einer Benützung von 20 bis 30 Jahren durch Oxydierung angegriffen und durch Versinterungen überdeckt waren.

Der angetroffene Zustand des Materials hat uns zur Überzeugung geführt, dass diese Einrichtungen periodisch einer gründlichen Kontrolle unterzogen werden müssen, um Auswirkungen von Oxydierung, Versinterungen und

Bild 1. In den Jahren 1981 bis 1985 an den Staumauern der Kraftwerke Oberhasli AG an Messeinrichtungen ausgeführte Erneuerungsarbeiten.

MESSEINRICHTUNG	STAUMAUER	ANZAHL MESSSTELLEN						Bohrtyp	totale Länge (m)
		Gitter Spülkamm Seilerg	Spülkamm Riegelboden	Mattenp. Totense	Spülkamm Oberbar	TOTAL	Gesamtl. Längen (m)		
Geodätische Netze	Aussen Pfeiler Polygone	7 18	13 23	8 16	2 17	10 -31	42 105	- -	
Optische Abloschächte	Krone	- -	- -	- -	- -	3 3	39 m	Bohrungen von Grossen Durchmesser (180 - 250 mm)	~ 420 m
Lote im Beton	Umgerüstet Neu	3 1	5 1	5 2	- 3	11 -2	25 9		
Umkehrlote im Fels	Umgerüstet Neu	- 2	3 2	- 1	- -	- 3	3 8	100 m 230 m	
Auftrieb	Zellen Geschlossene Rohre Offene Rohre	- 6 -	16 6 -	- -	- -	16 12 8	575 m 115 m 200 m	Kleinen Durchmesser (46 - 86 mm)	~ 925 m
Temperatur	Beton Luft - Thermograph	5 1	- -	- -	- -	5 1	35 m 2		