

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 95 (2003)
Heft: 5-6

Artikel: Stauanlagenüberwachung : Ausgestaltung der Messanlage
Autor: Pougatsch, Henri / Sonderegger, Theodor
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-939456>

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: 07.02.2026

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

Stauanlagenüberwachung

Ausgestaltung der Messanlage

■ Henri Pougatsch, Theodor Sonderegger

1. Einleitung

Die Messungen bilden zusammen mit den visuellen Kontrollen und den Funktionsproben an den beweglichen Ablassorganen die wesentlichen Aufgaben der Stauanlagenüberwachung, welche zur Gewährleistung der Sicherheit zu erfüllen sind. Die Einrichtung einer angemessenen Messanlage ist unerlässlich. Sie ist bereits bei der Projektierung einer Stauanlage mit einzuplanen. Es ist aber daran zu denken, dass die Messanlage nicht die visuellen Kontrollen ersetzen kann.

Der Beitrag legt die Zielsetzungen dar, welche bei der Planung und Einrichtung einer Messanlage zu beachten sind. Folgende Fragen werden angeschnitten: Warum messen? Was messen? Wie messen? Wann messen? (Auf die Messwertanalyse wird hier nicht eingegangen.)

2. Warum messen?

Die Messanlage zur Überwachung hat unter anderem folgende Ziele:

- Durchführen von Kontrollen während der Bauphase und des Ersteinstaus,
- Durchführen von Kontrollen während der Betriebsphase,
- Rechtzeitig sämtliche Verhaltensanomalien erkennen,
- Verfügbarkeit von zusätzlichen Informationen im Fall einer Verhaltensanomalie,
- Ergänzung und Verbesserung der Kenntnisse im Ingenieurwesen (technische oder wissenschaftliche Forschung).

3. Was messen?

Die Messanlage zur Überwachung ist ein sorgfältig geplantes Messsystem, welches anhand der Überprüfung repräsentativer Parameter erlaubt, das Verhalten der Sperre und ihrer Fundationen unter Berücksichtigung der einwirkenden Beanspruchung zu beurteilen.

Die Messanlage zur Überwachung muss so geplant sein, dass sowohl die auf das Bauwerk wirkenden Kräfte (Ursachen) als auch die verschiedenen Parameter (Größen), welche das Verhalten einer Stauanlage charakterisieren (Folgen), gemessen werden können (Bild 1).

Die äusseren Belastungen entsprechen direkten Lasten sowie äusseren Einflüssen.

Die direkten Lasten sind:

- der Wasserdruck (durch die Wasserspiegelmessung),
- der Druck der Sedimente,
- die Wassertemperatur.

Die äusseren Einflüsse sind:

- die klimatischen Verhältnisse (wie Lufttemperatur, Regen, Schnee),
- die Erdbebenverhältnisse.

Die direkten Lasten und die äusseren Einflüsse führen einerseits zu Verformungen sowie insbesondere im Körper von Betonbauten zu Temperaturschwankungen und andererseits zu Drücken (Auftrieb, Porendrücke) sowie zu Infiltration (Durchsickerung).

In Tabelle 1 sind die zu erhebenden, signifikanten Kennzahlen und die zu tätigen Kontrollen aufgeführt, die notwendig sind, um das Verhalten von Betonstaumauern und Dämmen analysieren zu können.

4. Wie messen?

4.1 Grundregeln

In diesem Abschnitt ist es wichtig, einige Grundregeln anzuführen.

- Es gilt zu beachten, dass die Sperre und ihre Fundationen eine Einheit bilden. Aller-

dings muss die Messanlage zur Überwachung eine klare Unterscheidung zwischen dem Verhalten der Sperre, demjenigen der Fundationen und demjenigen der Umgebung erlauben.

- Die Messanlage zur Überwachung ist den Besonderheiten und der Wichtigkeit der Sperre anzupassen.
- Es gibt keine Vorgaben zur Bestimmung der Anzahl Messgeräte, die erforderlich sind, um das Verhalten zuverlässig nachzuverfolgen zu können.
- Außerdem ist die Messanlage zur Überwachung kein starres System. Tatsächlich ist es angebracht, regelmäßig zu überprüfen, ob es den Anforderungen und dem Bedarf immer noch gerecht wird. Bei Bedarf wird es ergänzt, angepasst oder modernisiert.

Es sei darauf hingewiesen, dass im Falle eines Instrumentenwechsels die Kontinuität der Messungen gewährleistet werden muss.

4.2 Wahl und Eigenschaften der Messinstrumente

Die Wahl der Messinstrumente hängt von den zu beobachtenden Größen, von der Bauweise der Anlage und den Installationsmögl

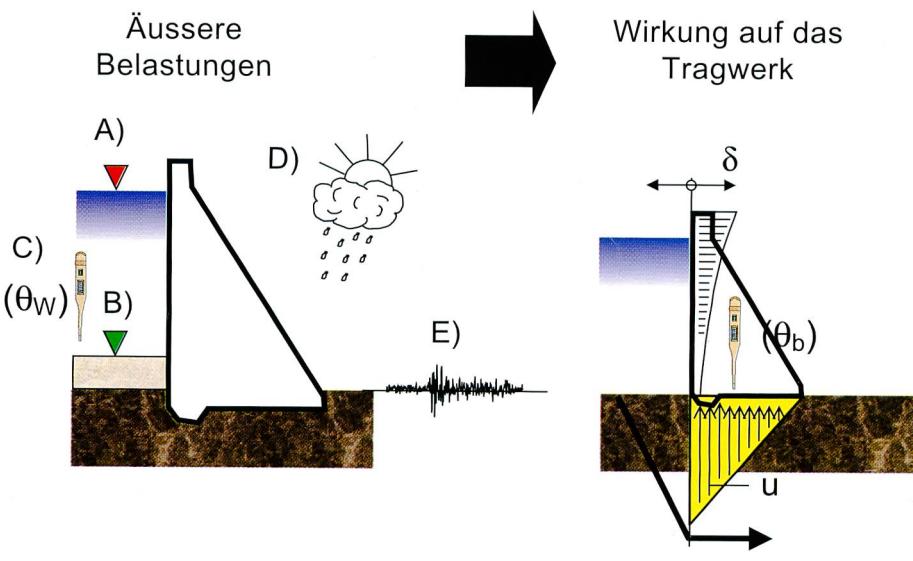


Bild 1. Wirkungen der äusseren Belastungen auf das Bauwerk. Äussere Belastungen:
A) Wasserdruck; B) Druck aus Sedimenten; C) Wassertemperatur; D) klimatische
Verhältnisse (Lufttemperatur, Regen, Schnee); E) Belastung durch Erdbeben.
Wirkungen der Lasten: Verformungen (δ); Betontemperaturen (θ_b); Durchsickerungen
(q); Auftrieb (u) und Porenwasserdrücke.

Betonstaumauer	Erddamm	Fundation
Verformung des Bauwerkskörpers	Verformung des Dammkörpers	Verformungen und Verschiebungen Verschiebungen der Widerlager
Besondere Bewegungen (Risse, Fugen)	Besondere Bewegungen (Verbindungsflächen mit Betonbaukörpern)	Besondere Bewegungen (Risse, Diaklasen)
Temperatur im Innern des Bauwerkskörpers	Temperatur im Innern des Dammkörpers, um Durchsickerungen aufzudecken (eventuell)	
Auftrieb (an der Kontaktfläche zwischen Beton und Fundation)	Porenwasserdrücke im Innern des Dammkörpers und Sickerlinie	Porenwasserdrücke Auftrieb an der Kontaktfläche zwischen Beton und Fundation Sickerlinie
Sicker- und Drainagewassermengen	Sicker- und Drainagewassermengen	Sicker- und Drainagewassermengen und Abflüsse von Aufstößen
Chemische Zusammensetzung des durchgesickerten Wassers Trübung (eventuell)	Chemische Zusammensetzung des durchgesickerten Wassers Trübung	Chemische Zusammensetzung des durchgesickerten Wassers Trübung

Tabelle 1. Aussagekräftige Größen für die Beobachtung der Sperrre und ihrer Fundationen.

lichkeiten ab. Vorzugsweise sollten Instrumente gewählt werden, welche den folgenden Kriterien entsprechen:

- einfach in ihrer Konstruktion und ihrer Handhabung (die Messungen werden in der Regel von den Angestellten des Betreibers durchgeführt),
- widerstandsfähig,
- unempfindlich gegenüber äusseren Einwirkungen: Temperatur, Feuchtigkeit, Überspannung,
- dauerhaft (die Langlebigkeit soll vor allem für jene Apparate gegeben sein, die direkt in den Bauwerkskörper eingebaut werden)

- genau und zuverlässig,
- einfaches Ablesen.

Sofern sie nicht im Bauwerkskörper eingebaut werden, müssen sie

- zugänglich,
- zuverlässig ersetzbar (Kontinuität der Messungen gewährleistet) sein.

Um Ausfällen oder Versagen begegnen zu können, wird empfohlen, redundante Messungen einzelner Parameter (z.B. Deformationsmessungen) vorzusehen. Was die Zuverlässigkeit der Messgeräte betrifft, ist die Ausfallrate sehr variabel und vom Instrumententyp abhängig. Bei unsrern Anlagen kann festgestellt werden, dass diese relativ klein ist.

4.3 Automatisierung und Datenübertragung

Die Wahl von automatisierten Messungen in streng ausgewählten Punkten und eine Fernübertragung der Ergebnisse bleibt dem Ermessen des Betreibers überlassen. Es muss jedoch betont werden, dass eine Automatisierung eine quasi ständige Überwachung gewährleistet, was bei schlechter Zugänglichkeit der Stauanlage vor allem im Winter und von einzelnen Punkten von Vorteil sein kann.

Wenn eine solche Einrichtung auch die klassischen von Hand bedienten Vorrichtungen ergänzt, ist sie dennoch kein Ersatz für letztere. Es muss möglich sein, die Kontinuität der Messungen auch im Falle eines Ausfalls der Automatik aufrechtzuerhalten.

Eine Automatisierung aller Messpunkte ist nicht nötig. Es ist empfohlen, sich auf streng ausgewählte und charakteristische Punkte zu begrenzen.

Im Falle einer automatisierten Messung der Parameter müssen folgende Punkte berücksichtigt werden:

- einfache und robuste Sonden,
- elektromagnetische Verträglichkeit,
- Schutz gegen Überspannung,
- Schutz gegen Feuchtigkeit,
- angepasster Funktions- und Temperaturbereich.

Schliesslich müssen die automatisch durchgeföhrten Messungen (beispielsweise Lotmessungen), soweit möglich, mindestens einmal monatlich mit von Hand ausgeführten Messungen kontrolliert werden. Diese Vorgehensweise gewährleistet eine wiederkehrende und regelmässige Anwesenheit des Personals bei der Sperrre sowie die Möglichkeit, visuelle Beobachtungen durchzuführen.

Für den Fall eines permanenten Messsystems sind die in Tabelle 2 aufgeföhrten Informationen zur Fernanalyse des Verhaltens hilfreich.

Bei automatisch gemessenen Größen (Wasserspiegelhöhe, Lufttemperatur, Verhaltensparameter, wie Verformung, Drücke, Sickerwassermengen) wird mindestens ein Wert pro Tag (Momentwert oder Mittelwert) gespeichert. Es ist darauf zu achten, dass die Daten der automatisch ausgetragenen Berichte fehlerfrei sind.

Schlussendlich ist es wichtig, bei automatischen Messanlagen regelmässig Funktionsprüfungen (Inspektionen an Ort, Ferntests) durchzuföhren. Eine Fehlfunktion eines Teils der Messanlage könnte zu einem ärgerlichen Datenverlust führen.

4.4 Deformationsmessungen von Staumauern und Dämmen

Es werden nur die Messungen vorgestellt, die

Für alle Anlagen	Betonstaumauer	Erddamm
Wasserspiegelhöhe	Charakteristische Verformungen (beispielsweise Gesamtverformung in einem Querschnitt)	Charakteristische Abflüsse von Leckagen und der Drainage (beispielsweise Gesamtabfluss)
Wetterverhältnisse (Niederschläge)	Betontemperatur	Porenwasserdrücke
	Abflüsse von Leckagen und der Drainage in charakteristischen Punkten	Trübung des durchgesickerten Wassers

Tabelle 2. Größen, welche in ein ständiges Messsystem eingebunden werden können.

das globale Verhalten des Bauwerkes erfassen. Die andern lokalen Messungen (Risse, Fugen) werden nicht behandelt.

In der Regel erfordert die Deformationsmessung ein räumliches Messsystem, das Informationen über die Lage- und Höhenänderungen liefert. Die Kontroll- oder Messpunkte befinden sich auf der Krone oder in den Galerien, an den Mauerwänden und Böschungen sowie im Gelände (Umgebung der Sperre).

Für die laufende Überwachung ist es ausreichend, die Lage- und Höhenverschiebungen von ausgewählten Kronenpunkten zu messen (Bild 2). Diese Messungen erfolgen mit einem Polygonzug, gegebenenfalls einem Alignment und einem Nivellement. Ein Schwimmlot zeigt ebenfalls die Lageänderung in zwei Richtungen.

Wenn in der Talsperre Kontrollgänge und Schächte vorhanden sind, besteht die Möglichkeit, anhand eines orthogonalen Messsystems, die Verformungen in vertikaler und horizontaler Richtung in mehreren Querprofilen und auf verschiedener Höhe zu messen. Soweit möglich muss das Fundament in die Messung einbezogen werden (Bild 3).

Bei fehlenden Kontrollgängen und Schächten kann das gleiche Ziel mit Punkten auf der luftseitigen Oberfläche erreicht werden.

Durch Lote und Schwimmlöte können die Verschiebungen entlang einer vertikalen Linie gemessen werden. Die heutige Bohrtechnik ermöglicht die freie vertikale Ausrichtung eines Schwimmlotes. Es besteht auch die Möglichkeit, eine Sonde, welche sich automatisch zentriert, in ein Rohr mit Rillen einzuführen (Inclinometer). Mit diesem Verfahren erhält man mehrere Messpunkte auf die Höhe verteilt. Es eignet sich vor allem

für Mauern ohne Kontrollstollen. Die Messung der horizontalen Verformungen kann mit einem Polygonzug, gegebenenfalls mit einem Alignment erfolgen. Das Nivellement gibt Informationen über die Höhenänderungen. Mit diesen so ermittelten Verschiebungen können nun die Verformungen entlang horizontaler und vertikaler Bezugslinien ermittelt werden.

Die Setzungen von Staudämmen können einfach und zuverlässig mit einem Nivellement über die Krone (oder durch einen Stollen) erfasst werden (Bild 4). Mit einfachen Winkel- und Distanzmessungen, Polygonzügen und Alignementen können die Verformungen von Dämmen bestimmt werden (Bild 5).

Wenn die Bezugspunkte innerhalb der Talsperre (Krone, Kontrollgänge, Böschungen) liegen, können nur Relativbewegungen erfasst werden.

Die Anwendung geodätischer Deformationsmessungen hat den Vorteil, absolute Verschiebungen erfassen zu können. Sie hat allerdings den Nachteil, dass die Messungen aufwändig sind und in der Regel nur von Spezialisten ausgeführt werden können (einfache Messungen können auch vom Personal des Betreibers ausgeführt werden). Sie sind außerdem abhängig von den Wetterverhältnissen.

Bei der Planung eines geodätischen Messnetzes (Bild 6) ist darauf zu achten, dass die Festpunkte

- ausserhalb des Einflussbereiches des Absperrbauwerkes,
- luft- und wasserseitig der Talsperre liegen müssen (min. 4 Punkte),
- auf (gut fundierten) Betonpfeilern angebracht sind.

Die Projektierung eines Messnetzes erfordert die Zusammenarbeit zwischen Geodät, Bauingenieur und Geologe. Des

Weiteren muss darauf geachtet werden, dass Lote und Köpfe von Extensometern in das Messnetz eingebunden sind.

Das System GPS bietet eine elegante Methode, ausserhalb der Deformationszone geologisch stabile Punkte in die Kontrollnetze einzubeziehen.

Der Bezug zu bereits existierenden geodätischen Messnetzen kann mit konventionellen terrestrischen Methoden oder mittels GPS hergestellt werden.

Die Kombination zwischen den terrestrischen Deformationsmessungen und den GPS-Messungen stellt eine hybride Lösung dar.

4.5 Temperaturen

Während der Bauphase muss die Entwicklung der Temperatur des Betons während der Hydratation und des Härtens beobachtet werden. Während des anschliessenden Betriebes ist es von Vorteil, die Temperaturschwankungen zu erfassen, um ihre Auswirkung auf die Verformung bestimmen zu können.

Die Thermometer werden während des Betonierens direkt in den Bauwerkskörper eingebaut. Sie werden auf verschiedenen Höhen platziert und über die Dicke der Mauer verteilt. Die Anzahl Thermometer hängt von der Stärke der Mauer ab. Die Thermometer nahe der Oberfläche werden stark durch die lokalen, äusseren Verhältnissen beeinflusst (Luft- und Wassertemperatur).

Um den Zugang zu den Instrumenten zu gewährleisten, können elektronische Thermometer in Bohrlöcher gesteckt werden. Diese sind zu isolieren, um einen Einfluss der Außentemperatur oder der Temperatur im Stollen auszuschalten. Bei einem Defekt ist es so möglich, sie zu entfernen und zu ersetzen.

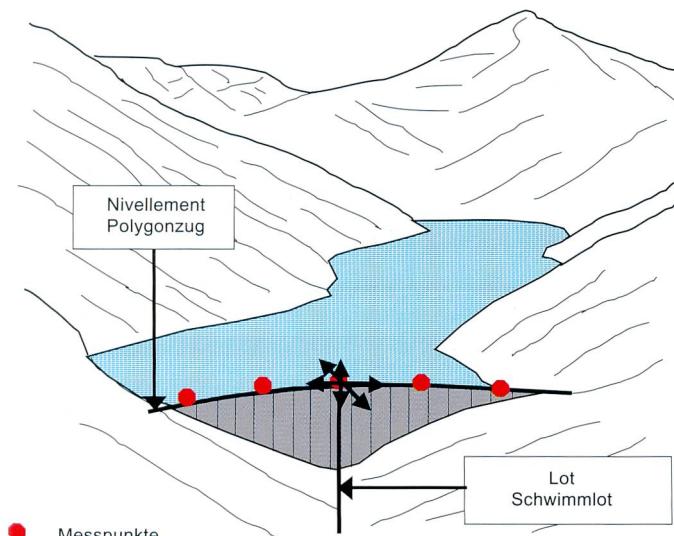


Bild 2. Staumauer. Messung der Deformationen auf der Höhe der Kronenkote.

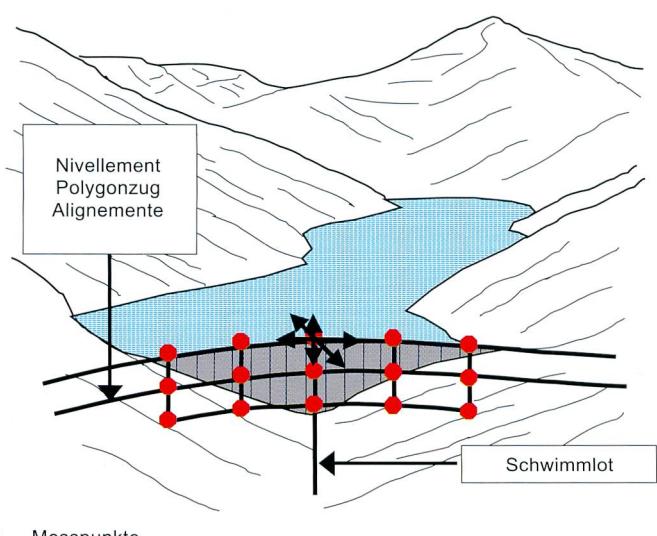
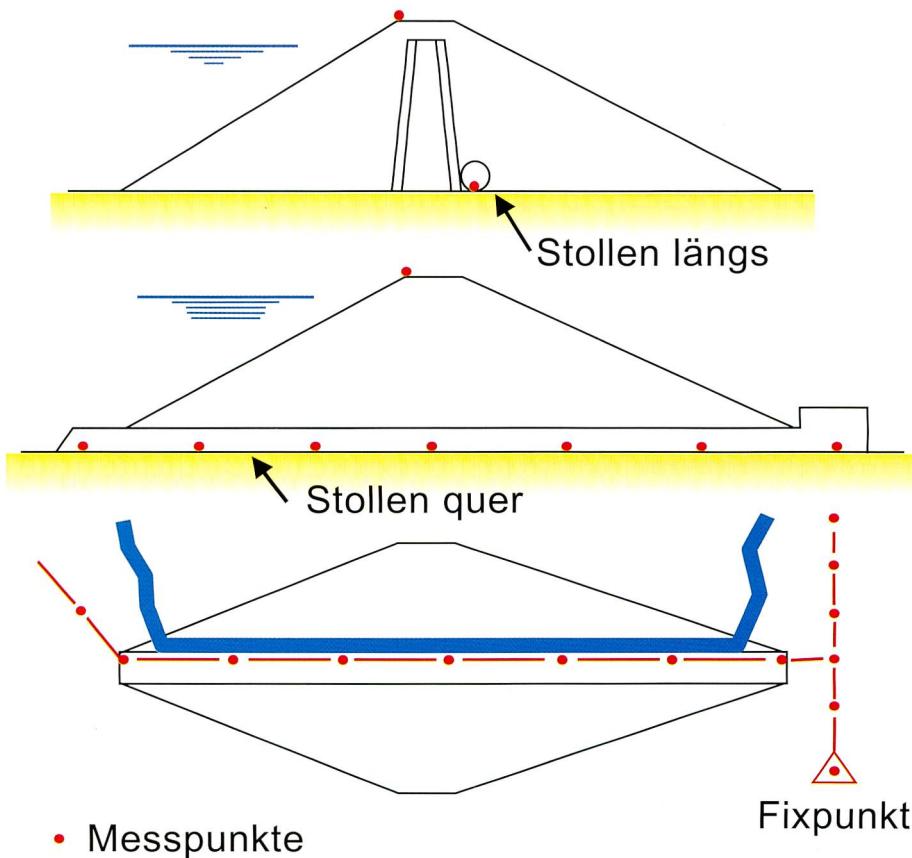
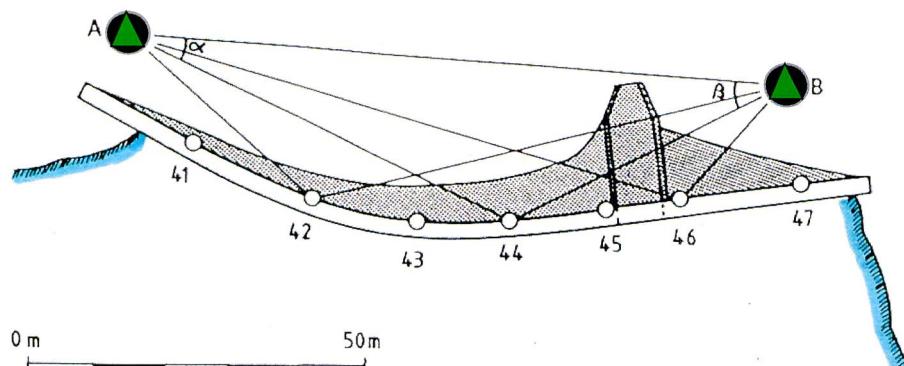


Bild 3. Staumauer. Deformationsmessungen in einem orthogonalen Netz.



- **Messpunkte**

Bild 4. Damm. Messung der Deformationen auf Höhe der Dammkrone und in einem Stollen.



Pfeiler für die Winkelmessung

Kontrollpunkte auf der Krone

Bild 5. Damm. Deformationsmessung mittels Winkel- und Distanzmessung.

4.6 Sickerwasser

Als Folge des gestauten Wassers resultieren im Talsperrenkörper und im Untergrund (selbst wenn ein Dichtungsschirm vorhanden ist) Durchsickerungen. Ein Ansteigen der Sickerwassermenge ist ein Anzeichen für eine potentielle Gefährdung. Es ist hier wichtig, die Entwicklung der Wassermengen zu beobachten. Dazu werden die Gesamtsickerwassermenge und sinnvollerweise auch einzelne Zonen separat gemessen (Bild 7). Bei Staudämmen sollten ständig oder regelmässig auch die Trü-

bung und periodisch der Chemismus des Sickerwassers kontrolliert werden.

4.7 Messungen von Drücken

Die Sickerströmung unter einer Talsperre hat einen Auftrieb zur Folge, welcher der stabilisierenden Gewichtskraft entgegenwirkt. Normalerweise genügt es, die Auftriebsdrücke an der Aufstandsfläche zu bestimmen. Es empfiehlt sich, in verschiedenen Tiefen zu messen. Es sollte in vielen Querprofilen und an mehreren Stellen zwischen der Wasserseite und der

Airseite gemessen werden, damit der Druckabbau verfolgt werden kann (Bild 8).

Die Sickerströmung durch einen Damm und durch seinen Untergrund richtet sich nach den Porenwasserspannungen. Diese sind von Wichtigkeit für die Stabilität des Bauwerks (Bild 9). Die Überwachung der Sickerwasserlinie kann auch durch Messung quer zum Damm erfolgen. Deren Lage ist ein wichtiges Verhaltensmerkmal und ebenfalls Bestandteil des Überwachungsdispositivs (Bild 10). Die Lage des talseitigen Grundwasserspiegels ist ebenfalls Gegenstand der Beobachtung.

4.8 Überwachung der näheren und ferneren Umgebung des Absperrbauwerks

Diese Überwachung umfasst Messungen (Verformung des Geländes, Quellen) und visuelle Beobachtungen. Die Zone umfasst Gebiete oberhalb und unterhalb des luftseitigen Fusses des Bauwerks, die Böschungen des Stauraumes und sogar das gesamte Einzugsgebiet.

Die Form und die Tiefe von Auskolkungen, welche unterhalb der Sperre entstehen können, sollten regelmäßig (alle fünf bis zehn Jahre) oder nach jedem ausserordentlichen Hochwasser erhoben werden (topografisch oder mit Hilfe einer Bathymetrie, falls der Kolk mit Wasser gefüllt ist).

Die Abflüsse aus Quellen unterhalb der Sperre müssen ebenfalls gemessen werden wie auch die Messung von Grundwasserspiegelschwankungen angebracht ist.

Die Erhebung der Sedimentation ist besonders in Sperrennähe von grosser Wichtigkeit. Das Freibleiben der Entnahm- und der Entlastungsbauwerke muss gesichert sein. In diesem Fall kann regelmäßig eine Bathymetrie durchgeführt werden. Der Zeitabstand hängt vom Ausmass des Sedimenteintrags ab.

Instabile Hänge müssen beobachtet werden. Ein Erdrutsch in den Stauraum kann eine Welle erzeugen, welche über die Krone schlägt. In diesem Fall können Triangulationsmessungen (räumliche Veränderung der Verschiebung von Punkten auf der Geländeoberfläche), Abstandsmessungen zwischen mehreren Punkten oder Messungen mit Hilfe eines Inklinometers zur Bestimmung der Verformung in der Tiefe genutzt werden.

5. Wann messen?

5.1 Einführung

Bei der Planung des Messprogramms muss man beachten, dass genügend Messdaten zur Verfügung stehen, um das Verhalten der Absperrbauwerks auswerten zu können. Das

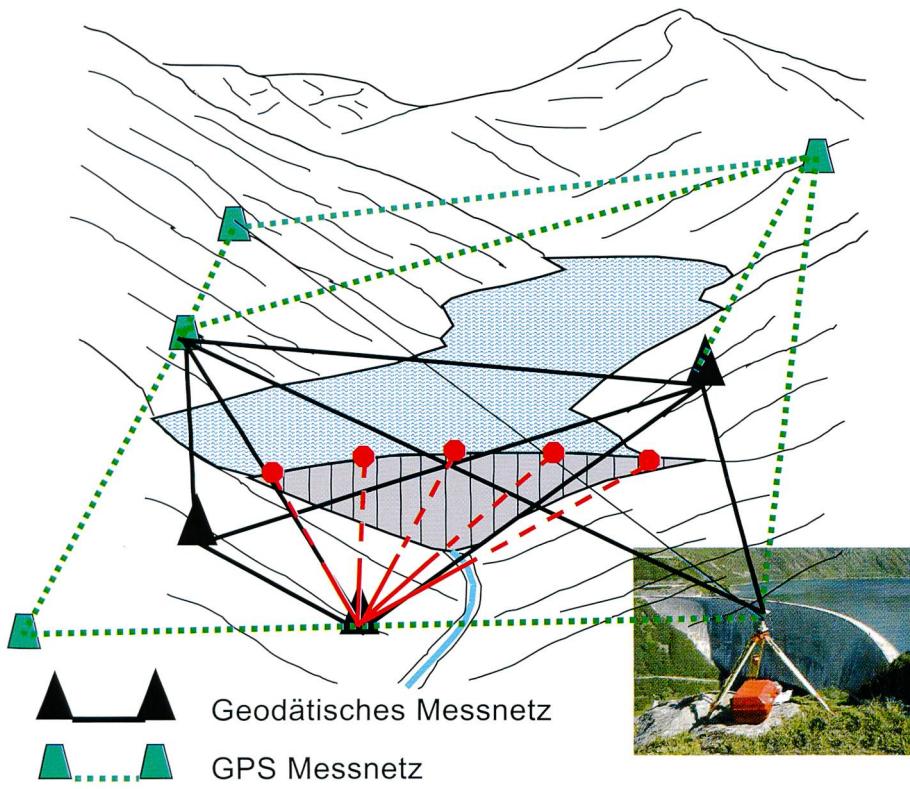


Bild 6. Schema des Netzes für die geodätische Messung.

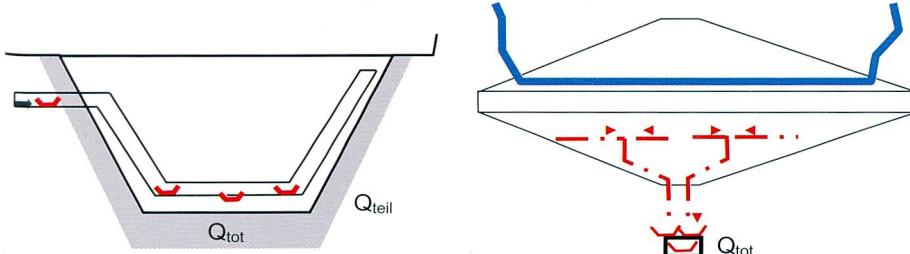


Bild 7. Staumauer und Damm. Sickerwassermessungen Q_{total} und Q_{teil} .

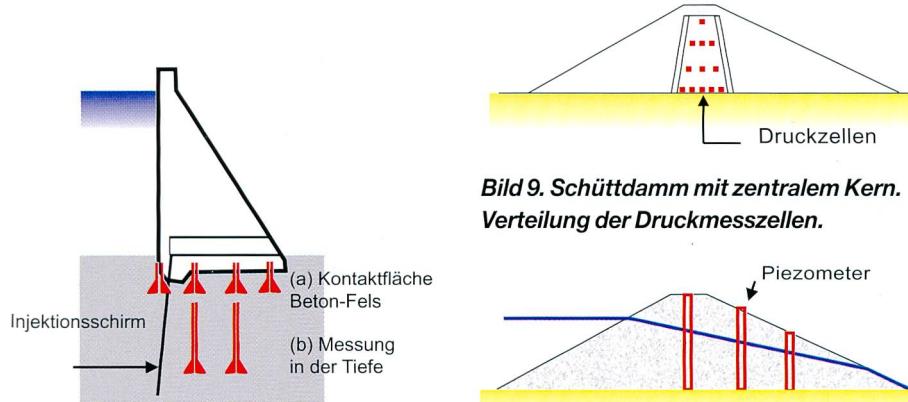


Bild 8. Staumauer. Auftriebsmessungen in der Kontaktfläche Beton-Fels (a) und in der Tiefe (b).

Messprogramm muss der Grösse des Bauwerks angepasst werden. Es hängt auch von der Wasserspiegelhöhe im Stauraum (es wird zwischen abgesenktem Stauspiegel und Vollstaum unterscheiden) und vom Verhalten des Bauwerks (normal oder anomalo) ab.

Nach jedem ausserordentlichen Ereignis, wie zum Beispiel einem Erdbeben oder einem Hochwasser, müssen ausserdem

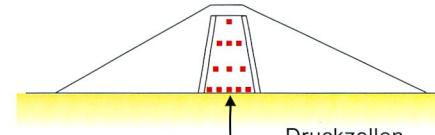


Bild 9. Schüttdamm mit zentralem Kern. Verteilung der Druckmesszellen.

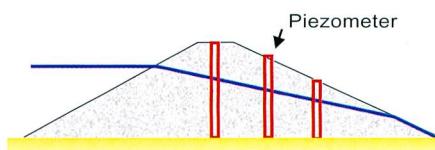


Bild 10. Homogener Schüttdamm. Erfassen der Sättigungslinie mit Piezometer-Messungen.

punktuelle Messungen durchgeführt werden. Zusätzlich sollte im Falle einer Verhaltensanomalie oder eines besonderen Verhaltens der Messrhythmus erhöht werden.

5.2 Bauwerke mit einer Höhe gleich oder über 10 m

Um bestmöglich auf eine sich abzeichnende Anomalie antworten zu können, werden die

höchsten Messfrequenzen (wöchentlich, einmal alle zwei Wochen, monatlich) auf die Parameter angewendet, welche das globale Verhalten des Bauwerks charakterisieren (beispielsweise die mit Pendeln gemessene Verformung, die Gesamtabflüsse im Drainagesystem, die Drücke). Mit diesen Messungen sollte eine Verhaltensanomalie möglichst schnell entdeckt werden. Zusätzliche Parameter (beispielsweise die Verschiebung der Fugen und die Verdrehung) werden ein- bis zweimal jährlich erhoben.

Eine vollständige geodätische Messkampagne, welche eine besondere Massnahme darstellt, wird in der Regel alle fünf Jahre durchgeführt. Allerdings werden bei einem Damm ein- oder sogar zweimal pro Jahr ein Nivellement und eventuell ein Polygonzug durchgeführt, um den Verlauf der Verformungen zu beobachten zu können.

5.3 Bauwerke mit einer Höhe unter 10 m

In diesem Fall wird das Messprogramm den vorhandenen Mitteln sowie der voraussichtlichen Amplitude und Grösse der Messparameter angepasst. Werden geringe Verformungen erwartet, besteht die Möglichkeit, einmal jährlich eine Kontrolle durchzuführen, um sich des richtigen Verhaltens des Bauwerks zu versichern. Die Messungen der Wasseraufstösse und die Erhebung der Sickerlinienhöhe sollten mindestens einmal monatlich durchgeführt werden. Die Messungen der Wasseraufstösse und die Erhebung der Sickerlinienhöhe charakterisieren das Verhalten des Bauwerks, sind einfach durchzuführen und können schnell beurteilt werden. Es ist empfehlenswert, die Messung einmal monatlich zusammen mit den visuellen Kontrollen durchzuführen.

Bibliografie

Nationales Komitee für Grossre Talsperren. Arbeitsgruppe «Talsperrenbeobachtung». «Messanlagen zur Talsperrenüberwachung. Konzept, Zuverlässigkeit und Redundanz». Konzept, Messanlagen und Messmethoden, Kommentarblätter. «wasser, energie, luft» 1986, Heft 7/8.

Überarbeitete Version des Vortrags, der an der Fachtagung des Schweizerischen Talsperrenkomitees vom 27. Juni 2002 in Chur gehalten worden ist. Dieser Text stützt sich ebenfalls auf den in der Bibliografie aufgeführten Artikel sowie auf das Richtlinienprojekt und die Grundlagendokumentation des BWG ab.

Adresse der Verfasser

Henri Pougatsch, Theodor Sonderegger, Sektion «Talsperren», Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG), CH-2501 Biel.





COLENCO

POWER ENGINEERING
Das Wissen um die Kraft des Wassers

Colenco Power Engineering AG • **Wasserkraftanlagen und Wasserbau**
Täfernstrasse 26 • CH-5405 Baden/Schweiz • Telefon 056/483 17 17 • Telefax 056/493 73 59
www.colenco.ch • info@colenco.ch