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

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 80 (1988)

Heft: 1-2

Artikel: Erneuerung der Messeinrichtungen in den Talsperren der Kraftwerke Oberhasli AG

Autor: Indermaur, Walter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940687

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: 23.08.2025

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

Erneuerung der Messeinrichtungen in den Talsperren der Kraftwerke Oberhasli AG

Walter Indermaur

1. Einleitung

Die Kraftwerke Oberhasli AG (KWO), mit Sitz in Innertkirchen, nützen die Wasserkraft der Aare oberhalb Innertkirchen, nämlich jene

- des Aaretales selbst,
- des Urbachtales, eines zum Aaretal mehr oder weniger parallel verlaufenden Tales, und
- jene des Gadmentales.

Während das im Gadmental anfallende Wasser im Laufbetrieb in den Zentralen Fuhren, Hopflauenen und Innertkirchen II genutzt werden muss, kann ein bedeutender Anteil des Wassers des Aaretales in den Staubecken Oberaar, Totensee, Grimsel, Räterichsboden und Gelmer gespeichert werden. Es wird in den Zentralen Handeck I, II, III und Innertkirchen I genutzt. Das Staubecken Mattenalp im Urbachtal ist nur klein. Es gleicht den stark schwankenden Tageszufluss vom Gauligletscher vor dessen Weiterleitung zum Räterichsbodensee aus.

In den Jahren 1980 bis 1985 sind die Messeinrichtungen der sieben Talsperren der sechs erwähnten Stauseen gemäss der in den Fünfjahresexpertisen gemachten Empfehlungen erneuert und zum Teil auch erweitert worden.

Diese Arbeit informiert über:

- die Überlegungen des Ingenieurs zur Beurteilung der bestehenden alten Messeinrichtungen und die dazu angewandten Kriterien,
- die für die Neuprojektierung der Messanlagen angewandten Kriterien,
- die während der Projektierung und der Bauausführung aufgetretenen Probleme und
- die aus der Ausführung gezogenen Lehren.

Es wird auch gezeigt, dass eine befriedigende Ausführung einer Erneuerung oder einer Installation einer neuen Messeinrichtung nur gelingt, wenn der Bauherr die Bauleitung einer motivierten, verantwortungsbewussten und technisch kompetenten Person überträgt. Nach Durchführung einer schwierigen Arbeit ist es notwendig, dass der Bauleiter sich bei allen Mitarbeitern (wer auch deren Arbeitgeber sei) versichert, dass sie alle vom Gelingen der vorgenommenen Arbeit überzeugt sind. Beim Auftreten des geringsten Zweifels ist es nämlich nur empfehlenswert, den fraglichen Arbeitsgang sogleich zu wiederholen. Dies hilft zu vermeiden, dass eine Messeinrichtung von ihrer Inbetriebnahme an über Jahre hinweg – weil sie unkorrekt versetzt wurde – verfälschte Messergebnisse liefert. Dadurch entstehen Mühe und Ärger und auch zusätzliche Ausgaben für die Messauswertung. *G. Collet* erläuterte in seinem Referat [1] ein überzeugendes Beispiel einer solchen Fehlinstallation.

Obwohl Umkehrlote zu den besten Messeinrichtungen für Talsperren gehören, kann sie der Ingenieur heute nur noch in Ausnahmefällen empfehlen, da die dazu nötigen Bohrungen zu teuer sind. Es müssen neue, geeignete Bohrmethoden gesucht werden, die auch preislich verantwortet werden können.

Im weiteren folgen nun Überlegungen, die zur Beurteilung der Messeinrichtungen der Oberhasli-Talsperren und zur Ausarbeitung des Konzeptes der erneuerten Messanlagen angestellt wurden.

Diese Ausführungen wurden an der «Studientagung zur Erneuerung der Messeinrichtungen von Talsperren» vom 26. und 27. Juni 1986 in Meiringen durch drei Vorträge ergänzt [1], [2], [5].

2. Zusammenstellung der im Aaretal durch die KWO erbauten Talsperren

Sperre	Erster Aufstau	Höhe H (m)	Kronenlänge (m)	Betonvol. (10^3 m^3)	Sperrentypus
Gelmer	1929	35	370	82,5	Gewicht
Spitallamm	1932	114	258	340,0	Bogengewicht
Seeuferegg	1932	42	356	70,0	Gewicht
Räterichsboden	1951	95	456	280,0	Gewicht mit Hohlräumen
Mattenalp	1950	25	138	11,0	Gewicht
Totensee	1951	20	74	3,7	Gewicht
Oberaar	1953	104	526	453	Gewicht mit Hohlräumen

3. Beschreibung einiger alter Messanlagen

Die vor der Umrüstung bestehenden Messeinrichtungen dienten der Messung folgender drei Hauptparameter:

- äussere Sperrenbelastung,
- Sperrenverformungen,
- Sicker- und Drainagewasser.

Die nachstehende Tabelle fasst diese für alle sieben Talsperren zusammen.

		Gelmer	Spitallamm	Seeuferegg	Räterichsboden	Mattenalp	Totensee	Oberaar
Belastungen	Parameter zur Erfassung der Sperrenbelastung							
	Seestand	I	I	I	I	I	I	I
	Temperaturen							
	– Luft		I	I				
	– Wasser	I	I	I				
	– Beton		○					I
	– Kontrollgänge	I	I	I	I			
Verformungen	Parameter zur Erfassung des Sperrenverhaltens							
	Juillard-Pendel	I	I	I	I			I
	Optische Lote		I					
	Gespannte Drähte		I					
	Triangulation	+	+					+
	Alignemente			+				
	Winkelmessungen		+					+
	Polygonzüge		I					
	Nivellemente							I
	Klinometerstab:							
	– Messketten		+					+
	– Einzelpunkte		+		+			+
	Mikrometerstab							
	– Messketten		+		+			+
Sickerwasser	Sickerwasser	I	I	I	I	I		I
	Drainagewasser	I	I	I	I			I
	Wasserverluste bei Fugen						I	

I Messung ohne Unterbruch durchgeführt
+ Messung schon früher eingestellt
○ Messung 1938 durch Beschädigung ausgefallen

Die Pendel sind alle vom Typ *Juillard*. Es handelt sich um ein aufgehängtes Pendel, bestehend aus einem durch ein Gewicht gespannten Stahldraht, einem am untern Ende des Pendels fix montierten Ablesetisch und sogenannten Zwischenzentrierungen, die dazu dienen, den Draht mittels Fernbedienung in verschiedenen Zwischenpunkten in eine geometrisch präzise Lage zu bringen. Zum Messen wurde das Pendel parallel zu jeder der zwei orthogonalen auf dem Messtisch angebrachten Messskalen in Bewegung gesetzt

(daher der Name Pendel und nicht Lot). Die Extremlagen des schwingenden Drahtes wurden mit Hilfe einer an den Draht geklemmten und sich um einen jeder Messskala zugeordneten Drehpunkt drehenden Messgabel für sechs Schwingungszyklen abgelesen. Die genaue Lage des ruhenden Drahtes wurde dann durch Bildung der Mittel der Ablesungen in beiden Messrichtungen und Ablesung in einem für jedes Pendel separat erstellten Ablesediagramm ermittelt.

Diese Pendel sind mindestens so genau wie moderne Lote. Das Pendel weist aber drei Nachteile auf, die uns bewogen haben, die Umrüstung der alten Pendel in moderne Lote vorzuschlagen, nämlich:

- Die Verschiebungen «See-Tal» und «Links-Rechts» aus den Ablesungen konnten nur durch jemanden, der das System gründlich kannte, bestimmt werden.
- Eine Grobkontrolle der Ablesungen durch die Talsperrenwärter vor Verlassen der Sperre war praktisch ausgeschlossen.
- Die Ablesung der Pendel verlangte die Anwesenheit von zwei gut aufeinander eingespielten Talsperrenwärtern und benötigte viel Zeit (rund 20 Minuten pro Messpunkt).

Die sogenannten *Felspendel* wurden in den sechziger Jahren in der Spitallammsperre anstelle von Umkehrloten eingerichtet. In der einfachsten Ausführung setzt sich das Messsystem aus einem in einem Schacht aufgehängten Referenzpendel und aus einem gespannten Draht zusammen, der im gleichen Schacht montiert ist und bis zu einem Verankerungspunkt auf den Grund einer im Fels erstellten Bohrung reicht.

Aus der Messung der Pendel- und der Drahtlage kann die Variation der Neigung des gespannten Drahtes gegenüber der Vertikalen, und damit auch die Verschiebung am Fusse des Referenzpendels (in der Nähe des Mauerauflagers) bezüglich des als fest angenommenen Verankerungspunktes im Fels bestimmt werden.

In der Spitallammsperre waren in jeder der drei Bohrungen (am Scheitel und auf beiden Flanken) je zwei Drähte verankert, der eine am Fusse der Bohrung, der andere etwa in halber Tiefe.

Diese Messeinrichtung wies vier Nachteile auf, nämlich:

- Das System ist sehr empfindlich auf Ablese-Ungenauigkeiten, da die Berechnung der Verschiebungen diese je nach Tiefe des Verankerungspunktes 2- bis 4mal vergrössert.
- Die Drahtbefestigungen gaben keine Gewähr für eine präzise Drahtlage.
- Die in den letzten Jahren gemessenen Verschiebungen, obwohl immer gering, waren oft zweifelhaft; eine plausible Erklärung dafür konnte nicht gefunden werden.
- Die Tatsache, dass zwei Drähte in jeder Bohrung installiert waren, hat uns nie Vertrauen in diese Messung gegeben, und wie die Umrüstungsarbeiten schliesslich zeigten, mit Recht.

Aus diesen Gründen sind die drei Felspendel 1985 durch die KWO ausgebaut und durch je ein Umkehrlot ersetzt worden. Währenddem bei den Umrüstungsarbeiten in zwei Bohrlöchern nichts Besonderes beobachtet werden konnte, trat im Bohrloch auf der rechten Flanke ein grosser Schnurknäuel zutage, der sowohl die Verankerung des kurzen Drahtes als auch den langen Messdraht umgarnte!

Der Klinometerstab, ebenfalls durch *H. Juillard* konzipiert, misst Neigungsänderungen mit bemerkenswerter Genauigkeit. Diese Messung wurde vor allem entlang dreier Messketten über die ganze Höhe des luftseitigen Paramentes der Spitallammsperre durchgeführt und gestattete die Verformungslinie der drei Mauerquerschnitte zu bestimmen. Diese Messungen benötigten einen enormen Zeitaufwand und mussten oft unter sehr schwierigen Bedingungen ausgeführt werden.

An *geodätischen Messungen* wurden vor allem einfache Triangulations- und Alignementsmessungen sowie Winkelmessungen, die mit Distanzmessungen kombiniert wurden, ausgeführt. Die Distanzen wurden mit einem Mikrometerstab gemessen. Die Messketten waren auf Stufen oder Bermen verschiedener Sperren angeordnet.

Diese Messungen wurden bereits während der ersten Betriebsjahre der von 1926 bis 1932 erstellten Sperren durchgeführt, dann später wiederum an der Oberaarsperre (1954). Weil die zu beobachtenden Verschiebungen klein sind und die mit den damaligen Messungen erreichte Genauigkeit nicht befriedigte, wurden die Messungen jedoch eingestellt, sobald man sich vergewissern konnte, dass sich die Sperren normal verhalten. Nur bei der Oberaarsperre wurden einige Nivellemente bis heute regelmässig weitergeführt.

Dem *Messen der Sickerwasserabflüsse* wurde seit Beginn der Inbetriebnahme der ersten Sperre grosse Bedeutung zugemessen.

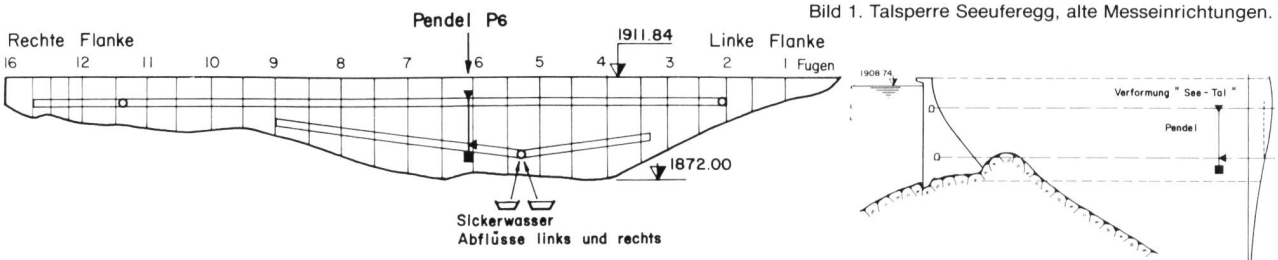

Bild 1. Talsperre Seeuferegg, alte Messeinrichtungen.

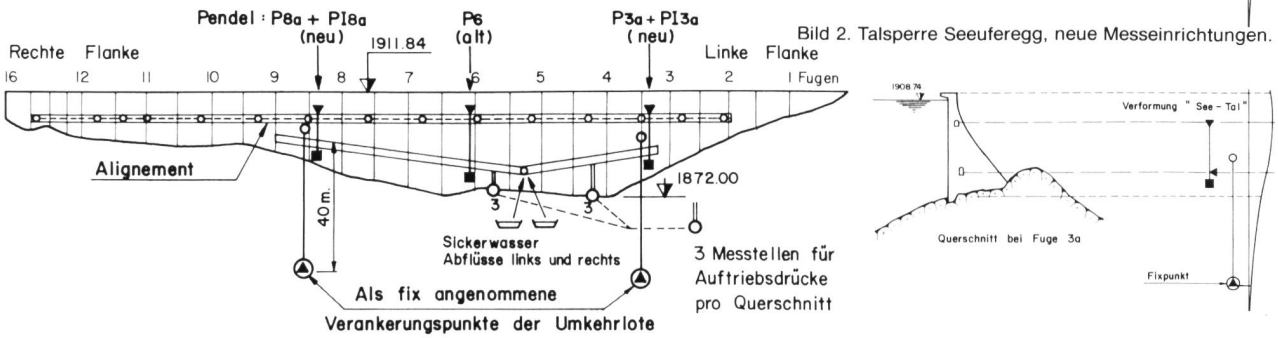

Bild 2. Talsperre Seeuferegg, neue Messeinrichtungen.

Die oben vorgestellten Messeinrichtungen zeigen, dass die meisten Sperren der KWO, ganz speziell die ersten zwischen 1926 und 1932 erbauten, mit einer für ihre Zeit bemerkenswerten Messausrüstung versehen wurden.
H. Juillard legte mit dem Konzept seiner Messmethoden und mit seinen Instrumenten in der Schweiz die Basis für eine präzise und wirkungsvolle Überwachung des Verhaltens der Talsperren. So war zum Beispiel die Spitallammsperre weltweit die erste Sperre, die mit Pendeln ausgerüstet war.

4. Zur Beurteilung der beschriebenen Messeinrichtungen angewandte Kriterien

Kann die in einer früheren Zeit in die Sperre eingebaute Messanlage auch heute noch den Forderungen genügen, die für eine sichere, wirksame und moderne Talsperrenüberwachung gestellt werden?
Eine grundsätzliche Antwort dazu enthalten die Aufsätze von Dr. *R. Biedermann,* «Sécurité des barrages suisses» et «Surveillance des barrages suisses», die im Buch «Barrages suisses» erschienen sind [3].
Mit der gleichen Frage befasste sich auch die vom Schweizerischen Nationalkomitee für grosse Talsperren verfasste Publikation «Konzept, Zuverlässigkeit und Redundanz von Messanlagen zur Talsperrenüberwachung» [4].

Heutige Forderungen an die Messausrüstung einer Betonsperre

1. Die Messeinrichtung muss gestatten, den Verlauf der wichtigsten Parameter, die das Verhalten der Sperre bestimmen, und jener, die das Verhalten charakterisieren, kurz- und langfristig, auf zuverlässige und präzise Art und so einfach wie möglich zu verfolgen.
Folgende Parameter müssen dazu gemessen werden:

a) die äusseren Belastungen der Sperre, im wesentlichen der Seestand und die Temperaturen
b) Parameter, die das Verhalten der Sperre anzeigen, nämlich:
   - Die Verformungen der Sperre und ihrer Felsauflager, wenn immer möglich gemessen:
     - längs vertikaler Linien — mit Loten und in den Fels hinein verlängerten Umkehrloten
     - längs horizontaler Linien — mit Alignementen oder Polygonzügen, die wenn möglich ebenfalls in die Felsflanken hinein verlängert werden sollen
     - an Punkten, die in räumlichen Netzen angeordnet sind — mit geodätischen Messungen, welche die Talsperre und das umliegende Gelände einschliessen müssen
   - Sickerwasser im Mauerkörper sowie Drainagewasser — gemessen mit geschickt angeordneten Messstationen
   - Auftriebsdrücke im Bereich der Kontaktzone Fels-Beton und im Felsuntergrund — durch Messstellen, angeschlossen an Manometer, oder mit hydraulischen, pneumatischen oder elektrischen Messzellen ausgerüstet
   - eventuelle Quellen talseits der Sperre — überwacht durch visuelle Kontrollen oder durch Abflussmessungen

2. Es ist fundamentales Prinzip, die verschiedenen Messeinrichtungen einer Sperre so zu konzipieren und zu disponieren, dass Redundanzen einerseits innerhalb eines Messsystems und andererseits auch durch Kombination verschiedener Messsysteme erreicht werden (Redundanz entsteht, wenn sich überzählige Messresultate gegenseitig kontrollieren).
3. Die meisten Instrumente müssen eine grosse «Langlebigkeit» garantieren, damit die Kontinuität der Messungen gesichert ist.

Unter Berücksichtigung der gestellten Forderungen muss der mit der Beurteilung einer bestehenden Messanlage beauftragte Ingenieur folgende Fragen abklären:

1. Gestattet das Konzept der bestehenden Messausrüstung den Verlauf aller hauptsächlichen Parameter, die das Verhalten der Sperre charakterisieren, zu verfolgen und zu beurteilen? Fehlen noch unerlässliche Messungen?
2. Gestattet der Zustand der Messeinrichtungen und der Instrumente eine zuverlässige Weiterführung der Messungen auf lange Sicht, oder besteht die Gefahr, dass eine Einrichtung mehr oder weniger schnell ausfallen wird?
3. Gibt es weniger wichtige Messungen, deren Weiterführung vom Standpunkt des benötigten Zeitaufwandes her nicht mehr gerechtfertigt werden kann?
4. Gibt es Messungen, welche heute nicht mehr von Interesse sind?
5. Würde die Ersetzung einer alten Messeinrichtung durch eine modernere, von gleicher Präzision und Zuverlässigkeit, zu einer bedeutenden Rationalisierung oder einer wünschenswerten Erleichterung der Arbeit des Talsperrenwärters führen?
6. Können die Messablesungen durch den Talsperrenwärter leicht überprüft werden oder nicht?

Es muss daher wie folgt vorgegangen werden:
- *Erstens* müssen alle zur Verfügung stehenden Messergebnisse ausgewertet, analysiert und interpretiert werden, um sich ein genaues Bild über das Verhalten der Sperre zu machen und um die auftretenden Tendenzen zu ermitteln.
- *Zweitens* muss der Wert jeder einzelnen Messeinrichtung unter Berücksichtigung der oben aufgeführten Kriterien sowie des Verhaltens der Sperre beurteilt werden.

5. Beurteilung der bestehenden Messeinrichtungen hinsichtlich ihrer Erneuerung

Unter Anwendung des oben gezeigten Vorgehens sind im Rahmen der Fünfjahresexpertisen Empfehlungen zur Verbesserung der Messeinrichtungen aller Sperren der KWO ausgearbeitet worden. Für jede Messeinrichtung ist je eine der vier folgenden Alternativen vorgeschlagen worden:

1. Die Messung soll ohne jegliche Änderung weitergeführt werden.
2. Die Messeinrichtung soll erweitert oder durch eine modernere Anlage ersetzt werden. Sie kann auch durch beides zusammen verbessert werden.
3. Die Messung soll eingestellt werden.
4. Die bestehende Messanlage soll durch neue Messeinrichtungen ergänzt werden mit dem Ziel, in Zukunft auch Verhaltensparameter kontrollieren zu können, die bis anhin nicht gemessen wurden und heute als unerlässlich angesehen werden, oder auch um gewisse Tendenzen im Verhalten des Bauwerkes besser überwachen zu können.

Die Untersuchung der Messergebnisse und die Überprüfung der bestehenden Messeinrichtungen haben hauptsächlich vier Lücken gezeigt:

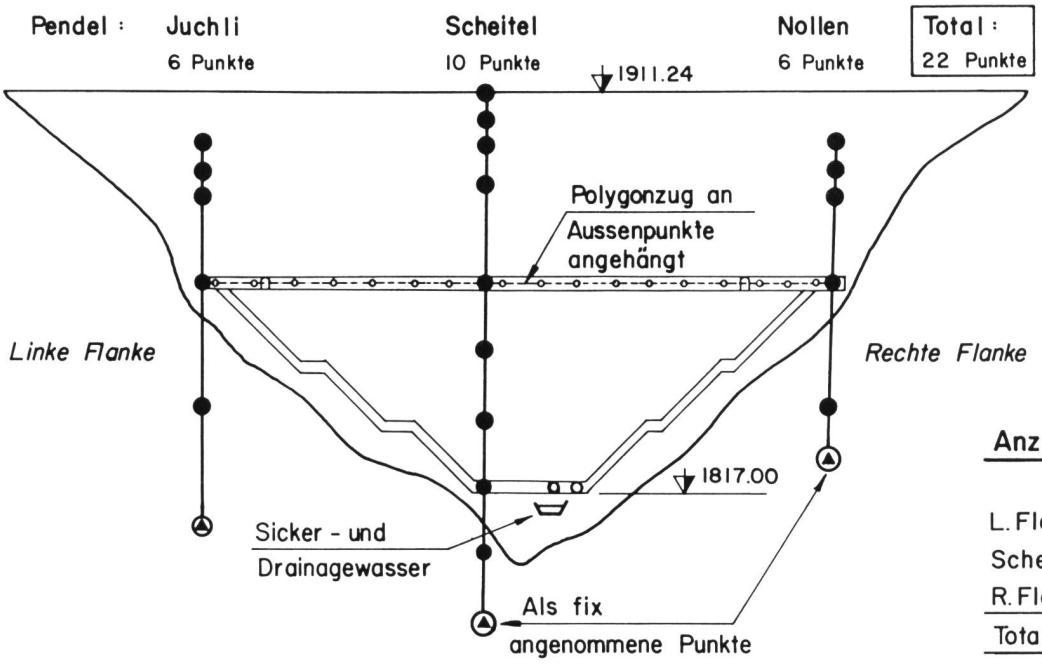

Bild 3.
Talsperre Spitallamm, alte Messeinrichtungen.

Anzahl Pendel

	Pendel	gespannte Drähte
L. Flanke	2	2
Scheitel	5	2
R. Flanke	2	2
Total	9	6

- Bezüglich der Verformungen der Sperren verfügte man über keine festen Bezugspunkte, die gestattet hätten, die im Laufe der Zeit durch die Fundamente erlittenen Verschiebungen einigermassen sicher zu ermitteln, da sowohl Umkehrlote im Fels als auch geodätische Messnetze fehlten.
- In den langen und wenig hohen Sperren Gelmer und Seeuferegg waren eindeutig zu wenig Lote eingebaut.
- Auftriebsdruckmessungen, die heute für alle Sperrentypen als unerlässlich angesehen werden, fehlten.
- Die kleineren Sperren Mattenalp und Totensee verfügten über keine einzige Messeinrichtung.

6. Konzept der erneuerten Messeinrichtungen

Zur Verbesserung der vorgefundenen Situation wurden folgende Massnahmen vorgeschlagen:

- Verlängerung der bestehenden Lote in den Fels (für jede der grossen Sperren) mittels Einbau von je einem oder zwei Umkehrloten.
- Einbau zusätzlicher Lote in den langgestreckten Sperren Gelmer und Seeuferegg. Diese Lote wurden zum Teil in bestehenden Schächten, zum Teil in neuen Bohrungen eingerichtet.
- Verlängerung einiger Lote bis zur Krone durch Einbau von kurzen zusätzlichen Loten in neuen Bohrungen, mit dem Ziel, eine möglichst gute Verbindung zwischen den äusseren, geodätischen Messungen und den Messungen im Innern der Sperre herzustellen.
- Mit dem Ziel, eine einfache Kontrolle der Lotmessungen an Ort und Stelle zu ermöglichen, die Auswertung der Verschiebungen zu vereinfachen und die zur Messung benötigte Zeit zu reduzieren, wurde empfohlen, alle *Juillard*-Pendel durch moderne Lote der Firma *Huggenberger* zu ersetzen.
- Einrichtung eines modernen geodätischen Messnetzes für jede der fünf grossen Talsperren. Die an diese Messanlagen gestellten Bedingungen wurden für jede Talsperre in einem Bericht zusammengestellt. Die geodätischen Messanlagen der Sperren Spitallamm und Seeuferegg wurden durch das Büro *U. Meier,* Minusio, und jene der Sperren Gelmer, Räterichsboden und Oberaar durch die Ingenieurgemeinschaft *Flotron-Schneider,* Meiringen und Chur, konzipiert und eingerichtet.
- Nivellierung von je zwei Messpunkten im Fundamentbereich der wichtigsten Fugenhohlräume der Sperren Oberaar und Räterichsboden, zur Ermittlung der Kippbewegung des Mauerfundamentes.
- Einbau von Messstellen zum Messen des Auftriebsdruckes. Bei den Sperren Gelmer und Seeuferegg wird der Druck für jede Messstelle mit einem Manometer gemessen, das mit einem in einer Bohrung eingebauten, geschlossenen Rohr mit der Entnahmestelle am Kontakt Fels-Beton in Verbindung steht. Bei den Sperren Spitallamm, Räterichsboden und Oberaar wird der Druck am Kontakt Fels-Beton und im Felsinnern mit pneumatisch betriebenen Zellen der Firma *Glötzl* ab je einer zentralen Messstelle gemessen.

Bei den beiden kleinen Sperren Totensee und Mattenalp wurden bis anhin keine Messungen durchgeführt. Die Überwachung konnte sich deshalb nur auf visuelle Beobachtungen stützen. Um ihr Verhalten besser beurteilen zu können, wurde jede der beiden Sperren ausgerüstet mit:

- drei an der höchsten Stelle ab der Krone bis ins Fundament gebohrten Piezometern und
- einer Alignementsmessung auf Kronenhöhe. Dazu werden Winkel ab Pfeilern gemessen, die auf beiden Talseiten erstellt wurden.

Alle klino- und mikrometrischen Messungen wurden gänzlich eingestellt, da ihre Durchführung sehr heikel ist und auch zuviel Zeit benötigt im Vergleich zum bescheidenen Interesse an den Ergebnissen. Desgleichen wurden auch gewisse Nivellemente bei der Sperre Oberaar aufgegeben.
Auf den Einbau von Thermometern im Beton wurde mit einer Ausnahme verzichtet, da die Temperaturzyklen dieser Mauern, die alle auf tägliche Temperaturschwankungen unempfindlich sind, bereits gut bekannt sind.
Die Neu-Installationen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

7. Ausgewählte Fälle

Zum Schluss soll noch das Konzept der Messsysteme von zwei der Oberhaslisperren vor und nach dem Umbau erläutert werden.

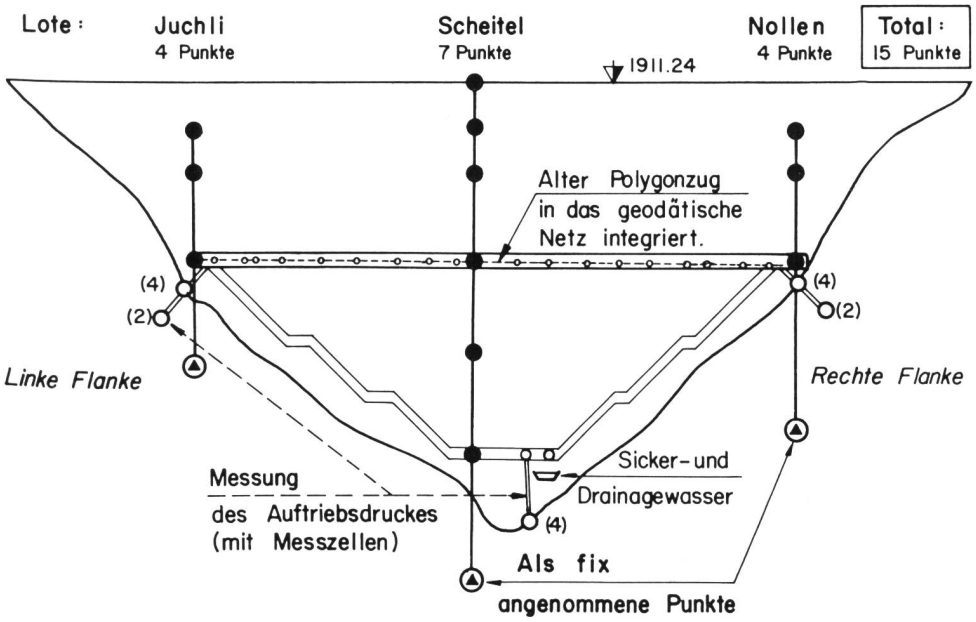

Bild 4. Talsperre Spitallamm, neue Messeinrichtungen.

Anzahl Lote

	Lote	Umkehrlote
L. Flanke	1	1
Scheitel	5	1
R. Flanke	1	1
Total	7	3

Zusammenstellung der Neu-Installationen

Messeinrichtung	Sperren	Gelmer	Spitallamm	Seeuferegg	Räterichsboden	Mattenalp	Totensee	Oberaar
Umkehrlote		*	*	*	*			*
Zusätzliche Lote		*		*	*			
Pendelumrüstung in moderne Lote		*	*	*	*			*
Geodätisches Netz		*	*	*	*			*
Alignement auf Krone						*	*	
Nivellement in Fugenhohlräumen					*			*
Auftriebsdrücke								
– Pneumatische Zellen			*		*			*
– Rohr mit Manometer		*		*				
– Piezometer						*	*	
Temperaturen								
– Quecksilber-Thermometer im Beton		*						
– Thermograph (Luft)		*						*

Die Talsperre Seeuferegg

Bild 1 zeigt die Messanlage vor dem Umbau. Die Sperre, deren Länge mehr als achtmal ihre Höhe erreicht, war lediglich mit einem einzigen Lot ausgerüstet, dessen Länge nur die halbe Sperrenhöhe erreichte, obwohl die Sperre auf einem Felsriegel steht, der selbst eine natürliche Sperre bildet. Bereits in den dreissiger Jahren hatte man mit Hilfe von geodätischen Messungen und mit den in zwei Kontrollgängen der Sperre durchgeführten Alignementsmessungen beobachtet, dass die Sperre in Wirklichkeit etwa dreimal grössere Verformungen aufwies als jene, welche mit dem Lot erfasst wurden (1 bis 2 mm). Trotzdem wurden aber die Alignementsmessungen und die geodätischen Messungen eingestellt, sobald man sich vergewissert hatte, dass sich die Sperre normal verhielt.

Bild 2 zeigt die heutige Messanlage:

- das alte Pendel im Zentrum,
- zwei neue Messquerschnitte in den Flanken, deren Ausrüstung aus je einem Lot und einem bis 40 m in den Fels eindringenden Umkehrlot besteht,
- eine Alignementsmessung im oberen Kontrollgang, um die Kontinuität der Verformungen «See-Tal» von einer Flanke zur anderen kontrollieren zu können. Es ist vorgesehen, diese Messung zweimal jährlich – einmal bei leerem und einmal bei vollem See – durch Personal der KWO auszuführen. Mittels der Lote und Umkehrlote kann die Messung an deren Verankerungspunkte im Fels, welche a priori als fest angenommen werden, angeschlossen werden. Das Alignement kann aber auch an das äussere geodätische Messnetz angeschlossen werden, um von Zeit zu Zeit zu überprüfen, ob die Verankerungspunkte der Umkehrlote effektiv fix sind,
- das luftseitige Parament wurde mit geodätischen Messbolzen ausgerüstet, die zum Teil gegenüber den Messstellen der Alignementsmessung angeordnet sind,
- zwei Mauerquerschnitte mit je drei Messrohren und Manometern zur Messung des Auftriebdruckes im Bereich des Mauerfundamentes sowie
- die zwei schon lange bestehenden Messstellen zum Messen des Sickerwassers.

Die geodätischen Netze für die beiden Sperren Spitallamm und Seeuferegg sind in ein einziges grossräumiges Messnetz integriert, in dem je nach Bedarf auch reduzierte Messungen für jede der beiden Talsperren unabhängig durchgeführt werden können.

Die Bogensperre Spitallamm

Da die alten Messeinrichtungen zahlreich und kompliziert waren, sind in Bild 3 lediglich die Pendel, die Polygonmessung und die Messstelle für das Sicker- und Drainagewasser, die vor den kürzlich durchgeführten Umbauarbeiten existierten, dargestellt. Diese Messanlage war sehr kompliziert, bestand aus 9 aufgehängten Pendeln und aus 6 im Fels verankerten, gespannten Drähten und enthielt 22 Messpunkte zur Überwachung der Mauerverformung.

Bei der Neuprojektierung wurde versucht, die Anlage zu vereinfachen und die Anzahl der Pendel und der Messpunkte zu verkleinern. Dabei mussten die neuen Lote alle in bestehenden Schächten und Bohrungen installiert werden.

Wie Bild 4 zeigt, hat der Umbau gestattet, die Anzahl der Lote, Umkehrlote inbegriffen, auf 10 und die Messpunkte auf 15 zu reduzieren. Bild 4 zeigt auch:

- die alte Polygonmessung, die heute in das geodätische Messnetz integriert ist und die gestattet, die Stabilität der Verankerungspunkte der 3 Umkehrlote zu überprüfen, sowie
- die drei mit total 17 pneumatischen Zellen der Firma *Glötzl* ausgerüsteten Messquerschnitte zum Messen der

Auftriebsdrücke. Es kann nicht ganz verschwiegen werden, dass diese Messung im Grimselgranit einige Probleme stellt, da die Filter die Tendenz aufweisen, sich nach kurzer Zeit zu verstopfen.

Wie die beiden letzten Figuren zeigen, muss eine Neuinstrumentierung einer Talsperre nicht unbedingt zu einer Vergrösserung des Messaufwandes führen. Manchmal kann sie auch zu einer Reduktion der Messstellen führen.

[1] *G. Collet:* Bohrmethoden, Probleme und Erfahrungen bei der Erstellung von neuen Umkehrloten sowie beim Umbau von bestehenden Felspendeln. «wasser, energie, luft» in Vorbereitung.

[2] *F. Matthey:* Projektierung der Erneuerung der Messanlagen in den Talsperren der Kraftwerke Oberhasli AG sowie Erfahrungen aus den Arbeiten. «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» *79* (1987), Heft 1/2, S. 12–15.

[3] *W. Indermaur:* Spitallamm. Kapitel 4.4.1 in «Barrages suisses/Swiss Dams» veröffentlicht durch das Schweiz. Nationalkomitee grosser Talsperren 1985, S. 112–124.

[4] Messanlagen zur Talsperrenüberwachung, Konzept, Zuverlässigkeit und Redundanz. «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» *78* (1986) Heft 7/8, S. 117–136 (d/f). Erweiterte Neuauflage in Vorbereitung.

[5] *A. Flotron:* Die geodätische Messanlage der Talsperre Räterichsboden. Vortrag vom 26./27. Juni 1986, unveröffentlicht.

Deutsche Übersetzung des anlässlich der «Studientagung zur Erneuerung der Messeinrichtungen von Talsperren» vom 26./27. Juni 1986 in Meiringen in Französisch gehaltenen Vortrages. Durchgeführt wurde die Tagung vom Ausschuss für Talsperrenbeobachtung des Schweizerischen Nationalkomitees für grosse Talsperren.

Adresse des Verfassers: *Walter Indermaur,* Stucky Ingénieurs-Conseils S.A., 6, chemin de Roseneck, CH-1006 Lausanne.

Angst im Zusammenhang mit Talsperren

Claudio Weiss

Angst ist ein subjektives Erleben, das sich zunächst einmal durch *Leidensdruck* auszeichnet. Wenn wir Angst haben, leiden wir. Neben Angst gibt es noch andere, von der Angst deutlich unterscheidbare Erlebnisformen psychischen Leidens wie Trauer, Scham oder Wut. Im folgenden sollen deshalb diejenigen Erlebnismerkmale, d.h. Gedanken und Gefühle herausgearbeitet werden, die speziell der Angst eigentümlich sind.

1. *Emotionale Unruhe:* Wenn wir uns ängstigen, sind wir beunruhigt, in Unruhe versetzt.
2. *Ungewissheit:* Die innere Unruhe ist ein gefühlsmässiges, «affektives» Merkmal der Angst. Ihm entspricht ein gedankliches oder «kognitives» Gegenstück, nämlich die Unsicherheit oder Ungewissheit, und damit letztlich Unwissenheit. Angst ist deshalb immer auch Angst vor dem Unbekannten.
3. *Zukunftsgerichtetheit:* Zeitlich gesehen liegt das, worüber wir im Ungewissen sind, immer vor uns. Läge es bereits hinter uns, wären wir darüber ja nicht mehr im Ungewissen. Angst ist deshalb immer auf die Zukunft gerichtet – im Gegensatz etwa zur Trauer, die ein bereits eingetretenes Ereignis, z.B. einen Verlust, zum Gegenstand hat und deshalb immer auf die Vergangenheit gerichtet ist. Jede Angst ist also letztlich Zukunftsangst.
4. *Leidenserwartung:* Wenn wir Angst haben, nehmen wir an, dass uns die Zukunft ein mehr oder weniger grosses Leid bescheren könnte. Würden wir nämlich annehmen, dass uns die Zukunft statt Leid Freude bescheren könnte, würden wir nicht Angst, sondern Hoffnung empfinden. Wer Angst hat, leidet, weil er sich vor künftigem Leid fürchtet.
5. *Gefühl der Schwäche:* Die gedankliche Vorwegnahme von Leid geht einher mit einem Gefühl der Ohnmacht, Hilflosigkeit und damit Schwäche. Man sieht etwas auf sich zukommen, dem man sich nicht (genügend) gewachsen fühlt. Man fühlt sich ausgeliefert, gleichsam als «Opfer», nicht als «Meister» der bedrohlichen Situation.

Angst vor Katastrophen

Der Gedanke an eine Katastrophe eignet sich besonders zur Auslösung von Angst. Er enthält ein hohes Mass an Ungewissheit und provoziert ein starkes Gefühl der Ohnmacht und des Ausgeliefertseins. Gerade das macht den Gedanken an eine Katastrophe so «fürchterlich».

Objektive Sicherheit und Angst

Angst ist subjektives Erleben und hat nur wenig mit objektiver Sicherheit oder Gefahr zu tun. Oft haben Menschen Angst, obwohl gar kein Grund dafür besteht, also objektiv keine Gefahr vorliegt. Umgekehrt begeben sich Menschen objektiv in Gefahr (z.B. im Krieg, im Auto), ohne subjektive Angst zu empfinden. Deshalb ist es wichtig, den objektiven Gegensatz Sicherheit – Gefahr nicht mit dem subjektiven Gegensatz Vertrauen – Angst gleichzusetzen.

Statistische Unglückswahrscheinlichkeit

Eine geringe statistische Auftretenswahrscheinlichkeit von Unglücksfällen ist ein objektiver Sachverhalt und hat nur wenig Einfluss auf das subjektive Angsterleben. Mit anderen Worten: zu wissen, dass die Wahrscheinlichkeit für ein Unglücksereignis sehr gering ist, wirkt noch nicht sehr beruhigend. Folgender psychologischer Mechanismus ist dafür verantwortlich:

Eine geringe statistische Wahrscheinlichkeit besagt, dass Unglücksfälle zwar sehr selten, aber nicht nie auftreten. Ein Unglücksfall *kann* in Zukunft also eintreten. Ob dies schon morgen, in 10 Jahren oder erst in 100 Jahren geschieht, geht aus der statistischen Wahrscheinlichkeitsangabe nicht hervor. Gerade darin aber liegt eine Quelle für subjektive Ungewissheit und damit für Angst. Würden bestimmte Unglücksfälle zwar relativ häufig vorkommen, die Zeitpunkte ihres Vorkommens aber genau bekannt sein, wäre die Angst davor vermutlich geringer.

In dem Moment, wo das Eintreten einer Katastrophe subjektiv nicht ausgeschlossen werden kann, meldet sich sofort die Frage: Was geschieht, *wenn* die Katastrophe eintritt? Die Vorstellungen und Phantasien, die durch diese Frage hervorgerufen werden, erzeugen nun wesentlich mehr Angst als die Frage, *ob* eine Katastrophe eintreten wird oder nicht.

Angst und rechte Gehirnhemisphäre

Die moderne Gehirnforschung hat eine gewisse Arbeitsteilung zwischen der linken und der rechten Gehirnhemisphäre festgestellt. Die linke Hemisphäre denkt logisch, unanschaulich und zergliedernd. Sie ist gewissermassen der Wissenschaftler in uns. Die rechte Hemisphäre dagegen denkt assoziativ, bildhaft und ganzheitlich. Sie ist gleichsam der Künstler in uns. Unser Gefühlsleben und damit auch die Angst hat eine engere Verbindung zur rechten als zur linken Gehirnhälfte. Ängste werden hauptsächlich durch rechtshemisphärische Phantasien produziert, gegen die die linkshemisphärische Ratio nur wenig auszurichten vermag. Dies gilt für Talsperren ebenso wie für Atomkraftwerke oder gelagerte Atomwaffen.