

Schweizerisches Talsperrenkomitee
Comité suisse des barrages
Comitato svizzero delle dighe
Swiss Committee on Dams



MESSGERÄTE KONTROLLIEREN UND KALIBRIEREN

Empfehlung des Schweizerischen Talsperrenkomitees STK für die
Kontrolle der Funktionstüchtigkeit von Messgeräten für Stauanlagen



| Inhalt | Seite |
|--|--------------|
| Vorwort..... | 1 |
| 1. Einleitung..... | 3 |
| 1.1 Ausgangslage..... | 3 |
| 1.2 Ziel dieser Empfehlung..... | 3 |
| 1.3 Ausgeklammerte Themen und Konsequenzen..... | 4 |
| 2. Grundlagen..... | 4 |
| 2.1 Gesetzliche Grundlage..... | 4 |
| 2.2 Weitere Grundlagen..... | 4 |
| 3. Definitionen..... | 5 |
| 3.1 Messeinrichtung..... | 5 |
| 3.2 Messgerät..... | 5 |
| 3.3 Redundanz..... | 5 |
| 3.4 Toleranzen..... | 5 |
| 3.5 Kontrollieren..... | 5 |
| 3.6 Nullen..... | 5 |
| 3.7 Kalibrieren..... | 5 |
| 3.8 Prüfen..... | 6 |
| 3.9 Justieren..... | 6 |
| 3.10 Eichen..... | 6 |
| 3.11 Gewährleistung einer korrekten Funktion der Messgeräte..... | 6 |
| 4. Benutzung der Messgeräte..... | 7 |
| 4.1 Unterhalt und Lagerung (vor Ort)..... | 7 |
| 4.2 Normalbetrieb (Handmessungen)..... | 7 |
| 4.3 Kontrolle der Fernmessungen..... | 8 |
| 4.4 Defekte, Störfälle und Massnahmen..... | 8 |
| 4.5 Ersatzgeräte (permanent/temporär)..... | 9 |
| 5. Kalibrieren durch Prüfen und Justieren..... | 10 |
| 5.1 Kalibrieren beim Hersteller..... | 10 |
| 5.2 Kalibrieren vor Ort auf der Stauanlage durch Hersteller..... | 10 |
| 6. Definition von Prüf-Rhythmen (Prüf-Frequenzen)..... | 11 |
| 6.1 Betrachtungsweise aufgrund einer Risikoanalyse..... | 11 |
| 6.2 Praxisorientierte Betrachtungsweise..... | 12 |
| 7. Empfehlungen..... | 13 |
| 7.1 Empfehlungen. Zusammenfassung..... | 13 |
| 7.2 Weitere Empfehlungen..... | 13 |
| 8. Literaturverzeichnis und Weblinks..... | 14 |
| 9. Anhänge..... | 14 |



Vorwort

Die Messungen bilden, zusammen mit den visuellen Kontrollen und der Prüfung der beweglichen Verschlüsse, die laufende Überwachung der Stauanlagen, die von den Betreiberinnen und ihren Talsperrenwärtern und Beauftragten vorgenommen wird (Überwachungsniveau 1). Die erfahrenen Fachpersonen (Überwachungsniveau 2), die Experten (Überwachungsniveau 3) wie auch die Sicherheitsbehörde (Überwachungsniveau 4) stützen sich auf die Ergebnisse der Messungen (Messwerte), um den Zustand und das Verhalten einer Stauanlage zu überprüfen und ein allfälliges anomales Verhalten frühzeitig zu erkennen. Die Gesamtheit der Messwerte über die Jahre bildet ferner die notwendige Grundlage, auf welche Fachspezialisten im Nachhinein zurückgreifen können, um unerwartete Beobachtungen und Verhaltensmerkmale aufzuklären.

Unabhängig von Umfang und Typ der Messungen, die richtigerweise anlagespezifisch sind, ist es somit von zentraler Bedeutung, dass die Messergebnisse die „realen“ Werte der gemessenen Grössen wiedergeben. D.h. insbesondere, dass die maximal zu erwartenden Abweichungen zwischen Messwert und „realem“ Wert innerhalb einer festgelegten Toleranz sein müssen. Wird dieses Kriterium nicht eingehalten, muss der Messwert als fehlerhaft bezeichnet werden.

Verschiedene, z.T. komplementäre Mittel können beigezogen werden, um solche fehlerhafte Messwerte zu identifizieren. Zuerst können eine Plausibilitätskontrolle der Messwerte wie auch eine vertiefte, allenfalls statistische Analyse der bisher gemessenen Werte Hinweise darauf liefern, die zu weiteren Abklärungen auch in Bezug auf die Messgeräte führen. Weiter können redundante Messungen von identischen oder miteinander korrelierenden Grössen ebenfalls solche Hinweise liefern. Beide Mittel sind wertvoll und müssen bei der Errichtung einer Messeinrichtung berücksichtigt werden. Sie erlauben es aber erst nach der Messung, auf die Spur von fehlerhaften Messwerten zu kommen, dazu nur indirekt. Einzig die systematische Wartung der Messgeräte („Unterhalt“) inklusive kontrollieren und kalibrieren erlaubt es, proaktiv für die Funktionstüchtigkeit der Messgeräte zu sorgen und das Auftreten von Fehlmessungen zu minimieren.

Somit bildet die vorliegende, durch eine Untergruppe der STK Arbeitsgruppe Talsperrenbeobachtung erarbeitete Empfehlung einen wichtigen Beitrag zur Sicherung von zuverlässigen Messungen und damit zur Sicherheit unserer Stauanlagen.

Georges R. Darbre

Präsident der Arbeitsgruppe Talsperrenbeobachtung (STK)

Beauftragter für die Sicherheit der Talsperren (BFE)



Die vorliegenden Empfehlungen wurden durch die Unterarbeitsgruppe *Messgeräte* erarbeitet und am 20.11.2013 durch die Technische Kommission (TEKO) des Schweizerischen Talsperrenkomitees genehmigt und in Kraft gesetzt.

Mitglieder der Unterarbeitsgruppe *Messgeräte* waren:

| | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| Hr. Andreas Siegfried (Vorsitz) | ewz Bautechnik, Zürich |
| Hr. Nicola-V. Bretz | Hydro Exploitation SA, Sion |
| Hr. Carl-Arthur Eder | Bundesamt für Energie, Ittigen |
| Hr. Marcel Lutz | AXPO Power AG, Baden |

Ein besonderer Dank wird auch an die Herren

- Urs Marti, Huggenberger AG
- Daniel Naterop, Solexperts AG
- Manuel Wolfensberger, Stump ForaTec AG

ausgesprochen. Sie haben die Autoren mit ihrem Wissen und ihren Erfahrungen massgeblich unterstützt und beraten.

Hinweis

Das STK hat bereits in früheren Jahren zwei Berichte publiziert, die weiterhin ihre volle Gültigkeit behalten und nach Bedarf beizuziehen sind, nämlich:

"Geodätische und photogrammetrische Deformationsmessung für die Überwachung der Stauanlagen - Mesures de déformation géodésiques et photogrammétriques pour la surveillance des barrages – The Geodetic and Photogrammetric Deformation Measurements of Dams", Schweizerisches Nationalkomitee für Grosse Talsperren (SNGT), 1993/1997

"Messanlagen zur Stauanlagenüberwachung: Konzept, Zuverlässigkeit und Redundanz", Schweizerisches Talsperrenkomitee (STK), 2007

Die Inhalte dieser beiden Berichte werden in den vorliegenden Empfehlungen nicht zitiert. Es wird aber darauf hingewiesen, dass diese auch Hinweise auf weitergehende Literatur enthalten.



1. Einleitung

1.1 Ausgangslage

In der Arbeitsgruppe Talsperrenbeobachtung des Schweizerischen Talsperrenkomitees (STK) herrscht das Bedürfnis, die wichtigsten Fragen betreffend das Kontrollieren und das Kalibrieren der bei der Talsperrenüberwachung eingesetzten Messgeräte zu klären. Nur korrekte Resultate geben Gewähr dafür, dass das Verhalten der Talsperren richtig interpretiert werden kann.

Die Ausrüstung der Stauanlagen mit Messgeräten erfolgte mehrheitlich vor längerer Zeit. Die eingesetzten Messgeräte zur Erfassung der Messwerte stammen grösstenteils ebenfalls noch aus jener Zeit. Diese Geräte werden teilweise mittels geeigneten Vorrichtungen vor Ort kontrolliert. Für manche dieser Geräte gibt es aber keine solchen Kontrollvorrichtungen, weshalb man an der Zuverlässigkeit der Messresultate zweifeln kann. Auch bei den Messeinrichtungen mit Kontrollvorrichtung (z. B. Lote) handelt es sich oft um Methoden, welche nur die Kontrolle eines einzigen 'Arbeitspunktes' ermöglichen. Der gesamte Messbereich kann dagegen nicht kontrolliert werden.

Die Nachfrage bei verschiedenen Stauanlagenwärtern hat ergeben, dass die erwähnten Messgeräte selten bis nie zum Prüfen und eventuellen Justieren an den Hersteller gesandt werden. Die Durchführung einer solchen Massnahme zur Sicherung der Qualität der Messergebnisse soll abgeklärt werden.

Es sollen aber nicht nur die Kontrolle, das Nullen, das Kalibrieren, das Prüfen und das Justieren von Handmessgeräten diskutiert werden. Auch die Überprüfung der automatisch erfassten Messwerte der Fernüberwachung durch redundante Kontrollmessungen (z. B. Handmessungen) soll in die Abklärungen miteinbezogen werden.

Letztlich macht es auch Sinn, sich über den Zustand und die Funktionstüchtigkeit der Messeinrichtung, der periodischen Instandhaltungsmassnahmen und der entsprechenden Zeitintervalle grundlegende Gedanken zu machen.

Wer etwas misst, soll sich bewusst sein, was er misst und soll mit seinem Handeln dem Ausspruch „Wer misst, misst Mist“ aktiv widersprechen.

1.2 Ziel dieser Empfehlung

Die Adressaten der vorliegenden Empfehlungen sind alle Personen, welche mit Aufgaben betreffend die Überwachung von Stauanlagen – insbesondere bei solchen mit Messeinrichtungen – betraut sind (Stauanlagenwärter, Betreiber, erfahrene Fachpersonen, Experten, Aufsichtsbehörde, etc.).

Der Fokus richtet sich auf die Aufdeckung allfälliger Fehler bei der Erfassung von Messwerten. Die Anwender sollen für diese Themen sensibilisiert werden und es soll ihnen ein Hilfsmittel (Empfehlung, Anleitung) zur Verbesserung der Qualität der Messergebnisse zur Verfügung gestellt werden. Damit soll die Qualität der Stauanlagenüberwachung in der Schweiz, welche sich bereits heute schon auf einem hohen Standard befindet, weiter verbessert werden.

1.3 Ausgeklammerte Themen und Konsequenzen

Im Laufe der verschiedenen Besprechungen zeigte es sich, dass eine Konzentration auf die Messgeräte erforderlich wurde und andere Aspekte bewusst ausgeklammert werden mussten. Die nachfolgende Liste zeigt die Bereiche, die für diese Empfehlungen nicht weiter untersucht wurden.

- Messeinrichtungen und Messanlagen sind ausgeschlossen (z. B. defekte Schläuche bei Manometern, versteckte Defekte, eingegossene Sensoren, Extensometer, usw.)
- Auswertungen von Messungen
- Umfassende Messanleitungen (gewisse Angaben sind jedoch vorhanden)
- Gewisse Fixgeräte (z. B. Lattenpegel)
- Umfassende praktische Tipps (gewisse Angaben sind jedoch vorhanden)
- Ersatz von Messgeräten und Messeinrichtungen
- Mobile digitale Datenerfassungsgeräte (MDE): Mit Hilfe mobiler Datenerfassungsgeräte werden prozessrelevante Daten digital erfasst und zur Verfügung gestellt.
- etc.

2. Grundlagen

2.1 Gesetzliche Grundlage

- Stauanlagengesetz, StAG, SR 721.101 **Art. 8, Abs. 2** vom 01.10.2010 und seit 1. Januar 2013 in Kraft :
„² Sie (die Betreiberin) führt die Kontrollen, Messungen und Prüfungen durch, die zur Beurteilung des Zustands und des Verhaltens einer Stauanlage erforderlich sind, und lässt die Ergebnisse unverzüglich auswerten. Sie stellt die entsprechenden Berichte der Aufsichtsbehörde zu.“
- Stauanlagenverordnung, StAV, SR 721.101.1 **Art. 16, Abs. 1-3**, vom 17.10.2012 und seit 1. Januar 2013 in Kraft :
„¹ Die Betreiberin muss Messungen und visuelle Kontrollen gemäss dem Überwachungsreglement (Art. 14 Abs. 2) durchführen.
² Sie muss in der Periode, in der eine grosse Anlage eingestaut ist, fernübertragene Messdaten mindestens einmal monatlich mit Handmessungen vor Ort nachprüfen.
³ Bei den übrigen Anlagen muss sie die fernübertragenen Messdaten mindestens einmal jährlich mit Handmessungen vor Ort nachprüfen.“

2.2 Weitere Grundlagen

- Sicherheit der Stauanlagen, Richtlinie des BWG (heute BFE), Version 1.1 (November 2002), Kapitel 11.5.3, 11.6 (Seiten 95 & 96)
- Sicherheit der Stauanlagen, Basisdokument zu Überwachung und Unterhalt, Version 1.0 (Dezember 2002), Kapitel 2 (Seiten 13-38) und Kapitel 4.3 (Seite 44)
- 'Messanlagen zur Talsperrenüberwachung: Konzept, Zuverlässigkeit und Redundanz'; Schweizerisches Talsperrenkomitee (STK) – Arbeitsgruppe Talsperrenbeobachtung, 2007



3. Definitionen

In der Praxis werden die Begriffe, welche Messanlagen, Messgeräte sowie deren Kontrolle, Prüfung, Kalibrierung, Eichung und Justierung betreffen zum Teil unterschiedliche verwendet. Aus diesem Grund werden die für dieses Dokument relevanten Begriffe wie folgt definiert.

3.1 Messeinrichtung

Eine Messeinrichtung ist die „Gesamtheit aller Messgeräte und zusätzlicher Einrichtungen zur Erzielung eines Messergebnisses“. Weitere Erläuterungen siehe DIN 1319.

3.2 Messgerät

Messgeräte dienen zur Bestimmung physikalischer Grössen. Sie führen im Rahmen einer Messung mittels einer Skalen- oder Ziffernanzeige auf eine quantitative Aussage über die zu messende Grösse. Diese Aussage, der Messwert, wird als Produkt von Zahlenwert und Einheit angegeben.

3.3 Redundanz

Redundanz bedeutet das mehrfache Vorhandensein funktional gleicher oder vergleichbarer Messungen.

Bemerkung: Redundante Messeinrichtungen sollen, wo immer dies möglich und wirtschaftlich vertretbar ist, eingerichtet werden (z. B. 2 Thermometer zur Messung der gleichen Temperatur, wobei die Thermometer durchaus von unterschiedlicher Bauart sein dürfen).

3.4 Toleranzen

Toleranzen eines Messgerätes sind die maximal zulässige Abweichungen eines Messwertes bei einer Kontrollmessung. Sie werden durch den Hersteller festgelegt.

3.5 Kontrollieren

Durch Kontrollieren eines Messgerätes soll festgestellt werden, ob die Messresultate dieses Gerätes die vorgegebenen Toleranzen einhalten, z. B. mit einer Kontrollsetzplatte. Dieser Vorgang erfolgt in der Regel vor Ort.

3.6 Nullen

Durch eine Nullung wird am Messgerät der Nullpunkt festgelegt. Bei Waagen wird dafür der Begriff Tarierung verwendet. Dieser Vorgang erfolgt vor Ort.

3.7 Kalibrieren

Der Hersteller kalibriert Messinstrumente und stellt dadurch die Einhaltung der vorgegebenen Toleranzen sicher. Die Kalibrierung besteht aus 2 Teilen, erstens der Prüfung und zweitens der Justierung. Sofern die erforderlichen Toleranzen bei der Prüfung nicht eingehalten sind, findet ein Justiervorgang statt. Dieser Vorgang – als Ka-



librierung bezeichnet – erfolgt beim Hersteller oder Lieferanten.

3.8 Prüfen

Das Prüfen ist ein Teil des Kalibrierens. Der Hersteller oder Lieferant prüft das Messgerät bezüglich der vorgegebenen Toleranzen, z. B. mit speziellen Kontrollsetzplatten die den ganzen Messbereich abdecken.

3.9 Justieren

Das Justieren ist ein Teil des Kalibrierens. Es wird erforderlich, wenn die Messtoleranzen bei der Prüfung nicht eingehalten sind.

Bemerkung: Gewisse Messinstrumente verlangen vor deren Anwendung einen Justiervorgang. Je nach Instrument muss dieser Vorgang nach Abschluss der Messung oder der Messreihe wiederholt werden. Dies betrifft allerdings ausschliesslich Messungen, die vom Hersteller/Lieferanten selbst ausgeführt werden.

3.10 Eichen

Das Eichen ist ein Vorgang, bei welchem sichergestellt wird, dass gemessene Grössen amtlich festgelegten Werten entsprechen. Dieser Vorgang kann nur in offiziell akkreditierten Eichstätten erfolgen. Eichbare Messgeräte decken primär die folgenden physikalischen Grössen ab: Länge, Masse, Zeit und Strom.

Die meisten in der Talsperrenüberwachung verwendeten Messgeräte können folglich nicht geeicht sondern 'nur' kalibriert werden.

3.11 Gewährleistung einer korrekten Funktion der Messgeräte

In nachstehender Tabelle sind die erforderlichen Tätigkeiten, und wer sie wo durchführen muss, zusammengestellt.

| Wer | Betreiber | Hersteller / Lieferant | Amtliche Eichstätte |
|---------------|-----------|-----------------------------|---------------------|
| Was | Wo | Beim Hersteller / Lieferant | Bei Eichstätte |
| Kontrollieren | X | | |
| Nullen | X | | |
| Kalibrieren | | X | |
| Prüfen | | Teil der Kalibrierung | |
| Justieren | | Teil der Kalibrierung | |
| Eichen | | | X |



4. Benutzung der Messgeräte

Der Betreiber der Stauanlage sorgt dafür, dass die Geräte an einem geeigneten Ort gelagert, korrekt benutzt und periodisch unterhalten werden. Das Personal muss regelmässig geschult und beim Einsatz neuer Messgeräte vom Lieferanten instruiert werden.

4.1 Unterhalt und Lagerung (vor Ort)

Die Messgeräte für die Handmessungen sind an einem sicheren, vor Schmutz und Feuchtigkeit geschützten Ort zu lagern. Es wird empfohlen, dass dieser Ort ähnliche Temperaturen aufweist wie die Stauanlage (siehe auch Herstellerangaben) und sich möglichst in der Nähe (z. B. im Wärterhaus) befindet, damit lange Transportwege zur Messstelle vermieden werden können.

Nach jeder Messung müssen die Geräte einer fachgerechten Reinigung unterzogen werden.

An allen Messgeräten sollten weder Teile demontiert noch modifiziert werden. Nur so kann die Originalkalibration gewährleistet werden. Dies betrifft zum Beispiel eine Messeinrichtung am Koordiskop, welche nicht immer benötigt wird, oder eine Tastspitze an einem Setzdeflektometer.

4.2 Normalbetrieb (Handmessungen)

Vor jeder Messung müssen die Messgeräte kontrolliert werden. Zur Kontrolle der korrekten Funktion verfügen verschiedene Messgeräte über Kontrollinstrumente oder -einrichtungen (Kontrollsetzplatte, Kontrollhülsen, etc). Die konsequente Anwendung dieser Hilfsmittel gibt dem Operator die Sicherheit, dass die beobachteten Messresultate von einheitlicher Qualität sind. Ausserdem sind folgende Punkte zu beachten:

- Visuelle Kontrolle des Geräts (Beschädigungen, Rost, Kondenswasser etc.)
- Bei elektrischen Geräten sind der Ladezustand und die Kontaktstellen der Batterien zu überprüfen.
- Bei optischen Messgeräten muss der Beobachter vor der Messung die Dioptrie seiner Sehkraft entsprechend einstellen.
- Wo möglich, muss das Messgerät zuerst an der Kontrollmessstelle kontrolliert werden. Es ist darauf zu achten, dass die Kontrollmessstelle nicht beschädigt ist und dass sie keine Veränderungen durch äussere Einflüsse, wie z. B. Temperaturänderungen erfährt. Bei einer grösseren Anzahl von Messstellen, empfiehlt es sich, am Anfang und am Schluss des Messrundgangs eine Kontrolle durchzuführen und die Anschaffung von Ersatzgeräten (siehe auch Kapitel 4.5). Zur Kontrolle des Koordiskops wird empfohlen, eine Kontrollsetzplatte mit 3 Kontrollstellen, welche den ganzen Messbereich abdecken, einzurichten.
- Geräte, welche mit einer Nullung ausgestattet sind, müssen vor jeder Messung auf Null gestellt werden. Dabei ist genau nach Betriebsanleitung und immer gleich vorzugehen.

Es gibt aber auch Messgeräte, welche über keine Kontrollhilfen verfügen (z. B. das Kabellichtlot) oder Messinstrumente deren Kontrolle so aufwändig ist, dass diese nur von Zeit zu Zeit erfolgen kann (z. B. Manometer). Für diese Instrumente lohnt sich allenfalls die Installation einer Kontrolleinrichtung (Kontrollstrecke) oder die systematische Kontrolle der Instrumente (Manometerkontrolle) in einem definierten Rhythmus.

Während der Messung ist ein äusserst sorgfältiger Umgang mit den Geräten erforderlich (keine Beschädigungen durch Anstossen oder gar Sturz, aber auch nicht durch Wasser und Feuchtigkeit). Im Folgenden sind ein paar Grundsatzregeln aufgeführt, welche zur Vermeidung von Messfehlern unbedingt einzuhalten sind:

- Die Messanleitungen sind genau zu beachten.
- Beim elektronischen Koordiskop ist vor jeder Messung mit dem Okular an den linken Anschlag zu fahren. Es ist darauf zu achten, dass in dieser Ausgangsstellung der Wert Null angezeigt wird, ansonsten ist eine Nullung vorzunehmen.
- Sickerwassermessungen mit Behälter und Uhr müssen immer von unten nach oben durchgeführt werden, da durch das Entleeren des Behälters die Messwerte der darunterliegenden Messstelle verfälscht werden können.
- Das Ablesen von Manometern resp. Druckgebern bei Auftriebsmessungen soll immer vor einer allfälligen Druckentlastung erfolgen, da es nach der Druckentlastung je nach Durchlässigkeit des Untergrundes eine Weile dauern kann, bis der vollständige Druck wieder aufgebaut ist.

Hinweis: Nach längerer und häufiger Benutzung der Messgeräte wird empfohlen, die Geräte an den Hersteller zu schicken, wo sie einem genauen Kalibrieren unterzogen werden (siehe Kapitel 5).

4.3 Kontrolle der Fernmessungen

Fernmessstellen müssen so ausgelegt sein, dass sie mittels unabhängigen Handmessungen (redundante Messungen) je nach Anlageabmessungen monatlich bis jährlich kontrolliert werden können (siehe Stauanlagenverordnung StAV, 2013 (Art. 16, Abs. 2+3)). Solche Möglichkeiten bestehen in der Regel bei den folgenden Fernmessungen:

- Lotmessungen mittels redundanter Handmessstelle (Setzplatte)
- Sickerwassermessungen mittels Behälter- oder Abstichmessung
- Auftriebsmessungen mittels Manometer
- Seestandsmessung mittels Manometer (Genauigkeit zwischen 0.5 und 1.0 m)
- evtl. Temperaturmessungen mittels Thermometer oder zweitem elektrischen Sensor

4.4 Defekte, Störfälle und Massnahmen

Bei ungewöhnlichen Messresultaten empfiehlt es sich, zuerst allfälligen messtechnischen Ursachen nachzugehen, bevor auf ein anomales Verhalten der Stauanlage geschlossen wird und womöglich bereits unnötige Massnahmen eingeleitet werden.

An den Messgeräten können viele unterschiedliche Beschädigungen auftreten. Diese sind oft offensichtlicher Natur (z. B. nach einem Sturz oder bei extremer Feuchtigkeitseinwirkung). Um in solchen Fällen Fehlfunktionen zu vermeiden, lohnt es sich, das Gerät sofort an den Hersteller zum Kalibrieren zu schicken.

Oft treten aber auch versteckte Mängel, welche ebenfalls zu Fehlfunktionen führen können, auf. Bevor das Gerät an den Lieferanten geschickt wird, empfiehlt es sich deshalb einige einfache Kontrollen durchzuführen, z. B.:

- Ladezustand der Batterie ausreichend?
- Kontaktstellen in gutem Zustand und trocken?
- Messungen bei den Kontrollmessstrecken korrekt?
- Stimmen die Messungen mit anderen, vergleichbaren Messungen (z. B. mit redundanten Messeinrichtungen wie Lote und Drahtalignment, Handmessungen und Fernmessungen, etc.) überein?



Mit diesen Kontrollen können Messgerätestörungen oft erkannt und auch selber behoben werden. Meistens kann erkannt werden, ob es sich um einen Gerätedefekt oder aber um ein anomales Verhalten der Stauanlage handelt. In beiden Fällen ist die mit der Überwachung beauftragte erfahrene Fachperson sofort zu informieren. Im Zweifelsfall empfiehlt es sich jedoch, das Gerät für ein eingehendes Prüfen und Justieren an den Hersteller zu schicken.

4.5 Ersatzgeräte (permanent/temporär)

Die Behebung eines Gerätedefekts durch den Hersteller kann unter Umständen längere Zeit in Anspruch nehmen. In manchen Fällen muss das defekte Gerät sogar ersetzt werden. Es wird deshalb dringend empfohlen, geeignete Ersatzgeräte bereit zu halten. Dabei sind ein paar wichtige Punkte zu beachten/kontrollieren:

- Stimmen die Messwerte des Ersatzgeräts mit den Messwerten des im Einsatz stehenden Geräts überein? Dieser Abgleich muss unbedingt durchgeführt werden, solange das eingesetzte Messgerät einwandfrei funktioniert. Als Ersatzgerät kann auch ein Gerät einer anderen Stauanlage vorgesehen werden (z. B. Temperaturmessgerät oder Koordiskop gleicher Bauart).
- Wenn vorgesehen ist, ein vom Hersteller zur Verfügung gestelltes Gerät als Ersatz einzusetzen, muss das im Einsatz stehende Gerät dem Hersteller vorgängig eingeschickt werden. Dieser überprüft, ob die Messungen des Geräts mit den Messungen seines Ersatzgeräts übereinstimmen. Vom Hersteller ist eine Bestätigung einzuholen, dass jederzeit ein geeignetes Ersatzgerät bereit steht.
- Für den Fall, dass das Messgerät einmal durch ein neues Gerät ersetzt werden muss, sei dies altershalber oder wegen eines irreparablen Schadens, muss frühzeitig abgeklärt werden, ob überhaupt noch ein gleichartiges Ersatzgerät beschafft werden kann. Wenn nicht, sollte sich der Betreiber überlegen, die Messeinrichtung rechtzeitig zu erneuern, so dass zur Gewährleistung der Kontinuität eine Übergangsmessung durchgeführt werden kann.
- Durch das Vorhandensein von Kontrollmesseinrichtungen und der Berücksichtigung dieser Kontrollmessung bei der Auswertung der Messungen (Differenzbildung) ist ein Wechsel zu einem anderen Messgerät jederzeit und ohne Anpassungsaufwand möglich.

5. Kalibrieren durch Prüfen und Justieren

Dieses Kapitel behandelt ausschliesslich den Auftrag an den Hersteller/Lieferanten bzw. seine Aufgabe bei der Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit der Messgeräte.

5.1 Kalibrieren beim Hersteller

Auch wenn davon ausgegangen wird, dass die 'Vor-Ort-Kontrollen' den vorstehenden Ausführungen entsprechend durchgeführt werden, ist es aus Sicht der Verfasser notwendig, die Messgeräte in einem regelmässigen Rhythmus vom Hersteller prüfen und falls notwendig justieren zu lassen. Diese Massnahme stellt die Funktionstüchtigkeit des Instrumentes sicher und soll bewirken, dass der Pflege des Gerätes genügend Beachtung geschenkt wird.

Der Hersteller verfügt in der Regel über professionelle Einrichtungen und Hilfsmittel, um das Instrument innerhalb des ganzen Messbereiches zu prüfen und bei Bedarf zu justieren. Zudem kann er auch eine allfällige Wartung oder Reparatur direkt vornehmen.

Aufgrund der vorstehenden Überlegungen kommen wir zum Schluss, dass für einen Grossteil der Messgeräte eine Prüfung durch den Hersteller in einem sinnvollen und einheitlichen Rhythmus vorgenommen werden sollte. Genauer folgt im Kapitel 'Empfehlungen'.

5.2 Kalibrieren vor Ort auf der Stauanlage durch Hersteller

Bei fest installierten Messgeräten (z. B. Druckwaage, Schwimmpegel, Fernüberwachungsmesseinrichtungen) ist der Hersteller/Lieferant zur Kontrolle resp. Kalibrierung vor Ort in einem regelmässigen Rhythmus auf die Anlage anzubieten.



6. Definition von Prüf-Rhythmen (Prüf-Frequenzen)

6.1 Betrachtungsweise aufgrund einer Risikoanalyse

Die Festsetzung einer Prüf-Frequenz aufgrund einer Risikoanalyse basiert auf zwei Parametern:

- die Häufigkeit der Benutzung des Messgerätes (Anzahl Bewegungen \approx Anzahl Messstellen * Anzahl Messungen im Jahr)
- die Gefährdung des Messgerätes auf dem Rundgang (Länge und Schwierigkeitsgrad).

Die Wichtigkeit der Messungen, die Frequenz der Messungen und die Zuverlässigkeit der Messgeräte werden nicht als Parameter verwendet, da sie für fast alle Anlagen gleich und/oder konstant sind.

Die Benotung des Parameters 'Häufigkeit' ist wie folgt:

- 1 schwach < 50-60 Bewegungen
- 2 mässig 50-60 < Bewegungen < 100-120
- 3 stark 100-120 < Bewegungen < 200-240
- 4 entscheidend 200-240 < Bewegungen



Die Benotung des Parameters 'Gefährdung' ist wie folgt:

- 1 schwach Kleiner Rundgang, leicht begehbar
- 2 mässig Kleiner Rundgang mit Treppe oder Leiter, leicht begehbarer mittlerer Rundgang
- 3 stark Mittlerer Rundgang mit Treppe oder Leiter, leicht begehbarer langer Rundgang
- 4 entscheidend Langer Rundgang mit Treppe oder Leiter

Multipliziert man die Punkte der Parameter 'Häufigkeit' (der Benutzung) und 'Gefährdung' miteinander, erhält man die folgenden Werte in einem 4x4-Gitter:

| | | Häufigkeit | | | |
|------------|---|------------|---|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Gefährdung | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | 2 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| | 3 | 3 | 6 | 9 | 12 |
| | 4 | 4 | 8 | 12 | 16 |

Nun wird das 4x4-Gitter in 2 Bereiche ähnlicher Punktzahlen eingeteilt. Aus der Verwendung der Revisionsfrequenz, zum Beispiel:

-  Revision je 5 Jahre
-  Revision je 2 Jahre

resultiert nachstehende Tabelle:

| | | Häufigkeit | | | |
|------------|---|------------|---|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Gefährdung | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | 2 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| | 3 | 3 | 6 | 9 | 12 |
| | 4 | 4 | 8 | 12 | 16 |

Bei einem Resultat von 16 wird der Erwerb eines Ersatzgerätes stark empfohlen.

-> **Beispiele vorstehender Betrachtungsweise sind in Anhang Nr. 4 aufgeführt.**

6.2 Praxisorientierte Betrachtungsweise

Auf Stauanlagen herrschen keine Laborbedingungen. Messgeräte werden vor Ort in sehr unterschiedlicher Häufigkeit in Anspruch genommen und sind teilweise sehr harten Bedingungen ausgesetzt. Die Erfahrungen zeigen, dass über den Zustand der Messgeräte bei den verschiedenen Betreibern keine allgemein gültigen Aussagen gemacht werden können. Vielmehr ist dieser zu einem wesentlichen Teil vom Anwender und dessen Umgang mit den Messgeräten abhängig.

Aus diesen Gründen ist es notwendig, dass die korrekte Funktionstüchtigkeit der Messgeräte periodisch kontrolliert wird und dass das Messgerät in einem regelmäßigen Rhythmus vom Hersteller geprüft und – falls notwendig – justiert werden kann. Wird dies so gehandhabt, kann man davon ausgehen, dass die rapportierten Messresultate eine hohe Qualität aufweisen.

Die in der Arbeitsgruppe erlangten Erkenntnisse führen zu diversen Empfehlungen, welche im folgenden Kapitel aufgeführt werden.



7. Empfehlungen

Nachstehende Empfehlungen beziehen sich gemäss der Liste im Anhang 1 auf diejenigen Messgeräte, welche sich im Besitz der Betreiber befinden.

Messgeräte von Drittfirmen, mit welchen im Auftrag des Betreibers komplexere Messungen ausgeführt werden (Geodäsie, Gleitmicrometer, ...), sind von diesen Empfehlungen ausgeschlossen. Es wird davon ausgegangen, dass die spezialisierten Drittfirmen für die Funktionstüchtigkeit der Messgeräte selbst verantwortlich sind und die notwendigen Kontrollen und Kalibrierungen in den dafür notwendigen Zeitabständen vornehmen bzw. vornehmen lassen.

7.1 Empfehlungen. Zusammenfassung

1. Fachgerechte Lagerung, Pflege und Behandlung (anwendungsorientiert).
2. Anschaffung von Ersatzmessgeräten (wo notwendig und sinnvoll).
3. Kontrollmeseinrichtungen vor Ort vorsehen (wo möglich).
4. Kontrolle der Fernmessung (Pflicht der Stauanlagenverordnung).
5. Bei grösserer Anzahl Messungen am Anfang und am Ende mittels Kontrolleinrichtung die Funktionstüchtigkeit des Messgerätes kontrollieren.
6. Überprüfung der Funktionstüchtigkeit des Messgerätes durch den Hersteller/Lieferanten generell **alle 5 Jahre**. Idealerweise soll ein Kalibrierprotokoll des Herstellers an der Fünfjahreskontrolle vorliegen (Augenmass walten lassen!).
7. Kontrollmessungen in die Auswertung der Messungen integrieren (Differenzbildung). Auf diese Weise können Messungen auch bei einem Messgerätewechsel ohne Anpassungsaufwand fortgeführt werden.

Bemerkungen zu den Kosten:

Für ein einfaches Kalibrieren (Prüfen ohne Justieren) durch den Hersteller ist mit Kosten in der Grössenordnung von Fr. 200 – 300 zu rechnen. Bei einem Kalibrieren mit Justieren ist von einem Aufwand in der Grössenordnung von Fr. 500 – 1000 auszugehen.

Bei den vorstehenden Angaben sind die Kosten für Administration und Versandkosten sowie für den Mehraufwand bei stark beschädigten Messgeräten nicht eingerechnet.

7.2 Weitere Empfehlungen

Für Gebrauch und Pflege der Messgeräte wird zusätzlich die Erstellung und das Führen der folgenden, ergänzenden Dokumente empfohlen:

Liste der Messgeräte

Diese Liste enthält die wesentlichen Spezifikationen der Messgeräte. Mit der Liste hat man auf einen Blick die wichtigsten Informationen über alle Geräte.

-> **siehe Beispiel im Anhang Nr. 2.**

Bordbuch

Für jedes Messgerät soll ein Bordbuch erstellt werden:

In diesem Dokument (1 Seite A4) werden die technischen Hauptdaten des Gerätes sowie dessen Geschichte festgehalten. Auf diese Weise hat man auf einen Blick alle Informationen über ein spezifisches Messgerät.

-> **Ein Beispiel von Bordbuch ist im Anhang Nr. 3 gegeben.**

Liste aller Messpunkte

Letztlich wird empfohlen, im Überwachungsreglement einer Stauanlage eine Liste aller Messpunkte mit folgenden Informationen zu erstellen: Reihenummer, Messanlage, Messgerät, Kurzbezeichnung, Stelle in der Mauer, Messstellenhöhe, Messstellenbezeichnung, Messtyp, usw.

-> **Ein Beispiel Liste aller Messpunkte ist im Anhang Nr. 5 gegeben.**

8. Literaturverzeichnis und Weblinks

- Genau messen und trotzdem falsch – Qualitätssicherung von Überwachungsmessungen an Talsperren, Holger Rosenkranz, Wasser Wirtschaft, Heft 10/2010, Seite 24-27
- Schweizerisches Talsperrenkomitee: www.swissdams.ch
- Deutsches Talsperren Komitee: www.talsperrenkomitee.de
- Österreichisches Nationalkomitee für Talsperren: www.atcold.at/de/kontakt
- <http://www.iso.org>
- DIN 1319-1:1995-01 Grundlagen der Messtechnik – Teil 1: Grundbegriffe...
- DIN 1319-2:2005-10 Grundlagen der Messtechnik – Teil 2: Begriffe für Messmittel
- DIN VDE 0100-600:2008-06 Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 6: Prüfungen (IEC 60364-6: 2006, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-6: 2007
- DIN VDE 0105-100:200-06 Betrieb von elektrischen Anlagen
- DIN VDE 0701-0702 Prüfung elektrischer Geräte
- DIN EN 60204-1:2007 (VDE 0113-1) Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen-Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- SN EN ISO 9001:2008 Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen
- ...

9. Anhänge

- 1 Tabelle MESSUNGEN AN TALSPERREN. Empfehlungen für Messgeräte
- 2 Liste der Messgeräte
- 3 Beispiel Bordbuch
- 4 Festlegung der Prüf-Rhythmen aufgrund einer Risikoanalyse (Beispiele)
- 5 Liste aller Messpunkte einer Staumauer

MESSUNGEN AN TALSPERREN. Empfehlungen für Messgeräte

| Inhalt ¹⁾ | Messinstrumentierung | Messgeräte (Ablesegeräte, Geräte zur Messwerterfassung) | möglicher Hersteller / Lieferant | Kontrolle vor Ort (auf Stauanlage) | Redundante Kontrolle vor Ort (auf StA) | Empfehlung zur Kalibrierung durch Hersteller / Lieferant | Bemerkungen |
|--|---|---|----------------------------------|---|--|--|--|
| Wasserstand | | | | | | | |
| 1.01 | Druckwaage | Anzeigegerät | Rittmeyer | keine | 2. Wasserstandsmessgerät | alle 5 Jahre | zur Kontrolle kann der Seestand mit einem Messband oder Lichtlot von der Mauerkrone gemessen werden |
| 1.02 | Schwimmpegel | Anzeigegerät | | keine | Lattenpegel | alle 5 Jahre | |
| 1.03 | Lattenpegel | Lattenpegel | | keine | Geodäsie | alle 5 Jahre | |
| 1.04 | Manometer | Manometer | Häny, Wicka | keine | Prüfmanometer | alle 5 Jahre | |
| 1.05 | Pneumatischer Pegel | Analoges/digitales Anzeigegerät | Rittmeyer | keine | 2. Wasserstandsmessgerät | alle 5 Jahre | |
| 1.06 | Echolot | digitales Ablesegerät | Vega, Rittmeyer, Huggenberger | keine | 2. Wasserstandsmessgerät | alle 5 Jahre | |
| 1.07 | Druckmesssonde | digitales Ablesegerät | Rittmeyer, JMC, SDS | keine | 2. Wasserstandsmessgerät | alle 5 Jahre | |
| 1.08 | Brunnenpfeife und Lichtlot | Brunnenpfeife oder Kabellichtlot | Huggenberger, Rittmeyer | Kontrollstrecke und Funktionsprüfung | keine (oder 2. Messgerät) | keine | |
| Niveau der Sedimente | | | | | | | |
| 1.09 | Wassertiefenmessung | <i>Spezialmessgerät (Messungen werden durch spezialisierte Firmen ausgeführt)</i> | | | | - | <i>Dienstleister muss Funktionstüchtigkeit (nach ISO) nachweisen.</i> |
| Luft- und Wassertemperatur | | | | | | | |
| 1.1 | Thermograph | Aufzeichnungsgerät Papierstreifen | | Zeitkontrolle, sonst keine | Normalthermometer | alle 5 Jahre | alle 5 Jahre mit geeichtem Thermometer kontrollieren. |
| 1.11 | Normalthermometer | Ablesung an Thermometer | | keine | geeichtes Thermometer | keine | |
| 1.12 | Elektrisches Thermometer | elektrisches Ablesegerät (z. B. Indipoc) | Huggenberger | Kontrollwiderstände für Indipoc | geeichtes Thermometer | alle 5 Jahre | Kontrollmessung soll möglichst nah beim Thermometer erfolgen um Fehler durch alte Messungen zu vermeiden |
| Betontemperatur | | | | | | | |
| 1.13 | Normalthermometer | Ablesung an Thermometer | | keine | geeichtes Thermometer | keine (veraltet) | veraltetes System |
| 1.14 | Elektrisches Thermometer | elektrisches Ablesegerät (z. B. Indipoc) | Huggenberger | Kontrollwiderstände für Indipoc | evtl. Fernmessung | alle 5 Jahre | Funktionstüchtigkeit des Temp.-Sensors ist nicht kontrollierbar |
| 1.15 | Verteilter faseroptischer Temperaturgeber | <i>Spezialmessgerät (Messungen werden durch spezialisierte Firmen ausgeführt)</i> | | | ? | - | <i>Dienstleister muss Funktionstüchtigkeit (nach ISO) nachweisen.</i> |
| Niederschlag | | | | | | | |
| 1.16 | Pluviometer / Totalisator / Pluviograph | Handablesung, Digitale Ablesung | GMC | Kontrolle mit definierter Flüssigkeitsmenge | keine (oder 2. Messgerät) | alle 5 Jahre | |
| Spannungen im Schüttmaterial und im Beton | | | | | | | |
| 1.17 | Erddruckmessdose | Mano (nicht mehr) oder elektr. Anzeige | Solexpert, Stump | keine | keine | alle 5 Jahre | evtl. Anzeigegerät überprüfen lassen. Messdosen nicht mehr kontrollierbar |
| Messungen von räumlichen Verschiebungen | | | | | | | |
| 2.01 | Triangulation | <i>Spezialmessgerät (Messungen werden durch spezialisierte Firmen ausgeführt)</i> | | | | - | <i>Dienstleister muss Funktionstüchtigkeit (nach ISO) nachweisen.</i> |
| 2.02 | Satellitengestützte Messungen (GPS) | <i>Spezialmessgerät (Messungen werden durch spezialisierte Firmen ausgeführt)</i> | | | | - | <i>Dienstleister muss Funktionstüchtigkeit (nach ISO) nachweisen.</i> |
| 2.03 | Photogrammetrie | <i>Spezialmessgerät (Messungen werden durch spezialisierte Firmen ausgeführt)</i> | | | | - | <i>Dienstleister muss Funktionstüchtigkeit (nach ISO) nachweisen.</i> |
| 2.04 | Laser-Scanning | <i>Spezialmessgerät (Messungen werden durch spezialisierte Firmen ausgeführt)</i> | | | | - | <i>Dienstleister muss Funktionstüchtigkeit (nach ISO) nachweisen.</i> |
| Messungen von horizontalen oder vertikalen Verformungen | | | | | | | |
| 2.05 | Nivellement | Nivelliergerät | Leica | Nivellierprobe | keine (oder 2. Messgerät) | alle 5 Jahre | durch Betrieb (Durch externe Firma dann wie 2.01-2.04) |
| 2.06 | Einfache Winkelmessungen und Elektrooptische Distanzmessung | Theodolith | Leica | keine | keine (oder 2. Messgerät) | alle 5 Jahre | |
| 2.07 | Optisches Alignment (Kollimation) | Kollimator od. Theodolith | Leica | keine | Geodäsie | keine (veraltet) | |
| 2.08 | Polygonzug | <i>Messungen werden i. d. R. durch spezialisierte Firmen ausgeführt</i> | | | | - | <i>Dienstleister muss Funktionstüchtigkeit (nach ISO) nachweisen.</i> |
| 2.09 | Lot, Schwimmlot mit Koordiskop | Koordiskop | Huggenberger | Kontrollsetzplatte | Fernmessung, Polygonzug | alle 5 Jahre | Schwimmer kontrollieren, evtl. Kontrollmessplatte mit 3 Messtellen |
| 2.09 | Lot, Schwimmlot mit Gleitanker | Koordiskop oder Fernmessung | Huggenberger/Hydro Quebec | Kontrollsetzplatte | Fernmessung, Polygonzug | alle 5 Jahre | Schwimmer kontrollieren, Gleitanker von Hersteller kontrollieren lassen |
| 2.10 | Draht-Alignment | Alignmentmessgerät | Huggenberger | Kontrollsetzplatte | Polygonzug | alle 5 Jahre | |
| 2.11 | Setzpegel, Setzplatte | Ablesegerät, Messband + Messsonde | | Kontrollrohr ? | keine (oder 2. Messgerät) | alle 5 Jahre | Kalibrierung oder Reparatur nur bei Bedarf |
| 2.12 | Schlauchwaage | | unbekannt | Leitungen kontrollieren, entlüften, ... | Geodäsie | alle 5 Jahre | <i>Dienstleister muss Funktionstüchtigkeit (nach ISO) nachweisen.</i> |
| Längenänderungen | | | | | | | |
| 2.13 | Distometer | Distometer | Solexperts | Kontrollstrecke | Kontrolle mit Messband, jedoch weniger genau | alle 5 Jahre | evtl. Kalibrierungsmessstelle einrichten, evtl. periodische Kontrolle der Drähte durch Längenänderung |
| 2.13 | Distinvar | <i>Spezialmessgerät (Messungen werden durch spezialisierte Firmen ausgeführt)</i> | | | | - | <i>Dienstleister muss Funktionstüchtigkeit (nach ISO) nachweisen.</i> |
| Längenänderungen und Durchbiegungen längs Linien in Bohrungen | | | | | | | |
| 2.14 | Stangen- und Drahtextensometer (Rockmeter) | Setzdeflektometer | Huggenberger | Kontrollhülsen | keine (oder 2. Messgerät) | alle 5 Jahre | |
| 2.15 | Stangenextensometer für Staudämme | <i>Spezialmessgerät (Messungen werden durch spezialisierte Firmen ausgeführt)</i> | | | | - | in CH keine Anwendung |
| 2.16 | Faseroptische Extensometer | Ablesegerät | Smartec | keine | keine | alle 5 Jahre | |
| 2.17 | Bohrlochmikrometer / Bohrlochmikrometer mit Inklinometer | <i>Spezialmessgerät (Messungen werden durch spezialisierte Firmen ausgeführt)</i> | | | | - | <i>Dienstleister muss Funktionstüchtigkeit (nach ISO) nachweisen.</i> |
| 2.18 | Rohr-Inklinometer | <i>Spezialmessgerät (Messungen werden durch spezialisierte Firmen ausgeführt)</i> | | | | - | <i>Dienstleister muss Funktionstüchtigkeit (nach ISO) nachweisen.</i> |
| Neigungsänderungen | | | | | | | |
| 2.19 | Klinometer | Wasserwaage, Klinometer, digitale Anzeige | Huggenberger | Kontrollmessstelle(Umkehrmessung) | keine (oder 2. Messgerät) | alle 5 Jahre | |
| 2.19 | Tiltmeter | Tiltmeter, elektr. Ablesegerät | Stump | | Kontrollmessstelle in unmittelbarer Nähe (z. B. für Stauwerke) | alle 5 Jahre | |
| | Zeromatik | Zeromatik | Huggenberger | Selbstkontrolle durch Umschlagmessung | | | |
| Bewegungen von Rissen und Fugen | | | | | | | |
| 2.20 | Mikrometer | Mikrometer (veraltet) | Huggenberger | ??? | | alle 5 Jahre | |
| 2.20 | Deformeter | Deformeter | Huggenberger | Invarkontrollstab | keine (oder 2. Messgerät) | alle 5 Jahre | |
| 2.20 | Dilatometer | Dilatometer (veraltet), heute Indipoc | Huggenberger | Kontrollhülsen | keine (oder 2. Messgerät) | alle 5 Jahre | |

MESSUNGEN AN TALSPERREN. Empfehlungen für Messgeräte

| Inhalt ¹⁾ | Messinstrumentierung | Messgeräte (Ablesegeräte, Geräte zur Messwerterfassung) | möglicher Hersteller / Lieferant | Kontrolle vor Ort (auf Stauanlage) | Redundante Kontrolle vor Ort (auf StA) | Empfehlung zur Kalibrierung durch Hersteller / Lieferant | Bemerkungen |
|--|---|---|----------------------------------|------------------------------------|--|--|---|
| 2.20 | Deflektometer | Setzdeflektometer | Huggenberger | Kontrollhülsen | keine (oder 2. Messgerät) | alle 5 Jahre | |
| Punktuelle, spezifische Verformungen | | | | | | | |
| 2.21 | Einbetonierte, elektrische Verformungsgeber | Messgerät (Indipoc) | Huggenberger | Kontrollwiderstände für Indipoc | keine (oder 2. Messgerät) | alle 5 Jahre | Fest eingebaut im Beton |
| 2.22 | Einbetonierte Faseroptik (siehe Blatt 2.16) | siehe 2.16 | | | | | |
| Sicker- und Drainagewasser | | | | | | | |
| 3.01 | Volumetrische Messung mit Behälter und Stoppuhr | Behälter, Stoppuhr | Div. | andere Stoppuhr od. Behälter | | - | Behälter und Stoppuhr kontrollieren (min. 20 Sek. Messen) |
| 3.02 | Messüberfall und Messkanal | Pegel | Div. | keine | Messbehälter, Stoppuhr | - | |
| 3.03 | Messung in volldurchflossenen Rohren | automatische Messung | Div. | keine | Behälter und Stoppuhr | alle 5 Jahre | Kalibrierung durch Lieferanten/Hersteller vor Ort |
| 3.04 | Messung in teildurchflossenen Rohren | automatische Messung | Div. | keine | Behälter und Stoppuhr | alle 5 Jahre | Kalibrierung durch Lieferanten/Hersteller vor Ort |
| Druckhöhe im Fels | | | | | | | |
| 3.05 | Piezometer: offene Systeme | Kabellichtlot | Div. | Kontrollstrecke einrichten | 2. Kabellichtlot | - | |
| 3.06 | Piezometer: geschlossene Systeme Piezometer: Druckmesszellen (pneumatisch) | Manometer | Klötzel | keine | Manometerkontrolle mit Prüfmanometer | alle 5 Jahre | |
| 3.07 | Piezometer: Druckmesszellen (elektrisch) | elektrisches Ablesegerät (z. B. Indipoc) | Huggenberger | Kontrollwiderstände für Indipoc | keine (evtl. Ersatzmessinstrument) | alle 5 Jahre | |
| Druckhöhe im Lockermaterial | | | | | | | |
| 3.08 | Piezometer: offene Systeme | Kabellichtlot | Div. | Kontrollstrecke einrichten | 2. Kabellichtlot | - | |
| 3.09 | Piezometer: geschlossene Systeme | Manometer | Div. | keine | Manometerkontrolle mit Prüfmanometer | alle 5 Jahre | |
| 3.10 | Piezometer: Druckmesszellen (hydraulisch, pneumatisch oder elektrisch) | automatische Messung | Div. | Kontrollwiderstände für Indipoc | keine (evtl. Ersatzmessinstrument) | alle 5 Jahre | |
| Erfassen physikalischer oder chemischer Veränderungen | | | | | | | |
| 3.11 | Trübungsmessung, Imhoftrichter | Trichterglas | Siegrist/Züllig | Kalibrierungsflüssigkeit | Laboruntersuchung von Proben | | Kalibrierungsflüssigkeit Imhoftrichter |
| 3.12 | Chemische Analyse | <i>Spezialmessgerät (Messungen werden durch spezialisierte Firmen ausgeführt)</i> | | | | - | <i>Dienstleister muss Funktionstüchtigkeit (nach ISO) nachweisen.</i> |
| Geophysikalische Methoden | | | | | | | |
| 4.01 | Reflexionsseismik, Refraktionsseismik, Geoelektrik, Elektromagnetik, Georadar, Geomagnetik, Gravimetrie, Seismische Tomographie, Ultraschall, Infrarotaufnahmen, Diagraphie | <i>Spezialmessgerät (Messungen werden durch spezialisierte Firmen ausgeführt)</i> | | | | - | <i>Dienstleister muss Funktionstüchtigkeit (nach ISO) nachweisen.</i> |
| Kamerainspektion | | | | | | | |
| 4.02 | Unterwasserrobotkamera | <i>Spezialmessgerät (Messungen werden durch spezialisierte Firmen ausgeführt)</i> | | | | - | <i>Dienstleister muss Funktionstüchtigkeit (nach ISO) nachweisen.</i> |
| 4.03 | Bohrlochkamera | <i>Spezialmessgerät (Messungen werden durch spezialisierte Firmen ausgeführt)</i> | | | | - | <i>Dienstleister muss Funktionstüchtigkeit (nach ISO) nachweisen.</i> |
| Betoneigenschaften | | | | | | | |
| 4.04 | Schmidt-Hammer | Schmidt-Hammer | | Kontrollkörper | keine (evtl. Ersatzmessinstrument) | alle 5 Jahre | |
| 4.05 | Laborversuche | <i>Spezialmessgerät (Messungen werden durch spezialisierte Firmen ausgeführt)</i> | | | | - | <i>Dienstleister muss Funktionstüchtigkeit (nach ISO) nachweisen.</i> |
| Feststellungen von Wasserzirkulationen | | | | | | | |
| 4.06 | Verteilte faseroptische Temperaturegeber (siehe Blatt 1.15) | | | | | alle 5 Jahre | |
| Verschiedenes | | | | | | | |
| 5.01 | Ankerkraftmessdose | Messgerät (Indipoc) | Huggenberger | Kontrollwiderstände für Indipoc | keine (oder 2. Messgerät) | - | |

¹⁾ gemäss Bericht 'Messanlagen zur Stauanlagenüberwachung: Konzept, Zuverlässigkeit und Redundanz', Schweizerisches Talsperrenkomitee (STK) 2007



Anhang Nr. 2 – Liste der Messgeräte

Die Liste der Messgeräte enthält folgende Daten :

- Reihennummer,
- Name des Messgerätes,
- Hersteller,
- Gerätentyp,
- Lagerort,
- Benutzung (Zweck),
- Bemerkung

Auf einen Blick hat man die wichtigsten Informationen über alle Geräte.

| Staumauer | | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|------------|----------------|-----------------|------------------|------------------|
| Liste der Messgeräte | | | | | | | |
| Nr. | Gerät | Hersteller | Typ | Baujahr | Lagerort | Benutzung | Bemerkung |
| 1 | digitales Koordikop | | | | | | |
| 2 | Deflektometer | | | | | | |
| 3 | Stopuhr | | | | | | |
| 4 | Thermometer | | | | | | |
| 5 | Kabellichtlot | | | | | | |
| 6 | Geeichte Behälter | | | | | | |
| 7 | Manometer | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |



Anhang Nr. 3 - Bordbuch der Messgeräte

Für jedes Messgerät soll ein Bordbuch erstellt werden : das ist ein Blatt mit den technischen Hauptdaten des Gerätes und dessen Historie. Folgende Information sind auszufüllen : Name der Staumauer, Name der Besitzer, Gerät und Typ, Nummer, Lieferant/Hersteller, Modell, Seriennummer, Baujahr/Inbetriebnahme, Lagerort, eventuell ein Bild des Geräts.

Für die Historie werden folgende Informationen verlangt: Datum, Ursache Störfall, Beschreibung der Behebung, ausgeführt durch, beigelegte Dokumente, Bemerkungen.

Auf einen Blick hat man alle Informationen über ein Gerät.

| BORDBUCH DER MESSGERÄTE | | | | | | |
|---------------------------|-------|--------------|---------------------------|------------------|----------------------|-------------|
| Staumauer | Name | | BILD | | | |
| Besitzer | Name | | | | | |
| Instrument und Typ | Name | | | | | |
| Nr. | Nr. | | | | | |
| Lieferant | Name | | | | | |
| Modell | Name | | | | | |
| Seriennummer | Nr. | | | | | |
| Inbetriebnahme | Datum | | | | | |
| Lagerort | Name | | | | | |
| | | | | | | |
| Nr | Datum | Veranlassung | Beschreibung der Behebung | Ausgeführt durch | Beigelegte Dokumente | Bemerkungen |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |



Anhang Nr. 4 – Festlegung der Prüf-Rhythmen aufgrund einer Risikoanalyse

Beispiele

Beispiel für das Koordiskop der Staumauer 1

- Häufigkeit : 25 Messstellen * 15 Messkampagne = 375 Bewegungen im Jahr 4
- Gefährdung : 2 km mit Auto auf Bergpiste, 3 km zu Fuss, steile Treppen 4
- Resultat : $4*4 = 16$ --> Revision alle 2 Jahre und Ersatzgerät empfohlen

Beispiel für das Koordiskop der Staumauer 2

- Häufigkeit : 4 Messstellen * 25 Messkampagne = 100 Bewegungen im Jahr 2
- Gefährdung : 0.5 km mit Auto, 0.5 km zu Fuss, vertikaler Leiter 3
- Resultat : $2*3 = 6$ --> Revision alle 5 Jahre

Beispiel für das Koordiskop der Staumauer 3

- Häufigkeit : 1 Messstelle * 20 Messkampagne = 20 Bewegungen im Jahr 1
- Gefährdung : 1 m zu Fuss (Gerätekasten neben dem Lot) 1
- Resultat : $1*1 = 1$ --> Revision alle 5 Jahre



Anhang Nr. 5 – Liste aller Messpunkte einer Staumauer

Staumauer xy Liste aller Messpunkte

| Nr. | Messanlage | Gerät | Name | Lage | Höhe | Messstelle | Messungstyp |
|-----|--------------|--------------------------|------|------------------|---------|-------------|---------------------------|
| 1 | Lot 1 | Koordiscop KK84D | P1 | Fuge 12, Block A | 2306.00 | 11 | Verschiebung Berg-Tal |
| 2 | | | | | | | Verschiebung links-rechts |
| 3 | | | | | 2274.00 | 12 | Verschiebung Berg-Tal |
| 4 | | | | | | | Verschiebung links-rechts |
| 5 | Lot 2 | Koordiscop KK84D | P2 | Fuge 18, Block A | 2306.00 | 21 | Verschiebung Berg-Tal |
| 6 | | | | | | | Verschiebung links-rechts |
| 7 | | | | | 2258.00 | 22 | Verschiebung Berg-Tal |
| 8 | | | | | | | Verschiebung links-rechts |
| 9 | | | | | 2226.00 | 23 | Verschiebung Berg-Tal |
| 10 | | | | | | | Verschiebung links-rechts |
| 11 | | Telelot | | | 2226.00 | 23 | Verschiebung Berg-Tal |
| 12 | | | | | | | Verschiebung links-rechts |
| ... | | | | | | | |
| 32 | Schwimmlot 2 | Koordiscop KK84D | Pi2 | Fuge 18, Block A | 2226.00 | | Verschiebung Berg-Tal |
| 33 | | | | | | | Verschiebung links-rechts |
| ... | | | | | | | |
| 56 | Rockmeter 2 | Deflektometer | R2 | Fuge 18, Block A | 2226.00 | Stange 1 | Einsenkung/Hebung |
| 57 | | | | | | Stange 2 | Einsenkung/Hebung |
| 58 | | | | | | Stange 3 | Einsenkung/Hebung |
| ... | | | | | | | |
| 80 | Piezometer 1 | Manometer, Kabellichtlot | | Fuge 18, Block A | 2226.00 | kurzer Rohr | Druck/Wasserhöhe |
| 81 | | | | | | langer Rohr | Druck/Wasserhöhe |
| 82 | Piezometer 2 | Manometer, Kabellichtlot | | Fuge 56, Block A | 2194.00 | kurzer Rohr | Druck/Wasserhöhe |
| 83 | | | | | | langer Rohr | Druck/Wasserhöhe |
| ... | | | | | | | |
| 96 | Rohr Nr. 1 | Manometer | | Block 11 A | 2210.00 | | Druck |
| 97 | | Becher und Stoppuhr | | | | | Wassermenge |
| 98 | | Thermometer | | | | | Wassertemperatur |

...