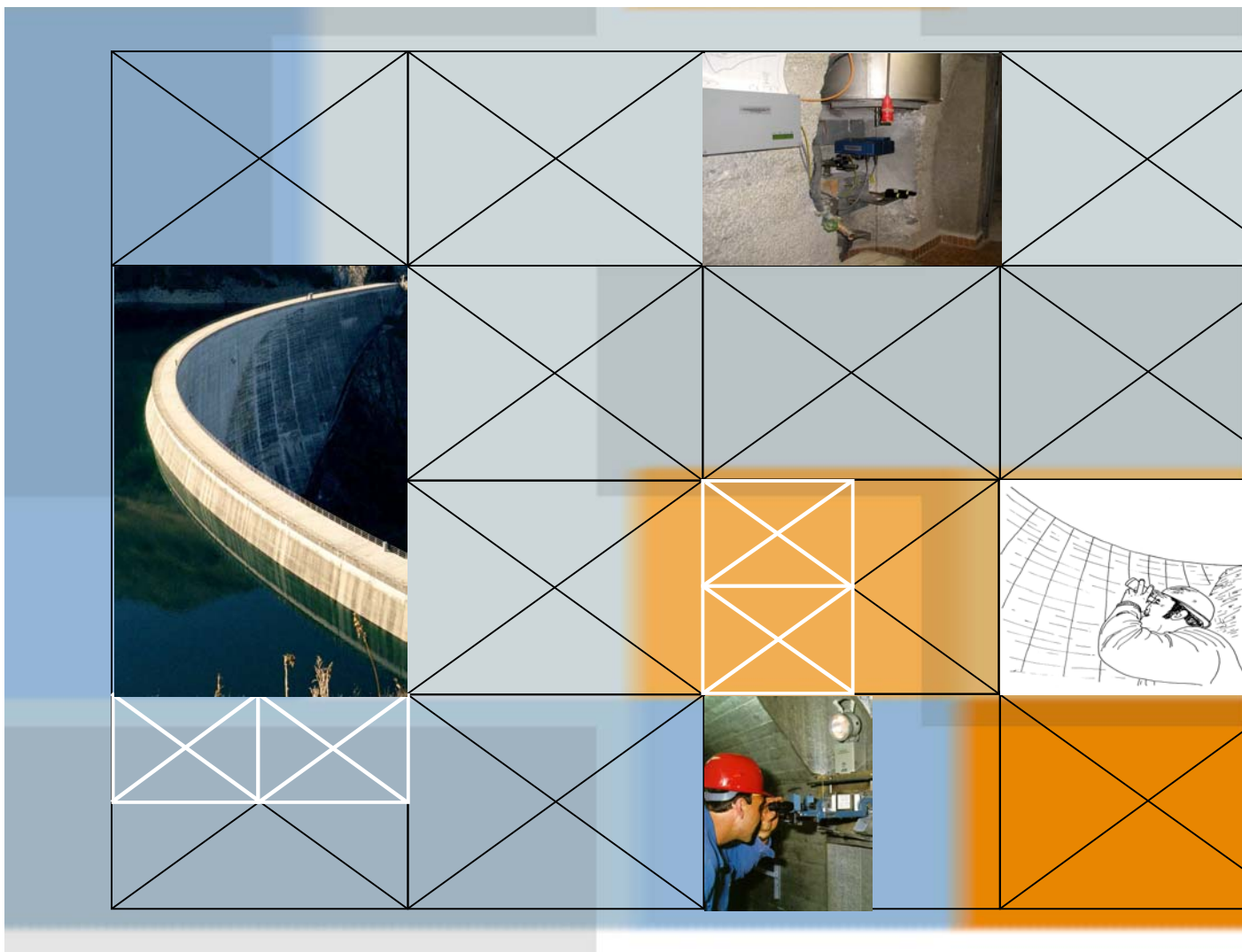




SICHERHEIT DER STAUANLAGEN

Basisdokumentation zu Überwachung und Unterhalt

Berichte des BWG, Serie Wasser – Rapports de l'OFEG, série Eaux -
Rapporti dell'UFAG, serie Acqua
Biel, 2002

Version 1.0 (Dezember 2002)



Bundesamt für Wasser und Geologie **BWG**
Office fédéral des eaux et de la géologie **OFEG**
Ufficio federale delle acque e della geologia **UFAEG**
Uffizi federal per aua e geologia **UFAEG**
Federal Office for Water and Geology **FOWG**



Mitglieder der Arbeitsgruppe

Bremen, Roger, Dr.

Collet, Georges

Hunger, Beat

Kobelt, Alfred (Sekretär)

Matthey, François

Oberholzer, Alexandre

Pougatsch, Henri (Präsident)

Rouiller, Jean-Marie

Bureau Lombardi Engineering SA, Minusio

Kraftwerke Oberhasli AG, Innertkirchen

Amt für Energie Graubünden, Chur

Bundesamt für Wasser und Geologie, Biel

Service des eaux, des sols et de l'assainissement, Lausanne

Bundesamt für Wasser und Geologie, Biel

Bundesamt für Wasser und Geologie, Biel

Service de l'électricité de la Ville de Lausanne, Lausanne

Einleitung	5
1 Allgemeines	6
1.1 Ziele	6
1.2 Aufgaben	7
1.3 Organisation	9
1.4 Rolle der Aufsichtsbehörde	9
1.5 Profil der Beteiligten	11
2 Messanlagen zur Talsperrenüberwachung	13
2.1 Allgemeines	13
2.2 Messungen der direkten Lasten und der äusseren Einflüsse	15
2.3 Aussagekräftige Grössen für die Beobachtung von Stauanlagen	16
2.4 Beobachtung des Verhaltens von Betonstaumauern	17
2.5 Beobachtung des Verhaltens von Erddämmen	22
2.6 Beobachtung des Verhaltens der Foundationen	27
2.7 Geodäsie	30
2.8 Überwachung der näheren und ferneren Umgebung des Absperrrbaus	32
2.9 Messprogramm	34
2.10 Beurteilung der Messwerte	35
3 Visuelle Kontrollen	39
3.1 Aufgaben des Betreibers	39
3.2 Aufgaben der erfahrenen Fachperson (spezialisierter Ingenieur)	40
3.3 Aufgaben des ausgewiesenen Experten	40
4 Kontrollen und Funktionsproben der Ausrüstung	41
4.1 Einleitung	41
4.2 Entlastungsorgane und ihre Steuerungsausrüstung	41
4.3 Messinstrumente für die Verhaltensüberwachung der Staumauer	44
4.4 Kommunikationsmittel (Telefonverbindungen)	44



4.5	Sirenen des Wasseralarms	44
5	Unterhalt	45
6	Aussergewöhnliche Kontrollen	47
7	Dokumente	48
7.1	Aktensammlung der Stauanlage (Artikel 16, StAV)	48
7.2	Betriebs- und Überwachungsvorschriften (Artikel 9, Absatz 2, StAV)	48
7.3	Bericht über die jährliche Besichtigung (Artikel 13, Absatz 2, StAV)	49
7.4	Jahresbericht über das Verhalten (Artikel 13, StAV)	50
7.5	Bericht über die geodätischen Vermessung	51
7.6	Bericht über die Sicherheitsüberprüfung (Fünffährliche Expertise) (Artikel 14, Absatz 1, StAV)	51
7.7	Bericht über ausserordentliche Sicherheitsprüfungen (Artikel 14, Absatz 2, StAV)	52
8	Literatur	53
Anhänge		54
ANHANG 1	Beispiele von Messanlagen zur Überwachung	55
ANHANG 2	Beispiele von grafischen Darstellungen der Messergebnisse	60
ANHANG 3	Beispiel eines Reglements für die Bedienung und Überwachung der Stauanlage	65
ANHANG 4	Beispiel eines Besichtigungs- und Messberichtes	75
ANHANG 5	Beispiel eines Organigramms	76

Einleitung

Gesetzliche Grundlagen

Die gesetzlichen Grundlagen betreffend die Sicherheit der Stauanlagen bilden der Artikel 3^{bis} des Bundesgesetzes vom 22. Juni 1877 über die Wasserbaupolizei (SR 721.10) sowie die Verordnung über die Sicherheit der Stauanlagen vom 7. Dezember 1998 (StAV) (SR 721.102).

Der Gültigkeitsbereich der Stauanlagenverordnung (StAV) ist in ihrem Artikel 1 festgelegt. Danach gilt die Verordnung automatisch für Stauanlagen deren Stauhöhe über Niederwasser oder dem natürlichen Terrain mindestens 10 m beträgt, oder bei wenigstens 5 m Stauhöhe und gleichzeitig mehr als 50'000 m³ Stauraum. Sie gilt aber auch für Stauanlagen mit geringeren Abmessungen, sofern sie eine besondere Gefahr für Personen und Sachen bedeuten. Hingegen kommt sie nicht zur Anwendung, wenn nachgewiesen wird, dass die Stauanlage keine besondere Gefahr für Personen und Sachen bedeutet. Die Verordnung überträgt die Aufsicht kleinerer Stauanlagen an die Kantone (Artikel 22 StAV).

Ziel der Basisdokumentation "Überwachung und Unterhalt"

Gemäss Artikel 26 der Stauanlagenverordnung kann das Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG) in Zusammenarbeit mit den kantonalen Aufsichtsbehörden, der Wissenschaft, der Fachorganisationen und der Wirtschaft Richtlinien zur Anwendung der Verordnung erlassen. Um die zweckdienlichen Hinweise für die Überwachung und den Unterhalt der Stauanlagen (gemäss Artikel 9 sowie Kapitel 3 StAV) darzulegen, bildete das BWG eine Arbeitsgruppe. Diese hat den vorliegenden Bericht erarbeitet, welcher als Basisdokumentation für die Redaktion der Richtlinien und als erläuternde Ergänzung der Richtlinien verwendet werden kann.

Diese Basisdokumentation enthält nützliche Angaben für die wirksame Durchführung von Überwachung und Unterhalt einer Stauanlage, mit dem Ziel, den einwandfreien Zustand und das normale Verhalten aller Anlageteile zu gewährleisten sowie jegliche Anomalie so früh wie möglich festzustellen. Die Organisation der Überwachung weist 4 Stufen auf und wird vom Betreiber der Stauanlage mit seinem Personal, von Ingenieuren, von Experten und von der Aufsichtsbehörde wahrgenommen. Die hauptsächlichen Tätigkeiten bei der Überwachung umfassen die Durchführung von Messungen, von visuellen Kontrollgängen und von Funktionsproben an Ablassorganen. In der vorliegenden Basisdokumentation finden sich die Leitlinien für die Planung und Installation der Überwachungseinrichtungen sowie für die Häufigkeit der auszuführenden Messungen. Weiter wird eingegangen auf die bei einem ausserordentlichen Ereignis (anomalies Verhalten, Hochwasser, Erdbeben) durchzuführenden zusätzlichen Kontrollen. Und schliesslich wird auf die von den Experten und spezialisierten Ingenieuren im Rahmen ihrer Funktion und ihres Auftrages zu erstellenden Berichte eingegangen.

In den Anhängen finden sich Beispiele von Messanlagen und von grafischen Darstellungen der Messergebnisse (Anhänge 1 und 2). Die wesentlichsten Elemente, welche in den Überwachungs- und Betriebsreglementen sowie in den Berichten aufzuführen sind, werden in den Anhängen 3 und 4 behandelt.

1 ALLGEMEINES

1.1 Ziele

Das Ziel der Überwachung (3. Kapitel StAV) und des Unterhalts (Artikel 10 StAV) ist die Gewährleistung eines jederzeit zufriedenstellenden Zustands und Verhaltens des Absperrbauwerkes, seiner Foundation und seiner Umgebung.

Mit der Überwachung sollen Verhaltensanomalien rasch und präzise festgestellt werden. Dadurch können rechtzeitig die erforderlichen Massnahmen ergriffen werden, um eine allenfalls drohende Gefahr abzuwenden.

Mit dem Unterhalt wird Betriebsmängeln vorgebeugt und festgestellte Schäden werden durch Instandstellungs-, Erneuerungs- und Umbauarbeiten behoben.

Tabelle 1 zeigt eine Liste mit Beispielen von Unregelmässigkeiten, die bei der Stauanlagen auftreten können.

BETONSTAUMAUER	ERDDAMM	FUNDATIONEN	UMGEBUNG DER STAUANLAGE
Schäden an der Mauer		Schäden an der Untergrundabdichtung	
Anomale oder aussergewöhnliche Verformung Differentielle Verschiebung der Blöcke	Setzung des Dammes (Verringerung des Freibordes)	Verformung und Setzungen	
Abgleiten	Böschungsrutschung	Abgleiten Ungenügende Scherfestigkeit	Hanginstabilität (Rutschung, Bergsturz) Gletscherabbruch Lawinen
	Innere Erosion		Erosion der Hänge
Erhöhte Durchsickerung, Zunahmen des Auftriebs		Erhöhte Durchsickerung, Zunahmen des Auftriebs Defektes Drainagesystem	Auftreten von Quellen
Überströmen der Krone			
Verstopfung von Ablassorganen Blockieren eines beweglichen Organs			

Tabelle 1: Beispiele von Unregelmässigkeiten bei Stauanlagen

1.2 Aufgaben

Abbildung 2 findet sich eine für alle Stauanlagen gültige Darstellung der Überwachung und des Ablaufs der dazugehörigen Tätigkeiten. Sie zeigt auch die zu erreichenden Ziele auf. Der Zusammenhang zwischen Überwachung und Unterhalt sowie der Instandsetzung wird ebenfalls angegeben.

Im Detail besteht die Überwachung aus den folgenden, zusammenspielenden Aufgaben:

- Durchführung und Auswertung von Messungen bezüglich des Verhaltens der Sperre, ihrer Fundationen und ihrer Umgebung.
- Visuelle Kontrollen des Zustandes der Stauanlage (Sperre, Nebenanlagen, Fundation, Umgebung).
- Kontrollen und Funktionsproben der Betriebseinrichtungen, insbesondere der Abschlussorgane von Grundablässen und Hochwasserentlastungen sowie der Installationen des Wasseralarms.

Der Unterhalt umfasst auch gängige Arbeiten und betrifft beispielsweise:

- das Absperrbauwerk (Reinigung der Drainageleitungen, der Stollen und der Dammböschungen, Reparation verschiedener Schäden)
- das Entfernen von Treibgut
- die Betriebseinrichtungen (hydromechanische Ausrüstung, Elektroinstallationen)
- Messanlagen (Freihalten der Visuren für die geodätischen Messungen, etc.)
- Wasseralarmsystem,
- die Zugänge

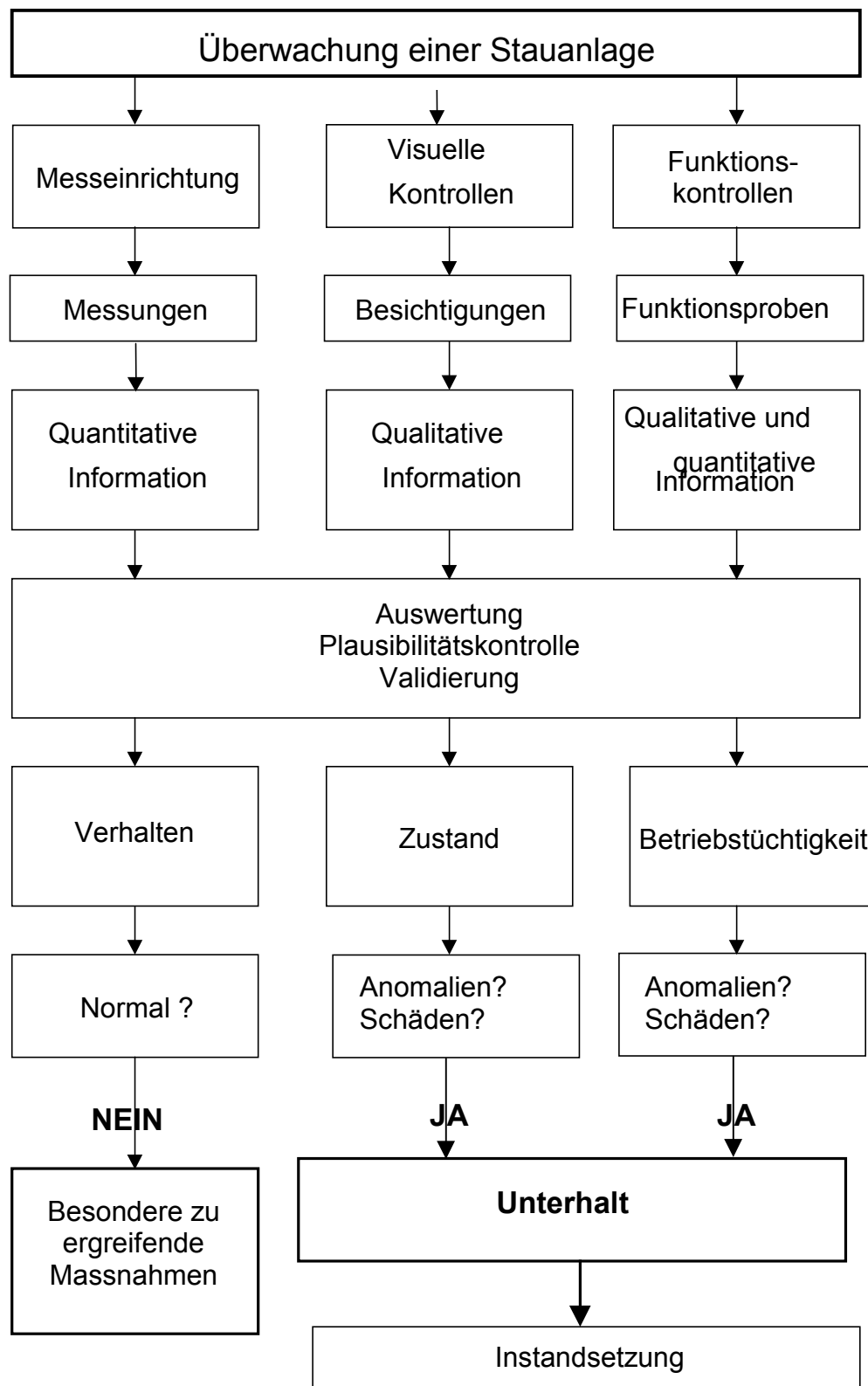


Abbildung 1: Gesamtkonzept der Organisation der Überwachung und des Unterhalts

1.3 Organisation

Die Organisation der Überwachung erfolgt – entsprechend der Stauanlagenverordnung – auf vier verschiedenen Stufen.

- Stufe 1 Inhaberin (Betreiber der Stauanlage) (Artikel 12 StAV)
führt die regelmässigen visuellen Kontrollen, die Funktionsproben und die Messungen durch.
- Stufe 2 Erfahrene Fachperson (erfahrener Ingenieur)
(Artikel 13, Absatz 1 StAV)
führt jährlich eine visuelle Kontrolle durch, beurteilt laufend die Messergebnisse und erstellt einen Jahresbericht
- Stufe 3 Ausgewiesene Experten (Bauingenieur, Geologe)
(Artikel 14, Absatz 1 StAV)
führen alle fünf Jahre eine umfassende Prüfung des Zustandes und des Verhaltens der Sperre, ihrer Fundation und ihrer Umgebung durch. Die Experten können auch mit Sonderabklärungen zur Sicherheit der Stauanlage beauftragt werden.
- Stufe 4 Aufsichtsbehörde (Artikel 21 und 22 StAV)
führt im Rahmen ihrer Aufgaben eine Kontrolle der Organisation des Betreibers bezüglich Überwachung und Unterhalt und des Zustandes und des Unterhaltes der Stauanlage sowie eine Prüfung ihres Verhaltens durch und beurteilt die technischen Berichte (Jahresberichte, Fünfjahresexpertisen und Sicherheitsüberprüfungen)

Die Rolle der Aufsichtsbehörde ist im Absatz 1.4 beschrieben.

Tabelle 2 (Seite 10) gibt die Verteilung der Hauptaufgaben auf die drei ersten Stufen (Betreiber, erfahrene Fachperson und ausgewiesene Experten) an.

Absatz 1.5 (Seiten 11 und folgende) beschreibt die Anforderungen an die Beteiligten der vier Stufen.

1.4 Aufsichtsbehörde

Es obliegt der Aufsichtsbehörde, welche eine Bundesbehörde (Artikel 21, Absatz 2, StAV) oder eine kantonale Behörde (Artikel 22, Absatz 1, StAV) sein kann, die geltenden gesetzlichen Grundlagen im Bereich Stauanlagensicherheit umzusetzen und ihre getreuliche Ausführung zu überwachen.

Der Bund übt seinerseits die Obergewalt aus. Das Bundesamt für Wasser und Geologie führt die Aufgaben aus, welche direkt dem Bund zugeteilt wurden (Art. 21, Absatz 1, StAV).

Die Aufsichtstätigkeit der Kantone umfasst vor allem Stauanlagen von kleinerem Ausmass.

Nötigenfalls kann die Aufsichtsbehörde ausserordentliche Überprüfungen oder Sicherheitsüberprüfungen von kleineren Stauanlagen anordnen (Artikel 14, Absatz 2 StAV).

Ausserdem kann die Aufsichtsbehörde zur Erfüllung ihrer Aufgaben Sachverständige beiziehen (Artikel 25 StAV).

WAS	WER	AUFGABE
a) Messanlagen zur Überwachung (siehe Kap. 2)	1) Inhaberin	Durchführen der Messungen (N.B.: Die geodätischen Messungen werden in der Regel durch Spezialisten durchgeführt.)
		Erste Auswertung der Messergebnisse
	2) Erfahrener Ingenieur	Auswertung der Messergebnisse
		Jahresbericht über das Verhalten der Sperre, ihrer Foundationen und ihrer Umgebung
	3) Ausgewiesene Experten	Bewertung des Verhaltens der Sperre, ihrer Foundationen und ihrer Umgebung
		Besondere Sicherheitsprüfungen
b) Visuelle Kontrollen (siehe Kap. 3)	1) Inhaberin	Regelmässige Besichtigung
	2) Erfahrener Ingenieur	Jährliche Besichtigung (mit Bericht)
	3) Ausgewiesene Experten	Besichtigung alle fünf Jahre (mit Bericht)
c) Funktionskontrollen und Funktionsproben von Betriebseinrichtungen (siehe Kap. 4)	1) Inhaberin	Nassproben aller Schützen (mindestens einmal pro Jahr) Kontrolle der hydromechanischen Ausrüstung Kontrolle der Telefonverbindungen Kontrolle des Wasseralarmsystems und Test der Sirenen

Tabelle 2: Überwachung und Unterhalt. Verteilung der Aufgaben

1.5 Anforderungsprofil der Beteiligten

1.5.1 Einführung

Die Inhaberin der Stauanlage muss sicherstellen, dass die Kontinuität der Aufträge, welche sie im Rahmen der Überwachungstätigkeit seinem Personal bzw. externen Fachleuten überträgt, gewahrt bleibt. Es ist wichtig, dass allzu häufige Wechsel vermieden werden. Es sind jedenfalls Stellvertreter zu benennen, welche die Aufgaben im Falle einer Abwesenheit der Verantwortlichen übernehmen können. Es ist ausserdem wichtig, dass die erfahrenen Ingenieure und die ausgewiesenen Experten über die logistische Unterstützung eines Planungsbüros verfügen.

1.5.2 Erste Überwachungsstufe

Die Stufe 1 der Überwachung wird durch das Personal der Inhaberin der Stauanlage übernommen (Talsperrenwärter). Die Rolle des Talsperrenwärters ist von grosser Wichtigkeit, da er der erste ist, welcher durch seine Anwesenheit eine Anomalie entdecken kann.

Der Talsperrenwärter verfügt über eine angemessene Ausbildung und muss unabhängig und genau arbeiten können. Die Inhaberin hat ihr Personal so auszubilden, dass es seine Aufgaben erfüllen kann:

- Messinstrumente anzubringen und abzulesen
- eine erste Grobbeurteilung der Messergebnisse vorzunehmen
- visuelle Kontrollen vorzunehmen
- Funktionsproben an den Mess- und Betriebseinrichtungen durchzuführen
- diese Einrichtungen zu unterhalten
- gängige Instandsetzungs-, Reparatur- oder Wiederherstellungsarbeiten durchzuführen
- die vorgesetzten Stellen (und eventuell den erfahrenen Ingenieur) über aussergewöhnliche Feststellungen in Kenntnis zu setzen.
- Initiative ergreifen zu können und sich seiner Verantwortung bewusst zu sein.

1.5.3 Zweite Überwachungsstufe

Die Stufe 2 der Überwachung wird von einer erfahrenen Fachperson wahrgenommen. Hat die Inhaberin kein geeignetes Personal für diese Aufgabe, muss sie eine externe Fachperson damit beauftragen

Die Aufgabe der erfahrenen Fachperson ist wichtig, weil sie mit der fortlaufenden Beurteilung der Messergebnisse betraut ist und nötigenfalls "Alarm" schlagen muss. Sie muss auch eine jährliche visuelle Kontrolle durchführen und einen Jahresbericht über das Verhalten und den Zustand der Stauanlage verfassen.

Die erfahrene Fachperson muss den meisten der folgenden Anforderungen entsprechen:

- Bauingenieur
- Erfahrung auf dem Gebiet des Wasserbaus, wenn möglich im Stauanlagenbau aufweisen, und vertraut sein mit hydraulischen und statischen Berechnungen sowie mit der Hydrologie
- fünf bis zehn Jahre Tätigkeit in den obengenannten Gebieten aufweisen
- Mitarbeit bei der Planung oder der Durchführung von Wasserbauprojekten, wenn möglich von Stauanlagen

- Zusammenarbeit mit einer anderen erfahrenen Fachperson im Rahmen der zweiten Überwachungsstufe.

1.5.4 Dritte Überwachungsstufe¹

Sie wird von ausgewiesenen Experten (qualifizierte Bauingenieure und Geologen) übernommen. Die Experten müssen alle fünf Jahre eine Expertise über das allgemeine Verhalten und den allgemeinen Zustand der Stauanlage erstellen. Die Jahresrapporte des erfahrenen Ingenieurs werden den Experten zur Verfügung gestellt, damit diese die Entwicklung des Verhaltens und des Zustandes einer Stauanlage verfolgen können.

Ein ausgewiesener Experte muss den meisten der folgenden Anforderungen entsprechen:

- Verfasser oder Mitarbeiter bei der Planung oder der Durchführung des Projektes
- Erfahrung mit der Projektierung und dem Bau von Talsperren sowie mit ihrer Überwachung
- Mindestens 10 Jahre Praxis
- Tätigkeit als erfahrene Fachperson auf der Überwachungsstufe 2 gilt für Bauingenieure
- Unabhängigkeit von der Inhaberin der Stauanlage.

1.5.5 Vierte Überwachungsstufe

Wie in 1.4 erwähnt, übernimmt das BWG die Aufgaben, mit denen der Bund direkt betraut wurde (Artikel 21, Absatz 1, StAV).

Die Kantone können die Aufgaben in Zusammenhang mit der Aufsicht über die Stauanlagen durch ihre eigenen Dienste ausführen lassen oder Dritte damit beauftragen. In jedem Fall sorgen die Kantone dafür, dass Fachpersonen mit einer angemessenen technischen Ausbildung mit den Aufgaben betraut werden.

Nach dem Wortlaut des Artikels 29, StAV, müssen die Kantone ihre Aufgaben in Zusammenhang mit der Aufsicht über die Stauanlagen spätestens fünf Jahre nach Inkrafttreten der obengenannten Verordnung wahrnehmen.

¹ Diese Überwachungsstufe betrifft die Stauanlagen mit einer Stauhöhe von mindestens 40 m oder von mindestens 10 m mit einer Speicherkapazität von über 1 Mio. m³ (Artikel 14, StAV).

2 MESSANLAGEN ZUR TALSPERRENÜBERWACHUNG

2.1 Allgemeines

2.1.1 Definition

Die Messanlage zur Überwachung einer Talsperre ist ein sorgfältig geplantes System zur Messung repräsentativer Parameter, damit das Verhalten der Sperre und seiner Foundationen unter Berücksichtigung der einwirkenden Beanspruchung beurteilt werden kann. Es muss zudem Auskunft über das Verhalten der Umgebung geben.

Die Messanlage zur Überwachung hat unter anderem folgende Ziele ([2] [12] [13]²):

- Durchführung von Kontrollen während der Bauphase und dem Ersteinbau
- Durchführung von Kontrollen während der Betriebsphase
- Zur Verfügung stellen von zusätzlichen Informationen im Fall einer Verhaltensanomalie
- Ergänzung und Verbesserung der Kenntnisse im Ingenieurwesen (technische oder wissenschaftliche Forschung)

Die sorgfältige Wahl und das sorgfältige Anbringen der Messinstrumente sind wesentlich für das Erreichen einer ausreichenden Zuverlässigkeit der Messwerte und einer korrekten Auswertung der Ergebnisse.

2.1.2 Zweck der Messanlage

Stauanlagen benötigen Messanlagen, um eine angemessene Überwachung und damit die Sicherheit zu garantieren. Das Messkonzept ist unumgänglich und bereits während der Planungsphase auszuarbeiten. Mit seiner Hilfe können das Langzeitverhalten der Talsperre, ihrer Foundation und ihrer Umgebung beobachtet und – wie bereits oben erwähnt – Verhaltensanomalien rasch entdeckt werden.

2.1.3 Planung der Messanlage

Die Messanlage zur Überwachung muss so geplant sein, dass sowohl die auf die Talsperre wirkenden Kräfte (Ursachen) als auch die verschiedenen Parameter, welche das Verhalten einer Stauanlage charakterisieren (Reaktionen), gemessen werden können. Die direkten Lasten und die äusseren Einflüsse führen einerseits zu Verformungen sowie insbesondere im Körper von Betontalsperren zu Temperaturschwankungen und andererseits zu Drücken (Auftrieb, Porenwasserdrücke) sowie zu Infiltrationen (Durchsickerungen).

Die Messanlage zur Überwachung ist auf die Besonderheiten und der Bedeutung der Sperre abzustimmen.

Obwohl die Talsperre und ihre Foundation eine Einheit bilden, muss die Messanlage so konzipiert sein, dass eine klare Unterscheidung zwischen dem Verhalten der Talsperre, Foundation und Umgebung möglich ist.

² Die Ziffern zwischen eckigen Klammern verweisen auf das Literaturverzeichnis am Schluss

Ausserdem ist die Messanlage kein starres System. Es ist nötig, von Zeit zu Zeit zu überprüfen, ob sie den Anforderungen und dem Bedürfnissen immer noch gerecht wird. Nötigenfalls ist sie zu ergänzen, anzupassen oder zu modernisieren.

Die Messanlage ist möglichst breit abzustützen, um im Falle einer Anomalie alle notwendigen Grundlagen zur Abklärung der Ursachen des beobachteten Phänomens zur Verfügung zu haben. Gegebenenfalls wird dann auch das Installation zusätzlicher Instrumente notwendig..

2.1.4 Eigenschaften der Messinstrumente

Die Wahl der Messinstrumente hängt von den zu beobachtenden Grössen, von der Bauweise der Anlage und den Installationsmöglichkeiten ab. Vorzugsweise sind Instrumente zu wählen, welche folgenden Kriterien genügen:

- Einfach in ihrer Konstruktion und ihrer Handhabung (die Messungen werden in der Regel vom Personal des Betreibers durchgeführt)
- Widerstandsfähig
- Unempfindlich gegenüber äusseren Einwirkungen: Temperatur, Feuchtigkeit, Überspannung
- Dauerhaft (die Langlebigkeit soll vor allem für die Apparate gegeben sein, welche direkt in den Bauwerkskörper eingebaut werden)
- Genau und zuverlässig
- Einfaches Ablesen

sofern sie nicht im Bauwerkskörper eingebaut werden:

- Zugänglich
- Zuverlässig ersetzbar (Kontinuität der Messungen muss gewährleistet sein)

Im Pannen und Ausfällen zu begegnen, sind für gewisse Parameter redundante Messungen vorzusehen (zum Beispiel bei Verformungsmessungen).

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 von Vorteil sein kann. Wenn eine solche Einrichtung auch die klassischen Handmessungen ergänzt, ist sie jedoch kein Ersatz für letztere. Es muss möglich sein, die Kontinuität der Messungen auch im Falle eines Ausfalls der Automatik aufrechtzuerhalten. Schliesslich müssen die automatisch durchgeführten Messungen, soweit möglich (beispielsweise die Lote), mindestens einmal monatlich mit von Hand ausgeführten Messungen kontrolliert werden. Diese Vorgehensweise zwingt zu einem regelmässigen Besuch der Stauanlage durch den Talsperrenwärter, verbunden mit einer visuellen Kontrolle derselben.

Im Falle einer automatisierten Erhebung von Messwerten, müssen folgende Punkte berücksichtigt werden :

- Einfache und robuste Sonden
- Elektromagnetische Verträglichkeit
- Schutz gegen Überspannung
- Schutz gegen Feuchtigkeit
- Angepasster Funktions- und Temperaturbereich

Hinsichtlich der Auswahl der Instrumente in Abhängigkeit der Messtyps (zu erhebbende Grösse) kann die Veröffentlichung "Messanlagen zur Talsperrenüberwachung. Konzept, Zuverlässigkeit und Redundanz" der Arbeitsgruppe "Talsperrenbeobachtung" des Schweizerischen Talsperrenkomitees (STK) [2]³ zu Rate gezogen werden. Die Veröffentlichung enthält eine Liste der verschiedenen Messeinrichtungen mit einer Beschreibung, dem Zweck und den Anforderungen (Zuverlässigkeit, Langlebigkeit, Messbereich, Genauigkeit).

2.2 Messung der Belastungsgrössen

Die direkten Lasten (im Wesentlichen der Wasserdruck) sind diejenigen Lasten, welche direkt auf die Talsperre wirken. Die äusseren Einflüsse spiegeln die klimatischen Verhältnisse (insbesondere die Umgebungstemperatur) und die natürlichen Verhältnisse der Umgebung wieder.

Der Wasserdruck ist ein wichtiger Lastfall, weshalb die Wasserspiegelschwankungen erhoben und registriert werden müssen, auch wenn das Becken die meiste Zeit leer bleibt (wie beispielsweise im Falle eines Hochwasserrückhaltebeckens). Die Wassertemperatur ist ebenfalls wesentliche Belastungsindikatoren.

Im Falle von bedeutenden Sedimentablagerungen (welche zu Veränderungen der Lasten, merklicher Verringerung des Nutzinhaltes oder drohender Verstopfung der Ablassvorrichtungen führen können) ist es notwendig, deren Niveau regelmässig zu erheben.

Die klimatischen Verhältnisse (Lufttemperatur, Regen und Schnee) sind ebenfalls wichtige Grössen. Die Lufttemperatur kann insbesondere einen Einfluss auf die Verformungen einer Betonstaumauer haben. Mit der Messung der Lufttemperatur wird festgehalten, ob der Niederschlag in Form von Schnee oder Regen gefallen ist. Niederschläge und Schneeschmelze üben manchmal einen direkten Einfluss auf die Infiltration durch Untergrund oder Dammschüttung aus.

In speziellen Fällen sind die Erdbebenverhältnisse der Umgebung aufzuzeichnen.

MESSWERT	INSTRUMENTE UND ERHEBUNGEN
Wasserstand	Pegel Lattenpegel Lichtlot oder Brunnenpfeife Echolot Drucksonde Druckwaage Druckmesser (Manometer)
Sedimenthöhe (Niveau)	Bathymetrie
Wassertemperatur	Thermometer
Wetterverhältnisse	Temperaturschreiber, Thermometer, Besonnung Pluviograph
Erdbebenverhältnisse	Seismograph, Beschleunigungsmessgerät

Tabelle 3: Messinstrumente für direkte Lasten und äussere Einflüsse

³ Dieser Bericht befindet sich zur Zeit in Überarbeitung

2.3 Messgrössen für die Verhaltensüberwachung von Stauanlagen

Mit der Messanlage werden Verformungen, Temperaturen, Porenwasserdrücke, Sickerlinien, Sickerwasserabflüsse und einige chemische Eigenschaften des Wassers erhoben.

Tabelle 4 gibt die wichtigsten Grössen an, welche für Betonstaumauern, Erddämme und ihre Foundationen zu erheben sind.

BETONSTAUMAUER	ERDDAMM	FUNDATION
Verformung des Bauwerkskörpers	Verformung des Dammkörpers	Verformungen und Verschiebungen Verschiebungen der Widerlager
Spezielle Bewegungen (Risse, Fugen)	Spezielle Bewegungen (Kontaktbereiche zu Betonbaukörpern)	Spezielle Bewegungen (Risse, Klüfte)
Temperatur im Innern des Bauwerks	Temperatur im Innern des Dammkörpers, um Durchsickerungen festzustellen (eventuell)	Temperatur in der Foundation, um Durchsickerungen festzustellen (eventuell)
Auftrieb (an der Kontaktfläche zwischen Beton und Foundation und im Fels)	Porenwasserdrücke im Innern des Dammkörpers und Sickerlinie	Porenwasserdrücke Auftrieb an der Kontaktfläche zwischen Beton und Foundation Sickerlinie
Sicker- und Drainagewassermengen	Sicker- und Drainagewassermengen	Sicker- und Drainagewassermengen Abflüsse von Quellen
Chemische Zusammensetzung des durchgesickerten Wassers Trübung (eventuell)	Chemische Zusammensetzung des durchgesickerten Wassers Trübung	Chemische Zusammensetzung des durchgesickerten Wassers Trübung

Tabelle 4: Messgrössen für die Beobachtung von Sperre und ihrer Foundation

Die bei einer Permanentmessanlage zweckmässigen fern zu übertragenden Messgrössen sind in der Tabelle 5 dargestellt. Es ist nicht notwendig, alle Messpunkte automatisch zu erfassen. Es ist empfehlenswert sich auf einige wenige, sorgfältig ausgewählte und charakteristische Messgrössen zu beschränken. Eine automatisierte Messanlage kann bei schwierigen Zugangsverhältnissen sehr nützlich sein.

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 5: Messgrößen, geeignet für Permanentmessanlagen und Fernübertragung

2.4 Beobachtung des Verhaltens von Betonstaumauern

2.4.1 Verformungen des Bauwerks

Das Ziel der Verformungsmessung besteht darin, horizontale und vertikale Deformationen des Bauwerks festzustellen. Entsprechend der Ausbildung der Mauer (mit oder ohne Kontrollgänge und/oder Schächte) werden die Messpunkte auf verschiedenen Höhen im Innern der Mauer oder auf der Luftseite angebracht. Wenn möglich, sind die Messlinien seitlich in den Fels zu verlängern, um die Verschiebungen im Bereich der Foundationen zu bestimmen. Für kleinere Bauwerke, sollten zumindest Verformungsmessungen im Bereich der Mauerkrone vorgesehen werden.

Die radialen und tangentialen Verformungen können mit Loten (Gewichtsloten) und Schwimmloten entlang vertikaler Linien oder durch Polygonzüge entlang horizontaler Linien gemessen werden (siehe Abschnitt 2.7 "Geodäsie").

Die Winkel- und Distanzmessung (Vektormessung) zu Messpunkten auf der Maueroberfläche ergibt dieselben Angaben. Horizontale Verformungen können auch mit optischen Alignements oder mit Drahtalignements gemessen werden. Das Nivellement misst vertikale Bewegungen (Setzungen oder Hebungen).

Für eine Nachrüstung mit einem Schwimmloot existieren Messverfahren mit selbstzentrierendem Gleitanker im Bohrloch, der die Verformungsmessung in verschiedenen Tiefen erlaubt. Diese Verfahren kann vor allem bei Mauern ohne Kontrollgänge eingesetzt werden.

Lokale Verformungen, beispielsweise des oberen Teils einer Mauer, können mit Extensometern gemessen werden. Eine Messung der Neigung, was auch automatisch erfolgen kann, erlaubt die Berechnung der Biegelinie und kann mit den Messwerten der Lote verglichen werden.

2.4.2 Temperaturen

Während der Bauphase, muss die Entwicklung der Temperatur des Betons während der Hydratation und des Erhärtens beobachtet werden. Während der Betriebsphase ist die Kenntnis der Temperaturschwankungen von Bedeutung, um ihre Auswirkung auf die Verformungen zu bestimmen.

Die Thermometer werden während des Betonierens direkt in den Bauwerkskörper eingebaut. Sie werden auf verschiedenen Höhen angeordnet 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 Verhältnisse beeinflusst (Luft- und Wassertemperatur).

Damit die Instrumente zugänglich bleiben, können elektrische Thermometer in Bohrlöcher eingeführt werden. Dabei sind sie zu isolieren um einen störenden Einfluss der Temperatur von ausserhalb des Bohrlochs auszuschalten. Bei einem Ausfall, ist es so möglich, sie zu entfernen und zu ersetzen.

2.4.3 Spezielle Verformungen

Es gibt keine Betonstaumauer ohne Risse. Oft reichen eine visuelle Erhebung der Risse und deren Eintrag auf einen Plan aus. Die Bewegung struktureller Risse sollte jedoch verfolgt werden. Dies kann mit Siegeln über dem Riss erfolgen, was aber keine optimale Lösung.

Um die Bewegungen von Fugen und Rissen zu messen, werden Messanschlüsse angebracht darstellt.

Messinstrumente, welche dazu benutzt werden, sind beispielsweise Mikrometer, Dilatometer, Deformeter oder solche, welche lediglich die grösste Öffnung eines Risses angeben (Rissmaximeter).

2.4.4 Auftrieb

Die Erhebung der Auftriebskräfte ist wichtig, weil diese einen ausgeprägten Einfluss auf die Stabilität von Gewichtsmauern und der Widerlager von Bogenmauern haben. Die Auftriebskräfte, welche in erster Linie das Verhalten der Foundationen beeinflussen, werden im Bereich der Kontaktfläche zwischen Beton und Fels in verschiedenen Tiefen im Felsuntergrund gemessen (siehe Absatz 2.6 "Beobachtung des Verhaltens der Foundation").

2.4.5 Durchsickerung und Drainage

Die Durchsickerungswassermenge kann in Abhängigkeit von der Stauhöhe ändern und von den Wetterverhältnissen oder der Schneeschmelze beeinflusst werden.

Die Abflüsse sind möglichst sektoriell zu bestimmen, um ihre Herkunftszone einzugrenzen. Dies erlaubt im Falle einer Anomalie, die kritische Zone näher zu lokalisieren und die Feststellung der Ursache zu vereinfachen.

Die Abflüsse aus Drainageleitungen und Drainagestollen sind ebenfalls zu messen. Eine Verminderung des Abflusses kann auf eine Kolmatierung der Drainage hindeuten.

Der Sickerwasser- und Drainageabfluss kann volumetrisch⁴, mit einem Überfall oder einem Venturi bzw. durch Abflussmessung im durchflossenen Rohr bestimmt werden.

⁴ Die Wassermenge wird dabei mit einem Gefäss mit entsprechendem Fassungsvermögen während mindestens 20 Sekunden bestimmt.

MESSTYP	MESSINSTRUMENT MESSMETHODE
Verformungen der Talsperre	Lot Schwimmlot Drahtalignement Neigungsmessung Extensometer Geodäsie Aussennetz Nivellement Polygonzug (Vertikale Einmessung) Winkel- und Distanzmessung Alignement
Spezielle Verformungen (Risse, Fugen)	Mikrometer Deformeter Dilatometer Rissmaximeter
Temperatur im Innern des Mauerkörpers	Thermometer Elektrischer Thermometer
Auftrieb an der Kontaktfläche zwischen Beton und Foundation	Lichtlot, Brunnenpfeife Manometer Hydraulische oder elektrische Drucksonde
Abflüsse von Sicker- und Drainagewasser	Überfall Volumetrische Messung Venturi Abflussmessung im durchflossenen Rohr
Chemische Zusammensetzung der Sicker- und Drainagewassers	Laboranalyse

Tabelle 6: Instrumente für die Messungen an Betonmauern

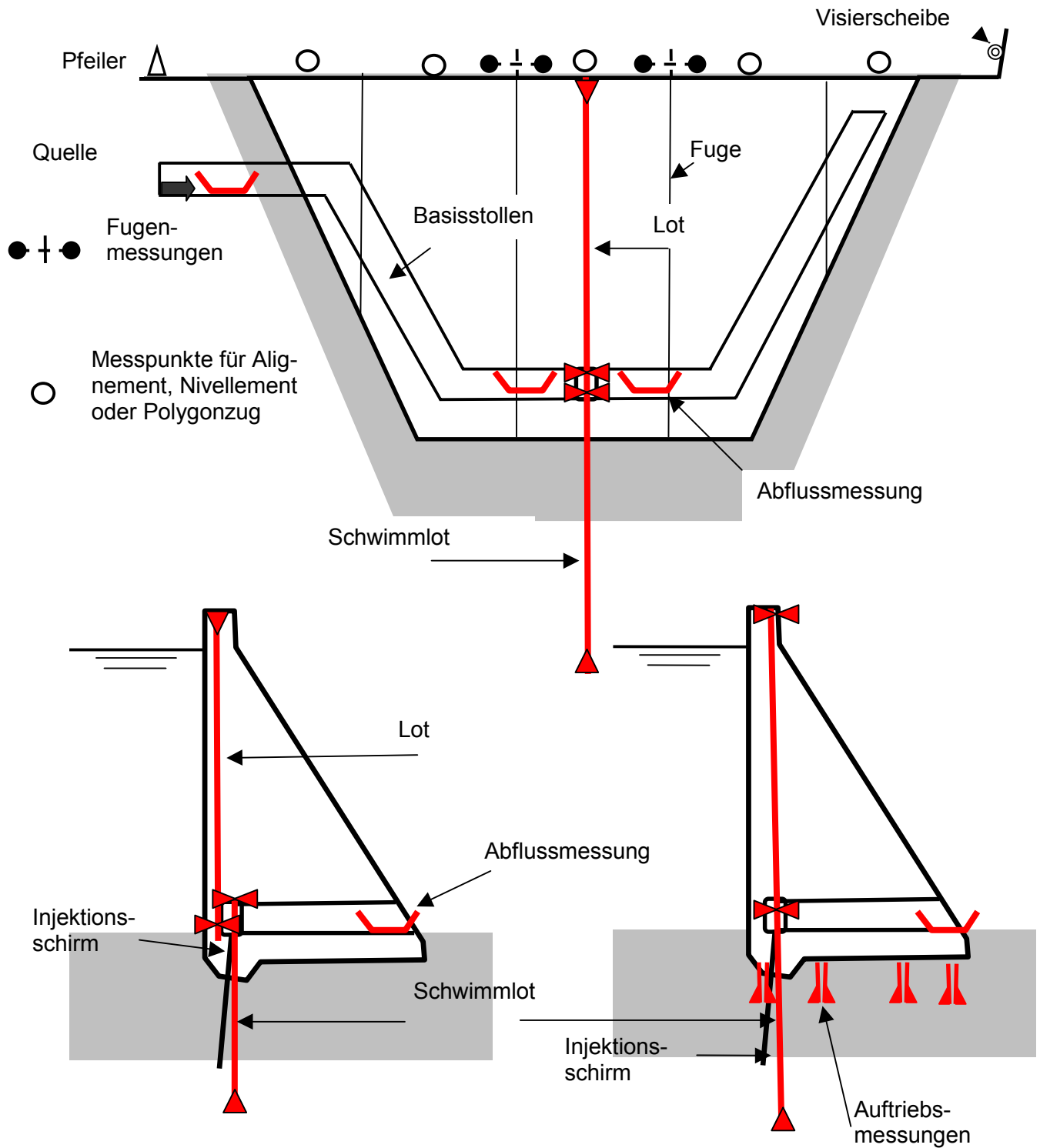


Abbildung 2: Gewichtsstaumauer
Schematische Darstellung einer einfachen Messanlage zur Überwachung

2.4.6 Instrumentierung kleinerer Betonstaumauern

Die Instrumentierung von Staumauern, welche eine Höhe von 10 m nicht überschreiten, soll einfach und auf die Beobachtung der wichtigsten Messgrössen in sorgfältig ausgewählten Punkten beschränkt sein (Seestand, Verformungen, Sickerwassermengen).

Der Seestand kann mit einem Lattenpegel, einer geeichten Markierung auf der Wasserseite der Mauer, einem Pegelstandsmesser oder gegebenenfalls mit einem Pegelschreiber gemessen werden. Für die Erhebung der Lufttemperatur kann ein einfaches Thermometer an einer geschützten Stelle vorgesehen werden. Falls in der Gegend eine meteorologische Messstation vorhanden ist, kann diese nützliche Angaben über den Niederschlag (Regen, Schnee) und die äusseren Einflüsse liefern.

Auch wenn die Verformungen der Mauer gering sind, ist das Anbringen von Messpunkten sinnvoll, damit bedeutende Veränderungen ihres Verhaltens z.B. nach einem ausserordentlichen Ereignis (Erdbeben, Hochwasser) festgestellt werden kann.

Die einfache Winkelmessung oder das Alignement mit mehreren Punkten auf der Krone sind gute Möglichkeiten für die Verhaltensbeobachtung (Figur 3). Die Messung eines Polygonzugs oder eine Winkel- und Distanzmessung (Vektormessung) ermöglichen eine noch präzisere Aussage. Falls mit Fugenverschiebungen gerechnet muss, ist eine entsprechende Instrumentierung vorzusehen.

Sickerwasseraustritte sollten gesammelt und der Abfluss volumetrisch bestimmt werden (siehe Fussnote 4). Die Erhebung der Auftriebskräfte ist bei Gewichtsmauern oft zweckmässig.

Auskolkungen im Unterwasser von Flussschwellen sind besonders schwierig festzustellen. Eine Kontrolle durch Taucher empfiehlt sich nach jedem grossen Hochwasser oder wenigstens alle fünf Jahre.

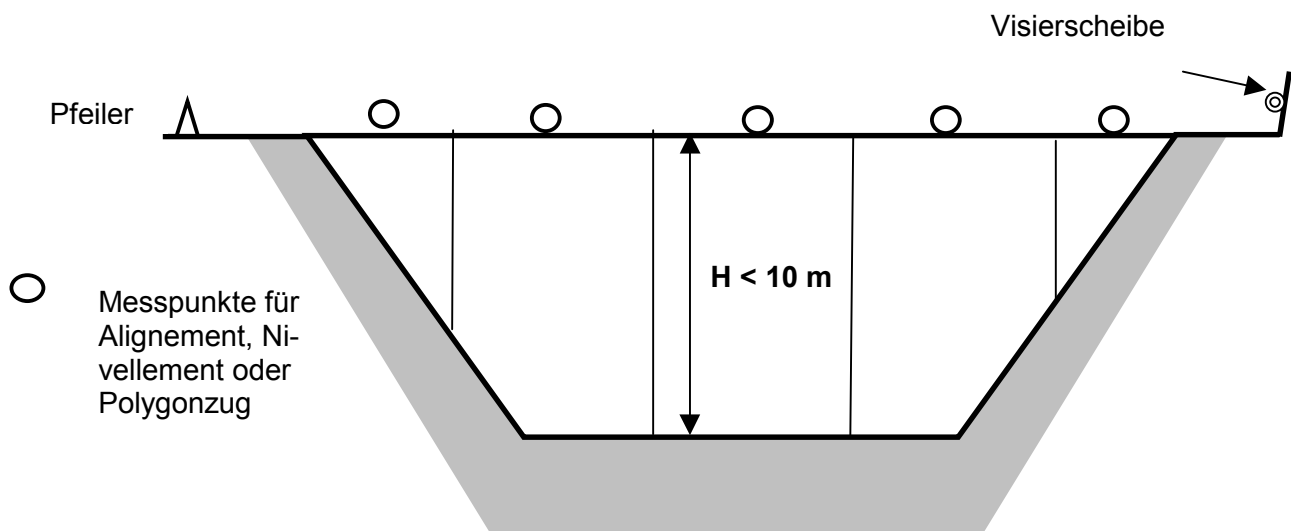


Abbildung 3: Schematisches Beispiel für die Verformungsmessung an einer kleinen Betonmauer
(Die Messanlage ist den Besonderheiten und der Grösse der Sperre anzupassen)

2.5 Beobachtung des Verhaltens von Dämmen

2.5.1 Verformungen

Die Ermittlung des Verformungsverhaltens von Dämmen erfolgt durch die Bestimmung von Setzungen (Vertikaldeformationen) und Horizontalverschiebungen von Punkten auf der Krone und, wenn möglich, in verschiedener Höhenlage auf den Böschungen sowie speziell der Setzungen von Punkten der Fundation. Im Allgemeinen werden die Verschiebungen der Punkte durch geodätische Messungen, wie Winkel- und Distanzmessung, Alignements, Polygonzüge, Nivellements (siehe Absatz 2.7 Geodäsie), sowie mit Hilfe von Setzpegeln und Schlauchwaagen (hydraulische Setzpegel) bestimmt (siehe Abbildung 4, Abbildung 5 und Abbildung 6).

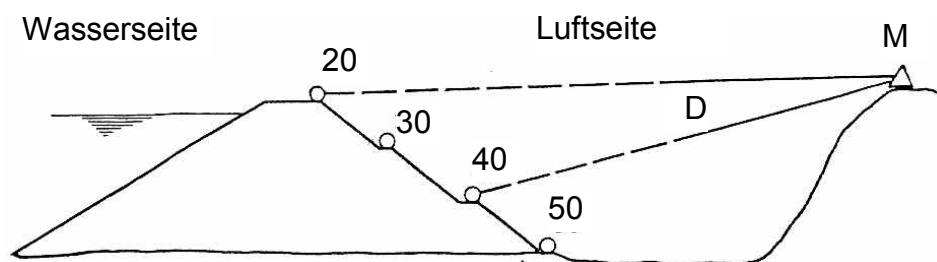
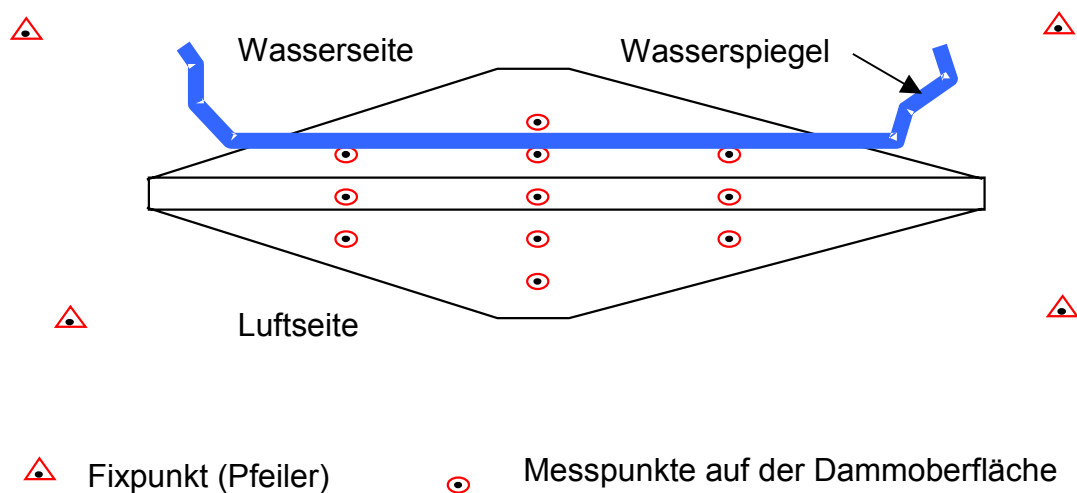


Abbildung 4:
Messung der vertikalen und horizontalen Verformung von Oberflächenmesspunkten bei Dämmen

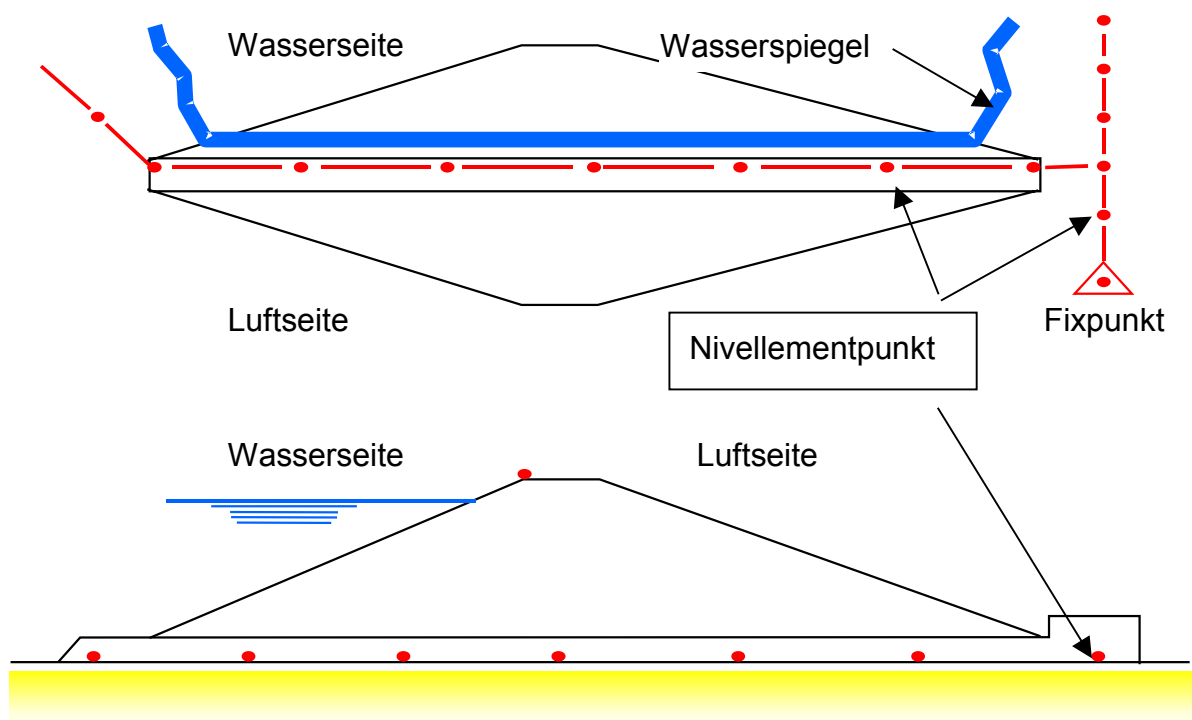


Abbildung 5: Setzungsmessungen längs der Dammkrone und in einem Stollen unter dem Damm

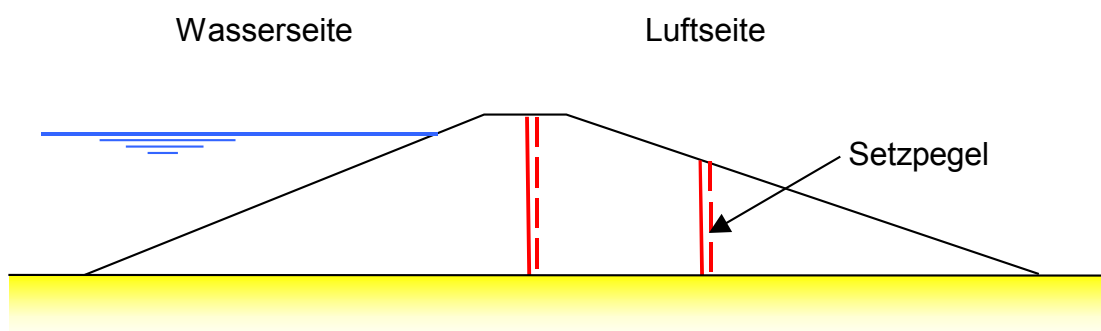


Abbildung 6:
Setzungsmessungen mit Setzpegeln bei einem Damm

2.5.2 Porenwasserdrücke und Sickerlinie

Bei einem Damm ist es sehr wichtig den Verlauf der Porenwasserdrücke (besonders im Kern) und der Sickerlinie zu kontrollieren. Die Messungen werden mit pneumatischen, hydraulischen oder elektrischen Druckmesszellen durchgeführt oder mit Standrohrpiezometern (offenes Rohr oder geschlossenes, mit einem Manometer ausgestattetes Rohr) (siehe Abbildung 8).

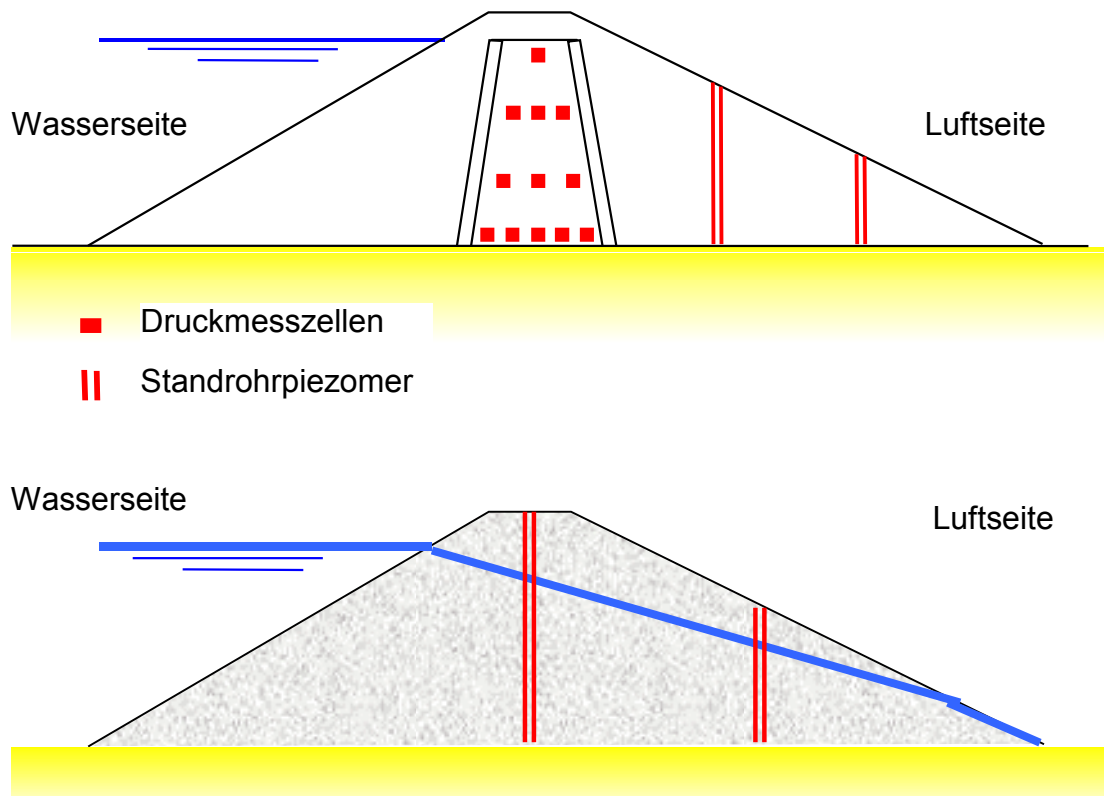


Abbildung 7: Messung der Porenwasserdrücke und der Sickerlinie bei einem Damm

2.5.3 Sicker- und Drainagewassermengen

Die Sicker- und Drainagewassermengen können in Abhängigkeit des Stauspiegels variieren und von den Wetterverhältnissen und der Schneeschmelze beeinflusst werden. Das durchgesickerte Wasser kann in Drainagen auf der Luftseite des Dammkerns oder an der Kontaktfläche zwischen der Dichtungsmembran und dem Schüttkörper des Dammes gesammelt werden.

Es sollte wenn immer versucht werden, die Abflüsse sektoriell zu bestimmen, um so ihre Herkunftszone ermitteln zu können. Dies erlaubt im Falle einer Unregelmässigkeit, die kritische Zone zu lokalisieren und die Bestimmung der Ursache zu vereinfachen.

Die Abflüsse des Sicker- und Drainagewassers werden gesammelt und beim Austritt volumetrisch (siehe Fussnote 4) oder mit einem Überfall oder einem Venturi bestimmt.

Ausserdem ist es von Nutzen die chemische Zusammensetzung und die Trübung des Wassers zu analysieren. Die Trübungsmessung kann Hinweise auf mitgeführte Feststoffpartikel geben.

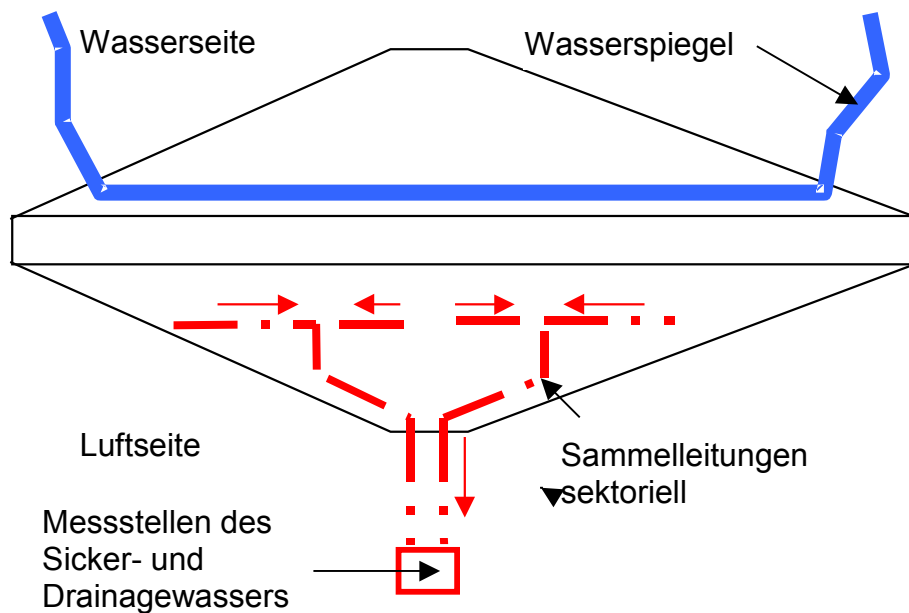


Abbildung 8: Schematische Darstellung der Sammelleitungen des Sicker- und Drainagewassers und der sektoriellen Messung der Abflüsse

MESSART	MESSINSTRUMENTE MESSMETHODEN
Horizontalverformungen und Vertikalverformungen (bzw. Setzungen)	Geodäsie Aussennetz Nivellement Polygonzug Winkel- und Distanzmessung Alignement Inklinometer Setzpegel Schlauchwaage
Sickerlinie	Standrohrpiezometer
Porenwasserdrücke	Druckmesszelle Standrohrpiezometer mit Manometer
Sicker- und Drainagewassermengen	Überfall Volumetrische Messung Abflussmessungen im durchflossenen Rohr Venturi
Wassertemperatur	Thermometer
Trübung	Trübungsmesser
Chemische Zusammensetzung des Sickerwassers	Laboranalyse
Temperatur im Innern des Schüttkörpers	Elektrisches Thermometer

Tabelle 7: Messinstrumente und Messmethoden für Erddämme

2.5.4 Instrumentierung kleiner Erddämme

Die Instrumentierung von Dämmen, welche eine Höhe von 10 m nicht überschreiten, soll einfach und auf die Beobachtung der wichtigsten Messgrößen in sorgfältig ausgewählten Punkten beschränkt sein (Seestand, Verformungen, Sickerwassermengen, Sickerlinie).

Die Seestand kann mit einem Lattenpegel, einer geeichten Markierung auf der wasserseitigen Böschung, einem Pegelstandsmesser oder gegebenenfalls mit einem Pegelschreiber gemessen werden. Falls in der Gegend eine meteorologische Messstation vorhanden ist, kann diese Angaben über die Umgebungsbedingungen wie Niederschläge (Regen, Schnee) und Temperatur liefern.

Auch wenn die Verformungen des Dammes gering sind, ist das Anbringen von Messpunkten sinnvoll, damit bedeutende Veränderungen ihres Verhaltens z. B. nach einem ausserordentlichen Ereignis (Erdbeben, Hochwasser) festgestellt werden können.

Die einfache Winkelmessung oder das Alignement mit mehreren Punkten auf der Krone sind gute Möglichkeiten für die Verhaltensbeobachtung (siehe Abbildung 9).

Die Messung eines Polygonzugs oder eine Winkel- und Distanzmessung (Vektormessung) ermöglichen eine noch präzisere Aussage.

Die vertikalen Verformungen (Setzungen) können mit einem Nivellement auf der Dammkrone ermittelt werden.

Wird der Damm von einem Stollen gequert, ist ein Nivellement mit Punkten auf der Stollensohle und eventuell die Messung der Fugenbewegung empfohlen.

Von besonderem Interesse ist die Beobachtung der Relativverschiebungen zwischen Damm und angrenzenden Betonbauwerken.

Wenn Wasseraustritte festgestellt werden, soll das Wasser gesammelt und der Abfluss volumetrisch bestimmt werden (siehe Fussnote 4). Je nach Dammtyp ist es zweckmässig, die Lage des Sickerwasserspiegels durch offene Standrohrpiezometer zu kontrollieren.

Die für kleine Dämme erhobenen Messgrössen weisen in der Regel kleine Schwankungen und geringe Werte auf. Daher sind regelmässige visuelle Kontrollen und der Unterhalt um so wichtiger (siehe dazu auch Kapitel 3 und 4).

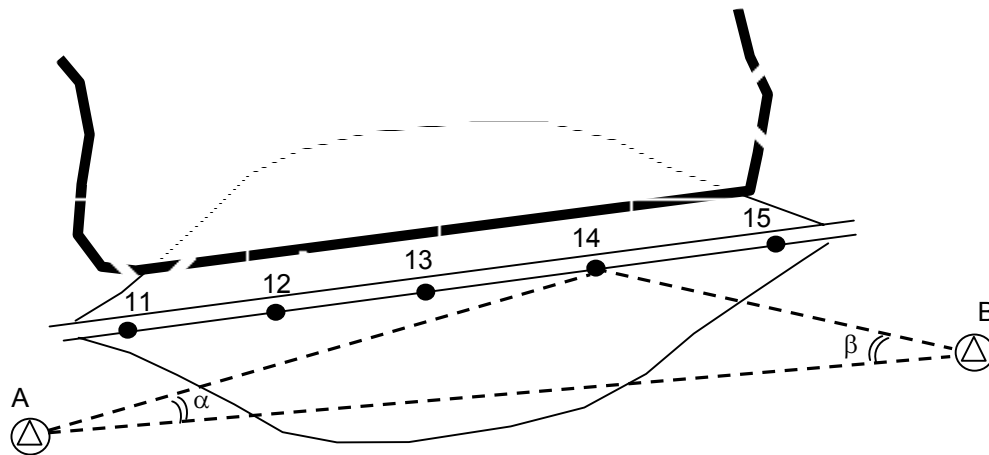


Abbildung 9: Die Verformungen von Messpunkten werden durch Winkelmessungen bestimmt

2.6 Beobachtung des Verhaltens der Foundation

2.6.1 Foundation im Fels

A) Verformungen

Mit Extensometern und Bohrlochmikrometern (bei welchen jeden Meter eine Messung erfolgt) werden die Verformung in vertikaler, horizontaler oder geneigter Richtung gemessen. Die für die Installation der Instrumente zu wählende Richtung ist von der Geologie und, vor allem bei Bogenmauern, von der Richtung der Kräfteübertragung abhängig. Die Verformungen der Foundation können am besten erfasst werden, wenn die Extensometer mindestens in zwei oder sogar drei Richtungen platziert werden. In eine Bohrung können bis zu sechs Stangen unterschiedlicher Länge eingeführt werden.

Die Messung der horizontalen Verformung in zwei Richtungen (beispielsweise Wasserseite-Luftseite; linksufrig-rechtsufrig) kann mit Schwimmloten durchgeführt werden (eventuell mit einem selbstzentrierenden Gleitanker, der die Messung in verschiedener Tiefe erlaubt). Die Messung ist ebenfalls möglich mit Extensometern, vorausgesetzt diese haben eine ausreichende Länge und sind entsprechend orientiert.

Die Bewegungen der Widerlager können über in der Nähe angebrachte Messpunkte beobachtet werden, welche in das geodätische Messnetz integriert werden.

B) Auftrieb und piezometrisches Niveau

Der Auftrieb, dessen Grösse im Allgemeinen vom Seestand abhängt, wird im Bereich der Kontaktfläche zwischen Beton und Fels und in verschiedenen Tiefen im Untergrund gemessen. Da der Auftrieb von der Wasserseite zur Luftseite ändert, sind mehrere Messpunkte über die Fundationsbreite zu verteilen. Es sind mehrere Messquerschnitte vorzusehen.

Der Auftrieb im Bereich der Kontaktfläche zwischen Beton und Fels und im Untergrund kann mit offenen Bohrungen (durch Ermitteln des Wasserstands im Bohrloch) oder mit geschlossenen Bohrungen gemessen werden. Die geschlossenen Bohrungen werden mit Manometern, bzw. mit pneumatischen, elektrischen oder hydraulischen Druckmesszellen in verschiedenen Bohrtiefen ausgerüstet.

C) Sicker- und Drainagewassermengen

Beim Sicker- und Drainagewasser handelt es sich um Wasser, das durch den Fundamentbereich sickert, oder um gefasste oder diffuse Wassereintritte. Diese Abflüsse und diejenigen aus Drainagebohrungen oder Drainagestollen sind zu messen. Diese Messungen liefern zusammen mit den Auftriebsmessungen Angaben zum Zustand des Dichtungsschirmes und zur Wirksamkeit der Drainagen. Eine Verringerung des Abflusses kann auf ein Verstopfen des Entwässerungssystems hindeuten. In diesem Fall muss die Auswirkung auf den Auftrieb überprüft werden.

Die Abflüsse werden volumetrisch bestimmt (siehe Fussnote 4), mit einem Überfall, einem Venturi oder durch Abflussmessung in einem voll durchflossenen Rohr.

2.6.2 Foundation im Lockermaterial

D) Verformungen

Nivellement, Setzpegel und Schlauchwaage sind einige der Möglichkeiten die Setzungen von Fundationen auf Lockermaterial zu bestimmen. Nivellementsmessungen können nur in Quer- und Längsstollen von Schüttdämmen durchgeführt werden.

E) Porenwasserdrücke und Sickerlinie

Die Messung von Porenwasserdrücken und der Sickerlinie in der Foundation kann in offenen Bohrlöchern (durch Bestimmung der Wasserspiegelhöhe) oder in geschlossenen Bohrungen gemessen werden. Die geschlossenen Bohrungen werden mit Manometern, pneumatischen elektrischen oder hydraulischen Druckmesszellen in verschiedenen Tiefen ausgerüstet.

F) Sicker- und Drainagewassermengen

Beim Sicker- und Drainagewasser handelt es sich um Wasser, welches durch den Fundamentbereich sickert, oder um gefasste oder diffuse Wassereintritte. Diese Abflüsse und diejenigen aus Drainagebohrungen oder Drainagestollen werden ebenfalls gemessen.

Die Abflüsse werden volumetrisch bestimmt (siehe Fussnote 4), mit einem Überfall, einem Venturi oder durch Abflussmessung in einem voll durchflossenen Rohr.

Mit einer Trübungsmessung wird die Lösung und Auswaschung von Feinmaterial überwacht.

MESSART	MESSINSTRUMENTE UND MESSMETHODEN	
	FUNDATION AUF FELS	FUNDATION AUF LOCKERMATERIAL
Verformung	Inklinometer Extensometer Bohrlochmikrometer Geodäsie (Polygonal, Nivellement)	Inklinometer Extensometer Bohrlochmikrometer Setzungsmessungen (Nivellement, Setzpegel, Schlauchwaage)
Spezielle Bewegungen (Klüfte, Risse)	Bohrlochmikrometer	
Auftrieb und Porenwasserdrücke	Manometer Druckmesszelle	Manometer Druckmesszelle
Grundwasserspiegel	Standrohrpiezometer	Standrohrpiezometer
Abflüsse von Sicker- und Drainagewasser	Überfall Volumetrisch Abflussmessungen in einem voll oder teilweise durchflossenen Rohr Venturi	Überfall Volumetrisch Abflussmessungen in einem voll oder teilweise durchflossenen Rohr Venturi
Temperatur	Thermometer	Thermometer
Trübung	Trübungsmessgerät	Trübungsmessgerät
Chemische Zusammensetzung des Wassers	Laboranalysen und Feldmessungen	Laboranalysen und Feldmessungen

Tabelle 8: Messinstrumente und Messmethoden bei Foundation auf Fels und auf Lockermaterial

2.7 Geodäsie

2.7.1 Triangulationsnetz

Mit Messstellen im Innern der Talsperren können lediglich relative Verformungen ermittelt werden, was im Rahmen der laufenden Überwachung ausreichend ist. Um hingegen Angaben über die Entwicklung von Verformungen oder über ein aussergewöhnliches Verhalten zu erhalten, ist die absolute Grösse der Verformung gefragt.

Das innere Messsystem der Talsperre wird daher mit einem äusseren Bezugssystem verbunden. Dieses kann in ein erweitertes Bezugssystem eingebunden sein, in welchem gewisse Punkte mit dem GPS (Global Positioning System) bestimmt werden. Das GPS ist dazu geeignet, das geodätische Messnetz in geologisch stabile Zone ausserhalb des von der Stauanlage beeinflussten Verformungsbereichs einzugliedern.

Die Kombination zwischen GPS und terrestrischer, geodätischer Messung bildet ein sogenanntes hybrides Messnetz (Abbildung 10).

Dank der Geodäsie kann die Verschiebung von Messpunkten gegenüber Fixpunkten, die als unbeweglich angenommen werden, gemessen werden. Der Vorteil dieser Methode ist, dass damit absolute Verschiebungen ermittelt werden können. Die Durchführung einer Messkampagne ist jedoch von den Wetterverhältnissen abhängig.

Für das Plazieren der Fixpunkte für das Triangulationsnetz ausserhalb der Talsperre ist eine Zusammenarbeit zwischen dem Geometer, dem Bauingenieur und dem Geologen notwendig. Fixpunkte sollen sowohl wasserseits als auch luftseits der Sperre vorgesehen werden. Eine Verbindung des Triangulationsnetzes mit Loten und Extensometern im Innern der Talsperre ist ebenfalls vorzusehen.

Das Nivellement ist auf den Ufern luftseits und wasserseits der Talsperre so weit wie möglich zu verlängern.

Geodätische Messungen müssen von Spezialisten auf diesem Gebiet durchgeführt werden.

2.7.2 Ausrüstung der Talsperre

Die geodätischen Kontroll- oder Messpunkte werden auf der Krone der Talsperre, in den Stollen und/oder auf der Luftseite sowie im Umgebungsgelände angebracht. Bei kleineren Sperren befinden sich die Punkte vor allem auf der Krone. Bei Dämmen wird auch die Wasserseite mit Messpunkten ausgerüstet.

Die Verformungen können durch das Messen von Distanzen, Winkeln oder Alignment bestimmt werden.

Ein Polygonzug gibt Auskunft über die Verformung in der Horizontalebene. Ein Nivellement erlaubt die Bestimmung der Höhenverschiebung. Dabei wird zwischen einem Präzisionsnivellement (direkte Messung des Höhenunterschiedes zwischen zwei Punkten) und Höhenwinkelmessung (Winkelmessung zwischen zwei Punkten, deren Abstand bekannt ist) unterschieden.

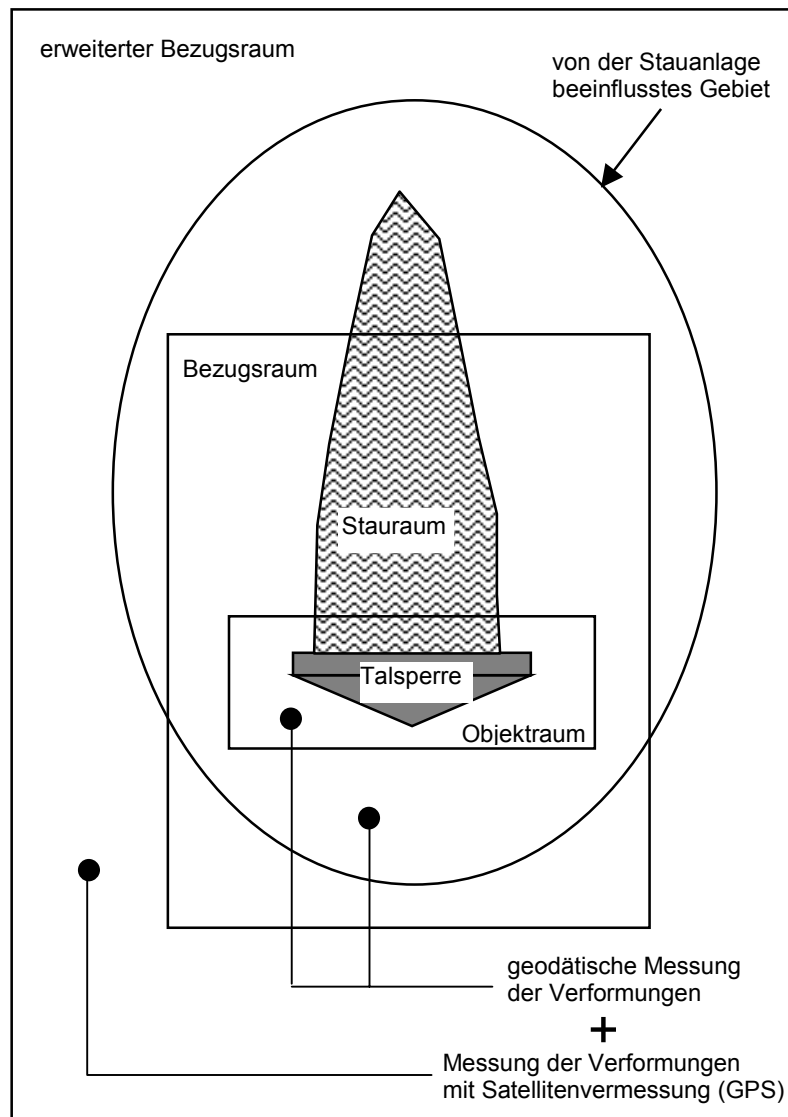


Abbildung 10: Hybrides Messnetz gebildet aus der Kombination von terrestrischer, geodätischer GPS-Messung

2.7.3 Instrumente

Die Ausrüstung setzt sich einerseits aus Theodoliten, Nivelliergeräten, Abstandsmessern (Distometern) und andererseits aus Zubehör wie Visierscheiben, Reflektoren, optischen Loten, Nivellierlatten, Invardrähten, usw. zusammen.

2.8 Überwachung der näheren und weiteren Umgebung der Stauanlage

2.8.1 Einleitung

Die Überwachung der näheren und weiteren Umgebung umfasst Messungen (Verformung des Geländes, Quellen) und visuelle Beobachtungen (siehe auch Kapitel 3). Das interessierende Gebiet umfasst die Kontaktbereiche wasser- und luftseitig sowie am luftseitigen Fuss der Talsperre, die Uferzone des Stauraumes und das gesamte Einzugsgebiet.

Der Unterhalt der Fliessgewässer unterhalb der Talsperre obliegt den Kantonen und Gemeinden.

2.8.2 Auskolkung am luftseitigen Talsperrenfuss

Können unterhalb von Talsperren Kolke infolge Wasserabfluss entstehen, ist eine regelmässige Erhebung der Form und Tiefe der Auskolkungen angezeigt (z.B. alle 3 bis 5 Jahre bzw. nach jedem ausserordentlichen Hochwasser. Diese Erhebung kann topographisch oder mit Bathymetrie (falls der Kolk mit Wasser gefüllt ist) durchgeführt werden.

2.8.3 Quellen unterhalb der Talsperre

Die Abflüsse von Quellen unterhalb der Talsperre müssen ebenfalls gemessen werden, da eine Änderung dieser Abflüsse auf eine Anomalie im unterirdischen Strömungsnetz hinweisen kann. Der Abfluss kann volumetrisch oder mit einem geeichten Überfall bestimmt werden.

2.8.4 Erhebung des Grundwasserspiegels

Eine Messung der Grundwasserspiegelschwankungen ist gelegentlich angebracht. Die Erhebung kann z.B. mit einem Lichtlot, welches in eine offene Bohrung eingeführt wird, oder mit einer Drucksonde und dazu gehörendem Aufzeichnungsgerät durchgeführt werden.

2.8.5 Sedimente im Stauration

Die Erhebung der Sedimentablagerung ist besonders in Sperrennähe von grosser Bedeutung. Das Freibleiben der Einläufe von Wasserfassungs- und Entlastungsbauwerken

muss sichergestellt sein. Zu diesem Zweck kann regelmässig eine Tiefenmessung durchgeführt werden. Der Zeitabstand hängt vom Umfang des Sedimenteintrags ab.

2.8.6 Steinschlag

Es sollte überprüft werden, dass weder Personen noch Zugänge zu den Anlagen durch instabile Felsblöcke gefährdet sind. Ein Entfernen der Steinblöcke, eine Sicherung oder das Anbringen von Schutznetzen kann sich als notwendig erweisen.

2.8.7 Gebiete mit instabilen Hängen

Instabile Hänge müssen beobachtet werden. Ein Erdrutsch in den Stauration kann eine Welle erzeugen, welche über die Krone schlägt. Mittel zur Überwachung dieser Hänge sind geodätische Messungen (Triangulation zur Bestimmung der räumlichen Veränderung der Verschiebung von Punkten auf der Geländeoberfläche), direkte Abstandsmessungen zwischen mehreren Punkten, oder Messungen mit Inklinometer zur Bestimmung der Verformung in der Tiefe, (Abbildung 12).

2.8.8 Lawinen

Je nach Situation empfiehlt sich eine Beobachtung der Schneedecke. Falls grössere Lawinen den Stauraum erreichen können, ist eine Absenkung des Stauspiegels während des kritischen Zeitraumes erforderlich, damit die Gefahr eines Überschwappens der Talsperrenkrone durch Wellen und Wasserverdrängung infolge des Lawinenschnees ausgeschlossen werden kann.

2.8.9 Gletscher

Ein über den Speicherraum hängender Gletscher sollte regelmässig besichtigt werden und seine Bewegungen gemessen werden. Falls die Gefahr eines Gletscherabbruchs besteht, bei dem grosse Mengen Eis den Stauraum erreichen können, ist eine Absenkung des Stauspiegels während des Zeitraumes erforderlich, in welchem die Gefahr vorhanden ist.

2.8.10 Gletscherseen

Das Vorhandensein von Gletscherseen kann im Falle ihres Auslaufens auch eine grosse Gefahr bedeuten.

2.8.11 Einzugsgebiet

Gestalt und Veränderungen des Einzugsgebietes können einen Einfluss auf die Entstehung von Hochwasser haben. Es ist daher von Nutzen die Veränderungen morphologischer Vorgänge im Laufe der Zeit zu ermitteln: wie Erosionen, Permafrostveränderungen, Erdbeben, Murgänge, Entwaldung, neue Strassen und versiegelte Flächen, neue Talsperren, usw.

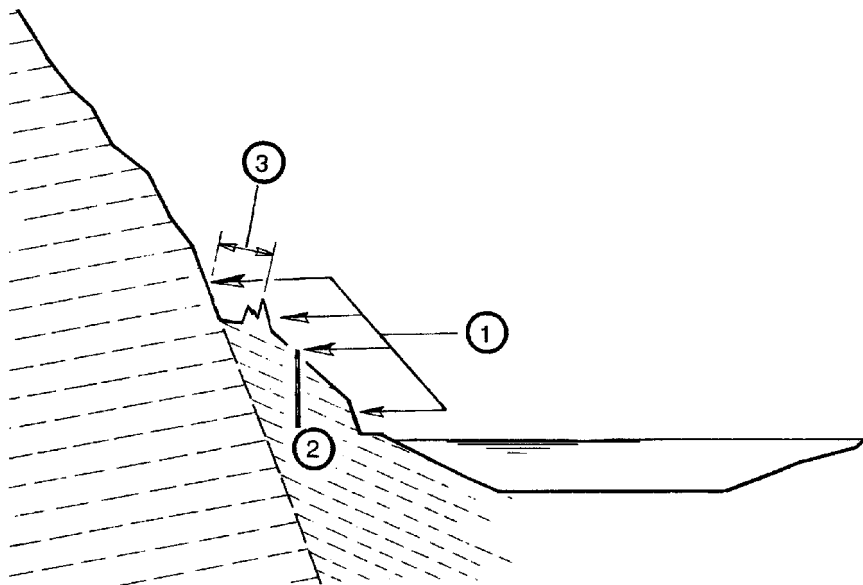


Abbildung 11: Messmittel zur Überwachung von Uferzone
1 Triangulation; 2 Messungen in Bohrlöchern; 3 Distanzmessungen zwischen Bolzen (Messpunkten)

2.9 Messprogramm

2.9.1 Allgemeines

Das Messprogramm muss der Grösse der Stauanlage angepasst werden. Es kann auch von der Füllungshöhe des Speichers abhängen, in dem zwischen abgesenktem Stau und Vollstau unterschiedliche Messfrequenzen herrschen. Im Weiteren wird die Art des Verhaltens der Stauanlage berücksichtigt (Normalverhalten, anomales Verhalten).

Nach jedem ausserordentlichen Ereignis, wie zum Beispiel einem Erdbeben oder einem Hochwasser, müssen gezielte Messungen durchgeführt werden. Zusätzlich wird im Falle eines anomalen Verhaltens die Messfrequenz erhöht.

2.9.2 Stauanlagen mit einer Höhe über 10 m

Die Parameter, welche bezeichnend für das globale Verhalten der Stauanlage sind, wie z.B. die mit Loten gemessenen Verformungen, die Gesamtsickerwasserabflüsse oder die Auftriebs- und Porenwasserdrücke, sind häufig zu messen (wöchentlich, einmal alle zwei Wochen, monatlich) (Tabelle 9). Mit diesen Messungen soll eine Verhaltensanomalie möglichst frühzeitig entdeckt werden.

Zusätzliche Parameter (beispielsweise Fugenverschiebung und Neigungsänderungen) werden oft ein- bis zweimal jährlich erhoben.

Eine vollständige geodätische Messung, welche eine besonderes anspruchsvolle Messung darstellt, wird in der Regel alle fünf Jahre durchgeführt. Allerdings werden bei Dämme ein- oder sogar zweimal pro Jahr Nivellemente und eventuell Polygonzüge gemessen, um den Verlauf der Verformungen zu beobachten.

Bei automatisch erhobenen Messgrössen (Wasserspiegelkote, Lufttemperatur und Verhaltensparameter, wie Verformung, Drücke, Sickerwassermengen) wird mindestens ein Wert pro Tag (Momentanwert oder Mittelwert) gespeichert.

2.9.3 Messprogramm für kleine Stauanlagen ($H < 10$ m)

Bei kleinen Stauanlagen wird das Messprogramm den vorhandenen Mitteln sowie der voraussichtlichen Amplitude und Grösse der Messparameter angepasst.

Werden geringe Verformungen erwartet, kann möglicherweise eine jährliche Messung genügen, um das korrekte Verhalten der Stauanlage zu kontrollieren.

Die Messung der Wasseraustritte und die Erhebung des Sickerwasserspiegels charakterisieren das Verhalten der Stauanlage, sind einfach durchzuführen und können schnell beurteilt werden. Diese Messungen sollten einmal monatlich zusammen mit den visuellen Kontrollen durchgeführt werden.

PARAMETER	MESSUNG	MESSFREQUENZ
Parameter, welche bezeichnend für das globale Verhalten der Stauanlage sind	Loten Gesamtsickerwasserabflüsse Auftriebs- und Porenwasserdrücke	wöchentlich einmal alle zwei Wochen monatlich
	vollständige geodätische Messung	alle fünf Jahre
	reduzierte geodätische Messung	ein- oder sogar zweimal pro Jahr
Zusätzliche Parameter	Fugenverschiebung Neigungsänderung	ein- bis zweimal jährlich

Figur 9 : Messfrequenz

2.10 Beurteilung der Messwerte⁵

2.10.1 Allgemeines

Das Verhalten einer Talsperre wird anhand der Auswertung der Messergebnisse beurteilt.

Abbildung 12 zeigt im verallgemeinerten Form das Vorgehen bei der Analyse des Bauwerksverhaltens anhand der Messungen und Daten, welche von der Messanlage geliefert werden. Die Beurteilung kleiner Stauanlagen kann auf die Vorgänge in der oberen Hälfte der Abbildung beschränkt werden (Bestimmen der repräsentativen Parameter und Angaben zu den visuellen Beobachtungen).

Das Erfassen der Messdaten obliegt in der Regel dem Betreiber. Die Auswertung betrifft auf verschiedenen Ebenen alle Beteiligten (Betreiber, erfahrener Ingenieur, ausgewiesene Experten, Aufsichtsbehörde). Der Betreiber ist für die Plausibilitätskontrolle der erhaltenen Werte und deren Validierung zuständig. Die erfahrene Fachperson überprüft die Validierung der erhobenen Messwerte und bestätigt sie, wenn sich die Talsperre entsprechend verhält.

Es erweist sich daher als notwendig, bei der Planung eines Überwachungssystems die Zuständigkeiten für die Interpretation der Daten zu definieren. Diese Vorgehensweise in den nachstehende Kapitel beschriebene hat zum Ziel, eine Verhaltensanomalie der Stauanlage möglichst früh aufzudecken. Dazu sind die Auswertungen möglichst kurz nach den Messungen durchzuführen.

⁵ Für diesen Teil, geben die Veröffentlichungen des STK [4] und [6] weitere Angaben.

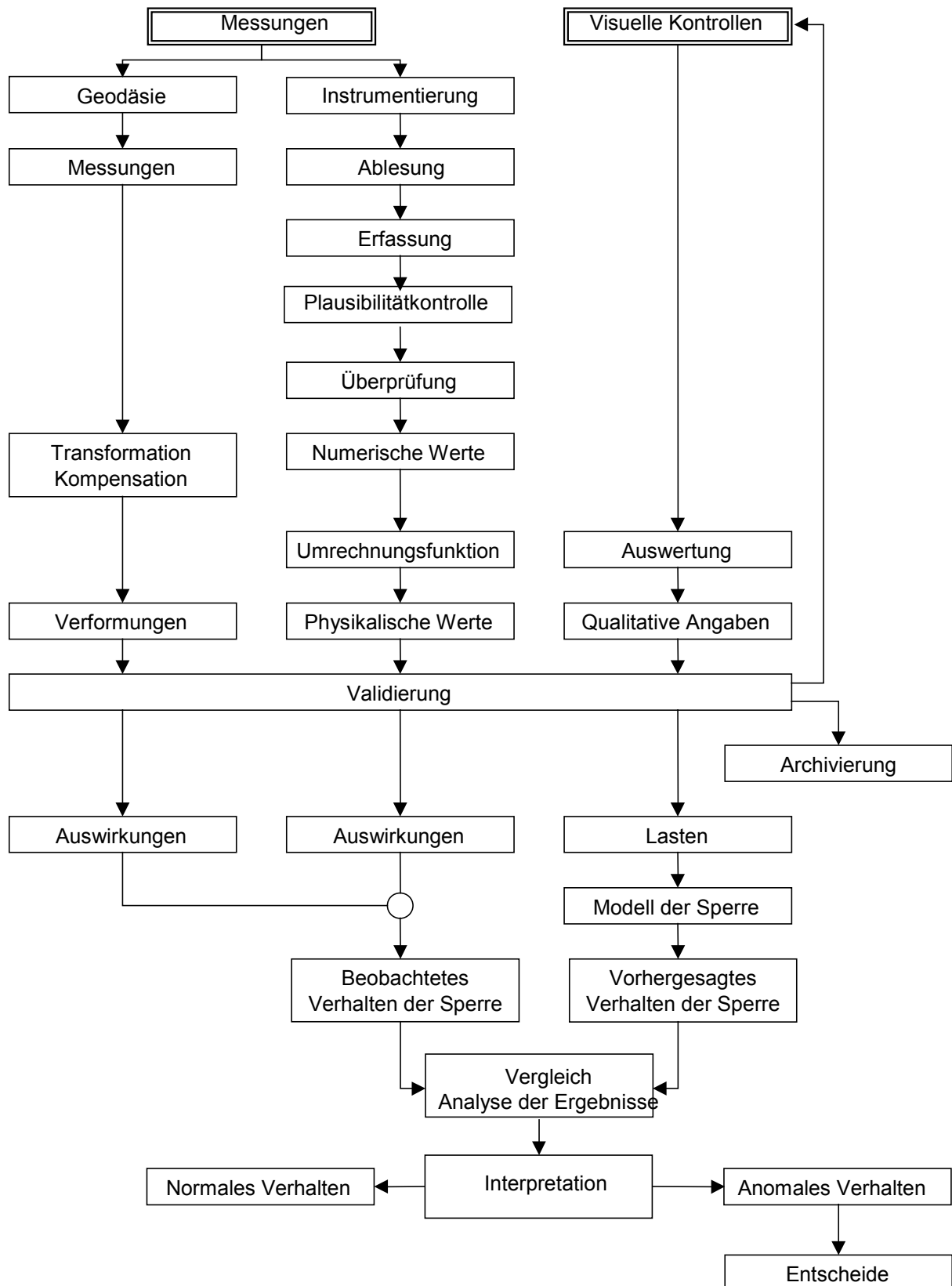


Abbildung 12: Schematische Darstellung der Auswertung der Messergebnisse und der Beobachtungen

2.10.2 Plausibilitätskontrolle

Vor der Auswertung der Messdaten müssen die vorhandenen Messergebnisse überprüft und validiert werden.

Die Plausibilitätskontrolle, welche in der Regel vom Betreiber durchgeführt wird, kann je nach Erhebungsmethode (manuell oder automatisch) auf mehrere Arten vorgenommen werden. Diese erste Kontrolle zielt darauf ab, Fehler bei der Erhebung, der Übertragung oder der Übermittlung der Messdaten zu vermeiden und so ihre Zuverlässigkeit zu erhöhen.

Ein häufig angewendetes Verfahren besteht darin, zu prüfen, ob der gerade erfasste Messwert innerhalb des Plausibilitätsbereichs liegt (siehe Anhang 2.3). Der Plausibilitätsbereich wird aufgrund der früheren Messwerte unter Berücksichtigung der Wasserspiegelhöhe und/oder der Jahreszeit definiert. Auch wenn diese Methode oft die einzig mögliche Näherung ist, weist sie doch den Nachteil auf, besondere betriebliche Bedingungen der Stauanlage ausser Acht zu lassen. Oft sind frühere Referenzmesswerte nicht in ausreichender Anzahl vorhanden.

Falls ein manuell erfasster Messwert ausserhalb des Plausibilitätsbereichs liegt, sollte die Messung grundsätzlich wiederholt werden. Allerdings können besondere Betriebsbedingungen (unübliche Lage des Wasserspiegels, aussergewöhnliche Temperaturen) zu Messwerten ausserhalb des Plausibilitätsbereichs führen, ohne dass die Messung fehlerhaft ist oder ein anomales Verhalten der Talsperre vorliegt. Eine solche Messung kann zugelassen werden, wenn die Auswertung durch die erfahrene Fachperson dies bestätigt.

Eine weitere Möglichkeit für die Plausibilitätskontrolle besteht in einer sofortigen Überprüfung der Übereinstimmung des gleichen, jedoch mit einem anderen Gerät oder einer anderen Methode erhobenen Messwerts. Diese Kontrolle erlaubt ebenfalls, die Zuverlässigkeit eines automatisierten Datenerhebungssystems zu überprüfen. In diesem Falle, wird der von Hand abgelesene mit dem automatisch erhobenen Wert verglichen.

Für kleinere Stauanlagen erweist sich eine Plausibilitätskontrolle in der Regel als ausreichend. Die Auswertung der Ergebnisse muss jedoch von einer erfahrenen Fachperson bestätigt werden.

2.10.3 Auswertung der Messwerte

Nach der Plausibilitätskontrolle werden die Daten an die mit der Auswertung und Beurteilung des Verhaltens der Stauanlage betraute erfahrene Fachperson, zur Validierung übermittelt. Für die Interpretation der Messwerte dienen folgende Methoden [6]:

- Statistisches Modell
- Deterministische Modell

Ein statistisches Modell beruht im Wesentlichen auf einem Vergleich von Messungen. Dabei werden die aktuellen Messungen mit den früheren verglichen oder Korrelationen zwischen verschiedenen Messgrössen (Temperaturverformung, Sickerwassermengen, Wasserspiegelkote, usw.) aufgestellt. Je nach Messart und Bauwerkstyp sind die anzuwendenden statistischen Gesetze sehr einfach oder sehr komplex. Unabhängig von ihrer eigentlichen Anwendung weisen alle statistischen Modelle folgende Hauptmerkmale auf:

- Die Zuverlässigkeit des Modells hängt von der Anzahl und der Zuverlässigkeit der vorhandenen historischen Daten ab.
- Das Modell erlaubt einzig einen Vergleich zwischen dem jetzigen Verhalten mit dem früheren. Es zeigt lediglich, ob das Bauwerksverhalten während eines gewissen Zeitraumes eine Anomalie aufweist oder nicht.

Aufgrund dieser Eigenschaften, zeigt es sich, dass mit einem statistisches Modell eine Auswertung aussergewöhnlicher Lastfälle (Leerung, extreme Temperaturen, Erdbeben)

aufgrund der fehlenden statistischen Grundlagen nicht möglich ist. Allerdings wird gerade in solchen Situationen oft eine schnelle und zuverlässige Beurteilung des Verhaltens der Talsperre verlangt.

Ein deterministisches Modell stützt sich auf den Vergleich zwischen einem gemessenen und einem berechneten Verhaltenszustand. Der berechnete stammt aus einem Rechenmodell der Talsperre, welches den aktuellen Lastfall berücksichtigt. Das deterministische Modell unterscheidet sich vom statistischen aufgrund folgender Besonderheiten:

- Die Messungen sind für die Ausarbeitung des Modells grundsätzlich nicht notwendig. Das mathematische Modell muss jedoch die Auswirkungen der verschiedenen Beanspruchungen auf das Verhalten der Talsperre quantitativ nachbilden können.
- Das Modell erlaubt für jede Lastkombination das zu erwartende Verhalten der Talsperre vorherzusagen. Die Auswertung beschränkt sich daher nicht nur auf die Betriebssituationen, welche schon eingetreten sind, das Modell kann auch auf zukünftige Lastfälle angewendet werden.

Das deterministische Modell erlaubt daher, das beobachtete Verhalten der Talsperre mit dem aufgrund des Belastungszustands zu erwartendem zu vergleichen. Die beiden Modelle (das statistische und das deterministische) haben ihre Vor- und Nachteile, welche bei der Festlegung des zur Auswertung der Messungen anzuwendenden Verfahrens berücksichtigt werden müssen.

Tabelle 10 stellt die wichtigsten Eigenschaften der beiden Modelle einander gegenüber. Daraus geht hervor, dass die beiden Modelle sich mehr oder weniger gegenseitig ergänzen. Vor allem für mittlere und grosse Talsperren kann es sich daher als nützlich erweisen, beide zu kombinieren. Es muss vor allem betont werden, dass die Anwendung des deterministischen Modells sich auf die Analyse der Verformung von Betonstaumauern beschränkt. Alle anderen Messungen sowie die Verformung von Dämmen können nur mit einem statistischen Modell ausgewertet werden. In seinem Anwendungsbereich erlaubt ein deterministisches Modell eine sehr detaillierte Analyse des Sperrenverhaltens, besonders im Falle von nicht reversiblen, sehr langsam ablaufenden Phänomenen oder im Falle von aussergewöhnlichen Betriebsbedingungen.

EIGENSCHAFTEN DES MODELLS	STATISTISCHES MODELL	DETERMINISTISCHES MODELL
Aufstellen des Modells	Relativ einfach	Relativ komplex
Anwendbarkeit auf die verschiedenen Bauwerkstypen	Alle Bauwerkstypen	Auf Betonstaumauern beschränkt
Anwendbarkeit auf die verschiedenen Messarten	Alle Messarten	Auf Verformungsmessungen beschränkt
Genauigkeit der Auswertung	Je nach vorhandenen Daten verschieden	Hoch
Anwendbarkeit auf aussergewöhnliche Situationen	Beschränkt	Möglich

Tabelle 10 : Qualitativer Vergleich zwischen statistischem und deterministischen Modell für die Auswertung der Messungen

3 VISUELLE KONTROLLEN

3.1 Aufgaben des Betreibers

Aufgrund der visuellen Kontrolle ist in regelmässigen Abständen die Anwesenheit des Talsperrenwärters auf der Stauanlage sichergestellt. Es ist bekannt, dass etwa zwei Drittel der ausserordentlichen Ereignisse durch Sichtkontrollen entdeckt werden.

Das Programm der visuellen Kontrollen besteht darin, zu überprüfen, ob wesentliche Veränderungen aufgetreten sind bei:

- Zustand
 - Betonmauern: Zustand der Luftseite und des sichtbaren Teils der Wasserseite und der Stollen, Auftauchen von neuen Rissen oder Ausweitung bestehender Risse, Betonabplatzungen, Verschiebungen der Blöcke, Durchsickerungen, feuchte Stellen, Ausblühungen und Aussinterungen, Kalzitablagerungen, Abfluss und Wasserqualität der Sicker- und Drainagewässer, usw.
 - Staudämme: lokale Setzungen, lokale Rutschzonen, Feuchtigkeit auf der luftseitigen Dammböschung, Vegetation auf der luftseitigen Dammböschung, Abflüsse und Wasserqualität der Sicker- und Drainagewässer, Kontaktbereich zwischen Betonbauten und Schüttmaterial, von Tieren verursachte Schäden (Dachs, Maulwurf, Bisamratte, Murmeltier, usw.), von Vieh verursachte Schäden auf der luftseitigen Dammböschung, usw.
- Widerlager: Kontaktzone, wasserseitiger und luftseitiger Kontaktbereich der Sperre, Kolkzone am luftseitigen Sperrenfuss (siehe Kap. 2.8.2)
- Stollen im Fels: Standfestigkeit des anstehenden Felses und der Verkleidung, Wasseraustritte (Durchsickerungen, Quellen, Wasserqualität)
- Zustand der hydraulischen Bauwerke: Hochwasserentlastung, Tosbecken, Ablassauslauf, Schusssrinne, Wasserfassung, Spülstollen
- Zustand der elektromechanischen Ausrüstung: Schäden, Ölverluste)
- Nähere Umgebung des Stauraumes sowie seiner Ufer und Abhänge:
 - bestehende Quellen
 - neue Quellen
 - Bachumleitungen
 - Steinschlag
 - Anzeichen von Hanginstabilitäten (Risse in der Vegetationsschicht, Wülste, Rutschungen)
 - Gletscher
 - Verschiebungen von Strassen, Pfaden, Zäunen, Bäumen
 - Entwicklung der Vegetation

Die regelmässigen visuellen Kontrollen erfolgen durch das Personal des Betreibers. Sie sind in der Regel einmal wöchentlich durchzuführen. Je nach Baute und Situation kann die Häufigkeit der Besuche den Betriebsbedingungen (voller oder abgesenkter See) und der Jahreszeit angepasst werden. Im Falle von grösseren Talsperren ist es möglich, jeweils nur einen Teil des Kontrollprogramms während eines Besuches durchzuführen. Allerdings ist das gesamte Kontrollprogramm der Talsperre innerhalb eines Monats abzuwickeln.

Eine visuelle Kontrolle bei leerem See gibt Auskunft über:

- Zustand der Wasserseite der Talsperre
- unter Wasser liegende Bauwerke

- Sedimentablagerungen
- Ufer und Abhänge des Stauraums

Für die Organisation der visuellen Kontrollen ist eine Checkliste von Nutzen [5]. Während des Kontrollgangs werden alle Besonderheiten vermerkt. Die Aufnahme von Fotos ist eine wertvolle Ergänzung dazu. Nach der Kontrolle wird ein Bericht mit Angaben über festgestellte Schäden oder Anomalien und Empfehlungen zum Unterhalt und dem Betrieb der Stauanlage erstellt.

In Anhang 3 finden sich Beispiele von Formularen mit Angaben zum Verlauf der Kontrollen und der zu überprüfenden Punkte. Diese Art Dokument kann als Besichtigungsbericht des Betreibers gelten.

3.2 Aufgaben der erfahrenen Fachperson (spezialisierte Ingenieur)

Es obliegt einem spezialisierten Ingenieur jährlich eine eingehende Kontrolle⁶ der Talsperre, ihrer Nebenanlagen, ihrer Instrumentierung sowie ihrer Umgebung durchzuführen. Diese Kontrolle findet in der Regel bei vollem See statt. Es empfiehlt sich ausserdem, die Talsperre von Zeit zu Zeit auch bei leerem See zu begutachten. Der spezialisierte Ingenieur kann gegebenenfalls eine ausserordentliche Kontrolle der Talsperre bei einem ausserordentlichen Ereignis durchführen, beispielsweise nach einem Erdbeben oder einem aussergewöhnlichen Hochwasser.

Der spezialisierte Ingenieur vermerkt in einem Bericht alle Besonderheiten bezüglich des Zustands der Talsperre und ihrer Ausrüstung [5]. Ein Bericht der alle Feststellungen zusammenfasst, in geschriebener Form oder auf Plänen (Risse, Wassereintritte, Schäden), dient als Grundlage und wird alle fünf Jahre auf den neuesten Stand gebracht. Bei der jährlichen Kontrolle hält der spezialisierte Ingenieur jede besondere Entwicklung und jede neue Beobachtung fest. Die Aufnahme von Fotos ist ein wertvolles Mittel, die Entwicklung oder die Veränderungen in der Umgebung (Gletscher, Hänge, Bergsturz) zwischen den Kontrollen zu dokumentieren.

Die Ergebnisse der Kontrollen sind im Jahresbericht niederzulegen. Aufgrund der Ergebnisse seiner Kontrolle, gibt der spezialisierte Ingenieur an, welche Arbeiten der Betreiber im Rahmen des Unterhalts der Bauwerke und der Instrumentierung vorzunehmen hat. Der spezialisierte Ingenieur muss sich auch versichern, dass die Funktionsproben an den verschiedenen Einrichtungen durchgeführt werden.

3.3 Aufgaben des ausgewiesenen Experten

Der Bauingenieurexperte kontrolliert alle fünf Jahre, ob der Zustand der Talsperre, ihrer Umgebung, ihrer Nebenanlagen sowie ihrer Instrumentierung die Sicherheitskriterien erfüllt. Er hält in seiner Expertise die Ergebnisse seiner Kontrolle fest und gibt, falls notwendig, Empfehlungen über zu treffende Massnahmen ab. Diese sind vom Betreiber mit Sorgfalt auszuführen. Der Geologieexperte kontrolliert die Kontaktzone bei den Widerlagern, den sichtbaren Teil der Foundation, die Stabilität der Ufer sowie die Entwicklungen im Einzugsgebiet. Er hält in seiner Expertise die Ergebnisse seiner Kontrolle fest und gibt, falls notwendig, Anweisungen zur Überwachung und/oder Säuberung gewisser Bereiche. Gegebenenfalls gibt er Anweisungen für zu treffende Schutzmassnahmen.

⁶ Diese jährliche Kontrolle ist unabhängig von den regelmässigen Kontrollen des Betreibers durchzuführen.

4 KONTROLLEN UND FUNKTIONSPROBEN DER AUSRÜSTUNG

4.1 Einleitung

Die Betriebstüchtigkeit folgender Anlageteile ist regelmässig mittels Funktionsproben zu überprüfen:

- Entlastungsorgane und ihre Steuerungsausrüstung
- Messinstrumente
- Kommunikationsmittel (Telefonverbindungen)
- Sirenen des Wasseralarms

4.2 Entlastungsorgane und ihre Steuerungsausrüstung

4.2.1 Bedingungen

Nach Artikel 12, Absatz 2, StAV ist der Betreiber verpflichtet, die Betriebstüchtigkeit der mit beweglichen Organen bzw. Verschlüssen ausgerüsteten Ablassvorrichtungen jährlich zu kontrollieren. Diese Funktionsproben sind bei hohem Stauspiegel als Nassprobe durchzuführen. Eine erfolgte Betätigung der Ablassorgane im Rahmen des normalen Betriebes der Stauanlage (z.B. zur Hochwasserableitung) kann ebenfalls als Funktionsprobe gelten.

Der Betreiber ist verpflichtet die zuständige Aufsichtsbehörde über die Termine für die Nassprobe zu informieren (Artikel 15, Absatz 2, StAV). Im Falle von Talsperren, welche ausschliesslich der Aufsicht des Bundes unterstellt sind, sollte auch die zuständige kantonale Behörde benachrichtigt werden.

Schliesslich bleibt zu erwähnen, dass der Unterhalt der Fliessgewässer den Kantonen oder den Gemeinden obliegt. Einige Betreiber lassen bewusst Wasser ab, um eine gewisse Abflusskapazität im Vorfluter sicherzustellen.

4.2.2 Arten beweglicher Organe

Die Funktionsproben betreffen alle beweglichen Organe, ob sie direkt in die Talsperre integriert sind oder nicht:

- bewegliche Organe der Oberflächenentlastung (Hochwasserentlastung)
- bewegliche Organe des Grundablasses bzw. von Zwischenablässen

4.2.3 Grund für die Funktionsproben

Der Bedeutung der Funktionsproben liegt darin, zu vermeiden, dass die beweglichen Organe im Falle eines Hochwassers oder einer dringlichen Stauabsenkung aufgrund von Schwächen oder Schäden des Antriebssystems nicht betätigt werden können. Ist dies der Fall, kann es zu schweren Schäden an der Stauanlage sowie in den unterhalb der Sperre gelegenen Gebieten führen.

Die Notwendigkeit die Ablassorgane im Verlauf des Jahres in Betrieb zu setzen kann sich häufiger (im Falle der Hochwasserentlastung), sehr selten oder nie ergeben (im Falle des Grundablasses). Vor allem beim Grundablass ist die Funktionsprobe bedeutsam, weil die Durchführung einer Nassprobe aller beweglichen Organe die jährliche Überprüfung der gesamten Steuervorrichtung erlaubt und gegebenenfalls schadhafte Teile ausgewechselt werden können. Zudem ist eine Übung des vorgeschriebenen Ablaufes der Betätigung

dieser Organe, insbesondere wenn sie für die Hochwasserableitung eingesetzt werden, auch für das Personal notwendig.

4.2.4 Ablauf des Funktionsproben

Der Ablauf der Funktionsproben sollte dem Vorgehen im Falle einer Ausnahmesituation, die eine Betätigung der beweglichen Organe erfordert, ähnlich sein (vorsorgliche Absenkung oder Aufrechterhalten eines aus Sicherheitsgründen abgesenkten Wasserspiegels wenn ein Hochwasser diesen wieder ansteigen lassen würde). Die Nassprobe soll sicherstellen, dass das bewegliche Organ sich unter maximaler oder nahezu maximaler Belastung, d.h. möglichst hohem Seespiegel, von seiner Auflagefläche abheben lässt. Ausserdem können so die Möglichkeiten der Abflussregulierung überprüft werden. Ein leichtes Öffnen des betätigten Betriebsorgans ist ausreichend (mindestens 10 cm, nach Punkt 2 der Abbildung 14). Das Schliessen kann unmittelbar darauf folgen, so dass die abfliessende Wassermenge gering bleibt und praktisch keine Auswirkungen auf das Flussbett unterhalb der Sperre hat. Nach der Durchführung der Teilöffnung kann das Betriebsorgan im Schutze der geschlossenen Sicherheitsorgane oder eines Dammbalkens vollständig geöffnet werden.

Der Ablauf der Funktionsproben muss in den Überwachungs- und Betriebsvorschriften beschrieben sein. Die Punkte A), B) und C) sind insbesondere bei Grundablässen zu beachten.

A) Ablauf der Funktionsprobe bei 2 hintereinander liegenden Organen

Die Funktionsprobe bei 2 hintereinander liegenden Organen betrifft vor allem den Grundablass. Es kann gelegentlich vorkommen, dass die Gestaltung der Ausrüstung einer Hochwasserentlastung dem eines Grundablasses ähnlich ist. In diesem Fall ist der gleiche Ablauf für die Funktionsprobe zu wählen.

Abbildung 13 zeigt die aufeinander folgenden Operationen für die Funktionsprobe bei 2 beweglichen, hintereinander liegenden Organen (Betriebsorgan und Sicherheitsorgan). Der Test findet bei hohem Wasserspiegel im Stauraum statt.

B) Ablauf der Funktionsprobe bei 3 hintereinander liegenden Organen

Das am weitesten oberwasserseits angebrachte bewegliche Organ kann als zusätzliches Sicherheitsorgan betrachtet werden. Es wird im stehenden Wasser geprüft nachdem die beiden unterhalb angebrachten beweglichen Organe nach dem auf Abbildung 13 dargestellten Ablauf getestet wurden.

C) Ablauf der Funktionsprobe bei einem beweglichen Organ

Bei Grund- oder Zwischenablässen, die nur mit einem beweglichen Organ ausgerüstet sind, wird das Organ teilweise, wenigstens 10 cm, geöffnet (Abfluss unter dem Organ wie in Punkt 2 der Abbildung 13) und dann sofort wieder geschlossen.

Es ist ausserdem empfehlenswert, bei leerem See oder im Schutze eines Dammbalkens eine vollständige Öffnung durchzuführen.

D) Ablauf der Funktionsproben von Hochwasserentlastungsorganen

Die beweglichen Organe von Hochwasserentlastungen (Schützen, Klappen) sind, sofern sie nicht innerhalb des Jahres in Betrieb getreten sind, einer Funktionsprobe zu unterziehen.

Dabei ist eine Teilöffnung von wenigstens 10 cm mit Wasserabfluss vorzunehmen. Sofern es die Abflussverhältnisse zulassen, sind die Organe vollständig zu öffnen, andernfalls ist eine Betätigung auf voller Verschlusshöhe bei tieferem Stau im Trockenem durchzuführen.

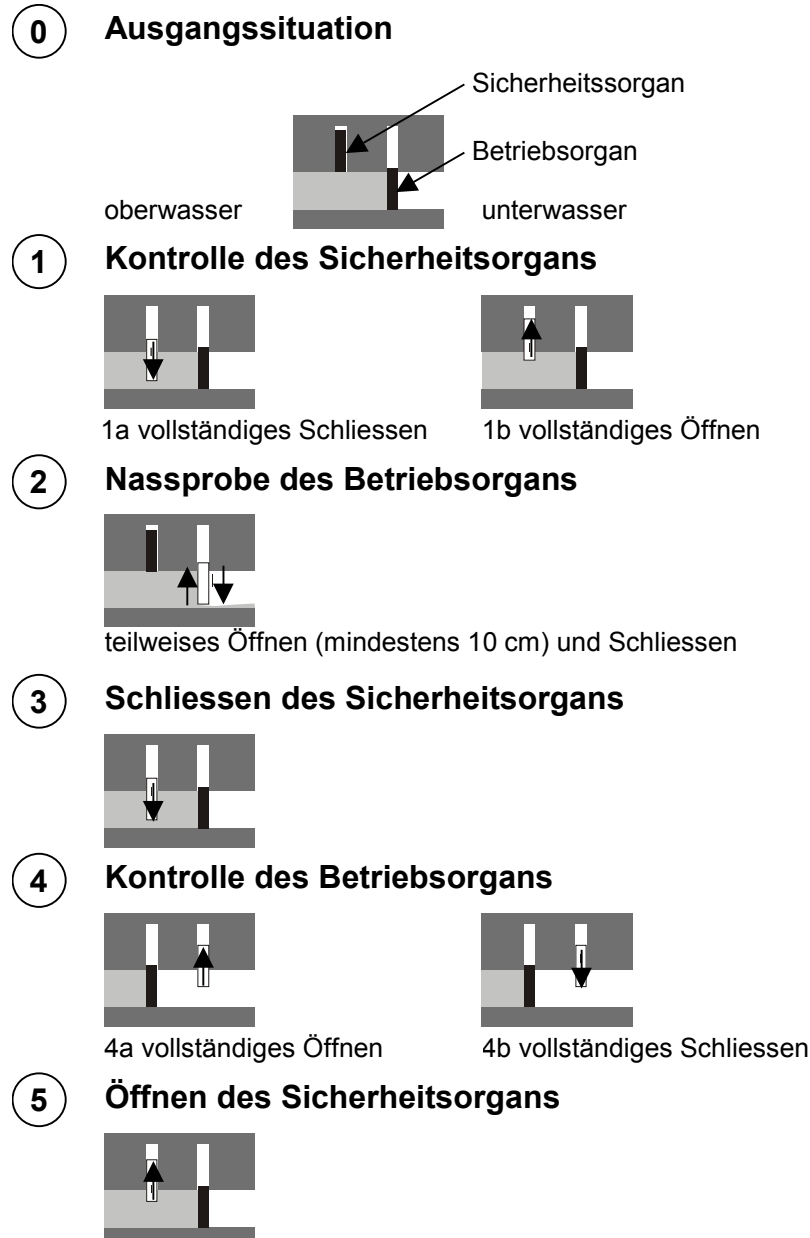


Abbildung 13: Abfolge der Operationen für die Funktionsprobe bei 2 hintereinander liegenden beweglichen Organen
(Fall eines Grundablasses oder eines Zwischenablasses)

E) Ablauf der Funktionsprobe von beweglichen Organen von Flusswehren

Bei beweglichen Organen der Entlastungsbauwerke von Flusstauhaltungen werden im Allgemein bei Hochwasser wenigstens einmal pro Jahr betätigt. Ist dies nicht der Fall, soll eine spezielle Funktionsprobe vorgenommen werden, wobei sich diese auf eine teilweise Öffnung beschränkt (siehe Punkt 2 der Abbildung 13).

Allerdings sollten Funktionsproben mit einer vollständigen Öffnung aller Entlastungsorgane nach einem Versuchsprogramm erfolgen, sofern die Betriebsbedingungen dies erlauben (beispielsweise grosse Abflüsse, Ausserbetriebnahme der Turbinen, Hochwasser). Es soll dabei jedoch kein künstliche Hochwasser im Fluss erzeugt werden.

4.2.5 Versuche mit Fernsteuerung

Falls die beweglichen Organe ferngesteuert werden können, ist jährlich auch eine Probe unter Benutzung der Fernsteuerung durchzuführen.

4.2.6 Protokoll

Schliesslich ist über jede Funktionsprobe ein Protokoll zu verfassen, welches den Ablauf, die Grösse der Öffnung, die Dauer der Öffnungs- und Schliessvorgänge, die Drücke, Vorkommnisse, Angaben zu Änderungen des Ablaufes, usw. festhält.

4.2.7 Empfehlungen

Vor Beginn der Funktionsprobe sind gewisse Kontrollen zu empfehlen. Dabei soll der Zustand der Entlastungsbauwerke (Stollen, Schusssrinne) überprüft und sichergestellt werden, dass sich keine Hindernisse (Schnee, Ablagerungen) oder Personen im Fliessgewässer oder in seiner unmittelbarer Nähe befinden.

Funktionsproben der Notstromaggregate und anderer Hilfsgeräte sind ebenfalls vorzusehen.

4.3 Messinstrumente für die Verhaltensüberwachung der Stauanlage

Der gute Zustand der Messinstrumente und ihrer Befestigungseinrichtungen müssen gewährleistet sein. Ihre Funktionstüchtigkeit und ihre Genauigkeit müssen regelmässig kontrolliert werden. Periodische Eichungen sind vorzusehen.

Hinsichtlich der geodätischen Messungen, muss der Zustand der Pfeiler und der Messpunkte überprüft werden. Jegliche Vegetation, welche die Visierlinien behindert muss entfernt werden.

4.4 Kommunikationsmittel (Telefonverbindungen)

Die Kommunikationsmittel (Telefonverbindungen) des Betreibers sind besonders wichtig bei der Bewältigung von ausserordentlichen Ereignissen, wie z.B. bei Hochwasser. Sie sind mindestens einmal pro Jahr zu testen.

4.5 Sirenen des Wasseralarms

Für den Unterhalt und den Test dieser Einrichtungen dienen das blaue Dossier "Wasseralarm 2000" sowie die einschlägigen Richtlinien.

5 UNTERHALT

Der Unterhalt obliegt vollständig dem Betreiber der Stauanlage. Er dient dazu alle Teile der Stauanlage in gutem Zustand zu erhalten und die Funktionstüchtigkeit der Ausrüstung jederzeit zu gewährleisten. Der Umfang der vorzusehenden Unterhaltsarbeiten hängt vom Ausmass der festgestellten Schäden ab. Gewisse Arbeiten dienen auch der Sicherheit des Personals und der Besucher.

Der Unterhalt betrifft unter anderem folgende Anlageteile (aufgrund der Kontrollen gemäss [5]):

Betonstaumauern

- Wiederherstellen des Oberflächenbetons
- Reinigen der Rigolen, der Drainagebohrungen, der Drainageleitungen
- Entfernen der Ablagerungen von Kalksinter
- Entfernen von Vegetation (Moos, Pflanzen, Gras) auf den Aussenseiten, in den Fugen und auf der Krone
- Behandlung von Risse und Fugen
- Behandlung der Wasseraustritte

Schüttdämme

- Reparation der Schäden am Dichtungssystem auf der wasserseitigen Dammböschung
- Reinigen des Drainagesystems
- Entfernen von Vegetation (Bäume, Büsche) auf der luft- und der wasserseitigen Dammböschung
- Mähen des Grases auf der luftseitigen Dammböschung (mindesten einmal pro Jahr)

Felsstollen

- Reinigen der Rigolen, der Drainagebohrungen, der Drainageleitungen
- Entfernen von instabilen Felsblöcken (gemäss Beurteilung des Geologen)

Hydraulische Nebenanlagen (Grundablass, Hochwasserentlastung, Spülkanal, usw.)

- Wiederherstellen des Oberflächenbetons
- Reinigen der Rigolen, der Drainagebohrungen, der Drainageleitungen
- Entfernen der Ablagerungen von Kalksinter
- Entfernen von Vegetation, Fels- oder Lockermaterialablagerungen
- Behandlung von Rissen und Fugen
- Entfernen von Ablagerungen (Felstrümmer, Sedimente, Eis, usw.) in Kanälen und Stollen, welche ein einwandfreies Abfliessen des Wassers behindern

Messanlage zur Überwachung

- Eichen der Messgeräte
- Sauberhalten der festen Installation (Entfernen von Ablagerungen, Anbringen oder Erneuern von Anstrichen)
- Überprüfen der Befestigungen
- Beheben von mechanischen Mängeln
- Überprüfen der Funktionsbedingungen (z.B. Bewegungsfreiheit von Lotdrähten, Freihalten der Piezometerbohrungen, Nachfüllen von Öl, Fett oder Wasser)
- Freihalten der Visierlinien für die geodätischen Messungen

Hydromechanische und elektrische Ausrüstung



- Entfernen von Rost- oder Korrosionsspuren
- Erneuerung des Korrosionsschutzes
- Überprüfen der Funktionstüchtigkeit von Sicherheitsvorrichtungen
- Erneuerung der Dichtungen
- Überprüfen der Funktionsbedingungen der Notstromversorgung
- Erhalt der Beweglichkeit bei Gleitnischen oder Gleitschienen
- Überprüfen des Schmiersystems
- Überprüfen des Öl- und Treibstoffstandes
- Überprüfung der Stellungsanzeiger
- Beschaffung von Kleinmaterial und Ersatzteilen

Stauration

- Freihalten der Einläufe der Ablassvorrichtungen von Sedimentablagerungen (falls notwendig)
- Entfernen von Holz und Geschwemmsel
- Entfernen von instabilen Felsblöcken (gemäss Beurteilung des Geologen)

Zugänge zur und in der Sperre

- Strassen und Wege
- Brücken
- Türen und Barrieren
- Lifte
- Seilbahnen
- Signalisationstafeln (Hochwasserwarntafeln, Fahrverbot, Betreten verboten, Stein-schlag, usw.)

6 AUSSERORDENTLICHE KONTROLLEN

Zusätzliche Kontrollen werden im Falle von ausserordentlichen Ereignissen durchgeführt. Dies sind beispielsweise:

- Feststellung einer Gefährdung der Sicherheit der Stauanlage
- Nach einem Erdbeben
- Während oder nach einem aussergewöhnlichen Hochwasser

Diese Kontrollen müssen der Situation angepasst werden und umfassen Messungen, visuelle Kontrollen oder Funktionsproben. Ein Kontrollprogramm kann unter Berücksichtigung des betreffenden Ereignisses aufgestellt werden.

Ausserdem ist die Aufsichtsbehörde berechtigt, jederzeit die Durchführung einer ausserordentlichen Kontrolle zu verlangen.

7 DOKUMENTE

7.1 Aktensammlung der Stauanlage⁷ (Artikel 16, StAV)

Art. 16, Absatz 1, StAV lautet: "Die Inhaberin legt über die Stauanlage eine Aktensammlung an und führt diese laufend nach. Sie hält sie der Aufsichtsbehörde jederzeit zur Einsicht zur Verfügung."

Die Aktensammlung enthält:

- die wichtigsten Ausführungspläne und Angaben über die Bauausführung;
- die statischen, hydrologischen und hydraulischen Berechnungen und Berichte;
- die geologischen und geotechnischen Gutachten;
- die jährlichen Messberichte;
- die Protokolle der Jahreskontrollen;
- die Protokolle der Nassproben;
- die Berichte über die Sicherheitsüberprüfungen;
- die Berichte über geodätische Deformationsmessungen;
- die Berichte über Störfälle und Betriebsanomalien.
- die Aufsichtsbehörde kann in begründeten Fällen Ausnahmen bewilligen.

Diese Liste wird mit dem Sicherheits- und Nutzungsplan, sowie den Reglementen für die Bedienung und Überwachung der Stauanlage (s. Kapitel 7.2) ergänzt.

7.2 Bedienungs- und Überwachungsvorschriften (Artikel 9, Absatz 2, StAV)

A) Überwachungsreglement

Die Organisation und Durchführung der Überwachung der Stauanlage durch den Betreiber wird in einem Überwachungsreglement festgehalten.

Dieses Dokument enthält insbesondere:

- Die Beschreibung aller Aufgaben unter Verantwortung des Betreibers
Diese Aufgaben umfassen:
 - die visuellen Kontrollen
 - die Durchführung der Messungen nach einem festgelegten Programm
 - die Vorauswertung und die Übermittlung der Ergebnisse
 - die Funktionsproben
 - das Verhalten im Falle einer Anomalie oder eines ausserordentlichen Ereignisses
 - das Aktualisieren der Aktensammlung
- Ein Organigramm und eine Liste aller Beteiligten mit der Angabe ihrer Erreichbarkeit (Adresse, Telefon, Fax, Email). Dieser Teil muss ständig auf dem Laufenden gehalten werden.
- Eine Sammlung der Übersichtspläne in reduziertem, aber lesbarem Massstab (Situation, Aufriss, Schnitte, Plan der Überwachungseinrichtungen, usw.)

⁷ Es handelt sich hier um das "Talsperrenbuch" gemäss früherer Bezeichnung.

Ein Beispiel für den Inhalt des Dokuments "Reglement für die Bedienung und Überwachung" wird im Anhang 3 gegeben. Es ist dabei zu beachten, dass sein Inhalt jeder betreffenden Stauanlage individuell angepasst werden muss.

B) Wehrreglement

Für Stauanlagen, welche zur Ableitung der Hochwasser bewegliche Organe einsetzen müssen, ist eine Vorschrift für den Einsatz dieser Organe erforderlich (Wehrreglement).

Im Allgemeinen hat diese Vorschrift folgende Zielsetzungen:

- den Zeitpunkt des Einsatzes der beweglichen Entlastungsorgane festzulegen,
- keine grösseren Abflussspitzen zu erzeugen, als was als Zuflussspitze in den Stauraum fliesst,
- keine zu raschen Abflussänderungen zu erzeugen und
- den Retentionsraum optimal auszunutzen auch unter den extremsten Hochwasserbedingungen.

Im Wehrreglement sind die Anweisungen an das Personal vor Ort niederzulegen, so dass im Hochwasserfall die sichere Bedienung der beweglichen Organe erfolgen kann. Die wesentlichen Punkte sind:

- Zeitpunkt der Bemannung der Sperre (Wetterlage, Seestand)
- Schützenstellungen aufgrund des Seestands (z.B. stufenweises Öffnen aufgrund steigenden Seespiegels und wieder stufenweises Schliessen bei fallendem Seespiegel).

Bei automatisierter Schützensteuerung, ist für den Pannenfall, wenn die Steuerung ausfallen würde, die manuelle Schützenbestätigung im Wehrreglement anzugeben.

7.3 **Berichte über die Funktionsproben (Artikel 12, Absatz 2, StAV)**

Für die jährliche vorzunehmenden Funktionsproben (Abschlussorgane, Notstromaggregat, Einrichtungen des Wasseralarms) ist es erforderlich Formulare vorzubereiten, in welche den Verlauf des Vorganges festgehalten und die erhobenen Werte und die beobachteten Störfälle eingetragen werden. Die ausgefüllten Formulare dienen als Bericht, der im Talsperrenbuch abgelegt und dem Beauftragten für die fachtechnische Kontrolle sowie der Aufsichtsbehörde zur Kenntnis gebracht wird. Zweckmässigerweise wird eine Kopie dem Jahresbericht beigelegt..

7.4 **Berichte über die visuellen Kontrollen**

Der Betreiber führt regelmässige visuelle Kontrollen entsprechend dem im Überwachungsreglement vorgegebenen Programm durch (wöchentlich, zweiwöchentlich, monatlich, jährlich).

Bei kleinen Stauanlagen können die Feststellungen direkt in ein Formular, welches die zu kontrollierenden Anlageteile aufführt, eingetragen werden. Das so ausgefüllte Formular kann als Bericht verwendet werden.

Bei grösseren Stauanlagen können die festgestellten Veränderungen auf einer früher gemachten Aufnahme in einem Plan eingetragen werden. Eine

solche Unterlage sollte alle 5 Jahre auf den neuesten Stand gebracht werden oder wenn bedeutende Veränderungen aufgetreten sind.

Die Berichte über die visuellen Kontrollen sind im Talsperrenbuch (Aktensammlung) abzulegen und dem Beauftragten für die fachtechnische Kontrolle zur Kenntnis zu bringen.

7.5 Bericht über die Jahreskontrolle (Artikel 13, Absatz 1, StAV)

Die mit der fachtechnischen Kontrolle beauftragte erfahrene Fachperson (erfahrener Ingenieur) erstattet über die jährlich visuelle Kontrolle Bericht. Darin wird nebst Angaben über die Belastung (Seestand), die Wetterlage (Temperatur, Regen, Schnee) und den durchgeführten Rundgang der Befund über den Zustand der Stauanlage und die Empfehlungen niedergelegt.

Bei kleinen Stauanlagen können die Feststellungen direkt in ein Formular, welches die zu kontrollierenden Anlageteile aufführt, die eingetragen werden. Das so ausgefüllte Formular kann als Bericht verwendet werden.

Bei grösseren Stauanlagen können aufgrund einer detaillierten Erhebung lediglich die festgestellten Veränderungen festgehalten werden. Eine solche Unterlage sollte alle 5 Jahre auf den neusten Stand gebracht werden oder wenn bedeutende Veränderungen aufgetreten sind.

Es ist wichtig, die gemachte Feststellungen gut zu beschreiben (schriftliche Beschreibung: was, wann, Dimensionen) und sie zu lokalisieren (Einzeichnen auf einem Plan). Beim Sperrenkörper ist das Erstellen einer grafischen Darstellung besonderer Punkte, wie Risse, Aussinterungen, feuchte Stellen, Schäden, usw. von Nutzen. In der näheren Umgebung der Sperre umfassen die Beobachtungen Angaben über Steinschlag, die Eigenschaften des Sickerwassers, Terrainbewegungen, allenfalls Zustand der Gletscher, usw.

Die Berichte über die Jahreskontrollen sind im Talsperrenbereich (Aktensammlung) abzulegen und den Experten für die fünfjährige Sicherheitsüberprüfung (bei grösseren Stauanlagen) sowie der Aufsichtsbehörde zur Kenntnis zu bringen.

7.6 Jahresbericht über das Verhalten (Artikel 13, StAV)

Die Verordnung verlangt das Erstellen eines Jahresberichts über das Verhalten der Stauanlage. Dieses Dokument muss durch den Beauftragten für die fachtechnische Kontrolle (erfahrene Fachperson) erstellt werden. Im Jahresbericht werden alle Messergebnisse grafisch und in Form von Wertetabellen dargestellt (jährlich und über mehrere Jahre, charakteristische Messwerte in Abhängigkeit des Seestands, Maximal- und Minimalwerte der wichtigsten Messwerte, usw.). Die erfahrene Fachperson ist ausserdem dazu angehalten, ihre Beurteilung des Sperrenverhaltens, des Zustands der Sperre und deren Instrumentierung ihre Empfehlungen abzugeben.

Es ist ausserdem wichtig, im Jahresbericht eine Zusammenfassung der durchgeführten Unterhaltsarbeiten zu geben sowie alle während des betreffenden Jahres bemerkten und beobachteten besonderen Vorkommnisse (aussergewöhnliches Verhalten, Betriebsmängel der Apparate und der Instrumentierung) und das Ausmass der eingetretenen Naturereignisse (Hochwasser, Erdbeben) zu erwähnen.

Der Bericht muss so bald wie möglich verfügbar sein, spätestens aber sechs Monate nach Ende der Berichtsjahres. Der Bericht über die jährliche visuelle Kontrolle und über die Funktionsproben sollen in den Jahresbericht integriert werden.

Der Jahresbericht ist vom Betreiber im Talsperrenbuch (Aktensammlung) abzulegen und ein Exemplar an die Aufsichtsbehörde sowie auch den Experten für die Fünfjahreskontrolle (bei grösseren Stauanlagen) weiterzuleiten.

7.7 Bericht über die geodätischen Messung

Die Ergebnisse der geodätischen Messungen werden in einem separaten Bericht festgehalten. Sie können auch im Jahresbericht integriert werden.

Dieser Bericht muss die verwendeten Instrumententypen, ihre Genauigkeit, das Messprogramm, die Messverhältnisse, den Fehlerbereich und grafische Darstellungen mit einer Darstellung, in welcher die Stauanlage eingezeichnet ist, beinhalten.

7.8 Bericht über die Sicherheitsüberprüfung (fünfjährliche Expertise)⁸ (Artikel 14, Absatz 1, StAV)

Die Berichte über die Sicherheitsüberprüfung sind von den ausgewiesenen Experten im Rahmen ihres Auftrages zu verfassen.

Der Bericht über die bautechnischen Bereiche umfasst mindestens die folgenden drei Kapitel:

- a) Eine Beurteilung des Zustandes der Stauanlage, ihrer Nebenanlagen und ihrer Instrumentierung;
- b) Eine Auswertung des Verhaltens der Sperre und ihrer Foundation während der letzten fünf Jahre (Synthese der Messergebnisse der Fünfjahresperiode und Vergleich mit den vorhergegangenen Perioden, Auswertung von besonderem Bewegungsverhalten, usw.);
- c) Überprüfung der Messinstrumentierung und des Messprogrammes.

Der Bericht kann im Bedarfsfall durch eine besondere Sicherheitsanalyse des Bauwerks ergänzt werden.

Wie unter a) angegeben, muss der Experte (Bauingenieur) seine Beurteilung des Zustandes der Stauanlage und ihrer Einrichtungen abgeben. Er gibt auch Empfehlungen über auszuführende Arbeiten ab.

Der Bericht des Geologie-Experten muss den Zustand der Foundation, der Wirksamkeit der Injektionen, der Uferstabilität und der Gefährdung durch Rutsch- und Sturzmassen, welche in den Staauraum gelangen könnten, behandeln. Er gibt auch eine Auswertung der Messungen, welche sein Arbeitsgebiet betreffen, beispielsweise die Verformung der Foundationen, der Auftrieb, die Quellen, die Abflüssen in den Drainageleitungen sowie die Beobachtungen von Hangbewegungen. Er schlägt auch erforderliche Massnahmen bezüglich Unterhalt der Felsoberflächen, usw. vor. Die Resultate der Sicherheitsüberprüfung müssen so rasch wie möglich der Überwachungsbehörde weitergeleitet werden.

⁸ Dieser Bericht betrifft Stauanlagen mit einer Stauhöhe von mindesten 40 m oder mit einer Stauhöhe von mindestens 10 m und einem Staauraum von mehr als 1 Million m³ (Artikel 14, StAV)

7.9 Bericht über ausserordentliche Sicherheitsüberprüfungen (Artikel 14, Absatz 2, StAV)

Die Aufsichtsbehörde kann ausserordentliche Überprüfungen sowie die Sicherheitsüberprüfung von Bauwerken, welche nicht der 5-jährlichen Expertise unterstellt sind, anordnen.

Der Bericht wird vom einem oder mehrere Experten verfasst, welche von der Aufsichtsbehörde bezeichnet werden können. Der Inhalt des Berichts hängt von der Art des Auftrags und den zu überprüfenden Fragen ab.

8 LITERATUR

Veröffentlichungen des "Schweizerischen Talsperrenkomitees" (STK)

- [1] Barrages suisses. Surveillance et entretien (1985); Publication à l'occasion du 15e Congrès international des grands barrages, Lausanne
- [2] Messanlagen zur Talsperrenüberwachung. Konzept Zuverlässigkeit und Redundanz. (1987)⁹
- [3] Geodätische und photogrammetrische Deformationsmessung für die Überwachung der Stauanlagen. "wasser. Energie, luft", 86. Jahrgang, Heft 9, Seiten 181 – 242.
- [4] Informatik in der Talsperrenüberwachung. Erfassung und Verarbeitung von Messdaten (1993)
- [5] Zustandsüberwachung von Stauanlagen und Checklisten für die visuellen Kontrollen (1997)
- [6] Méthode d'analyse pour la prédiction et le contrôle du comportement des barrages. (in Vorbereitung)

Veröffentlichungen in "wasser energie luft"

- [7] In dieser Zeitschrift wurden die Texte der Vorträge veröffentlicht, welche im Rahmen der Fachtagungen der Arbeitsgruppe "Talsperrenbeobachtung" des STK gehalten wurden.
- [8] Indermaur, W., Les tâches du gardien de barrage, wasser energie luft, 76. Jahrgang, 1984, Heft 3/4
- [9] Sinniger, R., Jahreskontrolle von Staumauern und Staudämme, wasser energie luft, 76. Jahrgang, 1984, Heft 3/4
- [10] Streuli, L. J., Zustand der beweglichen Organe bei Talsperren, wasser energie luft, 76. Jahrgang, 1984, Heft 7/8
- [11] Schneider, Toni R., Mise en évidence des glissements et éboulements potentiels. "wasser, energie, luft – eau, énergie, air" 79. Jahrgang, 1987, Heft 9, Seiten 203 – 207
- [12] Sinniger, R., Observation des versants d'une retenue. "wasser, energie, luft – eau, énergie, air" 79. Jahrgang, 1987, Heft 9, Seiten 207 – 210
- [13] Pougatsch, H., Surveillance des ouvrages d'accumulation. Conception générale du dispositif d'auscultation, "wasser, energie, luft – eau, énergie, air" 94. Jahrgang, 2002, Heft 9/10, Seiten 267 – 271

Veröffentlichungen der "Internationalen Talsperrenkommission" (ICOLD)

- [14] Bulletin 60 (1988). Auscultation des barrages. Considérations générales
- [15] Bulletin 68 (1989). Auscultation des barrages et de leurs fondations – Technique actuelle
- [16] Bulletin 87 (1992). Amélioration de l'auscultation des barrages existants – Recommandations et exemples
- [17] Bulletin 99 (1995). Ruptures de barrages – Analyse statistique

⁹ siehe auch "wasser, energie, luft – eau, énergie, air" 78. Jahrgang, 1986, Heft 7/8, Seiten 117 - 136



ANHÄNGE

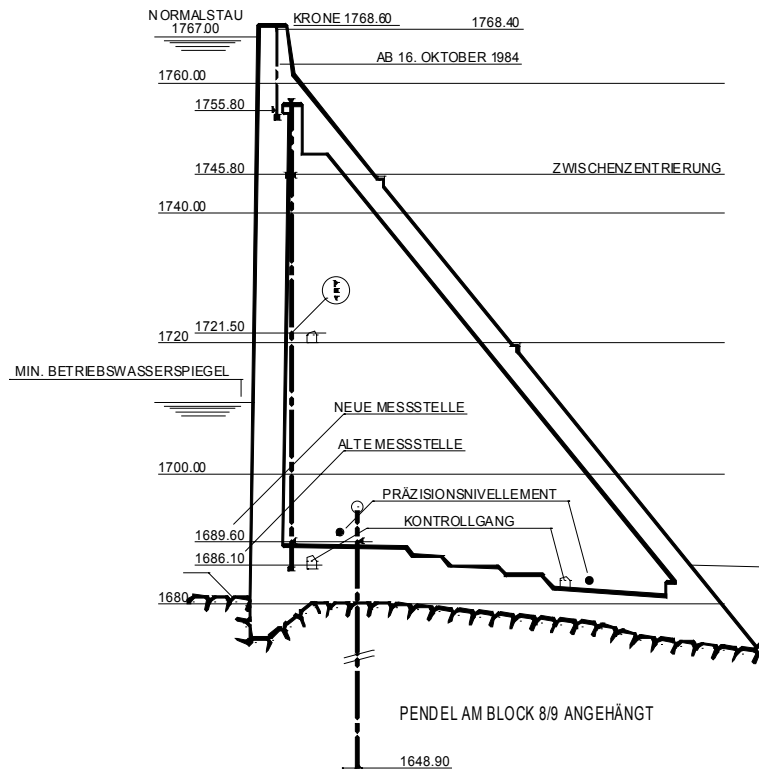


ANHANG 1 BEISPIELE VON MESSANLAGEN ZUR ÜBERWACHUNG

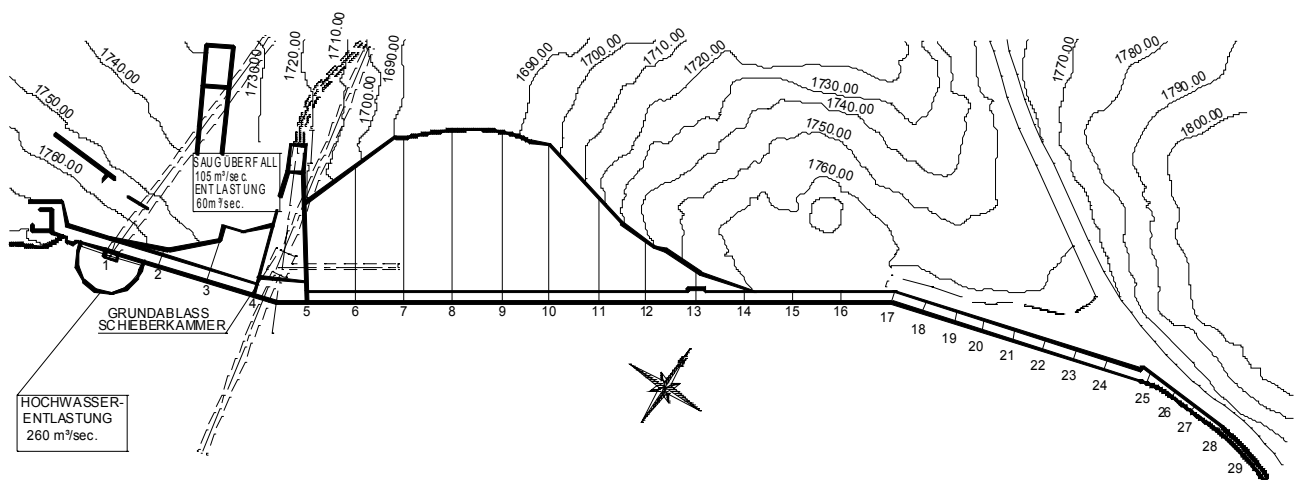
- Anhang 1.1 Beispiel der Instrumentierung in einem typischen
 Querschnitt einer Gewichtsmauer mit erweiterten Fu-
 gen
- Anhang 1.2 Messeinrichtungen im Hauptschnitt einer Bogenmauer
- Anhang 1.3 Messeinrichtungen einer Bogenmauer, abgewickelter
 Längsschnitt
- Anhang 1.4 Messanlage eines Schüttdammes

Anhang 1.1: Beispiel der Instrumentierung in einem typischen Querschnitt einer Gewichtsmauer mit erweiterten Fugen

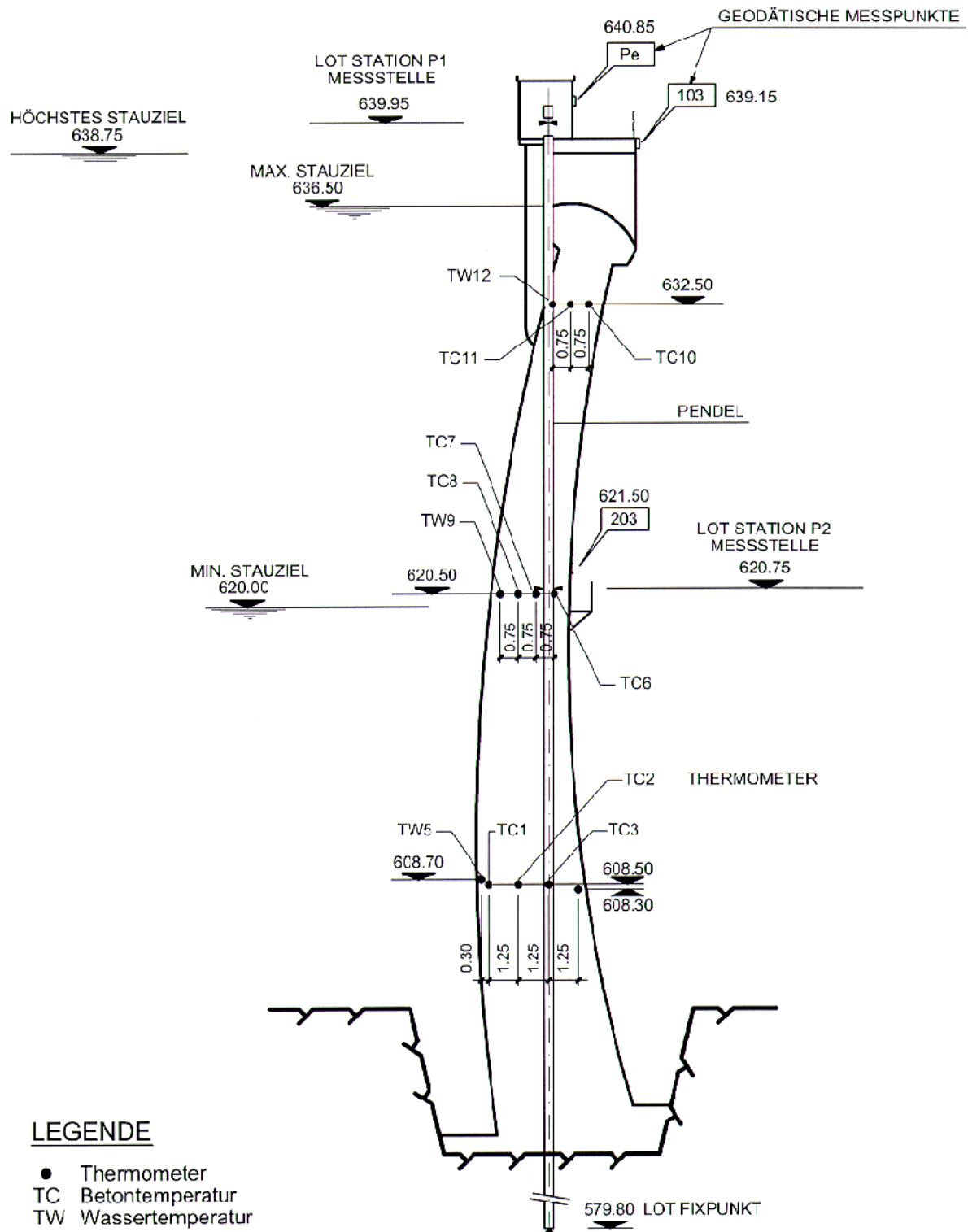
QUERSCHNITT PENDEL P8



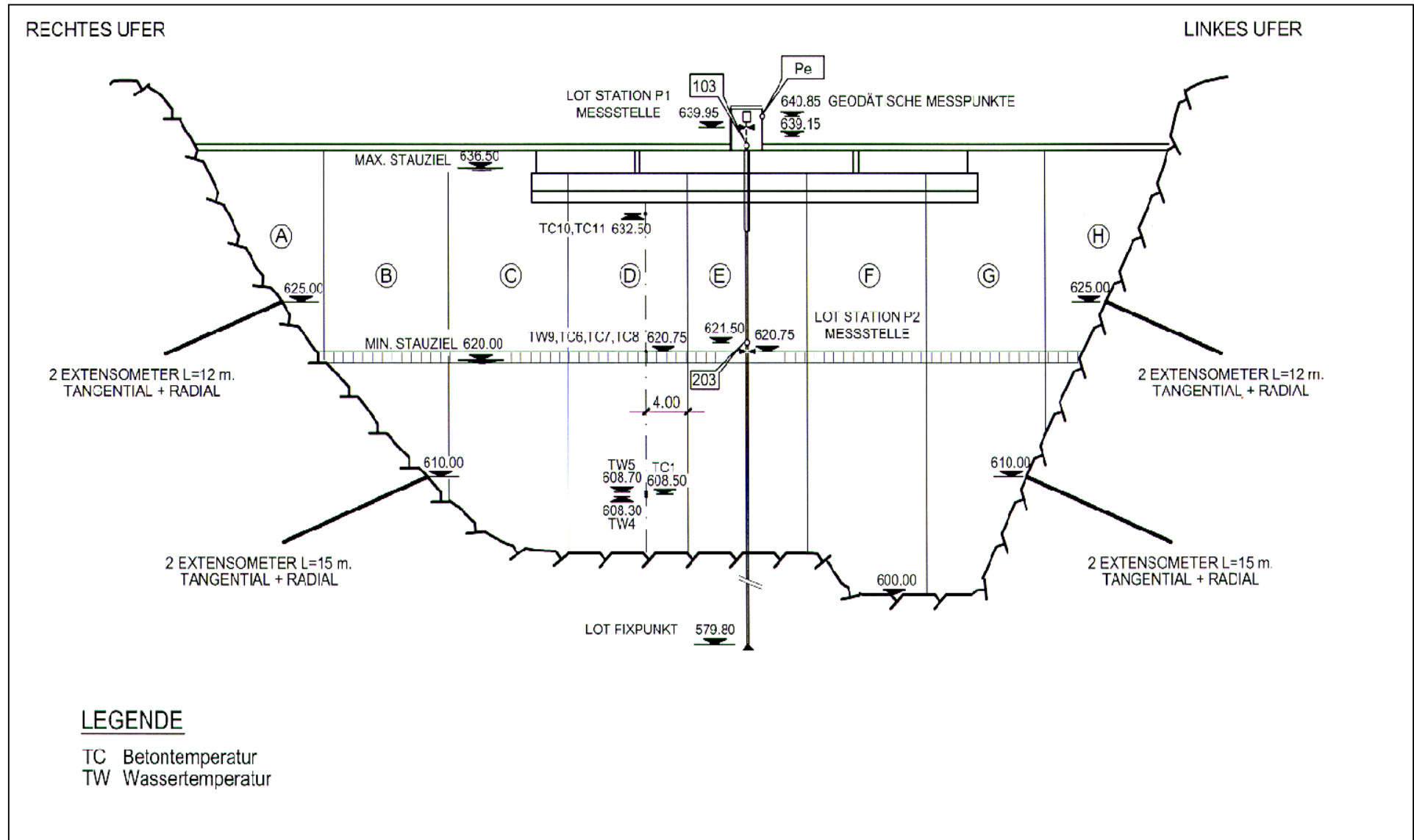
SITUATION



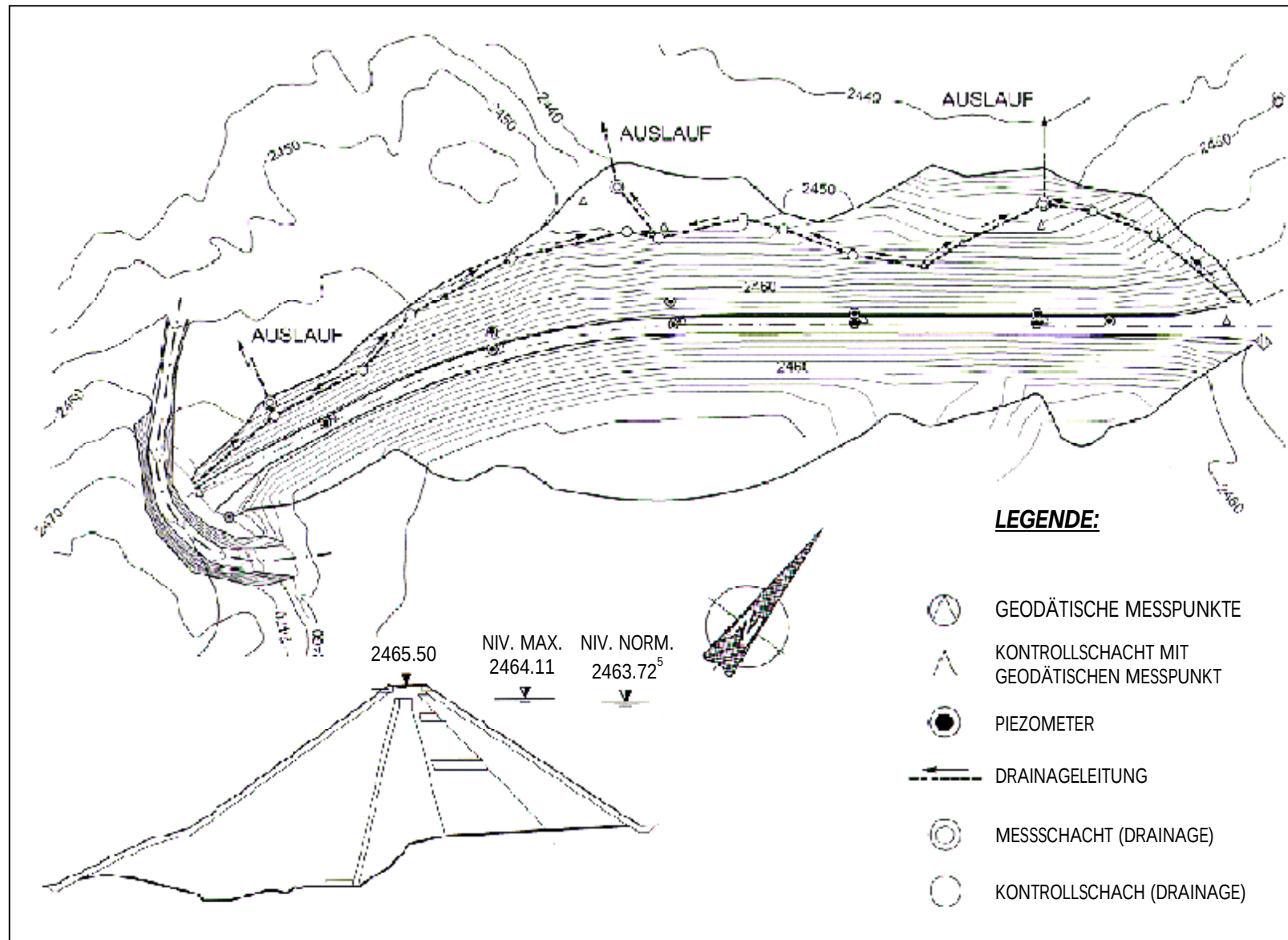
Anhang 1.2: Messeinrichtungen im Hauptschnitt einer Bogenmauer



Anhang 1.3: Messeinrichtungen einer Bogenmauer, abgewickelter Längsschnitt



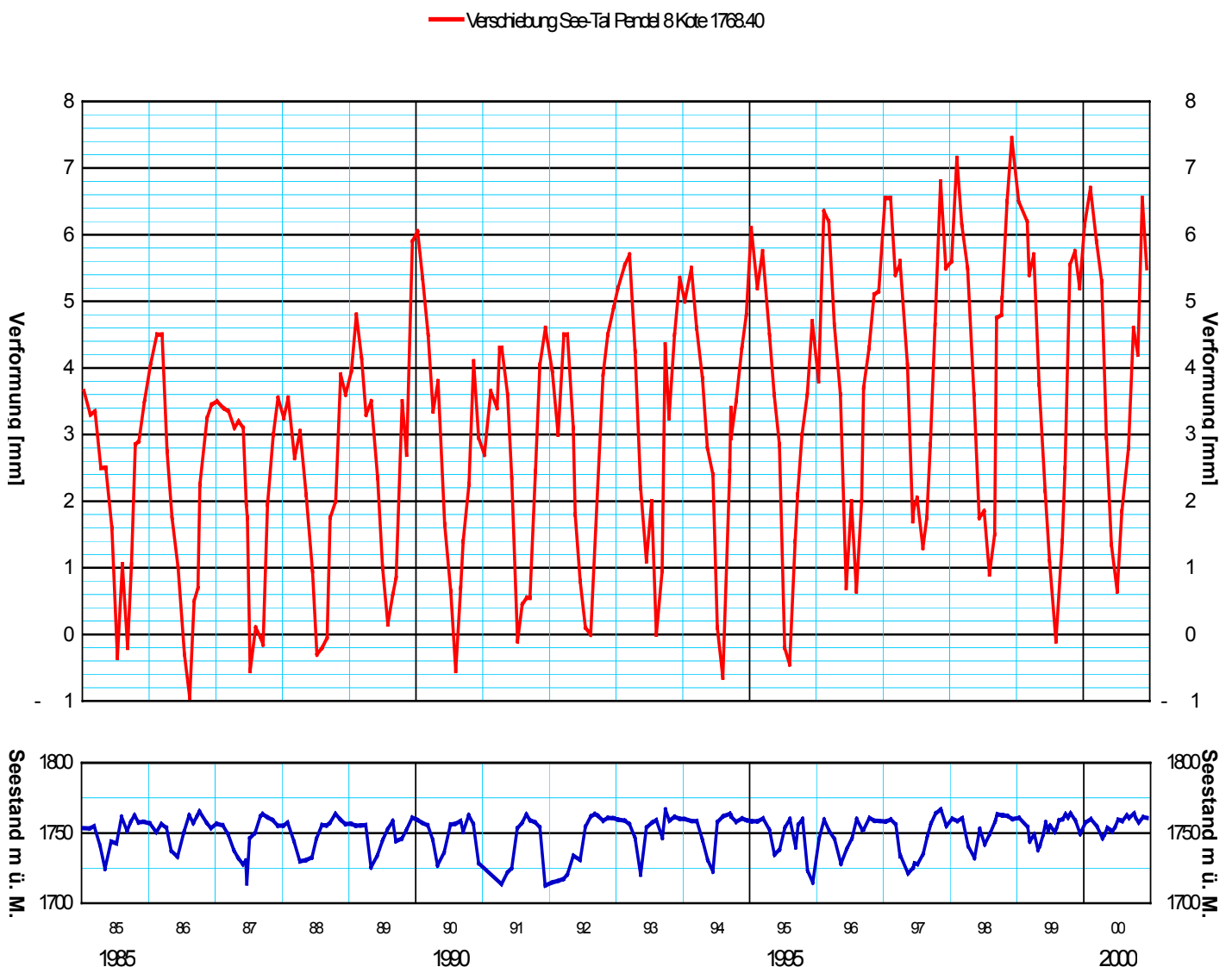
Anhang 1.4: Messanlage eines Schüttdammes



ANHANG 2 BEISPIELE VON GRAPHISCHEN DARSTELLUNGEN VON MESSERGEBNISSE

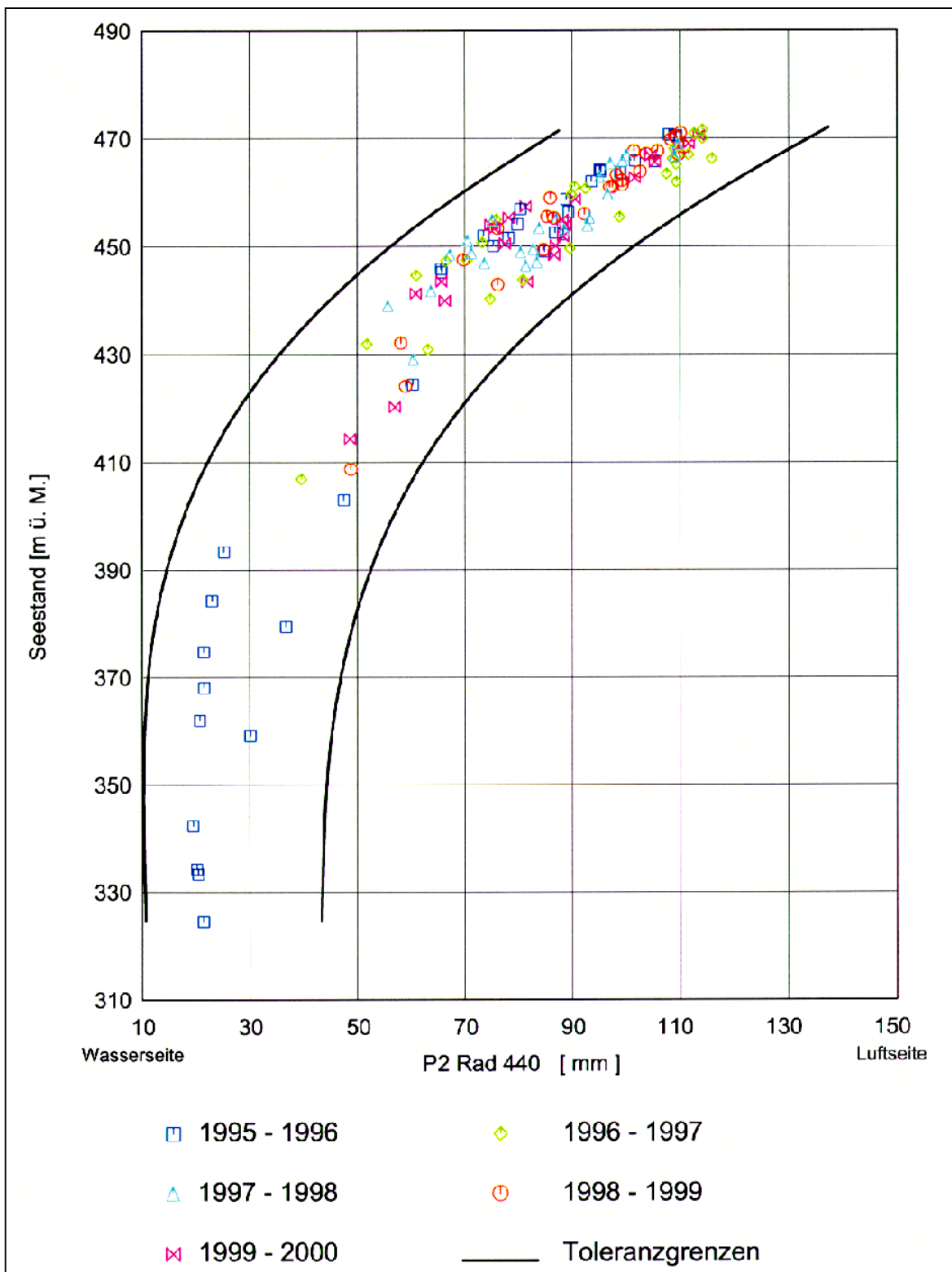
- Anhang 2.1 Langzeitdarstellung der mit der Lot gemessenen Kronenverformungen einer Gewichtsmauer mit erweiterten Fugen
- Anhang 2.2 Beispiel einer Darstellung des Zusammenhangs von Staukote und gemessener Kronenverformung
- Anhang 2.3 Plausibilitätskontrolle von Betontemperaturmessungen
- Anhang 2.4 Monatliche Beziehung zwischen Kronenverformung und der mittleren Betontemperatur einer Bogenmauer
- Anhang 2.5 Beziehung zwischen gemessener Radialdeformation der Mauerkrone und berechneter Vergleichsdeformation

Anhang 2.1: Langzeitdarstellung der mit der Lot gemessenen Kronenverformungen

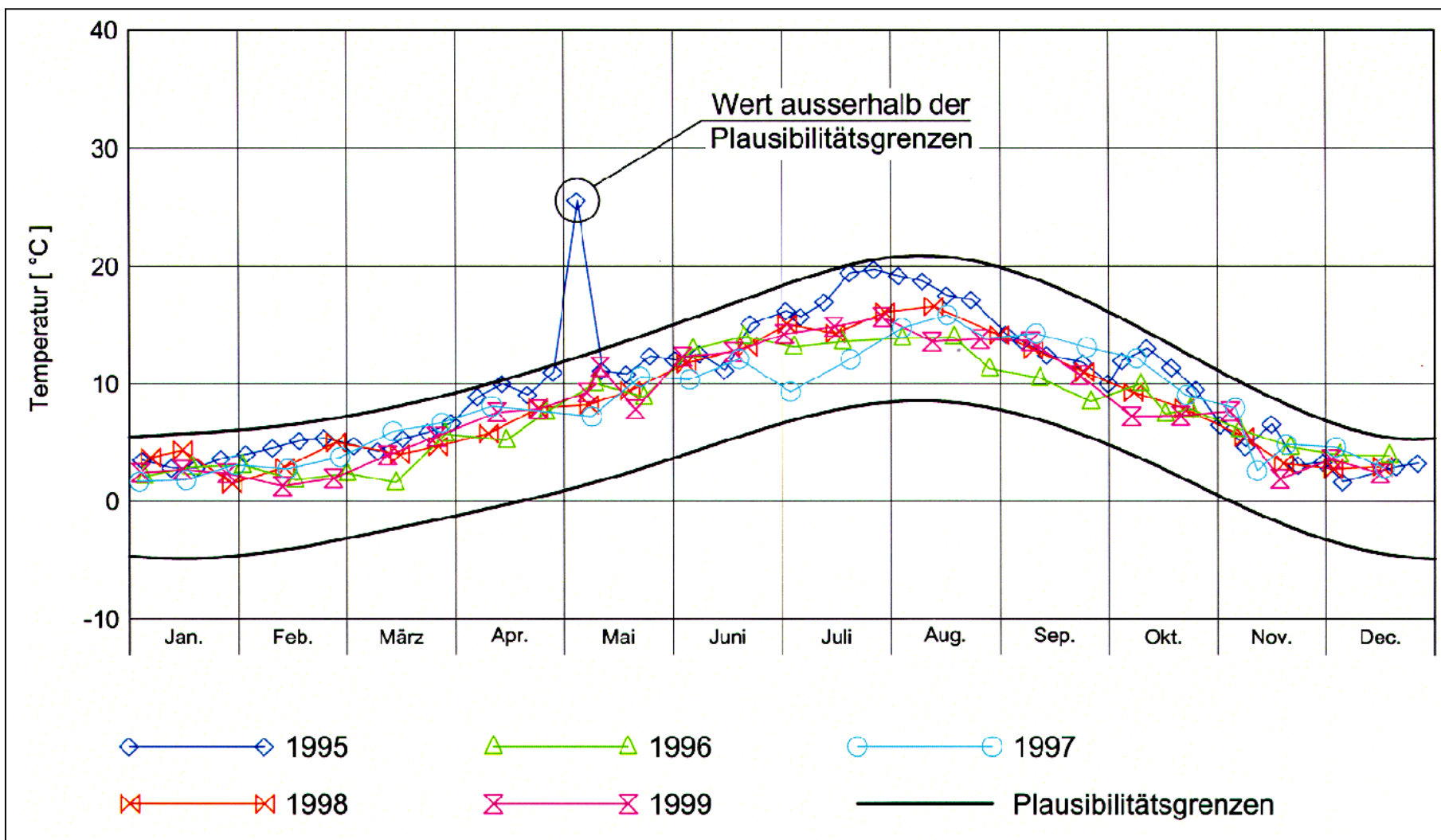


einer Gewichtsmauer mit erweiterten Fugen

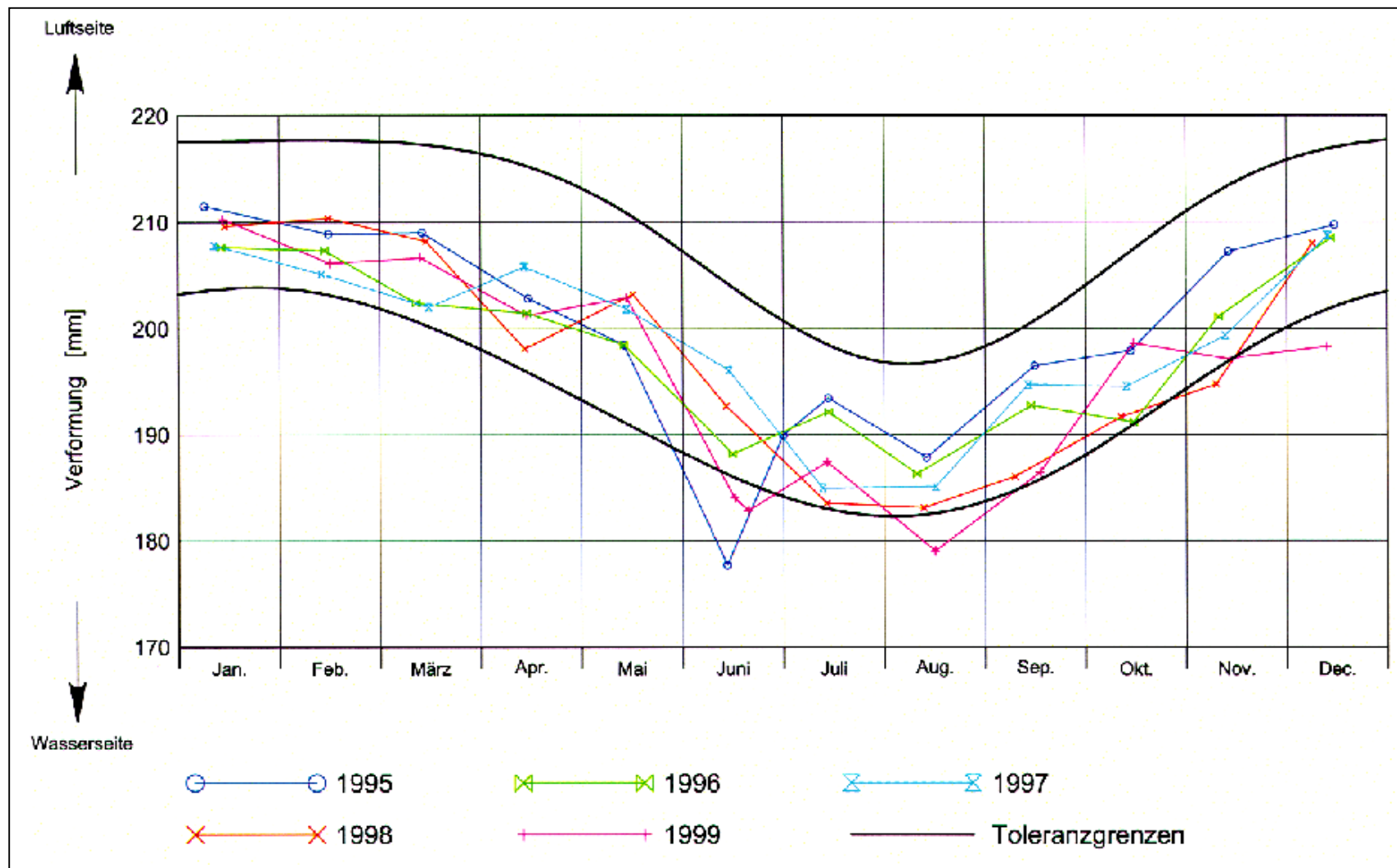
Anhang 2.2: Beispiel einer Darstellung des Zusammenhangs von Staukote und gemessener Kronenverformung



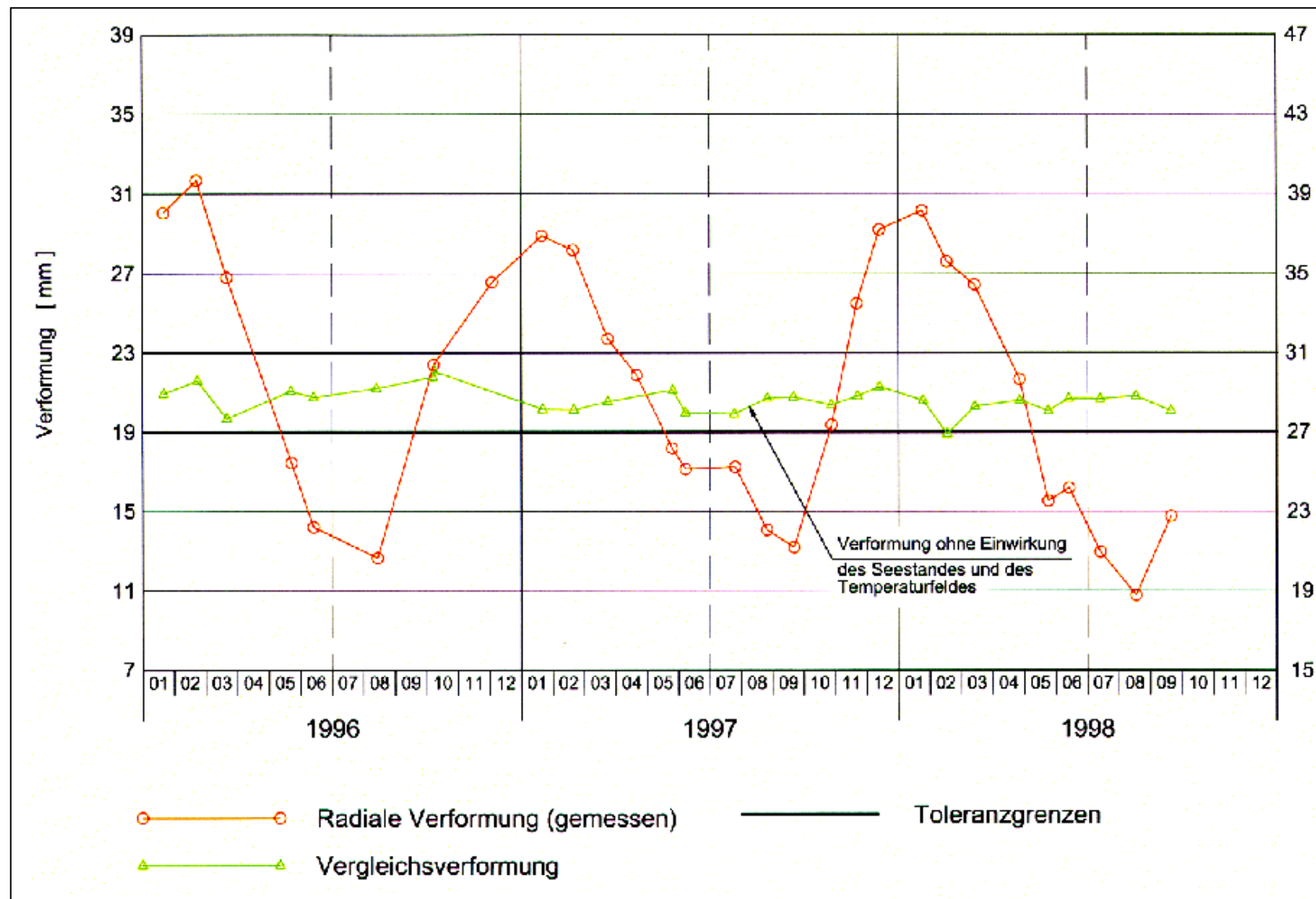
Anhang 2.3: Plausibilitätskontrolle von Betontemperaturmessungen



Anhang 2.4: Monatliche Beziehung zwischen Kronenverformung und der mittleren Betontemperatur einer Bogenmauer



Anhang 2.5: Beziehung zwischen gemessener Radialdeformation der Mauerkrone und berechneter Vergleichsdeformation





ANHANG 3 BEISPIEL EINES REGLEMENT FÜR DEN BETRIEB UND ÜBERWACHUNG

M U S T E R

..... Ort/Datum

Stauanlage(Koordinaten).....

REGLEMENT FÜR DIE BEDIENUNG UND ÜBERWACHUNG DER STAUANLAGE

Das vorliegende Reglement bezieht
sich auf die Bestimmungen der
Stauanlagenverordnung
vom 7. Dezember 1998

(für Stauanlagen ohne
Fünfjahreskontrolle)

*Das Muster kann als Vorlage dienen. Je nach Typ und Grösse der Talsperre sowie entsprechend den Umgebungsbedingungen sind einzelne Textpassagen anzupassen, zu ergänzen oder zu streichen.
Kursivtexte sind lediglich Hinweise darauf, was entsprechend eingetragen werden sollte.*

I N H A L T

1 ORGANISATION

- 1.1 Regelmässige örtliche Talsperrenüberwachung
- 1.2 Funktionsproben an den Ablässen (Grund- und Mittelablässen) und beweglichen Organen der Hochwasserentlastung
- 1.3 Laufende fachtechnische Überwachung
- 1.4 Jahreskontrolle
- 1.5 Geodätische Deformationsmessungen

2 KONTROLLE UND MESSUNGEN

- 2.1 Örtliche Talsperrenüberwachung
 - 2.1.1 Fernübertragene Messwerte
 - 2.1.2 Visuelle Kontrollen der baulichen Anlagen, ihrer Umgebung und des Stauraumes
 - 2.1.3 Messungen
 - 2.1.4 Geodätische Messeinrichtungen
- 2.2 Funktionsproben an den Ablässen (Grund- und Mittelablässen) und beweglichen Organen der Hochwasserentlastung
- 2.3 Geodätische Deformationsmessungen

3 AUSWERTUNG UND RAPPORTIERUNG DER KONTROLLERGESBNISSE

- 3.1 Kontrollergesbnisse
- 3.2 Messbericht
- 3.3 Zustandsbericht
- 3.4 Funktionsproben

4 AKTENSAMMLUNG ÜBER DIE STAUANLAGE (ODER TALSPERRENBUCH)

5 AUSSERORDENTLICHES EREIGNIS

- 5.1 Definition des ausserordentlichen Ereignisses
- 5.2 Anomale Messresultate
- 5.3 Benachrichtigung
- 5.4 Zusätzliche Kontrollen und Messungen
- 5.5 Ergreifen von Massnahmen

Beilagen ^a

- B1 Organigramm Talsperrenüberwachung
- B2 Kontrollgänge
- B3 Ausserordentliches Ereignis (Organigramm)

^a sind nicht auf dem vorliegenden Dokument; siehe Beilagen 4 und 5



1. ORGANISATION

1.1 Regelmässige örtliche Talsperrenüberwachung

Verantwortlich ist (ev. Name/Stellung/Funktion)
(Organigramm gemäss Beilage).

Stellvertretung:

Aufgaben:

Einsatz des ihm unterstellten Personals für:

- Durchführung der visuellen Kontrollen und der Messungen
- erste Beurteilung und Rapportierung der Kontrollergebnisse
- Unterhalt der Kontrolleinrichtungen
- Kontrolle der Installationen für geodätische Messungen, Freihaltung der Visuren
- spezielle Aufgaben bei ausserordentlichen Ereignissen
-

1.2 Funktionsproben an den Ablässen (Grund- und Mittelablässen) und beweglichen Organen der Hochwasserentlastung

Verantwortlich ist (ev. Name/Stellung/Funktion)

Stellvertretung:

Aufgaben:

- Durchführung der Funktionsproben
- Rapportierung der Ergebnisse
- Wartung und Kontrolle der elektrischen und mechanischen Einrichtungen
-

Der Termin der Funktionsprobe ist dem Bundesamt für Wasser und Geologie sowie der erfahrenen Fachperson für die Jahreskontrolle durch
jeweils vorgängig mitzuteilen.

1.3 Laufende fachtechnische Überwachung

Beauftragt/verantwortlich ist

Aufgaben:

- Aufsicht über die Durchführung der Kontrollen
- laufende Auswertung und Beurteilung der Kontrollergebnisse
- jährliche Zusammenfassung der Kontrollergebnisse und Berichterstattung (Messbericht).



1.4 Jahreskontrolle

Beauftragt ist

Aufgaben:

- Ausführung der jährlichen Kontrollinspektionen
- Empfehlung allfällig notwendiger Massnahmen
- Berichterstattung über die Jahreskontrolle (Zustandsbericht)
- Beratung im Falle eines ausserordentlichen Ereignisses

Der Termin für die Jahreskontrolle wird (*von der erfahrenen Fachperson im Einvernehmen mit der Geschäftsleitung*) festgelegt. Das Bundesamt für Wasser und Geologie ist durch rechtzeitig zu informieren.

1.5 Geodätische Deformationsmessungen

Beauftragt ist

Aufgabe:

- Durchführung der geodätischen Deformationsmessungen inkl. Berichterstattung.

Die geodätischen Deformationsmessungen werden gemäss Programm Ziffer 2.3 von (*der Geschäftsleitung*) angeordnet.

Der Beauftragte kann zusätzlich Messungen beantragen.

2. KONTROLLEN UND MESSUNGEN

2.1 Örtliche Talsperrenüberwachung

2.1.1 Fernübertragene Messwerte

Das Betriebspersonal am Ort der Registriereinrichtung überprüftmal pro.....die automatisch aufgezeichneten Messwerte des Seestandes, der..... (*Verformungen der Staumauer, Sickerwassermenge etc.*)

Wenn aussergewöhnliche Messwerte angezeigt werden, oder wenn bei starken Niederschlägen das Stauziel erreicht wird, sind zwecks Vornahme der notwendigen Abklärungen resp. Einsatz von Talsperrenwärtern unverzüglich zu benachrichtigen:

- (*Verantwortlicher für Talsperrenüberwachung*)
-

Befindet sich die Registriereinrichtung an nicht ständig besetzter Stelle (wie z.B. in der Talsperre), hat der unter Ziffer 1.1 genannte Verantwortliche dafür zu sorgen, dass die Registrierstreifen regelmässig ausgewechselt und ihm unterbreitet werden.

2.1.2 Visuelle Kontrollen der baulichen Anlagen, der Umgebung und des Stauraumes¹⁰

2.1.2.1 Ordentliche Kontrollgänge

Die Talsperrenwärter machen (*mindestens wöchentlich einmal*) einen Rundgang und zwar so, dass die Teile der Talsperre, ihrer Umgebung und die Talflanken des Stauraumes wenigstens einmal pro Monat visuell auf ihren allgemeinen Zustand überprüft werden. (*einzelne Rundgänge detailliert beschreiben, eventuell als Beilage 2*).

Besonders zu beachten sind:

Talsperrenkörper

- Wasseraustritte und Sinterbildungen an der Luftseite der Staumauer, besonders entlang (vertikaler) Kontraktions- und (horizontaler) Arbeitsfugen sowie in allen Sohl- und Kontrollstollen, Zugangs- und Verbindungsstollen, Sondier- und Drainagestollen
- Rissbildungen, Abblätterungen, Absprengungen und Auswaschungen an allen vorgenannten Stellen sowie der Mauerkrone und der wasserseitigen Maueroberfläche
- Veränderung bestehender Risse
- Verformungen (Unebenheiten, Wölbungen, Einsenkungen, Ausbauchungen, Setzungen) auf der Dammoberfläche
- Veränderungen im Blockwurf (Abbruch von Blockkanten, Herausdrücken einzelner Blöcke, Vergrösserung des Zwischenraums)
- Feuchte Stellen oder Wasseraustritte auf der Dammluftseite, auffällige Vegetation
-

Stollen und Kammern

- Wasserandrang und (in unverkleideten Stollen) Felsniederbrüche

Drainagen

- Kontrolle und nötigenfalls Reinigung

Talsperrenwiderlager und Umgebung

- Wasseraustritte entlang der Mauer- oder Dammfundation
- talseitige Quellen zwecks Feststellung anomaler Veränderungen der Quellschüttung bzw. Auftreten neuer Quellen
- Erweiterung bestehender oder Bildung neuer Klüfte, Ablösung oder gar Absturz einzelner Felsblöcke oder Felspakete im Bereich der Mauer- oder Dammwiderlager
- Schlipfe, Rutschungen, aussergewöhnlicher Steinschlag, Felsabbrüche, Erweiterung bestehender oder Bildung neuer Klüfte im Bereich der Talhänge des Stausees.

¹⁰ Literatur: *Zustandsüberwachung von Stauanlagen und Checklisten für die visuellen Kontrollen*, Schweizerisches Nationalkomitee für Grosse Talsperren, 1997.



Nebenanlagen (Hochwasserentlastung, Tosbecken, Ablassstollen, etc.)

- Rissbildungen, Abblätterungen, Absprengungen und Auswaschungen an Überfall und Auslauf der Hochwasserentlastung und der Ablässe
- Kolkbildung und Auflandungen sowie Ablösung oder gar Absturz einzelner Felsblöcke oder Felspakete unterhalb der Ausläufe im Bereich von Hochwasserentlastung und Ablässen

2.1.2.2 Ausserordentliche Kontrollgänge

Zusätzliche Kontrollen sind von den Talsperrenwärtern auszuführen

- während extremer Hochwasserereignisse
- nach bedeutenden Lawinenniedergängen
- bei bekannt gewordenen Rutschungen in der weiteren Umgebung der Stauanlage
- nach stärker verspürten oder von dritten Seite¹¹ gemeldeten Erdbeben

2.1.3 Messungen¹²

Der Talsperrenwärter misst:

Frequenz:

Messungen	Frequenz
- Seestand	
- Temperatur der Luft, des Seewassers und des Staumauerbetons	
- Verformung der Staumauer, ihrer Felsfundamente und Felswiderlager	
- Wasserdrücke im Fundament- und Widerlagerfels	
- Sickerwassermenge im Beton und Fels	
- Abfluss aus Drainagebohrungen	
- Abfluss aus Sickerwasserleitungen	
- Dehnungszustand in den Fugen der Staumauerblöcke	
-	
-	

Fernübertragene Messwerte

Die fernübertragenen und automatisch registrierten Messwerte sind nach Möglichkeit bei jeder direkten Messung zu überprüfen.

Zusätzliche Messungen sind auszuführen:

¹¹ Das Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG) wird bei Erdbeben mit Magnitude M grösser als 3 durch den Schweizerischen Erdbebendienst benachrichtigt und informiert die betroffenen Stauanlagenbetreiber, sofern deren Anlage mit einer Intensität MSK grösser als 4 erschüttert wurde.

¹² Literatur: *Messanlagen zur Talsperrenüberwachung; Konzept, Zuverlässigkeit und Redundanz*; Schweizerisches Nationalkomitee für Grosse Talsperren, 1987.

- während den geodätischen Deformationsmessungen an der Talsperre (Seestand, Temperatur sowie Verformungsmessungen der Mauer oder des Dammes ihrer Fundamente und der Felswiderlager).
- im Falle eines ausserordentlichen Ereignisses (s. Ziffer 5.4).

2.1.4 Geodätische Messeinrichtungen

Die örtlichen Einrichtungen für geodätischen Messungen sind im Frühling und im Herbst einmal zu kontrollieren. Dabei sind die Visuren von überwucherndem Pflanzenwuchs freizuhalten.

Festgestellte Schäden an den Einrichtungen sind durch dem Beauftragten gemäss Ziffer 1.5 zu melden.

2.2 Funktionsproben an den Ablässen (Grund- und Mittelablässen) und beweglichen Organen der Hochwasserentlastung

Der gemäss Ziffer 1.2 Beauftragte prüft jährlich (*Anzahl mit eventuell Präzisierung bezüglich Zeit und Seestand – jährlich jedoch mindestens einmal*) die Betriebsbereitschaft des Grundablasses und der beweglichen Organe der Hochwasserentlastung mittels Funktionsproben.

(*Eventuell Hinweis auf separates Reglement für die Durchführung der Funktionsproben.*)

Programm für die Durchführung:

a) Grundablass

1.

2.

etc.

b) Zwischenablass (*sofern vorhanden*)

c) Hochwasserentlastung (*sofern mit beweglichen Verschlussorganen ausgerüstet*)

Die Funktionstüchtigkeit von Handantrieb ist durch kurze Schützenbetätigung zu prüfen.

Die Funktionstüchtigkeit eines Notstromaggregats ist durch laufen lassen zu prüfen.

Die Funktionstüchtigkeit einer allfällig vorhandenen Fernsteuerung ist durch eine Schützenbetätigung zu prüfen.

Der Beauftragte sorgt für eine zuverlässige Wartung und Kontrolle der elektrischen und mechanischen Einrichtungen. Diese sind an ein geeignete Rhythmus auf ihre Einsatzfähigkeit zu prüfen.

2.3 Geodätische Deformationsmessungen¹³

Die geodätischen Deformationsmessungen sind nach folgendem Programm durchzuführen:

Periodische Messungen

- Vollmessungen (gesamtes Netz)
 - bei Vollstau : alle Jahre, beginnend ab
 - bei Abstau : alle Jahre (*ca. alle 10 .. 15 Jahre*)
- Reduzierte Messungen : alle Jahre
- Nivellementsmessungen : alle Jahre
-

Zusätzliche Messungen

- bei Speicherabsenkungen
- bei Bedarf aufgrund von Kontrollen oder Empfehlungen der erfahrenen Fachperson für die Jahreskontrollen oder des Bundesamtes für Wasser und Geologie; gegebenenfalls bei oder nach ausserordentlichen Ereignissen (Erdbeben, Hochwasser, ...).

3. AUSWERTUNGEN UND RAPPORTIERUNG DER KONTROLLERGESNISSE

3.1 Kontrollergebnisse

Über alle Kontrollen und Messungen, sowie eventuellen Reparaturarbeiten sind Protokolle zu erstellen.

(Inhalt: - Name des Beobachters, Datum, Wetter, Seestand
- Umfang der Kontrolle und Ergebnis)

Die Messergebnisse sind in übersichtlichen Tabellen nachzuführen und ausgewählte Messwerte graphisch aufzutragen.

Der Talsperrenwärter und sein Vorgesetzter beurteilen unverzüglich, ob die Kontrollergebnisse mit den Erfahrungen übereinstimmen. Falls Anomalien festgestellt werden, ist gemäss Ziffer 5 zu verfahren.

Die Originale der Protokolle sind in der Aktensammlung über die Stauanlage (Talsperrenbuch) abzulegen.

Eine Kopie ist spätestens 2 Tage nach der Kontrolle bzw. Messung dem Beauftragten (gemäss Ziffer 1.3) für die laufende Überwachung und die Jahreskontrolle weiterzuleiten.

3.2 Messbericht

Die Kontrollergebnisse sind vom Beauftragten für die laufende fachtechnische Überwachung innert Wochenfrist nach Erhalt zu überprüfen und, jährlich zusammengefasst, in einem Messbericht in Exemplaren spätestens 3 Monate nach Abschluss des Berichtsjahres dem (*Inhaber der Stauanlage*)zuzustellen.

Ein Exemplar ist in der Aktensammlung über die Stauanlage (Talsperrenbuch) abzulegen und je ein weiteres durch unverzüglich dem Bundesamt für Wasser und Geologie (sowie der Aufsichtsbehörde des Kantons) zur Kenntnis zu bringen⁵.

¹³ Literatur: *Geodätische und photogrammetrische Deformationsmessung für die Überwachung der Stauanlagen*; Schweizerisches Nationalkomitee für Grosse Talsperren; in: «wasser, energie, luft» 85. Jahrgang, 1993, Heft 9, CH-5401 Baden, Seiten 181 – 242.

⁵ Nur für die kantonale Behörde wenn die Stauanlage nicht unter dem Bund unterstellt ist.



3.3 Zustandsbericht

Über die Jahreskontrolle ist vom Beauftragten innert Monatsfrist ein Bericht zu erstellen, welcher dem ... (*Inhaber der Stauanlage*) ...in Exemplaren zuzustellen ist. Ein Exemplar ist im Talsperrenbuch abzulegen und je ein weiteres durch unverzüglich dem Bundesamt für Wasser und Geologie (sowie der Aufsichtsbehörde des Kantons) zur Kenntnis zu bringen.⁵

3.4 Funktionsproben

Über die Funktionsproben am Grundablass und den beweglichen Organen der Hochwasserentlastung ist vom Beauftragten (gemäss Ziffer 1.2) ein Kurzbericht zu erstellen.

Das Original ist in der Aktensammlung über die Stauanlage (Talsperrenbuch) abzulegen und je eine Kopie davon dem Bundesamt für Wasser und Geologie und dem Beauftragten für die Jahreskontrolle zur Kenntnis zu bringen.⁶

(Die Berichterstattung gemäss Ziffer 3.2 Messbericht, 3.3 Zustandsbericht und 3.4 Funktionsproben kann auch in einem einzigen Bericht erfolgen.)

4. AKTENSAMMLUNG ÜBER DIE STAUANLAGE (TALSPERRENBUCH)

Die Aktensammlung über die Stauanlage (Talsperrenbuch) ist gemäss den Empfehlungen des Schweizerischen Talsperrenkomitees vom 27. April 1960, (auch in der OSOA Art.16 al. 1) verändert 2001, zu führen.

Verantwortlich für die Vollständigkeit und die laufende Nachführung ist

Der Standort der Aktensammlung über die Stauanlage (Talsperrenbuch) befindet sich(Ort)

5. AUSSERORDENTLICHES EREIGNIS

5.1 Definition des ausserordentlichen Ereignisses

Ein ausserordentliches Ereignis liegt vor,

- wenn die Kontrollen und Messungen Abweichungen vom normalen Verhalten der Talsperre zeigen,
- bei extremen Hochwassern,
- bei bedeutenderen Lawinnenniedergängen,
- bei Rutschungen sowie Fels- und Gletscherabbrüchen,
- nach stärker verspürten oder von dritten Seite⁷ gemeldeten Erdbeben,
- wenn ein Ablassorgan nicht mehr geschlossen werden kann.

⁶ Nur für die kantonale Behörde wenn die Stauanlage nicht unter dem Bund unterstellt ist.

⁷ Das Bundesamt für Wasser und Geologie wird bei Erdbeben mit Magnitude $M > 3$ durch den Schweizerischen Erdbebendienst benachrichtigt und informiert die betroffenen Stauanlagenbetreiber, sofern deren Anlage mit einer Intensität $MSK > 4$ erschüttert wurde.



In solchen Fällen hat derjenige, der das ausserordentliche Ereignis feststellt, sofort eine der nachstehenden Personen zu benachrichtigen:

..... oder, wenn nicht erreichbar,
....., die darüber befindet, ob es sich um ein ausserordentliches Ereignis handelt.

5.2 Anormale Messresultate

Handelt es sich um anormale Messresultate, so hat der Talsperrenwärter die Messung sofort zu wiederholen, und wenn das Ereignis bestätigt wird, die Messanlage auf ihr korrektes Funktionieren zu überprüfen. Ist der Mangel erkennbar, so hat er die Personen gemäss Ziffer 5.1 zu benachrichtigen.

5.3 Benachrichtigung (Organigramm Beilage 3)

Ist ein ausserordentliches Ereignis festgestellt worden, sind durch sofort zu benachrichtigen:

- Bundesamt für Wasser und Geologie
- (Kantonale Aufsichtsbehörde)
- (Beauftragter für die Jahreskontrolle)

Bei unkontrolliertem Wasserabfluss – oder wenn ein solcher unmittelbar bevorsteht – ist die kantonale Polizeipikettstelle von der Betriebsleitung direkt und zuerst zu benachrichtigen.

5.4 Zusätzliche Kontrollen und Messungen

Bei ausserordentlichen Ereignissen sind zusätzliche Kontrollen und Messungen durchzuführen: (*spezifizieren, welche Kontrollen und Messungen*)

- Bei Abweichungen vom normalen Verhalten der Talsperre:
- Bei extremen Hochwassern: (*visuelle Kontrolle der Hochwasserentlastung, des Tosbeckens, des Auslaufs, ...; Stabilität der Talhänge, etc.*)
- Bei stärker verspürten oder von dritter Seite gemeldeten Erbeben: (*visuelle Kontrolle der Talsperre und ihrer Umgebung, Messung der Gesamtsickerwassermenge, etc.*)
-

5.5 Ergreifen von Massnahmen

Die im Falle eines ausserordentlichen Ereignisses zu ergreifenden Massnahmen werden von(*der Betriebsleitung/Direktion/ ...*) angeordnet:

- (*Betriebsleiter/*)
- (*Stellvertreter*)

Soweit möglich hat die Anordnung von Massnahmen im Einvernehmen mit dem Bundesamt für Wasser und Geologie und dem(*kantonale Aufsichtsbehörde*) zu erfolgen.

.....
..... Unterschrift



ANHANG 4 BEISPIEL EINES INSPEKTIONS- UND MESSBERICHTS

A) A. VISUELLE KONTROLLE

Datum (tt. mm. jj.)	Visum	Lufttemperatur	Seestand	Wetter (Schön, bewölkt, regnerisch)
/ /		(C°)	(M ü. M.)	

1. GENERELLES ZUSTAND

Krone (Verkleidung, Fugen)	
Luftseite	
Wasserseite	
Stollen (Beton, Fugen)	
Kontaktzonen der Widerlager	
Überlauf (Beton, Luftseitigen Bereich)	
Grundablass (Schütze, Beton, Luftseitigen Bereich)	
Installationen (elektrische, -mechanische Einrichtungen, Messanlage)	

2. SICKERWASSER

Luftseite	
Stollen (Drainagebohrungen)	
Talseitige Quellen	

3. UMGEBUNG DER TALSPERRE

Ufer und Talhänge des Stausees	
--------------------------------	--

4. VERSCHIEDENES

Bemerkungen, Bau, Massnahmen zu treffen	
---	--

B. MESSUNGEN

Drainagebohrungen	Linksseite (L/s)	Rechtsseite (L/s)
	Ausgang der Stollen (L/s)	

Wasserdrücke	Nr 1 (kg/cm ²)	Nr 2 (kg/cm ²)
--------------	----------------------------	----------------------------

Lotmessungen		
Kalibrierung	Radiale (mm) :	Tangentiale(mm) :
Oberes Niveau	Radiale (mm) :	Tangentiale (mm) :
Unteres Niveau	Radiale (mm) :	Tangentiale (mm) :

C. GRUNDABLASSEPRÜFUNG

Datum (tt. mm. jj.)	Visum	Lufttemperatur	Seestand	Wetter (Schön, bewölkt, regnerisch)
/ /		(C°)	(M ü. M.)	
Öffnung (cm / %)		Dauer (min)		Abfluss (m ³ /s)
Bemerkung				

ANHANG 5 BEISPIEL EINES ORGANIGRAMMS FÜR KONTROLLEN UND ÜBERWACHUNG

