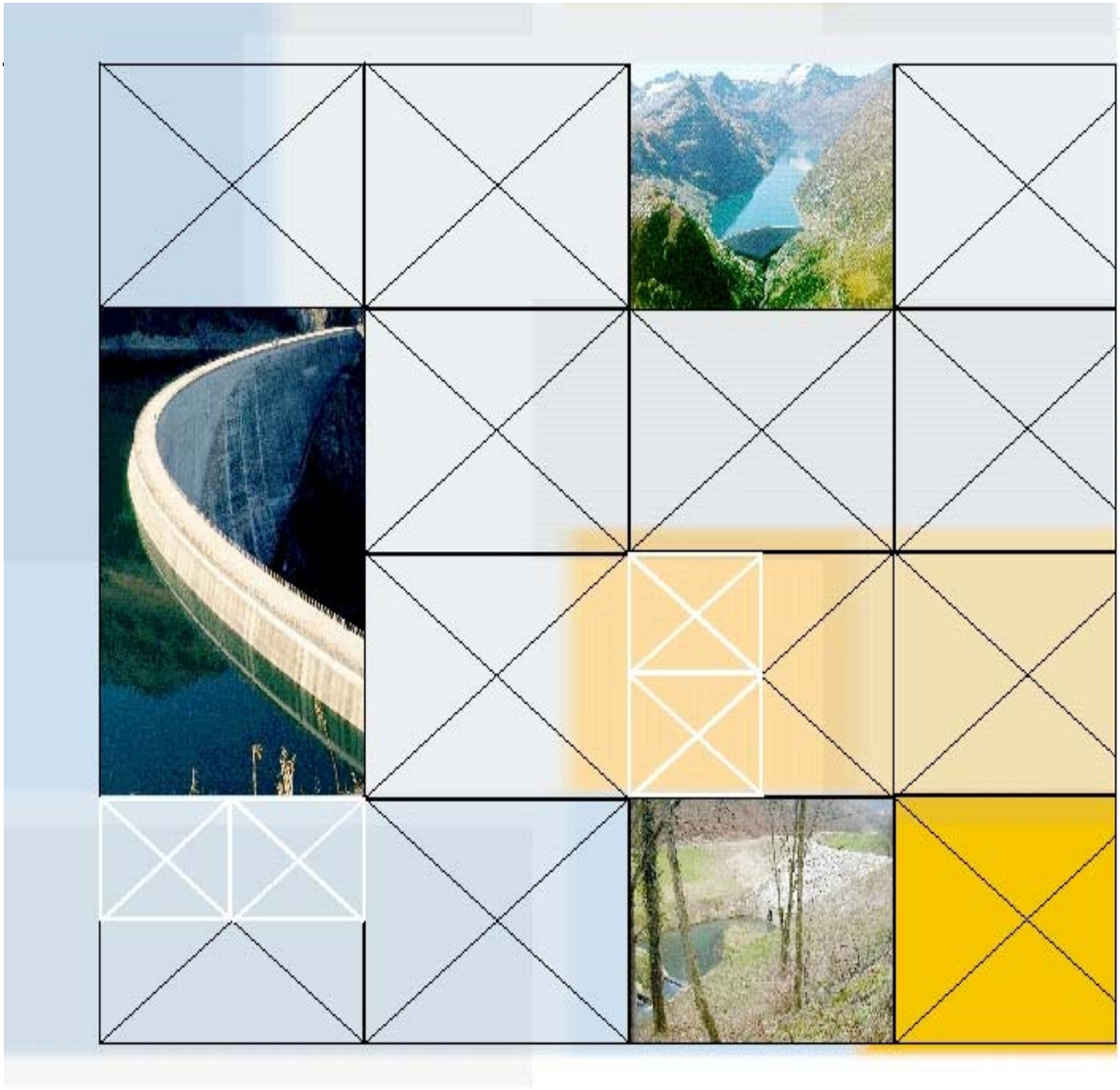


Sicherheit der Stauanlagen

Richtlinien des BWG - Directives de l'OFEG - Direttive dell'UFAG
Biel, 2002

Version 1.1 (November 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**

VERORDNUNG ÜBER DIE SICHERHEIT DER STAUANLAGEN (StAV)

RICHTLINIEN

Inhalt

	Vorwort	8
Teil A		
1	**EINLEITUNG**	
1.1	Begründung	9
1.2	Gesetzliche Grundlage	9
1.3	Ziele der Richtlinien	9
1.4	Bedeutung der Richtlinien	9
1.5	Umfang der Richtlinie	10
1.6	Anwendungsbereich der Richtlinien	11
1.7	Angesprochene Stellen	11
1.8	Erforderliche Kompetenzen	11
1.9	Gültigkeit der Anwendung	11
2	**GESETZLICHE GRUNDLAGEN**	
2.1	Wasserbaupolizei	13
2.2	Verordnungen zur Sicherheit von Stauanlagen (StAV)	13
2.3	Für die Überwachung zuständige Behörden	14
2.4	Weitere auf Stauanlagen anwendbaren Bundesgesetze und –verordnungen	16
3	**DEFINITION**	
3.1	Stauanlage	17
3.2	Absperrbauwerk	18
3.3	Stauraum	18
4	**SICHERHEITSKONZEPT**	20
5	**UNTERSTELLUNGSKRITERIEN ZUR StAV**	
5.1	Allgemeines	22
5.2	Verständigung	22
5.2.1	Festlegung der massgebenden Höhe für die Unterstellung (Stauhöhe)	22
	• Definition der massgebenden Höhe für die Unterstellung (Stauhöhe)	
	• Stauziel	
	• Definition des unteren Referenzpunktes	

5.2.2 Festlegung der massgebenden Stauvolumen für die Unterstellung 26
- Definition der massgebenden Stauvolumen für die Unterstellung
- Verfahren für die Bestimmung des Stauvolumens

5.2.3 Spezialfall : verstopfungsanfällige Hochwasserentlastung 27
5.3 Begriff der besonderen Gefahr 28
5.3.1 Allgemeine Definition der besonderen Gefahr 28
5.3.2 Arte von betroffenen Bauten und Örtlichkeiten 28
5.3.3 Untersuchung der Auswirkungen des Bruchs eines Absperrbauwerks 28
- Berechnung der Flutwelle
- Berechnungsverfahren
- Bruchszenarien
- Anfangsbedingungen
- Berechnungsergebnisse
- Darstellung der Ergebnisse

5.3.4 Klassierung und Schwellenwerte für das Mass der besonderen Gefahr 31
5.3.5 In Kaskaden angeordnete Stauanlagen 32
5.3.6 Situationen ohne besondere Gefahr 32
5.4 Auswahl der zu unterstellenden Stauanlagen 33
5.4.1 Entscheidende Stelle für die Unterstellung 33
5.4.2 Vorgehen beim Entscheid über eine Unterstellung 33
5.4.3 Aushebung der Unterstellung 33

Teil B

6 Konstruktive Sicherheit
6.1 Allgemeines 36
6.2 Nutzungsplan und Sicherheitsplan 36
6.2.1 Nutzungsplan 36
6.2.2 Sicherheitsplan 37
6.3 Einwirkungen 37
6.3.1 Lasten 37
- Ständige Lasten
- Veränderliche Lasten
- Ausnahmelasten
- Plötzlich auftretende Lasten

6.3.2 Lastfälle 38
6.4 Konstruktive Sondermassnahmen 42
6.4.1 Allgemeines 42
6.4.2 Ablassorgane (Grundablass, Hochwasserentlastung) 42

- Funktionen des Grundablasses
- Handhabung des Grundablasses
- Absenkung des Wasserspiegels
- Hochwasserentlastung

6.4.3 Freibord 43
6.4.4 Bepflanzung der Böschungen 43
6.4.5 Spezielle Massnahmen 44

7 HOCHWASSERSICHERHEIT

7.1 Definition des Hochwassers 45
7.1.1 Einführung 45
7.1.2 Hochwasserereignisse für Stauanlagen 45
7.1.3 Bemessungshochwasser 45
7.1.4 Sicherheitshochwasser 46
7.2 Dimensionierungskriterien und Nachweis der Hochwasserentlastung 46
7.2.1 Überschreitungswahrscheinlichkeiten 46
7.2.2 Ableitung der Hochwasser 46
- Anfangsbedingungen
- Ableitung des Bemessungshochwassers
- Ableitung des Sicherheitshochwassers

7.2.3 Freibord 50
7.2.4 Überfluten der Talsperre 51
7.2.5 Besondere Anlagen 51
- Hochwasserschutzsperren
- Geschiebe- und Murgangsperren
- Kaskadisch angeordnete Talsperren

8 ERDBEBENSICHERHEIT

8.1 Grundlage 55
8.1.1 Ziel der Erdbebensicherheitsnachweise 55
8.1.2 Talsperrenklassen 55
- Grundsatz
- Kriterien
- Besonderheiten

8.1.3 Nachweissituationen 56
- Erfordernis für den Nachweis
- Weitere Nachweissituationen
- Erster Nachweis

8.1.4 Anforderungen 57
- Konformitätserklärung
- Spezialisierte Ingenieure

8.2 Nachweisbeben 57
8.2.1 Grundsätze 57
- Nachweisbeben
- Aktive Verwerfung
- Seismische Gefährdung
- Eintretenswahrscheinlichkeiten

8.2.2 Erdbebenanregung 58
- Grundsatz
- Spitzenbeschleunigung
- Antwortspektrum
- Zeitverlauf (Beschleunigungsdiagramm)

8.2.3 Baugrund- und Standortverhältnisse 61
- Grundsätze
- Baugrundklasse
- Antwortspektrum für Baugrundklasse B et C

8.3 Spitzenbeschleunigungen 63
8.3.1 Vorgehen 63
8.3.2 Intensitätskarten
8.3.3 Beschleunigungswerte 63
8.4 Berechnungsmethoden 66
8.4.1 Staudämme 66
8.4.2 Staumauer 67
8.5 Sicherheitsnachweis 68
8.5.1 Staudämme 68
8.5.2 Staumauer 68
8.5.3 Andere Nachweise 69
8.6 Lastfälle 69
8.6.1 Allgemeines 69
8.6.2 Staudämme 69
8.6.3 Staumauer 70

9 GENEHMIGUNG UND AUSFÜHRUNG VON PROJEKTEN
9.1 Allgemeines 71
9.2 Inhalt des Dossiers zur Unterstellung unter die Aufsichtsbehörde 71
9.3 Inhalt des zur Genehmigung eingereichten Dossiers 71
9.4 Versuche und Kontrollen vor und während des Baus 72
9.5 Organisation der Baukontrollen 72
9.6 Schlussbericht nach Beendigung der Bauarbeiten 72
9.7 Prüfung der ausgeführten Bauarbeiten 73

10 BETRIEB
10.1 Einstau- und Inbetriebnahmen 74

10.2 Bedingungen für die Inbetriebnahmen 74
10.3 Spezielle Betriebszustände 75
10.3.1 Vorsorgliche Absenkung 75
10.3.2 Spülung 75
10.3.3 Geschwemmselentfernung 75
10.4 Ausserbetriebsnahme 76

Teil C

11 ÜBERWACHUNG UND UNTERHALT
11.1 Allgemeines 77
11.1.1 Ziele 77
11.1.2 Aufgaben 77
11.2 Organisation der Überwachung und des Unterhalts 79
11.2.1 Überwachungsstufen und zugehörige Aufgaben (Art. 12, 13 und 14, StAV) 79
11.2.2 Aufsichtsbehörde 79
11.2.3 Profil der Beteiligten 81
- Einführung
- Stufe 1 der Überwachung
- Stufe 2 der Überwachung
- Stufe 3 der Überwachung
- Stufe 4 der Überwachung

11.3 Messsystem 82
11.3.1 Allgemeines 83
11.3.2 Unverzichtbarkeit des Messsystems 83
11.3.3 Eigenschaften der Messinstrumente 83
11.3.4 Messwerte 84
- Messungen der Bealstungsgrössen
- Signifikante Werte zur Beurteilung des Verhaltens von Stauanlagen

11.3.5 Messprogramme 87
- Allgemeines
- Stauanlagen mit einer Höhe gleich oder über 10 m
- Messprogramme für kleine Stauanlagen (H < 10 m)

11.3.6 Beurteilung der Messwerte 88
11.4 Visuelle Kontrollen 90
11.4.1 Aufgaben des Betreibers 90
11.4.2 Aufgaben der erfahrenen Fachperson (spezialisierter Ingenieur) 91
11.4.3 Aufgaben der ausgewiesenen Experten 91
11.5 Kontrollen und Funktionsproben der Ausrüstung 92
11.5.1 Einleitung 92
11.5.2 Entlastungsorgane und ihre Steuerungsausrüstung 92
- Bedingungen

- Arten beweglicher Organe
- Zweck der Funktionsproben
- Ablauf der Funktionsproben
- Versuche mit Fernsteuerung
- Protokoll
- Empfehlungen

11.5.3 Messinstrumente für die Verhaltensüberwachung der Stauanlagen 95
11.5.4 Kommunikationsmittel (Telefonverbindungen) 95
11.5.5 Sirenen des Wasseralarms 96
11.6 Unterhalt 96
11.7 Ausserordentliche Ereignisse 98
11.7.1 Vorkehrung für den Notfall 98
11.7.2 Aussergewöhnliche Kontrollen 98
11.7.3 Überwachung während eines Hochwassers 98
11.7.4 Nachbebenkontrollen 98

- Prinzip
- Stufen und Interventionen
- Schwellenwerte
- Inspektionen

11.8 Dokumente 101
11.8.1 Aktensammlung der Stauanlage (Art. 16 StAV) 101
11.8.2 Bedienungs- und Überwachungsvorschriften (Art. 9, Absatz 2, StAV) 102
11.8.3 Bericht über die Funktionsproben (Art. 12, Absatz 2, StAV) 103
11.8.4 Bericht über die visuellen Kontrollen 103
11.8.5 Bericht über die Jahreskontrolle (Artikel 13, Absatz 1, StAV) 103
11.8.6 Jahresbericht über das Verhalten (Art. 13 StAV) 104
11.8.7 Bericht über die geodätischen Messungen 104
11.8.8 Bericht über die Sicherheitsüberprüfung (5-jährliche Expertise) (Art. 14, Absatz 1, StAV) 104
11.8.9 Bericht über ausserordentliche Sicherheitsüberprüfung (Art. 14, Absatz 2, StAV) 105

GLOSSAR 106

ABKÜRZUNGEN 110

STICHWORTVERZEICHNIS 110

BEILAGEN

- Beilage 1 113
  Liste der Mitglieder der Arbeitsgruppe
- Beilage 2 115
  Verordnung vom 7. Dezember 1998 über die Sicherheit der Stauanlagen (RS 721.102)

VORWORT

Die Verordnung über die Sicherheit von Stauanlagen (StAV), seit dem 1. Jan. 1999 in Kraft, ermächtigt das Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG), Richtlinien zur Anwendung der Verordnung herauszugeben.

Für die Ausarbeitung der vorliegenden Richtlinie hat das BWG fünf Arbeitsgruppen, mit Einbezug zahlreicher Fachleute, organisiert. Eine Liste der Arbeitsgruppenmitglieder ist im Anhang 1 aufgeführt. Jede Arbeitsgruppe hat sich mit einem der folgenden Themen beschäftigt: Unterstellungskriterien, Nachweis der konstruktiven Sicherheit, Hochwassersicherheit, Erdbebensicherheit sowie Überwachung und Betrieb der Anlagen. Für die vorliegende Richtlinie sind aus den einzelnen Berichten nur die wesentlichen Elemente übernommen worden. Jene, welche auch Empfehlungen über die zur Erreichung der anvisierten Ziele einzusetzenden Mittel beinhalten, werden ebenfalls einzeln als Basisdokumente veröffentlicht. Es sei auch auf die vielen Publikationen des Schweizerischen Talsperrenkomitees (STK) hingewiesen, die für den Entwurf und die Ausführung von Projekten, wie auch für die Überwachung und den Unterhalt von Stauanlagen von erheblichem Interesse sind. Das gilt auch für zahlreiche Artikel betreffend die Sicherheit von Talsperren in der Fachzeitschrift „Wasser, Energie, Luft“.

1. EINLEITUNG

1.1 Begründung

Stauanlagen bergen ein grosses Gefahrenpotential. Ein Versagen kann Verlust von Menschenleben und enormen Sachschaden verursachen. Die Kosten von solchen Unfällen können astronomische Höhen erreichen.

Es ist somit nicht verwunderlich, dass für die Stauanlagen eine auf die Sicherheit von Personen und Gütern ausgerichtete Bundesgesetzgebung besteht. Es ist einleuchtend, dass die Massnahmen, die im Laufe der Projektierung, der Bauausführung und des Betriebes getroffen werden, zum Ziel haben müssen, ein Versagen der Anlage und damit indem eine unkontrolliertes Abfliessen von Wassermassen zu vermeiden

1.2 Gesetzliche Grundlagen

Art. 3b des Bundesgesetzes vom 22. Juni 1877 über die Wasserbaupolizei sowie die Verordnung über die Sicherheit von Stauanlagen (StAV) vom 7. Dezember 1998 bilden die aktuellen gesetzlichen Grundlagen.

Das Bundesamt muss auch die Einhaltung der Verordnung überwachen und die dem Bund direkt zugeteilten Aufgaben übernehmen (Art. 21, Absatz 1, StAV).

Die Verordnung über die Sicherheit von Stauanlagen gibt dem Bundesamt für Wasser und Geologie die Möglichkeit, zusammen mit Vertretern der kantonalen Behörden, der Wissenschaft, der Berufsverbände und der Wirtschaft (Art. 26, StAV) Richtlinien auszuarbeiten.

1.3 Ziele der Richtlinien

Das Hauptanliegen der Richtlinien ist, die Grundlagen für die Interpretation und Anwendung der Bestimmungen der Verordnung über die Sicherheit der Stauanlagen zu liefern. Sie stellen das anwendbare Fachwissen im Bereich Talsperrensicherheit in der Schweiz vor, unter Berücksichtigung der zum Zeitpunkt der Erarbeitung aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisse. Sie enthalten die wichtigsten Elemente, welche beachtet werden müssen, um die Sicherheit von Stauanlagen gewährleisten zu können.

1.4 Bedeutung der Richtlinien

Richtlinien gehen über unverbindliche Empfehlungen hinaus, beanspruchen aber nicht denselben Grad an Verbindlichkeit wie Gesetze oder Verordnungen. Abweichungen von den Richtlinien sind nicht grundsätzlich ausgeschlossen, wohl aber an gewisse Voraussetzungen gebunden. Sie sind dann zulässig, wenn begründet wird, wie auf andere, mindestens gleichwertige Weise den Bestimmungen der Verordnung nachgekommen werden kann.

Mit Blick auf die Weiterentwicklung des Wissenstandes ist die Anwendung neuerer Erkenntnisse und Methoden möglich. Dies wird auch bei zukünftigen Auflagen dieser Richtlinie berücksichtigt werden.

1.5 Umfang des Dokuments

Das dieser Richtlinie zugrunde liegende Konzept erstreckt sich über alle möglichen Anlagetypen, ungeachtet deren Nutzung (Speicherbecken, Schutzbauwerke, Regenrückhaltebecken, Anlagen ohne wirtschaftlichen Zweck).

In einem ersten Teil (Kap. 2 bis 5) werden die im Themenbereich der Sicherheit von in der Schweiz betriebenen Stauanlagen massgebenden Grundlagen zusammengefasst. Es betrifft den gesetzlichen Rahmen (Kap. 2), dann die Umschreibung des Begriffs Stauanlagen und der dazugehörigen Anlageteile (Kap. 3). Es sei hier erwähnt, dass sich eine Stauanlage aus dem Sperrenbauwerk (Staumauer oder Staudamm) und dem Speicherbecken (oder Rückhaltebereich) zusammensetzt. Die wesentlichen Punkte des Sicherheitskonzepts sind in Kap. 4 wiedergegeben. Dem Kap. 5 sind die Entscheidungskriterien für die Unterstellung einer Anlage unter die StAV gewidmet. Ebenfalls wird hier auf den Begriff der besonderen Gefahr eingegangen.

Der zweite Teil (Kap. 6 bis 10) beschäftigt sich mit den wesentlichen Punkten, die für die Projektierung und Nachweise von Neubauten, Umbauten oder Sanierung von Stauanlagen zu berücksichtigen sind.

Kap. 6 befasst sich mit der konstruktiven Sicherheit und gibt Hinweise zur Erstellung eines Sicherheits- und Nutzungsplans, liefert Entscheidungshilfen für Betreiber und Projektverfasser wie auch für die Überwachungsbehörde im Zusammenhang mit einem Neubau- oder Umbauprojekt, einer Sicherheitsanalyse einer bestehenden Anlage und dem Redigieren von Betriebs- und Überwachungsreglementen. Es ist selbstverständlich, dass jede Anlage seine Besonderheiten aufweist und der Nutzungs- und Sicherheitsplan diesen Rechnung tragen muss.

Kap. 7 behandelt die Hochwassersicherheit der Stauanlagen. Es regelt die Kriterien und Bedingungen für die Dimensionierung, erläutert den Begriff Hochwasser und definiert die für die Bemessung und Sicherheitsnachweise einer Stauanlage massgebenden Hochwässer, nämlich das Bemessungshochwasser (entsprechend einem aussergewöhnlichen Ereignis) und das Sicherheitshochwasser (entsprechend einem extremen Ereignis)

Die Details bezüglich des Nachweises der Sicherheit einer Stauanlage im Falle eines Erdbebens sind Gegenstand von Kap. 8. Die Talsperren werden gemäss den Kriterien der StAV in 3 Klassen eingeteilt. Es werden die Hypothesen zur Definition des Nachweisbebens und die Minimalanforderungen an die Berechnung formuliert.

In Kap. 9 und 10 werden mit Blickrichtung auf Ausführung und Betrieb der Anlagen, die Bedingungen für die Projektgenehmigung durch die Überwachungsbehörden aufgezeigt. Es wird der Inhalt der auszuarbeitenden und einzureichenden Projektdossiers vorgegeben, wie auch die Organisation der Kontrollen während des Baus einer Stauanlage.

Schliesslich behandelt ein dritter Teil (Kap. 11) eingehend die Überwachung und den Unterhalt einer Stauanlage. Es sind alle nützlichen Hinweise zur Durchführung einer wirksamen Überwachung und Unterhalt der Stauanlagen aufgelistet, mit dem Ziel, einen einwandfreien Zustand und Verhalten aller Komponenten einer Stauanlage zu gewährleisten sowie eine schnelle Aufdeckung jeglicher Anomalie zu ermöglichen. Die Überwachungsorganisation basiert auf 4 Stufen, die vom Beriebspersonal, dem Ingenieur, dem Experten und der Überwachungsbehörde besetzt werden. Die hauptsächlichen Aktivitäten der Überwachung betreffen die Durchführung von Messungen, visuelle Kontrollen und die Prüfung und Funktionsproben von Einrichtungen. Die Leitlinien, die das Konzept bestimmen, die Ausarbeitung eines Überwachungsdispositivs und die Häufigkeit der Messungen werden behandelt. Es wird auf die während oder im Laufe von aussergewöhnlichen Ereignissen (anormales Verhalten, Hochwasser, Erdbeben) durchzuführenden ausserordentlichen Kontrollen eingegangen.

Das Kapitel liefert eine Beschreibung der Berichte, die durch die Betreiber, die Spezialisierten Ingenieure und die beauftragten Experten im Rahmen ihre Funktion und ihres Auftrages zu erstellen sind.

Die vorliegenden Direktiven betreffen nicht Vorkehrungen, die im Zusammenhang von Notfällen (Art. 17, 18, 19 und 20 StAV) zu treffen sind. Diese sind Gegenstand eines separaten Dokuments.

1.6 Anwendungsbereich der Richtlinien

Die vorliegenden Richtlinien sind auf alle Stauanlagen anzuwenden, welche einer Aufsichtsbehörde unterstellt sind. Die Anwendung der vorliegenden Richtlinien entbindet die Betreiber der Stauanlagen jedoch nicht von ihrer Verantwortung.

Da sich die Region unterhalb einer Stauanlage wirtschaftlich weiter entwickeln kann, muss die Gefahrensituation einer nicht der Aufsichtsbehörde unterstellten Anlage in regelmässigen Abständen neu beurteilt werden.

Für Anlagen, welche aufgrund ihrer Ausmasse der Verordnung nicht unterstellt werden, ist es hinsichtlich Projektierung und Bauausführung zwingend, dass die konstruktive Sicherheit für alle vorhersehbaren Lastfälle gleich wie für die anderen Stauanlagen gewährleistet ist. Die allgemein anerkannten Regeln der Baukunst müssen dabei eingehalten werden und es ist alles zu unternehmen, um Schäden zu vermeiden.

1.7 Angesprochene Stellen

Das vorliegende Dokument richtet sich an die kantonalen Behörden für den Vollzug der Aufsicht, an die Inhaber und Betreiber von Stauanlagen sowie an die Ingenieure und Experten, welche mit der Planung, Bauausführung und Überwachung von Stauanlagen befasst sind.

1.8 Erforderliche Kompetenzen

Besondere technische Gesichtspunkte der Bemessung von Stauanlagen müssen Fachleuten anvertraut werden.

Die Benutzung der vorliegenden Richtlinien bleibt Spezialisten auf den verschiedenen Fachgebieten im Zusammenhang mit Stauanlagen vorbehalten. Diese Fachgebiete umfassen insbesondere Statik, Bauwerksdynamik, Hydraulik, Hydrologie, Geologie und Geotechnik.

Sonderbestimmungen sind für den Nachweis der Erdbebensicherheit von Stauanlagen vorgesehen (siehe 8.1.4) .

1.9 Gültigkeit der Anwendung

Der in der aktuellen Form vorliegende Bericht beinhaltet die erste Version der durch das BWG unter Mitarbeit von Spezialisten augearbeiteten Richtlinie über die Sicherheit von Stauanlagen.

Die in der Richtlinie formulierten Regeln können von den Aufsichtsbehörden des Bundes und der Kantone angewendet werden sobald diese über die BWG-

Homepage (www.bwg.admin.ch) verfügbar ist. Die Richtlinie ist auf bestehende, auf sich in der Projektierungsphase befindliche und auf zukünftige Anlagen anzuwenden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Richtlinie in Funktion der damit gemachten Erfahrungen und der technischen Entwicklung überarbeitet, ergänzt und aktualisiert werden kann. Das BWG beabsichtigt, die Richtlinie auch in Form einer Broschüre zu veröffentlichen.

2 GESETZLICHE GRUNDLAGEN

2.1 Wasserbaupolizeigesetz

Art. 3bis des Wasserbaupolizeigesetzes[1] besagt, dass der Bundesrat dafür sorgt, dass alle notwendigen Massnahmen getroffen werden, um Gefahren oder Schäden, welche aus der Bauweise, einem ungenügenden Unterhalt oder Krieg entstehen könnten, tunlichst zu vermeiden.

2.2 Verordnungen zur Sicherheit von Stauanlagen (StAV)

Der Gültigkeitsbereich der Verordnung über die Sicherheit der Stauanlagen vom 7. Dezember 1998 (StAV) ist in ihrem Art. 1 festgelegt. Danach gilt die Verordnung automatisch für Stauanlagen deren Stauhöhe über Niederwasser oder dem natürlichen Terrain (Geländehöhe) mindestens 10 m beträgt, oder bei wenigstens 5 m Stauhöhe und gleichzeitig mehr als 50'000 m^3 Stauraum (Fig. 2.1). Die Details zur Berechnung der massgebenden Stauhöhe und des Stauvolumens sind in Kap. 5.2 geregelt. Die StAV gilt aber auch für Stauanlagen mit geringeren Abmessungen, sofern sie eine besondere Gefahr[2] 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 über die Sicherheit von Stauanlagen (StAV) regelt die Anforderungen and die Sicherheit. Eine Stauanlage, die quer entlang oder parallel zu einem Fliessgewässer errichtet werden soll, wird unabhängig von seiner Nutzung der öffentlichen Aufsicht unterstellt, sobald von ihr eine Gefahr für Mensch und Gut ausgeht.

Die StAV kommt hingegen nicht zur Anwendung, wenn nachgewiesen wird, dass die Stauanlage keine besondere Gefahr für Personen und Sachen bedeutet.

Ansonsten behandelt die Verordnung (1) die konstruktive Sicherheit, (2) den Unterhalt und die Überwachung und (3) das Notfallkonzept. Diese Punkte sind die drei wichtigsten Elemente der Stauanlagensicherheit, deren wichtigste Anforderungen in Kap. 4 zusammengefasst sind.

---

1 In Zukunft soll dieses Gesetz durch ein neues Gesetz über die Sicherheit von Stauanlagen ersetzt werden.

2 Der Begriff besondere Gefahr wird im Kapitel 5 des vorliegenden Dokumentes erklärt.

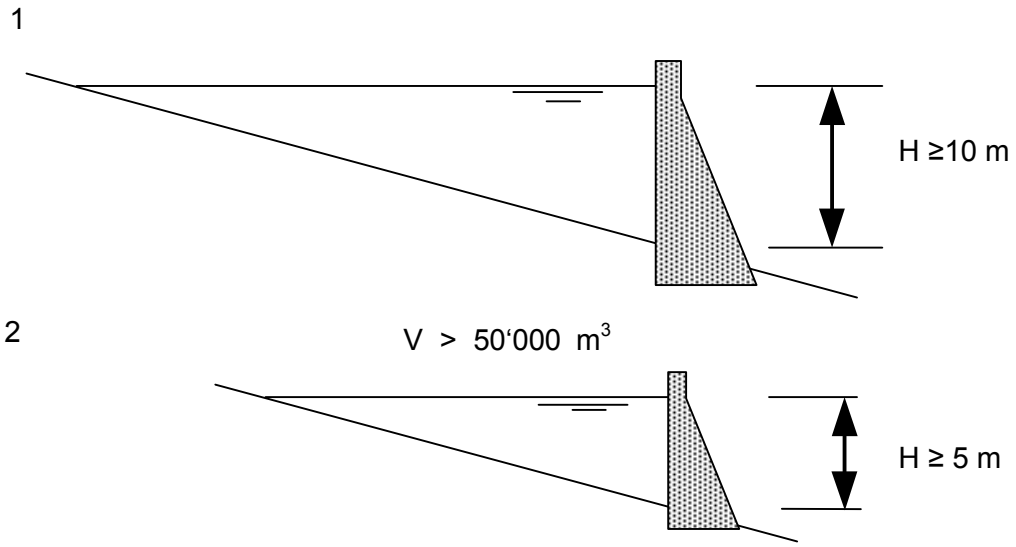


Fig. 2.1 : Grenzkriterien für die automatische Unterstellung unter die StAV

2.3 Für die Überwachung zuständige Behörden

Der Bund führt die Oberaufsicht über die Stauanlagen (Talsperren). Das Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG) überwacht die Umsetzung der StAV und übernimmt die Aufgaben, welche direkt dem Bund übertragen wurden (Art. 21, Absatz 1, StAV).

Die Art. 21, Absatz 2, und 22, Absatz 1, StAV bestimmen den Bereich der Überwachung, für den der Bund zuständig ist, und jenen, welcher den Kantonen unterstellt wird. Nach Art. 21, Absatz 2, StAV unterstehen der direkten Aufsicht des Bundes Stauanlagen mit :

- einer Höhe von mindestens 25 m;
- einer Höhe von über 15 m, wenn der Stauraum mindestens 50 000 m^3 beträgt;
- einer Höhe von über 10 m, wenn der Stauraum mindestens 100 000 m^3 beträgt;
- einem Stauraum über 500 000 m^3.

Der Bund ist auch zuständig, falls mehrere Stauanlagen als eine Einheit genutzt werden und eine dieser Anlagen bereits der Bundesaufsicht unterstellt ist (Art. 23, Absatz 2).

Ausserdem bleiben diejenigen Stauanlagen, welche bereits nach dem alten Recht (Talsperrenverordnung) dem Bund unterstellt waren (Art. 29, Absatz 2), der Aufsicht des Bundes unterstellt.

Die Kantone üben die Aufsicht [3] über die Stauanlagen aus, welche nicht der Aufsicht des Bundes unterstellt sind.

[3] Die Kantone müssen die Aufgaben in Zusammenhang mit der Aufsicht über die Stauanlagen spätestens fünf Jahre nach Inkrafttreten der StAV wahrgenommen haben (Art. 29 Absatz 1 StAV)

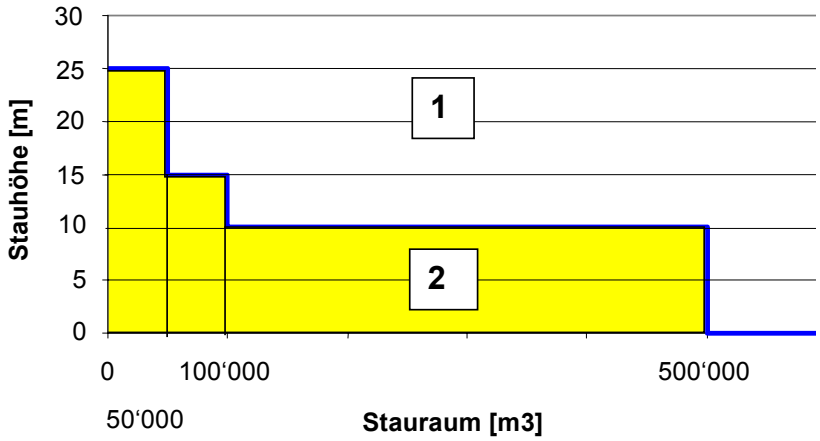


Abbildung 2.2 : Zuständige Aufsichtsbehörde nach Art. 21, Absatz 2, StAV
Legende: 1 Bund 2 Kantone

2.4 Weitere auf Stauanlagen anwendbaren Bundesgesetze und Verordnungen

Verschiedene Gesetze und Verordnungen beinhalten einen oder mehrere Artikel, welche einen direkten Bezug zu Bau und Betrieb von Stauanlagen haben. Diese Artikel werden in der Tab. 2.1 aufgelistet.

GESETZE UND VERORDNUNGEN	SPEZIELLE REGELUNGEN
Bundesgesetz vom 22. Dezember 1916 über Nutzbarmachung der Wasserkräfte (Wasserrechtsgesetz WRG, SR 721.80)	Dieses Gesetz regelt die Fragen im Zusammenhang mit einer zweckmässigen Nutzbarmachung der Wasserkraft und der Betriebssicherheit
Wasserbaugesetz des Bundes vom 21. Juni 1991 und Wasserbauverordnung vom 2. November 1994 (WBG, SR 721.100; WBV, RS 721.100.1)	Behandelt wird der Hochwasserschutz. Es wird festgelegt, dass der Schaden durch Wasser begrenzt werden muss, ohne das Fliessgewässer selber zu schädigen. Die Massnahmen betreffen die Planung und den Unterhalt. Die Verordnung verlangt das Erstellen von Gefahrenkatastern und -karten. Der Unterhalt der Fliessgewässer obliegt den Kantonen. Die Subventionierung der Arbeiten ist ebenfalls geregelt.
Bundesgesetz über den Gewässerschutz vom 24. Januar 1991 und Gewässerschutzverordnung vom 19. Juni 1992 (GSchG, SR 814.20; GSchV, SR 814.201)	Art. 40, GSchG enthält die Ausführungsbestimmungen für die Entleerung oder Spülung von Stauräumen. Es sollen vor allem alle möglichen Vorkehrungen getroffen werden, um Fauna und Flora bei solchen Operationen nicht zu schädigen. Zudem müssen diese, ausser in Fällen von ausserordentlichen Ereignissen, von den kantonalen Behörden bewilligt werden. Art. 41, GSchG regelt die Frage von Treibgut bei Stauanlagen. Art. 41 GSchG enthält das Verbot einer Rückgabe von Treibgut ins Gewässer im Unterwasser der Stauanlage Art. 42, GSchV enthält genauere Angaben zu den Ausführungsbestimmung für die Entleerung oder Spülung von Stauräumen.
Bundesgesetz vom 4. Oktober 1991 über den Wald (WaG, SR 921.0) und Verordnung über den Wald vom 30. November 1992 (WaV, SR 921.01)	Im Forstgesetz Art. 2, Absatz 3 wird festgehalten, dass Bäume und Sträucher auf Einrichtungen zur Stauhaltung und deren unmittelbaren Vorgelände nicht als Wald gelten. Art. 7, WaG schreibt die Ausgleichsmassnahmen für Rodungen fest. Unter Absatz 4 heisst es: "Muss im Hochwasserprofil von Gewässern zur Wiederherstellung der Sicherheit neu entstandener Wald gerodet werden, kann auf die Leistung von Realersatz verzichtet werden."
Bundesgesetz vom 21. Juni 1991 über die Fischerei (BGF, SR 923.0)	Art. 8 dieses Gesetzes enthält die Bedingungen für eine Bewilligung von technischen Eingriffen.
Bundesgesetz vom 17. Juni 1994 und Bundesverordnung vom 19. Oktober 1994 über den Zivilschutz (ZSG, RS 520.1; ZSV, SR 520.11)	Hier werden unter anderem die Signale des Sirenenalarms definiert.

Tab. 2.1: Artikel aus Bundesgesetzen und Verordnungen die im Bereich Stauanlagen zur Anwendung kommen können

3 DEFINITION [4]

3.1 Stauanlage

Eine Stauanlage ist nach Art. 2, Absatz 1, StAV eine Einrichtung zum Aufstau oder zur Speicherung von Wasser oder Schlamm [5] sowie Einrichtungen für den Rückhalt von Geschiebe, Eis oder Schnee. Eine Stauanlage besteht aus einem Absperrbau (Sperre) und einem Stauraum (Speicherbecken, Rückhaltebecken). Für die Sicherheit von Stauanlagen sind der Untergrund des Absperrbaus sowie die Böschungen des Stauraums ebenfalls von Bedeutung.

Zu den Stauanlagen können ausserdem besondere Bauwerke, wie Ablassvorrichtungen (Grundablass, Hochwasserentlastung), Wasserfassungen und Umleitstollen, gehören. Sie fallen unter den Begriff Nebenanlagen. Vom Gesichtspunkt der Sicherheit aus, sind die Enlastungsanlagen die wichtigsten Bauwerke.

Schwellen, welche der Stabilisierung von Wildbachgerinnen dienen, sowie Längsdämme, die zum Hochwasserschutz angeordnet sind, werden nicht als Stauanlagen betrachtet. Diese Bauwerke fallen in die Kompetenz der Kantone im Rahmen des Bundesgesetzes betreffend den Wasserbau vom 21. Juni 1991.

Es ist auch klar, dass Wasserreservoirs aus armiertem Beton und Schwimmbecken nicht als Stauanlagen anzusehen sind.

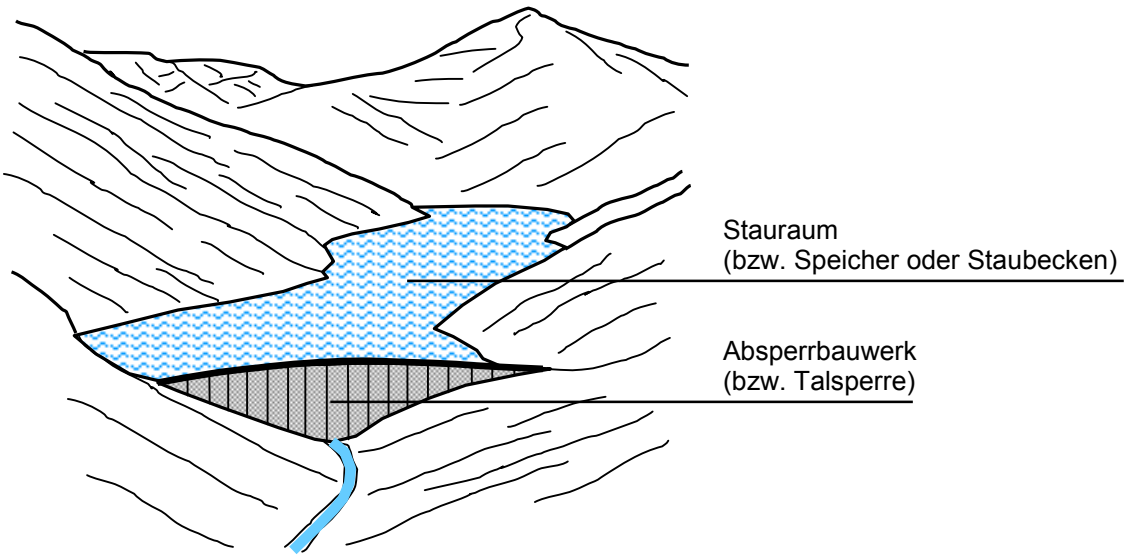


Fig. 3.1 : Schema einer Stauanlage

Unter hydraulischen Anlagen versteht man alle Einrichtungen zur Nutzung des Wassers, zur Regulierung des natürlichen Abflusses eines Fliessgewässers oder eines Abflusskanals, sowie Bauwerke zum Schutz gegen Naturgefahren (beispielsweise

---

4 Dieses Kapitel behandelt nur allgemeine Definitionen im Zusammenhang mit Stauanlagen und seiner Komponenten. Für die Umschreibung anderer Begriffe wird auf das Glossar ICOLD / CIGB verwiesen, wie auch die zentrale Terminologie-Datenbank TERMDAT der Bundesverwaltung.

5 Unter Schlamm wird im Allgemeinen eine Mischung aus Wasser und feinen Sedimenten verstanden

Hochwasser und Lawinen) oder Bauwerke für den Rückhalt von mitgeführtem Material (beispielsweise Geschiebe, Murgänge, Eis).
Eine Anlage kann eine oder mehrere Hauptaufgaben haben, sowie eine oder mehrere Nebenfunktionen.

Der Hauptnutzungszweck von Stauanlagen zur Wasserspeicherung kann in der Energieerzeugung, Wasserversorgung, Bewässerung, künstlichen Beschneiung, Fischzucht, Löschreserve oder Seeregulierung bestehen. Stauanlagen können aber auch anderen Nutzungen dienen als Biotop, Relikt einer vergangenen Anlage oder zur Ausübung von Freizeitaktivitäten.

Stauanlagen können auch Nebennutzungen haben, wie z.B. die Schifffahrt, Fischerei, Baden etc. Die Talsperre kann auch als Träger einer Verkehrsverbindung dienen oder ein Leitungstrassee aufnehmen.

Eine Stauanlage kann auch mehrere solcher Nutzungen haben.

3.2 Absperrbauwerk

Dies ist ein Bauwerk (aus Beton oder Schüttmaterial oder eine Kombination der beiden Elemente), welche ein Fliessgewässer (Strom, Fluss, Bach) absperrt, damit Wasser oder Schlamm gespeichert werden kann. Somit wird ein künstlicher See gebildet. Diese Definition ist auch auf Wehre, welche zur Hauptsache durch bewegliche Verschlussorgane gebildet werden, auf Hochwasser- oder Lawinenschutzbauten sowie auf Absperrbauten für mitgeführtes Material (Geschiebe, Murgänge, Eis) anwendbar.

Eine Baute ausserhalb eines Fliessgewässers, welche ein künstliches Becken bildet, wird ebenfalls als Absperrbau bezeichnet. Dabei können sich das aufgestaute Wasser oder der aufgestaute Schlamm ganz oder teilweise über dem natürlichen Geländeniveau befinden.

Die verschiedenen Absperrbauwerke können in folgende Kategorien eingeteilt werden:

- Staumauer
- Staudamm
- Stauwehr mit Seitendämmen
- Längsdämme

Wenn die Stauhöhe kleiner als 10 m ist, spricht man von Stauanlagen mit geringer Stauhöhe. Bei Stauhöhen von über 10 m bis 40 m, handelt es sich um Stauanlagen mittlerer Stauhöhe. Stauanlagen von mindestens 40 m Höhe werden als Stauanlagen mit grosser Stauhöhe bezeichnet.

3.3 Stauraum

Im üblichen technischen Sprachgebrauch spricht man von einem Stausee (künstlicher See oder künstliches Becken, in welchem ein grosses Volumen Wasser, Schlamm oder Sedimente gespeichert wird) oder einem Reservoir (Speicher mit veränderlicher Stauhöhe, in welchem Wasser zur anschliessenden Nutzung (Abstau) gespeichert wird)[6].

[6] Die Definition der Begriffe Speicher oder Reservoir kann im Glossar des ICOLD sowie der THERMDAT nachgeschlagen werden.

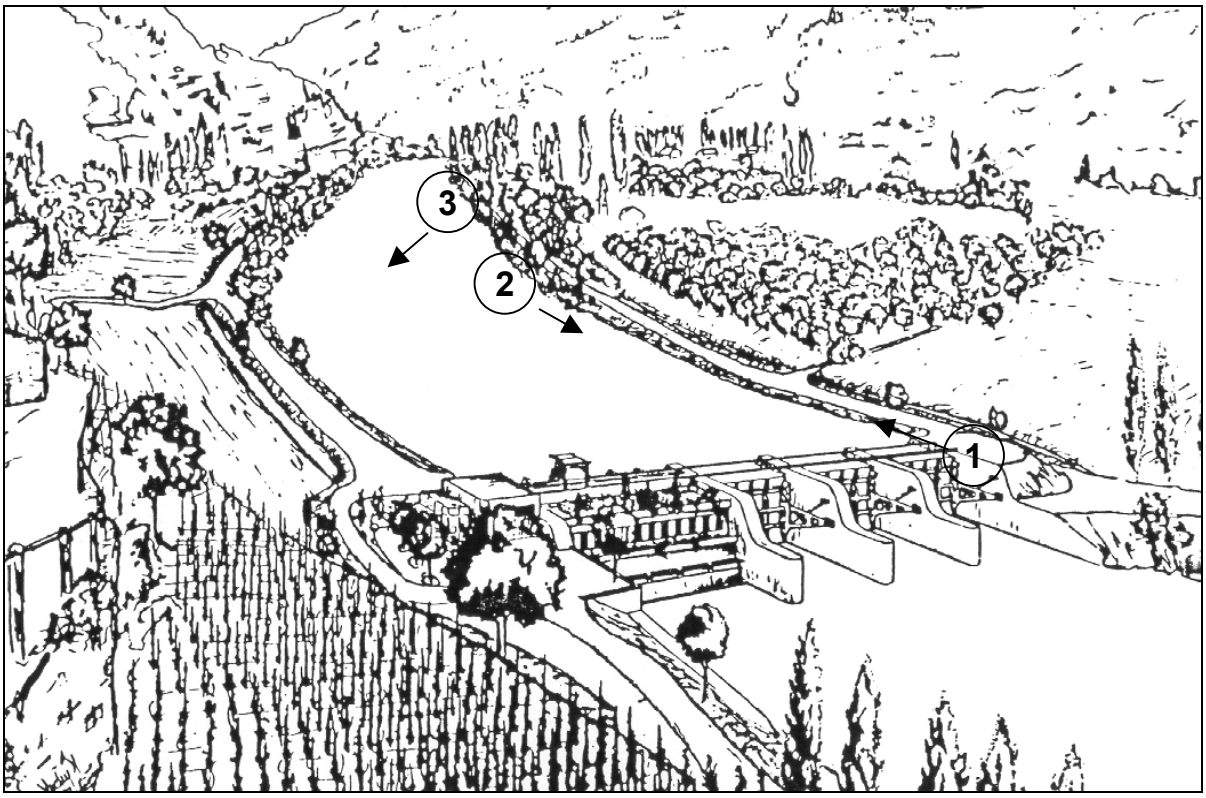


Fig. 3.2 :Schema eines Wehrs und seiner Komponenten
Legende : 1 Wehrbereich; 2 Kraftwerk ; 3 Seitendämme

4. SICHERHEITSKONZEPT

Sicherheit gegenüber einer Gefährdung besteht dann, wenn diese durch geeignete Massnahmen unter Kontrolle gehalten oder auf einen akzeptierbar kleinen Wert beschränkt wird. Eine absolute Sicherheit kann nicht erreicht werden.

Um ein hohes Sicherheitsniveau zu gewährleisten, muss die Stauanlage in erster Linie dergestalt dimensioniert werden, dass sie allen vorstellbaren Fällen von Lasten und des Betriebs standhalten kann. Da jedoch das Risiko nie gänzlich ausgeschlossen werden kann, wird dieses dadurch auf ein optimales Minimum reduziert.

Unter « Lasten » versteht man die Einwirkungen, denen die Stauanlage ausgesetzt ist, und mit « Betrieb » sind die bezüglich der Betriebsart der Stauanlage durchgeführten Operationen gemeint (zum Beispiel Aufstau oder Entleerung). Es ist ferner wichtig, das Restrisiko mit zusätzlichen Massnahmen in den Griff zu bekommen. Gemeint sind damit systematische Kontrollen, die eine Gefahr so rasch als möglich zu entdecken erlauben und die Vorbereitung für den Notfall, um einer Gefahr richtig und innerhalb nützlicher Zeit begegnen zu können.

Die Sicherheit der Stauanlagen stützt sich auf die drei folgenden Pfeiler:

(1) die konstruktive Sicherheit,
(2) die Überwachung und den Unterhalt sowie
(3) das Notfallkonzept.

Die konstruktive Sicherheit umfasst die Planung und Ausführung der Vorhaben. Bau- und Erneuerungsprojekte von Stauanlagen sowie der wichtigsten Nebenanlagen müssen in Hinblick auf die Sicherheit von der Aufsichtsbehörde genehmigt werden. Eine Genehmigung ist für den Beginn der Bauarbeiten notwendig (siehe Kap. 9).

Die in Betriebs- und Überwachungsvorschriften festgelegte Stauanlagenüberwachung besteht einerseits aus den Kontrollen des Zustandes und des Verhaltens sowie den Betriebstests durch den Betreiber, andererseits aus den fachtechnischen Kontrollen und den Sicherheitsüberprüfungen durch Fachleute und Experten. Dem Unterhalt der Bauwerke und der technischen Anlagen (hydromechanische und elektrische Ausrüstungen, Messanlagen, etc.) ist grosse Bedeutung zuzumessen.

Das Notfallkonzept dient für den Fall, wo der sichere Betrieb der Stauanlage aufgrund von Verhaltensanomalien, infolge von Naturereignissen (Hochwasser, Erdbeben), aufgrund drohender Erdrutschgefahr, Steinschlag oder Eissturz im Speicherraum sowie infolge von Sabotage oder kriegerischer Handlung nicht mehr garantiert werden kann. Dieses umfasst das Vorgehen zur Benachrichtigung der Behörden, zur Warnung und Evakuierung der Bevölkerung des von einer Überflutung bedrohten Gebietes.

Voraussetzung für die Planung und Ausführung einer Stauanlage, wie auch für eine wirksame Überwachung und um zweckmässige Massnahme zur Bewältigung oder Abwehr eines Notfalls vorsehen zu können, ist die Kenntnis der möglichen Gefahren und deren Folgen. Diese sind nachstehend beschrieben.

A) Verhaltensanomalie
Eine Verhaltensanomalie einer Sperre oder ihrer Fundation macht sich im allgemeinen durch eine starke Verformung, eine Erhöhung der Wasserdrücke oder der Sickerwassermengen bzw. durch einen Defekt an der Dichtung bemerkbar.

B) Erdrutsch, Bergsturz, Lawine oder Gletscherabbruch
Eine grosse Masse von Material, welche in den Stauraum fällt, löst eine Welle

aus. Diese kann je nach ihrer Grösse und dem Wasserstand im Speicher über die Mauer- oder Dammkrone schlagen.

C) Hochwasser
Ist die Abflusskapazität der Entlastungsorgane ungenügend, kann ein Hochwasser ein Abfliessen des Wasser über die Mauer- oder Dammkrone erzeugen. Ein Hochwasser kann auch Treibgut (Baumstämme, Abfall) mit sich führen, welches die Entlastungsöffnungen blockieren kann. Deshalb müssen diese eine ausreichende Breite und Durchflusshöhen aufweisen.

D) Verlandung
Die Verlandung des Stauraumes kann zu einer Verstopfung des Grundablasses führen, dass ein Abfluss nicht ‚mehr gesichert ist.

E) Erdbeben
Ein Erdbeben kann Schäden an der Sperre verursachen, Erdrutsche auslösen, die hydrogeologischen Verhältnisse verändern oder Seiche (Schwingungsbewegungen des Wasserkörpers) erzeugen.

F) Andere Einwirkungen

Beispielsweise kann eine Explosion einer Gasleitung in der Nähe einer Stauanlage durchaus Auswirkungen auf die Sperre und auf seine Nebenanlagen haben. Sabotageakte oder kriegerische Ereignisse können eine Stauanlage und seine Nebenanlagen, wie auch technische Einrichtungen beschädigen, was den Anlagebetrieb verunmöglichen oder gar die Sicherheit der Stauanlage schwerwiegend beeinträchtigen kann.

5 UNTERSTELLUNGSKRITERIEN ZUR StAV

5.1 Allgemeines

Die Kriterien basieren auf geometrischen Daten (Höhe, Stauvolumen) und der Schadenwirkung infolge eines hypothetischen Dammbruchs (besondere Gefahr). Die Folgen eines solchen Bruchs sind zu untersuchen ohne die Eintretenswahrscheinlichkeit zu berücksichtigen.

5.2 Verständigung

5.2.1 Festlegung der massgebenden Höhe für die Unterstellung (Stauhöhe)

Definition der massgebenden Höhe für die Unterstellung (Stauhöhe)

Die für die Unterstellung einer Stauanlage unter die Stauanlagenverordnung massgebende Höhe entspricht der Differenz zwischen dem Stauziel und einem unteren Referenzpunkt, der gemäss Art. 1, Absatz 1, StAV, dem Niveau des Niederwassers oder der umliegenden, tiefsten natürlichen Geländehöhe entspricht. [7]

Wichtiger Hinweis:
Die für die Unterstellung unter die Stauanlagenverordnung massgebende Höhe entspricht nicht der Höhe der Talsperre.

Stauziel

Bei Stauanlagen mit Überlauf mit fester Schwelle liegt das Stauziel auf dem Niveau der Überfallkante. Bei Stauanlagen, bei denen die Entlastungswassermengen vollständig oder teilweise mit beweglichen Abschlussorganen abgeleitet werden, entspricht das Stauziel dem höchsten Wasserspiegel bei Normalbetrieb (Fig. 5.1). Im Allgemeinen wird eine Wasserspiegelerhöhung infolge Hochwassers nicht berücksichtigt. Die Stauzielkote ist oft auch in der Konzession festgelegt.

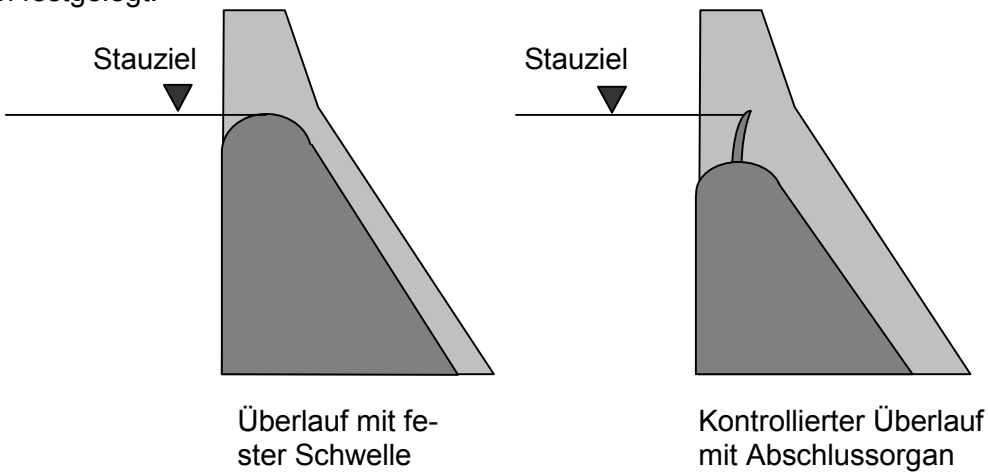


Fig. 5.1: Mögliche Lage des Stauziels.

[7] Diese Höhe entspricht der im Falle eines plötzlichen Bruches des Absperrbauwerkes bei Normalbetrieb initialen Abflusshöhe.

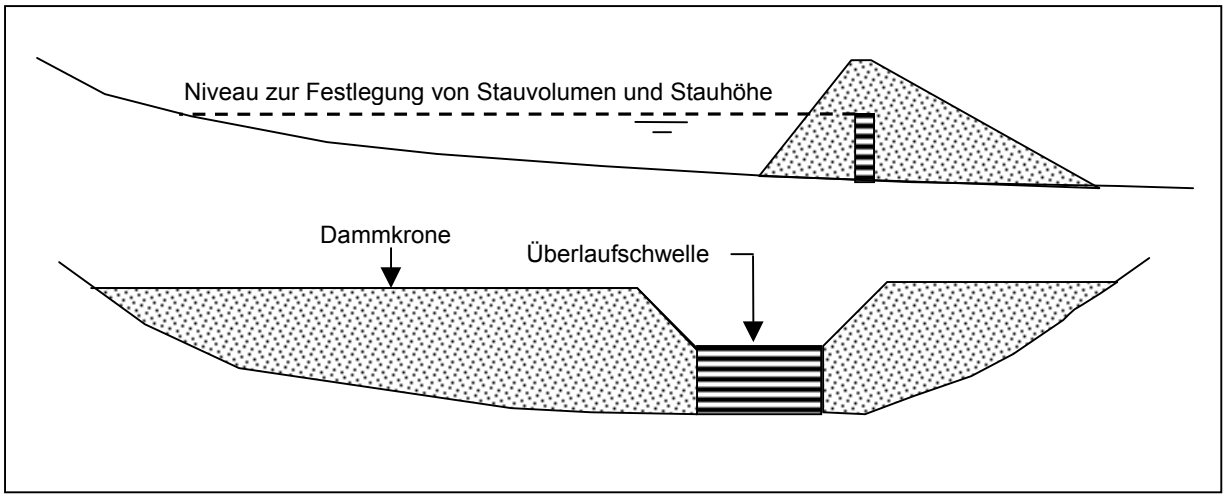


Fig. 5.2 : Lawinenauffangdamm mit oder ohne Vorkehrung zum Auffangen von Geschiebe (zum Beispiel in Form von Murgängen); oben: Längsschnitt durch den Stauraum mit Dammquerschnitt; unten: Längsschnitt durch den Auffangdamm mit Durchlassbauwerk und Überlaufschwelle.

Bei den Hochwasserrückhaltebecken entspricht das Stauziel dem Niveau der Schwelle der Hochwasserentlastung. Für Geschiebesperren und Geschiebesammler muss die obere Begrenzung der Materialablagerung bestimmt werden. Das Stauziel in diesen Fällen entspricht, je nach Sperrentyp (Betonmauern bzw. Schüttdämme mit oder ohne Durchlassöffnung über die ganze Sperrenhöhe), dem Niveau der Überfallkante (bei einer Betonmauer mit oder ohne Sickerschlitzen) oder der oberen Begrenzung einer Schlitzöffnung. Im Falle, wo dieser Schlitz mit Rechen oder Holzbalken ausgerüstet ist, wird aus Gründen der Verstopfungsmöglichkeit die obere Kante dieser Elemente als massgebend betrachtet (Fig. 5.2). Dies gilt sinngemäss auch für Lawinenauffangdämme.

Definition des unteren Referenzpunktes

Unter der Geländehöhe wird das tiefste Niveau des natürlichen Terrains wasser- oder luftseitig des Absperrbauwerks verstanden. Diese Definition gilt sowohl für Speicher bzw. Staubecken als auch für Seitendämme von Flussstauhaltungen.

Als Niederwasserspiegel wird der Wasserspiegel beim Q_{347} angenommen[8]. Diese Definition gilt für Wehre von Flussstauhaltungen.

Folgende Fälle werden unterschieden:

- *Stauanlagen im Fliessgewässer (im Hauptschluss):*

  Für das Niveau des Niederwassers ist die Flusssohle unmittelbar am wasserseitigen Talsperrenfuss massgebend (Fig. 5.3). Eine allfällige Deponie am luftseitigen Talsperrenfuss wird nicht in Betracht gezogen.

[8] Abflussmenge, die, gemittelt über zehn Jahre, durchschnittlich während 347 Tagen des Jahres erreicht oder überschritten wird und die durch Stauung, Entnahme oder Zuleitung von Wasser nicht wesentlich beeinflusst ist.

Diese Definition gilt auch für Stauanlagen, welche als Hochwasserrückhaltebecken, Lawinenauffangdämme, Geschiebesperren oder Geschieberückhaltesperren dienen.

Bei Wehren wird der Niederwasserspiegel entsprechend dem Q_{347} als massgebende Referenz angenommen (Fig 5.4).

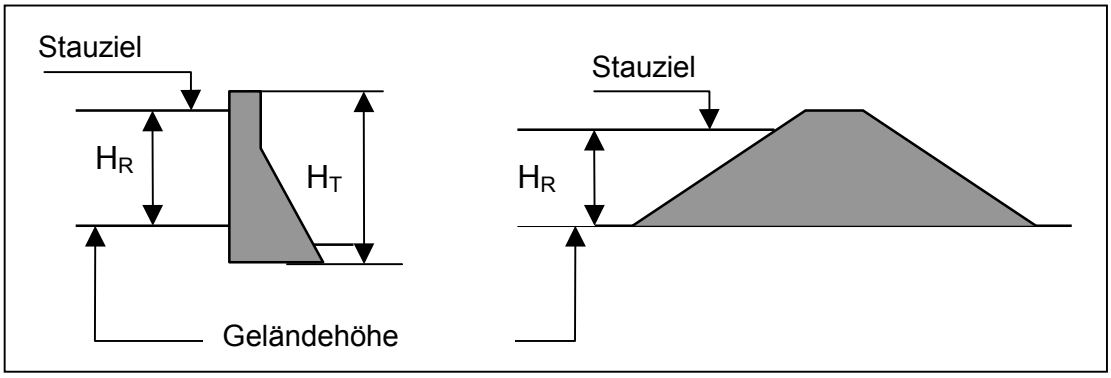


Fig 5.3: Definition der Stauhöhe H_R bei Anlagen in Fliessgewässern; H_T = Talsperrenhöhe

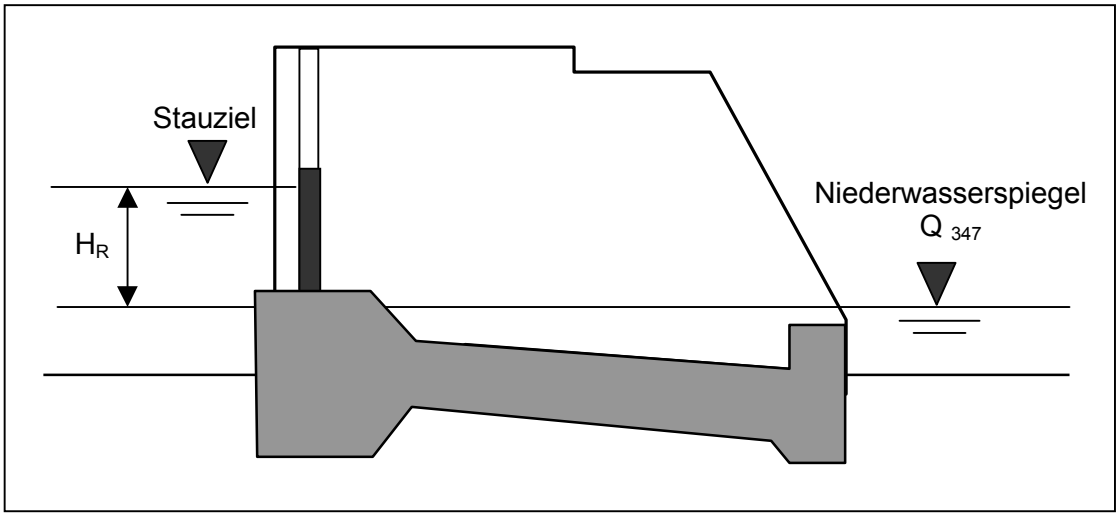


Fig 5.4: Definition der Stauhöhe H_R bei einem Wehr

- *Stauanlagen ausserhalb des Fliessgewässers (im Nebenschluss):*

  Je nach Situation entspricht der untere Referenzpunkt (Fig 5.5):

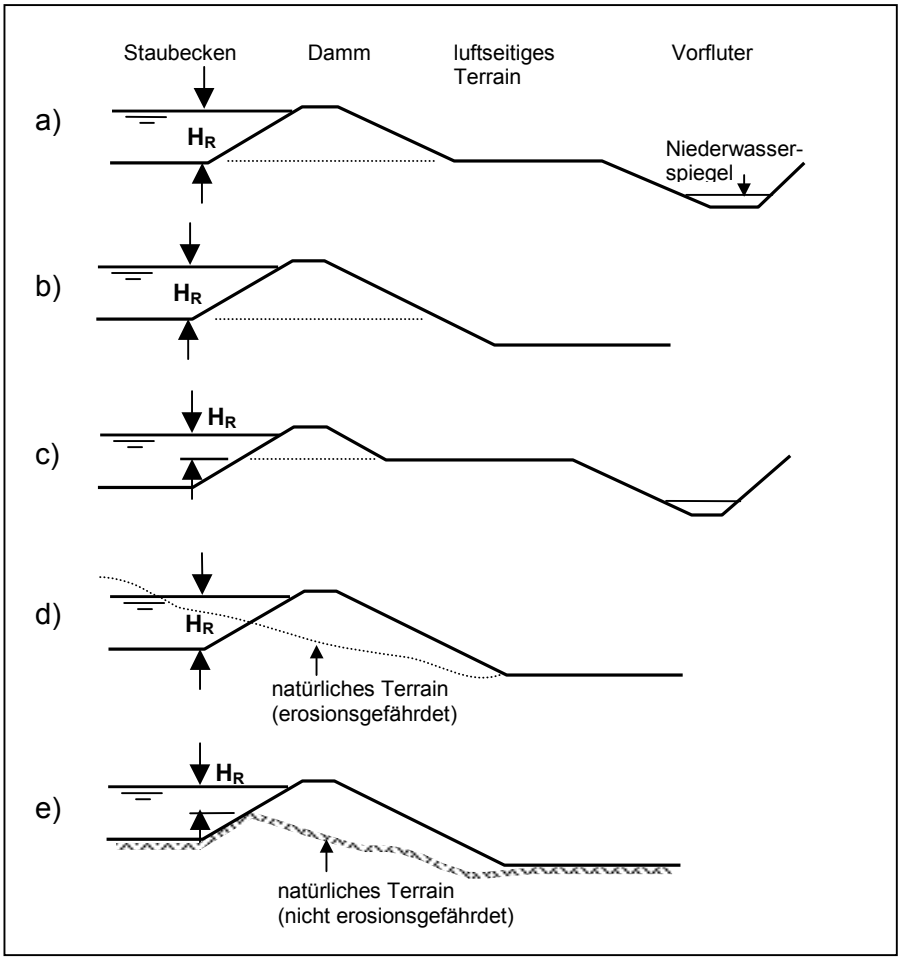
  a) der Sohle des Staubeckens, wenn ihr Niveau auf gleicher Höhe wie das luftseitige Terrain liegt,

  b) der Sohle des Staubeckens, wenn ihr Niveau über demjenigen des luftseitigen Terrains liegt,

  c) dem Niveau des luftseitigen Terrains, wenn dieses über demjenigen der Beckensohle liegt,

d) bei einem Becken, das im Wesentlichen im Aushub erstellt wird, der Sohle des Staubeckens, wenn diese auf Niveau des luftseitigen Terrains oder darüber liegt und eine Erosionsgefährdung des natürlichen Terrains besteht,

e) dem Niveau des wasserseitigen natürlichen Terrains, sofern dieser Teil nicht erosionsgefährdet ist.



Figur 5.5: Definitiondes tiefsten Geländepunkts und der Stauhöhe H_R bei einer Stauanlage ausserhalb des Fliessgewässers (im Nebenschluss)

- *Anhebung des Wasserspiegels eines natürlichen Sees*

  Der untere Referenzpunkt liegt auf dem Niveau des natürlichen Sees von der Anhebung des Wasserspiegels (Fig 5.6).

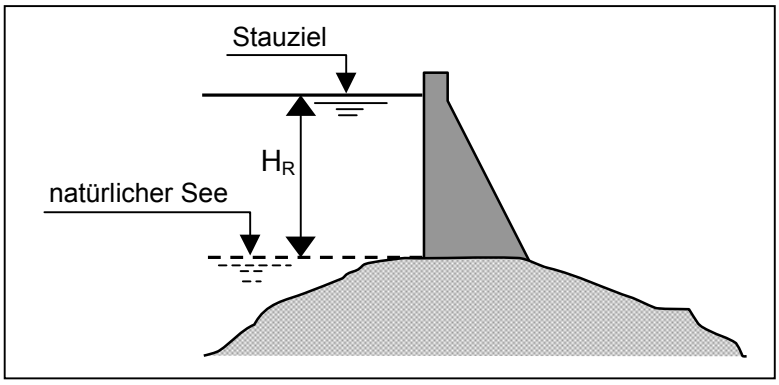


Fig 5.6: Definition der Stauhöhe H_R bei einer Anhebung des Wasserspiegels eines natürlichen Sees

- *Stauanlagen mit starken Sedimentablagerungen:*

  Bei der Festlegung des für die Unterstellung massgebenden Stauhöhe kann eine Sedimentbedeckung im Staubecken berücksichtigt werden, sofern Untersuchungen vorliegen, die eine Konsolidierung der Sedimente belegen. Fehlen solche Untersuchungen, ist die massgebende Stauhöhe ohne Abzug von Auflandungen zu ermitteln (Fig 5.7).

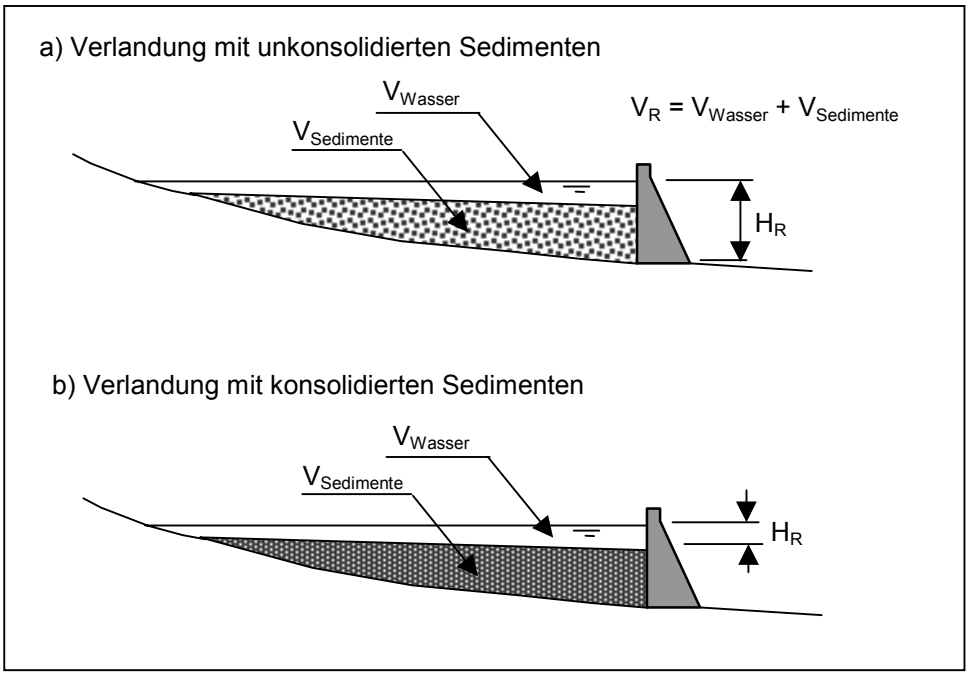


Fig 5.7 : Definition des Stauvolumens V_R bei einer Stauanlage mit Sedimentablagerungen.

V_{Wasser} = Volumen des Wassers über den Sedimentablagerungen, $V_{Sedimente}$ = Volumen der Sedimentablagerungen, H_R = Stauhöhe.

5.2.2 Festlegung des massgebenden Stauvolumens für die Unterstellung

Definition des massgebenden Stauvolumens für die Unterstellung

Das für die Unterstellung massgebende Stauvolumen ist dasjenige, welches im Falle eines plötzlichen, totalen Bruchs der Talsperre bei normal gefüllten See entweichen kann. Es wird ermittelt zwischen dem Stauziel und einem Basisniveau, das dem unteren Referenzniveau für die Stauhöhenbestimmung entspricht.

Wichtige Bemerkung:
Das für die Unterstellung massgebende Stauvolumen entspricht nicht zwingend dem Nutz- oder den Totalvolumen.

Verfahren für die Bestimmung des Stauvolumens

- *Stauanlagen im Fliessgewässer (im Hauptschluss):*

  Das Stauvolumen wird ermittelt zwischen dem Stauziel und dem unteren Referenzniveau in der Flusssohle:

  Bei Wehren wird das Stauvolumen zwischen dem Stauziel und dem Niederwasserspiegel, entsprechend dem Q_{347}, ermittelt.

  Bei Stauanlagen, deren Hauptnutzung darin besteht, Geschiebe und Murgänge aufzufangen, wird für die Ermittlung des Stauvolumens eine Horizontalebene auf der Kote des Stauziels angenommen.

  Bei kleineren und mittleren Stauanlagen, bei deren ein hohes Risiko besteht, dass die Hochwasserentlastung durch Geschwemmsel verstopft werden könnte, ist ein grösseres Volumen als das für die Unterstellung massgebende für eine Flutwellenabschätzung zu berücksichtigen (siehe auch Kap. 2.3 „Untersuchung der Auswirkungen eines Bruches einer Stauanlage«.

- *Stauanlagen ausserhalb des Fliessgewässers (im Nebenschluss):*

  Das Stauvolumen wird ermittelt zwischen dem Stauziel und der Sohle des Staubeckens, wenn ihr Niveau auf gleicher Höhe oder über dem des luftseitigen Geländes liegt.

  Liegt das luftseitige Gelände über dem Niveau der Beckensohle, so wird das Stauvolumen zwischen dem Stauziel und dem Niveau des luftseitigen Geländes ermittelt.

  Liegt das wasserseitige Gelände über dem Niveau der Beckensohle und besteht im Bruchfall beim Entweichen des Wassers keine Erosionsgefahr bis auf das Niveau der Beckensohle, so wird das Stauvolumen zwischen Stauziel und dem Niveau des Geländes auf der Wasserseite des Absperrbauwerks ermittelt.

- *Anhebung des Wasserspiegels eines natürlichen Sees:*

  Das Stauvolumen wird ermittelt zwischen dem Stauziel und dem Niveau des natürlichen Sees vor der Anhebung des Wasserspiegels.

- *Stauanlagen mit starken Sedimentablagerungen:*

  Bei der Festlegung des für die Unterstellung massgebenden Stauvolumens kann eine Sedimentbedeckung im Staubecken berücksichtigt werden, sofern Untersuchungen vorliegen, die eine Konsolidierung der Sedimente belegen. Fehlen solche Untersuchungen, ist das Stauvolumen mittels der massgebenden Stauhöhe (gemäss Kap. 5.2.1) ohne Abzug von Auflandungen zu ermitteln (Fig 5.7).

5.2.3 Spezialfall : verstopfungsanfällige Hochwasserentlastung

Weist eine kleine Stauanlage eine Hochwasserentlastung auf, die verstopfungsanfällig ist (zum Beispiel bei Vorhandensein eines Feinrechens oder einer kleindimensionierten Entlastungsleitung), so werden Stauhöhe und Stauvolumen zwischen Kronenniveau und unterem Referenzpunkt bestimmt. Das heisst, es ist ein bis zur Krone voll gefülltes Staubecken anzunehmen.

5.3 BEGRIFF DER BESONDEREN GEFAHR

5.3.1 Allgemeine Definition der besonderen Gefahr

Eine besondere Gefahr ist gegeben, wenn im Fall eines plötzlichen Bruches des Absperrbauwerkes mindestens ein Wohnraum oder Arbeitsraum, ein öffentliches Gebäude, ein öffentlicher Campingplatz oder ein stark benutzter Verkehrsweg betroffen ist und die Unterstellungskriterien erfüllt sind.

Die für die Unterstellung entscheidenden Kriterien basieren auf der Wassertiefe sowie dem Produkt aus Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit der Flutwelle und beziehen sich auf die oben erwähnten Objekte (Wohnraum, Arbeitsraum, öffentliches Gebäude, öffentlicher Campingplatz, stark benutzter Verkehrsweg).

Es ist hier anzumerken, dass eine Dammbruchflutwelle – im Gegensatz zu einem Hochwasserereignis – ein relativ kurzes Ereignis darstellt, insbesondere wenn es sich dabei um ein kleines Staubecken handelt. Die festgelegten Werte, welche für die Unterstellung massgebend sind, stellen die Grenzwerte dar oberhalb derer eine besondere Gefahr für die betroffenen Objekte besteht. Es ist klar, dass auch unterhalb dieser Grenzwerte Schäden an Bauwerken nicht ausgeschlossen werden können. Entsprechend der Bedeutung des von der Flutwelle betroffenen Gebietes und der möglichen Folgen kann auch eine Anlage unterstellt werden, welche die gegebenen Grenzwerte nicht erfüllt.

5.3.2 Arten von betroffenen Gebäuden und Örtlichkeiten

Wohnräume [9]	Es werden sowohl mehrere Häuser als auch Einzelbauten berücksichtigt (Chalets, Einfamilienhäuser, Wohnblöcke, Bauernhöfe, ...) die dauernd oder zeitweise (Wochenende, monatsweise, saisonal) durch eine oder mehrere Personen bewohnt werden.
Arbeitsräume	Werkstatt, Büro, bedeutende Freizeitanlage etc. Belegung dauernd oder wenigstens 2 Stunden täglich. Berücksichtigt werden eine Werkstatt, eine einzelne Fabrik oder eine Industriezone (speziell bei umweltschädigenden Risiken: Chemie, Erdöllager, Abwasserreinigung). Hingegen werden Landwirtschaftszonen (Felder, Weiden) nicht berücksichtigt.
Öffentliche Bauten	Verwaltungsgebäude Schulen Spitäler
Campingplatz	Öffentliche Campingplätze
Stark benutzter Verkehrsweg	Nationalstrassen Kantonsstrassen Eisenbahnlinien Nicht berücksichtigt werden: Fusswege, Waldwege, Nebenstrassen

5.3.3 Untersuchung der Auswirkungen des Bruchs eines Absperrbauwerks

Berechnung der Flutwelle

Um festzustellen, ob eine besondere Gefahr vorliegt, ist eine Berechnung der Flutwelle als Folge eines Bruchs der Stauanlage vorzunehmen.

---

[9] Es wird unterschieden zwischen festen Bauwerken und leichteren Konstruktionen wie Baracken oder Holzhäusern.

Berechnungsverfahren

Die beim Bruch einer Sperre entstehende Flutwelle wird durch die Gleichungen der instationären Flüssigkeitsströmung beschrieben, die von B. De Saint-Venant abgeleitet wurden.

Je nach Problemstellung eignen sich Berechnungsverfahren, die von der Handrechnung über eindimensionale Berechnungsprogramme bis zu zweidimensionalen Computerberechnungen führen. Für eine einfache Feststellung des Abflusses an einer bestimmten Stelle unterhalb der Sperre reichen oft die approximativ ermittelten Überflutungsgrössen aus.

Bruchszenarien

Der Bruch erfolgt plötzlich (Momentanbruch)

- bei Bogenmauern: vollständiger Bruch der gesamten Mauer
- bei Gewichtsmauern: vollständiger Bruch der gesamten Mauer (gegebenenfalls Mehrfaches der Blockbreite)
- bei Schüttdämmen: Bresche (meist Trapezform: Basisbreite entsprechend der zweifachen Wassertiefe mit seitlichen Böschungsneigungen von 1:1, wobei die Fläche der Bresche nicht grösser als die des Dammes sein soll)
- bei Wehranlagen:
- Wehr: vollständiger oder partieller Bruch des Wehrs (ohne Zentrale)
- gemäss konstruktivem Konzept aufgelöste Tragwerke, Rahmentragwerke)
- Seitendämme: Bresche (wie bei Schüttdämmen)

Anfangsbedingungen

In der Regel wird vom voll gefüllten See ausgegangen (Seespiegel auf Stauziel).

In gewissen Fällen von kleinen Anlagen, bei denen ein hohes Verstopfungsrisiko der Hochwasserentlastung durch Geschwemmsel besteht, soll das Anfangsniveau des Seestands auf Kronenhöhe angenommen werden.

Berechnungsergebnisse

- *Einfache Handrechnung und 1D-Verfahren:*

Das einfache Handrechnungsverfahren erlaubt ohne grossen Aufwand eine rasche Bestimmung der Überflutung an der interessierenden Stelle unterhalb der Stauanlage.

Als Berechnungsergebnisse werden die Wassermengen, Geschwindigkeiten und Wassertiefen in den einzelnen Querschnitten erhalten. Dies erlaubt die Bestimmung und Darstellung der (ebenen) Wasserspiegel- und Energielinie in einer Flutwellenkarte.

- *2D-Verfahren*

Pro Zelle werden die Wassermengen, Fliessgeschwindigkeiten und Wassertiefen in zwei Richtungen bestimmt. Die räumliche und zeitliche Ausbreitung der Flutwelle kann in beliebig strukturiertem Gelände verfolgt werden.

Darstellung der Resultate

Die Resultate der Flutwellenberechnung bilden die Grundlage des Überflutungsplans, in welchem die Grenzen der Ausdehnung einer Flutwelle dargestellt werden (siehe Fig. 5.8). Diese Grenzen werden durch die Energielinien (Wasserhöhe + Geschwindigkeitshöhe $v^2/2g$) bestimmt. Falls die Flutwelle innerhalb des Flussbettes bleibt, wird nur die Wasserspiegelhöhe berücksichtigt.

1-dimensionale Berechnung:	**2-dimensionale Berechnung:**
Berechnung des Abflusses in einzelnen Querschnitten (A-A, etc.), die in bestimmten Abständen festgelegt wurden. Als Resultate werden die Wassertiefe h_w und die Fliessgeschwindigkeit v für die Bestimmung der Energielinie ausgewertet. Die Überflutungszone wird durch den Verschnitt der Energielinie mit der Terrainoberfläche erhalten. Auf der Überflutungskarte werden die Eintreffzeit der Flutwelle und die maximale Energielinienkote angegeben.	Berechnung in einem dichten Raster von Zellen in Längs- und Querrichtung. Pro Zelle werden die Fliessgeschwindigkeiten in beiden Richtungen und die Wassertiefe erhalten Der Wasserspiegel ist in einem Querschnitt (z.B. B-B) nicht mehr eben und die Energielinie bildet keine Gerade, sondern weist eine unregelmässige Krümmung auf. Auf der Überflutungskarte werden die Eintreffzeit des Flutwellenkopfes sowie die maximal benetzte Zone und die grösste Energielinienkote aufgetragen.

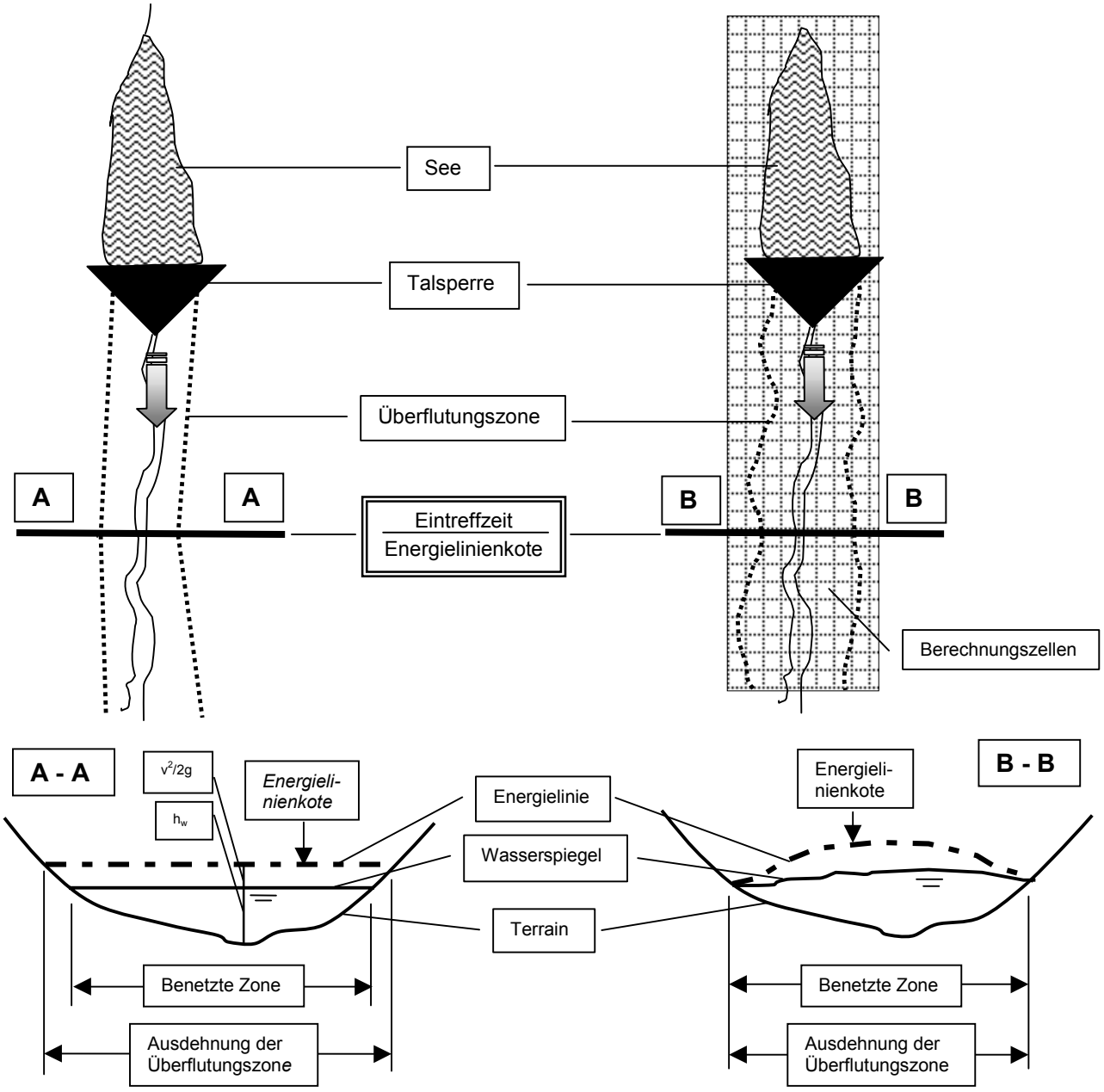


Fig 5.7: Darstellung der Überflutungszone

5.3.4 Klassierung und Schwellenwerte für das Mass der besonderen Gefahr

Die Unterstellung einer Stauanlage geschieht in Funktion der Stärke der besonderen Gefahr, gekennzeichnet durch die Höhe (Abflusstiefe) oder das Produkt aus Höhe mal Fliessgeschwindigkeit. Die Schwellenwerte begrenzen die Bereiche der vier Klassen geringe, mässige, mittlere und hohe Gefahr (Tab. 5.1 und Fig. 5.9)

Gefahrenklassen und Schwellenwerte	Auswirkungen	Unterstellungsregeln
Hohe Gefahr h > 2 m oder $v \cdot h > 2\ m^2/s$	Personen sind auch im Inneren von Gebäuden gefährdet. Bauten auf Uferböschungen sind bei Erosion einsturzgefährdet. Murgänge können durch den Anprallstoss den Einsturz von Gebäuden verursachen.	Die Stauanlage wird unterstellt, wenn wenigstens ein Wohnraum, ein Arbeitsraum, ein öffentliches Gebäude, ein öffentlicher Campingplatz, ein stark benutzter Verkehrsweg oder eine Bahnlinie betroffen ist.
Mittlere Gefahr 2 m ≥ h > 1 m oder $2\ m^2/s \geq v \cdot h > 1\ m^2/s$	Personen im Freien und in Fahrzeugen sind gefährdet. Eine Flucht in obere Stockwerke von Gebäuden ist meistens möglich. Gebäude können entsprechend ihrer Bauweise Schäden erleiden.	Die Stauanlage wird unterstellt, wenn ein Wohnraum (in leichter Bauweise) ein Arbeitsraum (in leichter Bauweise), ein öffentlicher Campingplatz oder ein stark benutzter Verkehrsweg betroffen ist.
Mässige Gefahr 1 m ≥ h > 0.5 m oder $1\ m^2/s \geq v \cdot h > 0.5\ 1\ m^2/s$	Personen sind im Freien und im Inneren von Gebäuden wenig gefährdet. Fahrzeuge können weggeschwemmt werden.	Die Stauanlage wird unterstellt, wenn ein öffentlicher Campingplatz oder ein stark benutzter Verkehrsweg betroffen ist.
Geringe Gefahr h ≤ 0,5 m oder $v \cdot h \leq 0{,}5\ m^2/s$	Personen sind nicht im Gefahr weder im Freien noch im Inneren von Gebäuden.	Die Stauanlage wird nicht unterstellt.

Tab. 5.1: Gefahrenklassen und Schwellenwerte für das Mass der besonderen Gefahr, basierend auf den Kriterien für die Wirkung von Überflutungen
v = Fliessgeschwindigkeit [m/s], h = Wassertiefe [m], v·h = Intensität der Überflutung [m^2/s]

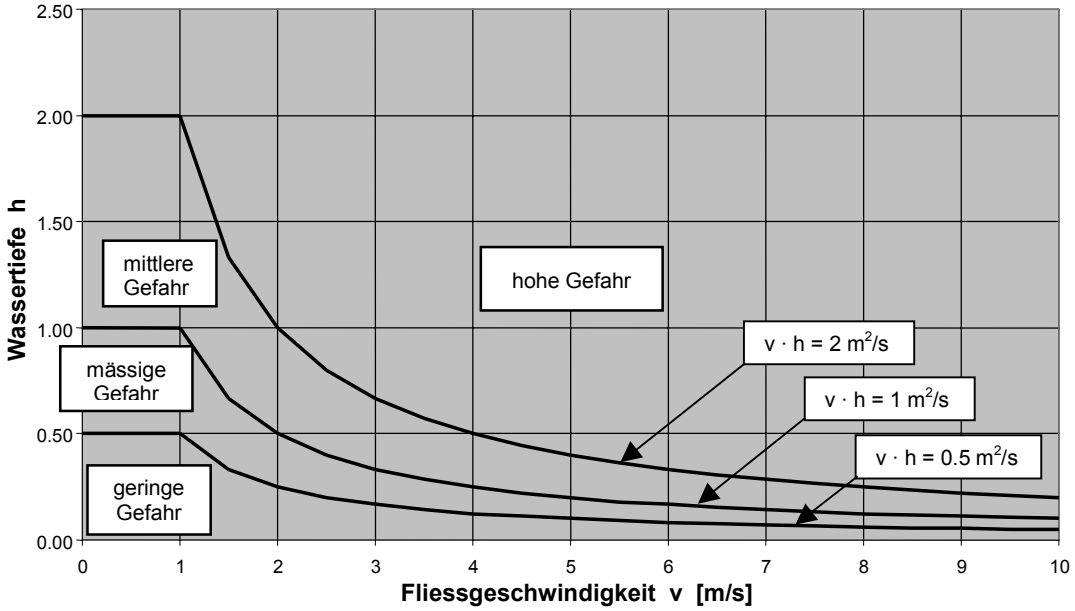


Fig 5.8: Einteilung der Gefährdungsbereiche

5.3.5 In Kaskaden angeordnete Stauanlagen

Bei übereinander liegenden, eine Kaskade bildenden Stauanlagen, wird jede Anlage, sofern sie gemäss den festgelegten Kriterien eine besondere Gefahr bedeutet, der Stauanlagenverordnung unterstellt. Es sind dabei für jede einzelne Anlage die Folgen eines Bruches zu betrachten. Insbesondere sind die Auswirkungen einer Flutwelle auf die Unterliegertalsperren zu untersuchen, wobei ein allfälliger Dominoeffekt zu berücksichtigen ist.

5.3.6 Situationen ohne besondere Gefahr

Die nachfolgenden Beispiele zeigen Situationen ohne besondere Gefahr, bei denen auf eine Unterstellung unter die Stauanlagenverordnung verzichtet werden kann. Bei den ersten beiden Fällen handelt es sich um die Ausserbetriebnahme (siehe Kap. 10.4) bzw. die Entlassung aus der Unterstellung (siehe Kap. 5.4.3).

a) Wenn durch die Erstellung einer Bresche verhindert wird, dass sich Wasser, Geschiebe oder Schlamm aufstaut, kann die Anlage ohne Überwachung und speziellen Unterhalt sich selbst überlassen werden. Es ist dabei darauf zu achten, dass die Bresche genügend gross ist, damit eine Verstopfung durch Geschwemmsel und Baumstämme verhindert wird.

b) Im Fall von kleinen Stauanlagen kann durch einzelne spezielle Objektschutzmassnahmen erreicht werden, dass im Bruchfall die Flutwelle keinen Wohnraum, keinen Arbeitsplatz, kein öffentliches Gebäude, keinen öffentlichen Campingplatz oder keinen stark benützten Verkehrsweg in unzulässiger Weise erreicht.

c) Wird im Bruchfall das Stauvolumen vollständig in einer unterliegenden Stauanlage aufgefangen und trifft die Flutwelle unterwegs auf keine der unter b) erwähnten Objekte, kann von einer Unterstellung abgesehen werden.

d) Fliesst die Flutwelle bei Wehren oder kleinen Anlagen vollständig innerhalb des Flussbettes ab, oder hat sie lediglich Ausuferungen im landwirtschaftlich genutzten Gebiet oder in für den Hochwasserschutz vorgegebenen Überschwemmungszonen, ist keine Unterstellung vorzusehen.

Bemerkung: Wegen möglichen Entwicklungen unterhalb von Stauanlagen sind die obigen Punkte von Zeit zu Zeit neu zu beurteilen. Bei späteren Bauvorhaben innerhalb der Überflutungszone einer nicht unterstellten Anlage ist die Situation der besonderen Gefahr zu berücksichtigen.

5.4 AUSWAHL DER ZU UNTERSTELLENDEN STAUANLAGEN

5.4.1 Entscheidende Stelle für die Unterstellung

In jedem Fall ist es Sache der Aufsichtsbehörden von Bund oder Kanton zu entscheiden, ob eine Stauanlage der Stauanlagenverordnung zu unterstellen ist. Die zuständige Aufsichtsbehörde verfügt den betreffenden Entscheid gemäss der geltenden Gesetzgebung von Bund und Kantonen.

5.4.2 Vorgehen beim Entscheid über eine Unterstellung

Das Vorgehen bei der Entscheidungsfindung über eine Unterstellung einer Stauanlage unter die Stauanlagenverordnung und damit unter die Aufsicht einer Behörde ist schematisch in den beiden Figuren 5.10 und 5.11 dargestellt.

Gemäss den Regeln des Verwaltungsverfahrens ist die Aufsichtsbehörde ermächtigt vom Werkeigentümer die Unterlagen zu verlangen, die sie benötigt (insbesondere allgemeine Pläne der Anlage, Berechnung der Flutwelle, eine Überflutungskarte mit Angabe von Höhe und Geschwindigkeit an den kritischen Stellen). Sie entscheidet, in welchem Masse ein plötzlicher Bruch der Stauanlage eine besondere Gefahr für wenigstens einen Wohnraum, einen Arbeitsraum, ein öffentliches Gebäude, einen öffentlichen Campingplatz oder einen stark benutzten Verkehrsweg bedeutet.

In den Fällen, wo die geometrischen Unterstellungskriterien erfüllt sind, ist es Sache des Werkeigentümers der Aufsichtsbehörde direkt die Angaben über die Auswirkungen eines Bruchs der Stauanlage zu liefern.

Für kleinere Stauanlagen, welche die geometrischen Unterstellungskriterien nicht erfüllen, führt die Aufsichtsbehörde eine Vorabklärung durch (z.B. aufgrund von Diagrammen oder vereinfachten Flutwellenberechnungen). Im Bedarfsfalle wird sie zusätzliche Unterlagen und Angaben beim Stauanlageninhaber verlangen.

5.4.3 Aufhebung der Unterstellung

Bei einem Antrag auf Aufhebung der Unterstellung ist es Sache der Inhaberin der Stauanlage, gegenüber der Aufsichtsbehörde den Nachweis zu erbringen, dass die Stauanlage keine besondere Gefahr (oder keine solche mehr) für Personen oder Sachen darstellt. Die Aufsichtsbehörde kann aber verlangen, dass Überwachung und Unterhalt der Stauanlage dennoch weitergeführt werden.
Die Bedingungen für die Ausserbetriebsetzung sind in Kap. 10.4 aufgeführt.

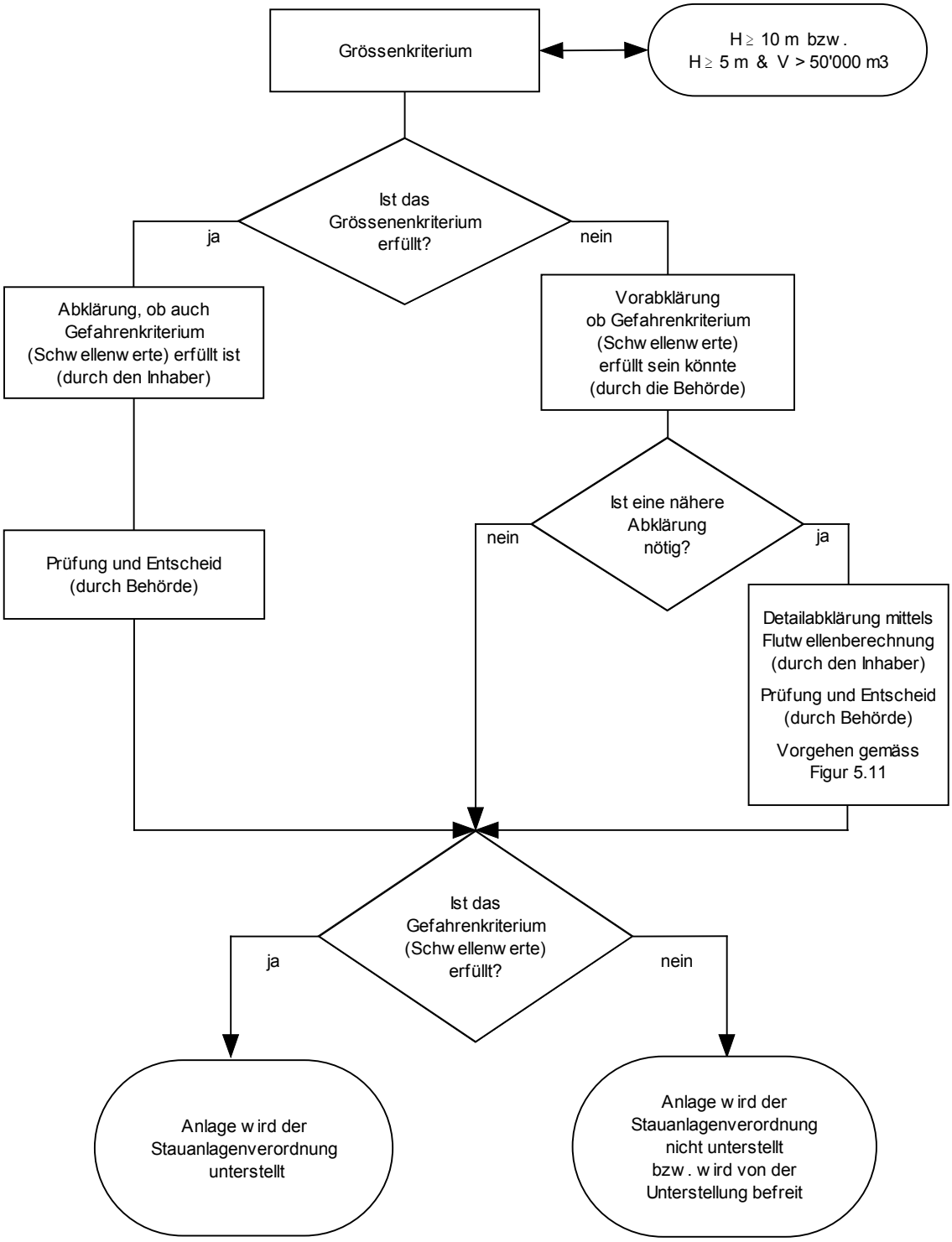


Fig. 5.9 Vorgehensplan für die Begründung einer Unterstellung unter die Stauanlagenverordnung

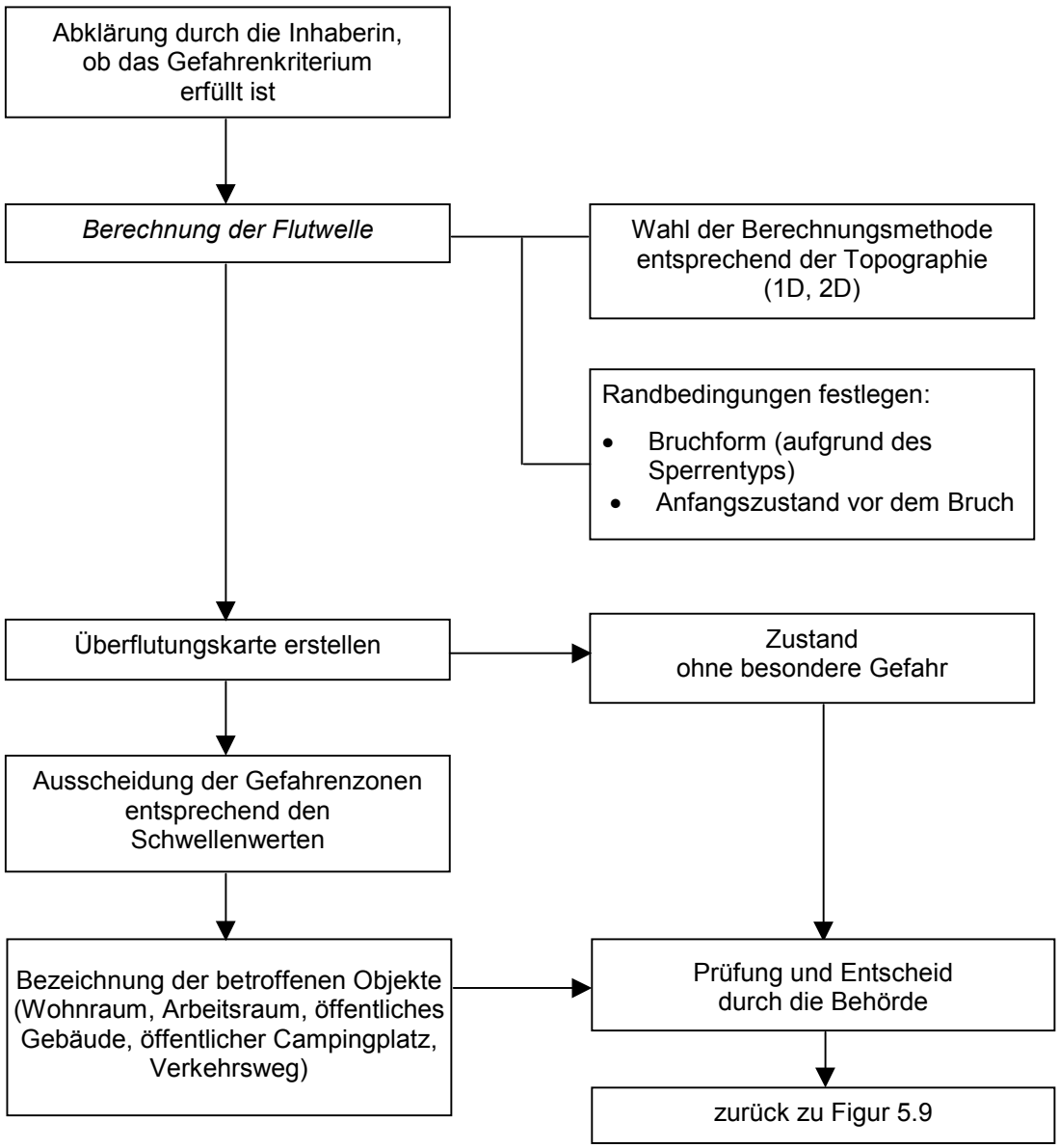


Fig. 5.10 : Auszug aus dem Vorgehen bei der Ermittlung der besonderen Gefahr (Ergänzung zu Fig. 5.9)

TEIL B

6 KONSTRUKTIVE SICHERHEIT

6.1 Allgemeines

Art. 3, Absatz 1, StAV bestimmt, dass "Stauanlagen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik so zu bemessen und zu bauen sind, dass ihre Standsicherheit bei allen voraussehbaren Betriebs- und Lastfällen gewährleistet ist."

Die konstruktive Sicherheit setzt dennoch eine Funktionstüchtigkeit der Sperre unter verschiedenen ständigen, veränderlichen, ausserordentlichen oder plötzlich eintretenden Lasten voraus. Diese Lasten sind in Kap. 6.3 definiert.

Verschiedene Betriebszustände, wie zum Beispiel maximale Wasserspiegelschwankungen, Betriebsunterbruch bei der Revision der hydromechanischen Anlage, Versagen des Ablassorgans, abgestellte Turbinen, müssen berücksichtigt werden.

Bauliche Massnahmen müssen ergriffen werden, um besonderen Risiken, wie Hochwasser, Erdbeben, Erdrutsche und Sabotage, vorzubeugen.

Ein gesonderter Nachweis der konstruktiven Sicherheit bestehender Bauwerke kann von der Aufsichtsbehörde gefordert werden (Art. 14, Absatz 2, StAV). Aufgrund dieses Sicherheitsnachweises können Erneuerungs- und Sanierungsarbeiten notwendig werden. Die konstruktive Sicherheit muss bei Umbauten oder Sanierungen, bei Betriebsänderungen, bei Auftreten neuer Lastfälle oder bei ernsthafter Beschädigung des Bauwerkes neu überprüft werden.

Dieses Kapitel behandelt die Sicherheitsfrage sowohl auf der Ebene der Projektierung von neuen Anlagen, von Umbauten (Erhöhungen, Umbau von Nebenanlagen), wie auch der Sicherheitsüberprüfung von Anlagen in Betrieb. Es befasst sich ausserdem mit dem Nutzungs- und Sicherheitsplan[10]. Diese Pläne sind nicht ausdrücklich in der StAV erwähnt, stellen aber für den Betreiber wie für den Ingenieur eine geeignete Unterstützung dar, indem sie die Nutzung und die wesentlichen Eigenschaften der Stauanlage festlegen, mit dem Ziel deren Bau nach den Regeln der Kunst und deren Sicherheit für den Betrieb zu gewährleisten.

6.2 Nutzungsplan und Sicherheitsplan

6.2.1 Nutzungsplan

Der durch den beauftragten Ingenieur in Absprache mit der Bauherrschaft ausgearbeitete Nutzungsplan erlaubt, die Projektvorgaben zu formulieren (Nutzung und kennzeichnende Angaben zur Anlage, Betriebsbedingungen). Er beinhaltet die Beschreibung der Auslegungsgrundlagen, welche bei der Ausarbeitung und Realisierung eines Projektes zu berücksichtigen sind. Zudem gestattet er auch die Festlegung von Anforderungen der Aufsichtsbehörde und von besonderen Betriebsbedingungen, welche sich aus der Konzession ergeben. In dieser Phase ist es ebenfalls möglich, die allgemeinen Dimensionierungsannahmen festzulegen.

[10] An dieser Stelle wird empfohlen, die Veröffentlichung des Schweizerischen Talsperrenkomitees (STK), mit dem Titel Konstruktive Sicherheit, Nutzungsplan uns Sicherheitsplan (Dez. 2000) zu konsultieren

Es ist dem Ingenieur überlassen, die für jeden Einzelfall am besten geeignete Gliederung des Nutzungsplans festzulegen. Im Allgemeinen werden im Nutzungsplan wenigstens die folgenden Punkte behandelt:

A) Nutzung

B) Grundlagen und allgemeine Regeln

C) Örtliche Gegebenheiten

D) Auslegungsgrundlagen

E) Beschreibung der Anlage

6.2.2 Sicherheitsplan

Die Ausarbeitung des Sicherheitsplans verlangt die Ermittlung aller möglicher Zustände, welche ein Risiko bedeuten, sowie die Festlegung entsprechender Massnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit des Bauwerks. Die akzeptierbaren Risiken (tolerierbare Schäden) haben einen direkten Einfluss auf die bauliche Auslegung. Im Sicherheitsplan muss man sich Rechenschaft geben über die Voraussetzungen, welche das korrekte Funktionieren des Bauwerks und der Betriebsorgane sicherstellen oder zu Störungen derselben führen können.

Der Sicherheitsplan stellt die hauptsächliche Grundlage für die Dimensionierung der Bauwerke dar. Zur Festlegung der mit dem Sicherheitsplan zu erreichenden Ziele sind verschiedene Vorgehensweisen möglich. Es ist dem Ingenieur überlassen, die für jeden Einzelfall bestgeeignete Gliederung des Sicherheitsplans festzulegen. Im Allgemeinen werden im Sicherheitsplan wenigstens die folgenden Punkte behandelt:

A) Einwirkungen

B) Gefährdungsbilder

C) Ursachen

D) Massnahmen

E) Restrisiko

6.3 Einwirkungen

6.3.1 Lasten

Die verschiedenen Lasttypen, welche bei einer Überprüfung berücksichtigt werden müssen, sind im folgenden angegeben.

Ständige Lasten

Diese Lasten sind dauernd vorhanden. Es ist allerdings möglich, dass sie erst nach einer gewissen Zeit zu wirken beginnen und dass sie ohne Änderung fortdauern.

- Eigenlast (Struktur, Verschlussorgane)
- Druck aus Sedimenten
- Erddruck

Bei permanent gestautem Wasser

- Wasserdruck
- Auftrieb
- Porenwasserdruck

Veränderliche Lasten

Diese Lasten ändern in Abhängigkeit der Betriebsbedingungen oder der äusseren Einflüsse:

- Wasserdruck
- Auftrieb
- Temperatur
- Schneelast
- Eisdruck
- Verkehrslasten und andere Lasten

Ausnahmebelastungen

Diese Lasten sind eine Folge von Naturereignissen, welche sehr heftig sein können. Ihre Auswirkungen können augenblicklich sein oder von kurzer Dauer.

- Hochwasser
- Erdbeben
- Lawine
- Murgang

Plötzlich eintretende Lasten[11]

- Explosionen[12]

6.3.2 Lastfälle

Folgende Lastfälle werden berücksichtigt:

- Normalfall
  betrifft die Lasten, welche regelmässig auf die Stauanlage einwirken
- Ausnahmefall
  betrifft die Ausnahmebelastungen, welche auftreten können, jedoch nicht unbedingt während der Lebensdauer des Bauwerks
- Extremfall
  betrifft die ungünstigsten Lastfälle, welche auf die Stauanlage einwirken könnten. Sie sind hypothetisch und entsprechen den physikalischen Grenzen.

Die Tabellen 6.1, 6.2 und 6.3 wiedergeben die möglichen Lastkombinationen für die verschiedenen Arten von Stauanlagen

---

[11] Zur Zeit sind noch keine Lastregeln für den Fall eines Flugzeugabsturzes ausgearbeitet worden.
[12] Siehe Kap. 6.4.

EINWIRKUNGEN	GEWICHTSMAUER, WEHR							
	Typ 1		Typ 2			Typ 3		
	Normalfall		ausserordentlicher Fall			extremer Fall		
	See leer	See voll	Hoch-wasser	Eis	Lawine	Hoch-wasser	Erd-beben See leer (optio-nal)	Erd-beben See voll
Eigengewicht	X	X	X	X	X	X	X	X
Wasserdruck See bei Stauziel *)		X		X	(X)			X
Wasserdruck Seeniveau beim Bemessungs-hochwasser			X					
Wasserdruck Seeniveau beim Sicherheits-hochwasser						X		
Wasserdruck auf der Luftseite	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Auftrieb Seeniveau bei Stauziel		X		X	X			X
Auftrieb Seeniveau beim Bemessungs-hochwasser			X					
Auftrieb Seeniveau beim Sicherheits-hochwasser						X		
Sedimentbelastung (wasserseits)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Erddruck (luftseits)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Erdbeben							X	X
Eisdruck				X				(X)
Lawine / Murgang					X			
Bemerkungen	*) Je nach dem ist auch ein Zwischenniveau zu berücksichtigen. (X) Zu beachten, falls vorhanden Die Temperaturen werden bei den Spannungs- und Deformati-onsberechnungen berücksichtigt.							

Tab. 6.1 : Lastkombinationen für Gewichtsmauern, Wehre und Mauerwerkstalsperren

EINWIRKUNGEN	BOGENMAUER							
	Typ 1		Typ 2			Typ 3		
	Normalfall		ausserordentlicher Fall			extremer Fall		
	See leer	See voll	Hoch-wasser	Eis	Lawine	Hoch-wasser	Erd-beben See leer **)	Erd-beben See voll
Eigengewicht	X	X	X	X	X	X	X	X
Wasserdruck Seeniveau bei Stauziel *)		X		X	(X)			X
Wasserdruck, Seeniveau beim Bemessungshochwasser			X					
Wasserdruck, Seeniveau beim Sicherheitshochwasser	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Wasserdruck auf der Luftseite (eventuell)								
Temperaturgefälle		X	X	X	X	X	X	X
Temperaturzunahme		X	X	X	X	X	X	X
Sedimentbelastung (wasserseits)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Erddruck (luftseits)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Erdbeben							X	X
Eisdruck				X				
Lawine / Murgang					X			
Bemerkungen	*) Je nach dem ist auch ein Zwischenniveau zu berücksichtigen. **) optional (X) Zu beachten, falls vorhanden Je nach Situation sind die Auftriebe auch zu berücksichtigen.							

Tab. 6.2 : Lastkombinationen für Bogenmauern

EINWIRKUNGEN	SCHÜTTDAMM								
	Bau-Ende		Betrieb						
	Becken leer		Typ 1	Typ 2			Typ 3		
			Normal-fall	ausserordentlicher Fall			extremer Fall		
	ohne Erdbeben	mit Erdbeben	See voll	Hoch-wasser	rasche Absen-kung	Lawine	Hoch-wasser	Erd-beben See leer (optio-nal)	Erd-beben See voll
Eigengewicht	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Wasserdruck Seeniveau bei Stauziel *)			X			X			X
Wasserdruck, Seeniveau beim Bemessungshochwasser				X					
Wasserdruck, Seeniveau beim Sicherheitshochwasser							X		
Porenwasserdrücke vor der Konsolidation	X	X							
Porenwasserdrücke Seeniveau bei Stauziel *)			X		X	(X)	X	(X)	X
Erdbebeninduzierte Porenwasserdrücke								(X)	X
Rasche Absenkung mit entsprechenden Porenwasser-drücken					X				
Porenwasserdrücke Seeniveau beim Bemessungshochwasser				X					
Porenwasserdrücke Seeniveau beim Sicherheitshochwasser							X		
Erdbeben		X						X	X
Lawine / Murgang						X			
Bemerkungen	*) Je nach dem ist ein Zwischenniveau des Seestands zu berücksichtigen; die Porenwasserdrücke müssen dann diesem Zustand Rechnung tragen. (X) Zu beachten, falls vorhanden Die Lastfälle hängen auch vom Dammtyp ab.								

Tab. 6.3 : Lastkombinationen für Schüttdämme

6.4 Konstruktive Sondermassnahmen

6.4.1 Allgemeines

Die konstruktiven Sondermassnahmen entsprechen den Sicherheitsmassnahmen, die zu treffenden sind, um einer möglichen Gefahrensituation begegnen zu können. Einige davon, wie zum Beispiel die Entlastungsorgane, werden von der StAV vorgeschrieben. Es sei darauf hingewiesen, dass obschon in der StAV nicht erwähnt, der Hochwasserüberlauf in dieser Richtlinie als Entlastungsorgan gilt.

6.4.2 Ablassorgane (Grundablass, Hochwasserentlastung)

Funktion des Grundablasses

Gemäss Art. 4 StAV müssen Stauanlagen «bei drohender Gefahr abgesenkt und zur Vornahme von Kontroll- und Unterhaltsarbeiten entleert werden können. Zu diesem Zweck müssen sie wenigstens über einen ausreichend dimensionierten Grundablass oder eine ausreichend dimensionierte Tiefschütze verfügen. Der Grundablass dient auch der Steuerung des Wasserspiegels beim Ersteinstau und er kann bei Hochwasser auch als zusätzliches Entlastungsorgan sowie zur Ableitung von Sedimenten eingesetzt werden.

Der Grundablass oder die Tiefschütze bei Wehren ist im untern Teil der Anlage angeordnet. Letzere ermöglicht die Öffnung des sohlnahen Bereichs eines Wehrs.

Aus betrieblichen Gründen ist es zweckmässig, Grundablässe mit 2 Schützen auszurüsten, wobei die eine als Sicherheitsorgan (Reserveschütze, Revisionsschütze) und die andere als Regulierorgan (Betriebsschütze) dient. Wird ein oberwasserseitiger Dammbalkenverschluss vorgesehen, kann der gesamte Grundablass verschlossen werden (zur Vornahme von Kontrollen, Revisionsarbeiten etc.).

Handhabung des Grundablasses

Wird der Antrieb der Schützen durch das elektrische Netz gespiesen, so ist eine redundante Stromversorgung erforderlich. Diese Notstromversorgung (Notstromgruppe mit Diesel oder Benzinmotor, Batterien, Ölakkuanlagen) dient zur Überbrückung eventueller Stromausfälle. Darüber hinaus muss die Betätigung mittels Handantrieb ebenfalls möglich sein.

Eine Fernbedienung der Schützen kann vorgesehen werden; ihr Einsatz ist dem Ermessen des Betreibers überlassen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Schützenöffnung stufenweise erfolgt, um eine unbeabsichtigte Totalöffnung zu vermeiden.

Rein manuell bediente Grundablässe kommen lediglich bei kleineren Stauanlagen vor.

Die Betriebstüchtigkeit der Ablassorgane ist mit jährlichen Funktionsproben bei hohem Wasserspiegel und mit Wasserablass zu überprüfen. Angaben, wie diese Proben durchzuführen sind, werden im Kap. 11 (Überwachung und Unterhalt) gemacht.

Der Zugang zu den Steuerungseinrichtungen der Ablassorgane vor Ort muss stets gewährleistet sein.

Absenkung des Wasserspiegels

Bei mittleren und grösseren Stauhaltungen kann keine allgemein festgelegte Absenkdauer verlangt werden; immerhin ist von Fall zu Fall darauf zu achten, dass eine dem Stauanlagentyp und der Abflusskapazität des Vorfluters angepasste Absenkdauer fixiert werden kann. Bezüglich der Absenkdauer kleinerer Anlagen sollte die Entleerung bis zum Niveau der Ablassorgane, unter Berücksichtigung eines Zulaufs in Höhe eines Jahresmittels, innert 1 bis 3 Tagen erfolgen können.

Die Dimensionen des Grundablasses oder der Tiefschütze sind so zu wählen, dass eine Absenkung der Stauanlage für die Ausführung von Arbeiten oder im Falle eines ausserordentlichen Ereignisses beibehalten werden kann. Für den Fall, dass ein Speicher infolge Unterhaltsarbeiten oder im Laufe eines aussergewöhnlichen Ereignisses abgesenkt werden muss, wird empfohlen, die Wassespieglellagen infolge Hochwässern verschiedener Wiederkehrperioden (10, 20, 50, 100 Jahre) zu bestimmen.

Hochwasserentlastung

Um eine Verklausung durch Baumstrünke zu vermeiden, müssen ausreichende Dimensionen der Öffnung in Höhe und Breite vorgesehen werden. Es muss darauf geachtet werden, dass unter einer Brücke oder einem Steg genügend lichter Luftraum vorhanden ist. Fussgängerstege müssen so konzipiert sein, dass sie notfalls abmontiert werden können.

6.4.3 Freibord

Abschnitt 7.2.3 definiert das Freibord und die Bedingungen im Hochwasserfall.

Es ist davon auszugehen, dass Schüttdämme unter Erdbeben erhebliche Setzungen erleiden können. Für die Abschätzung dieses Einflusses wird vom Wasserstand des Stauziels ausgegangen.

6.4.4 Bepflanzung der Böschungen

Es ist wichtig, dass die Böschungen und die Dammkrone frei von hochwachsender Vegetation wie Bäume, Büsche und Sträucher gehalten wird, damit die visuelle Kontrolle des Bauwerkszustands nicht behindert wird (Feststellung von Setzungen und Deformationen, Instabilitäten, Rissen und Wasserdurchsickerungen). Es wird damit auch vermieden, dass sich grabende Tiere ansiedeln, welche durch ihre Höhlen und Baue gefährliche Sickerwege erzeugen können, oder dass das Wurzelwerk Drainagen verstopft, Dichtungselemente beschädigt und - wenn Bäume umstürzen - Löcher in den Dammkörper gerissen werden.

Auf der seeseitigen Böschung sind Büsche oder Bäume mit permanentem Wasserkontakt nicht erlaubt.

Die nicht benetzten Böschungsflächen können jedoch mit Humus und Gras bedeckt werden, wobei eine Pflege durch regelmässigen Grasschnitt erfolgen sollte. Eine Bepflanzung mit z.B. Sträuchern kann luftseitig zugelassen werden, sofern diese nicht im Kontakt zum Wasser stehen und wenn ein genügendes Überprofil oder innere Barrieren vorgesehen sind, welche das ungehinderte Wurzelwachstum verhindern.

6.4.5 Spezielle Massnahmen

Gewisse vorzusehende Massnahmen gegen Sabotage können lediglich konstruktiver Art sein und keine Ein- oder Auswirkungen auf das Bauwerk haben (und sind eventuell nicht bei den rechnerischen Nachweisen für die Gesamtstruktur zu berücksichtigen).

Spezielle Nutzungen in der näheren Umgebung der Sperre können möglicherweise eine Auswirkung auf das Bauwerk haben (beispielsweise bei Explosion einer Gasleitung in der Nähe der Sperre, Art. 11^1 und 11^2 StAV). In solchen Fällen müssen gegebenenfalls Berechnungen zur Überprüfung der Stabilität des Bauwerk durchgeführt werden. Schutzmassnahmen müssen entweder an der Sperre selber oder bei der beanstandeten Infrastruktur vorgenommen werden.

7 HOCHWASSERSICHERHEIT

7.1 Definition des Hochwassers

7.1.1 Einführung

Ein Hochwasser ist definiert durch sein charakteristisches Hydrogramm (Hochwasserganglinie), mit den Merkmalen Basisdurchfluss, Abflussspitze(n), Volumen, Fliessgeschwindigkeit, Anstiegs- und Abflusszeit (Dauer).

Oft ist ein Hochwasserereignis begleitet von Erosion, Sedimentation, Geschiebefracht und Treibholz.

Folglich müssen Stauanlagen so konzipiert sein, dass das Hochwasser unter den voraussichtlichen Bedingungen mit einer ausreichenden Sicherheit beherrscht werden kann.

Des weiteren müssen infolge extremer meteorologischen Bedingungen (Gewitter, Stürme) zusätzliche Erschwernisse wie Stromunterbruch oder Unzugänglichkeit in Kauf genommen werden.

7.1.2 Hochwasserereignisse für Stauanlagen

Die Grösse und Überschreitungswahrscheinlichkeit der den Nachweisen zu Grunde liegenden Hochwässer müssen so gewählt sein, dass die Sicherheit von Stauanlagen bezüglich Bruch und dessen Konsequenzen gewährleistet ist.

Bei den betrachteten Hochwässern handelt es sich deshalb um aussergewöhnliche oder extreme Ereignisse.

Ereignis	*häufig*	*selten*	*aussergewöhnlich*	*extrem*
Wiederholperiode (Jahre)	*30*	*100*	***1'000***	***n * 1'000*** *PMF ("Sintflut")* [13]

Tab. 7.1: Hochwasserereignisse und deren Jährlichkeit

Für die Sicherheitsanalyse von Stauanlagen werden 2 Hochwasserereignisse betrachtet:

– Bemessungshochwasser
– Sicherheitshochwasser

7.1.3 Bemessungshochwasser

Das Bemessungshochwasser muss unter normalen Abflussbedingungen mit einer durch die Höhe des Sicherheitsfreibords [14] bestimmten Sicherheitsmarge abgeführt werden können ohne irgend einen Schaden (weder an der Stauanlage selber noch an den Entlastungsorganen) zu hinterlassen. Es entspricht einem aussergewöhnlichen Ereignis.

---

13 Probable Maximum Flood (PMF)

14 Definition der verschieden Freibordarten: siehe 7.2.3 Freibord

7.1.4 Sicherheitshochwasser

Das Sicherheitshochwasser entspricht demjenigen Hochwasser, welches die Stauanlage unter extremen Bedingungen aufzunehmen in der Lage sein muss. Im Allgemeinen strömt es mit dem höchst zulässigen Wasserspiegel durch die Stauanlage. Kleinere Schäden werden in Kauf genommen, ein totaler oder partieller Dammbruch wird ausgeschlossen.

Das Sicherheitshochwasser muss ohne die Gefahrenkote zu überschreiten abgeleitet werden können. Diese wird definiert als diejenige Wasserspiegelkote ab welcher die Sicherheit der Anlage wegen auftretender Schäden wie Erosionserscheinungen an Krone oder Widerlagern oder wegen Kolkbildung am Dammfuss, erhöhtem Auftrieb oder innerer Erosion gefährdet ist.

7.2 Dimensionierungskriterien und Nachweis der Hochwasserentlastung

7.2.1 Überschreitenswahrscheinlichkeiten

Dem Bemessungshochwasser wird in der Regel eine Jährlichkeit von 1/1000 zugrunde gelegt (1000-jährliches Hochwasser Q_{1000}). Das Sicherheitshochwasser entspricht entweder dem PMF (Probable Maximum Flood), das sich aus dem PMP (Probable Maximum Precipitation) ergibt, oder es wird mit dem 1000-jährlichen Hochwasser Q_{1000} verknüpft. Das PMF ergibt sich aus der extremsten, physikalisch möglichen Kombination von meteorologischen und hydraulischen Bedingungen in einem ausgewählten Gebiet für eine gegebene Jahreszeit und für eine bestimmte Dauer.

Für mittlere und grosse Stauanlagen beträgt in diesem Fall die zu kontrollierende Menge 1.5 x Q_{1000}. Dieser letztere Ansatz gelangt hauptsächlich bei Einzugsgebieten im Gebirge mit einer Fläche bis 200 km^2 zur Anwendung. Bei kleinen Anlagen muss das Sicherheitshochwasser mindestens dem 1000-jährlichen Hochwasser (Q_{1000}) entsprechen.

7.2.2 Ableitung der Hochwasser

Anfangsbedingungen

Für den Nachweis der Ableitung des Bemessungs- wie auch des Sicherheitshochwassers wird als Hypothese für die Ausgangslage angenommen, der Speicher sei voll (d.h. der Wasserspiegel entspreche dem Stauziel). (siehe Kap. 5.2.1, Fig 5.1 und Tab. 7.2)

Ableitung des Bemessungshochwassers

Die kritischste Situation für eine Stauanlage wird mit Hydrogramm-Analysen unter Berücksichtigung von Retensions- und Entlastungskapazität gefunden. Falls die Retensionsfähigkeit der Anlage vernachlässigbar ist, entspricht der Spitzenwert des Zuflusses dem Bemessungshochwasser.

Das Resultat der Berechnungen, ausgehend vom Hochwasser - Hydrogramm des Beckenzuflusses und den Anfangsbedingungen, sind Informationen über den

(1) maximalen Abfluss,

(2) maximalen Wasserspiegel während der Ableitung des Hochwassers (Fig. 7.1 und 7.2),

(3) Hochwasserrückhalt (Fig. 7.1 und7.2).

Der Nachweis für alle Betonsperren und Schüttdämme wird unter der Annahme getroffen, dass das leistungsfähigste unter den « n » Entlastungsorganen ausser Betrieb sei (« n-1 » - Regel).

Bei Anlagen mit integrierter Zentraledarf die turbinierte Wassermenge nicht eingerechnet werden.

Es wird empfohlen den Fall eines Grundablasses ausser Betrieb zu untersuchen, falls dieser nicht gleichzeitig das Organ mit der grössten Kapazität ist. Die Folgen einer totalen oder teilweisen Zerstörung eines oder mehrerer Auslässe (mit oder ohne Verschluss) müssen ebenfalls abgeschätzt werden.

Tab. 7.3 fasst die Nachweisbedingungen zusammen.

Ableitung des Sicherheitshochwassers

Mit Berechnungen auf Basis des Hydrogramms des Sicherheitshochwassers wird nachgewiesen ob eine Gefahrenkote überschritten wird oder nicht (Kap. 7.1.4 et 7.2.3).

Bei Betonsperren ist der Nachweis des Abflusses des Sicherheitshochwassers unter der Annahme zu führen, dass alle Entlastungsorgane betriebsbereit sind.

Bei Dämmen ist der Nachweis unter der Annahme zu führen, dass das leistungsfähigste unter den « n » Entlastungsorganen ausser Betrieb sei (« n-1 » - Regel).

Bei Anlagen (Betonsperre oder Damm) mit einer hydroelektrischen Zentrale darf die turbinierte Wassermenge nicht für Nachweis des Abflusses des Sicherheitshochwassers verwendet werden.

Auf die Berücksichtigung von Frachten aus Zuleitungen kann verzichtet werden, wenn sichergestellt ist, dass diese verriegelt werden können.

Die Folgen einer totalen oder teilweisen Zerstörung eines oder mehrerer Auslässe mit oder ohne Verschluss müssen ebenfalls abgeschätzt werden

Die Nachweisbedingungen sind in Tab. 7.3 zusammengestellt.

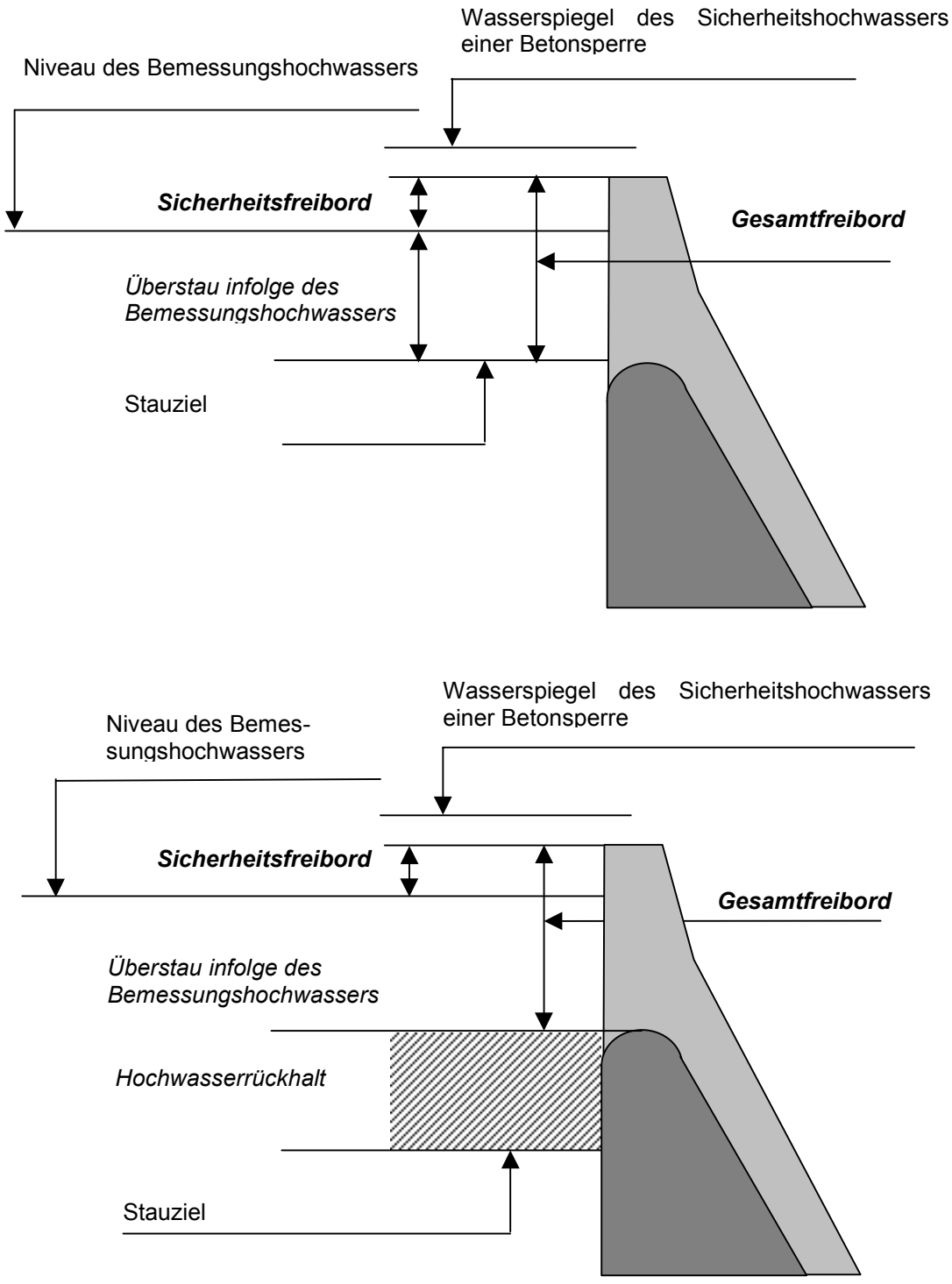


Fig. 7.1 : Definition von Koten und für den Hochwasser - Sicherheitsnachweis bei Betonsperren

Bemerkungen zu Fig. 7.1: die Kote der Mauerkrone muss sich nicht zwingenderweise mit dem Spiegel des Sicherheitshochwassers decken.

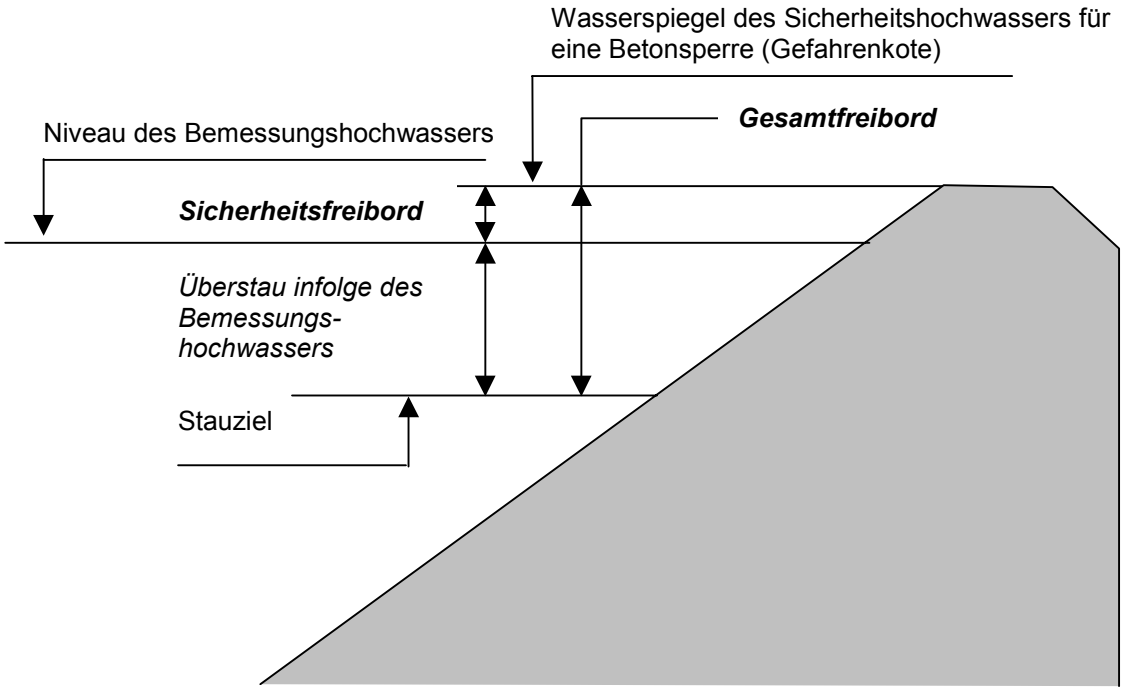


Fig. 7.2 : Definition von Koten und für den Hochwasser - Sicherheitsnachweis von Schüttdämmen

Stauziel	Für ein Speicherbecken mit freiem Überlauf ist dies die Kote des Überfalls (Fig. 1 oben). Bei einem Reservoir mit Regulierung des Wasserhaushaltes ganz oder teilweise durch bewegliche Organe ist es die maximale gemessene Kote, die der Wasserspiegel unter normalem Betrieb erreichen kann (Fig. 7.1 unten)
Niveau des Bemessungshochwassers	Höchster während des Hochwassers erreichter, zulässiger Wasserspiegels des Überstaus (Fig. 7.2)
Hochwasserrückhalt	Zur Brechung einer Hochwasserspitze zur Verfügung stehender Teil des Speichers
Überstau zur Ableitung des Bemessungshochwassers	Speicherschicht zwischen dem Stauziel und dem höchsten Niveau des Bemessungshochwassers. Der Überstau darf nicht im Staubecken verbleiben und entleert sich durch die Hochwasserentlastung auf das Niveau des Stauziels.
Freibord	Vertikale Distanz von der Mauerkrone oder Dammscheitel einer Sperre zum Wasserspiegel des Stauziels

Tab. 7.2 : Definition verschiedener Koten und Schichten eines Speicherbeckens
(aus ICOLD, Techn. Wörterbuch für Talsperren 1994)

BEDINGUNGEN	BETONSPERRE		SCHÜTTDAMM	
	Bemessungshochwasser	Sicherheitshochwasser	Bemessungshochwasser	Sicherheitshochwasser
Das Entlastungsorgan mit grösster Kapazität ist ausser Betrieb («n-1»-Regel) Keine Turbinierung	JA	NEIN	JA	JA
«n» Entlastungsorgane in Betrieb Keine Turbinierung	NEIN	JA	NEIN	NON

Tab. 7.3 : Funktionsbedingungen der Entlastungsorgane für die Hochwasser - Sicherheitsnachweise «n» *entspricht der gesamten Anzahl der Entlastungsorgane inklusive Grundablass*

7.2.3 Freibord

Ein Freibord ist definiert als vertikale Distanz zwischen der Krone und einem Wasserspiegel.

Man unterscheidet zwischen Gesamt- und Sicherheitsfreibord (Fig. 7.1 und 7.2). Beim Gesamtfreibord entspricht der Wasserspiegel dem Stauziel, das Sicherheitsfreibord wird durch das oberen Niveau des Überstaus begrenzt. Die Wellenwirkung bleibt unberücksichtigt.

Es gelten die folgenden Bedingungen:

- Das Sicherheitsfreibord ist der Bereich zwischen Krone und dem höchsten Wasserspiegel, der beim Ableiten des Bemessungshochwassers erreicht wird. Es muss

  (1) den Durchfluss des Sicherheitshochwassers gewährleisten und

  (2) gegen Wellenschlag erosionssicher sein.

  Es ist Aufgabe des spezialisierten Ingenieurs die Grösse des Sicherheitsfreibords festzulegen. Tab. 7.4 zeigt einige Richtwerte für das Bemessungsfreibord.

- Eine weitere Bedingung besteht darin, dass der höchste Wasserspiegel des Sicherheitshochwassers die Gefahrenkote nicht übersteigen darf. Diese entspricht dem Niveau bei welchem die Sicherheit der Anlage gefährdet wird und muss von einem Spezialisten bestimmt werden (siehe Kap. 7.1.4). Bei geschütteten Dämmen[15] liegt sie auf Kronenhöhe oder auf Oberkant des Abichtungssystems .

[15] Hinweis: Schüttdämme können unter Erdbeben erhebliche Setzungen erleiden. Für die Abschätzung wird vom Wasserstand des Stauziels ausgegangen.

HÖHE DER TALSPERRE SPERRENTYP	H < 10 m	10 m ≤ H > 40 m	H ≥ 40 m
Betonsperre	0.50 m	1.00 m	1.00 m
Schüttdamm			
homogen	1.00 m	2.00 m	3.0 m
mit Dichtungskern	1.00 m	2.00 m	3.0 m
mit bergseitiger Rollierung	1.00 m	1.50 m	2.5 m

Tab. 7.4 : Richtwerte für das Sicherheitsfreibord bezüglich der Kronenkote

7.2.4 Überfluten der Talsperre

Bei bereits gebauten Betonsperren kann ausnahmsweise im Fall des Durchgangs des Sicherheitshochwassers ein Ansteigen des Wassers über die Krone toleriert werden. Der Ingenieur muss aber den Nachweis erbringen, dass die getroffenen baulichen Massnahmen geeignet sind, die Zerstörung der Anlage zu verhindern, das heisst es ist nachzuweisen, dass

- die Stabilität während und nach dem Überfluten gewährleistet ist
- die dabei auftretenden Zug- und Druckspannungen im zulässigen Bereich bleiben
- die Verhältnisse am talseitigen Fuss dies erlauben (z.B. keine Kolkgefahr)

Bei bestehenden geschütteten Dämmen sollte ein Überfluten nicht zugelassen sein, andernfalls geeignete Massnahmen für die Sicherheit des Dammes vorzusehen sind.

Neue Anlagen müssen so ausgelegt werden, dass eine Überflutung ausgeschlossen werden kann.

7.2.5 Besondere Anlagen

Hochwasserschutzsperren

Für Hochwasserrückhaltbecken werden die folgenden Fälle betrachtet (Fig. 7.3):

- Zum Zeitpunkt des Eintreffens des Bemessungshochwassers ist das Becken leer und alle Entlastungsorgane sind betriebsbereit

  oder

  wenn das Becken dauernd Wasser führt, ist der planmässige Wasserspiegel als initiale Wasserspiegelkote anzunehmen

  (Dieser Fall ist nicht massgebend für die Dimensionierung der Hochwasserentlastung)

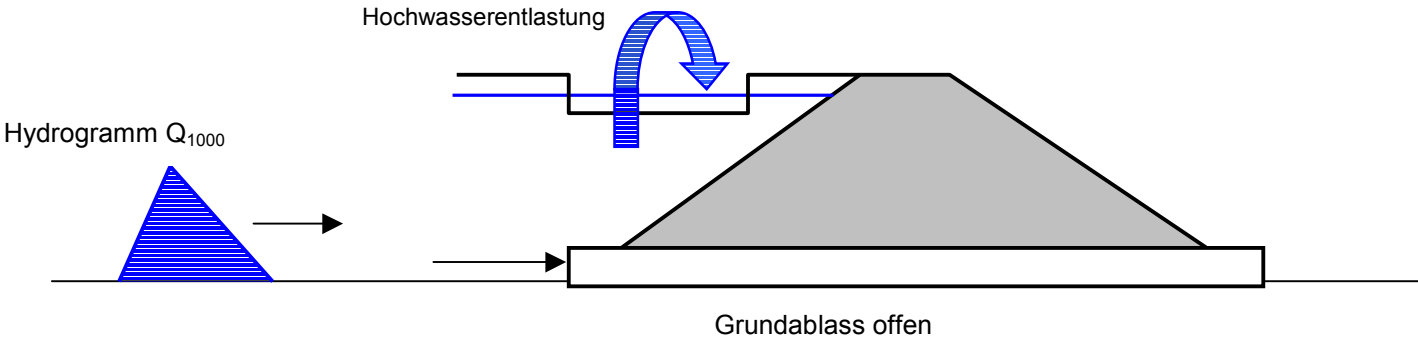
- Das Bemessungshochwasser trifft auf das leere Becken, der Grundablass ist ausser Betrieb oder verstopft.

- Der Grundablass ist zum Zeitpunkt des Eintreffens des Sicherheitshochwassers verstopft.
- Das Bemessungshochwasser wird bei Vollstau abgeleitet

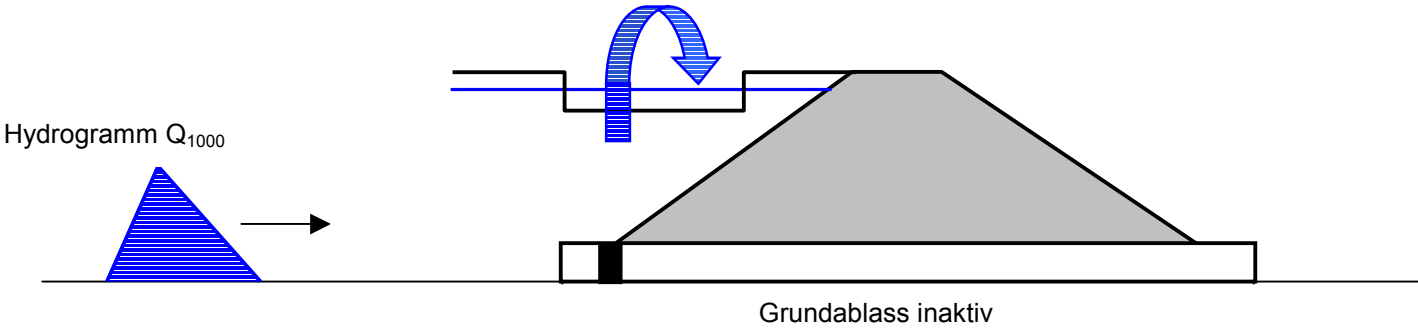
Der erste Fall bildet die Grundlage zur Bestimmung des Freibords (Fig. 7.1 und 7.2), die andern Fälle dienen dem Nachweis, dass die Gefahrenkote nicht überschritten wird (siehe 7.2.3).

Falls bei Mehrzweckspeichern ein Teil des Stauraums für den Hochwasserschutz reserviert ist, muss der Fall zweier aufeinander folgender Hochwasser untersucht werden. Es wird dabei vorausgesetzt, dass Ersteres das reservierte Volumen aufgefüllt habe.

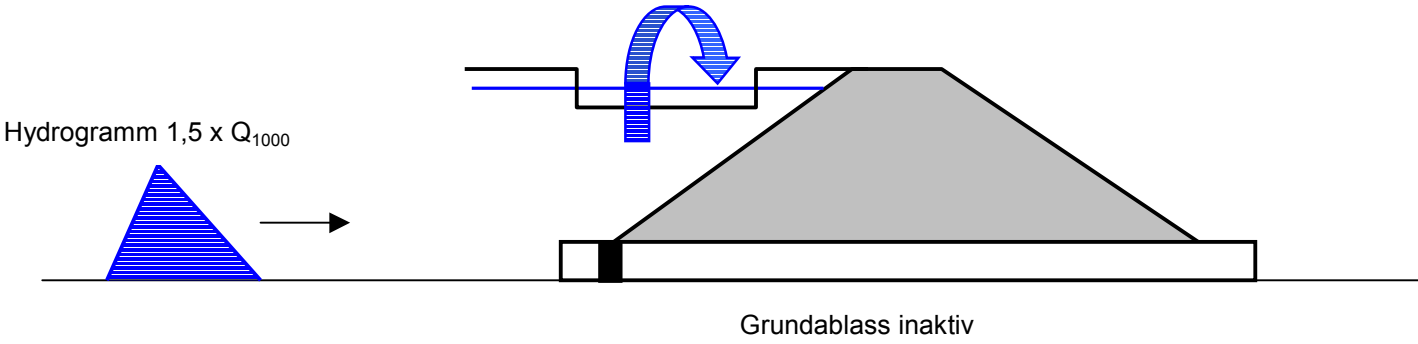
1. Alle Entlastungsorgane sind in Betrieb



2. Unterbruch des Entleervorgangs am Anfang / im Verlauf des Hochwassers



3. Sicherheitshochwasser (Unterbruch des Entleervorgangs zu Beginn des Hochwassers)



4. Pannenfall, Grundablass ausser Betrieb

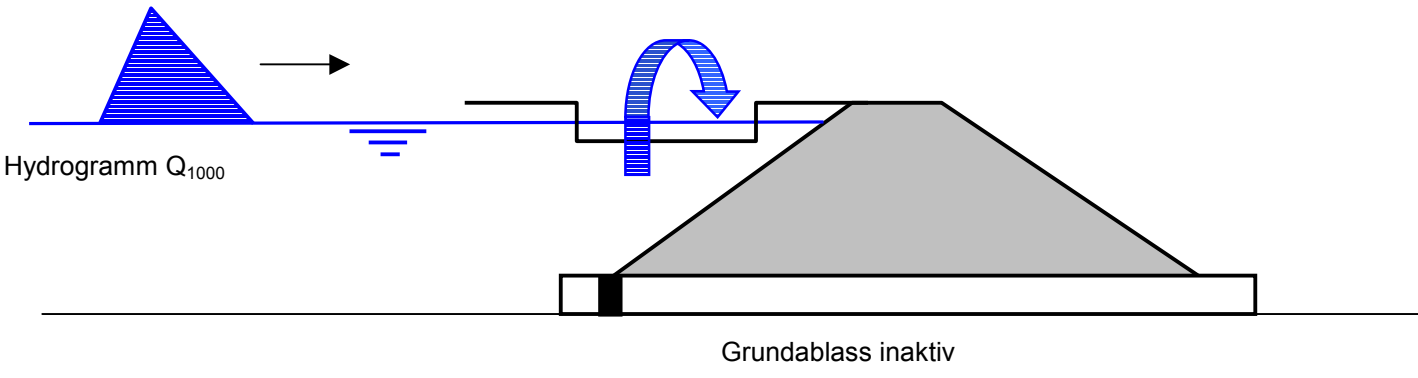


Fig. 7.3: Zu analysierende Fälle bei Hochwasserschutzdämmen

Geschiebe- und Murgangsperren

In diesem Fall wird das Becken als bis zur Überlaufschwelle mit Material gefüllt betrachtet. Öffnungen mit oder ohne Rechen oder Bohlen werden als verstopft betrachtet. (Fig. 7.4).

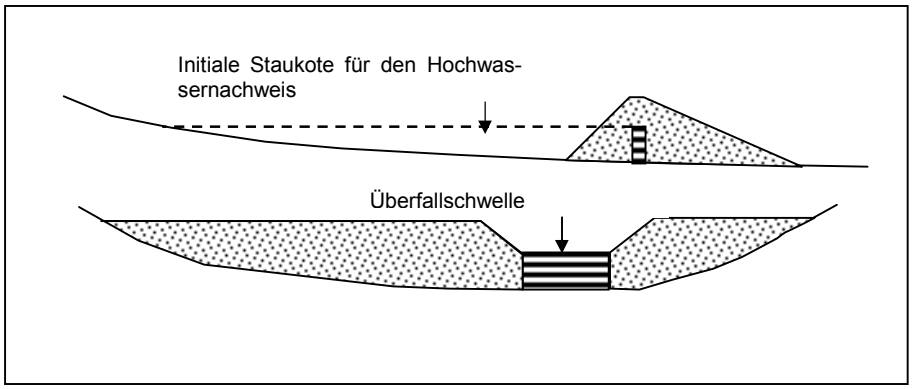


Fig 7.4 : Auffangsperre für Geschiebe und Murgänge

Kaskadisch angeordnete Talsperren

In diesem Fall berechnet sich das Bemessungs- wie das Sicherheitshochwasser aus der Fracht der obliegenden Sperre plus dem Hochwasser gleicher Jährlichkeit des Einzugsgebiets, das zwischen der betrachteten und der obliegenden Sperre liegt. (Fig. 7.5).

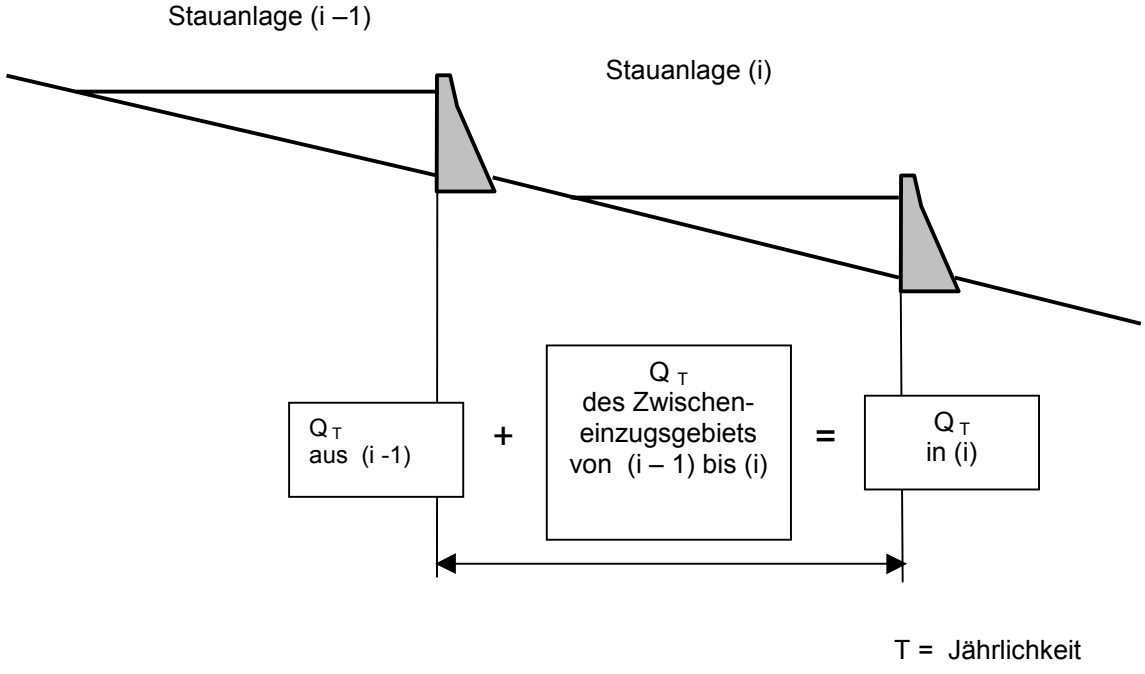


Fig. 7.5: Festlegung des Bemessungs- und Sicherheitshochwassers bei kaskadisch angeordneten Sperren

8 ERDBEBENSICHERHEIT

8.1 Grundlage

8.1.1 Ziel der Erdbebensicherheitsnachweise

Das Ziel der Erdbebensicherheitsnachweise für Stauanlagen ist, darzulegen, dass infolge einer Erdbebeneinwirkung von der Grösse des Nachweisbebens ein Versagen der Anlage ausgeschlossen werden kann, welches zu einem unkontrollierten Wasserausfluss führt. Lokale Schäden, ohne Einfluss auf die Integrität des Bauwerkes, sind dabei tolerierbar.

Die Erdbebensicherheit der Stauanlagen ist am Gesamtbauwerk nachzuweisen. Dabei zu berücksichtigen sind:

- Die sicherheitsrelevanten Nebenanlagen inklusive Betriebsorgane (Ablässe, Hochwasserentlastung, etc.).
- Der Stauraum (Becken und dessen Flanken).

Ein Nachweis der Gebrauchstauglichkeit nach einem geringeren Erdbeben wird nicht verlangt. Es liegt im Interesse des Betreibers, dass der Betrieb seiner Anlage aufrecht erhalten werden kann.

8.1.2 Talsperrenklassen

Grundsatz

Die Talsperren werden zum Zwecke der Überprüfung der Erdbebensicherheit in drei Klassen eingeteilt, an welche unterschiedliche Anforderungen gestellt werden. Die Einteilung in die verschiedenen Klassen erfolgt grundsätzlich nach den möglichen Schäden für Personen und Sachen, die bei einem Versagen der Talsperre zu erwarten sind. Die Verletzbarkeit einer Anlage durch seismische Einwirkung bleibt für die Einteilung unberücksichti*gt.*

Kriterien

Die Einteilung in Klassen erfolgt nach den Kriterien der StAV bezüglich Sicherheitsüberprüfung (Art. 14) und Vollzug (Art. 21 und 22). In Tab. 8.11 sind die Klassen mit den entsprechenden Kriterien aufgelistet und in Abbildung 1 bezüglich Stauhöhe und Stauraum grafisch dargestellt.

Klasse	Beschrieb	Kriterien
I	Anlagen, welche alle 5 Jahre einer umfassenden Sicherheitsprüfung durch ausgewiesene Experten zu unterziehen sind.	$H \geq 40$ m, oder $H \geq 10$ m und $V > 1'000'000$ m^3
II	Anlagen, die nicht der Klasse 1 zugehören, die jedoch der direkten Bundesaufsicht unterstehen (ohne Berücksichtigung der Übergangsbestimmung StAV, Art. 29, Al. 2).	$H \geq 25$ m, oder $H > 15$ m und $V \geq 50'000$ m^3, oder $H > 10$ m und $V \geq 100'000$ m^3, oder $H > 5$ m und $V > 500'000$ m^3
III	Alle übrigen Anlagen, die nicht den Klassen 1 oder 2 zugehören	

Tab. 8.1 : Talsperrenklassen (H=Stauhöhe, V=Stauraum).

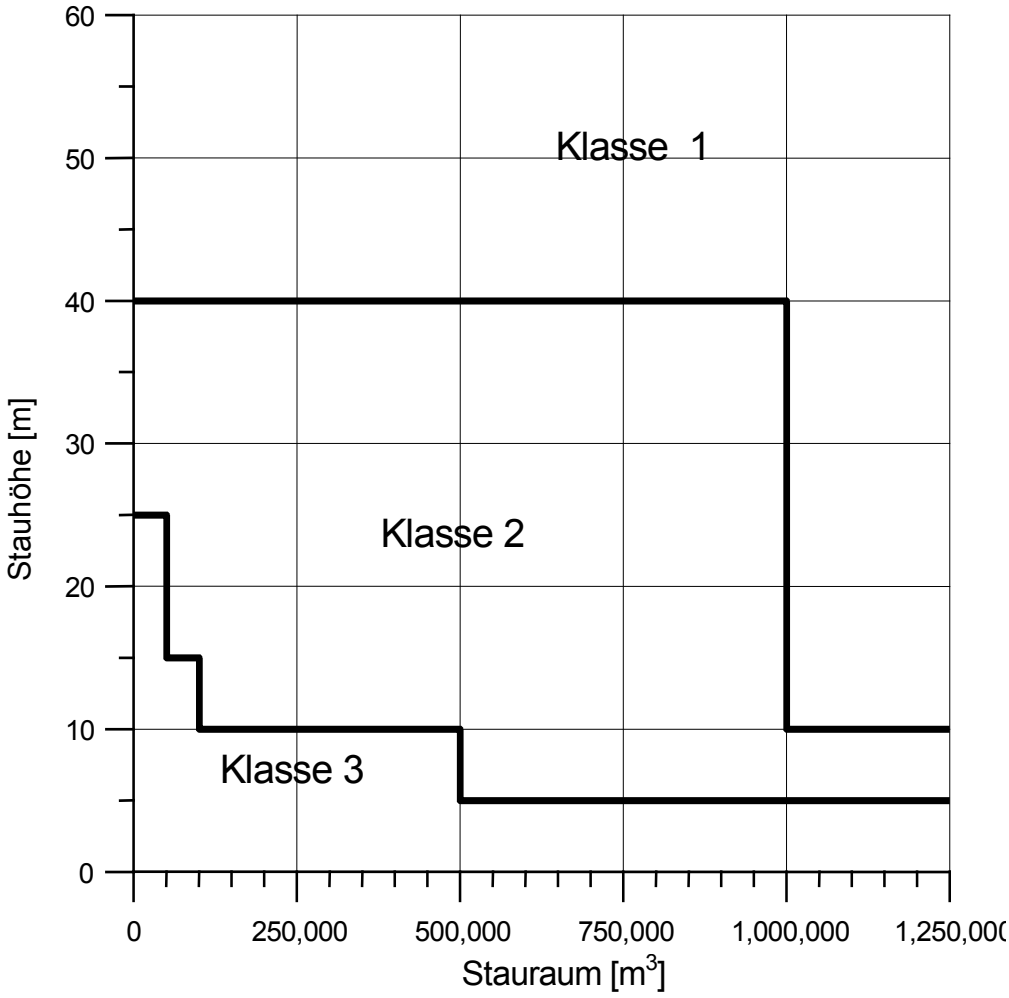


Fig 8.1 : Grafische Darstellung der Talsperrenklassen

Bei Grenzfällen ist in Absprache mit den Behörden eine Umklassierung möglich

Besonderheiten

Sperrenklasse I

Bei Sperren der Klasse I ist systematisch den jeweiligen Stand der Wissenschaft und Technik zu beachten. Allenfalls sind dann die Anforderungen dieses Kapitels anzupassen. Auf jeden Fall stellen die aufgeführten Bestimmungen Minimalanforderungen dar.

Rückhaltebecken

Stauanlagen, die nur ausnahmsweise Wasser aufstauen (Rückhaltebecken), werden zum Zweck der Überprüfung der Erdbebensicherheit der Klasse III zugeteilt.

8.1.3 Nachweissituationen

Erfordernis für den Nachweis

In folgenden Situationen ist ein Erdbebennachweis erforderlich:

- Bei Neubauten.
- Bei Umbauten einer Talsperre, insbesondere auch Erhöhungen.

- Beim Auftreten einer signifikanten Änderung im Kenntnisstand der entsprechenden Gebiete (Seismologie, Talsperreningenieurwesen, Erdbebeningenieurwesen).
- Mindestens einmal alle 20 Jahre ist der vorgängige Nachweis zu überprüfen.

- Bei einer Konzessionserneuerung falls der vorgängige Nachweis mehr als 10 Jahre zurück liegt.

Weitere Nachweissituationen

In folgenden Situationen wird geprüft, ob ein Erdbebennachweis durchzuführen ist:
- Bei abnormalem Verhalten einer Talsperre.
- Bei einer plötzlichen Verhaltensänderung einer Talsperre.

Erster Nachweis

Besteht für eine Talsperre keine der oben genannten zwingenden Nachweissituationen, so hat ein Erdbebennachweis innerhalb von 10 Jahren nach Inkrafttreten der vorliegenden Richtlinie zu erfolgen.

8.1.4 Anforderungen

Konformitätserklärung

Zu der Dokumentation zum Erdbebennachweis gehört eine, vom zuständigen Spezialisierten Ingenieur unterschriebenen, Konformitätserklärung. Dadurch wird bestätigt, dass die vorliegende Richtlinie beim Erdbebennachweis angewendet wurde. Wenn das nicht der Fall ist, sollen die Abweichungen klar und eindeutig aufgelistet werden, wobei

- Bei der Benützung einer anderen Vorgehensweise der Nachweis zu erbringen ist, dass diese derjenige der Richtlinie mindestens gleichwertig ist.
- Bei mangelnden Resultaten anzugeben ist, welche Korrekturmassnahmen getroffen werden inklusive den Nachweis von deren Wirksamkeit.

Auf jedem Fall sind die Resultate im Hinblick auf Annahmen und Konsequenzen detailliert darzulegen.

Spezialisierte Ingenieure

Die Überprüfung der Erdbebensicherheit der Stauanlagen soll durch Fachleute erfolgen, die über eine den Anforderungen entsprechende Ausbildung und Erfahrung verfügen. Dies ist, für den zuständigen Ingenieur:

- Bei Sperren der Klassen I und II: Ausgewiesene fachtechnische Ausbildung und Erfahrung im Talsperreningenieurwesen, in Sicherheitsbelangen der Talsperren und im Erdbebeningenieurwesen.
- Bei Sperren der Klassen III: Ein erfahrener Bauingenieur mit ausgewiesenen Fachkenntnissen im Wasserbau.

8.2 Nachweisbeben

8.2.1 Grundsätze

Nachweisbeben

Der Erdbebennachweis erfolgt für ein normiertes Nachweisbeben, das in diesem Richtlinienteil definiert wird. Das Nachweisbeben basiert auf einer probabilistischen Betrachtungsweise. Als Ausgangspunkt gelten die üblichen seismologischen Grundlagen.

Aktive Verwerfung

Es ist nicht zugelassen, eine neue Sperre auf eine bekannte aktive Oberflächenverwerfung zu errichten.
Bei bestehenden Bauten und beim Bekanntsein einer aktiven Oberflächenverwerfung beim Sperrenstandort sind besondere standort- und sperrenspezifische Sicherheitsstudien durchzuführen. Das Ziel besteht darin, ein ähnliches Sicherheitsniveau zu gewährleisten wie sonst in dieser Richtlinie angestrebt. Welche Nachweise zu erbringen sind und welche Vorkehrungen in Betracht gezogen werden können, sind nicht Teil dieser Richtlinie.

Seismische Gefährdung

Die seismische Gefährdung ist die Eintretenswahrscheinlichkeit einer erdbebeninduzierten Bodenbewegung einer bestimmten Stärke an einem bestimmten Standort. Je nach Talsperrenklasse wird für das Nachweisbeben eine unterschiedliche Eintretenswahrscheinlichkeit vorgegeben, für welches der Erdbebennachweis gemäss folgenden Kapiteln vorzunehmen ist.

Eintretenswahrscheinlichkeiten

Die Eintretenswahrscheinlichkeit wird für einen Zeitraum von 100 Jahren angegeben, ausgedrückt in Form einer Wiederkehrperiode. Dabei gilt

Sperrenklasse	Betrachteter Zeitraum	Mittlere Überschreitungswahrscheinlichkeit	Mittlere Wiederkehrperiode
I	100 Jahre	1%	10'000 Jahre
II	100 Jahre	2%	5'000 Jahre
III	100 Jahre	10%	1000 Jahre

Tab. 8.2 : Eintretenswahrscheinlichkeiten

8.2.2 Erdbebenanregung

Grundsatz

Die Erdbebenanregung wird prinzipiell durch eine Bodenspitzenbeschleunigung, ein Antwortsspektrum und einen zugehörigen Beschleunigungszeitverlauf angegeben. Als Ausgangslage gilt ein felsiger Standort ohne Berücksichtigung allfälliger Standorteffekte.

Spitzenbeschleunigung

Die horizontalen Spitzenbeschleunigungen, die den Wiederkehrperioden von 1‘000, 5‘000 und 10'000 Jahren entsprechen und die für die Nachweise zu verwenden sind, sind dem Kap. 8.3.3 zu entnehmen. Sie sind richtungsunabhängig.
Die vertikalen Spitzenbeschleunigungen a_v können durch Abminderung der Horizontalkomponente a_h berechnet werden, und zwar $a_v = 2/3 \cdot a_h$.

Antwortspektrum

Das Antwortspektrum ist die maximale dynamische Antwort eines Einmassenschwingers bei dynamischer Fusspunktanregung durch ein Erdbeben in Abhängigkeit von Eigenfrequenz und Dämpfung des Einmassenschwingers. Für den Nachweis von auf Fels (Baugrundklasse A gemäss 8.2.3) fundierten Sperren gelten folgende

normierte Beschleunigungs-Antwortspektren (Beschleunigungs-Amplifikationswerte sind mit Bodenspitzenbeschleunigungen zu multiplizieren):

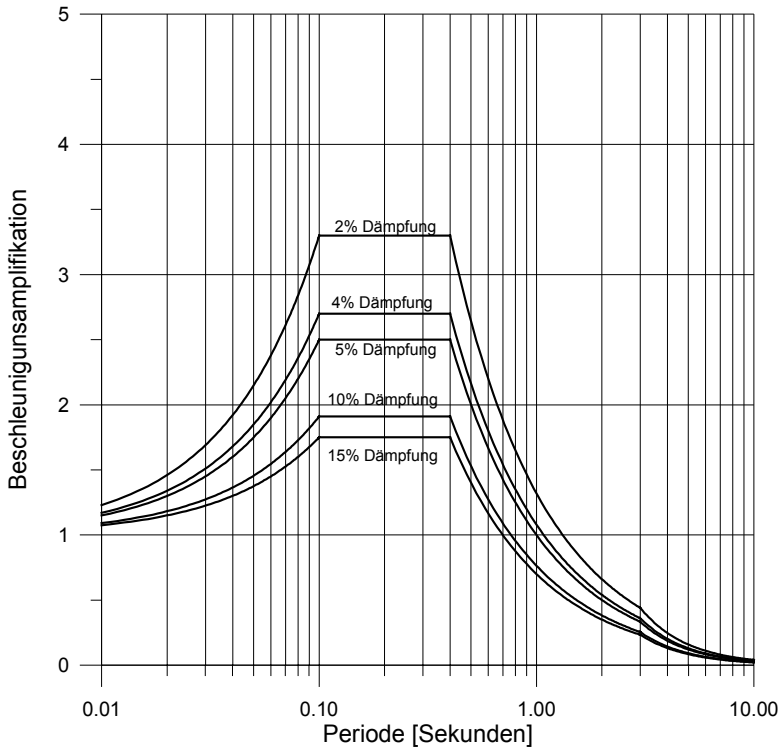
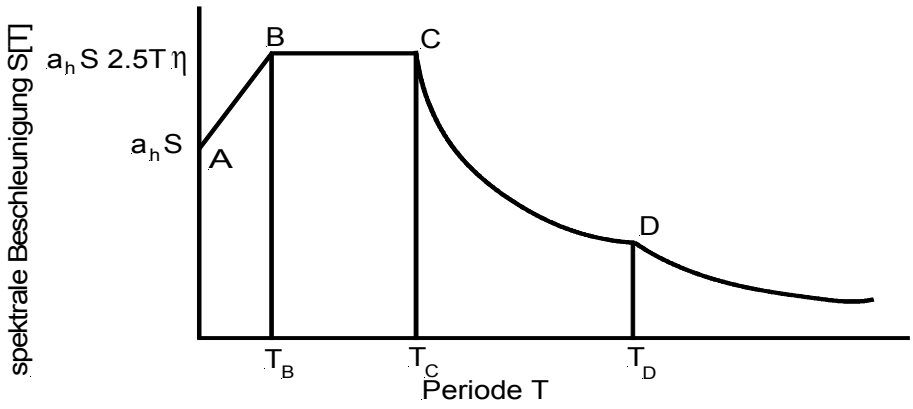


Fig.8.2 Antwortspektrum für felsigen Untergrund (Baugrundklasse A)

Die selben Antwortspektren gelten sowohl für die horizontale wie auch für die vertikale Richtung.

Kommentare
Die Antwortspektren entsprechen den elastischen Antwortspektren gemäss Eurocode 8, Teil 1.1, Abschnitt 4.2.2 [SIA V160.811][16]. Es handelt sich dabei um normierte mittlere Antwortspektren, die mit der Bodenbeschleunigung multipliziert werden müssen, und wie folgt definiert sind:



$$0 \le T \le T_B: \quad S(T) = a_h \ S \ (1 + \frac{T}{T_B}(2.5\eta - 1))$$

[16] Eurocode 8 "Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben", Teil 1-1 "Grundlagen – Erdbebeneinwirkungen und allgemeine Anforderung an Bauwerke", Schweizer Norm ENV 1998-1-1, SIA Norm Ausgabe 1987 V160.811, Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich

$$T_B \le T \le T_C: \quad S(T) = a_h \; S \; 2.5\eta$$

$$T_C \le T \le T_D: \quad S(T) = a_h \; S \; 2.5\eta \frac{T_C}{T}$$

$$T_D \le T: \quad S(T) = a_h \; S \; 2.5\eta \frac{T_C T_D}{T^2}$$

Baugrundklasse	S	T_B[s]	T_C[s]	T_D[s]
A	1.0	0.10	0.40	3.0
B	1.0	0.15	0.60	3.0
C	0.9	0.20	0.80	3.0

$$\eta = \sqrt{7/(2+\zeta)} \ge 0.7$$

ζ ist die viskose Dämpfung in % der kritischen Dämpfung.

Zeitverlauf (Beschleunigungsdiagramm)

Als Zeitverläufe können geeignete Aufzeichnungen und/oder künstlich generierte Verläufe verwendet werden. Aufzeichnungen, die mit den vorgeschriebenen Spektren nicht kompatibel sind, müssen fachmännisch entsprechend aufbereitet werden. Künstlich generierte Verläufe müssen folgende stationäre Dauer aufweisen[17]:

$T_s = 10 + 50\left(\frac{a_h}{g} - 0.1\right)$, jedoch mindestens T_s=10 s

wobei T_s in Sekunden ist.
Die Kompatibilität zwischen dem Zielantwortspektrum und dem zum Zeitverlauf gehörenden Antwortspektrum wird als erfüllt betrachtet, falls Abweichungen zwischen den beiden maximal 10 % betragen und im massgebenden Frequenzbereich (in der Nähe der Eigenfrequenz des Bauwerkes) das Zielantwortspektrum nicht unterschritten wird.
Bei einem Nachweis gestützt auf Zeitverläufe sind mindestens 3 Sätze von stochastisch unabhängigen Zeitverläufen zu benützen, wobei die stationäre Dauer bei 2 Sätzen maximal +/- 5 Sekunden variieren darf. Dabei besteht ein Satz aus 3 stochastisch unabhängigen Komponenten (2 horizontale und 1 vertikale), bzw. aus 2 Komponenten im Falle eines zweidimensionalen Nachweises.

8.2.3 Baugrund- und Standortverhältnisse

Grundsätze

Baugrundverhältnisse beeinflussen die Erdbebeneinwirkung, indem die Amplituden der einzelnen harmonischen Komponenten des Erdbebeninputs gegenüber denjenigen eines Felsstandortes erhöht oder abgemindert werden. Dies wird durch die Einführung von entsprechenden Antwortspektren Rechnung getragen.
Der Standort (Topographie) beeinflusst die Fortpflanzung der Erdbebenwellen und somit die lokale Erdbebenanregung, und zwar auch bei felsigen Standorten. Dieser Effekt wird beim vorliegenden Erdbebennachweis nicht berücksichtigt.

17 Die Bebendauer enspricht den Angaben von Eurocode 8, Teil 1.1, Abschnitt 4.3.2.2 [SIA V160.811]

Baugrundklassen [18]

Die drei Baugrundklassen sind durch ihre Schichtprofile wie folgt beschrieben:

Baugrundklasse A: Fels und steife Ablagerungen von Sand, Kies oder hochverdichtetem Ton. Scherwellengeschwindigkeit über 400 m/s.

Baugrundklasse B: Tiefe Ablagerungen von mitteldichtem Sand, Kies oder mittelsteifem Ton. Scherwellengeschwindigkeit zwischen 200 m/s und 400 m/s.

Baugrundklasse C: Lose, nichtbindige Bodenablagerungen mit wenigen bindigen Schichten sowie Ablagerungen mit überwiegend weichen bis mittelsteifen bindigen Böden. Scherwellengeschwindigkeit unter 200 m/s.

Bei Talsperren der Klasse III darf die Zuteilung in einer Baugrundklasse qualitativ erfolgen, wobei nicht auf Fels fundierte Sperren im Normalfall der Baugrundklasse B zugeordnet werden.
Bei Sperren der Klassen I und II soll die Zuteilung in der Regel gestützt auf ein geologisches Gutachten erfolgen.

Antwortspektren für Baugrundklassen B und C

Die normierten Antwortspektren für die Baugrundklassen B und C sind in Abbildungen 8.3 und 8.4 dargestellt. Die Antwortspektren gelten sowohl für die horizontale als auch für die vertikale Richtung:

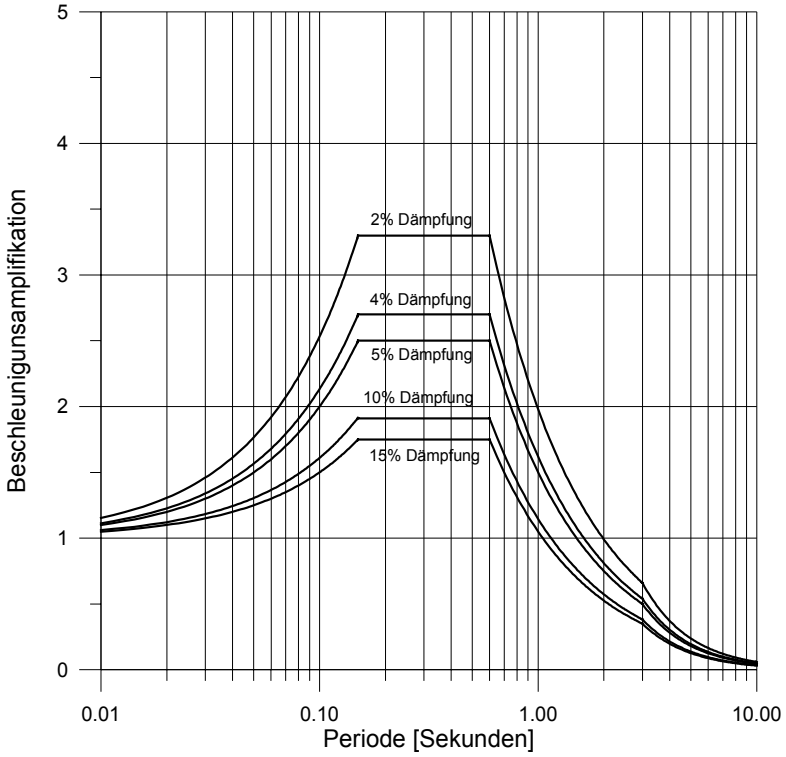


Fig.8.3 Antwortspektrum für felsigen Untergrund (Baugrundklasse B)

18 Die Baugrundklassifikation richtet sich nach Eurocode 8, Teil 1.1, Paragraf 3.2 [SIA V160.811].

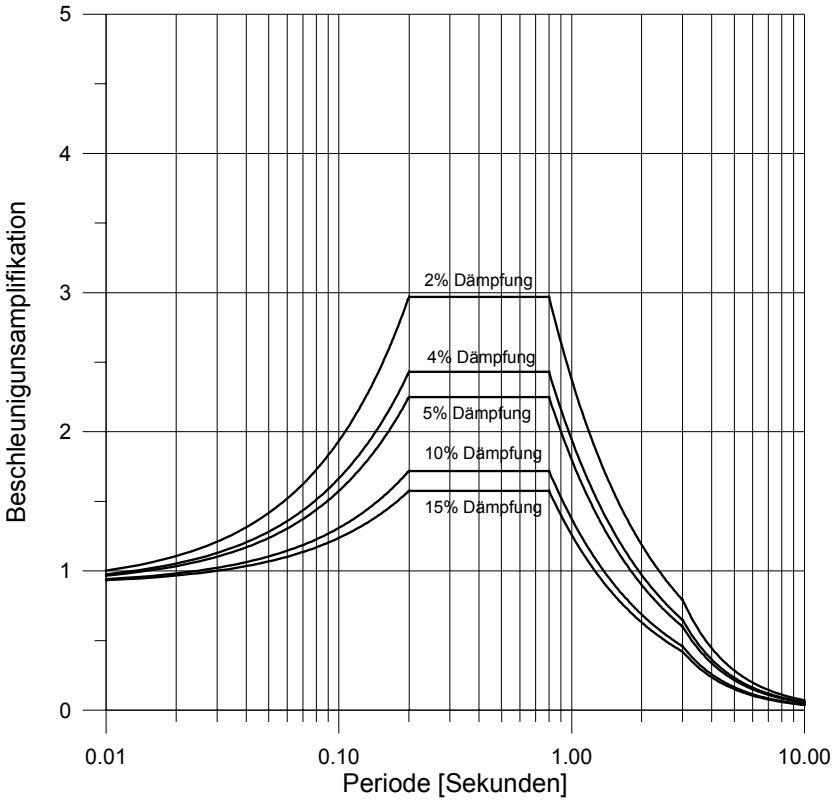


Fig.8.4 Antwortspektrum für weichen Untergrund (Baugrundklasse C)

8.3 Spitzenbeschleunigungen

8.3.1 Vorgehen

Die zum Zweck des Erdbebennachweises erforderlichen Spitzenbeschleunigungen werden erhalten durch eine Umformung der vom Schweizer Erdbebendienst publizierten Intensitätskarten gemäss unterstehender Formel.
Bei einem Nachweis ist demzufolge die massgebende horizontale Spitzenbodenbeschleunigung wie folgt zu bestimmen:

- Bestimmung der massgebenden Wiederkehrperiode gemäss Abschnitt 8.2.1 Grundsätze;
- Bestimmung der massgebenden MSK Intensität I_{MSK} aus der entsprechenden Intensitätskarte unten;
- Umrechnung der Intensität in eine horizontale Spitzenbeschleunigung gemäss untenstehender Formel bzw. Tabelle.

8.3.2 Intensitätskarten

Die gültigen Intensitätstkarten sind (siehe Abbildungen 8.5 und 8.6):

- Für eine Wiederkehrperiode von 1'000 Jahre (Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10^{-3} per Annum):
- Für eine Wiederkehrperiode von 10'000 Jahre (Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10^{-4} per Annum):

Die Intesitätswerte für eine Wiederkehrperiode von 5‘000 Jahren sind wie folgt zu interpolieren:

$$I_{5'000} = 0.3 \cdot I_{1'000} + 0.7 \cdot I_{10'000}$$

8.3.3 Beschleunigungswerte

Die Beschleunigungswerte sind auf Grund folgender Umformung zu bestimmen [Erdbebenrisikokarten der Schweiz – Bestimmung der Erdbebengefährdung, 1977]:

$$\log a_h = 0.26 \cdot I_{MSK} + 0.19 \quad (a_h \text{ in } cm/s^2)$$

Die Auswertung der Formel ergibt folgende Werte:

I_{MSK}	a_h [%g]	I_{MSK}	a_h [%g]	I_{MSK}	a_h [%g]
7.0	10	8.0	19	9.0	35
7.1	11	8.1	20	9.1	37
7.2	12	8.2	21	9.2	39
7.3	12	8.3	23	9.3	41
7.4	13	8.4	24	9.4	44
7.5	14	8.5	26	9.5	47
7.6	15	8.6	27	9.6	49
7.7	16	8.7	29	9.7	53
7.8	17	8.8	31	9.8	56
7.9	18	8.9	33	9.9	59

Tab. 8.3 : Konvertierung von MSK Intensität in horizontale Spitzenbodenbeschleunigung

Fig 8.5 : Intensitätswerte für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10^{-3} p.a. gemäss 'Erdbebenrisikokarten der Schweiz – Bestimmung der Erdbebengefährdung, 1977'

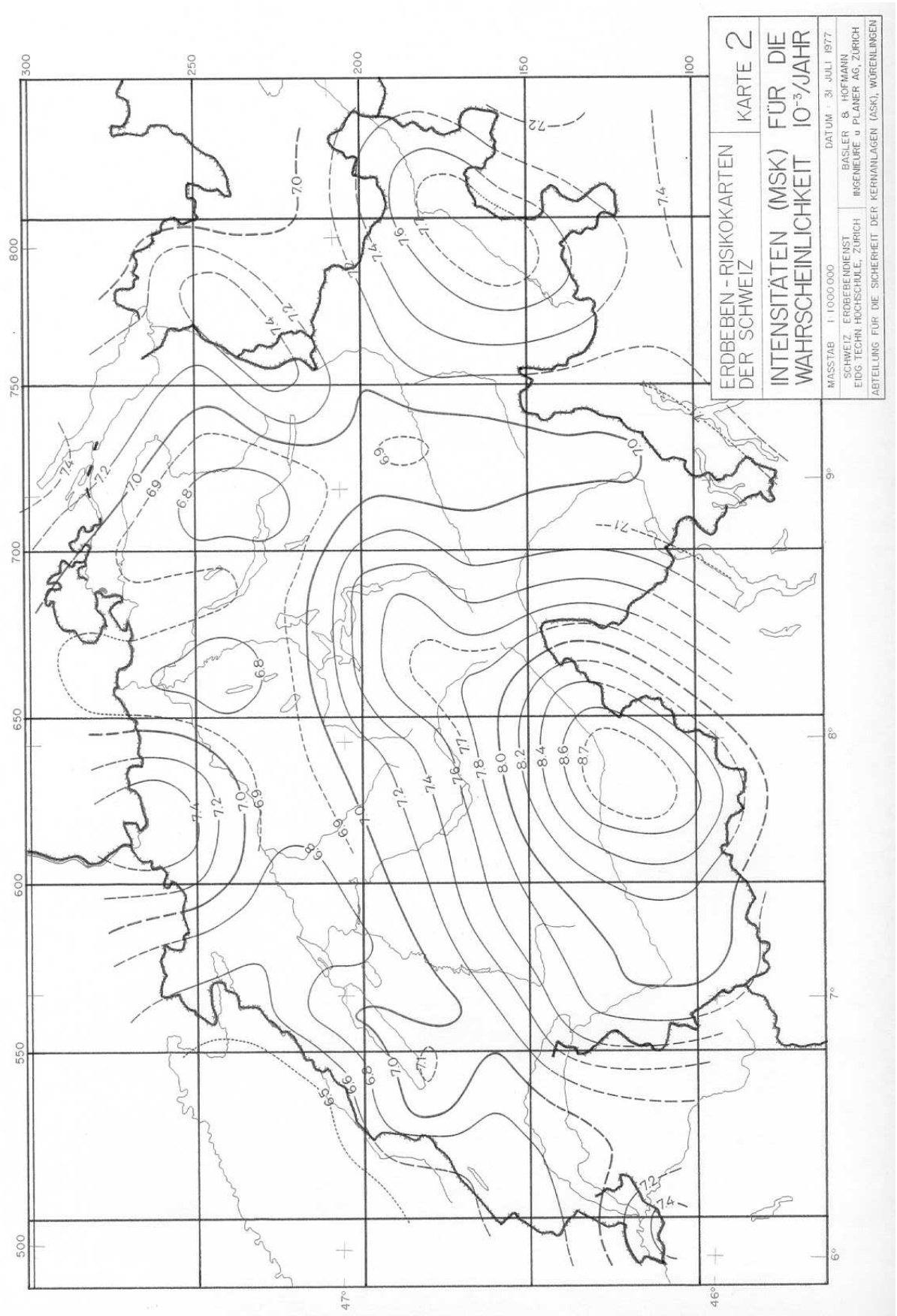
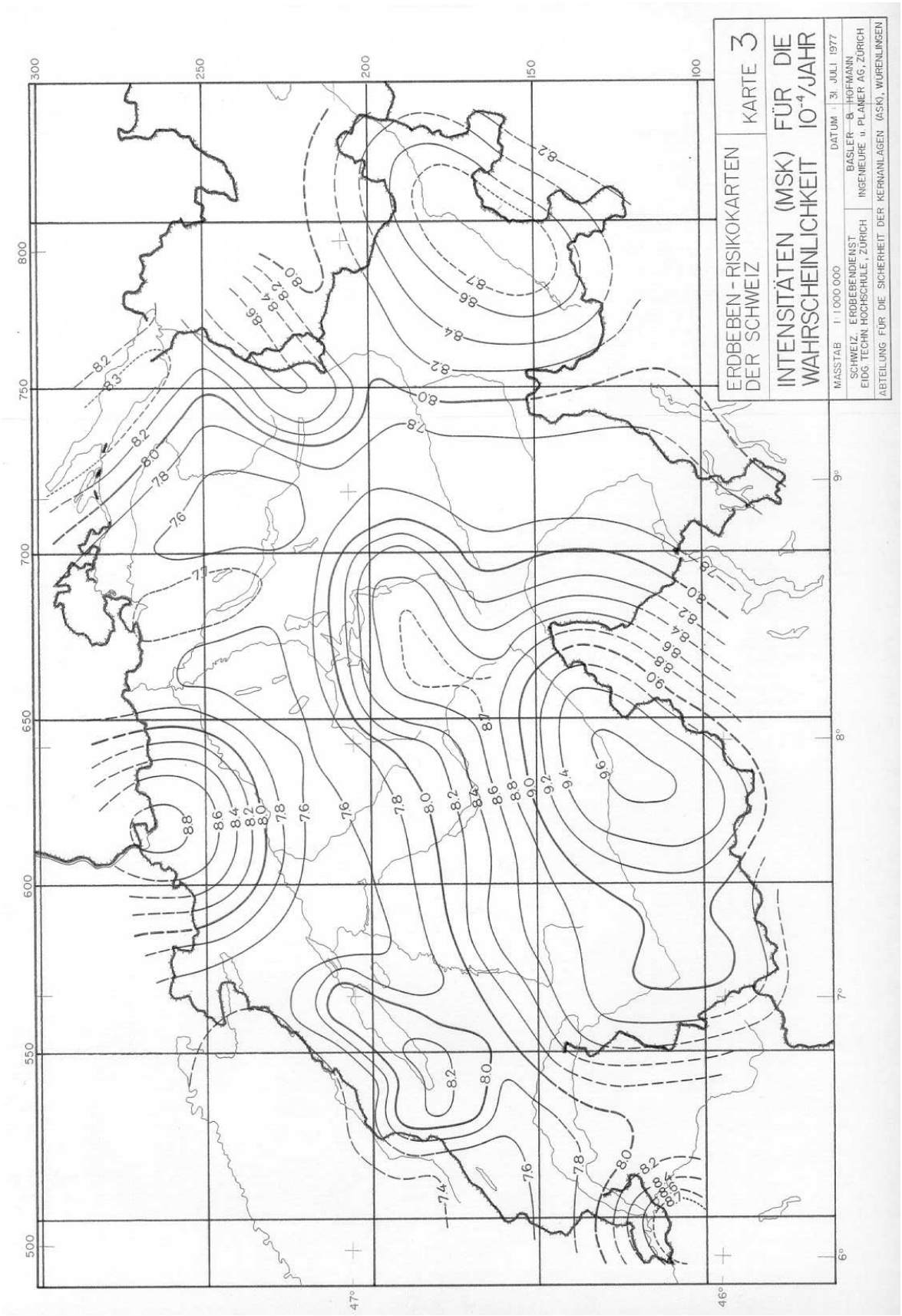


Fig 8.6 : Intensitätswerte für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10^{-4} p.a. gemäss 'Erdbebenrisikokarten der Schweiz – Bestimmung der Erdbebengefährdung, 1977'



8.4 Berechnungsmethoden

8.4.1 Staudämme

In Tab. 8.4 sind die Anforderungen, die an den Stabiltätsnachweis der Dämme unterschiedlicher Talsperrenklassen gestellt werden, aufgelistet.

Die Modellbildung hat Untergrund, Sperrenbauwerk und Stausee zu umfassen.
Es sind insbesondere auch die hydrologischen Verhältnisse (Lage des Grundwasserspiegels, Strömungsverhältnisse) zu berücksichtigen.
Generell ist ein Vorgehen in verschiedenen Berechnungsstufen anzuwenden. Mit einfachen Berechnungsmethoden werden zunächst Problemstellen erkannt. Diese werden in einem nächsten Schritt mit verfeinerten Berechnungsmethoden untersucht.

	Materialkennwerte und Untersuchungsmethoden	**Modellbildung und Berechnungsmethoden**
Sperrenklasse III	- Statische Kennziffern - *Neubauten:* statische geotechnische Untersuchungen - *Bestehende Bauten:* Baudokumentation, Quervergleiche zulässig (Literatur, ähnliche Bauten)	- Vereinfachte Erdbeben- Stabilitätsanalyse (Ersatzlastverfahren), mit Horizontalanregung allein - Berechnung der Gleitverschiebungen falls Gleiten möglich
Sperrenklasse II	- Statische Kennziffern, evtl. dynamische Kennziffern - *Neubauten:* statische Kennziffern: geotechnische Untersuchungen dynamische Kennziffern: Quervergleiche zulässig, dynamische Versuche empfohlen - *Bestehende Bauten:* statische Kennziffern: aus Baudokumentation, gegebenenfalls ergänzende Versuche dynamische Kennziffern: Quervergleiche zulässig	- Vereinfachte Erdbeben- Stabilitätsanalyse (Antwortspektrenmethode mit einem Mode), Horizontal- und Vertikalanregung - Berechnung der Gleitverschiebungen falls Gleiten möglich
Sperrenklasse I	- Statische und dynamische Kennziffern - *Neubauten:* statische und dynamische Kennziffern: Versuche - *Bestehende Bauten:* statische und dynamische Kennziffern: Baudokumentation, gegebenenfalls ergänzende statische und dynamische Versuche	- 2-dimensionale statische und dynamische FE-Berechnungen - Vereinfachte dynamische Stabilitätsanalysen; Stabilitätsnachweise während und nach dem Erdbeben, Horizontal- und Vertikalanregung - Berechnung der Gleitverschiebungen falls Gleiten möglich

Tab. 8.4 : Übersicht der generellen Anforderungen für Staudämme

8.4.2 **Staumauer** *(Beton- und gemauerte Talsperren)*

Die minimalen Anforderungen an das Berechnungsverfahren sind klassenabhängig. Es gilt grundsätzlich:

Bei Sperren der Klasse III dürfen empirische Modellierungs- und Verhaltensansätze eingesetzt werden. Die Materialkennwerte dürfen gestützt auf Erkenntnisse aus der Literatur und aus ähnlichen Objekten geschätzt werden.

- Bei Sperren der Klasse II sind die dynamischen Eigenschaften aus einer sperrenspezifischen Modellierung abzuleiten. Die dynamischen Sperrenbeanspruchungen dürfen durch einfache Methoden bestimmt werden. Die dynamischen Materialkennwerte sind aus sperrenspezifischen statischen Versuchen zusammen mit Erkenntnissen aus der Literatur und aus ähnlichen Objekten abzuleiten.
- Bei Sperren der Klasse I sind sowohl die dynamischen Eigenschaften wie die dynamischen Beanspruchungen durch eine detaillierte Modellierung der Sperre und der Fundation zu erhalten. Die dynamischen Materialkennwerte sind aus sperrenspezifischen statischen Versuchen zusammen mit Erkenntnissen aus der Literatur und aus ähnlichen Objekten abzuleiten.

Gewichtsmauern und Pfeilerkopfmauern können in der Regel 2-dimensional modelliert werden. Der massgebende Querschnitt ist zu evaluieren und dessen Wahl zu begründen. Wenn die geometrischen und / oder die konstruktiven Gegebenheiten einer Gewichtsmauer oder einer Pfeilerkopfmauer jedoch so sind, dass ein 3-dimensionales Verhalten im Falle eines Erdbebens zu erwarten ist, dann muss die entsprechende Modellbildung auch 3-dimensional erfolgen.

Bogenmauern sind in der Regel 3-dimensional zu modellieren.

Diese minimalen Anforderungen sind in Tab. 8.4 detailliert angegeben.

Klasse gemäss Teil A	**III**	**II**	**I**
Dynamische Eigenschaften	Empirisch	Spezifische Modellierung	Spezifische Modellierung
Modellbildung	**Sperre, 2-dimensional:** Stab-Modell oder Analytisch **Sperre, 3-dimensional:** Trägerrost oder Finite Elemente **Untergrund:** Starr **Reservoir:** Mitschwingenden Masse (inkompressibles Wasser)	**Sperre:** Trägerrost oder Finite Elemente **Untergrund:** Feder oder Finite Elemente (masselos) **Reservoir:** Mitschwingende Masse (inkompressibles Wasser)	**Sperre:** Finite Elemente **Untergrund:** Finite Elemente (masselos) **Reservoir:** Mitschwingende Masse (inkompressibles Wasser)
Material	**Sperre:** Linear elastisch mit viskoser Dämpfung Kennwerte bestimmt aus Literatur oder aus Vergleichsbauwerken **Kontaktfläche Sperre-Untergrund:** Aus Berichten oder Literatur **Untergrund:** Starr	**Sperre:** Linear elastisch mit viskoser Dämpfung Kennwerte bestimmt aus sperrenspezifischen statischen Versuchen **Kontaktfläche Sperre-Untergrund:** Aus Berichten oder Literatur **Untergrund:** Elastisch Kennwerte bestimmt aus Berichten, Literatur oder Vergleichsstandorten	**Sperre:** Linear elastisch mit viskoser Dämpfung Kennwerte bestimmt aus sperrenspezifischen statischen Versuchen **Kontaktfläche Sperre-Untergrund:** Aus Berichten oder Literatur **Untergrund:** Elastisch Standortspezifische Kennwerte bestimmt aus Berichten, Literatur oder Vergleichsstandorten

Numerische Lösungs-methode	Antwortspektrum (erste modale Verformung) oder Pseudostatisch	Antwortspektrum (mehrere modale Verformungen)	Zeitverlauf
Erforderliche Nachweise	Spannungen Sperrenstabilität Integrität der Fundation Sicherheitsrelevante Nebenanlagen Allenfalls Uferbereiche	Spannungen Sperrenstabilität Integrität der Fundation Sicherheitsrelevante Nebenanlagen Allenfalls Uferbereiche	Spannungen Sperrenstabilität Integrität der Fundation Sicherheitsrelevante Nebenanlagen Allenfalls Uferbereiche

Tab. 8.5 : Minimale Anforderungen an Berechnungsverfahren für die verschiedenen Talsperrenklassen

8.5 Sicherheitsnachweise

8.5.1 Staudämme

.

Stabilitätsanalysen

Für das Nachweisbeben ist nachzuweisen, dass kein Versagen der Anlage auftritt, das zu einem unkontrollierten Wasserausfluss führen kann. Lokale Schäden und Verformungen, ohne Einfluss auf die Integrität des Bauwerkes, sind tolerierbar.

Berechnung der Gleitverschiebungen

Es ist nachzuweisen, dass im deformierten Zustand die zulässigen Grenzverschiebungen nicht überschritten werden und die Standsicherheit der Anlage noch genügend ist. Insbesondere ist durch ein genügend grosses Freibord ein allfälliges Überströmen des Dammes zu vermeiden.

Fundationsnachweis

Bei Vorhandensein von schlechten Fundationsverhältnissen ist allenfalls die Integrität der Fundation im Falle eines Erdbebens zu prüfen.

8.5.2 Staumauer

Spannungsnachweis

Beim Spannungsnachweis sind die aus der Kombination der statischen und dynamischen Beanspruchungen resultierenden Spannungen bzw. Schnittkräfte in Bezug auf die Materialfestigkeit zu prüfen. Überschreiten die kombinierten Beanspruchungen die dynamische Festigkeit des Materials, dann ist nachzuweisen, dass eine Spannungsumlagerung möglich ist und es zu keiner lokalen Instabilität des Bauwerks kommen kann. Dabei ist der Einsatz von bruchmechanischen Ansätzen zugelassen, vorausgesetzt, dass die entsprechenden bauwerkspezifischen Kennwerte vorliegen. Ferner ist nachzuweisen, dass keine Erosion der betroffenen Zonen stattfinden kann, die zu einem unkontrollierten Ausfliessen des Reservoirwassers führen kann.

Stabilitätsnachweis

Beim Stabilitätsnachweis wird geprüft, dass kein Gleiten zwischen Sperre und Fundation oder anderen potentiellen Gleitflächen bzw. kein Kippen der Sperre auftritt, das zu einer lokalen oder globalen Instabilität führen kann.

Fundationsnachweis

Bei Vorhandensein von schlechten Fundationsverhältnissen ist allenfalls die Integrität der Fundation im Falle eines Erdbebens zu prüfen.

8.5.3 Andere Nachweise

Nachweis der Stabilität der Uferbereiche

Bei Vorhandensein von potentiell instabilen Hängen oder sonstigen Zonen im Uferbereich des Reservoirs muss nachgewiesen werden, dass kein Rutschen von solchen Zonen im Reservoir stattfinden kann, das zu einem untragbaren Überschwappen der Sperre oder ähnlichem führen könnte.

Nachweis der Funktionstüchtigkeit der sicherheitsrelevanten Nebenanlagen

Es ist nachzuweisen, dass die sicherheitsrelevanten Nebenanlagen, insbesondere die Sicherheitsorgane wie Ablässe, nach einem Erdbeben funktionstüchtig bleiben, bzw. ihre Funktionstüchtigkeit umgehend wiederhergestellt werden kann.

8.6 Lastfälle

8.6.1 Allgemeines

Der Nachweisbeben ist eine Ausnahmebelastung (siehe Kap. 6.3.1), die mit den üblichen statischen Lasten zu kombinieren ist. Dies entspricht einem Extremlastfall (siehe Kap. 6.3.2). Die in diesem Fall zu berücksichtigenden Einwirkungen sind in den Tabellen 6.1, 6.2 und 6.3 für die verschiedenen Sperrentypen zusammengefasst. Im Folgenden wird auf spezielle, an den Nachweis gebundene Punkte eingegangen:

8.6.2 Staudämme

Die folgenden Zustände sind zu untersuchen:

1. Maximaler Betriebsstau *(Stauziel):*

Als Wasserspiegel wird das Stauziel angenommen. Im Falle von Stauanlagen die nur gelegentlich Wasser führen (Hochwasserrückhaltebecken), entspricht dies der Kote der Überlaufschwelle.

Berücksichtigt wird

- Eigengewicht
- Porenwasserdrücke und Sickerwasserverhältnisse im Sperrenkörper und dessen Fundation
- Erdbebenlasten
- Porenwasserüberdrücken infolge Erdbebenbelastung bei maximalen Betriebswasserstand.

2. Leerer See

Ein Nachweis erübrigt sich bei leerem oder aggesenktem Becken, bei denen auch bei einem Böschungsversagen keine Gefahr einer Futwelle besteht.

3. Schnelle Absenkung

Bei einer schnellen Absenkung resultiert eine Sickerwasserströmung im Dammkörper, welche gegen die Wasserseite des Dammes gerichtet ist. Dies hat einen ungünstigen Einfluss auf die Stabilität der Dammböschung auf der Wasserseite. Deshalb wird generell abgeraten, während oder unmittelbar nach einem Erdbeben eine schnelle Absenkung durchzuführen. Dies ist bei der Vorbereitung des Betriebsregle-

ments zu beachten. Ist nach dem Betriebsreglement eine rasche Absenkung nach einem Erdbeben vorgesehen, so sind zu berücksichtigen:

- Eigengewicht
- Porenwasserdrücke und Sickerwasserverhältnisse im Sperrenkörper und dessen Fundation (dem maximalen Betriebsstau entsprechend)
- Erdbebenlasten
- Porenwasserüberdrücke infolge Erdbebenbelastung bei maximalen Betriebswasserstand

8.6.3 Staumauer

Es genügt, für den Sicherheitsnachweis nur den Zustand des vollen Sees zu betrachten. Dabei ist der Wasserspiegel bei maximalem Betriebsstau (Stauziel) anzunehmen. Bei Sperren, die nur ausnahmsweise Wasser aufstauen (Hochwasserrückhaltebecken), ist das volle Reservoir zu berücksichtigen. Auf der Luftseite einer Mauer darf nur dann ein minimaler Wasserspiegel als rückhaltende Kraft berücksichtigt werden, wenn ein Abfall unter diese Kote aus topografischen Gründen ausgeschlossen werden kann. Es ist sowohl auf der Wasserseite wie auf der Luftseite ein hydrostatischer Druckverlauf anzunehmen. Der Wasserdruck wirkt senkrecht zur Sperrenoberfläche.

Eine Abschätzung der Temperaturverteilung in der Sperre ist ausreichend. Dabei kann eine lineare Temperaturverteilung über den Querschnitt angenommen werden. Der in der Kontaktfuge Sperre/Untergrund wirkende Auftrieb ist nur für den Stabilitätsnachweis zu berücksichtigen. Dabei ist beim Vorhandensein von Messungen der effektive Druckverlauf bei Vollstau, bei fehlenden Messungen ein linearer Verlauf von der Wasserseite zur Luftseite anzunehmen. Der Auftrieb wirkt senkrecht zur Aufstandsfläche.

Die ermittelten Verformungen und Beanspruchungen bilden die statischen Bedingungen, die als Anfangsbedingungen beim Erdbebennachweis gelten.

9 GENEHMIGUNG UND AUSFÜHRUNG VON PROJEKTEN

9.1 Allgemeines

Bauvorhaben und Umbauten von Stauanlagen und grösseren Nebenanlagen müssen der Aufsichtsbehörde vor Baubeginn innert nützlicher Frist zur Genehmigung vorgelegt werden (Art. 5, Absatz 1, StAV). Aufgrund des vorgelegten Dossiers entscheidet die Aufsichtsbehörde, ob die Stauanlage den Bedingungen der StAV unterstellt werden muss. Die Bauarbeiten dürfen erst begonnen werden, wenn die Genehmigung vorliegt. Projektänderungen während der Ausführung müssen von der Aufsichtsbehörde zusätzlich genehmigt werden (Art. 5, Absatz 2, StAV).

Die Kantone sind für das Erteilen der Baubewilligung zuständig. Gegebenenfalls bezieht sich diese Baubewilligung auf die Projektgenehmigung (Art. 5, Absatz 2, StAV).

9.2 Inhalt des Dossiers zur Unterstellung unter die Aufsichtsbehörde

Der Bauherr muss insbesondere folgende Unterlagen und Angaben liefern:

- Übersichtspläne des Projektes (Situationsplan, Schnitte, Aufrisse, besondere Details)
- Sicherheits- und Nutzungsplan
- Abmessungen des Bauwerks (Höhe, Kronenlänge, etc.)
- Eigenschaften des Stauraums (Betriebsmodus, Betriebsstaukoten, Stauvolumen, Beziehung zwischen Stauhöhe und Wasserfläche bzw. Stauhöhe und Volumen
- Eine Überflutungskarte für den Fall eines Versagens des Bauwerks (mit Angaben zur Fliesszeit, zu den Fliessgeschwindigkeiten und den Abflusstiefen der Welle an charakteristischen Punkten)

9.3 Inhalt des zur Genehmigung eingereichten Dossiers

Der Bauherr liefert insbesondere folgende Unterlagen:

- Einen Beschrieb der Anlage und ihrer charakteristischen Angaben (unter anderem Funktion, Abmessungen, Betriebsmodus und Daten des Stauraumes)
- Pläne des Projektes (Situationsplan, Schnitte, Aufrisse, besondere Details)
- Die (vorläufigen) Ergebnisse der geologischen und geotechnischen Untersuchungen des Untergrundes
- Die Ergebnisse der Vorversuche zur Prüfung der vorgesehenen Baumaterialien (Beton, Böden) der Stauanlage
- Die statischen und dynamischen Berechnungen und die Stabilitätsberechnungen
- Die Resultate der hydrologischen Abklärung
- Die hydraulischen Berechnungen der Ablassvorrichtungen
- Ein vorläufiges Bauprogramm

9.4 Versuche und Kontrollen vor und während des Baues

Es ist unerlässlich die für den Bau vorgesehenen Materialien vorgängig zu prüfen. Die Verfügbarkeit und die Qualität der Baumaterialien muss sowohl für eine Betonmauer wie auch für einen Schüttdamm oder Damm gewährleistet sein.

Für Beton muss dabei die Eignung der Zuschlagsstoffe, die Wahl der geeigneten Siebkurve und die Bestimmung des nötigen Druck- und Zugwiderstandes erarbeitet werden. Des weitern müssen Betonversuche (Versuche über die Frosteempfindlichkeit, Durchlässigkeit, Alkali-Aggregat-Reaktion etc.) zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit des Betons angeordnet werden.

Für Dämme müssen die Materialien sowohl durch Versuche vor Ort als auch durch Laborversuche bestimmt und geprüft werden. Einbringungsversuche sind ebenfalls durchzuführen.

Die Vorversuche können auch Injektionsarbeiten betreffen, die auf der Grundlage eines durch den Geologen oder Spezialisierten Ingenieur festgelegten Programms gemacht werden. Im Falle von Ankerarbeiten können die Versuche nach der SIA-Norm V191 durchgeführt werden.

Während der Bauausführung muss ebenfalls ein Programm über die Kontrollversuche aufgestellt und eingehalten werden. Diese Versuche sollen die Qualität des Bauwerks sicherstellen. Sie werden entweder durch ein Baustellenlabor oder durch ein externes Labor durchgeführt.

Die Aufsichtsbehörde ist befugt vor Beginn der Arbeiten zusätzliche Versuche anzuordnen und das Versuchsprogramm während der Bauausführung zu genehmigen.

Schliesslich bleibt zu erwähnen, dass nach Beendigung der Arbeiten und während des Betriebes ebenfalls Kontrollversuche durchgeführt werden müssen.

9.5 Organisation der Baubegleitung

Die Ausführung eines Projekts muss überwacht werden. Je nach Grösse des Projekts, kann dies permanent durch eine lokale Bauleitung oder regelmässige Baukontrollen geschehen.

Ein Geologe oder Geotechniker führt laufend Aufnahmen über die Aushub- und Bohrarbeiten durch und überwacht die Injektionsarbeiten. Die Schüttarbeiten während des Dammbaus werden ebenfalls von einem Geotechniker überwacht. Dieser ist auch verantwortlich für die Durchführung von Versuchen in situ und im Labor.

Bei einer Betonsperre führt ein Bauingenieur die Kontrollen der Qualität und der Verarbeitung des Betons durch, veranlasst die Probentnahmen und bewertet die Versuchresultate.

Injektionsarbeiten müssen von einem Ingenieur oder Geologen begleitet werden.

Über die bedeutenden Geschehnisse auf der Baustelle wird ein Journal geführt und im Schlussbericht über den Ablauf der Arbeiten dokumentiert.

9.6 Schlussbericht nach Beendigung der Bauarbeiten

Nach Abschluss der Arbeiten, liefert der Bauherr ein Dossier mit insbesondere folgenden Unterlagen (Art. 6, Absatz 1, StAV):

- Geologische Erhebungen und Ergebnisse der geotechnischen Versuche
- Ergebnisse der Injektionsarbeiten

- Ergebnisse der Betonversuche
- Ergebnisse aller durchgeführten Messungen
- Die wichtigsten Ausführungspläne und einen Bericht über den Verlauf der Arbeiten

9.7 Prüfung der ausgeführten Bauarbeiten

Nach Abschluss der Bauarbeiten prüft die Aufsichtsbehörde, ob der Bau oder Umbau nach den genehmigten Plänen ausgeführt worden ist. Der Prüfungsbefund wird in einem Protokoll niedergelegt (Art. 6, Absatz 2, StAV).

10 BETRIEB

10.1 Einstau- und Inbetriebnahmen

Der ganze oder teilweise Ersteinstau, ein Einstau während der Bauphase oder der Wiedereinstau nach einer Instandsetzung, Erhöhung, usw. sowie die erste Inbetriebnahme unterliegt der Bewilligungspflicht durch die Aufsichtsbehörde (Art. 7, Absatz 1, StAV). Dies gilt auch, wenn die Anlage höher gestaut werden soll oder nach einem Umbau (Art. 7, Absatz 2, StAV). Die erste Inbetriebnahme betrifft in erster Linie die Rückhaltebecken, für welche Einstautests nicht immer möglich sind.

Die obenerwähnten Operationen können nur durchgeführt werden wenn:

- die Arbeiten soweit fortgeschritten sind, dass die öffentliche Sicherheit nicht gefährdet ist;
- die Ablassvorrichtungen (Hochwasserentlastung, Grundablass) betriebsbereit sind und ihre Funktionstüchtigkeit überprüft wurde;
- die Kontrollvorrichtungen betriebsbereit sind.

Mit Ausnahme von Stauanlagen geringer Stauhöhe, Stauwehren und Retensionsbecken erfolgt der Ersteinstau in mindestens 2 Etappen. Die Etappierung bedarf des Einverständnisses der Überwachungsbehörde. Der Ablauf des Einstaus, die Überwachungsorganisation wie auch die Messungen und Beobachtungen über das Verhalten der Stauanlage, müssen in einem Reglement, das der Überwachungsbehörde zu Genehmigung vorzulegen ist, festgehalten werden.

10.2 Bedingungen für die Inbetriebnahme

Art. 8, Absatz 1, StAV regelt die Bedingungen für den Betrieb. Er bestimmt, dass eine Stauanlage nur betrieben werden kann, wenn:

- eine Gefährdung der öffentlichen Sicherheit ausgeschlossen werden kann;
- die Ablassvorrichtungen und die Hochwasserentlastung betriebstüchtig sind;
- die Ergebnisse des Ersteinstaus einen Betrieb ohne Einschränkungen erlauben.

Besondere Bedingungen können beispielsweise für Rückhaltebecken festgesetzt werden.

Der Betreiber muss alle erforderlichen Massnahmen ergreifen, um die Sicherheit der Stauanlage und ihren Unterhalt zu gewährleisten. Er stellt die Betriebs- und Überwachungsvorschriften für den normalen Betrieb und für aussergewöhnliche Ereignisse auf. Diese Vorschriften müssen durch die Aufsichtsbehörde genehmigt werden (Art. 9, Absatz 2, StAV).

Wenn die öffentliche Sicherheit gefährdet ist, hat die Aufsichtsbehörde die Möglichkeit eine Unterbrechung des Betriebes anzuordnen. Das gleiche gilt, wenn konstruktive Massnahmen, Unterhalts- oder Instandsetzungsarbeiten, welche ausdrücklich von der Aufsichtsbehörde verlangt wurden, nicht durchgeführt werden (Art. 10, Absatz 2, StAV).

10.3 Spezielle Betriebszustände

10.3.1 Vorsorgliche Absenkung [19]

Eine (teilweise oder vollständige) vorsorgliche Absenkung ist eine Massnahme, die angeordnet werden kann, wenn bei einem ausserordentlichen Ereignis ein sicherer Betrieb der Stauanlage nicht mehr gewährleistet ist, und wenn eine damit verbundene Bedrohung für Personen und Sachen vorliegt.

In Fällen von drohenden Lawinen, Erdrutschen, Felsstürzen oder Gletscherabbrüchen ist der Wasserspiegel soweit abzusenken, dass die Talsperrenkrone nicht überflutet werden kann. Die Absenkung ist bis zum Ende der Gefahr beizubehalten. Solche spezielle Betriebsbedingungen sind in den Betriebs- und Überwachungsvorschriften festzuhalten.

In Fällen, wo infolge des (raschen) Abstaus das Risiko einer Hangrutschung oder eines Massensturzes besteht, sind spezielle Vorschriften zu machen (Absenkgeschwindigkeit, Stauspiegelrestriktionen).

10.3.2 Spülung

Damit die Betriebsfähigkeit des Grundablasses sichergestellt ist, muss sein Einlauf von Sedimenten freigehalten werden. Die Bildung eines Einlauftrichters muss wenigstens gewährleistet sein. Neigen die Sedimente dazu den Einlauf zu verstopfen oder sich vor den Schützen abzulagern (und dadurch den Abfluss zu behindern), sind unverzüglich Massnahmen zur Entfernung solcher Ablagerungen zu ergreifen. Dabei sind Spülungen des Grundablasses, gegebenenfalls andere Verfahren (unter Berücksichtigung von Umweltaspekten) vorzusehen. Es ist empfehlenswert, solche Operationen so häufig wie möglich durchzuführen, was die Ansammlung von grossen Sedimentmengen zu vermeiden hilft.

Art. 40 des Bundesgesetzes vom 24. Januar 1991 über den Gewässerschutz (GSchG) regelt die Modalitäten betreffend die Spülung und Entleerung von Staubekken. Es wird insbesondere darin verlangt, darauf zu achten, dass möglichst keine Schädigungen an Tier- und Pflanzenwelt im Unterlauf des Gewässers während der Durchführung entstehen. Die Bewilligung für die Durchführung von Spülungen und Entleerungen werden durch die Kantone erteilt. Die Ausführungsmodalitäten sind im Art. 42 der Gewässerschutzverordnung des Bundes vom
19. Juni 1992, geändert am 27. November 1994 geregelt.

10.3.3 Geschwemmselentfernung

Im Art. 41 des Bundesgesetzes vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (GSchG) werden die Modalitäten betreffend die Behandlung von Geschwemmsel bei Stauhaltungen geregelt. Dieser Art. besagt, dass derjenige, welcher eine Stauanlage betreibt, das sich im Oberwasser ansammelnde Geschwemmsel nicht an das Unterwasser übergeben darf. Er muss dieses periodisch einsammeln. Ausnahmen sind mit dem Einverständnis der zuständige Behörden möglich.

---

[19] Die Frage der Entlastungsorgane (genauer des Grundablasses) wird in Kap. 6.2.4.behandelt

10.4 Ausserbetriebnahme

Wird eine Stauanlage ausser Betrieb genommen, so ist sie so umzugestalten, dass dauerhaft kein Aufstau erfolgen kann und dass sie, ausser des normalen Gewässerunterhalts, keines weiteren Unterhalts mehr bedarf.

Eine Lösungsmöglichkeit besteht dabei in der Erstellung einer Bresche bzw. einer Öffnung in der Talsperre, die so gross ist, dass ein Hochwasser (z.B. ein HQ 100) ohne Gefahr abgeleitet werden kann.

11 ÜBERWACHUNG UND UNTERHALT

11.1 Allgemeines

Das Kapitel betreffend die Überwachung und den Unterhalt beschreibt die Organisation, die Ausgestaltung der Sperrenüberwachung, einschliesslich der Fundation und Umgebung, die verschiedenen Arten der Kontrolltätigkeiten, die Mess- und Kontrollprogrammen und die Berichte und Rapporte, die zu machen sind.

Es sei auch darauf hingewiesen, dass die technischen Kontrollen (Art. 13 StAV) und die Sicherheitsüberprüfung (Art. 14 StAV) ebenfalls Teile der Überwachung sind

11.1.1 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 Fundation 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.

In begründeten Fällen, insbesondere für Becken mit besonderer Nutzung, können von der Aufsichtsbehörde Ausnahmen bewilligt werden.

11.1.2 Aufgaben

In Abbildung 11.1 findet sich eine für alle Stauanlagen gültige Darstellung der Überwachung und des Ablaufs der dazugehörenden Tätigkeiten. Sie zeigt auch die zu erreichenden Ziele auf. Der Zusammenhang zwischen Überwachung und Unterhalt sowie der Instandsetzung wird ebenfalls angegeben.

Die Überwachung einer Stauanlage umfasst die:

- Durchführung und Auswertung von Messungen bezüglich des Verhaltens der Sperre, ihrer Fundationen und ihrer Umgebung. (siehe Kap. 11.3);
- visuelle Kontrollen des Zustands der Stauanlage (Sperre, Nebenanlagen, Fundation, Umgebung) (siehe Kap. 11.4);
- Kontrollen und Funktionsproben der Betriebseinrichtungen, insbesondere der Abschlussorgane von Grundablässen und Hochwasserentlastungen sowie der Installationen des Wasseralarms (siehe Kap.11.5)..

Der Unterhalt umfasst die auch laufende Instandstellungsgsarbeiten (siehe Kap.11.6).

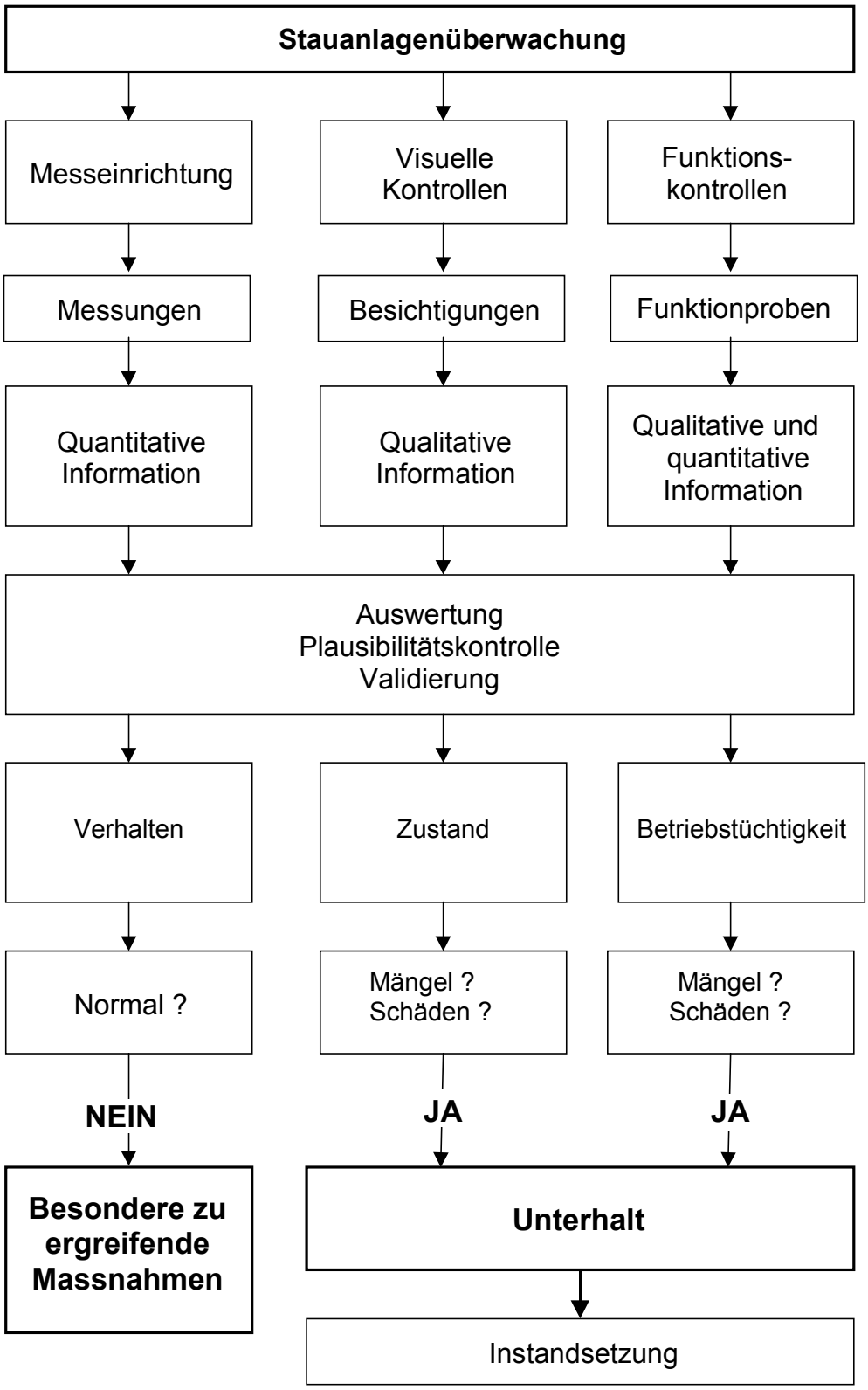


Fig. 11.1: Gesamtkonzept der Organisation der Überwachung und des Unterhalts
Unter Bauwerk versteht sich: Tragwerke, Überfälle, Entlastungsbauwerke, usw.

11.2 Organisation der Überwachung und des Unterhalts

11.2.1 Überwachungsstufe und zugehörige Aufgaben (Art. 12, 13 und 14, StAV)

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

Stufe 1 Inhaberin (Betreiber der Stauanlage)
führt die regelmässigen visuellen Kontrollen, die Funktionsproben und die Messungen durch.

Stufe 2 Erfahrene Fachperson (erfahrener Bauingenieur)
führt jährlich eine Begehung durch, beurteilt laufend die Messer- und Beobachtungsergebnisse und erstellt einen Jahresbericht

Stufe 3 ausgewiesene Experten (Bauingenieur, Geologe)
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
führt im Rahmen ihrer Aufgaben eine Kontrolle der Organisation des Betreibers und des Zustandes und des Unterhaltes der Stauanlage sowie eine Prüfung ihres Verhaltens durch und beurteilt die technischen Berichte (insbesondere Jahreskontrollberichte) und die Expertenberichte.

Tab. 11.1 zeigt die Aufteilung der Hauptaufgaben auf die Stufen 1, 2 und 3 (Inhaberin, erfahrene Fachperson und ausgewiesene Experten). Absatz 11.2.3 beschreibt die Anforderungen an die Beteiligten auf den vier Stufen. Gemäss Art. 15 Absatz StAV meldet die Inhaberin der Stauanlage der Aufsichtsbehörde den von ihr bestimmte Spezialisierten Ingenieur und die von ihr beauftragten Experten.

11.2.2 Aufsichtsbehörde

Es obliegt der Aufsichtsbehörde, welche eine Bundesbehörde (Art. 21, Absatz 2, StAV) oder eine kantonale Behörde (Art. 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 Oberaufsicht aus. Das Amt 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.

Art. 14, Absatz 2, StAV lässt der Aufsichtsbehörde die Möglichkeit einerseits jederzeit eine Sicherheitsprüfung ausserhalb der Fünfjahresexpertise zu verlangen, andererseits eine Sicherheitsüberprüfung bei Stauanlagen anordnen, welche nicht der 5-jährlichen Überprüfung oder einer Aufsichtsbehörde unterstellt sind.

Ausserdem kann die Aufsichtsbehörde zur Erfüllung ihrer Aufgabe einen Sachverständigen beiziehen (Art. 25 StAV).

WAS	WER	AUFGABE
a) Messanlagen zur Überwachung (siehe Kap. 11.3)	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 Fundationen und ihrer Umgebung
	3) Ausgewiesene Experten	Bewertung des Verhaltens der Sperre, ihrer Fundationen und ihrer Umgebung
		Besondere Sicherheitsprüfungen
b) Visuelle Kontrollen (siehe Kap. 11.4)	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. 11.5)	1) Inhaberin	Nassproben aller Schützen (mindestens einmal pro Jahr) Kontrolle der hydromechanischen Ausrüstung Kontrolle der Telefonverbindungen Kontrolle des Wasseralarmsystems und Test der Sirenen

Tab. 11.1 : Überwachung und Unterhalt. Verteilung der Aufgaben

11.2.3 Profil der Beteiligten

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 allerdings 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.

Stufe 1 der Überwachung

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.

Stufe 2 der Überwachung

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 des erfahrenen Ingenieurs ist sehr wichtig, weil sie mit der fortlaufenden Beurteilung der Messergebnisse betraut ist und nötigenfalls "Alarm" schlagen muss. Sie muss auch eine jährliche Zustandskontrolle (Jahreskontrolle) durchführen und einen Jahresbericht über das Verhalten und den Zustand der Stauanlage verfassen (diesbezügliche Details sind in Kap. 11.8.4 und 11.8.6 aufgeführt).

Die erfahrene Fachperson muss den meisten der folgenden Anforderungen entsprechen:

- Bauingenieur
- Erfahrung auf dem Gebiet des Wasserbaus (wenn immer möglich im Stauanlagenbau) sowie mit hydraulischen Berechnungen und in der Hydrologie
- fünf bis zehn Jahre Tätigkeit in den obengenannten Gebieten aufweisen
- Mitarbeit bei der Planung oder der Durchführung von Wasserbauprojekten (möglichst von Stauanlagen)
- Zusammenarbeit mit einer anderen erfahrenen Fachperson im Rahmen der zweiten Überwachungsstufe.

Stufe 3 der Überwachung[20]

Die Stufe 3 der Überwachung 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. (Hinweise betreffend die Berichterstattung sind in Kap. 11.8.8 gegeben). 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 zehn Jahre Praxis
- Tätigkeit als erfahrene Fachperson auf der Überwachungsstufe 2 gilt für Bauingenieure
- Unabhängigkeit von der Inhaberin der Stauanlage.

Vierte Überwachungsstufe

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

Die Kantone können die Aufgaben im 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 Ingenieure mit einer angemessenen technischen Ausbildung mit den Aufgaben betraut werden.

11.3 Messsystem

11.3.1 Allgemeines

Nach Art. 12, Absatz 1, StAV ist der Inhaberin angehalten, alle für die Beurteilung des Verhaltens der Stauanlage notwendigen Messungen und Kontrollen durchzuführen.

Die Messanlage zur Überwachung besteht aus sorgfältig geplanten Messeinrichtungen, damit anhand der Überprüfung repräsentativer Kennwerte das Verhalten der Sperre und seiner Fundationen unter Berücksichtigung der einwirkenden Beanspruchung beurteilt werden kann. Sie muss ausserdem die Umgebung der Stauanlage einbeziehen.

Die Messanlage zur Überwachung hat folgende Ziele:

- Durchführung von Kontrollen während der Bauphase und dem Ersteinstau
- Durchführung von Kontrollen während der Betriebsphase
- Zur Verfügung stellen von zusätzlichen Informationen im Fall einer Verhaltensanomalie

[20] Diese Überwachungsstufe betrifft die Stauanlagen mit einer Stauhöhe von mindestens 40 m oder von mindestens 10 m mit einer Speicherkapazität von mehr als 1 Mio. m^3 (Art. 14, StAV)

- 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.

11.3.2 Unverzichtbarkeit 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 Fundation und ihrer Umgebung beobachtet und – wie bereits oben erwähnt – Verhaltensanomalien rasch entdeckt werden.

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

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

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.

11.3.3 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 auf-

rechtzuerhalten. 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

11.3.4 Messwerte

Messung der Belastungsgrössen *(Tab. 11.2)*

Die direkten Lasten (im Wesentlichen der Wasserdruck) sind diejenigen Lasten, welche direkt auf die Baute 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 Wasser- und Lufttemperaturen sind 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 [21].

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.

Tabelle 11.2 zeigt die wichtigsten Messinstrumente zur Registrierung von Lasten und äusseren Bedingungen.

[21] Diese Ablagerung können, abgesehen von einer deutlichen Verringerung des Nutzvolumens, auch die ablassorgane verstopfen.

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

Tab. 11.2 :Messinstrumente für direkte Lasten und äussere Einflüsse

Signifikante Werte zur Beurteilung des Verhaltens von Stauanlagen

Mit der Messanlage werden Verformungen, Temperaturen, Porenwasserdrücke, Sickerlinien, Sickerwasserabflüsse und einige chemische Eigenschaften des Wassers erhoben.
Tab. 11.3 gibt die wichtigsten Grössen an, welche für Betonstaumauern, Erddämme und ihre Fundationen zu erheben sind.
Die bei einer Permanentmessanlage zweckmässigen fern zu übertragenden Messgrössen sind in der Tab. 11.4 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.

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 Durchsikkerungen festzustellen (eventuell)	Temperatur in der Fundation, um Durchsickerungen festzustellen (eventuell)
Auftrieb (an der Kontaktfläche zwischen Beton und Fundation und im Fels)	Porenwasserdrücke im Innern des Dammkörpers und Sikkerlinie	Porenwasserdrücke Auftrieb an der Kontaktfläche zwischen Beton und Fundation 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

Tab. 11.3 : Messgrössen für die Beobachtung von Sperre und ihrer Fundation

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

Tab. 11.4: Messgrössen, geeignet für Permanentmessanlagen und Fernübertragung

11.3.5 Messprogramm

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.

Stauanlagen mit einer Höhe gleich oder 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). 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.

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.

11.3.6 Beurteilung der Messwerte

Das Verhalten einer Talsperre wird anhand der Auswertung der Messergebnisse beurteilt. Fig. 11.2 zeigt im verallgemeinerter 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 hat zum Ziel, eine Verhaltensanomalie der Stauanlage möglichst früh aufzudecken. Dazu sind die Auswertungen möglichst kurz nach den Messungen durchzuführen.

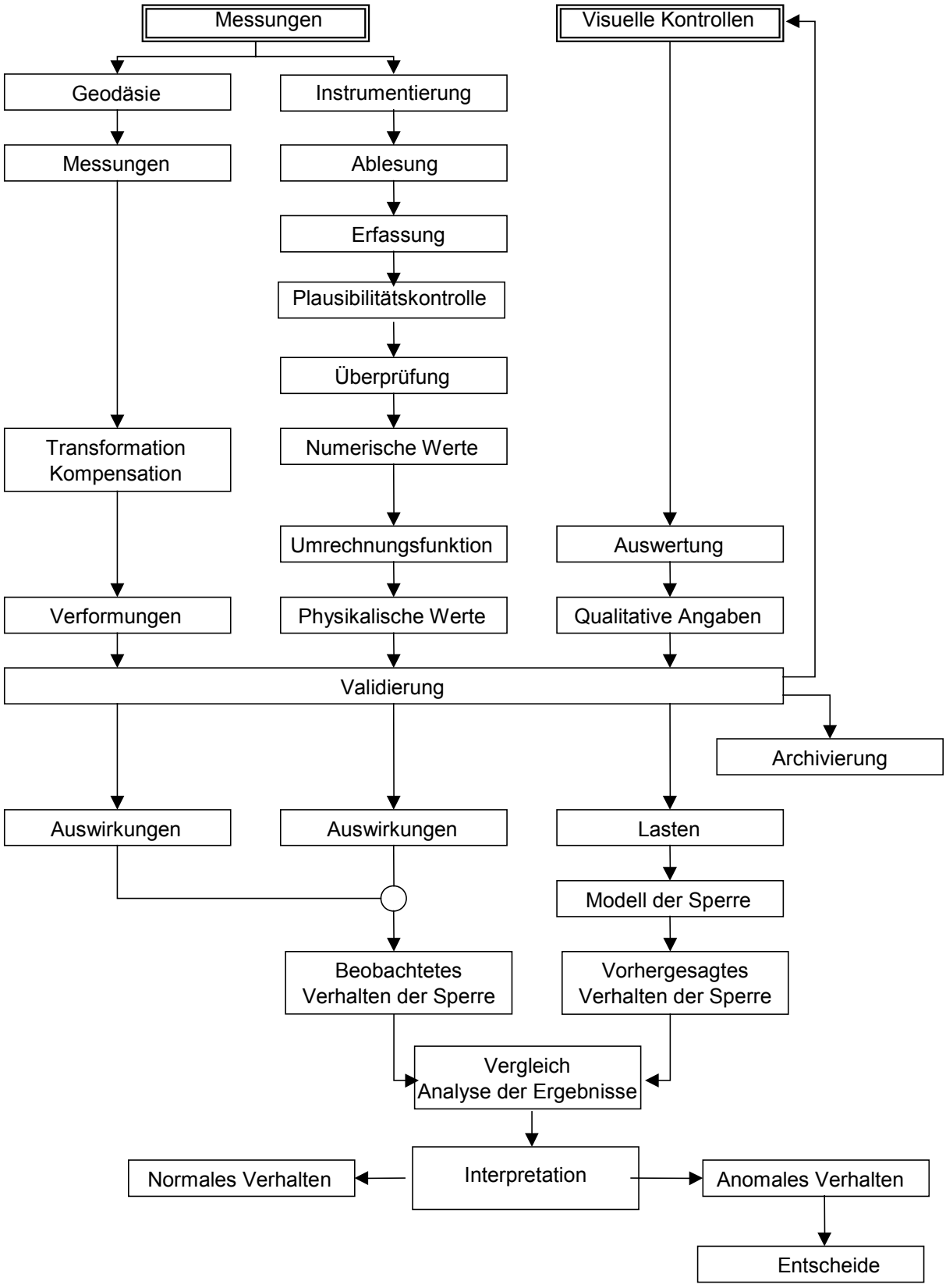


Fig. 11.2 : Schematische Darstellung der Auswertung der Messergebnisse und der Beobachtungen

11.4 Visuelle Kontrollen

11.4.1 Aufgaben des Betreibers

Aufgrund der visuellen Kontrolle ist in regelmässigen Abständen die Anwesenheit eines Talsperrenwärter 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 [22]
- Stollen im Fels: Standfestigkeit des anstehenden Felses und der Verkleidung, Wasseraustritte (Durchsickerungen, Quellen, Wasserqualität)
- Zustand der hydraulischen Bauwerke: Hochwasserentlastung, Tosbecken, Ablass-sauslauf, Schussrinne, Wasserfassung, Spülstollen
- Zustand der elektromechanischen Ausrüstung : Schäden, Ölverluste
- Nähere Umgebung des Stauraumes und seiner Ufer:
  - 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

[22] Zur Überwachung von Kolken müssen regelmässig (alle 3 bis 5 Jahre) topographische Aufnahmen gemacht werden. Damit kann gewährleistet werden, dass die Stabilität der Sperre nicht beeinträchtigt wird.

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

Für die Organisation der visuellen Kontrollen ist eine Checkliste von Nutzen. 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.

Es ist wertvoll ein Formular mit Angaben zum Verlauf der Kontrolle und der zu überprüfenden Punkte. Diese Art Dokument kann als Besichtigungsbericht des Betreibers gelten.

11.4.2 Aufgaben der erfahrenen Fachperson (spezialisierter Ingenieur)

Es obliegt einem spezialisierten Ingenieur jährlich eine eingehende Kontrolle [23] 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. 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 spezialisiert 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.

11.4.3 Aufgaben der 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 Fundation, die Stabilität der Ufer sowie die Entwicklungen im Einzugsgebiet. Er hält in seiner Expertise die Ergebnisse sei-

[23] Diese jährliche Kontrolle ist unabhängig von den regelmässigen Kontrollen des Betreibers durchzuführen.

ner Kontrolle fest und gibt, falls notwendig, Anweisungen zur Überwachung und/oder Säuberung gewisser Bereiche. Gegebenenfalls gibt er Anweisungen für zu treffende Schutzmassnahmen.

Die Inhaberin teilt der Aufsichtsbehörde die Termine für die Begehung der Stauanlage im Rahmen der Fünfjahresexpertise rechtzeitig an (Art. 15 Ab. 2 OSOA).

11.5 Kontrollen und Funktionsproben der Ausrüstung

11.5.1 Einleitung

Die Betriebstüchtigkeit folgender Anlageteile ist regelmässig mittels Funktionsproben zu überprüfen:

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

11.5.2 Entlastungsorgane und ihre Steuerungsausrüstung

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.

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

Zweck der 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 jähr-

liche 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.

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 Fig. 11.3). 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 Sicherheitsorgans oder eines Dammbalkens vollständig geöffnet werden.

Der Ablauf der Funktionsproben muss in den Überwachungs- und Betriebsvorschriften beschrieben sein.

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.

Fig. 11.3 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 Fig. 11.3 dargestellten Ablauf getestet wurden.

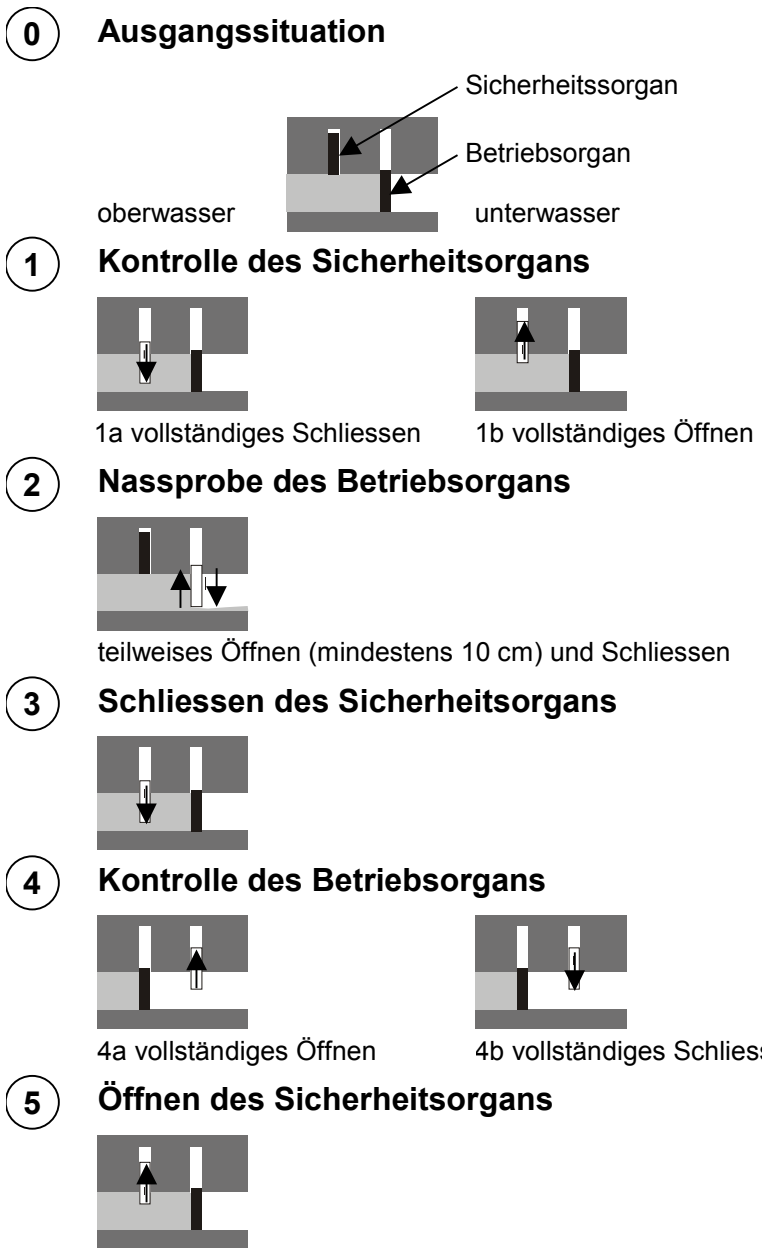


Fig. 11.3: Abfolge der Operationen für die Funktionsprobe bei 2 hintereinander liegenden beweglichen Organen (Fall eines Grundablasses oder eines Zwischenablasses)

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 Fig. 11.33) 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 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 Trockenen durchzuführen.

E) Ablauf der Funktionsproben von beweglichen Organen von Flusswehren

Die beweglichen Organe der Entlastungsbauwerke von Flussstauhaltungen 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 Fig. 11.3).

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.

Versuche mit Fernsteuerung

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

Protokoll

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

Empfehlungen

Vor Beginn der Funktionsprobe sind gewisse Kontrollen zu empfehlen. Dabei soll der Zustand der Entlastungsbauwerke (Stollen, Schussrinne) 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.

11.5.3 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.

11.5.4 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.

11.5.5 Sirenen des Wasseralarms

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

11.6 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:

- 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 Wassereintritte
- 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
- Stauraum
  - 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, Steinschlag, usw.)

11.7 Ausserordentliche Ereignisse

11.7.1 Vorkehrung für den Notfall

Die Inhaberin trifft Vorkehrung für den Fall, dass der sichere Betrieb der Stauanlage nicht mehr gewährleistet ist (Art. 17 Ab. 1 und 2 StAV). Die Aufsichtsbehörde ist umgehend zu benachrichtigen.

11.7.2 Aussergewöhnliche Kontrollen

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

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

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

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

11.7.3 Überwachung während eines Hochwassers

Je nach Wasserstand und hydrologischer Prognose ist eine lokale Präsenz des Überwachungspersonals erforderlich. Die Überwachung der Anlage erlaubt Änderungen des Wasserstandes zu beobachten (zur Kompensation eines möglichen Ausfalls der Messautomatik werden dazu Markierungen oder Wasserstandspegel installiert), die Betätigung beweglicher Organe (Grundablässe oder Auslässe) zu gewährleisten vor allem im Falle eines Stromunterbruchs oder des Ausfall einer Fernsteuerung, unerwartete Wassereintritte wie auch das Anfangsstadium eines Schadens zu entdecken (Wasseraustritte, Grundbrüche bei Dämmen)
Des weiteren stellt das Personal an Ort die Verbindung zwischen Stauanlage und dem Bereitschaftsdienst sicher. Es ist den Umständen entsprechend in der Lage einen Alarm im Falle einer Gefahr für die unterliegende Bevölkerung auszulösen. Es ist zu bedenken, dass die Telefonverbindungen oft bei Unwetter und/oder starkem Hochwasser unterbrochen sind, was die Wichtigkeit eines zweiten, unabhängigen Verbindungsmittels unterstreicht.
Das Management eines Hochwasserereignisses sollte mit der Ausgabe von Weisungen und einer Notfallstrategie begleitet werden.

11.7.4 Nachbebenkontrollen

Prinzip
Nachbebenkontrollen von unterschiedlichem Detaillierungsgrad und von unterschiedlicher Dringlichkeit erfolgen je nach Stärke der Erdbebeneinwirkung am Sperrenstandort. Die entsprechenden Schwellenwerte sind anlagenspezifisch.
Ferner werden unterschiedliche Schwellenwerte spezifiziert, je nachdem ob die Stärke der Erdbebeneinwirkung durch Starkbebenmessinstrumente am Sperrenstandort bestimmt wird oder ob sie geschätzt wird. Im letzeren Fall ist ein ausreichender Konservatismus zum Zwecke der Abdeckung der Unsicherheiten zu berücksichtigen.

Stufen und Interventionen

Es werden drei Stufen festgelegt, die folgende Interventionen verlangen:

- Stufe 1: Keine sofortige Kontrolle an Ort und Stelle erforderlich.
  Bei der nächsten Sperrenbesichtigung muss die Sperre visuell geprüft werden. Fernübertragene Messdaten sind auf allfällige Zeichen eines anomalen Verhaltens sofort zu prüfen, nicht fernübertragene Daten sofort nach zur Verfügungstellung. Die Aufsichtsbehörden sind über das Ereignis und allfällige Massnahmen zu informieren.
- Stufe 2: Kontrolle an Ort und Stelle innerhalb von 24 Stunden.
  Inspektion gemäss Kap. 3 Inspektionen. Der zuständige Ingenieur, der allfällige Talsperrenexperte und die Aufsichtsbehörden werden über das Ereignis und die Resultate der durchgeführten Kontrollen und allfälligen Massnahmen unverzüglich informiert.
- Stufe 3: Sofortige Kontrolle an Ort und Stelle.
  Inspektion gemäss Kap. 3 Inspektionen. Der zuständige Ingenieur wird sofort benachrichtigt und begibt sich zur Sperre, um die eventuell notwendigen Massnahmen zu koordinieren. Der allfällige Talsperrenexperte, die Aufsichtsbehörden und die zuständigen kantonalen Behörden werden über das Ereignis sofort informiert. Die Resultate der erfolgten Kontrollen und die allfälligen getroffenen Massnahmen werden dem allfälligen Talsperrenexperten und den Aufsichtsbehörden umgehend mitgeteilt.

Schwellenwerte

Nicht instrumentierte Talsperren

Bei Talsperren, die mit Starkbebeninstrumente nicht ausgerüstet bzw. mit weniger als 3 Instrumente oder mit Instrumenten die mit der Pikettstelle des Werkes nicht laufend verbunden sind, gelten folgende Schwellenwerte. Diese Werte stützen sich auf die empfundenen Bewegungen am Sperrenstandort und in der näheren Umgebung gemäss der Medvedev, Sponheuer und Karnik (MSK) Intensitätsskala.

Stufe	*MSK Intensität am Standort*	*Beschrieb*
1	*IV*	*In Häusern von Personen allgemein verspürt, aufweckend.* *Fenster klirren.*
2	*V - VI*	*Im Freien von Personen allgemein verspürt, allenfalls erschreckend.* *Verputz an Häusern bröckelt ab, Kamine allenfalls beschädigt, hängende Gegenstände pendeln, Verschieben von Bildern.*
3	*≥ VII*	*Viele Menschen flüchten ins Freie, allgemeiner Schrecken bis zur Panik.* *Mässige bis starke Schäden an Gebäuden.*

Tab. 11.6 :

Im Falle, dass das Werk eine geschätzte Angabe der Aufsichtsbehörden betreffend Intensität am Sperrenstandort erhält, gilt die strengste Angabe aus Behörden und am Standort empfundener Erdbewegung.

Instrumentierte Talsperren
Die folgenden Schwellenwerte gelten für die mit mindestens drei Starkbebenmessinstrumenten ausgerüsteten Talsperren, die mit der Pikettstelle des Werkes laufend verbunden sind.
Als Entscheidungsgrundlage gelten die gemessenen Spitzenbeschleunigungen am Sperrenstandort. Die Schwellen gelten als erreicht, falls mindestens zwei Geräte die in der Tabelle aufgeführten Werte erreichen:

Stufe	*Spitzenbeschleunigung im Fels (Widerlager oder Freifeld)*	*Spitzenbeschleunigung im oder auf Bauwerk*
1	*> 10% a_h*	*> 20% a_h*
2	*> 25% a_h*	*> 50% a_h*
3	*> 50% a_h*	*> 100% a_h*

Tab. 11.7 :
a_h ist die gemäss Fig 8.3 dieser Richtlinie bestimmten horizontalen Spitzenbeschleunigung.

Übergangsbestimmung für instrumentierte Talsperren
Die oben aufgeführten Schwellen sind zu halbieren bei instrumentierten Talsperren, bei welchen der Erdbebennachweis im Sinne dieser Richtlinie noch nicht erbracht wurde.

Ausnahmen
Ist die statische bzw. Erdbebensicherheit einer Anlage nicht voll nachgewiesen, dann sind diese Schwellenwerte in Absprache mit den Behörden herabzusetzen.

Schäden und anomales Verhalten
Werden Schäden oder ein anomales Verhalten festgestellt, so ist der zuständige Ingenieur sofort zu benachrichtigen. Der Ingenieur begibt sich sofort zur Anlage. Der allfällige Talsperrenexperte und die Aufsichtsbehörden sind umgehend über den Vorfall zu informieren.

Inspektionen

Umfang der Inspektionen

Die Festlegung des Umfanges der Inspektionen für die verschiedenen Stufen und deren Vorbereitung sind grundsätzlich Sachen des Betreibers bzw. dessen Ingenieur und allfälliger Experten. Dabei werden die folgenden Grundsätze berücksichtigt.

Kontrolle für Stufe 1

Bei dem Beanspruchungsstufe 1 sind Schäden am Bauwerk wenig wahrscheinlich. Ziel der Kontrolle ist die visuelle und Instrumental Erkennung von Änderungen des Verhaltens der Sperre und der unmittelbaren Umgebung. Dies erfolgt einerseits durch eine visuelle Kontrolle der Sperre, der Fundation und der Reservoirflanken, und andererseits durch eine Auswertung der zur Verfügung stehenden Hauptverhaltensmessdaten (Verschiebung von massgebenden Sektionen, Auftriebe, Sickerwassermengen).

Kontrolle für Stufe 2

Bei dem Beanspruchungsstufe 2 sind Schäden am Bauwerk, die Sicherheit der Anlage beeinträchtigen könnten, eher unwahrscheinlich, jedoch nicht auszuschliessen. Daneben sind Schäden möglich, die Standsicherheit nicht beeinflussen, jedoch ein

schnelles Handeln im Notfall beeinträchtigen könnten (zum Beispiel Stromversorgung, Zufahrtswege, mechanische Einrichtungen).
Als Ziel gilt primär die Erkennung von Änderungen des Verhaltens der Sperre und der unmittelbaren Umgebung, sowie von Anzeichen zur Entwicklung von einem veränderten Verhalten. Dies erfolgt einerseits durch eine gründliche visuelle Kontrolle der Sperre, der Fundation, der Reservoirflanken, der Nebenanlagen und Einrichtungen und der für den Notfall notwendigen Infrastrukturen, und andererseits durch Auswertung der all den zur Verfügung stehenden Messdaten die üblicherweise bei den Jahreskontrollen ausgewertet werden.
Bei Dämmen sind die Kontrollen über eine längere Periode, die vom zuständigen Ingenieur bzw. allfälligen Talsperrenexperten anzugeben ist, zu wiederholen, wegen der Gefahr eines verspäteten Aufbaues der Porenwasserspannungen.

Kontrolle für Stufe 3

Bei dem Beanspruchungsstufe 3 sind Schäden, die die Sicherheit der Anlage kurzfristig beeinträchtigen könnten unwahrscheinlich jedoch nicht auszuschliessen Dazu ist sorgfältig zu prüfen, in wieweit die langfristige Sicherheit der Sperre betroffen wird.
Ein dem Stufe 3 entsprechendes Erdbeben ist eine Extremeinwirkung, die mit grosser Wahrscheinlichkeit vom Bauwerk bis anhin noch nie erlebt wurde. Dementsprechend ist das zugehörige Verhalten total unbekannt, was eine sorgfältige, vollständige und sofortige Prüfung verlangt.
Der Umfang der Kontrolle ist grundsätzlich identisch mit demjenigen des Stufe 2, dazu sind all die weiteren zur Verfügung stehenden Messdaten einzubeziehen.
All die Kontrollen sind sofort durchzuführen und bei allen Sperren über eine längere Periode, die vom zuständigen Ingenieur bzw. allfälligen Talsperrenexperten anzugeben ist, zu wiederholen..

Bericht

Die Aufsichtsbehörden sind zu benachrichtigen, sobald ein Interventionsniveau erreicht wird. Dabei muss angegeben werden, welche Massnahmen getroffen wurden und welche vorgesehen sind, und die Gründe dazu.

11.8 Dokumente

11.8.1 Aktensammlung der Stauanlage[24] (Art. 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.

[24] Es handelt sich hier um das "Talsperrenbuch" gemäss früherer Bezeichnung.

Diese Liste wird mit dem Sicherheits- und Nutzungsplan, sowie den Reglementen für die Bedienung und Überwachung der Stauanlage (s. Kapitel 11.8.2) ergänzt.

11.8.2 Bedienungs- und Überwachungsvorschriften (Art. 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 *[die Funktion und nicht die Namen angeben]*
  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, E-Mail). 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.)

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.

11.8.3 Berichte über die Funktionsproben (Art. 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.

11.8.4 Bericht 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.

11.8.5 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 kontrollierendem 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 fünfjährliche Sicherheitsüberprüfung (bei grösseren Stauanlagen) sowie der Aufsichtsbehörde zur Kenntnis zu bringen.

11.8.6 Jahresbericht über das Verhalten (Art. 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.

11.8.7 Bericht über die geodätischen Messungen

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.

11.8.8 Bericht über die Sicherheitsüberprüfung (5-jährliche Expertise)[25] (Art. 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 Fundation 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.

---

[25] Dieser Bericht betrifft Stauanlagen mit einer Stauhöhe von mindesten 40 m oder mit einer Stauhöhe von mindestens 10 m und einem Speicherinhalt von über einer Million Kubikmeter

Der Bericht des Geologie-Experten muss den Zustand der Fundation, der Wirksamkeit der Injektionen, der Uferstabilität und der Gefährdung durch Rutsch- und Sturzmassen, welche in den Stauraum gelangen könnten, behandeln. Er gibt auch eine Auswertung der Messungen, welche sein Arbeitsgebiet betreffen, beispielsweise die Verformung der Fundationen, 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.

11.8.9 Bericht über ausserordentliche Sicherheitsüberprüfungen (Art. 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.

GLOSSAR

HINWEIS: Die Begriffserklärungen in diesem Glossar sind teils dieser Richtlinie, teils dem Technischen Wörterbuch für Talsperren, herausgeben durch das ICOLD, entnommen.

Ablagerungen	Geomorpholischer Prozess der Anhäufung von erodierte und verlagertem Material; bezeichnet auch das abgelagerte Material selbst
Ablassorgan	Einrichtung zur Steuerung des Wasserspiegels im Falle der Speicherentleerung oder der Ableitung eines Hochwassers. Zu den Ablassorganen zählen der Grundablass und die Hochwasserenlastungsanlage.
Ablassvorrichtung	siehe Ablassorgan
Absenkung	teilweise oder totale Absenkung eines Speichers aus Gründen der Bewirtschaftung oder als vorsorgliche Massnahme im Fall eines die Sicherheit der Anlage bedrohenden Ereignisses
Absperrbauwerk	Bauwerk, das dazu dient, Wasser zu speichern und/oder Geschiebe zurückzuhalten, um Energie zu produzieren (Talsperre), den Abfluss zu regulieren (Wehr) oder vor Erosion zu schützen (Wildbachsperre) (siehe auch Stauanlage).
Antwortspektrum	Ein Antwortspektrum ist ein Diagramm der maximalen Antworten (Beschleunigungen, Geschwindigkeiten oder Verschiebungen) einer Menge von idealisierten gedämpften Einmassenschwingern als Funktion ihrer Eigenfrequenzen auf eine definierte Schwingungsanregung ihrer Fusspunkte.
Aufsichtsbehörde	Bundesbehörde oder kantonale Behörde, die mit der Überwachung einer Stauanlage beauftragt ist.
Ausnahmebelastungen	Lasten infolge von Naturereignissen, deren Einwirkungen augenblicklich oder von kurzer Dauer sein können.
Beckenlänge	Distanz vom Sperrenbauwerk zum entferntesten Punkt des Speichers, gemessen in der Speicherachse, auf der Höhe des Stauziels
Bemessungshochwasser	aussergewöhnliches Hochwasser, das unter normalen Abflussbedingungen mit einer durch die Höhe des Sicherheitsfreibords bestimmten Sicherheitsmarge abgeführt werden muss, ohne irgend einen Schaden (weder an der Stauanlage selber noch an den Entlastungsorganen) zu hinterlassen.
Beschleunigungsaufnehmer	Beschleunigungsaufzeichner zur Messung und Aufzeichnung von Beschleunigungskräften an einem bestimmten Punkt auf der Erde während eines Erdbebens oder einer Untergrundexplosion.
Beschleunigungsdiagramm	Grafische Darstellung der mit dem Beschleunigungsaufzeichner aufgenommenen Messwerte.
besondere Gefahr	Eine besondere Gefahr ist gegeben, wenn im Fall eines plötzlichen Bruches des Absperrbauwerkes mindestens ein Wohnraum oder Arbeitsraum, ein öffentliches Gebäude, ein öffentlicher Campingplatz oder ein stark benutzter Verkehrsweg betroffen ist.
Betonsperre	Talsperre aus Beton, vorwiegend vom Typ Gewichtsstaumauer, Pfeilermauer oder Bogenstaumauer (siehe auch Absperrbauwerk)
Betriebsfall (Betriebszustand)	unter Betriebsfall (Betrieb) sind die während des Stauanlagenbetriebs durchgeführten Operationen gemeint (zum Beispiel Aufstau oder Entleerung).
Damm	siehe Schüttdamm

dynamische Berechnung	Berechnung für welche sich die Sperre jederzeit unter einem System von zeitvariablen Kräften, mit Berücksichtigung von Trägheits- und Dämpfungseffekten, im Gleichgewicht befindet.
Entlastungsorgan	siehe Hochwasserentlastung
Entleerung	aus Sicherheitsgründen oder zwecks Spülung von Ablagerungen erforderliche totale Absenkung des Seespiegels
Experten (ausgewiesene)	in Projektierung und Bau von Stauanlagen erfahrene Fachleute (Ingenieur, Geologe)
Finite Elementmethode (FEM)	numerisches Berechnungsverfahren zur Lösung partieller, orts- und zeitabhängiger Differentialgleichungen, indem diese, durch Aufteilung des betrachteten Kontinuums in Elemente, in ein System linearer Gleichungen überführt werden.
Flutwelle	Abfluss einer beträchtlichen Wassermenge infolge eines Dammbruchs.
Freibord	Ein Freibord ist definiert als vertikale Distanz zwischen der Krone und einem Wasserspiegel.
Fünfjahresexpertise (5-jährliche Expertise)	Durch ausgewiesene Experten (Bauingenieur, Geologe) alle 5 Jahre durchgeführte Expertise über das allgemeine Verhalten und den allgemeinen Zustand der Stauanlage, wie auch über die Qualität des Messsystems und des Messprogramms.
Gefahrenklassen	Einteilung der besonderen Gefahr nach deren Intensität in die Klassen geringe, mässige, mittlere und hohe Gefahr. Unter Intensität wird das Produkt aus Fliessgeschwindigkeit und Wasserhöhe verstanden.
Gefahrenkote	diese wird definiert als diejenige Wasserspiegelkote ab welcher die Sicherheit der Anlage wegen auftretender Schäden gefährdet ist.
Geländehöhe	unter der Geländehöhe wird das Niveau des natürlichen tiefstes Terrains Wasser- oder luftseitig des Absperrbauwerks verstanden.
Gesamtfreibord	Differenz zwischen der Mauerkrone und dem Stauziel oder dem Niveau des Hochwasserrückhalts
Grundablass	im unteren Teil einer Sperre gelegene Öffnung, die normalerweise zur Entleerung des Speichers, zur Ableitung eines Hochwassers oder, unter gewissen Bedingungen, zur Spülung von Ablagerungen benutzt wird.
Hochwasserentlastung	Bauwerk, über oder durch welches das Hochwasser abgeleitet wird
Hochwasserrückhalt (Hochwasserspeicher)	zur Brechung einer Hochwasserspitze zur Verfügung stehender Teil des Speichers
hundertjährliches Hochwasser	Hochwasser, das statistisch im Durchschnitt einmal in hundert Jahren auftritt
Kolk (Auskolkung)	A) Örtlich begrenzte, durch Strömungsvorgänge verursachte Vertiefung im Gewässerbett, B) Erosion am Fusse einer Sperre infolge eines Wasserfalls
konstruktive Sicherheit	Standfestigkeit eines Bauwerks gegenüber allen möglichen Einwirkungen
Kontrollmessungen	Messungen von für das Verhalten einer Stauanlage relevanten Werten
Krone	oberer, begehbarer Teil eines Absperrbauwerks.
Lastfälle	ständige, variable und aussergewöhnliche Einwirkungen auf ein Bauwerk (Wasserdruck, Erddruck, Erdbeben, Eigengewicht usw.)
Lastkombinationen	Kombinationen von Einwirkungen, die gleichzeitig auftreten können und die jeweils die grössten Beanspruchungen eines Bauwerks bewirken

Messsystem (Messanlage)	die Messanlage zur Überwachung besteht aus sorgfältig geplanten Messeinrichtungen, damit anhand der Überprüfung repräsentativer Parameter das Verhalten der Sperre und seiner Fundationen unter Berücksichtigung der einwirkenden Beanspruchung beurteilt werden kann. Sie muss ausserdem die Umgebung der Stauanlage einbeziehen.
Nachweisbeben	Normiertes Erdbeben von einer von der Sperrenklasse abhängigen Eintretenswahrscheinlichkeit, dem die Sperre widerstehen muss (ein unkontrolliertes Ausfliessen der Wassermassen wird ausgeschlossen, hingegen können lokale Schäden, soweit sie die globale Sperrensicherheit nicht gefährden, zugelassen werden)
Niederwasser (Niedrigwasser)	Wasserstand oder Abfluss, der deutlich unter dem langjährigen Mittelwert liegt; für ein Wehr als kleinste Wassermenge, die im Tagesdurchschnitt mindestens während 347 Tagen pro Jahr durchfliesst angenommen (siehe Niederwasserspiegel).
Niederwasserspiegel	Referenzwasserspiegel für ein Wehr, entsprechend dem Wasserspiegel des Q347
Niveau des Bemessungshochwassers	Höchster während des Hochwassers erreichter, zulässiger Wasserspiegels des Überstaus
Notfall	Situation infolge aussergewöhnlicher Ereignisse, in welcher ein sicherer Anlagebetrieb nicht mehr gewährleistet werden kann.
plötzlich auftretende Lasten	Lasten, die plötzlich und unerwartet auftreten, beispielsweise Explosionen.
PMF	Probable Maximum Flood
Projektgenehmigung	Entscheid der Genehmigung eines Stauanlageprojekts durch die zuständige Behörde
Projektprüfung	Prüfung von Neu- und Umbauprojekten von unterstellten Anlagen durch die zuständige Behörde
pseudo-statische Berechnung	Erdbebenberechnung bei welcher dynamische Effekte näherungsweise mit Ersatzlasten auf statischer Basis berücksichtigt werden
Referenzpunkt	Punkt, entsprechend entweder dem Niederwasserspiegel eines Flusses oder der Geländehöhe.
Schüttdamm	Absperrbauwerk aus geeigneten, lagenweise und kontrolliert eingebrachten Aushubmaterialien
Seitendamm	entlang eines Fliessgewässers aus Gründen des Hochwasserschutzes errichteter oder seitlich an ein Wehr angeschlossener Damm
Sicherheitsfreibord	Bereich zwischen Krone und dem höchsten Wasserspiegel, der beim Ableiten des Bemessungshochwassers erreicht wird.
Sicherheitshochwasser	extremes Hochwasser, das ohne die Gefahrenkote zu überschreiten, abgeleitet werden muss, wobei kleinere Schäden werden in Kauf genommen werden, ein totaler oder partieller Dammbruch aber ausgeschlossen wird.
Sicherheitsüberprüfung	Expertise zum Nachweis der Sicherheit einer Stauanlage, deren Durchführung von der Überwachungsbehörde formell angeordnet werden kann (der Umfang wird von Fall zu Fall festgelegt)
Speicher (Rückhalt)	siehe Stauraum
Speicherbetrieb	Bewirtschaftung einer Stauanlage durch Speicherung und Ablassen von Wasser mit Auswirkung auf die Lage des Wasserspiegels
Speicherlänge	siehe Beckenlänge
Speicheroberfläche	Oberfläche des Wasserspiegels auf Höhe des Stauziels
Sperre	siehe Absperrbauwerk

Sperrenbruch (Dammbruch)	Bruch oder Verschiebung einer Sperre oder eines Sperrenteils oder seiner Fundation infolge statischen und dynamischen Einwirkungen, dergestalt dass die Anlage die gespeicherte Wassermasse nicht mehr zurückhalten kann
Sperrenhöhe	vertikale Distanz zwischen dem tiefste Fusspunkt und der Kronenhöhe
Sperrenklasse (Talsperrenklasse)	Einteilung der Sperren in Klassen nach den Kriterien der StAV (Art. 14, 21 und 22)
Spitzenbeschleunigung	durch das Nachweisbeben induzierte Beschleunigung eines Punktes an der Oberfläche
ständige Lasten	Diese Lasten sind dauernd vorhanden. Es ist allerdings möglich, dass sie erst nach einer gewissen Zeit zu wirken beginnen und dass sie ohne Änderung fortdauern.
statische Berechnung	Berechnung der Beanspruchungen und Reaktionen eines Bauwerks, das sich im Gleichgewicht mit dem Eigengewicht und den äusseren Lasten und Einwirkungen befindet
Stauanlage	eine Stauanlage besteht aus einem Absperrbau (Sperre) und einem Stauraum (Speicherbecken, Rückhaltebecken). Eine Stauanlage ist eine Einrichtung zum Aufstau oder zur Speicherung von Wasser oder Schlamm sowie Einrichtungen für den Rückhalt von Geschiebe, Eis oder Schnee.
Stauanlage mit geringer Stauhöhe	Stauanlage, für welche die massgebende Stauhöhe weniger als 10 m beträgt**.**
Stauanlage mit grosser Stauhöhe	Stauanlage, für welche die massgebende Stauhöhe mindestens 40 m beträgt. Solche Anlagen werden einer fünfjährlichen Sicherheitsprüfung unterzogen.
Stauanlage mit mittlerer Stauhöhe	Stauanlage, für welche die massgebende Stauhöhe mindestens 10 m und weniger als 40 m beträgt.
Stauraum (Speicher, Rückhalt, Staubecken, Stausee)	künstlicher See oder künstliches Becken (Stausee) in welchem veränderliche Mengen von Wasser, Schlamm oder Sedimente gespeichert werden
Stausee	siehe Stauraum
Stauziel	Wasserspiegel, welcher den maximalen Niveau bei Normalbetrieb oder der Kote der Schwelle eines Überlaufs entspricht.
Talsperre	siehe Absperrbauwerk
Talsperrenklasse	siehe Sperrenklasse
Talweg (Tallinie)	tiefste Punkte eines Fliessgewässers oder eines Tales; siehe Geländehöhe
tausendjährliches Hochwasser	Hochwasser, das statistisch im Durchschnitt einmal in tausend Jahren auftritt
Tiefschütze	Verschluss, der im unteren Bereich eines Wehres angeordnet ist (siehe auch Grundablass)
Überflutung (infolge Dammbruch)	kurzzeitige, intensive (von der Speichergeometrie abhängige) Überschwemmung des Geländes unterhalb des gebrochenen Damms
Überflutungszone	mittels Flutwellenberechnung ermittelte Ausdehnung einer Überschwemmung für eine der massgebenden Gefahrenstufe entsprechender Tiefe oder Intensität.
Überstau zur Ableitung des Bemessungshochwassers	Speicherschicht zwischen dem Stauziel und dem höchsten Niveau des Bemessungshochwassers.
Überwachung (der Stauanlage)	Tätigkeiten, welche die Beobachtung und Messung verschiedener Verhaltensgrössen einer Stauanlage umfassen
Ufer	Geländestreifen oberhalb der Wasserlinie

Unterhalt	Tätigkeiten zur Vorbeugung von Betriebsmängeln und zur Reparatur eventuell vorhandener Schäden
Unterstellungshöhe	massgebende Höhe, entspricht der Differenz zwischen dem Stauziel und einem unteren Referenzpunkt, also dem Niveau des Niederwassers oder der umliegenden Geländehöhe
Unterstellung	von der zuständigen Überwachungsbehörde vorgenommener Entscheid, ob eine Stauanlage überwacht werden muss
Unterstellungsvolumen	Stauvolumen zwischen dem Stauziel und einem Basisniveau, das dem unteren Referenzniveau für die Stauhöhenbestimmung entspricht.
Vegetation (Pflanzendecke)	Gesamtheit der Pflanzen auf der Böschung
veränderliche Lasten	diese Lasten ändern in Abhängigkeit der Betriebsbedingungen oder der äusseren Einflüsse:
wahrscheinlich höchstes Hochwasser	grösstes zu erwartendes Hochwasser, wenn die ungünstigste Kombination der für das betroffene Gebiet charakteristischen meteorologischen und hydrologischen Faktoren angenommen wird
Wasserspiegel	Niveau der Wasseroberfläche
Wehr	Sperre, deren Anteil an Schützen den überwiegenden Teil der Breite und des Bereichs über der Sohle eines Flusses ausmacht
Zeitverlauf	siehe Beschleunigungsdiagramm

ABKÜRZUNGEN

BWG	Bundesamt für Wasser und Geologie
CIGB	Commission internationale des grands barrages
MSK	Intensitätsskale nach Medvedev, Sponheurer und Karnik
PMF	Probable Maximum Flood
StAV	Verordnung über die Sicherheit von Stauanlagen
STK	Schweizerisches Talsperrenkomitee

STICHWORTVERZEICHNIS

1000-jährliches Hochwasser 7.2.1
Ablassorgan 6.1, 6.4.2, 7.1.3, 7.2, 7.2.5, 9.1, 9.3, 10.1, 10.2, 11.5.2, 11.6,
Ablassvorrichtung 3.1, 10.1, 10.2, 11.3.4, 11.6
Ablauf der Funktionsprobe 11.5.2
Absenkung (rasche) Tab. 6.3, 8.6.2
Absenkung (teilweise oder totale) des Wasserspiegels 6.4.2, 10.3.1
Absperrbauwerk (Sperre) Fig 3.1, 5.2.1, 5.3.3
Antwortspektrum 8.2.2, 8.2.3
Aufsichtsbehörde 5.4, 9.1, 9.4, 9.5, 9.7, 10.1, 11.1.2, 11.2.1, 11.2.2, 11.3.6, 11.4.2, 11.4.3

Ausnahmebelastungen	6.3.1, 6.3.2, 8.6.1
Baugrundklasse	8.2.2, 8.2.3, Fig. 8.2, Fig. 8.3, Fig. 8.4
Baukontrollen	9.5
Bemessungshochwasser	7.1.2, 7.1.3, 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3, 7.2.5
Bepflanzung	6.4.4, 11.4.1, 11.5.3, 11.6
Berichte	11.1, 11.2.1, 11.8.1, 11.8.3, 11.8.4, 11.8.5, 11.8.6, 11.8.7, 11.8.8
Beschleuigungsdiagramm	8.2.2
besondere Gefahr	2.2, 5.3.1, 5.3.3, 5.3.4, 5.3.6, 5.4.1, 5.4.3
Betreiber	5.4.2, 5.4.3, 10.2, 11.2.1, 11.2.3, 11.4.1, 11.5, 11.6, 11.8
Betrieb	3, 4, 5.2.1, 6.1, 6.3.1, 10.2, 10.3, 11.8.1
Betriebsfall	6.1
Betriebsorgane	6.2.2, 8.1.1, 11.5.2
bewegliche Organe	3.2, Tab. 7.2, 11.1.2, 11.2.1, 11.5.2, Fig. 11.3, 11.7.3
Bogenmauer	5.3.3, 8.4.2, Tab. 6.2
Einwirkungen	4, 6.2.2, 6.3, Tab. 6.1, Tab. 6.2, Tab. 6.3, 8.6.1, 11.3.3
Entlastungsbauwerk	Fig. 11.1, 11.5.2
Entlastungsorgan	4, 6.4.1, 6.4.2, 7.1.3, 7.1.3, Tab 7.3, 7.2.5, 10.3.1, 11.5.1, 11.5.2
Experte (ausgewiesener Experte)	11.2.1, 11.2.3, 11.4.3, 11.8.8,Fig. 3.1, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 , 5.5, 5.7, 7.1, 7.2, 7.3, 11.1, 11.2, 11.3
erfahrene Fachperson (spezialisierter Ingenieur)	11.2.1, 11.2.3, 11.3.6, 11.4.2, 11.7.4, 11.8.5, 11.8.6
Flutwelle	5.2.2, 5.3.1, 5.3.3, 5.4.2, 9.2
Freibord	6.4.3, 7.1.3, 7.2.3, 7.2.5, 8.5.1
Fünfjahresexpertise (5-jährliche Expertise	11.2.2, 11.4.3, 11.8.8, 11.8.9
Funktionsproben	1.5, 6.4.2, 11.1.2, Tab. 11.1, 11.2.3, 11.5, 11.8.3, 11.8.5
Gefahrenkote	7.1.4, 7.2.3, Fig. 7.2
Geländehöhe	2.2, 5.2.1, Fig. 5.3
Geschiebe	3.1, 3.2, 4, 5.2.1, 5.2.2, 5.3.6, 6.3.1, 6.4.2, 7.2.5, 10.3.2, 10.4, 11.3.4, 11.6
Geschwemmsel	5.2.2, 5.23, 10.3.3
Gewichtsmauer	3.2, Tab. 6.1
Grundablass	6.4.2, 7.2.3, 7.2.5, 8.1.1,9.3, 10.1, 10.3.2, 11.5.2, 11.6
Hochwasserentlastung	5.2.3, 6.4.1, 6.4.2, 7.2.2, 7.2.3, 7.3.5, 11.5.2, 11.6
Hochwasserrückhaltebecken	5.2.1, 8.6.2, 8.6.3, 11.3.4
Jahreskontrolle	11.2.3, 11.7.4, 11.8.1
Kennwert (Kennziffer)	Tab. 8.5, 8.5.2, 11.3.1, 11.3.3, 11.3.4, Tab. 11.3, 11.3.5, 11.3.6, 11.8.6
konstruktive Sicherheit	1.6, 4, 4.6, 6, 6.1, Tab. 11.1, 11.3, 11.4,
Kontrollen	1.5, 4, 6.3.2, 9.4, 9.5, 11.1, 11.1.2, 11.2.1, 11.2.2, 11.2.3, 11.3.1, 11.4.5, 11.4, 11.4.1, 11.5, 11.7.2, 11.7.4, 11.8.2, 11.8.4, 11.8.5
Lasten	4, 6.3.1
Lastfälle	6.3.2, 8.6
Messanlage	11.3.2, 11.5.3, 11.8.8
Messinstrumente	11.3.2, 11.5.3, 11.6
Messwert	11.3.4, 11.3.6, 11.8.6
Nachbebenkontrolle	11.7.4
Nachweisbeben	8.1.2, 8.2.1, 8.5.1, 8.6.1
Niederwasserspiegel	2.2, 5.2.1, 5.2.2
Niederwasserspiegel	2.2, 5.2.1, 5.2.2
Notfall	11.7.1, 11.7.4
Notfallkonzept	1.5, 2.2, 4

Notfallkonzept	1.5, 2.2, 4
Notfallstrategie	11.7.3
Nutzungsplan	6.2.1, 11.8.19.2
Oberaufsichtsbehörde	11.2.2
plötzlich eintretende Lasten	6.3.1
PMF	Tab. 7.1
Projektgenehmigung (Genehmigung des Projektes)	9.1, 9.3
Referenzpunkt	5.2.1, 5.2.2
Schwellenwerte	Tab. 5.1
Seitendamm	3.2
Sicherheitshochwasser	7.1.2, 7.1.4, 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3, 7.2.4
Sicherheitsplan	6.2.2, 11.8.19.2
Sintflut	Tab. 7.1
Sperre (Absperrbauwerk)	3.1, 4, 5.3.3, 6.1, 6.4.5, Tab. 7.2, Tab. 7.4, 7.2.4, 7.2.5, Tab. 8.5, 8.5.2, 8.5.3, 8.6.3, 11.1.1, 11.2.1, Tab. 11.1, 11.3.1, 11.3.2, 11.3.3, Tab. 11.3, 11.3.6, 11.4.1, 11.5.2, 11.6, 11.7.4, 11.8.5, 11.8.6, 11.8.8
Spitzenbeschleunigung	8.2.2, 8.3
ständige Lasten	6.3.1
Stauanlage	1.1, 3.1, 3.2, 4, 5.4, Fig 7.5, 10.4, 11.8.1, 11.8.8
Staubecken (Stauraum)	3.3, Fig. 3.1
Staudamm	3.2, 8.4.2, 8.5.2, 8.6.3, Tab. 6.3, 7.3, 7.4, 11.3
Staudamm	3.2, 8.4.2, 8.5.2, 8.6.3
Stauhöhe	2.2, 3.2, 3.3, 5.2.1, Fig. 5.2, Fig. 5.3, Fig. 5.4, Fig. 5.6, Fig. 5.7, 5.2.2, 5.2.3, 8.1.2, Tab. 8.1, 9.2, 10.1, 11.8.4 11.8.6,
Staumauer	3.2, 8.4.1, 8.5.2, 8.6.3, 11.3, Fig. 7.14, Tab. 7.3, 7.4, 11.3
Stauraum	2.2, 2.3, 3.1, Fig. 3.1, 3.3, 4, 7.2.5, 8.1.1, 8.1.2, Tab. 8.1, 9.2, 9.3, 11.3.5, 11.4.1, 11.5.2, 11.8.1, 11.8.6, 11.8.8,
Stauraum	2.3, Fig. 2.2
Stauvolumen	Fig. 5.6, Fig. 5.7, 5.2.2, 5.3.6, 9.2,
Stauziel	5.2.1, 5.2.2, 5.3.3, Tab. 6.1, 7.2.3, Tab. 7.2, 8.6.2, 8.6.3
Talsperre (Sperre)	3.2
Tragwerk	5.3.3, Fig. 11.1
Überflutungskarte	5.3.3
Überwachung	2.3, 11.2, 11.7.3, 11.8.2
Überwachungsstufe	11.2.1, 11.2.3, 11.3.1,
Unterhalt	4, 11.1, 11.2, 11.6
Unterstellung	5.4.1, 5.4.2, 5.4.3, 9.2, Tab. 5.1 Fig. 5.9
Unterstellungsregeln	Tab. 5.1
veränderlichen Lasten	6.3.1
visuelle Kontrolle	11.4, 11.8.2, 11.8.5
Vorkontrollen	11.5.2
Wehr	3.2, 8.4.2, Fig. 5.4, Tab. 6.1
Zeitverlauf	8.2.2, Tab. 8.5

ANHANG 1

MITGLIEDER DER VERSCHIEDENEN ARBEITGRUPPEN

Arbeitsgruppe "Unterstellungkriterien"

Bischof, Roland	Ingenieurbüro für bauliche Anlagen der Stadt Zürich
Hauenstein, Walter, Dr.	Schweiz. Wasserwirtschaftsverband, Baden
Kalt, Leo	Fachstelle Talsperrensicherheit, Tiefbau- und Strassenverwaltung, St. Gallen
Müller, Rudolf W. (Sekretär)	Bundesamt für Wasser und Geologie, Biel
Pougatsch, Henri (Präsident)	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne
Raboud, Pierre-Benoît, Dr.	Service des forces hydrauliques, Sion
Vetterli, Willy	AWEL, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Zürich

Arbeitsgruppe "Konstruktive Sicherheit"

Ammann Eduard	IM Ingegneria Maggia SA, Locarno
Hauenstein Walter, Dr.	Schweiz. Wasserwirtschaftsverband, Baden
Loosli Daniel	Colenco Power Engineering AG, Baden
Mouvet Laurent	Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH), Ecole polytechnique fédérale de Lausanne
Müller Rudolf W. (Sekretär)	Bundesamt für Wasser und Geologie, Biel
Pougatsch Henri (Präsident)	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne
Rechsteiner Gian	Énergie Ouest Suisse, Lausanne

Arbeitsgruppe "Hochwasser"

Bérod, Dominique, Dr.	Service des routes et des cours d'eau, Sion
Boillat, Jean-Louis, Dr.	Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH), Ecole polytechnique fédérale de Lausanne
Hammer, Jürg, Dr. (Sekretär)	Bundesamt für Wasser und Geologie, Biel
Hertig, Jacques-André, Dr. (Experte)	Laboratoire des systèmes énergétiques (LASEN), Ecole polytechnique fédérale de Lausanne
Lafitte, Raymond, Prof.	Bureau Stucky Ingénieurs-Conseils SA, Renens
Müller, Dieter, Dr.	Colenco Power Engineering AG, Baden
Oberholzer, Alexandre	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne
Pougatsch, Henri (Präsident)	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne
Viret, René	Entreprises Electriques Fribourgeoises (EEF), Broc

Arbeitsgruppe "Erdbeben"

Amberg, Walter	Bureau Lombardi Engineering SA, Minusio
Bossoney, Claude, Dr.	Stucky Ingénieurs-Conseils SA, Renens
Darbre, Georges, Dr. (Präsident)	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne
Hammer, Jürg, Dr. (Sekretär)	Bundesamt für Wasser und Geologie, Biel
Otto, Bastian, Dr.	Nordostschweizerische Kraftwerke, Baden
Studer, Jost, Dr.	Studer Engineering, Zurich
Wieland, Martin, Dr.	Elektrowatt Engineering, Zurich

Ebenfalls haben in der Arbeitgruppe "Erdbeben" mitgearbeitet :

Giardini, Domenico, Prof. Dr.	Schweizerischer Erdbendienst, EPFZ
Fäh, Donath, Dr.	Schweizerischer Erdbendienst, EPFZ
Deichmann, Nicolas, Dr.	Schweizerischer Erdbebendienst, EPFZ
Lateltin, Olivier, Dr.	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne

Arbeitsgruppe "Überwachung und Unterhalt"

Bremen, Roger, Dr.	Bureau Lombardi Engineering SA, Minusio
Collet, Georges	Krafwerke Oberhasli AG, Innertkirchen
Hunger, Beat	Amt für Energie Graubünden, Chur
Kobelt, Alfred (Sekretär)	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne
Matthey, François	Service des eaux, des sols et de l'assainissement, Lausanne
Oberholzer, Alexandre	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne
Pougatsch, Henri (Präsident)	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne
Rouiller, Jean-Marie	Service de l'électricité de la Ville de Lausanne, Lausanne

Redaktionskomitee

Hagin, Bernard	Energie Ouest Suisse, Lausanne
Kobelt, Alfred (Sekretär)	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne
Lombardi, Giovanni, Dr. h.c.	Bureau Lombardi Engineering SA, Minusio
Minor, Hans-Erwin, Prof., Dr.	Versuchsanstalt für Wasserbau (VAW) Ecole polytechnique fédérale de Zurich
Pougatsch, Henri (Präsident)	Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne
Schleiss, Anton, Prof., Dr.	Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH), Ecole polytechnique fédérale de Lausanne

ANHANG 2

Verordnung über die Sicherheit der Stauanlagen (Stauanlagenverordnung, StAV)

vom 7. Dezember 1998

Der Schweizerische Bundesrat,
gestützt auf Artikel 3bis des Bundesgesetzes vom 22. Juni 1877[1] über die Wasserbaupolizei,
verordnet:

1. Kapitel: Allgemeine Bestimmungen

Art. 1 Geltungsbereich
1 Diese Verordnung gilt für Stauanlagen, bei denen die Stauhöhe über Niederwasser des Gewässers oder über Geländehöhe mindestens 10 m beträgt oder die bei mindestens 5 m Stauhöhe einen Stauraum von mehr als 50 000 m3 aufweisen.
2 Sie gilt auch für Stauanlagen mit geringeren Ausmassen, sofern sie eine besondere Gefahr für Personen oder Sachen darstellen.
3 Sie gilt nicht für Stauanlagen, für die nachgewiesen wird, dass sie keine besondere Gefahr für Personen oder Sachen darstellen.

Art. 2 Begriffe
1 Stauanlagen sind Einrichtungen zum Aufstau oder zur Speicherung von Wasser oder Schlamm. Als Stauanlagen gelten auch Bauwerke für den Rückhalt von Geschiebe, Eis und Schnee, sofern sie Wasser aufstauen können (Rückhaltebecken).
2 Inhaberin einer Stauanlage ist die Person, die eine solche Anlage baut, besitzt oder betreibt.

2. Kapitel: Konstruktive Sicherheit

1. Abschnitt: Bau

Art. 3 Grundsatz
1 Stauanlagen sind nach dem Stand von Wissenschaft und Technik so zu bemessen und zu bauen, dass ihre Standsicherheit bei allen voraussehbaren Betriebs- und Lastfällen gewährleistet ist.
2 Die Aufsichtsbehörde kann besondere bauliche Vorkehrungen anordnen, wenn dies zum Schutz vor Sabotageakten erforderlich ist.

Art. 4 Ablassvorrichtungen
Stauanlagen müssen bei drohender Gefahr abgesenkt und zur Vornahme von Kontroll- und Unterhaltsarbeiten entleert werden können. Zu diesem Zweck müssen sie wenigstens über einen ausreichend dimensionierten Grundablass oder eine ausreichend dimensionierte Tiefschütze verfügen.

Art. 5 Projektgenehmigung
1 Bau- und Umbauprojekte für Stauanlagen und für sicherheitsrelevante Nebenanlagen bedürfen der Genehmigung durch die Aufsichtsbehörde; mit den Bauarbeiten darf erst begonnen werden, wenn die Genehmigung vorliegt.
2 Projektänderungen während des Baus oder Umbaus müssen der Aufsichtsbehörde mitgeteilt und von ihr genehmigt werden.
3 Die Projektgenehmigung ist Teil der Baubewilligung des Bundes oder des Kantons, wenn ein entsprechendes Verfahren durchgeführt wird. Sie ist in diesem Fall nicht selbständig anfechtbar.

Art. 6 Bauausführung
1 Während des Baus oder Umbaus einer Stauanlage und nach deren Fertigstellung muss die Inhaberin der Aufsichtsbehörde zustellen:
a. die Ergebnisse der geologischen Aufnahmen und der geotechnischen Kontrolluntersuchungen;
b. die Ergebnisse der Injektionen, die zur Verfestigung und Abdichtung des Untergrundes vorgenommen worden sind;
c. die Ergebnisse der Betonproben;
d. die Ergebnisse sämtlicher Messungen;

e. die wichtigsten Ausführungspläne und einen Bericht über die Bauarbeiten.
2 Die Aufsichtsbehörde prüft, ob der Bau oder der Umbau nach den genehmigten Plänen ausgeführt worden ist; der Prüfungsbefund wird in einem Protokoll festgehalten.

2. Abschnitt: Betrieb

Art. 7 Ersteinstau
1 Der erste Einstau einer Stauanlage oder ihre erste Inbetriebnahme bedarf der Bewilligung durch die Aufsichtsbehörde.
2 Eine Bewilligung ist auch erforderlich, wenn eine Stauanlage nach einem Umbau höher aufgestaut oder nach einer sicherheitsrelevanten Instandsetzung wieder eingestaut wird.

Art. 8 Voraussetzungen für den Betrieb
1 Eine Stauanlage darf nur betrieben werden, wenn:
a. eine Gefährdung der öffentlichen Sicherheit ausgeschlossen werden kann;
b. die Ablassvorrichtungen und die Hochwasserentlastung betriebstüchtig sind; und
c. die Ergebnisse des Ersteinstaus einen uneingeschränkten Betrieb erlauben.
2 Die Aufsichtsbehörde kann für Rückhaltebecken besondere Voraussetzungen vorsehen.

Art. 9 Betrieb
1 Der Betrieb der Stauanlage ist so zu organisieren, dass die Sicherheit jederzeit gewährleistet ist.
2 Die Inhaberin muss Reglemente für die Bedienung und Überwachung der Stauanlage im normalen Betrieb sowie bei ausserordentlichen Ereignissen erstellen und diese der Aufsichtsbehörde zur Genehmigung einreichen.
3 Die Aufsichtsbehörde kann in begründeten Fällen Ausnahmen von Absatz 2 bewilligen.

Art. 10 Unterhalt
1 Die Inhaberin muss die Stauanlage ordnungsgemäss unterhalten. Sie muss Sicherheitsmängel unverzüglich beheben und die Aufsichtsbehörde darüber unterrichten.
2 Ist die Inhaberin mit einer Unterhalts- oder Sanierungsmassnahme im Verzug, so ordnet die Aufsichtsbehörde die notwendigen Massnahmen oder, nach erfolgloser Mahnung, die Entleerung der Stauanlage an.

Art. 11 Beeinflussung der Sicherheit durch andere Bauten
1 Bevor eine Behörde über die Errichtung oder Änderung einer Baute entscheidet, die sich auf die Sicherheit einer bestehenden Stauanlage nachteilig auswirken könnte, hört sie die Aufsichtsbehörde an.
2 Die Aufsichtsbehörde kann die Auswirkungen der Baute abklären lassen und Massnahmen zur Beweissicherung anordnen. Die Kosten gehen zu Lasten der Bauherrschaft.

3. Kapitel: Überwachung

Art. 12 Zustands- und Verhaltenskontrolle
1 Die Inhaberin führt die Kontrollen und Messungen durch, die zur Beurteilung des Zustandes und des Verhaltens der Stauanlage erforderlich sind. Messdaten, die automatisch erhoben werden, müssen nach Möglichkeit einmal monatlich mit Handmessungen nachgeprüft werden.
2 Die Inhaberin prüft die Ablassvorrichtungen mit beweglichen Verschlüssen jährlich auf ihre Betriebstüchtigkeit; die Prüfung muss bei hohem Stauspiegel und mit Wasserablass erfolgen (Nassprobe).

Art. 13 Fachtechnische Kontrolle
1 Die Inhaberin veranlasst, dass eine erfahrene Fachperson die Messresultate fortlaufend beurteilt, die Ergebnisse in einem jährlichen Messbericht festhält und einmal pro Jahr eine visuelle Kontrolle der Stauanlage durchführt (Jahreskontrolle).
2 Die Aufsichtsbehörde kann in begründeten Fällen Ausnahmen bewilligen.

Art. 14 Sicherheitsüberprüfung
1 Stauanlagen, bei denen die Stauhöhe mindestens 40 m beträgt oder die bei mindestens 10 m Stauhöhe einen Stauraum von mehr als 1 Million m^3 aufweisen, müssen alle fünf Jahre einer umfassenden Sicherheitsüberprüfung durch ausgewiesene Experten unterzogen werden.
2 Die Aufsichtsbehörde kann ausserordentliche Überprüfungen sowie die Sicherheitsüberprüfung

von Stauanlagen mit geringeren Ausmassen anordnen.
Art. 15 Melde- und Mitteilungspflichten
1 Die Inhaberin der Stauanlage meldet der Aufsichtsbehörde die von ihr bestimmte Fachperson und die von ihr beauftragten Experten. Die Aufsichtsbehörde kann sie ablehnen, falls begründete Zweifel an ihrer Eignung bestehen.
2 Die Inhaberin teilt der Aufsichtsbehörde die Termine für die Nassproben und die Begehung der Stauanlage im Rahmen der fachtechnischen Kontrollen und der Sicherheitsüberprüfungen rechtzeitig mit und kündigt ihr vorgesehene Entleerungen der Anlage an.
3 Die Ergebnisse der Zustands- und Verhaltenskontrollen, der fachtechnischen Kontrollen sowie der Sicherheitsüberprüfungen sind der Aufsichtsbehörde umgehend mitzuteilen.

Art. 16 Aktensammlung
1 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:
a. die wichtigsten Ausführungspläne und Angaben über die Bauausführung;
b. die statischen, hydrologischen und hydraulischen Berechnungen und Berichte;
c. die geologischen Gutachten;
d. die jährlichen Messberichte;
e. die Protokolle der Jahreskontrollen;
f. die Protokolle der Nassproben;
g. die Berichte über die Sicherheitsüberprüfungen;
h. die Berichte über geodätische Deformationsmessungen;
i. die Berichte über Störfälle und Betriebsanomalien.
2 Die Aufsichtsbehörde kann in begründeten Fällen Ausnahmen bewilligen.

4. Kapitel: Notfallkonzept

Art. 17 Vorkehrungen für den Notfall
1 Die Inhaberin trifft Vorkehrungen für den Fall, dass der sichere Betrieb der Stauanlage auf Grund von Verhaltensanomalien, Naturereignissen, Sabotageakten und dergleichen nicht mehr gewährleistet ist.
2 Sie muss bei einem Notfall alle erforderlichen Massnahmen treffen, um mögliche Gefährdungen von Personen und Sachen zu verhindern. Die Aufsichtsbehörde ist umgehend zu benachrichtigen; sie verfügt gegebenenfalls weiter gehende Massnahmen.
3 Das Armeekommando kann für den Fall einer militärischen Bedrohung besondere Anordnungen treffen.

Art. 18 Schutz der Bevölkerung
1 Zu den Vorkehrungen für den Notfall gehört ein Konzept zur Warnung der Behörden und zur Alarmierung der Bevölkerung. Die Aufsichtsbehörde kann für Rückhaltebecken Erleichterungen gewähren.
2 Bund, Kantone und Gemeinden sorgen mit Hilfe der üblichen Mittel und Strukturen des Bevölkerungsschutzes für die Verbreitung von Verhaltensanweisungen an die Bevölkerung und für deren allfällige Evakuierung.

Art. 19 Wasseralarmsystem
1 Die Inhaberin einer Stauanlage mit mehr als 2 Millionen m_3 Stauraum muss ein Wasseralarmsystem in der Nahzone erstellen, betreiben und unterhalten. Die Nahzone wird von der Aufsichtsbehörde nach Anhörung des Eidgenössischen Departementes für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS) festgelegt und umfasst in der Regel das Gebiet, das bei plötzlichem totalem Bruch der Anlage innert zwei Stunden überflutet wird.
2 Zum Wasseralarmsystem gehören Einrichtungen wie Wasseralarmzentralen, Beobachtungsstände, nahe gelegene Unterkünfte, Wasseralarmsirenen sowie wenigstens zwei unabhängige Verbindungen zur Pikett- und Alarmstelle des Standortkantons. Das VBS legt die Anforderungen an die Einrichtungen des Wasseralarmsystems fest.
3 Das technische Konzept und die Einrichtungen des Wasseralarmsystems bedürfen der Genehmigung durch das VBS. Sie stehen der Truppe für Ausbildungskurse und Einsätze kostenlos zur Verfügung.
4 Eigentümer und Eigentümerinnen von Grundstücken und Gebäuden müssen das Anbringen und Benützen von Einrichtungen des Wasseralarmsystems gestatten und den Kontrollorganen den Zutritt ermöglichen. Daraus entstehende Schäden oder Beeinträchtigungen sind von der Inhaberin der Stauanlage zu entschädigen.

Art. 20 Auslösung des Wasseralarms
1 Die Anordnung der Alarmierungsbereitschaft und die Auslösung des Wasseralarms erfolgen durch normierte Meldungen und obliegen:
a. der Inhaberin der Stauanlage bei Verhaltensanomalien, Naturereignissen und Sabotageakten;
b. dem Armeekommando oder der Truppe bei militärischer Bedrohung.
2 Nach Erstellung der Alarmierungsbereitschaft kann die Aufsichtsbehörde das Aufgebot von militärischen Formationen verlangen.

5. Kapitel: Vollzug

Art. 21 Aufsicht durch den Bund
1 Das Bundesamt für Wasserwirtschaft (Bundesamt) beaufsichtigt den Vollzug dieser Verordnung und vollzieht die dem Bund direkt übertragenen Aufgaben.
2 Unter der direkten Aufsicht des Bundes stehen Stauanlagen:
a. mit mindestens 25 m Stauhöhe;
b. mit mehr als 15 m Stauhöhe und wenigstens 50 000 m^3 Stauraum;
c. mit mehr als 10 m Stauhöhe und wenigstens 100 000 m^3 Stauraum;
d. mit mehr als 500 000 m^3 Stauraum.

Art. 22 Aufsicht durch die Kantone
1 Die Kantone beaufsichtigen die Stauanlagen, die nicht der Bundesaufsicht unterstehen.
2 Sie prüfen periodisch die Einsatzbereitschaft der Alarmierungsmittel und Alarmierungsorgane.

Art. 23 Besondere Verhältnisse
1 Bei besonderen Verhältnissen kann das Bundesamt mit dem Kanton eine Zuständigkeitsordnung vereinbaren, die von den Artikeln 21 und 22 abweicht.
2 Bilden mehrere Stauanlagen eine betriebliche Einheit und untersteht eine dieser Anlagen der Aufsicht des Bundes, so erstreckt sich diese auch auf die übrigen Anlagen.

Art. 24 Zutrittsrecht und Auskunftspflicht
Die Inhaberin der Stauanlage hat den mit der Aufsicht betrauten Personen jederzeit Zutritt zu den Anlagen zu gewähren. Sie hat ihnen alle erforderlichen Auskünfte zu geben und die benötigten Unterlagen zur Verfügung zu stellen.

Art. 25 Beizug Dritter
Die Aufsichtsbehörde kann zur Erfüllung ihrer Aufgaben Sachverständige beiziehen. Die Kosten trägt die Inhaberin der Stauanlage.

Art. 26 Richtlinien
Das Bundesamt kann Richtlinien zur Anwendung dieser Verordnung erlassen. Es zieht dabei Vertreter der kantonalen Aufsichtsbehörden, der Wissenschaft, der Fachorganisationen und der Wirtschaft bei.

6. Kapitel: Schlussbestimmungen

Art. 27 Aufhebung bisherigen Rechts
Die Talsperrenverordnung vom 9. Juli 1957[2] wird aufgehoben.

Art. 28 Änderung bisherigen Rechts
1 Die Zivilschutzverordnung vom 19. Oktober 1994[3] wird wie folgt geändert:
Art. 4 Abs. 2 Bst. a
Der Ausdruck «Talsperrenverordnung vom 9. Juli 1957» *wird ersetzt durch* «Stauanlagenverordnung vom 7. Dezember 1998».
2 Die Verordnung vom 3. Dezember 1990[4] über die Nationale Alarmzentrale wird wie folgt geändert:
Art. 2 Abs. 2 Bst. c
Der Ausdruck «Vollziehungsverordnung vom 9. Juli 1957 zu Artikel 3^{bis} des Bundesgesetzes betreffend die Wasserbaupolizei» *wird ersetzt durch* «Stauanlagenverordnung vom 7. Dezember 1998».

Art. 29 Übergangsbestimmungen
1 Die Kantone haben die Aufsicht spätestens fünf Jahre nach Inkrafttreten dieser Verordnung wahrzunehmen.
2 Stauanlagen, die nach bisherigem Recht der Aufsicht des Bundes unterstanden, werden weiterhin vom Bundesamt beaufsichtigt.

Art. 30 Inkrafttreten
Diese Verordnung tritt am 1. Januar 1999 in Kraft.

7. Dezember 1998 Im Namen des Schweizerischen Bundesrates

Der Bundespräsident: Cotti
Der Bundeskanzler: Couchepin
10027