

## **Vollzugshilfe zur Stauanlagengesetzgebung betreffend den Bau und den Betrieb von Stauanlagen an der Aare unter direkter Bundesaufsicht**

(vom 1. Januar 2015)

---

### **Einleitung**

Am 1. Januar 2013 wurde mit dem Stauanlagengesetz vom 1. Oktober 2010 (StAG, SR 721.101) und der revidierten Stauanlagenverordnung vom 17. Oktober 2012 (StAV, SR 721.101.1) die neue Stauanlagengesetzgebung in Kraft gesetzt. Die Bestimmungen der Stauanlagengesetzgebung gelten nach Art. 1 Abs. 2 Bst. c StAV explizit auch für Flusstauhaltungen.

Das Bundesamt für Energie (BFE) erlässt als Aufsichtsbehörde des Bundes Richtlinien in Sachen Stauanlagensicherheit, welche unbestimmte Begriffe der Stauanlagengesetzgebung konkretisieren sowie Massnahmen und Methoden umschreiben, die in der Regel von den Aufsichtsbehörden akzeptiert werden. Die vorliegende Vollzugshilfe präzisiert und vervollständigt wo notwendig die Bestimmungen der Stauanlagengesetzgebung und die Empfehlungen der BFE-Richtlinie für diejenigen Stauanlagen an der Aare, die unter der direkten Aufsicht des BFE liegen, mit Ausnahme der Stauanlage Mühleberg (Wohlensee). Die zuständige Aufsichtsbehörde ist gemäss Art. 22 Abs. 2, Art. 23 Abs. 1 und Art. 24 StAG in Verbindung mit Art. 3 Abs. 2 StAG zu bestimmen.

Die Aufsichtsbehörden der Kantone können sich bei der Ausübung ihrer Aufsichtspflicht über die ihnen direkt unterstellten Stauanlagen an der Aare ebenfalls auf die vorliegende Vollzugshilfe stützen. Sie sollen jedoch allenfalls Anpassungen vornehmen, wie zum Beispiel bei der Wahl der Wiederkehrperiode des Nachweisbebens<sup>1</sup>.

Diese Vollzugshilfe wurde in Zusammenarbeit mit Vertretern der Betreiberinnen (Verband Aare-Rheinwerke VAR für die Strecke vom Bielersee bis zur Mündung in den Rhein, respektive BKW-FMB Energie AG für die Strecke vom Thunersee bis zum Bielersee) und nach Anhörung von Vertretern der Kantone Bern, Solothurn und Aargau in Bezug auf die Anforderungen an die Hochwasser- und Erdbebensicherheit der zugehörigen Stauhaltungsdämme erarbeitet.

<sup>1</sup> Für Stauanlagen unter kantonaler Aufsicht wird vom BFE eine Wiederkehrperiode des Nachweisbebens von 1'000 Jahren empfohlen, anstelle der 5'000 Jahre, wie sie in diesem Dokument zu finden sind.

## **Teil A: Allgemeine Sicherheitsanforderungen**

### *A1. Geltungsbereich und Begriffe*

Die vorliegenden Anforderungen gelten für die in Abschnitt B1 aufgelisteten Stauanlagen an der Aare.

Zur Stauanlage im Sinne dieses Dokumentes gehören

- a) die Wehre und die übrigen Elemente der Stauanlage mit Staufunktion;
- b) der zugehörige Stauraum;
- c) die zugehörigen Seitendämme (Stauhaltungsdämme);
- d) die für den sicheren Betrieb notwendigen Bauten und Einrichtungen beim Stauraum und beim Wehr, insbesondere die Nebenanlagen.

### *A2. Besonderheiten der Flusstauhaltungen an der Aare*

Die Bestimmungen der Stauanlagengesetzgebung und die Empfehlungen in den übrigen Richtlinien des BFE gelten grundsätzlich auch für Flusstauhaltungen; für Flusstauhaltungen an der Aare werden in der vorliegenden Vollzugshilfe unter anderem folgende Besonderheiten und Präzisierungen aufgezeigt:

- a) Fünfjahreskontrolle nach StAV (Abschnitt A3.2.4)

Für die Stauanlagen an der Aare ist aufgrund ihrer Grösse keine umfassende Sicherheitsüberprüfung (Fünfjahreskontrolle nach Art. 18 Abs. 1 StAV) alle fünf Jahre notwendig.

Hingegen spielen bei Flusstauhaltungen die Fragen der Sicherheit der Antriebe, der Regelung und der Energieversorgung eine zentrale Rolle. Daraus ergibt sich die Anforderung betreffend eine regelmässige Sicherheitsüberprüfung der sicherheitsrelevanten Nebenanlagen nach Abschnitt A3.2.4.

Es wird somit eine einmalige umfassende Überprüfung verlangt, gefolgt von regelmässigen Sicherheitsüberprüfungen der sicherheitsrelevanten Nebenanlagen.

b) Fachpersonen und Experten (Abschnitte A3.2.3, A3.2.4)

Gemäss Art. 19 Abs. 2 StAV muss die Aufsichtsbehörde die von der Betreiberin vorgeschlagenen Experten für die umfassenden Sicherheitsüberprüfungen genehmigen. Eine Genehmigung der Experten ist im vorliegenden Fall nicht notwendig, zumal keine Fünfjahreskontrollen im Sinne der StAV (vgl. Punkt a) stattfinden.

Grundsätzlich kann jedoch die Aufsichtsbehörde die Wahl von Fachpersonen gemäss Art. 19 Abs. 1 StAV ablehnen oder Fachpersonen ersetzen lassen, falls begründete Zweifel an ihrer Eignung bestehen.

c) Wasseralarmsystem und Notfallplanung (Abschnitt A3.3)

Die Betreiberin einer Stauanlage mit mehr als 2 Millionen m<sup>3</sup> Stauraum muss gemäss Art. 11 Abs. 1 StAG ein Wasseralarmsystem in der Nahzone betreiben und unterhalten. Ein solches muss gemäss Art. 11 Abs. 2 StAG auch für kleinere Stauraumvolumina betrieben und unterhalten werden, falls auf der Überflutungsfläche eine hohe Gefahr besteht; eine hohe Gefahr kann für die Stauanlagen an der Aare aber verneint werden, weil der Schwellenwert der gefährdeten Personen gemäss Art. 26 Abs. 2 nicht erreicht wird.

Einige Anlagen weisen einen Stauraum von mehr als 2 Mio. m<sup>3</sup> auf. Ein klassisches Wasseralarmsystem mit Wasseralarmsirenen in der Nahzone würde jedoch die Besonderheiten der Anlagenkette an der Aare nicht berücksichtigen (eine Nahzone existiert im eigentlichen Sinn nicht) und wird deshalb nicht gefordert. Im Übrigen wird auf das Notfallkonzept gemäss den Abschnitten A3.3 und B3.3 verwiesen.

### A3. Sicherheitskonzept

Das vorliegende Sicherheitskonzept besteht aus der "konstruktiven Sicherheit", der "Überwachung" und dem "Notfallkonzept".

Eine Stauanlage muss:

- a) korrekt bemessen sein, so dass ihre Standsicherheit jederzeit bei allen voraussehbaren Betriebs- und Lastfällen gewährleistet ist (konstruktive Sicherheit);
- b) angemessen überwacht werden, so dass allfällige Anomalien betreffend Zustand und Verhalten der Stauanlage rechtzeitig entdeckt werden können (Überwachung);
- c) ein Notfallkonzept aufweisen, das Vorkehrungen für den Fall aufzeigt, dass der sichere Betrieb der Stauanlage aufgrund von Verhaltensanomalien, Naturereignissen oder Sabotageakten nicht mehr gewährleistet ist.

#### A3.1 Konstruktive Sicherheit

##### A3.1.1 Gefährdungsbilder und Lastfälle

Die Betreiberin muss in den Sicherheitsnachweisen die besonderen Gefährdungsbilder an Stauwehren beachten.

Betriebliche Sicherheit spielt bei Wehranlagen eine zentrale Rolle. Zu ihrer Gewährleistung gehören insbesondere eine sichere und unterbrechungsfreie Auslegung der Antriebe, der Regelung und der Stromversorgung sowie deren regelmässige Überprüfung.

Stauhaltungsdämme, welche die Stauhaltung gegenüber dem tiefer liegenden Gelände abschliessen, gehören zur Stauanlage (vgl. B.1.II).

### A3.1.2 Hochwassersicherheit

#### Hochwassersicherheit der Wehre und der Stauhaltungsdämme im Nahbereich

Die Betreiberin muss für die Wehre und für die Stauhaltungsdämme im Nahbereich der Wehre Hochwassersicherheitsnachweise für ein Bemessungshochwasser sowie für ein Sicherheitshochwasser erbringen. Das BFE legt den Nahbereich im konkreten Fall fest; die Festlegung des Nahbereichs stützt sich auf dessen Einfluss auf die Stabilität des Wehrs.

Die zu berücksichtigenden Abflussmengen des Bemessungs- und des Sicherheitshochwassers sind in Abschnitt B3.1.2.1. präzisiert.

Das Bemessungshochwasser muss schadlos und ohne Überströmung der Anlage abgeleitet werden können. Es dürfen dabei folgende Entlastungsmöglichkeiten mit einbezogen werden:

- a) die Wehrfelder unter der Annahme, dass das Wehrfeld mit der höchsten Kapazität nicht zur Verfügung steht ("n - 1" - Regel);
- b) die regelbaren Schleusen;
- c) die turbinierte Wassermenge, falls die passive Wasserabgabe oder der Weiterbetrieb der Maschinen nachgewiesen werden kann.

Zur Ableitung des Sicherheitshochwassers sind Überströmungen und begrenzte, aber unkritische Schäden an der Anlage (Wehr und Stauhaltungsdämme im Nahbereich) zulässig. Es dürfen dabei folgende Entlastungsmöglichkeiten mit einbezogen werden:

- a) alle Wehrfelder;
- b) die regelbaren Schleusen;
- c) die turbinierte Wassermenge, falls die passive Wasserabgabe oder der Weiterbetrieb der Maschinen nachgewiesen werden kann.

#### Hochwassersicherheit der Stauhaltungsdämme ausserhalb der Nahbereiche der Wehre

Die Anforderungen an die Hochwassersicherheit der Stauhaltungsdämme richten sich nach den entsprechenden Konzessionsbestimmungen; es gelten jedoch folgende Mindestanforderungen:

- Das Bemessungshochwasser entspricht mindestens dem Ereignis mit einer Wiederkehrperiode von 100 Jahren. Der Freibord zur Dammkrone muss für diesen Lastfall mindestens 50 cm betragen.
- Das Sicherheitshochwasser entspricht mindestens dem Ereignis mit einer Wiederkehrperiode von 300 Jahren. Unter diesem Lastfall dürfen die Stauhaltungsdämme nicht überströmt werden, im Maximum stellt sich bordvoller Abfluss ein.

Das BFE kann nach Anhörung des Kantons für gewisse Abschnitte der Stauhaltungsdämme auch strengere Anforderungen stellen (bis zu den Werten, welche für das Wehr und die Stauhaltungsdämme im Nahbereich gelten), falls dies zur lokalen Gefahrenabwehr sinnvoll ist.

### A3.1.3 Erdbebensicherheit

#### Erdbebensicherheit der Wehre und der Stauhaltungsdämme im Nahbereich

Die Betreiberin muss einen Erdbebensicherheitsnachweis für ein Erdbeben, welches am betreffenden Standort mit einer Wiederkehrperiode von 5000 Jahren auftreten kann (Nachweisbeben), erbringen.

Unter dem Nachweisbeben darf kein Versagen der Stauanlage mit unkontrolliertem Wasserabfluss erfolgen. Nicht sicherheitsrelevante Schäden sind zulässig, wie auch bleibende Verformungen und Gleitverschiebungen, welche die Wehrstabilität nicht gefährden und zu keinem unkontrollierten Wasserablass führen. Dies gilt auch für die Wehrverschlüsse, bei welchen nur eine allfällige temporäre Störung mit zeitlich und mengenmässig beschränkter Wasserabgabe zugelassen werden kann; die Funktionstüchtigkeit der Wehrverschlüsse nach einem Erdbeben muss rasch wiederhergestellt werden können.

#### Erdbebensicherheit der Stauhaltungsdämme

In Anlehnung an die Anforderungen an die Erdbebensicherheit von Hochwasserrückhaltebecken gelten für die Stauhaltungsdämme einer Stauanlage die Anforderungen für Staudämme der Erdbebenklasse III gemäss den Richtlinien des BFE, vorbehältlich anderslautende strengere Anforderungen der Konzessionsbehörde oder von Drittbehörden bis zur Erdbebenklasse II.

## A3.2 Überwachung

### A3.2.1 Reglemente

Die Betreiberin erstellt die folgenden Reglemente für den normalen Betrieb und für den Hochwasserfall und unterbreitet sie der Aufsichtsbehörde zur Genehmigung:

- a) ein Reglement für die Überwachung der Stauanlage im normalen Betrieb sowie bei ausserordentlichen Ereignissen (Überwachungsreglement); im Überwachungsreglement sind die anlagespezifischen Einzelheiten der folgenden Abschnitte A3.2.2 bis A3.2.4 festgelegt;
- b) ein Reglement für die Bedienung der Wehrverschlüsse (Wehrreglement); im Sinne der vorliegenden Anforderungen ist nur derjenige Teil genehmigungspflichtig, welcher die sicherheitsrelevanten Hochwassersituationen betrifft.

Sie muss die Reglemente laufend überprüfen und allfällige Nachführungen der Aufsichtsbehörde zur Genehmigung unterbreiten. Änderungen von nicht sicherheitsrelevanten Einzelheiten bedürfen keiner Genehmigung, müssen der Aufsichtsbehörde aber gemeldet werden.

### A3.2.2 Überwachung durch die Betreiberin und Meldepflicht

Die Betreiberin überwacht die Anlage mit Hilfe von visuellen Kontrollen, Messungen und Funktionsproben.

Sie meldet der Aufsichtsbehörde rechtzeitig die Termine für die Prüfung der Wehrverschlüsse und für die Begehung der Stauanlage im Rahmen der Jahreskontrollen.

### A3.2.3 Kontrollen und Berichterstattung durch eine Fachperson (Jahreskontrolle)

Die Betreiberin beauftragt eine Fachperson mit einer jährlichen Kontrolle, mit der laufenden Beurteilung der durchgeführten Messungen und mit der Erstellung eines jährlichen Sicherheitsberichtes (Jahresbericht) zuhanden der Aufsichtsbehörde.

Sie teilt der Aufsichtsbehörde die Wahl der von ihr bestimmten Fachperson mit. Die Aufsichtsbehörde darf sie ablehnen, falls begründete Zweifel an ihrer Eignung bestehen. Die Fachperson darf von der Betreiberin abhängig sein.

Sie stellt den Jahresbericht spätestens sechs Monate nach Ablauf der Berichtsperiode der Aufsichtsbehörde zu.

#### A3.2.4 Einmalige umfassende Sicherheitsüberprüfung und regelmässige Überprüfung der sicherheitsrelevanten Nebenanlagen

Die Betreiberin beauftragt ausgewiesene Experten mit einer einmaligen umfassenden Sicherheitsüberprüfung.

Sie beauftragt zudem ausgewiesene Experten mit einer regelmässigen fünfjährlichen Sicherheitsüberprüfung der sicherheitsrelevanten Nebenanlagen der Flusstauhaltung.

Sie lädt die Aufsichtsbehörde ein:

- a) zur Begehung und Besprechung zusammen mit den Experten anlässlich des Beginns der einmaligen umfassenden Sicherheitsüberprüfung und der regelmässigen Sicherheitsüberprüfungen; im Rahmen dieser Begehungen wird die Abgabefrist der Expertenberichte gemeinsam festgelegt, diese beträgt in der Regel neun Monate nach Ablauf der Berichtsperiode;
- b) zur Abgabe und Besprechung der Expertenberichte.

Das BFE legt die Abfolge der einmaligen umfassenden Sicherheitsüberprüfungen der Stauanlage und der regelmässigen Sicherheitsüberprüfungen der sicherheitsrelevanten Nebenanlagen fest (vgl. Anhang 1).

#### A3.2.5 Kontrollen und Massnahmen der Aufsichtsbehörde

Die Aufsichtsbehörde beurteilt die Jahres- und die Expertenberichte und kontrolliert, ob die Anforderungen an die technische Sicherheit eingehalten werden.

Sie nimmt an den Begehungen und Besprechungen im Rahmen der Sicherheitsüberprüfungen nach Abschnitt A3.2.4 teil.

### A3.3 Notfallkonzept

Die Betreiberin trifft Vorkehrungen für den Fall, dass der sichere Betrieb einer Stauanlage insbesondere aufgrund von Verhaltensanomalien, Naturereignissen oder Sabotageakten nicht mehr gewährleistet ist. Sie muss bei einem Notfall alle erforderlichen Massnahmen treffen, um Gefährdungen von Personen, Sachen und der Umwelt zu verhindern.

Sie erstellt ein Reglement zur Alarmierung der Behörden und der Bevölkerung im Notfall und zu dessen Bewältigung (Notfallreglement) und unterbreitet es der Aufsichtsbehörde zur Genehmigung.

### A4. Aktensammlung

Die Betreiberin legt über die Stauanlage eine Aktensammlung an und führt diese laufend nach. Sie gewährt der Aufsichtsbehörde jederzeit Einsicht in die Aktensammlung.

## **Teil B: Elemente zur Umsetzung der Sicherheitsanforderungen**

### *B1. Geltungsbereich und Begriffe*

#### I. Staustufen

Die vorliegende Vollzugshilfe gilt für folgende bestehende Staustufen unter direkter Aufsicht des BFE. Die Betreiberinnen im Sinne StAG und StAV werden in Klammer angegeben (Stand Januar 2015):

- a) Niederried (Betreiberin: BKW Energie AG);
- b) Aarberg (Betreiberin: BKW Energie AG);
- c) Flumenthal (Betreiberin: Alpiq Hydro Aare AG);
- d) Bannwil (Betreiberin: onyx Energie Mittelland AG im Auftrag BKW Energie AG);
- e) Wynau-Schwarzhäusern (Betreiberin: onyx Energie Mittelland AG);
- f) Ruppoldingen (Betreiberin: Alpiq Hydro Aare AG);
- g) Gösgen (Betreiberin: Alpiq Hydro Aare AG);
- h) Rapperswil-Auenstein (Betreiberin: KW Rapperswil Auenstein);
- i) Wildeggen-Brugg (Betreiberin: Axpo Power AG);
- j) Beznau (Betreiberin: Axpo Power AG);
- k) Klingnau (Betreiberin: Aarewerke AG Klingnau).

#### II. Abgrenzung der Stauhaltungsdämme zum flussbaulichen Hochwasserschutz

Die Stauhaltungsdämme grenzen den unter Dauerstau stehenden Stauraum gegen das umliegende, tiefer liegende Gelände ab. Zur Stauanlage gehörend werden diejenigen Dämme gezählt, welche sich im Einflussbereich der Stauanlage befinden.

Die Abgrenzung des Einflussbereichs einer Stauanlage ist geometrisch durch den Schnittpunkt des Niederwasserspiegels mit der um einen Meter erhöhten Kote des Stauziels definiert. Dieser Einflussbereich erstreckt sich maximal bis zur konzessionierten Flusstrecke beziehungsweise bis zum luftseitigen Fuss einer oberwasserseitig liegenden Stauanlage.

Der Niederwasserspiegel entspricht der Freispiegelkote derjenigen Wassermenge, die im Jahr im Mittel an mindestens 347 Tagen erreicht wird.

Die Zuständigkeiten für die Umsetzung der vorliegenden Anforderungen an die Stauhaltungsdämme ergeben sich aus den Konzessionsbestimmungen. Fehlen solche Bestimmungen, so ist die Betreiberin für die konstruktive Sicherheit, den Unterhalt und die Überwachung ihrer Stauhaltungsdämme zuständig.

### III. Sicherheitsrelevante Nebenanlagen

Zu den sicherheitsrelevanten Nebenanlagen gehören insbesondere:

- a) die Antriebe, die Regelung und die Stromversorgung;
- b) die Schleusen;
- c) die Messinstrumentierung zur sicherheitstechnischen Überwachung der Stauanlage gemäss dem genehmigten Überwachungsreglement.

#### B2. *Besonderheiten der Flusstauhaltungen an der Aare*

Keine weiteren Spezifizierungen.

#### B3. *Sicherheitskonzept*

##### B3.1 Konstruktive Sicherheit

##### B3.1.1 Gefährdungsbilder und Lastfälle

Grundsätzlich gelten die für alle Stauanlagen definierten Gefährdungsbilder wie Gleiten, Kippen, unzulässigen Spannungen in der Struktur, Fundationsversagen und Erdbeben. Jedoch muss bei Stauwehren auch die massgebende Kombination von Oberwasser- und Unterwasserspiegelkote berücksichtigt werden, d.h. für welche die rechnerische Sicherheit minimal wird. Stauwehre erzielen den Stau durch bewegliche Verschlüsse und müssen den Zufluss unmittelbar weiterleiten. Sie sind während des Betriebs der Strömung des Wassers ausgesetzt.

Besondere Gefährdungsbilder an Stauwehren umfassen deshalb insbesondere:

- a) Erosionsschäden durch Unterdruck;
- b) Abrasionsschäden infolge des Geschiebetriebes;
- c) Anprall durch schwimmende Körper;
- d) Sedimentlasten an den Wehrverschlüssen;
- e) Verklemmen der Wehrverschlüsse durch schwimmende Körper;
- f) Entleertes Wehrfeld infolge Revisionsarbeiten.

Die Stauhaltung wird gemäss den Vorgaben durch die Leittechnik konstant gehalten. Störungen oder extreme Hochwasserereignisse können dazu führen, dass das Stauziel über- oder unterschritten wird (Über- oder Unterstau). Deshalb sind mögliche Gefährdungsbilder, die zu einem Über- oder Unterstau führen können, zu untersuchen und zu beurteilen. Dazu gehören insbesondere:

- a) Störung mit Abschaltung der Turbinen infolge Netzausfall;
- b) Fehlbetrieb infolge Fehlern oder Störungen der Leittechnik;
- c) Extreme Hochwasserereignisse (Sicherheitshochwasser).

Die Sicherheit der Stauanlage bei steigendem Überstau ist aufzuzeigen. Insbesondere sind die Staukoten zu definieren, ab welchen:

- a) ein Überströmen des seitlichen Umgeländes vom Oberwasser zum Unterwasser erfolgt;
- b) ein Überströmen der Stauhaltungsdämme erfolgt;
- c) ein Einströmen ins Krafthaus erfolgen kann;
- d) ein statisches Versagen der Hauptstruktur nicht mehr ausgeschlossen werden kann.

### B3.1.2 Hochwassersicherheit

#### 1. Gefährdung für die Wehre und für die Stauhaltungsdämme im Nahbereich

##### a) Bemessungshochwasser

Die Abflussmenge des Bemessungshochwassers ( $Q_B$ ) entspricht der Abflussmenge eines Ereignisses mit einer Wiederkehrperiode von 1000 Jahren.

Das 1000-jährige Ereignis ist im Rahmen einer wissenschaftlich fundierten standortspezifischen Studie zu erarbeiten, in welcher sowohl Ausuferungen der Aare aus Sollbruchstellen wie auch Rückflüsse berücksichtigt werden.

In Abwesenheit einer solchen Studie darf  $Q_B$  gleich der Abflussmenge des EHQ aus den Gefahrenkarten an der Aare angenommen werden, entsprechend der folgenden Tabelle (Stand Januar 2015; die Werte der Tabelle entsprechen in der Regel demjenigen oberwasserseitig der Stauanlage nächstgelegenen Standort, für welchen Werte für das EHQ vorliegen):

	EHQ [m <sup>3</sup> / s]
Niederried	1'800 (= Hagneck)
Aarberg	1'800 (= Hagneck)
Flumenthal	1'400 (nach Emme)
Bannwil	1'400 (Wangen)
Wynau-Schwarzhäusern	1'400 (Wangen)
Ruppoldingen	1'550 (Murgenthal)
Gösgen	1'690 (mit Dünnern)
Rupperswil-Auenstein	1'780 (mit Suhre)
Wildeggen-Brugg	1'850 (Brugg)
Beznau	3'200 (Untersiggental)
Klingnau	3'200 (Untersiggental)

##### b) Sicherheitshochwasser

Die Abflussmenge des Sicherheitshochwassers ( $Q_s$ ) entspricht der Abflussmenge des maximalen Ereignisses, welche das Wehr erreichen kann.

Das maximale Ereignis ist im Rahmen einer wissenschaftlich fundierten standortspezifischen Studie zu erarbeiten, in welcher sowohl Ausuferungen der Aare aus Sollbruchstellen wie auch Rückflüsse berücksichtigt werden.

In Abwesenheit einer solchen Studie darf  $Q_S$  gleich  $1.2 Q_B$  angenommen werden.

## 2. Nachweis der Hochwassersicherheit

Die Hochwassersicherheit ist dann nachgewiesen, falls:

- a) das Bemessungshochwasser schadlos und ohne Überströmung abgeleitet werden kann und
- b) die Gefahrenkoten unter den Bedingungen des Sicherheitshochwassers nirgends überschritten werden und
- c) die nach Abschnitt A3.1.2 definierten Anforderungen an die Stauhaltungsdämme eingehalten werden.

Die Gefahrenkote eines Anlageteils entspricht derjenigen Wasserspiegelkote, ab welcher dessen Sicherheit gefährdet ist.

Bei Vorliegen von neueren Erkenntnissen, veränderten Bedingungen oder auf Anordnung des BFE weisen die Betreiberinnen die Hochwassersicherheit erneut nach.

### B3.1.3 Erdbebensicherheit

#### I. Erdbebengefährdung und Methodik

Der Erdbebennachweis erfolgt mittels Zeitverlaufsberechnungen oder mittels Antwortspektrenverfahren.

Die maximale horizontale Bodenbeschleunigung ( $a_h$ ), die maximale vertikale Bodenbeschleunigung ( $a_v$ ) sowie die minimale stationäre Starkbebendauer ( $T_s$ ) im Falle von Zeitverlaufsberechnungen dürfen für die Wehre und für die Stauhaltungsdämme im Nahbereich der Wehre wie folgt angesetzt werden (Stand Januar 2015, Werte für eine Wiederkehrperiode von 5000 Jahren):

	a <sub>h</sub> [% g]	a <sub>v</sub> [% g]	T <sub>s</sub> [s]
Niederried	12.5	8.5	12
Aarberg	12.5	8.5	12
Flumenthal	15.5	10.5	13
Bannwil	15.5	10.5	13
Wynau-Schwarzhäusern	17	11.5	14
Ruppoldingen	17	11.5	14
Gösgen	17	11.5	14
Rupperswil-Auenstein	14	9.5	12
Wildeggen-Brugg	14	9.5	12
Beznau	14	9.5	12
Klingnau	14	9.5	12

Für den Nachweis der Erdbebensicherheit von Stauhaltungsdämmen nach den Anforderungen der Erdbebenklasse III können die obigen Gefährdungswerte entsprechend der tieferen Wiederkehrperiode von 1000 Jahren reduziert werden.

Alternativ darf die Erdbebengefährdung aus standortspezifischen Erdbeben-Gefährdungsstudien für die entsprechende Wiederkehrperiode hergeleitet werden. Diese Studien müssen vom BFE abgenommen werden.

Bei Vorliegen von neueren Erkenntnissen oder auf Anordnung des BFE werden obige Werte durch die Betreiberinnen aktualisiert, unter Beachtung von allfälligen Minimalwerten des BFE. Die Betreiberinnen aktualisieren darauf folgend den Nachweis der Erdbebensicherheit, falls notwendig.

Es dürfen die elastischen Antwortspektren gemäss dem Basisdokument des BFE zum Nachweis der Erdbebensicherheit<sup>2</sup> angesetzt werden. Es handelt sich dabei um normierte mittlere Antwortspektren, die mit der maximalen Bodenbeschleunigung am Standort multipliziert werden müssen, um das spezifische Zielspektrum am betrachteten Standort zu erhalten.

<sup>2</sup> "Basisdokument zum Nachweis der Erdbebensicherheit", Version 1.2 (März 2003), Berichte des BWG, Biel, 2003

## II. Modell und Lastfälle

Es ist ein Finite-Elemente-Modell des Wehrs und der Fundation zu erstellen.

In der Regel genügt es, einen Teilabschnitt des Gesamtwehrs zu betrachten. Die Wirkung von nicht modellierten Elementen auf das Erdbebenverhalten des betrachteten Teilabschnitts ist nachvollziehbar darzustellen.

Die Komponenten der Erdbebeneinwirkung sind in den drei Hauptrichtungen „Flussrichtung“, „quer zum Fluss“ und „vertikal“ sowie gleichzeitig wirkend anzunehmen.

Der dynamische Einfluss des gestauten Wassers in Flussrichtung darf nach Westergaard<sup>3</sup> mit mitschwingenden, starr gekoppelten Wassermassen berücksichtigt werden. Sie sind als konzentrierte Massen in das Modell einzuführen und wirken senkrecht zur wasserseitigen Oberfläche.

Der wirkende Auftrieb ist für den Stabilitätsnachweis zu berücksichtigen.

## III. Materialkennziffern

Die Struktur des Untergrunds und dessen geotechnischen Eigenschaften sind mittels standortspezifischen Untersuchungen zu ermitteln.

Die statischen Materialkennwerte für die Tragstruktur sind durch spezifische Versuche zu ermitteln. Die dynamischen Materialkennwerte können aus den entsprechenden statischen Werten abgeleitet werden.

Die Dämpfungswerte können bei linearen Analysen wie folgt angenommen werden:

- a) Beton: Stahlbeton 7%, unarmerter Beton 5%;
- b) Stahl: nicht geschweisst 7%, geschweisst 4%

<sup>3</sup> H.M. Westergaard; Water Pressures on Dams During Earthquakes, American Society of Civil Engineering, Paper No. 1835, November 1931.

#### IV. Nachweise

Dem Verhaltensziel von Stauanlagen unter Erdbebeneinwirkung entsprechend sind folgende Nachweise zu erbringen:

- a) Spannungsnachweis des Wehrs und der übrigen Elemente mit Staufunktion;
- b) Stabilitätsnachweise des Wehrs, der übrigen Elemente mit Staufunktion sowie der Stauhaltungsdämme;
- c) Nachweis der Funktionstüchtigkeit der sicherheitsrelevanten Nebenanlagen.

#### V. Erdbebensicherheit der Stauhaltungsdämme

Für Stauhaltungsdämme gelten die Anforderungen für Staudämme der Erdbebenklasse III gemäss den Richtlinien des BFE.

### B3.2 Überwachung

#### B3.2.1 Reglemente

Das Überwachungsreglement muss insbesondere enthalten:

- a) eine Beschreibung aller Aufgaben und Verantwortlichkeiten im Zusammenhang mit der Überwachung der Stauanlage;
- b) ein Organigramm und eine Liste aller Beteiligten mit Kontaktangaben;
- c) eine Beschreibung der Messeinrichtung für die sicherheitstechnische Überwachung der Anlage;
- d) die Definition des Umfangs und der Periodizität der Messungen, der visuellen Kontrollen und der Funktionsproben;
- e) die Definition der Aufgaben der Fachperson und der Experten sowie des entsprechenden Berichtswesens (Jahresbericht, regelmässige Sicherheitsüberprüfung der sicherheitsrelevanten Nebenanlagen);
- f) das Vorgehen und die Meldewege bei einem ausserordentlichen Ereignis (Hochwasser, Erdbeben, Verhaltensanomalie).

Das Wehrreglement muss insbesondere enthalten:

- a) die hydrologischen Grundlagen der Stauanlage sowie die Definition des Bemessungs- und Sicherheitshochwassers;
- b) einen Beschrieb der Wehrverschlüsse und deren hydraulischen Eigenschaften;
- c) die Regeln zur Bedienung der Wehrverschlüsse insbesondere zur Bewältigung des Bemessungs- und des Sicherheitshochwassers.

### B3.2.2 Überwachung durch die Betreiberin und Meldepflicht

Die Überwachung der Stauanlage erfolgt gemäss dem von der Aufsichtsbehörde genehmigten Überwachungsreglement. In der Regel umfassen die Messungen und Kontrollen mindestens die folgenden Elemente:

- a) Geodäsie:
  - es erfolgt eine Vollmessung des geodätischen Netzes alle fünf Jahre;
  - zusätzlich ist jährlich mindestens ein Nivellement (Höhenmessung) durchzuführen;
  - in der Aufbauphase von neuen geodätischen Messungen sind die obigen Perioden zu reduzieren;
  - nebst der Überwachung des Wehrs und anderen Stau-elementen ist ein Nivellement auf den Stauhaltungs-dämmen und den Wehrbrücken durchzuführen.
- b) Aufnahmen des Flussbettes und Taucherkundungen:
  - im Nahbereich des Wehrs sind Aufnahmen des Flussbettes mindestens alle fünf Jahre oder nach grösseren Hochwassern durchzuführen; die Detailanforderungen sind im Überwachungsreglement festzulegen;
  - die Aufnahmen sind mit Höhenkurven, Differenzkurven zu früheren Messungen sowie repräsentativen Schnitten darzustellen;
  - die Aufnahmen sind mit Taucherkundungen unmittelbar beim Wehr zu ergänzen.

- c) **Auftrieb:**
- die Druckverhältnisse im Untergrund, insbesondere unter der Wehrfundation, sind in der Regel durch punktuelle Auftriebsmessungen zu erfassen;
  - in der Regel erfolgen die Messungen jährlich sowie nach einem grösseren Hochwasser in der Grössenordnung eines 5-jährlichen Hochwassers.
- d) **Sickerwasser:** bei guten Sichtbedingungen sind Sickerwasserströme durch Erkundungen zu erfassen.
- e) **Funktionsprüfung:**
- jeder Wehrverschluss ist mindestens einmal jährlich an einer Funktionsprüfung mit Wasserabgabe zu betätigen;
  - die Prüfung beinhaltet die Erfassung und Auswertung des Öldrucks, die Stromstärken bei Direktantrieben sowie die benötigten Hubzeiten und erreichten Geschwindigkeiten;
  - die jährlichen Funktionsprüfungen beinhalten auch einen Test der Kraftreserve (Notstromgruppen oder Direktantriebe).
- f) **Ausserordentliche Kontrollen insbesondere in folgenden Situationen:**
- nach einem von den Behörden gemeldeten Erdbeben;
  - nach bedeutenden Hochwasserereignissen;
  - tägliche Schützenkontrollen bei Frost;
  - bei Abweichungen vom normalen Verhalten.

### B3.2.3 Kontrollen und Berichterstattung durch eine Fachperson (Jahreskontrolle)

Der Jahresbericht der erfahrenen Fachperson muss insbesondere enthalten:

- a) einen Bericht über die jährliche visuelle Kontrolle der Fachperson (Zustandsanalyse);
- b) eine Analyse der Messungen im Berichtsjahr und deren langfristige Interpretation (Verhaltensanalyse);
- c) eine Beschreibung der Messeinrichtung bzw. der AuswerteprozEDUREN, insbesondere Änderungen zum Vorjahr;
- d) einen Kommentar zu den durchgeführten Funktionsproben;
- e) eine Zusammenstellung und Bewertung von besonderen Vorkommnissen (bedeutende Hochwasser, Erdbeben, Störfälle);
- f) Empfehlungen zum Unterhalt, zum Umfang der Überwachung und zu allfälligen Massnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit der Anlage;

- g) die Resultate der ordentlichen Kontrollen und Messungen (wie Echolotaufnahmen, Tauchuntersuchungen, geodätische Vermessung).

Alle Messungen und Analysen des Berichtsjahres werden in der Regel in den Jahresbericht integriert, es erfolgt keine separate Zustellung an die Aufsichtsbehörde.

#### B3.2.4 Einmalige umfassende Sicherheitsüberprüfung und regelmässige Überprüfung der sicherheitsrelevanten Nebenanlagen

Die mit der einmaligen umfassenden Sicherheitsüberprüfung beauftragten Experten müssen gemeinsam Erfahrung in den relevanten Fachgebieten (Wasserbau, Hydraulik, Hydrogeologie, Geologie, Stahlwasserbau, Elektromechanik, Leittechnik) ausweisen.

Einem Wasserbau-Experten obliegt die Federführung der einmaligen umfassenden Sicherheitsüberprüfung. Er redigiert einen gemeinsamen Expertenbericht zuhanden der Behörden. Der Expertenbericht setzt sich mit folgenden Punkten auseinander und gibt Empfehlungen zu:

- hydraulische Auslegung der Anlage;
- Bemessungsgrundlagen (Statik, Hochwassersicherheit und Erdbebensicherheit) der Wehre und der übrigen Elemente mit Staufunktion sowie der Stauhaltungsdämme;
- Sicherheit der Nebenanlagen inkl. der Leittechnik;
- Messinstrumentierung (bestehende Messeinrichtung, Empfehlungen für Ergänzung);
- Zustand der gesamten Stauanlage inklusive den Nebenanlagen.

Die mit der regelmässigen Überprüfung der sicherheitsrelevanten Nebenanlagen beauftragten Experten müssen gemeinsam Erfahrung in den relevanten Fachgebieten ausweisen.

#### B3.2.5 Kontrollen und Massnahmen der Aufsichtsbehörde

Keine weiteren Spezifizierungen.

### B3.3 Notfallkonzept

Die Betreiberin zeigt in einem Notfallreglement auf, welche Vorkehrungen für den Fall, dass der sichere Betrieb einer Stauanlage insbesondere aufgrund von Verhaltensanomalien, Naturereignissen oder Sabotageakten nicht mehr gewährleistet ist, getroffen werden.

Das Notfallreglement muss insbesondere enthalten:

- a) eine Karte mit denjenigen Gebieten, die beim plötzlichen totalen Bruch eines Absperrbauwerks voraussichtlich überflutet werden (Überflutungskarte) sowie die Benennung und Lokalisierung von Objekten, welche bei einem unkontrollierten Abstau gefährdet werden könnten; auch die Auswirkungen von Breschen in den Stauhaltungsdämmen an verschiedenen relevanten Stellen sind zu untersuchen und in der Überflutungskarte darzustellen;
- b) eine Analyse derjenigen Faktoren, welche die Notfallbewältigung stark beeinträchtigen oder verhindern können (Gefahrenanalyse);
- c) eine Notfallstrategie mit Festlegung der Massnahmen, die bei einer Gefahrensituation zu treffen sind;
- d) ein Dokument, in dem die Funktionen der verantwortlichen Personen sowie der Alarmierungsablauf festgelegt sind (Notfallorganisation);
- e) ein Dossier für den Einsatz im Notfall (Einsatzdossier).

In der Gefahrenanalyse ist insbesondere aufzuzeigen:

- Konzept des Pikettendienstes (Aufgebot, Wegzeiten, aussergewöhnliche Fälle, Alarmtypen, Schulung);
- Brandkonzept (insbesondere für Steuerung und Stromversorgung);
- Möglichkeiten des Handbetriebs und anderer Notsysteme (z.B. Ersatzmotoren);
- Auffangen von Fehlern in der Leittechnik oder von menschlichen Fehlern;
- Vorkehrungen gegen Vandalismus und Sabotage.

In der Notfallstrategie ist insbesondere darzustellen:

- welche Massnahmen bei welchen Gefahrensituationen getroffen werden; dabei ist wo relevant auch auf Notfallszenarien anderer technischer Anlagen, wie insbesondere der Bruch von anderen Stauanlagen, einzugehen;
- die Absicherung der Energieversorgung der Steuerung sowie die Kraftreserve für den Wehrbetrieb;
- dass die Energie- und Steuerkabel ausfallsicher sind;
- die vorhandenen Redundanzen;
- das Konzept der Warnung und Alarmierung, inklusiv dem Meldeweg an der Aare.

Das Einsatzdossier beinhaltet Checklisten und Hilfsmittel für die Einsatzkräfte im Notfall.

#### B4. Aktensammlung

Die Aktensammlung der Betreiberin enthält insbesondere:

- die wichtigsten Pläne des ausgeführten Bauwerks und Angaben über die Bauausführung;
- die Nutzungsvereinbarung und die Projektbasis, sofern diese vorhanden sind;
- die statischen, hydrologischen und hydraulischen Berechnungen und Berichte;
- die geologischen Gutachten;
- den Bericht über die Inbetriebnahme der Anlage (Inbetriebnahmebericht);
- die Jahresberichte und die Berichte über die geodätischen Deformationsmessungen;
- den Bericht über die einmalige umfassende Sicherheitsüberprüfung
- die Berichte über die regelmässige Überprüfung der sicherheitsrelevanten Nebenanlagen
- die Berichte über Störfälle und Betriebsanomalien;
- das Überwachungs-, das Wehr- und das Notfallreglement.

## Anhang 1: Zeitplan zur Umsetzung der Sicherheitsanforderungen

- **Überwachungsreglemente:** für alle Anlagen von den Betreiberinnen den Behörden zur Genehmigung einzureichen bis Ende Dezember 2015
- **Wehrreglemente:** für alle Anlagen von den Betreiberinnen den Behörden zur Genehmigung einzureichen bis Ende Dezember 2015
- **Notfallreglemente:** für alle Anlagen von den Betreiberinnen den Behörden zur Genehmigung einzureichen bis Ende Dezember 2015
- **Nachgeführte Aktensammlung:** für alle Anlagen bis Ende 2015
- **Abfolge der einmaligen umfassenden Sicherheitsüberprüfungen**  
(Auseinandersetzung mit Statik, Dynamik, Hochwasser, besondere Gefährdungsbilder):

Auftrag	Abgabe	Stauanlagen
2015	2016	Niederried; Ruppoldingen; Wildegg-Brugg
2016	2017	Aarberg; Flumenthal; Klingnau
2017	2018	Bannwil; Gösgen <sup>*)</sup> ; Beznau
2018	2019	Wynau-Schwarzhäusern; Rupperswil-Auenstein

- **Abfolge der regelmässigen Sicherheitsüberprüfungen**

Abgabe	Stauanlage
2021 / 2026 / ...	Niederried; Ruppoldingen; Wildegg-Brugg
2022 / 2027 / ...	Aarberg; Flumenthal; Klingnau
2023 / 2028 / ...	Bannwil; Gösgen <sup>*)</sup> ; Beznau
2024 / 2029 / ...	Wynau-Schwarzhäusern; Rupperswil-Auenstein

<sup>\*)</sup> Spezialfälle:

- Gösgen: Ein Konzessionsprojekt wurde eingereicht, die Planung wird gegebenfalls entsprechend angepasst.