



Internationales Symposium INTERPRAEVENT 2004 – RIVA / TRIENT

ZUSTANDSBEURTEILUNG VON WILDBACHSPERREN

ASSESSMENT OF CHECK DAMS IN ALPINE TORRENTS

Hans Romang¹, Albert Böll² und Hans Kienholz³

ZUSAMMENFASSUNG

Der Unterhalt von Schutzmassnahmen dient der Erhaltung von Bausubstanz und Funktion. Aufgrund der bisherigen Entwicklung im Wildbachverbau ist in Zukunft mit einem starken Anstieg der Unterhaltsbedürfnisse zu rechnen. Es werden Methoden und Entscheidungsgrundlagen etwa zur Einschätzung des Zustandes oder zur Planung von Eingriffen benötigt. Der Zustand lässt sich als Ist-Soll Vergleich bewerten, wobei Grundsätze des Ingenieurwesens wie Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit zur Anwendung kommen. Es wird ein Vorgehen für die Beurteilung von Wildbachsperrern vorgestellt, welches aus den Teilen Zustandserfassung, Zustandsbewertung und Prognose besteht. Es werden verschiedene Grundlagen gezeigt, welche die Zustandsbewertung unterstützen. Dazu gehören sowohl allgemeine Regeln und Erkenntnisse als auch solche, die aufgrund von Expertenbefragungen anhand von zahlreichen Beispielen ermittelt wurden. Schliesslich wird die Lebensdauer von Sperrern und die Konsequenzen einer längerfristigen Betrachtung diskutiert.

Key words: Wildbachsperre, Zustand, Gefährdungsbild, Unterhalt, Lebensdauer

ABSTRACT

Maintenance of protective structures is a ongoing task to keep the buildings and their functionality. Based on the history of torrent control work an increasing demand for maintenance works can be assumed. Methods and basis i.e. to assess the state of the structures or to define the right moment for intervention are needed. The assessment of structural safety and functionality is derived from the comparison of the actual and the target state. A procedure to assess check dams in torrents is presented. It consists of documentation and valuation of the check dams' state and includes a forecast. Several foundations to support the assessment as general criteria and specific results from interviews of experts based on various examples are shown. Finally, the lifespan of torrent check dams and the consequences of a long-term assessment are discussed.

Key words: torrent check dam, technical state, critical conditions, maintenance work, lifespan

¹ tur gmbh (Teufen und Romang), Promenade 129, CH-7260 Davos Dorf. romang@tur.ch.

² Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf. albert.boell@wsl.ch.

³ Geographisches Institut der Universität Bern, Hallerstrasse 12, CH-3012 Bern. kienholz@giub.unibe.ch.

ERHALTUNG VON SCHUTZBAUTEN ALS ZENTRALE AUFGABE

Jährlich werden in der Schweiz alleine von Bundesseite rund 160 Mio. CHF in Schutzbauten gegen Naturgefahren investiert. Dabei kommt der Erhaltung bestehender Werke ein wachsender Anteil zu. Dies zeigt sich exemplarisch am Beispiel des Albertibaches (Abb. 1).

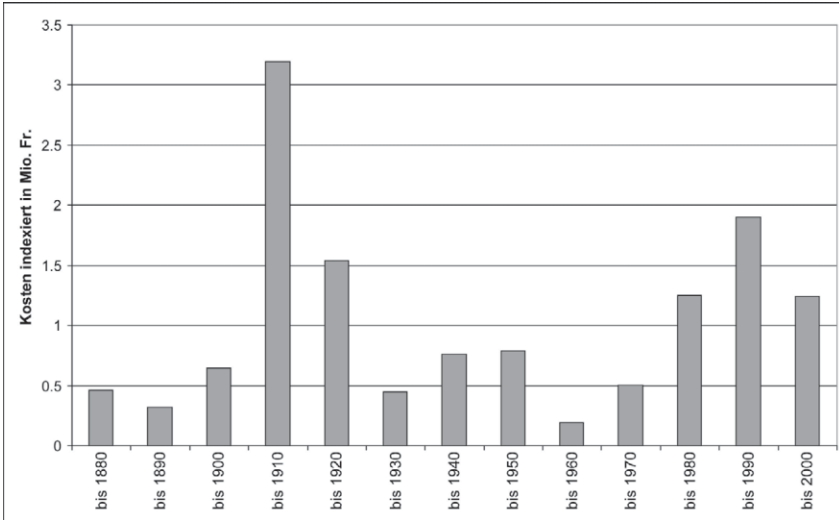


Abb. 1: Kosten für Schutzmassnahmen im Albertibach (Davos, Schweiz) hochgerechnet auf heutige Geldwerte
Fig. 1: Costs of hydraulic and forest engineering projected to today's values, Albertibach (Davos, Switzerland)

Bis 1950 kann hier von Verbauungsarbeiten gesprochen werden. Anschliessend handelt es sich schwergewichtig um Unterhaltsarbeiten an bestehenden Werken. Die Kosten lassen sich aufschlüsseln in rund 9 Mio. CHF Verbauungskosten und 4 Mio. CHF Unterhaltskosten (heutiger Wert). Somit ergibt sich bis heute ein Anteil der Unterhaltskosten von rund 40% der Baukosten. Dieser Wert wurde in der Grössenordnung auch durch andere Beispiele bestätigt und liegt wesentlich höher als andere Schätzwerte (3-13%) (Andrecs, 1995, Göttele, 1996, Länger, 1999). Dies weist deutlich auf die allgemein erwartete starke Zunahme von Unterhaltsaufwendungen hin.

Diese Differenzen folgen primär aus unterschiedlichen zeitlichen und thematischen Abgrenzungen. Analog zu SIA (1997) wird hier der Begriff der Bauwerkserhaltung umfassend verstanden: Die Sicherheit und Funktionalität der Bauwerke soll dauernd gewährleistet sein. Dies bedeutet etwa, dass eine angemessene Überwachung erfolgen und der Unterhalt gewährleistet sein muss. Unterhaltsarbeiten lassen sich unterteilen in Instandhaltung (auch betrieblicher Unterhalt, Wartung), Instandsetzung (auch baulicher Unterhalt, Reparatur) und Erneuerung (Renovation) Sie schliessen also sämtliche Arbeiten ein, welche langfristig der Erhaltung dienen. Weiter kommt nicht nur der Art des Eingriffes, sondern auch der Wahl des richtigen Zeitpunktes grosse Bedeutung zu.

Die Bestimmung von Zeitpunkt und Umfang von Unterhaltsarbeiten muss fallspezifisch erfolgen. Sie hängt etwa von der Konzeption und der Art der Werke sowie den Prozesseinwirkungen ab. Das nachfolgend vorgestellte Vorgehen und die Erkenntnisse zur Beurteilung von Konsolidierungssperren in Wildbächen soll diese individuelle Beurteilung unterstützen.

GRUNDLAGEN ZUR BEURTEILUNG VON SCHUTZBAUWERKEN

Wirksamkeit ist an eine Zielvorstellung über die gewünschte Wirkung gebunden. Je nach Fragestellung und Zielsetzung sind verschiedene Kriterien denkbar. In technischer Hinsicht wird hier auf die vom Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein (SIA) in der Norm 160 (SIA, 1989) eingeführten Begriffe "Tragsicherheit" und "Gebrauchstauglichkeit" abgestützt, welche sinngemäss mit „Sicherheit“ und „Funktionalität“ angenähert werden können. Die Beurteilung der Wirksamkeit von Wildbachsperrern kann so als Ist-Soll Vergleich verstanden werden, wobei der Ist-Zustand durch die aktuelle Situation, der Soll-Zustand mit Hilfe der genannten Kriterien beschrieben werden kann.

Zentral im Konzept von Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit sind die Gefährdungsbilder. Diese ergeben sich aus der Art und dem Zustand des Bauwerkes einerseits und den natürlichen Rahmenbedingungen andererseits. Sie können sowohl aus aussergewöhnlichen Ereignissen (z.B. Hochwasser) als auch aus stetigen Veränderungen (z.B. Sohlenhebungen und -senkungen, Hangkriechen) resultieren und beschreiben qualitativ und quantitativ die massgebenden Einwirkungen. Die möglichen Veränderungen der Einflussgrössen führen dazu, dass sich Gefährdungsbilder und damit die relevanten Einwirkungen ändern können. Die Kenntnis der Gefährdungsbilder ist Voraussetzung für die Beurteilung von Wildbachsperrern nach dem eingeführten Konzept. Bekannte Gefährdungsbilder, wie sie für die Projektierung von Sperrern bekannt sind (ASF, 1973) müssen mit solchen, die sich mit fortschreitender Lebensdauer ergeben (Böll, 1997, Romang, 2003), ergänzt und auf den betrachteten Fall abgestimmt werden.

Nebst dem expliziten Vergleich von Ist und Soll lässt bereits eine allgemeine Betrachtung hinsichtlich dem heutigem Zustand, den der Verbauung (vermutlich) zugrunde liegenden Überlegungen und der bisherigen Entwicklung (Alter, Schäden, Ereignisse) einige Rückschlüsse zu. Die Beurteilung von Schutzbauten ist immer eine Kombination von Gesamt- und Detailbetrachtung: Nur die Erhebung am Einzelobjekt liefert die Grundlage für die weiteren Arbeitsschritte; ohne Beurteilung des gesamten Verbauungssystems oder sogar des Wildbachsystems an sich bleibt aber die Aussagekraft limitiert.



Abb. /Fig. 2: Albertibach (Davos, Schweiz)

Damit soll auch angedeutet werden, dass die hier diskutierte, primär technisch orientierte Betrachtung nur ein Teilbereich beim Umgang mit Naturrisiken ist. Schutzbauten werden nicht zum Selbstzweck erstellt, sondern dienen dem Schutz vorhandener und künftiger anthropogener Werte. Deshalb muss auch die Beurteilung ihrer Wirksamkeit letztendlich an dieser Funktion gemessen werden. Zur Bestimmung der Wirksamkeit im weiteren Sinn wird deshalb vorgeschlagen, auf dem Risikokonzept (vgl. Abb. 2) zu basieren. Die Wirksamkeit misst sich an der erreichten oder erreichbaren Risikoverminderung. Damit wird nicht nur die Beurteilung von Schutzbauten zur Gefahrenabwehr in Verbindung mit den zu schützenden Werten ermöglicht, auch Vergleiche verschiedenster Massnahmen (etwa raumordnende Eingriffe) bis hin zu ökonomischen Ansätzen (Kosten-Nutzen Analysen) werden denkbar (Wilhelm, 1999, Romang et al., 2003a).

DAS VORGEHEN IM ÜBERBLICK

Für die Beurteilung von Schutzbauten wie Sperren müssen vorausgesetzt werden:

- Prozessverständnis und Kenntnis der entsprechenden Beurteilungsmethoden (wie generell für Wildbachbeurteilung notwendig).
- Kenntnis der relevanten konzeptionellen und bautechnischen Prinzipien und deren Anwendung in der Praxis.
- Spezielle Kenntnis der gefahrenrelevanten Faktoren, auf welche die untersuchten Schutzbauten wirken, respektive die ihrerseits eine Wirkung auf das Bauwerk ausüben können.

Grundsätzlich kann unterschieden werden zwischen den Arbeiten im Rahmen des Bauwerkmanagements und jenen der Gefahrenbeurteilung. Selbstverständlich sind die Grenzen fließend und die Bearbeitung erfolgt im Einzelfall nur in jener Tiefe, die der Aufgabenstellung auch angemessen ist. Trotzdem kann das folgende Gerüst als Hilfestellung dienen. Es wurde mit Fokus auf die Gefahrenbeurteilung entworfen, ist aber auch für die Bauwerkserhaltung, welche im übrigen im Interesse und der Pflicht des Werkeigentümers liegt, einsetzbar. Unabhängig von der Bearbeitungstiefe sollte eine Beurteilung von Wildbachsperren zu den nachfolgend aufgeführten Punkten Antworten geben. Ansonsten fällt sowohl die Berücksichtigung in der Gefahrenbeurteilung wie auch die Festlegung von Unterhaltsarbeiten schwer.

a) Zustandserfassung (Prozesse und Schutzbauten)

Nebst den Prozessabklärungen wie geomorphologische Kartierung, Abflussabschätzung oder geschiebetechnische Beurteilung sind Kenntnisse über die Schutzbauten zu erarbeiten. Dies umfasst sowohl Aktenstudium als auch und speziell die Erhebung im Feld. Für eine vollständige und nachvollziehbare Erfassung des Bauwerkszustandes empfiehlt sich die Verwendung spezieller Formulare oder Anleitungen (Beispiele in Romang, 2003).

b) Zustandsbewertung aus bautechnischer Sicht

Die Zustandsaufnahmen müssen ausgewertet und der Bauwerkszustand beispielsweise in Schadenklassen bewertet werden (s. Tab. 1). Es stellt sich insbesondere die Frage, ob die Tragsicherheit und/oder die Gebrauchstauglichkeit erfüllt sind, das heisst ob die Sperren dem Soll-Zustand entsprechen. Dazu werden wie erläutert die Gefährdungsbilder benötigt, welche sich aus der Prozessanalyse und dem Verbauungszustand herleiten lassen. Die darin bestimmten Einwirkungen sind weniger als einzelne physikalische Grössen sondern vielmehr als Gesamtheit zu verstehen. Gerade bei älteren Werken erfolgt die Beurteilung wegen der mangelhafter Grundlagen mehrheitlich qualitativ.

Tragsicherheit wird hier in erster Linie im Zusammenhang mit Aspekten im weiteren Sinne der Baustatik verwendet. Dazu zählen neben Tragwerkeigenschaften und Fundationsbedingungen insbesondere Gefährdungsbilder, aus denen sich Einwirkungen im Sinne von Belastungen ergeben. Mangelhafte Tragsicherheit führt zum Sperrenversagen.

Die Gebrauchstauglichkeit bezieht sich auf die Funktionalität der Sperre (Prozessbeeinflussung). Aus mangelhafter Gebrauchstauglichkeit (z.B. durch Holz oder Geschiebe verlegte Abflusssektion) kann ebenfalls eine Gefährdung der Tragsicherheit resultieren. Die nicht mehr gegebene Funktionalität kann aber auch ohne Tragwerkversagen negative Folgen haben. So kann beispielsweise Abfluss über die Flügel, allenfalls sogar neben Sperren, zu ernsthaften Erosionsproblemen insbesondere in den Einhängen führen, welche die Gefahrensituation massgeblich prägen, ohne dass es zu einem Sperrenversagen zu kommen braucht.

Stehen Sperren nicht isoliert, sondern als Sperrentreppe oder auch in Kombination mit Hangsicherungsmassnahmen, ist zu prüfen, was ein Versagen einer einzelnen Sperre für

das Gesamtsystem bedeutet. Es ist auch zu untersuchen, ob an gewisse Bauwerke im Sperrenverband (z.B. unterste und oberste Sperre) spezielle Anforderungen zu stellen sind. Weiter ist das ursprünglich zugrunde gelegte Verbaueungskonzept ebenfalls nach heutigen Kriterien und aufgrund der heutigen Situation zu prüfen. Allenfalls wird eine Anpassung der vorherigen Arbeiten (insbesondere Gefährdungsbilder) notwendig.

c) Zustandsprognose

In der Regel muss die Wirkung von Schutzbauten langfristig gesichert sein. Da ihre Lebensdauer im Verhältnis zu den natürlichen Abläufen und deren Dauer in der Regel deutlich kürzer ist, kommt der Abschätzung des künftigen (absehbaren) Bauwerkzustandes und -verhaltens für die Gefahrenbeurteilung und die Terminierung von Eingriffen grosse Bedeutung zu.

Je nach Aufgabenstellung sind nachfolgend die Auswirkungen des Verbaueungsverhaltens auf die wirkenden Prozesse zu prüfen (z.B. Geschiebefracht bei intakter Sperrentreppe als auch bei Versagen von Sperren). Dazu sind insbesondere Kenntnisse notwendig über das WIE und WIE STARK Massnahmen Prozesse beeinflussen können. Zu Wildbachsperren zeigen Roth et al. (2000) und Leitgeb (2002) aufschlussreiche Fallbeispiele. Romang (2003) diskutiert Methodik, Bedingungen und Erkenntnisse aus entsprechenden Untersuchungen.

Im Folgenden werden Elemente dieses Vorgehens, insbesondere die Zustandsbewertung und -prognose, vertieft behandelt. Damit sollen für die praktische Anwendung konkrete Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden.

BEDEUTUNG DER GEFÄHRDUNGSBILDER

Die Bedeutung der korrekten Ansprache der Gefährdungsbilder kommt in Abb. 4 zum Ausdruck. Nach den möglichen Ursachen für Sperrenversagen bei heutigen Sperren befragt, gewichten die Experten ein Versagen als Folge unvollständiger Prozess- und Gefahrenbeurteilung respektive nicht angepasster Massnahmenwahl am stärksten. Demgegenüber wird klar davon ausgegangen, dass bei genügenden Grundlagen die bautechnische Ausbildung von Sperren (Statik, Konstruktion) wenig Probleme bereitet.

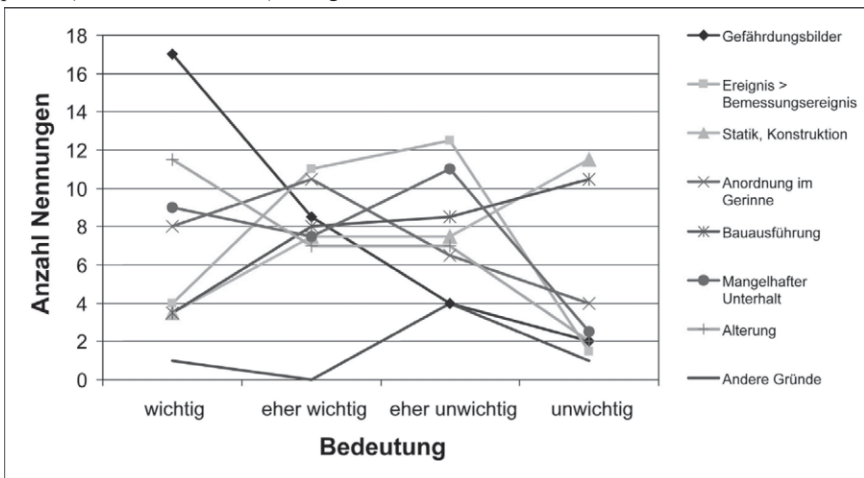


Abb. 3: Ursachen für Sperrenversagen (bestehende Verbaueungen) bewertet aufgrund praktischer Erfahrungen
 Fig. 3: Causes for check dam failure (existing structure) derived from practical experiences

SCHADENEINSTUFUNG – ALLGEMEINE KRITERIEN

Aufgrund des Feldbefundes kann eine qualitative Einschätzung des Sperrenzustandes in Schadenklassen erfolgen (Tab. 1, erstellt nach den Angaben von Zeller und Röthlisberger, 1987, BfK, 1992, ASTRA et al., 1998, Böll et al., 1999).

Tab. 1: Allgemeine Kriterien zur Schadeneinstufung

Tab. 1: General criteria for damage rating

	Guter Zustand	Genügender Zustand	Ungenügender Zustand	Schlechter Zustand
Allg.	wenig erwähnenswerte Mängel / Schäden Kolk unbedeutend	einige erwähnenswerte Mängel / Schäden Kolk eher gering	viele erwähnenswerte Mängel / Schäden Kolk kann bedeutend sein	gesamthaft schlechter Bauwerkszustand möglicherweise unterkolt
Beton-sperre	nur kleine Risse, Oberflächenschäden, Verfärbungen, lokal begrenzt	verschiedentlich Risse, auch durchgehend, Ausblühungen, lokal Korrosion	viele, auch grössere Risse, Ausblühungen, fortgeschrittener Korrosionsabtrag, Abplatzungen	weit geöffnete Risse, Hauptbewehrung stark angegriffen, deutlich erkennbare Verformungen
Stein-sperre	vereinzelt Risse mit Ausblühungen, stellenweise Fugenmörtel ausgebrochen	stärkere Rissbildung, Abwitterungen, Abplatzungen, durchgehende Risse mit Ausblühungen, Fugenmörtel über grössere Partien ausgebrochen	fortgeschrittene Abwitterungen und Abplatzungen, viele Ausblühungen, gelockerte Steine, umfangreiche Risse mit Ausblühungen, einzelne Steine fehlend, starker Bewuchs	verschiedentlich Steine fehlend, dadurch Verformungen, verbreitet Verwitterungen etc., starke Rissbildung auch durchs ganze Bauwerk (Ablösung einzelner Bauteile), Fugenmörtel meist fehlend
Holz-sperre	leichte Oberflächenschäden	Durchnässung, lokal Pilzbefall und morsche Stellen	starke Verformungen und Quetschungen, Korrosion Verbindungen, Vermorschung, Pilzbefall	starker Pilzbefall, Bruch einzelner Hölzer und Verbindungen, fortgeschrittene Vermorschung

Anmerkung: Die Einschätzung gemäss dieser Tabelle setzt auch voraus, dass bekannt ist respektive erkannt wird, ob beispielsweise eine Betonsperre armiert ausgeführt wurde oder nicht, oder ob bei einer Blocksteinsperre mit oder ohne Fugenmörtel gearbeitet wurde. Die entsprechenden Schadenbilder gelten selbstverständlich nur für den zutreffenden Typ.

Generell kann von gutem zu schlechtem Zustand gemäss der Tabelle eine Abnahme der Gebrauchstauglichkeit und schliesslich der Tragsicherheit erwartet werden. Für die explizite Beurteilung von Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit genügt diese Einstufung alleine aufgrund des visuellen Eindruckes nicht. Weitere Faktoren, welche in die Gefährdungsbilder einfließen, spielen eine Rolle:

- Einwirkung, Prozesse: Die Bedeutung eines „Schadens“ hängt davon ab, ob er unter Einbezug der massgebenden Gefährdungsbilder tatsächlich ein Sicherheitsrisiko darstellt. Auch die Information über frühere Ereignisse, die das Bauwerk möglicherweise unbeschadet überstanden hat oder aber bereits entscheidend geschwächt hat, ist wichtig.
- Bauwerk: Verschiedene bauwerkspezifische Faktoren beeinflussen die Wertung von Schäden. So haben beispielsweise Vertikalrisse in einer Betonsperre, die von Flanke zu Flanke trägt, eine andere Bedeutung als in einer Gewichtsmauer.
- Schwachstellen: Jedem Bauwerk wohnen Schwachstellen inne; z.B. material- oder konstruktionsbedingt sowie infolge notwendiger Kompromisse während der Projektierung und Ausführung. Deren Kenntnis ist ebenfalls entscheidend. Als Beispiel können die früher häufig als Auflage bei Blocksteinsperren verwendeten Prügelböden (aus Holz) erwähnt werden.

Der aktuelle Zustand ist zusammen mit den Prozesskenntnissen und der Charakteristik des Bauwerkes die Grundlage zur Formulierung der Gefährdungsbilder. Eine systematische Einschätzung aufgrund allgemeiner Kriterien erleichtert die Objektivität und Nachvollziehbarkeit eines Entscheides, ob das Bauwerk die Anforderungen hinsichtlich Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit erfüllt

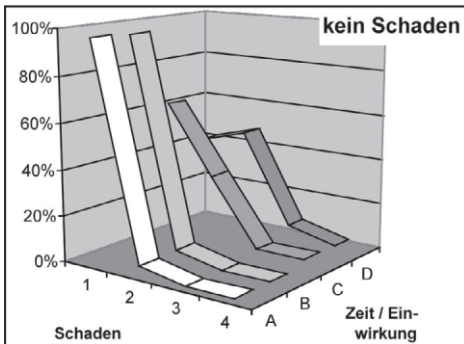
ZUSTANDBEWERTUNG AUFGRUND PRAKTISCHER ERFAHRUNGEN

Die Beurteilung bestehender Sperren erfolgt wie beschrieben häufig qualitativ, da wesentliche etwa Pläne oder Berechnungen fehlen. Der visuellen Beurteilung im Feld kommt dabei grosse Bedeutung zu. Hinsichtlich der Zustandsbeurteilung und generell der Wirkung von Wildbachsperren besteht ein grosses, aber dispers auf die einzelnen Akteure verteiltes und subjektives Erfahrungswissen. Die Sammlung und Aggregation dieses Wissens kann die gutachtliche Einschätzung unterstützen. Im Rahmen von Expertenbefragungen in der Schweiz und im nahen Ausland (Romang, 2003) wurden Formulare abgegeben, welche die Situation im Feld simulieren sollten. Die Experten waren gefordert, aufgrund von Bild und Beschrieb unterschiedliche Sperrenzustände zu verschiedenen Zeitpunkten zu beurteilen (Kat. A bis B in Abb. 4.1 bis 4.6).

Es zeigt sich, dass trotz der schwierigen Fragestellung und der zusätzlichen Erschwernis einer hypothetischen Übungsanlage klare Aussagen resultierten. Nachfolgend wird eine Auswahl der Resultate präsentiert.

Anhand des Sperrentyps „Stahlbetonsperre von Flanke zu Flanke tragend“ werden zunächst die Diagramme erläutert. Dieser heute in der Schweiz sehr gebräuchliche Sperrentyp wird auch als Referenz für die Erläuterungen zu den übrigen Typen verwendet. Hinsichtlich der Betonsperre als Gewichtsmauer, Blocksteinsperre und Holzkastensperre werden vor allem die Besonderheiten diskutiert.

Resultate Stahlbetonsperre (von Flanke zu Flanke tragend)



Diesem Sperrentyp wird offensichtlich vertraut. Sind heute keine Mängel oder Schäden zu erkennen, wird weder durch Alterung (20 Jahre) noch durch eine ausserordentliche Belastung eine wesentliche Beeinträchtigung der Sicherheit und Funktionalität erwartet.

Kategorien Schaden:

- 1 = keine bis leichte Schäden
- 2 = einige Schäden
- 3 = grosse Schäden bis teilweise zerstört
- 4 = teilweise bis vollständig zerstört

Kategorien Zeit / Einwirkung:

- A = Zustand heute
- B = Zustand in 20 Jahren
- C = Zustand nach Hochwasser (Bemessungsereignis)
- D = Zustand nach Murgang (Überlastfall)

Abb. 4.1: Szenario „kein Schaden: Alles i.O. (unbedeutender Kolk, evtl. Kolkchutz, keine Schäden, keine Besonderheiten im Gerinne / in den Einhängen).

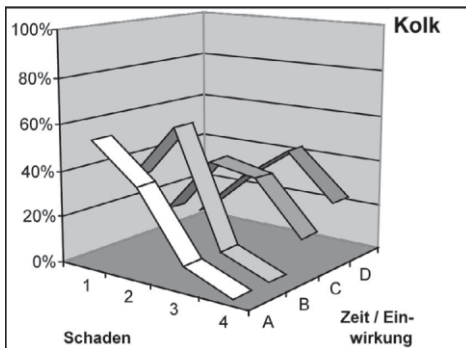


Abb. 4.2: Szenario 2 „Kolk“: Kolk (Sperre unten freigelegt), Einbindung mangelhaft.

Bei unterkolkten Sperren werden mit der Zeit leichte Verschlechterungen erwartet, im (Über-) Lastfall wird mit einigen bis grossen Schäden gerechnet. Die Einschätzung der Experten ist relativ breit gestreut, was auf gewisse Unsicherheiten bei der Beurteilung einer solchen Situation hindeuten kann. Unterkolkte Stahlbetonsperren, welche von Flanke zu Flanke tragen, können, müssen aber nicht empfindlich auf Belastungen reagieren.

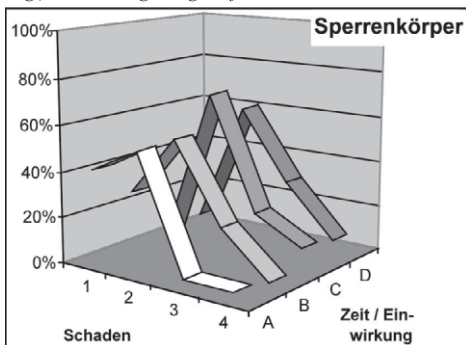


Abb. 4.3: Szenario 3 „Sperrenkörper“: Risse, Abplatzungen, Aussinterung, Abrasion, Armierung lokal freigelegt, Korrosion.

Leichtere Beschädigungen am Sperrenkörper werden zwar etwas schlechter als der neuwertige Zustand eingestuft, es ergeben sich aber kaum gefahrenrelevante Auswirkungen. Die Einschätzungen der Experten ergeben zudem ein sehr deutliches Bild. Hier zeigt sich, dass der visuelle Eindruck täuschen kann, wenn die sichtbaren Schäden nicht korrekt interpretiert werden. Eine entsprechend geschädigte Sperre mag ein unschöner Anblick sein, als Sicherheitsrisiko wird sie deswegen nicht eingestuft.

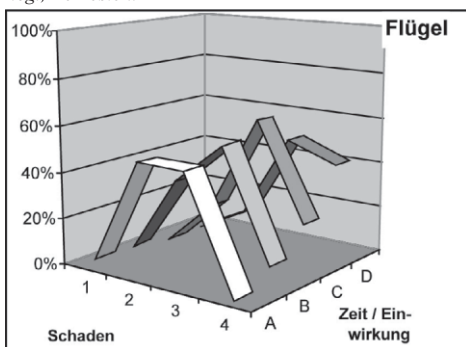


Abb. 4.4: Szenario 4 „Flügel“: Verschiebungen, Bruch speziell Flügel und Randbereich (⇒ Hangbewegungen).

Sperren mit durchgehenden Rissen bis hin zu Verschiebungen werden als schlecht eingestuft. Mit zunehmender Belastung werden die Aussagen der Experten diesbezüglich auch einheitlicher. Hier kommt die Bedeutung des statischen Systems zum Ausdruck: Seitlich eingebundene und tragende Sperren sind auf entsprechende Stabilität angewiesen, welche natürlich durch Risse und Brüche beeinträchtigt wird.

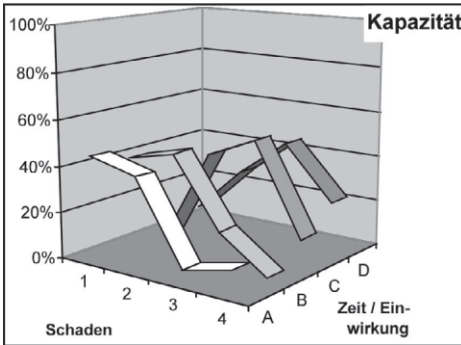


Abb. 4.5: Szenario 5 „Kapazität“: Unterdimensionierte Abflusssektion, Verklausungsgefahr.

Sperren mit zu kleiner Abflusssektion werden mehrheitlich nicht als beschädigt eingestuft, im (Über-) Lastfall wird aber als Folge mit grossen Schäden gerechnet. Dies zeigt deutlich die Bedeutung der getrennten und kombinierten Beurteilung der Tragsicherheit bzw. der Gebrauchstauglichkeit: Die Gebrauchstauglichkeit ist als Folge der zu geringen Bemessung nicht gegeben, dies führt im Lastfall zum Überströmen der Flügel, Erosion der Einbindung und damit nicht mehr gewährleisteter Tragsicherheit.

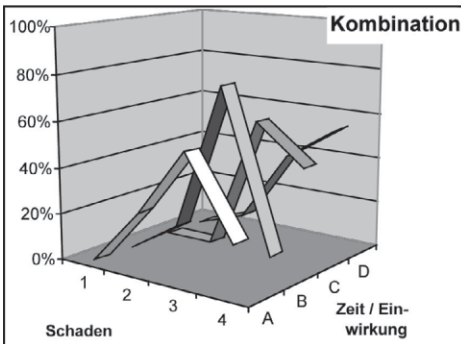


Abb. 4.6: Szenario 6 „Kombination“: Kombination von Kolk und Flügel.

Sperren, die bereits heute relativ stark beschädigt sind, werden auch entsprechend eingestuft. Im Lastfall wird mit grossen Schäden bis zur Zerstörung gerechnet.

Abb. 4.1 bis 4.6: Resultate der Expertenbefragung zum Typ Stahlbetonsperre

Fig. 4.1 to 4.6: Results of the expert interviews for check dams of reinforced concrete

Ergänzende Bemerkungen zu weiteren Sperrentypen

Hinsichtlich der als Gewichtsmauern ausgebildeten, nicht armierten Betonsperren fällt auf, dass sie generell schlechter eingestuft werden als Stahlbetonsperren. Während dies etwa beim Schadenbild Kolk plausibel ist, ist doch die Gewichtsmauer auf eine gute Fundation angewiesen, kann dies in den übrigen Fällen nicht unbedingt erklärt werden. Möglicherweise wird heute ein nicht armiertes Betonbauwerk generell als weniger stabil und dauerhaft angesehen.

Blocksteinsperren werden insbesondere hinsichtlich Kolk und Verformungen des Sperrenkörpers wesentlich kritischer eingestuft. Bezüglich der Unterkolkung gilt obige Anmerkung, da auch eine Steinsperre als Gewichtsmauer ausgebildet ist. Bei Verformungen des Sperrenkörpers wird ein rascher Fortschritt des Zerfalls befürchtet, da durch die gegenseitige Verschiebung der einzelnen Blöcke die Kontaktflächen möglicherweise kleiner werden und die Kräfte nicht mehr sauber abgetragen werden können.

Holzkastensperren (doppelwandige Konstruktion) werden generell schlechter eingestuft als Betonwerke. Dies gilt nicht nur für die zeitliche Prognose, was aufgrund der kürzeren Lebensdauer plausibel ist, sondern auch für das Verhalten im Lastfall. Hier kommt indirekt zum Ausdruck, dass Sperrenbauten nur so gut sind wie die Beurteilung der Einwirkungen und die Standortwahl. Während die Befragung vergleichbare Rahmenbedingungen vorgab, werden in der Praxis Holz- und Betonsperren nicht unter gleichen Voraussetzungen eingesetzt.

ZUSTANDSPROGNOSE UND IHRE KONSEQUENZEN

Schwere Schäden können auch die Folge der Alterung und damit verbunden des allenfalls vernachlässigten respektive nicht zeit- und fachgerecht vorgenommenen Unterhalts sein (vgl. Abb. 3). Bezüglich der Lebensdauer von Sperren liegen nur wenige Grundlagen vor. Es treten zudem fallspezifisch sehr grosse Unterschiede auf. Wird beispielsweise die Lebensdauer einer Betonsperre etwa auf 100 Jahre geschätzt, sind auch Fälle bekannt, wo aufgrund der starken Einwirkungen nach 20 Jahren bereits eine komplette Sanierung notwendig wurde. Während bei Holzsperrern nach rund 30 Jahren ein starker Abfall der Wirksamkeit feststellbar ist (Böll et al., 1999) zeigten Nötzli et al. (2002) an einem Beispiel, dass im Wildbachverbau verwendete Rundhölzer auch nach 60 Jahren noch ein ausreichende Festigkeit aufweisen können.

Aufgrund der Expertenbefragungen und der Literaturlauswertung ergeben sich folgende Richtwerte:

- Holzsperrern: Es ist grundsätzlich mit sehr variabler Lebensdauer zu rechnen. Sie hängt unter anderem ab von den Standortsbedingungen, der Bauqualität, der Holzart und dem Unterhalt. Als meistgenannter Bereich zeichnet sich eine Lebensdauer zwischen 20 bis 50 Jahren ab. Es wurde vielfach aber auch auf mögliche kürzere Dauern von 10 bis 15 Jahren hingewiesen, aber auch eine Lebensdauer bis zu 100 Jahren wird nicht als unmöglich erachtet respektive entspricht den subjektiven Erfahrungen.
- Steinsperren: Hier gilt generell, dass bei guten äusseren Bedingungen, das heisst wenn die Sperre nicht beeinträchtigt wird, sehr lange Lebensdauern erreicht werden. Sehr häufig wurden 100 Jahre als Richtwert genannt. Es wird aber auf Veränderungen wie Verformungen oder Unterkolkung hingewiesen, welche die Lebenserwartung deutlich verkürzen können.
- Betonsperren: Hier gilt sinngemäss dasselbe wie bei den Steinsperren. Zusätzlich spielt aber die Betonqualität eine wichtige Rolle, welche bei älteren Sperren erfahrungsgemäss schlechter ist. Hier kann unter Umständen nach rund 50 Jahren die Sperre beträchtliche Alterungserscheinungen aufweisen. Bei modernen Sperren wird generell mit längerer Haltbarkeit gerechnet (rund 100 Jahre), es wird aber mehrfach auch betont, dass hier die Erfahrungen fehlen.

Die zu erwartende Lebensdauer prägt die Zustandsbeurteilung stark. Obige Ausführungen zeigen, dass generelle Angaben mit Vorsicht zu geniessen sind. Die Lebenserwartung einer Verbauung hängt von orts- und bautypspezifischen Gegebenheiten ab, die sich nur vor Ort und mit den entsprechenden Fachkenntnissen abschätzen lassen. Böll et al. (1999: 54) halten zudem fest, dass die Betrachtung der Lebensdauer nicht alleine auf die technischen Aspekte reduziert werden darf. Fragen des zeitlichen Zusammenfallens von periodisch auftretenden Extremereignissen in Gerinnen oder dem zeitlich bedingten Stabilitätsverhalten von Hängen mit dem Ende der Lebensdauer sind wichtig; die richtige Beurteilung der Prozesse und die Auswirkungen der Massnahmen auf diese entscheidend.

Die Prognose respektive die Problematik der zeitlichen Veränderung der Wirksamkeit von Schutzmassnahmen nimmt auch Einfluss auf die Gefahrenbeurteilung. Die Frage nach dem zu erwartenden Zustand in 20 Jahren im vorangehenden Kapitel wurde auch deshalb gestellt, weil dies etwa der Zeitraum ist, auf den mit der Gefahrenbeurteilung verbundene Planungen wie die Raumnutzungsplanung ausgelegt sind. Absehbare Veränderungen in 20 Jahren sollen deshalb in Gefahrenkarten berücksichtigt werden. Dazu gehört selbstverständlich auch der Einbezug vorhandener Unterhaltspläne und entsprechende Arbeiten des Werkeigentümers, das heisst, es ist nicht zwingend von einer Verschlechterung der Wirksamkeit auszugehen.

Die explizite Berücksichtigung längerer Zeiträume dürfte in vielen Fällen die Möglichkeiten der Beurteilung übersteigen. Nicht zuletzt die aktuelle Klimadiskussion zeigt die bereits kurzfristig möglichen Variabilitäten und Unsicherheiten auf. Dies schliesst aber generelle Überlegungen zur Funktion von Schutzmassnahmen nicht aus. Durch Schutzbauten gesicherte Gebiete sollten in der Gefahrenkarte mit spezieller Markierung ausgewiesen werden. Dies dient der Problemwahrnehmung und -kommunikation durch Behörden und Betroffene, unterstützt die Begründung entsprechender Finanzbegehren und ist die Basis für risikoorientierte Raumnutzung. Künstlich gesicherte Siedlungsgebiete sind gerade im Alpenraum ein volkswirtschaftlich relevanter Faktor. Sie stellen aber sensible Bereiche dar, welche hinsichtlich des Risikomanagements hohe Anforderungen stellen, sei dies nun beim Bauwerksunterhalt oder der Vorbereitung auf trotzdem mögliche Schadenereignisse.

SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Die Erhaltung bestehender Schutzbauten ist eine Kernaufgabe beim Umgang mit Naturgefahren und wird in Zukunft mehr Mittel erfordern. Deshalb erlangen Grundlagen und Instrumente zur Bewältigung dieser Aufgaben grössere Bedeutung. Der erste Schritt zur Erhaltung ist die Überwachung. Dazu gehört sowohl die Aufnahme des Bauwerkzustandes wie auch dessen Bewertung als Basis für das weitere Vorgehen. Die im vorgestellten Artikel präsentierten Grundlagen sollen dazu eine Hilfestellung bieten.

Die Beurteilung des Verhaltens von Schutzbauten im Lastfall ist ein zentrales Element im Rahmen der Gefahrenbeurteilung. Ein systematisches, nachvollziehbares Vorgehen auch in diesem Bereich entspricht den Anforderungen eines zeitgemässen Qualitätsmanagements (Kienholz et al., 2002). Gerade Sperren zeigen die Bedeutung sowohl prozess- als auch massnahmenpezifischer Betrachtungen geradezu exemplarisch auf, da sie durch den Standort im hoch dynamischen Bereich des Wildbachgerinnes und zudem über grössere räumliche Distanzen verteilt diesem ständigem Wechselspiel unterworfen sind wie kaum ein anderes Schutzbauwerk.

Die Berücksichtigung von Schutzmassnahmen in der Gefahrenbeurteilung beschäftigt Forschung, Praxis und Verwaltung gleichermaßen (Romang et al., 2003b). Die Anstrengungen in der Schweiz zielen zum Einen auf bessere Grundlagen im Sinne von fachlichen Empfehlungen, zum Andern auf die Entwicklung strategischer Leitlinien im Sinne der „Risikokultur“ (PLANAT, 1998) hin. Bessere Kenntnisse des Einflusses von Schutzmassnahmen auf und ihre Beeinflussung durch die wirkenden Prozesse erlauben eine treffende Gefahrenbeurteilung als Grundlage für ein zeitgemässes Management von Naturrisiken und Schutzmassnahmen.

DANK

Für die Unterstützung der Untersuchungen geht ein Dank an folgende Institutionen und Personen:

- Bundesamt für Wasser und Geologie, Biel
- Zahlreiche Fachstellen und Experten im Bereich Wildbachverbau in der Schweiz, in Österreich und in Deutschland
- Gemeinde Davos
- Geographisches Institut der Universität Bern
- Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf

LITERATUR

- Andres P., 1995: „Grundlagenanalyse wildbachkundlicher Kenndaten anhand der Auswertung von Hochwassermeldungen“. *Diss. Univ. f. Bodenkultur, Wien*.
- ASF (Amt für Strassen- und Flussbau), 1973: „Dimensionierung von Wildbachsperrern aus Beton und Stahlbeton“. *Bern: EDMZ*.
- ASTRA (Bundesamt für Strassen), BAV (Bundesamt für Verkehr), BWV (Bundesamt für Wasserwirtschaft), SBB (Schweizerische Bundesbahnen), 1998: „Sicherheit von Bauwerken im Wasser – Empfehlung für die Überwachung und Hinweise für den Neubau“. *Bern: EDMZ*.
- Böll A., 1997: „Wildbach- und Hangverbau“. *Berichte der WSL, Nr. 343, Birmensdorf*.
- Böll A., Gerber W., Graf F., Rickli C., 1999: „Holzkonstruktionen im Wildbach-, Hang- und Runsenverbau“. *WSL, Birmensdorf*.
- BfK (Bundesamt für Konjunkturfragen), 1992: „Zustandsuntersuchungen an bestehenden Bauwerken – Leitfaden für Bauingenieure“. *Bern: EDMZ*.
- Göttle A., 1996: „Hundert Jahre Wildbachverbauung in Bayern – Bilanz und Ausblick“. *Internationales Symposium Interprävent 1996, Band 1: 1-26. Villach: Kreiner Druck*.
- Kienholz H., Herzog B., Bischoff A., Willi H.P., Kunz, I., Perret S., 2002: „Quality management in natural risk assessment“. *International Congress INTERPRAEVENT 2002 in the Pacific Rim, Band 1: 315-323. Tokyo: Nissei Eblo Co. Ltd.*
- Länger E., 1999: „Die Entwicklung der Wildbachverbauungstätigkeit der WLW in Österreich mit besonderer Berücksichtigung der Erhaltungsarbeiten und der Lebensdauer der Verbauungen“. *Wildbach- und Lawinenverbau, 63. Jg., Heft 139: 7-26*.
- Leitgeb M., 2002: „Event documentation – useful tool for risk analysis and proper risk management“. *International Congress INTERPRAEVENT 2002 in the Pacific Rim, Band 1: 325-334. Tokyo: Nissei Eblo Co. Ltd.*
- Nötzli K.P., Frei M., Böll A., 2002: „Tragsicherheit von Holzkonstruktionen im Wildbachverbau – ein Fallbeispiel 60-jähriger Wildbachsperrern“. *Schweiz. Z. Forstwes., 153 Jg., Nr. 10: 377-384*.
- Romang H., 2003: „Wirksamkeit und Kosten von Wildbach-Schutzmassnahmen“. *Dissertation Universität Bern*.
- Romang H., Kienholz H., Kimmerle R., Böll A., 2003a: „Control structures, vulnerability, cost-effectiveness – a contribution to the management of risks from debris torrents“. *In: Rickenmann D., Chen C. (eds): Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction and Assessment. Millpress Science Publishers, Rotterdam*.
- Romang H., Margreth S., Kienholz H., Böll A., 2003b: „Berücksichtigung von Schutzmassnahmen in der Gefahrenbeurteilung“. *Auswertung des Workshops der Forstlichen Arbeitsgruppe Naturgefahren (FAN) 2002*.
- Roth M., Bezzola G.R., Hunzinger L., Fäh R., Minor H.E., 2000: „Risikountersuchung an einem Wildbach bei Luzern (Schweiz)“. *Internationales Symposium Interprävent 2000, Band 2: 293-304. Villach: Kreiner Druck*.
- SIA (Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein), 1989: Einwirkungen auf Tragwerke.
- SIA (Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein), 1997: Erhaltung von Bauwerken.
- Wilhelm C. 1999: Kosten-Wirksamkeit von Lawinenschutzmassnahmen an Verkehrsachsen. *Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern*.
- Zeller J., Röthlisberger G., 1987: Lebensdauer von Holzsperrern am Beispiel der Gamser Wildbäche. *Berichte der WSL, Nr. 291, Birmensdorf*.