

INSPEKTION UND ÜBERWACHUNG VON SCHUTZANLAGEN DER WILDBACHVERBAUUNG IN ÖSTERREICH

MAINTENANCE AND MONITORING OF PROTECTION WORKS FOR TORRENT CONTROL IN AUSTRIA

Jürgen Suda¹, Martin Jenni² und Florian Rudolf-Miklau³

ZUSAMMENFASSUNG

Im folgenden Artikel wird ein Erhaltungskonzept (Zustandserfassung und –überwachung) für Schutzbauwerke der Wildbachverbauung auf Basis der ÖNORM – Regel 24803 vorgestellt. Es wurde vom Institut für konstruktiven Ingenieurbau (BOKU) im Auftrag des BMLFUW erarbeitet. Die Erhaltung läuft dabei zweistufig ab. Die erste Stufe, die Inspektion, dient dazu den augenblicklichen Zustand des Bauwerkes zu beschreiben und zu beurteilen. Die zweite Stufe beinhaltet die konkreten baulichen oder organisatorischen Maßnahmen. Um einen ökonomischen Einsatz der personellen und finanziellen Ressourcen zu gewährleisten erfolgt eine dreistufige Einteilung der Inspektion in die Laufende Überwachung (LÜ) die Kontrolle (K) und die Prüfung (P). Im Zuge des Artikels werden Instrumente und Grundlagen (Schädigungsmechanismen) beschrieben um Schutzbauwerke zu erfassen, deren Zustand zu bewerten und daraus Erhaltungsmaßnahmen abzuleiten.

Keywords: Schutzanlagen, Wildbach, Zustandsüberwachung

ABSTRACT

This paper deals with a maintenance concept (monitoring concept) for protection works developed within the ÖNORM 24803. This concept is worked out by the Institute of Structural Engineering (BOKU) by order of the BMLFUW. It is based on two main parts. The first part, the inspection, focuses on description and visual assessment of the current condition of a structure. The second part deals with discrete structural and organizational measures. The subdivision of the inspection in regular supervision, control and examination guarantees an economic use of the personnel and financial resources. The aim of this contribution is to introduce to instruments and basics for the maintenance of protection works.

Keywords: protection works, torrent, monitoring

1 Institut für konstruktiven Ingenieurbau, Department für Bautechnik + Naturgefahren, Universität für Bodenkultur (BOKU), Peter Jordan Straße 82, 1190 Wien, Österreich (Tel.: +43-1-47654-5256; Fax:-5299; email: juergen.suda@boku.ac.at)

2 Wildbach- und Lawinerverbauung, Gebietsbauleitung Bludenz, Austria (Tel.: +43-5552/62006; email: martin.jenni@die-wildbach.at)

3 Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Abteilung IV/5, Schutz vor Wildbächen und Lawinen; Bereich Technische Schutzmaßnahmen und Risikomanagement. , Wien, Austria (Tel.: +43-1-71100 - 7333; email: florian.rudolf-miklau@lebensministerium.at)

EINLEITUNG

Schutzbauwerke des FTD f. WLW werden in Österreich seit dem Jahr 1883 systematisch errichtet und in Stand gehalten. Zurzeit investiert der Bund jährlich rund € 45 Mio. in technische Wildbachschutzmaßnahmen, € 10 Mio. in Lawinenschutzmaßnahmen und € 4 Mio. in Erosionsschutzmaßnahmen (Steinschlag, Rutschungen). Diese Beträge erhöhen sich zusätzlich um die Anteile der Bundesländer und der Interessenten (z.B. Gemeinden, Wassergenossenschaften). Insgesamt wurden im Jahr 2006 in Österreich € 112 Mio. in technische Schutzmaßnahmen investiert.

Im Laufe der Zeit wurde ein umfangreicher Bestand an Anlagen mit direkter Schutzwirkung für den Siedlungsraum und für Infrastruktureinrichtungen geschaffen, der die Grundlage für ein hohes Sicherheitsniveau vor Naturgefahren und somit vieler Orts auch eine Voraussetzung für die Besiedelbarkeit der betreffenden Region bildet. Die laufende Erhaltung der Schutzwirkung dieser Anlagen (Schutzbauwerke) sowie im Bedarfsfall die Sanierung und Erneuerung des Bauzustandes stellt die Voraussetzung dar, dass das erreichte Sicherheitsniveau nachhaltig bestehen bleibt. Neben dem Neubau ist jedoch auch die laufende Erhaltung mit einem finanziellen Aufwand verbunden. Laut *Rudolf/Agerer, 2007* sind für Schutzbauwerke je nach Baumaterial und Art der Beanspruchung zwischen 0,1 und 1,0 % der Herstellungskosten jährlich für die Instandhaltung zu veranschlagen.

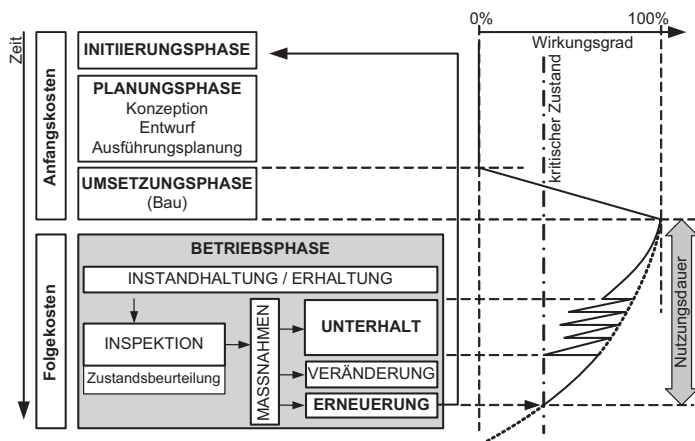


Abb 1: Schematische Darstellung der Lebensphasen und der Lebenszykluskosten einer Schutzanlage und dem jeweiligen Wirkungsgrad der Schutzanlage, die Instandhaltung beeinflusst die Kosten der Betriebsphase
Fig 1: Schematic figure of life cycle periods and costs for protection measures

Versucht man ein Optimum der Gesamtkosten zu erreichen muß der gesamte Lebenszyklus eines Bauwerkes betrachtet werden. Das Konzept eines auf die Kosten eines Lebenszyklus abstellenden Kostenmanagements (Live Cycle Costing/LCC) bezieht neben den Planungs- und Baukosten auch die Erhaltungskosten für die gesamte Lebensdauer von Anlagen mit ein (Abb 1). Darüber hinaus werden alle anderen Kosten berücksichtigt, die während der Nutzungsphase anfallen. Die Lebenszykluskosten umfassen üblicherweise die Planungskosten, Baukosten, Betriebskosten, Instandhaltungs- und Wartungskosten, Instandsetzungs- und Sanierungskosten, sowie die Kosten für eine eventuelle spätere

Nutzungsänderung und die Kosten für den Abtrag und die Entsorgung der Baumaterialien. Vom volkswirtschaftlichen Standpunkt aus betrachtet ist es sinnvoll, das Design des Schutzsystems und die Erhaltungsstrategie während der Betriebsphase so zu wählen, dass die Lebenszykluskosten der Anlagen ein Minimum werden, ohne ein festgelegtes Sicherheitsniveau zu unterschreiten. Um verschiedene Varianten der Erhaltungsstrategien zu entwickeln und zu optimieren benötigt man allerdings umfangreiche Informationen über das Langzeitverhalten der Schutzanlagen und der jeweils anfallenden Kosten.

Ein auf dem Lebenszyklus basierendes Kostenmanagement benötigt somit ein operatives Instrument, welches der Sammlung und Aufbereitung von Informationen aus allen Lebensphasen der Anlage ermöglicht (Abb 1). Erst auf dieser Grundlage können die mit dem Betrieb und dem Abtrag (Entsorgung) der Anlage verbundenen Vorgänge genau analysiert und später prognostiziert werden. Im Folgenden soll das für Österreich entwickelte System zur Instandhaltung und Überwachung der Schutzanlagen während der Betriebsphase im Bereich der Wildbachverbauung dargestellt werden.

INSTANDHALTUNG VON SCHUTZBAUWERKEN

Jedes technische Bauwerk ist in der Betriebsphase durch die Umgebungsbedingungen und die Funktionserfüllung einem Alterungs- und Abnutzungsprozess ausgesetzt. Dadurch ergibt sich für jedes Bauwerk eine beschränkte Lebensdauer (Abb 1). Nach der Errichtung erreicht die Schutzmaßnahme den vollen Wirkungsgrad. Dieser nimmt über die Nutzungsdauer je nach Erhaltungsstrategie ab. Bei der Konzeption geht man von einer plangemäßen Nutzungsdauer aus, deren Optimum von sicherheitsrelevanten und ökonomischen Überlegungen abhängig ist. Die ÖNORM EN 1990 schlägt für Brücken und andere Ingenieurbauwerke eine optimale Nutzungsdauer von 100 Jahren vor. Für austauschbare Tragwerksteile sollte eine Nutzungsdauer von 10 - 25 Jahren angestrebt werden. Um dieser geplanten optimalen Lebensdauer des Bauwerkes möglichst nahe zu kommen, muss es regelmäßig instand gehalten werden, besonders die austauschbaren Tragwerksteile (z.B. Rechen, Balken, Kronenpanzerungen in der Abflusssektion). Die Instandhaltung (Erhaltung) eines Bauwerkes ist „die Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Betrachtungseinheit zur Erhaltung des funktionsfähigen Zustandes oder Rückführung in diesen, so dass sie die geforderte Funktion erfüllen kann.“ (Schröder, 2005, 30f)

Die technischen und organisatorischen Grundlagen der Instandhaltung (Erhaltung) von Bauwerken bedarf, wie viele anderer technischer Fragen, einer Standardisierung oder Normung, um eine einheitliche Vorgehensweise zu gewährleisten bzw. hinsichtlich der sicherheitsrelevanten Fragen einen einheitlichen Stand der Technik vorzugeben. Im Bereich von Brückenbauwerken bestehen in Österreich seit Jahren gute Erfahrungen mit der normativen Regelung der Instandhaltung und des Zustandsmonitorings (z.B.: *RVS 13.71*). Auch für den Bereich der Stauanlagen (Wasserrückhalteanlagen) liegen entsprechende Regelwerke vor. Für Schutzbauwerke der Wildbachverbauung liegt seit 2007 die ÖNORM - Regel ONR 24803: Betrieb, Überwachung und Instandhaltung vor.

Die **Instandhaltung** auf Basis dieser ÖNORM - Regel läuft in zwei Stufen ab (Abb 2). Die erste Stufe ist die Inspektion, welche dazu dient den augenblicklichen Zustand des Bauwerkes zu beschreiben und zu bewerten. Die zweite Stufe beinhaltet die konkreten baulichen und organisatorischen Maßnahmen zur Instandhaltung der Anlagen. Die Entscheidung über Art

und Umfang der auszuführenden Maßnahmen wird in Abhängigkeit der Zustandsbewertung getroffen. Geht man so vor ist es möglich, nachvollziehbare und ökonomische Entscheidungen zu treffen.

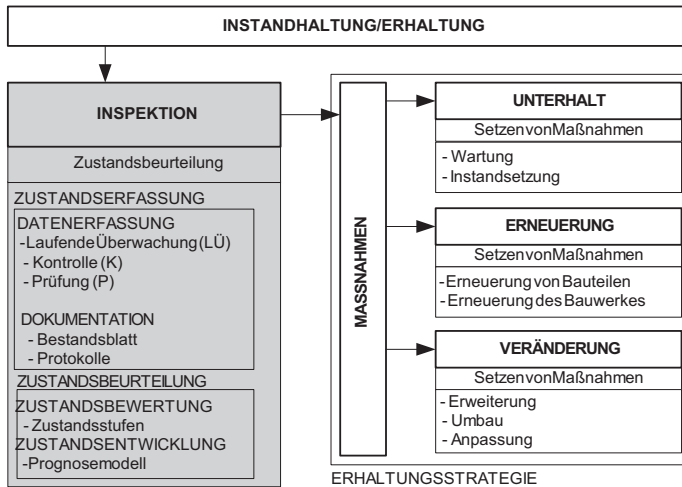


Abb 2: Übersicht über die Teile der Instandhaltung von Schutzbauwerken, aus Suda et al., 2007

Fig 2: Overview of the maintenance tools for torrent control measures; in Suda et al., 2007

Die Maßnahmen können je nach Art, Schwere und Umfang in jene des Bauwerksunterhaltes, der Erneuerung und der Veränderung eingeteilt werden.

Der **Unterhalt** (Bauwerksunterhalt) umfasst die Wartung und die Instandsetzung der Anlagen. Die **Wartung** von Schutzanlagen umfasst jene Maßnahmen, die die Zunahme des altersabhängigen Abnutzungsgrades verzögern. Er beinhaltet kleinere Maßnahmen, die zur Sicherung der Substanz und der Funktion erforderlich sind. Dazu gehört die Freihaltung der Gewässer und Abflusssektionen der Bauwerke von abflusshemmendem Bewuchs, absturzgefährdeten Bäumen und von Geschiebeablagerungen. Als **Instandsetzung** wird die Summe von jenen Maßnahmen bezeichnet, die die Funktionsfähigkeit einer Schutzanlage im Falle ihrer Beeinträchtigung oder Einschränkung, beispielsweise durch Schäden, Baumängel, Funktionsbeeinträchtigungen oder als Folge eines Extremereignisses wieder herstellen. Er umfasst bauliche Maßnahmen kleineren Umfangs ohne nennenswerte Anhebung des Gebrauchswertes. Dazu gehören neben Maßnahmen an den Bauwerken selbst auch die Behebung kleinerer Uferanbrüche, die im Zusammenhang mit der Standsicherheit des Schutzbauwerkes zu sehen sind.

Die **Veränderung** einer Schutzanlage der Wildbachverbauung ist die strukturelle und/oder funktionale Modifikation. Die Veränderung kann in einer Erweiterung, einem Umbau oder einer Anpassung der Anlage bestehen. Beispielsweise spricht man von einer Erweiterung wenn auf eine bestehende Konsolidierungssperre ein Dosierwerk aufgesetzt wird. Ein Umbau hingegen ist zum Beispiel, wenn aus einer Dosiersperre durch baulichen Verschluss der Öffnungen eine reine Konsolidierungssperre gemacht wird. Unter einer Anpassung versteht

man z.B. die Anpassung der Größe der Abflusssektion an geänderte hydrologische Verhältnisse.

Die **Erneuerung** ist der „Ersatz von Bauwerksteilen oder eines ganzen Bauwerks durch Abbruch und Neubau, wodurch der volle Gebrauchswert der Anlage wieder hergestellt wird.“ (BMVIT, 1997, 6f.) Das Vormauern eines gesamten Sperrnkörpers oder das neue Aufsetzen einer abgesicherten Abflusssektion ohne in den Dimensionen etwas zu verändern zählt ebenfalls zu den Maßnahmen der Erneuerung und nicht der Veränderung.

INSPEKTION VON SCHUTZBAUWERKEN

In der Inspektion (Abb 2) sind alle Tätigkeiten zur „Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes eines technischen Bauwerkes einschließlich der Bestimmung der Ursachen der Abnutzung und dem Ableiten der notwendigen Konsequenzen für eine künftige Nutzung“ (DIN 31051, 3) zusammengefasst. Sie dient dem Zweck, die Zuverlässigkeit (Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit, Dauerhaftigkeit) und Funktionssicherheit des Bauwerkes zu gewährleisten.

Die Tätigkeiten im Zuge der Inspektion gliedern sich in die Zustandserfassung und die Zustandsbeurteilung (Abb 2 und Abb 3). Im Zuge der **Zustandserfassung** werden der aktuelle Zustand und die bisherige Entwicklung des Bauwerkes erhoben. Dazu gehört die Erhebung der verwendeten Werkstoffe und deren Eigenschaften, der geometrischen Abmessungen, der Einwirkungen und des statischen Systems. Im Zuge der **Zustandsbeurteilung** werden die erfassten Daten bewertet und analysiert. Dies geschieht auf Basis der Zustandserfassung und -bewertung (aktueller Zustand) sowie einer Prognose der weiteren Zustandsentwicklung und deren Konsequenzen im Laufe einer festgelegten Restnutzungsdauer. In Verbindung mit der Erhaltungsstrategie werden Maßnahmen abgeleitet.

Bauwerkskategorien

Die Einteilung in Bauwerkskategorien hat das Ziel, den Inspektionsaufwand nach einem nachvollziehbaren Schema auf ein Minimum zu reduzieren und gleichzeitig einen gewünschten Sicherheitslevel zu gewährleisten.

Das Verbauungssystem eines Einzugsgebietes besteht aus einer Vielzahl von Schutzbauwerken, die in einer Wirkungsbeziehung zueinander stehen. Innerhalb dieser Wirkungsbeziehungen gibt es Bauwerke, deren Versagen höhere und geringere negative Auswirkungen auf das restliche Verbauungssystem und die geschützten Bereiche haben. Eine ökonomische Betrachtung der Inspektionsroutinen zeigt die Notwendigkeit, sicherheitstechnisch relevante Bauwerke (Schlüsselbauwerke) öfter zu überwachen als die restlichen (Standardbauwerke). Die Auswahl der relevanten Bauwerke darf natürlich nicht undifferenziert erfolgen. Es ist erforderlich, einen nachvollziehbaren, standardisierten Entscheidungsprozess zu entwickeln.

Die Wertigkeit definiert sich über die Auswirkungen eines Versagens eines Einzelbauwerkes auf das restliche Verbauungssystem oder auf die durch die Verbauung geschützten Bereiche. Die Einteilung kann, basierend auf den Schadensfolgeklassen der *ÖNORM EN 1990*, nach Tab. 1 erfolgen. Weiters sind in den Entscheidungsprozess folgende Punkte einzubeziehen:

- Funktion und Art der Schutzwirkung des Bauwerks
- Beanspruchung durch Prozesse und Lasten
- Lage des Bauwerks bezüglich anderer Bauwerke (Bauwerkverband)
- Lage des Bauwerkes bezüglich des Gefährdungsgebietes
- Sensibilität des Bauwerks gegen Einwirkung (Ereignisse) oder Funktionsstörungen
- Erreichbarkeit des Bauwerkes (Aufschließung)

Tab. 1: Zusammenhang zwischen den Auswirkungen auf das Verbauungssystem und die geschützten Bereiche bei Versagen eines Bauwerkes und den Schadensfolgeklassen nach ÖNORM EN 1990

Tab. 1: Relation between a group of structures and the area to be protected regarding the failure consequences due to the breakdown of one structure of a group

Auswirkungen auf das Verbauungssystem	Auswirkungen auf die geschützten Bereiche		
	hoch	mittel	gering
	dicht besiedelte Gebiete, Siedlungskerne, wichtige Infrastruktureinrichtungen, überregionale Verkehrswege; hohes Personenrisiko	locker besiedelte Gebiete, Einzelgebäude, regionale Verkehrswege; mittleres Personenrisiko	Nebengebäude, untergeordnete Infrastruktur, Nebenverkehrswege; geringes Personenrisiko
hoch (Auswirkungen auf die gesamte Verbauung - Serienversagen)	CC3	CC3	CC3
Mittel	CC3	CC3	CC2
Gering (nur lokale Auswirkungen, keine Auswirkung auf das Versagen weiterer Bauwerke)	CC3	CC2	CC1
Die Schadensfolgeklassen sind nach ÖNORM EN 1990 wie folgt definiert: Schadensfolgeklasse CC3: hohe Folgen für Menschenleben <u>oder</u> sehr große wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen. Schadensfolgeklasse CC2: mittlere Folgen für Menschenleben <u>und</u> beträchtliche wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen. Schadensfolgeklasse CC1: niedrigere Folgen für Menschenleben <u>und</u> keine oder vernachlässigbare wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen.			

In die Kategorisierung ist auch die Wirkung von Bauwerksverbänden einzubeziehen. Dabei sind folgende Wirkungsbeziehungen von Bedeutung:

- Räumlich in Beziehung stehende Bauwerksgruppen, die gemeinsam eine Schutzwirkung ausüben (z.B. Sperrenstaffelung in einer Erosionsstrecke)
- Funktional in Beziehung stehende Bauwerksgruppen, die gemeinsam eine Schutzwirkung ausüben (z.B. Hochwasserrückhalt in Kombination mit der auf die Restwassermenge dimensionierten Regulierungsstrecke)

Im Sinne der Effizienz können Standardbauwerke für die Zustandserfassung zu Bauwerksgruppen zusammengefasst werden.

Somit umfasst die Bauwerkskategorie der **Standardbauwerke** jene Bauwerke deren Versagen nur mittlere oder geringe (lokale) Auswirkungen auf das Verbauungssystem und geringe Auswirkungen auf die geschützten Bereiche hat. Bauwerke die in die Schadensfolgeklasse CC1 fallen, dürfen als Standardbauwerke betrachtet werden. **Schlüsselbauwerke** sind Bauwerke, deren Versagen entscheidende Auswirkungen auf die geschützten Bereiche oder das Verbauungssystem haben. Beispielsweise sind Murbrecher,

Dosiersperren und Bauwerkssysteme, in denen das Versagen eines Bauwerkes zu einem Serienversagen führen kann, in diese Kategorie einzuordnen. Bauwerke, die in die Schadensfolgeklassen CC3 fallen, sind als Schlüsselbauwerke zu betrachten. Bei Bauwerken, die in die **Kategorie CC2** fallen, ist im Einzelfall zu entscheiden.

Die Bauwerkskategorien eines Einzugsgebietes sind vor den Begehungen von fach- und ortskundigen Experten (z.B.: Experten der WLV) festzulegen und kartografisch und schriftlich festzuhalten.

Instrumente der Inspektion

Eine große Zahl von Schutzbauwerken der Wildbachverbauung befindet sich an schwer zugänglichen Stellen. Eine flächendeckende Inspektion dieser Bauwerke ist somit mit einem hohen Aufwand an zeitlichen und personellen Ressourcen verbunden. Bei der Entwicklung einer standardisierten Inspektionsroutine gilt es nun, einen tragbaren Kompromiss zwischen sicherheitsrelevanten und ökonomischen Faktoren zu finden. In der *ONR 24803* wird daher ein dreistufiges Inspektionsverfahren vorgeschlagen. Es gliedert sich in die Laufende Überwachung (LÜ), welche an allen Bauwerken flächendeckend und regelmäßig durchgeführt wird, die Kontrolle (K), welche nur an sicherheitstechnisch relevanten Bauwerken regelmäßig durchgeführt wird und die Prüfung (P), welche nur im Bedarfsfall angeordnet wird. Gemeinsam mit der Erstaufnahme bilden diese drei Inspektionsarten die **operativen Instrumente** der Inspektion (Abb 3). Der Umfang der durchzuführenden Erhebungen je Inspektionsart ist in der *ONR 24803* geregelt.

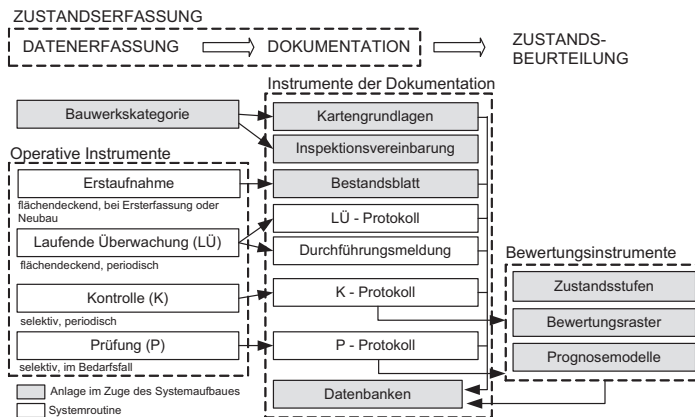


Abb 3: Instrumente der Inspektion

Fig 3: Instruments for Inspection

Die Laufende Überwachung ist von eingeschultem forsttechnischem Personal durchführbar, die Kontrolle von einschlägigen Experten und eine Prüfung im Optimalfall von einer interdisziplinären Expertengruppe. Somit erfolgt die flächendeckende Überwachung durch geschultes Fachpersonal (lohnkostensparend) mit relativ geringem Aufwand, die höheren Stufen durch Experten (lohnkostenintensiv) mit höherem Aufwand pro Bauwerk.

Die Einteilung in Bauwerkskategorien hat Auswirkungen auf die Inspektionsintervalle und die durchzuführenden Inspektionsarten. So sind Schlüsselbauwerke jährlich und Standardbauwerke mindestens alle 5 Jahre einer Laufenden Überwachung zu unterziehen. Schlüsselbauwerke sind alle 5 Jahre zu kontrollieren, Standardbauwerke nur, wenn bei einer LÜ ein möglicher Schaden festgestellt wurde. Die Inspektionsarten und weitere zugeordnete Vorschriften sind in Tab. 2 zusammengestellt.

Tab. 2: Übersicht über die Inspektionsarten nach *ONR 24803*
Tab. 2: Types of Inspection according to *ONR 24803*

Art der Inspektion	LÜ	K	SK	P
	Laufende Überwachung	Kontrolle	Kontrolle nach besonderem Anlass	Prüfung
Zeitraum	Schlüsselbauwerke: jährlich Standardbauwerke: mind. alle 5 Jahre und nach außergewöhnlichen Ereignissen	alle Bauwerke: vor Ablauf der Gewährleistung Schlüsselbauwerke: alle 5 Jahre	Schlüsselbauwerke: nach außergewöhnlichen Ereignissen (Hochwasser, Murgänge,...)	bei Bedarf
Ansprache	visuell	visuell		Methoden laut Stand der Technik
Durchführung	geschultes Personal oder forsttechnisches Personal	fachkundige Experten oder entsprechend geschultes und erfahrenes Fachpersonal		fachkundige Experten (interdisziplinäre Expertenteams)
Ergebnis	LÜ-Protokoll bei Beschädigung	K-Protokoll		P-Protokoll

Neben den Bauwerkskategorien und den operativen Instrumenten gibt es noch jene der Dokumentation. Sie dienen der Protokollierung und Speicherung der erhobenen Daten, Einteilungen und getroffenen Vereinbarungen. Für jedes operative Instrument wurde ein zugehöriges feldtaugliches Protokoll (Standardformular) entwickelt. Vorschläge für Bestandsblätter und Protokolle sind teilweise in der *ONR 24803* und zur Gänze in *Suda. et. al., 2007* enthalten. Die Bewertungsinstrumente dienen dem Zweck der Zustandsbewertung (Abb 3), der letzten Stufe der Inspektion.

ZUSTANDBEWERTUNG

Das Ziel der Zustandsbewertung ist es, das Bauwerk in eine der sieben Zustandsstufen einzuordnen (Tab. 3). Diese Klassifizierung beruht auf dem Vorschlag einer Schadensklassifizierung für Betonbrücken nach *Wicke et al., 1987*. Je niedriger die Zustandsstufe, desto besser der Bauwerkszustand. Aus diesen Zustandsstufen werden die Sanierungsmaßnahmen und deren Dringlichkeit abgeleitet. Da die Dringlichkeit der Maßnahmen von der Wertigkeit des Bauwerkes abhängt, gibt es eigene Klassen für Standardbauwerke und Schlüsselbauwerke.

Die Beurteilung der erfassten Schäden und die Zustandsbeurteilung geschehen gutachterlich, mit Unterstützung eines standardisierten Formulars. Die Einteilung sollte primär nach dem Kriterium erfolgen, ob für das Bauwerk nach dem nächsten Ereignis (HQ 30), dem nächsten Bemessungsereignis oder längerfristig die **prozessbezogene Gebrauchstauglichkeit** (Funktionserfüllung) und **Standicherheit** gegeben ist. (Tab. 4). Da an eine Zustandsstufe konkrete Maßnahmen und ein Durchführungszeitraum geknüpft sind, ist die **Dringlichkeit der Maßnahmen** ebenfalls in die Beurteilung einzubeziehen.

Die Grundlage der Zustandserfassung bildet somit die Aufnahme von Schäden und Mängel am Bauwerk im Zuge einer Inspektion. Die Schäden lassen sich in jene, die zu einer Verringerung der Tragfähigkeit, der Gebrauchstauglichkeit oder der Dauerhaftigkeit führen einteilen.

Tab. 3: Zustandsstufen von Schutzbauwerken

Tab. 3: Condition levels

Zustandsstufen			
für Standardbauwerke		für Schlüsselbauwerke	
0	Bauwerk ist entbehrlich	-	-
1	sehr guter Erhaltungszustand	S1	sehr guter Erhaltungszustand
2	guter Erhaltungszustand	S2	guter Erhaltungszustand
3	ausreichender Erhaltungszustand	S3	ausreichender Erhaltungszustand
4	mangelhafter Erhaltungszustand	S4	mangelhafter Erhaltungszustand
5	schlechter Erhaltungszustand	S5	schlechter Erhaltungszustand
6	Zerstörung (Totalschaden)	S6	Zerstörung (Totalschaden)

Da die Komponenten eines Schutzsystems durch die Prozessdynamik (hydraulische Prozesse, Abtrags- und Ablagerungsprozesse,...) in einer komplexen Wirkungsbeziehung zueinander stehen, ist es bei der Beurteilung des Zustandes eines Einzelbauwerkes zwingend erforderlich das gesamte Verbauungssystem zu betrachten, da das Versagen eines Einzelbauwerkes durch die Wirkungsbeziehungen Auswirkungen auf die restliche Verbauung und die geschützten Bereiche hat. Der Begriff Versagen umfasst dabei neben dem Versagen der Tragfähigkeit (Standicherheit) auch das Versagen der prozessbezogenen Gebrauchstauglichkeit eines Einzelbauwerkes oder des Gesamtsystems.

Tab. 4: Kriterien zur Einteilung in Zustandsstufen aufgrund prozessbezogener Gebrauchstauglichkeit und Standicherheit; aus *ONR 24803*

Tab. 4: Criteria for the choice of a condition level according to the process-related usability and stability against collapse; in *ONR 24803*

Stufe	Gebrauchstauglichkeit/Standicherheit				Zeitraum für bauliche Maßnahmen (Dringlichkeit)	
	Aufnahmezeitpunkt	nächstes Ereignis (HQ 30)	nächstes Bemessungsereignis	längerfristig	S	
0	-	-	-	-	-	-
1	g	g	g	g	kF	kF
2	g	g	g	g	kF	kF
3	g	g	g	ng	kF	kF
4	g	g	ng		3 J	kF
5	g	ng			1 J	2 J
6	ng				sofort	sofort

g = gegeben, ng = nicht gegeben, kF = keine Festlegung, J = Jahre

Aufgrund der Prozessorientierung dieser Bauwerke sind die Versagensarten des Überschreitens der Tragfähigkeit und der prozessbezogenen Gebrauchstauglichkeit als gleichwertig anzusehen.

Um die Auswirkung von Schäden auf das Versagen in ausreichendem Ausmaß beurteilen zu können, ist es notwendig, zum Begriff Bauwerk die wasser- und luftseitigen Bachbereiche mit einzubeziehen (Abb 4). Die wasser- und luftseitigen Vorfelder haben wesentlichen Einfluss auf die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Bauwerkes. Bei der Aufnahme der Schäden ist es auch wichtig, diese konkreten Anlagenteilen zuzuordnen, um bei einer späteren Auswertung die kostenrelevanten Bauteile identifizieren zu können. In Abb 4 sind die wichtigsten Bauteile einer Konsolidierungssperre und einer Dosiersperre mit Retentionsbecken dargestellt.

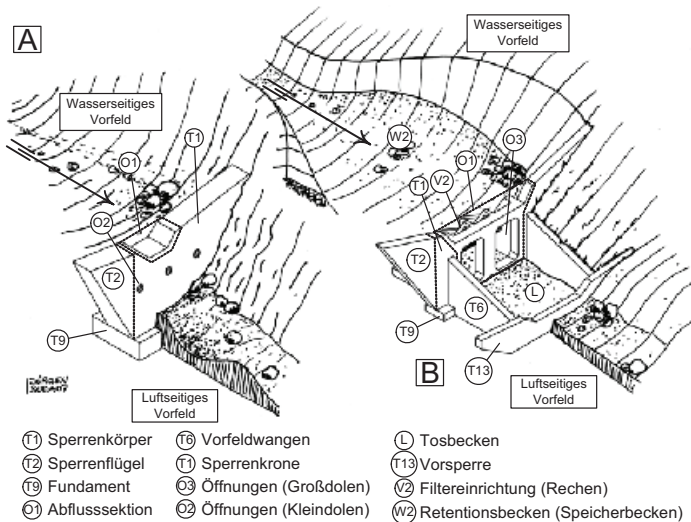


Abb 4: Anlagenteile von Schutzbauwerken: (A) Konsolidierungssperre; (B) Beispiel eines komplexeren Bauwerkes (Dosiersperre mit Retentionsbecken); aus *Suda et al., 2007*

Fig 4: Parts of protection works: (A) check-dam; (B) example for a complex barrier (dosing dam with retention basin); in *Suda et al., 2007*

SCHÄDEN UND SCHADMECHANISMEN

Um den Zustand bzw. die Entwicklung des Zustandes eines Bauwerkes abschätzen zu können, ist die Kenntnis der Mechanismen, die zu Bauwerksschäden führen können (Schadmechanismen) notwendig. Den Randbedingungen denen ein Schutzbauwerk in der Natur unterliegt, kann man konkrete Schadmechanismen zuordnen. Diese Schadmechanismen lassen sich in die prozessspezifischen und materialspezifischen Schadmechanismen einteilen. **Prozessspezifische Schadmechanismen** begründen sich aus den Wildbachprozessen und sind beispielsweise Verlust der luftseitigen geotechnischen Widerstände durch Kolkbildung oder eine unplangemäße Auflandung der Gerinnesohle durch übermäßige Geschiebefrachten während eines Ereignisses. Im ersteren Fall können die Folgeschäden eine Unterströmung

(Piping) des Bauwerkes mit anschließendem Standsicherheitsverlust sein. Auflandungen im Gerinne können die Bachachse verschieben und zu Bauwerksumgehungen führen. Die **materialspezifischen Schadmechanismen** hängen von dem verwendeten Werkstoff ab. Der wesentliche Mechanismus bei Holz ist die physikalisch/biogene Holzzerstörung. An Stahlbeton sind Rissbildungen, Bewehrungskorrosion und Abrasion relevant. In *Suda et al., 2007* wurden die relevanten Schadmechanismen systematisch aufbereitet und ein Schadenstypenkatalog erstellt. In Tab. 5 sind als Beispiel die möglichen Schadenstypen an einer Konsolidierungssperre aus Holz (Holzkasten) dargestellt. Bei der dargestellten Konsolidierungssperre sind besonders die Abflusssektion (O1) die seitlichen Flügelbereiche und Einbindungen (E1) und das luftseitige Vorfeld (L) relevant für eine Inspektion.

Tab. 5: Mögliche Schadenstypen an einer Konsolidierungssperre aus Stahlbeton: (A) Schäden im Sperrumfeld (luft- und wasserseitiges Vorfeld); (B) Schäden am Bauwerk, aus *Suda et al., 2007*

Tab. 5: possible types of damage on a timber check dam: (A) damages in the surrounding area; (B) damages on the structure; in *Suda et al., 2007*

Bez. ¹⁾	Anlagenteile und mögliche Schadenstypen	Lage der Schadenstypen
QW1	Wasserseitiges Vorfeld – Verlandungsraum	
P13	Verringerung des Abflussprofils	
P27	Unplangemäße Auflandung der Gerinnesohle	
P28	Fehlende Verlandung bei Konsolidierungssperren	
QL	Luftseitiges Vorfeld	
P27	Unplangemäße Auflandung der Gerinnesohle	
QE1	Seitliche Einbindung	
P23	Reduzierter Widerstand im Bereich der seitlichen Einbindung	
P25	Umgehung des Bauwerkes	
P210	Unplangemäße Hangbewegungen	
QE2	Untere Einbindung (Bereich der Bauwerkssohle)	
P21	Reduzierter Widerstand im Bereich der Bauwerkssohle	
P24	Spernerströmung	
QT1	Sperrkörper, Flügel, Sperrkrone exkl. Abflusssektion	
P11	Bauwerksbewegungen	
P12	Leichter Abtrag/mech. Beschädigung von Bauwerksteilen	
H-1	Verwitterung/Vermorschung, Holzabbau	
H-2	Bauwerksverformungen	
H-3	Abtrag von Bauwerksteilen (Längshölzer, Ausfachungen, Füllmaterial)	
H-4	Pflanzenbewuchs	
H-5	Durchfeuchtung und Durchströmung	
QT9	Gründung (Schwerboden)	
H-1	Verwitterung/Vermorschung, physikalisch/biogener Holzabbau	
H-2	Bauwerksverformungen	
QO1	Abflusssektion inkl. Sperrkrone in diesem Bereich	
P12	Leichter Abtrag/mech. Beschädigung von Bauwerksteilen	
P26	unplangemäße Verkläunungen	
QT1	Ausfachtung	
H-1	Verwitterung/Vermorschung, physikalisch/biogener Holzabbau	
H-2	Herausfallen von Steinausfachungen (z.B. durch Bauwerksverformungen)	
QT1	Füllung des Holzkastens	
P12	Leichter Abtrag/mech. Beschädigung von Bauwerksteilen	

1) Bezeichnung der Parameter Anlagenteil und Schadenstyp laut Nomenklatur der Schadensdokumentation
P = prozessspezifischer Schadenstyp, H = holzspezifischer Schadenstyp (materialspezifischer Schadenstyp)

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Da Schutzbauwerke der Wildbachverbauung in engem Kontakt zu Naturprozessen stehen, ist für die Zustandsbewertung ein umfassendes Wissen über die prozessspezifischen und materialspezifischen Schadensmechanismen und deren Auswirkungen erforderlich. Grundlage dafür bilden Schadenstypenkataloge und Standards für die Schadensdokumentation, welche auftretende Schäden nach Typ, Ort des Auftretens und der Schwere des Schadens beschreiben (*Suda et.al., 2007*).

Neben der Art und Schwere der auftretenden Schäden ist auch deren Entwicklung für eine Zustandsbewertung von entscheidender Bedeutung. Um Entwicklungen festhalten zu können ist ein Überwachungssystem erforderlich. In der *ONR 24803* wurde ein dreistufiges Inspektionssystem festgelegt. Dieses unterteilt die operativen Elemente in die Laufende Überwachung, die Kontrolle und die Prüfung. Ein wesentliches Element dieses Überwachungskonzeptes ist die Einteilung der Schutzbauwerke in Schlüssel- und Standardbauwerke auf Basis spezifischer Schadensfolgeklassen gemäß *ÖNORMEN 1990*. Dies ermöglicht einen effizienten Ressourceneinsatz unter Beibehaltung eines hohen Sicherheitslevels. Basis für die Ableitung der optimalen Erhaltungsstrategie (Maßnahmen) ist die Zustandsbewertung auf der Grundlage der Einteilung der Schutzbauwerke in Zustandsstufen. Das vorgestellte Konzept wird in Österreich in den kommenden Jahren schrittweise umgesetzt.

LITERATUR

- BMVIT - Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau. Aufgestellt: Bund/Länder-Fachausschuß Brücken- und Ingenieurbau (Hrsg.) (1997): Bauwerksprüfung nach DIN 1076 – Bedeutung, Organisation, Kosten – Dokumentation 1997, Seite 5-25/DIN 31051 (2003/06) – Grundlagen der Instandhaltung
- ONR 24803 – Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Betrieb, Überwachung, Instandhaltung und Sanierung, Ausgabe: 2008-02-01
- ÖNORM EN 1990– Eurocode 0 – Grundlagen der Tragwerksbemessung. Ausgabe: 2003-03-01
- Rudolf-Miklau, F.; Agerer, H. (2007): Lebensbezogenes Management für Schutzmaßnahmen der Wildbach und Lawinerverbauung: Strategische und praktische Dimension. Wildbach und Lawinerverbau, Heft 155, 71. Jahrgang, Juni 2007, 30 - 42
- RVS 13.71 - Überwachung, Kontrolle und Prüfung von Kunstbauten
- Schröder, M.; DIN Deutsches Institut für Normung e.V (Hrsg.) (2005): Der Wartungsvertrag, Vertragsgestaltung der Inspektion - Wartung – Instandsetzung von baulichen Anlagen und Rechtsfolgen. 1. Auflage. Beuth Verlag GmbH, Berlin, Wien, Zürich
- Suda, J.; Sicher, P.; Lambrecht, D. (2007): Zustandserfassung und -bewertung von Schutzbauwerken der Wildbachverbauung – Teil 1 – Schädigungsmechanismen, Bauwerkserhaltung und Teil 2 – Schadensdokumentation, Schadenstypenkatalog. Schriftenreihe des Departments für Bautechnik + Naturgefahren, Band 14 und 15. Wien: Eigenverlag (im Auftrag des Lebensministeriums)
- Wicke, M., Straninger, W., Stehno, G., Bergmeister, K. (1987): Verfahren zur Vorhersage des Umfanges von Brückensanierungen, Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Straßenforschung Heft 338. Wien: Eigenverlag