



Wildbach- und Lawinerverbau

Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz
Journal of Torrent, Avalanche, Landslide and Rock Fall Engineering

Sperrenbau – Sperrentypen – Sperrenfunktionen

verein der diplomingenieure
der wildbach und lawinenverbauung
österreichs

ISBN: 978-3-9504159-5-7
82. Jahrgang, Juni 2018, Heft Nr. 181

Heft 181

Wildbach- und Lawinenverbau

Impressum:

Herausgeber:

Verein der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinenverbauung
Österreichs, A-6900 Bregenz

Schriftleiter:

HR DI Siegfried Sauer Moser

Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Tirol,
Wilhelm-Greil-Straße 9, 6020 Innsbruck; +43 512 584288-60, +43 6641456506;
schriftleitung@die-wildbach.at; s.sauerm.sz@aon.at

Redaktion: Dipl.-Geogr. Susanne Mehlhorn, Dipl.-Ing. Claudia Sauer Moser

Layout & graphische Gestaltung: Studio Kopfsache – Kommunikation & Design, A–5310 Mondsee

Druck & Versand: Friedrich Druck und Medien GmbH; A–4020 Linz

Titelbild: Geschiebestausperre Stubenbach, Gemeinde Pfunds (WLV Tirol)

verein der diplomingenieure
der wildbach und lawinenverbauung
österreichs

ISBN: 978-3-9504159-5-7
82. Jahrgang, Juni 2018, Heft Nr. 181

Verstärkung – 3. Bell 212/412 – zur optimalen Abdeckung des Bedarfs unserer Kunden



Rettungsflüge • **Film- und Fotoflüge**

Montagen • **Tierbergungen**

Lawinensprengungen • **Hüttenversorgung**

Holztransporte • **Leitungskontrollen**

Feuerbekämpfung • **VIP- und Shuttleflüge**



Heli Austria GmbH
A-5600 St. Johann im Pongau, Heliport
Tel +43 (0)6462 - 4200
Mail fly@heli-austria.at

Heli Tirol GmbH
A-6462 Karres, Tiroler Bundesstraße 1
Tel +43 (0)5412 - 61 421
Mail fly@heli-tirol.at

Inhalt Heft 181

Siegfried Sauermoser:
Editorial

Florian Rudolf-Miklau:
**Normung im Bereich der Wildbachverbauung –
Entwicklung und Meilensteine**

Thomas Fink:
Stand der Dinge: Querbauwerke im WLK

Johannes Hübl:
Schutzstrategien und Funktionen von Schutzbauwerken

Siegfried Sauermoser, Gebhard Walter, Manfred Egger:
**Wildbachsperrren in Tirol – Historische Entwicklung –
Stand der Technik**

Franz Brenner und Markus Moser:
**Konstruktionstypen zur Feststoffbewirtschaftung; Erfahrungen und Beispiele
aus der Praxis der Sektion Salzburg**

Corinna Wendeler, Helene Hofmann, Lisa Stieglitz, Catherine Berger:
Spezielle Netzbauwerke gegen Murgang: Hüpach Projekt als Fallbeispiel

Ivo Schreiner:
Analyse des Sperrenbruchs am Pinnisbach, Gemeinde Neustift, Stubaital

Christian Amberger:
Sperrenbau in den Gullys der Lößregionen Niederösterreichs

HAUPTBEITRÄGE zum Schwerpunktthema: Sperrrenbau – Sperrrentypen – Sperrrenfunktionen



Annaberg in Süzbachtal

Sicher schalen.

Bauen auf schwierigem Terrain. Am Annaberg im Team erfolgreich:

Sicher bauen. Nach bestem

MEVA Schalungs-Systeme, Alzner Baumaschinen und die Wildbach- und

Wissen und Gewässer.

Lawinenverbau, GBL Pongau. Danke für's Teamwork.

www.meva.at • Tel. 02252 209000 • www.alzner.at • Tel. 06219 8065

... mehr als nur
Schalung



Inhalt Heft 181

HAUPTBEITRÄGE zum Schwerpunktthema: Sperrbau – Sperrtypen – Sperrfunktionen

Christian Pürstinger:
Pionierleistung im Stahlbetonbau

Seite 104

Michael Schiffer, Helmut Schwarzl:
Schlüsselbauwerk am Hallstätter Mühlbach

Seite 116

Roswitha Samek, Armin Schirlinger:
**Hochwasserrückhaltebecken –
Eine Herausforderung für Planung und Umsetzung**

Seite 126

Andreas Jäger und Markus Moser:
**Stahlblechpanzerung – Wirkungsvoller Schutz stark
beanspruchter Teile von Wildbachsperrern**

Seite 144

Hanspeter Pussnig:
Verbauung von Steilgerinnen

Seite 154

Hanspeter Pussnig:
Lawinenbrecher in Osttirol

Seite 166

Andreas Reiterer:
Sicherungskonzept für den Balbierbach mit speziellen Bautypen

Seite 180

Andreas Rimböck, Rainer Höhne:
Schwemholzrückhalt – Typ „Bayern“

Seite 190

Peter Wagner, Karl Mayer, Andreas Rimböck:
**Planung von Stabilisierungs- und Konsolidierungssperren:
Lernen aus 150 Jahren Verbauungsgeschichte**

Seite 200



Erfahren Sie mehr:
www.geobrugg.com/murgang



Ringnetzbarrieren aus hochfestem Stahldraht
 FÜR EINE ÖKONOMISCHE
 LÖSUNG GEGEN MURGÄNGE

HAUPTBEITRÄGE zum Schwerpunktthema: Sperrerbau – Sperrertypen – Sperrertfunktionen

Jürgen Schäfer, Martin Moser, Sandro Gius, Markus Sperling:
**Wildholz- und Geschieberückhalt
 in der Rienz oberhalb der Stadt Bruneck**

Seite 210

Peter Hanisch, Wolfgang Klien, Michael Kremser:
Lech – Gechiebefalle Hornberg

Seite 224

Manfred Salcher:
**Geschieberückhaltebecken mit Wildholzrechen
 am Kasbach – Gemeinde Jenbach**

Seite 242

Franz Anker, Nikolaus Wieser:
**Die speziellen Herausforderungen einer Unterlaufertüchtigung
 in dicht besiedelten Gebieten – ein praxisorientierter Leitfaden
 zum Projektmanagement**

Seite 248

Johannes Bramberger, Johannes Hübl:
Geschiebedosierung in Sperrstaffelungen

Seite 260

Michele Larcher, Aronne Armanini:
Schlitzsperrern zur hydrodynamischen Kontrolle der Sedimente

Seite 274

Arnd Hartlieb:
**Gewollte und ungewollte Verklauung von
 Schutzeinrichtungen und wasserbaulichen Anlagen**

Seite 280

Beiträge zu anderen
 Themen

Günter Blöschl, Jürgen Komma, Thomas Nester,
 Magdalena Rogger, José Luis Salinas, Alberto Viglione:
Die Wirkung des Waldes auf Hochwässer

Seite 288

Alexander Stoiser:
Hochlagenaufforstung über der aktuellen Waldgrenze im Montafon

Seite 298



AarteLink® – Quantensprung im Naturgefahrenalarm

AarteLink® – das Naturtalent. Naturgefahrenalarm für Steinschlag, Murgang, Lawine und Hochwasser.

Dank Funklösung ist AarteLink® schnell und flexibel einsetzbar und überzeugt durch die enorme Batterielebensdauer und hohe Funkreichweite.

Mehr Informationen auf www.aartelink.ch | www.aartesyS.ch



Inhalt Heft 181

Praxis-Pinnwand	Gottfried Seer: Ausführung der sohnahen Rostkonstruktion bei Filterbauwerken am Beispiel des Schwarzleograbens in der Gemeinde Leogang Seite 318
	Thomas Frandl: Ippachbach Gemeinde Wolfurt Seite 320
	Andreas Jäger: Adaptierung der Dosiersperre im Fuchsbach/Tamsweg Seite 322
Aktuelles	GIS-Tool zur Ermittlung des Stauraumes von Geschiebesperren und Hochwasserrückhaltebecken Seite 324
	2. Fachtagung „Stand der Technik im Naturgefahren-Ingenieurwesen“ Seite 328
Verzeichnis der Inserenten Seite 330	

SIEGFRIED SAUERMOSE

Editorial

Liebe Leserin, lieber Leser!

Wir haben diese Ausgabe des Fachjournals Wildbach- und Lawinerverbau dem Bau und der Funktion von Sperren gewidmet. Eine Kernkompetenz der Wildbach- und Lawinerverbauung und letztendlich Ausdruck und Ergebnis eines Planungsprozesses. Sperren haben vielfältige Funktionen, wir versuchen mit ihnen zu konsolidieren, sortieren, deponieren, das gesamte Spektrum der Wildbachverbauung bildet sich darin ab. Kein Sperrenbau ohne sorgfältige Planung, der/die Planer/in muss wissen, welche Funktion das Bauwerk an der geplanten Stelle ausüben soll und wie sich dieses Bauwerk auf das gesamte Bachsystem auswirken wird. Es geht somit, und das werden Sie an den interessanten Beiträgen sehen, nicht nur um den unmittelbaren Bau von Sperrenbauwerken, sondern um den Entscheidungsfindungsprozess, wie man zu welchen Bauwerken kommt. Die Essenz der Wildbachverbauung! Einige Autorinnen und Autoren haben sich dieser Fragestellung, die besonders wichtig ist, ausführlich gewidmet, herzlichen Dank dafür.

Wenn der Planungsprozess beendet ist, kommt erst der Bau selber, oft an schwierigen Stellen mit schwierigen Einhängen und Zufahrten. Die Errichtung von Sperren an schwierigen Standorten ist eine große bautechnische und logistische Herausforderung. Für die erforderliche Qualität bürgt der Eigenregiebetrieb der Wildbach- und Lawinerverbauung, jahrzehntelange Erfahrung steckt dahinter.

Ich habe viele Autoren aus der Praxis und der Wissenschaft eingeladen, zu diesem Thema einen Beitrag zu leisten. Vor allem der große Erfahrungsschatz der Kollegenschaft aus der Praxis sollte im Sinne eines Wissenstransfers zur Verfügung gestellt werden. Dass bei weitem noch nicht alle Fragen geklärt sind, zeigen interessante Beispiele aus der Forschung, die sich mit vielfältigen Fragestellungen wie Wildholzurückhalt oder der Optimierung von Sperrenöffnungen befassen.

Wir bedanken uns auch für die Beiträge aus Bayern, der Schweiz, Südtirol und dem Trentino, die uns einen Blick über die Grenzen ermöglichen und unser Wissensspektrum deutlich erweitern.

Auf zwei Beiträge möchte ich in Ergänzung zum letzten Heft gesondert hinweisen. Es geht dabei um den Einfluss des Waldes bei Hochwässern in großen Einzugsgebieten. Prof. Blöschl von der TU Wien hat eindrucksvoll dargestellt, dass diese Funktion oft bei weitem überschätzt wird. Der zweite Beitrag ist ein interessanter Beitrag über Aufforstungen in Vorarlberg.

Wir wünschen Ihnen viel Interesse beim Lesen und Studieren der Beiträge. Wenn sie Anregungen für mich haben, welche Themen besonders interessant wären oder wie man ein Fachjournal noch besser gestalten könnte, so würde es mich freuen, von Ihnen zu hören.

DI Siegfried Sauermoser

Schriftleiter

FLORIAN RUDOLF-MIKLAU

Normung im Bereich der Wildbachverbauung – Entwicklung und Meilensteine

Standardization in the field of torrent control – development and milestones

Zusammenfassung:

Der Beitrag befasst sich mit der Entwicklung und zentralen Inhalten der Normen im Bereich der Wildbachverbauung in Österreich. Seit 2005 wurde in einem 10-jährigen Normungsprozess das Wissen und die wichtigsten Qualitätskriterien für die Planung, Bemessung, den Bau und die Erhaltung von Wildbachschutzbauwerken zusammengefasst. Die Publikation der ONR 24800-Serie war eine Pionierleistung, die zu einer maßgeblichen Vereinheitlichung der Schutzmaßnahmen der Wildbachverbauung in Österreich geführt hat. Der Beitrag stellt die Entwicklungsgeschichte dar und fasst wesentliche Ergebnisse der Normung im Bereich der Klassifikation der Bauwerke, der Einwirkungsmodelle sowie der Erhaltung zusammen. Die Ausführungen zeigen allerdings auch den Bedarf nach Überarbeitung der Normen auf Grundlage der in der praktischen Anwendung gewonnenen Erfahrungen auf. Diese Überarbeitung soll zur Weiterentwicklung der ON-Regel zur ÖNORM 4800 führen.

Stichwörter:

Wildbachschutzbauwerke, Standardisierung, ONR 24800, Stand der Technik, Ingenieurpraxis

Abstract:

This article gives an overview about the development and main content of standards for torrent control in Austria. In a 10-year standardization process since 2005, the knowledge and main quality criteria for planning, design, construction and maintenance of protection measures against torrents were summarized. The paper summarizes the main results of the standardization regarding the classification of structures, impact models, maintenance and wants to show the need for a revision of the standards based on the experiences of their practical application. The revision should result in a further evolution of the ON-rule into an Austrian standard ÖNORM 4800.

Keywords: Torrent protection measures, standardization, state of the art, engineering practice

„Stand der Technik“ in der Wildbachverbauung – Wozu?

Technische Schutzmaßnahmen gegen Naturgefahren sind heute ein wichtiger Bestandteil der Daseinsvorsorge und sichern den menschlichen Lebensraum im Bergland. Keine an einem österreichischen Wildbach gelegene Gemeinde kann heute auf Hochwasserschutz verzichten, kein Verkehrsweg über die Alpen ist ohne Steinschlagverbauung sicher zu befahren, kein Tiroler Schigebiet kann seinen Betrieb ohne Lawinensicherungsmaßnahmen dauerhaft aufrechterhalten. Technik wird zur Reduktion der Risiken durch Hochwasser, Muren, Lawinen, Felssturz und Rutschungen in vielen Sparten eingesetzt, die Schutzwirkung der Anlagen hängt von deren Funktionalität und Dauerhaftigkeit ab. Technische Schutzmaßnahmen gegen Naturgefahren sichern Leben und sind zum regionalen Wirtschaftsfaktor geworden. Ein Versagen der Schutzwirkung hätte unabsehbare Folgen, daher erfordert Technik im Dienste der Sicherheit Qualitätsstandards und allgemein gültige Normen.

Der „Stand der Technik“ ist ein unbestimmter Rechtsbegriff, der sich auf innovative wissenschaftliche Erkenntnisse und fortschrittliche Verfahren bezieht, also bewusst hohe Anforderungen an die Qualität von Planungs- und Bauleistungen stellt. Der „Stand der Technik“ für technische Bauwerke zielt allgemein auf die Sicherheit, Funktionsfähigkeit und Dauerhaftigkeit derselben ab. Bundesgesetzliche Bestimmungen, beispielsweise § 12a Abs 1 WasserrechtsG 1959 idGF, legen den „Stand der Technik“ als den „... auf den einschlägigen wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhenden Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen fest, deren Funktionsfähigkeit erprobt und erwiesen ist.“ Der Stand der Technik, europäisch auch als „best available techniques“

(beste verfügbare Technik – BVT) bezeichnet, ist nach der in der Kalkar-Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts (D) entwickelten Drei-Stufen-Theorie von den „anerkannten Regeln der Technik“ und dem „Stand von Wissenschaft und Technik“ zu unterscheiden. In der Praxis ist daher umstritten, ob der „Stand der Technik“ tatsächlich der Qualitätsmaßstab für Ingenieurleistungen sein muss, wobei immer wieder auf hohe Kosten und auf Fehlerquellen infolge unsicherer technischer Verfahren verwiesen wird. Im Zusammenhang mit Naturkatastrophen wird generell in Frage gestellt, ob Maßnahmen gegen selten auftretende und nur grob einschätzbare Gefahrenprozesse überhaupt einem „Stand der Technik“ unterliegen können.

In vielen Bereichen der Technik, insbesondere der Bautechnik, wird im Allgemeinen die Einhaltung der „Regeln der Technik“, dh aller anerkannten Verfahren und Konstruktionen, die sich durch ausreichende Erprobung in der praktischen Umsetzung bewährt haben und der überwiegenden Mehrheit der repräsentativen Fachleute als richtig und wirtschaftlich bekannt sind, als ausreichend angesehen um den maßgeblichen Qualitäts- und Sicherheitsanforderungen zu genügen. Technische Maßnahmen gegen Naturgefahren haben jedoch idR höhere Anforderungen zu erfüllen, da es um den Schutz von Menschenleben und hohen Sachwerten geht. Die Qualitäts- und Sicherheitsanforderungen sollten daher dem „Stand der Technik“ entsprechen. Im Umgang mit Naturgefahren steht das Ingenieurwesen folglich in einem nicht unproblematischen Spannungsfeld zwischen dem hohen Anspruch auf den „Schutz des Lebens“ und dem Grundproblem der Prognoseunsicherheit des Risikomanagements. Große Bandbreiten bei den Erwartungswerten gemäß dem Frequenz-Magnituden-Konzept für seltene und extreme Naturprozesse scheinen Zweifel zu rechtfertigen, dass exakt definierte Sicherheitsanforderungen an Schutzinfrastrukturen zu rela-

tivieren sind. Die Ingenieurpraxis verlässt sich daher gerne auf Erfahrungswerte und scheut die Anwendung komplexer Modelle und Verfahren. Hohe Komplexität im Naturgefahren-Ingenieurwesen wird nicht unbedingt mit hoher Sicherheit – sprich dem „Stand der Technik“ – gleichgesetzt. Wozu also dann die Anstrengungen um Normung und Standardisierung, wenn der damit verbundene Qualitätsgewinn bezüglich dem Schutz vor Naturgefahren nur schwer oder gar nicht lukriert werden kann?

Zutreffend ist, dass die „exakte“ Bemessung von Schutzbauwerken oder die „präzise“ Vorhersage von Gefahrenzonen nicht möglich ist. Das ändert aber nichts daran, dass es für die Planung, Umsetzung und Erhaltung von Schutzinfrastrukturen Qualitätsanforderungen und Mindeststandards geben muss. Ein Ingenieurwesen, welches völlig ohne Vereinheitlichung auskommt, ist – sofern nicht pointiert ausgedrückt die „Freiheit der Kunst“ oberste Maxime ist – unwirtschaftlich und verwirrend für jene, die die Maßnahmen zu erhalten und zu betreiben haben. Zwar nehmen Naturgefahren-Ingenieure gerne für sich in Anspruch, dass jedes Schutzbauwerk nur ein einzigartiger „Prototyp“ sein kann, trotzdem sollen die Anlagen funktionieren und vor allem „resilient“ gegen extreme Belastungen wirken. Die wichtigsten Eigenschaften für die Gebrauchstauglichkeit von Schutzbauwerken gegen Muren, Lawinen oder Massenbewegungen sind die Kriterien „Robustheit“, „Redundanz“ und „Wartungsfreundlichkeit“. Im Prinzip sind diese Anforderungen auch auf Planungen und Betriebsordnungen für alle Arten von Schutzmaßnahmen übertragbar. Je ausfallsicherer, desto höher das Vertrauen der schutzbegünstigten Menschen in die Technik.

Aus Sicht der Schutzkonsumenten ist also der Rückgriff auf bewehrte Konzepte legitim. Dies bedeutet aber nicht, dass Schutzinfrastruktur einer ständigen Innovation und Weiterentwicklung ent-

zogen ist, ganz im Gegenteil: Aus den neu gewonnenen Erkenntnissen und dem Verständnis für Naturgefahrenprozesse können auch die Schutzsysteme – neue wie bestehende – verbessert und optimiert werden. Das Naturgefahren-Ingenieurwesen ist eine kleine Branche, das Wissen ist weit im Alpenraum und darüber hinaus in entlegenen Regionen der Welt verstreut. Daher hat Normung in diesem Bereich weniger die typischen Funktionen der Qualitätssicherung, Rationalisierung, Verminderung der Vielfalt, Kompatibilität, Gebrauchstauglichkeit und Sicherheit, sondern dient auch der Sicherung und öffentlichen Bereitstellung des verfügbaren Ingenieurwissens. Der oftmals hochstilisierte Widerspruch zwischen einer wissenschaftlich dominierten Standardsetzung und den „Erfahrungen der Ingenieurpraxis“ existiert gerade im Naturgefahr-Ingenieurwesen nur in geringem Umfang. Vielmehr werden technische Lösungen meist aus der Empirie der Anwendung entwickelt und erst im zweiten Schritt durch angewandte Forschung – z.B. Modellversuche im Labor – optimiert. Gerade diese praxisangeleitete Forschung ist in einem Ingenieurbereich, wo kaum ein Markt für die autonome Entwicklung von Produkten besteht, essentiell. So ist auch die Normungstätigkeit der Wildbachverbauung in Österreich aus den Fragestellungen und Anstößen der Ingenieurpraxis entstanden und von den Exponenten dieses Sektors maßgeblich gestaltet.

Die ON-Regel 24800-Serie: Ursprung und Entwicklung

Hinter der Gründung eines eigenen Normungsausschusses für den „Schutz vor Naturgefahren“ (ON-K 256) und der Ausarbeitung einer Normenreihe für Wildbachschutzbauwerke in Österreich stand kein „großer Plan“, sondern simple, jedoch wirtschaftlich relevante Fragestellungen der Bemessung von Wildbachsperrern. Konkret wurde

in der Wildbach- und Lawinenverbauung schon vor den großen Hochwasserschäden der Jahre 2002 und 2005 nach Lösungen für das sog. „Mindestbewehrungsproblem“ gesucht. Dabei ging es vor allem um überproportional hohe Armierung für dickwandige Wildbachsperrern, wenn diese normgerecht bewehrt werden sollten. Die einschlägigen Bautechniknormen – insbesondere vor der Einführung des EUROCODE – orientierten sich an den Anforderungen von Hoch- und Tiefbauten, hingegen waren die Planungskriterien für Sperrerbauwerke nicht erfasst. Da ein Abweichen von den geltenden Normen in der Praxis ohne valide wissenschaftliche Grundlage nicht opportun erschien, trat das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 2005 an das Department für Bautechnik und Naturgefahren die Universität für Bodenkultur (Univ.-Prof. Dr. Konrad Bergmeister) heran und beauftragte die Ausarbeitung eines Konzeptes zur Ermittlung einer „abgeminderten Mindestbewehrung“.

Es war von Anfang an klar, dass dieses Konzept – selbst wenn es wissenschaftlich einwandfrei ausgearbeitet gewesen wäre – nicht ohne die standardsetzende Autorität eines Normungsinstituts zur Anwendung gelangen hätte können. Schon während des laufenden Projekts fand ein Vorstoß zur Behandlung des Bewehrungsproblems im Stahlbetonbauausschuss ON-K 10 statt. Da der Hauptausschuss sich nicht bereit erklärte, diese Fragestellung direkt in seine Arbeit zu integrieren, wurde die Einrichtung einer eigenen Arbeitsgruppe AG 10.03 genehmigt. Konstituierende Sitzung dieser Arbeitsgruppe fand am 26.1.2006 am österreichischen Normungsinstitut statt. Der Arbeitsgruppe gelang es sehr rasch, gestützt auf das Projekt und die Experten der BOKU ein geeignetes Konzept zur Lösung des Mindestbewehrungsproblems auszuarbeiten. Im Zuge der Präsentation dieses Konzeptes vor dem

Hauptausschuss ON-K 10 wurde rasch klar, dass es eine Bruchlinie zwischen der klassischen Philosophie des Stahlbetonbaus und den Besonderheiten der Konstruktion von massiven Wildbachsperrern in Stahlbeton gibt. Dies war schließlich der Anlass, dem österreichischen Normungsinstitut die Gründung eines eigenen ON-Komitees 256 „Schutz vor Naturgefahren“ vorzuschlagen. Dieser Schritt fand zeitgleich mit einer Initiative zur Anpassung der Schweizer Richtlinien für den permanenten Lawinenschutz an die österreichischen Normen und Praxiserfahrungen statt. Im Februar 2008 wurde schließlich der Schritt der Gründung des Komitees ON-K 256 gesetzt und damit eine Zusammenführung der parallellaufenden Normungsaktivitäten im Bereich des Technischen Lawinenschutzes (unter dem Dach des ON-K 023 „Grundbau“) erreicht. Einen ganz entscheidenden Einfluss auf diesen Schritt hatte Siegfried Sauer-moser. Unmittelbar danach konnte auch eine Arbeitsgruppe ON-AG 256.01 „Schutzbauwerke der Wildbachverbauung“ eingerichtet werden, in der die eigentliche Sacharbeit stattfand.

Das neu gegründete Normungs-Komitee fokussierte seine Aktivitäten auf folgende Teilbereiche:

- Begriffsbestimmungen und Klassifizierungen
- Beschreibung und Quantifizierung der statischen und dynamischen Einwirkungen resultierend aus Naturgefahren
- Bemessungskonzepte und konstruktive Durchbildung von Schutzbauwerken
- Betrieb, Überwachung, Instandhaltung und Sanierung von Schutzbauwerken

Besonders hervorzuheben ist die Entwicklungsarbeit von Jürgen Suda, der mit seiner analytischen Aufarbeitung der normativen Grundlagen sowie der Erfahrungen der Ingenieurpraxis der Wildbachverbauung die Normen inhaltlich geprägt hat. Die Impulse zu den entscheidenden Anpas-

sungen allgemeiner Regeln der Geotechnik an die Rahmenbedingungen der Wildbachverbauung ist Robert Hofmann zu verdanken.

Aus der Arbeit des Ausschusses entstanden insgesamt vier normative Dokumente (Abbildung 1):

- ONR 24800, Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Begriffe und ihre Definitionen und Klassifizierung (erschienen 2008)
- ONR 24801, Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Statische und dynamische Einwirkungen (erschienen 2012)
- ONR 24802, Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Projektierung, Bemessung und konstruktive Durchbildung (erschienen 2011)
- ONR 24803, Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Betrieb, Überwachung und Instandhaltung (erschienen 2008)

Zu Beginn der Arbeit in der ON-AG standen einerseits die Zusammenstellung von Begriffen und Definitionen sowie die Ausarbeitung eines Standards für das Erhaltungsmanagement für Schutzbauwerke. Intensive Entwicklungsarbeit war der Erstellung von normativen Regeln für die Bemessung von Schutzbauwerken gewidmet. Erst danach konnte im Jahr 2012 die Normenreihe mit der Festlegung standardisierter Einwirkungen auf Schutzbauwerke abgeschlossen werden. Die Vorgehensweise ist ungewöhnlich, weil von der Logik her die Einwirkung die Bemessung eines Bauwerks bedingt und daher auch eine umgekehrte Reihenfolge sinnvoller gewesen wäre. Ursächlich war allerdings die Verzögerung eines Projekts der BOKU, in dessen Rahmen ein Einwirkungsmodell für Hochwasser und Muren entwickelt werden sollte. Die größte Herausforderung für dieses Modell war die Sammlung und Auswertung von Daten über beobachtete Einwirkungsereignisse.



Abb. 1: Normen der Serie ONR 24800 f.

Fig. 1: ON-Rule series 24800

Daher war die lange Suche nach einem validen, jedoch praxistauglichen Bemessungsansatz für Muren nachvollziehbar.

Seit dem Jahr 2012 sind nun alle ON-Regeln der Wildbachverbauung in Kraft und finden regelmäßige Anwendung in der Ingenieurpraxis. Die Grundlagen der Normungstätigkeit wurden in einem Handbuch „Schutzbauwerke gegen Wildbachgefahren“ zusammengefasst, wobei das Autorenteam ident mit dem Kernteam des ON-K 256 war. Für die Bemessung und konstruktive Durchbildung wurden außerdem von Jürgen Suda digitale „Bemessungsbehelfe“ entwickelt, um in der Planungsphase ohne großen Aufwand eine Vorbemessung von Sperrbauwerken durchführen zu können. Mit der Anwendung der Finite-Elemente-Software „SCIA“ in der Wildbachverbauung wurde das Bemessungskonzept weiterentwickelt, sodass es besser gelang, Verbesserungsmöglichkeiten aus den Anwendungserfahrungen der Ingenieurpraxis auszuarbeiten. Diese Erkenntnisse sollen zur Überarbeitung der ON-Regeln für die Wildbachverbauung (Überführung in eine ÖNORM B 4200) herangezogen werden.

10 Jahre Normung in der Wildbachverbauung: Meilensteine und Anwendung

Allgemeines

Die in 10 Jahren Normungsarbeit entstandenen Standards für Wildbachschutzbauwerke sind umfangreich und inhomogen. Dies ist ua. auf die lange Dauer des Prozesses und die unterschiedliche Qualität des verfügbaren Wissens zurückzuführen. Viele Regeln entstanden aus konkreten Problemstellungen, andere fassten das Praxiswissen der Ingenieurwesen zusammen. Einige Teile der Normen stellen echte Pionierarbeit dar, indem neue und anwendbare Modelle aus den wissenschaftlichen Grundlagen abgeleitet wurden.

Eine wichtige Funktion der ONR 24000f. ist die Anpassung allgemeiner Bautechniken an die besonderen Bedingungen in Wildbächen. Somit sind die Normen auch als spezifische Anwendungsdokumente zu verstehen, die relevanten Teile aus umfangreichen Grundlagentexten praxistauglich zusammenfassen. Trotzdem hat die ONR in Teilabschnitten Lehrbuchcharakter und enthält viele Informationen, die über einen präzisen technischen Standard hinausgehen. Diese teilweise ausufernden Informationen der Regeln wurden fallweise von der Ingenieurpraxis kritisiert, eine Konzentration der normativen Regeln auf das Wesentliche wird sicherlich eine Kernaufgabe der Überarbeitung sein.

Im Folgenden sind einige zentrale Kernbereiche der ONR 24800-Serie zusammengestellt und deren Bedeutung für die Ingenieurpraxis der Wildbachverbauung erläutert.

Einheitliche Klassifizierung der Wildbachschutzbauwerke

Ein besonderes Merkmal der empirischen Entwicklung von Wildbachschutzbauwerken aus der Ingenieurpraxis war eine Gemengelage von unterschiedlichen, teils widersprüchlichen Begrifflichkeiten und Klassifikationen von Bautypen und Bauwerksfunktionen insbesondere im Bereich der Wildbachsperrungen. Hintergrund waren zum Teil unterschiedliche Philosophien der Ingenieurpraxis, die sich einer Vereinheitlichung widersetzen.

Mit der ONR 24800 ist es erstmals gelungen, eine einheitliche Begriffsbestimmung für Wildbachschutzbauwerke und deren Bauteile (Funktionselemente) zu etablieren. Grundlegend ist die Klassifikation der 4 primären Verlagerungsprozesse in Wildbächen (Abbildung 2), ds. Hochwasser, fluvialer Feststofftransport, murartiger Feststofftransport und Murgang, an welche sich konkrete Kriterien und physikalische Eigenschaften des Transportprozesses knüpfen.

Verlagerungsart	fluvial		murartig	
Verlagerungstyp	Hochwasser		Mure	
Terminus	Hochwasser	fluvialer Feststofftransport	murartiger Feststofftransport	Murgang
Prozesstyp	Reinwasserabfluss	schwach Feststofftransport	stark Feststofftransport	Murgang
Fließverhalten	newtonisch	newtonisch	annähernd newtonisch	nicht newtonisch
Vol. Feststoffkonzentration	Promillbereich	< 20 %	20 – 40 %	> 40 %
Dichte	1.000 kg/m ³	1.000 – 1.300 kg/m ³	1.300 – 1.700 kg/m ³	> 1.700 kg/m ³
Größtkorn	mm bis cm	bis dm	bis m	bis m
Einwirkungsmodelle	Wasserdruck		Murendruck	

Abb. 2: Klassifikation der Verlagerungsprozesse in Wildbächen (© Hübl/BOKU).

Fig. 2: Process classification in torrents

Auf Basis dieser einfachen Klassifikation können sowohl Funktionstypen als auch Einwirkungen systematisch klassifiziert werden. Als wichtigste Funktionstypen wurden Sperren für Stabilisierung/Konsolidierung, die Retention, die Dosierung sowie die Energieumwandlung (bei Muren) unterschieden. Eine weitere Klassifikation bezieht sich auf die Bauwerkskategorie in Abhängigkeit des Ausmaßes der Konsequenzen aus dem Versagen eines Sperrenbauwerks. Demnach sind Standardbauwerke jene Schutzbauten bei denen ein Versagen nur eine mittlere oder geringe (lokale) Auswirkung auf das gesamte Verbauungssystem oder den zu schützenden Bereich hat. Demgegenüber sind Schlüsselbauwerke jene Schutzbauten bei deren Versagen große Auswirkungen auf das Verbauungssystem bzw. den zu schützenden Bereich haben. Diese Klassifikation richtet sich nach den Grundsätzen der ÖNORM EN 1990 und hängt von der Höhe des potenziellen Schadens ab.

Die Festlegung von Begriffsdefinitionen und Klassifikation erscheint zuweilen forma-

listisch und semantisch. Der wahre Wert einheitlicher Begriffsnormen wird spätestens beim Zusammenwirken unterschiedlicher Experten (Wildbachverbauer, Geotechniker, Tragwerksplaner) nachvollziehbar, die gemeinsam ein Konzept für die Konstruktion und Bemessung des Schutzbauwerks entwickeln müssen. Einheitlichkeit schafft Sicherheit und ermöglicht allgemein nachvollziehbare Planungsentscheidungen.

Standardisiertes Einwirkungsmodell und Einwirkungskombinationen

In den nationalen und europäischen Normen und Richtlinien wird auf die Problematik der Einwirkungen (Belastungen) aus Naturgefahren (Murgang, Lawinen, Steinschlag, etc.) auf Schutzbauwerke sowie deren Bemessung nur relativ wenig eingegangen. Zum einen fehlen aus solchen komplizierten Vorgängen verlässliche Langzeitmessdaten und zum anderen die Verbindung zwischen den Fachgebieten Geologie, Geotechnik und Naturgefahren (Lawinen, Muren, Wild-

bäche, Steinschlag, etc.). Die Maßnahmen sind derart zu planen, dass mögliche Auswirkungen aus einem Bemessungsereignis (gemäß Gefahrenzonenplanung, ca. 150-jährliches Ereignis) auf ein zumutbares Restrisiko reduziert wird. Bei der Projektierung von Schutzbauwerken in Wildbächen ist die vom ablaufenden Prozess ausgehende Gefahr zu berücksichtigen. Auf Grundlage der festgestellten Gefährdung wird das Schadenspotenzial im Gefahrengebiet abgeleitet, welches die Grundlage für die Festlegung des technischen und wirtschaftlichen Aufwandes für das Schutzkonzept bildet. Da die maximale Beanspruchung nur über eine kurze Zeitspanne wirksam ist, wird örtliches Versagen oft als zumutbar angenommen. Auf Basis dieser Randbedingungen scheint es sinnvoll, höhere charakteristische Einwirkungen auf diese kurzzeitige, aber hohe Beanspruchung festzulegen. Diese charakteristischen Kennwerte sind vom Sachverständigen projektspezifisch unter Berücksichtigung des vertretbaren Restrisikos anzugeben.

Aus den Modellen zur Beschreibung der Verlagerungsprozesse werden Einwirkungsmodelle für das Bauwerk abgeleitet. Diese Einwirkungsmodelle bilden die Beanspruchung des Bauwerkes. Einwirkungsmodelle werden allgemein beschrieben und sind auf den jeweiligen Einzelfall anzupassen. Das Einwirkungsmodell und die zugehörigen Parameter werden vom Sachverständigen für Wildbachverbauung (SV-

WB) bestimmt und an den Tragwerksplaner (Projektanten) übergeben. Zur schematischen Erfassung von Einwirkungen aus Naturprozessen auf ein Bauwerk werden ein Prozessmodell und ein Einwirkungsmodell an einer charakteristischen Schnittstelle kombiniert (Abbildung 3). Das Prozessmodell bildet das Verhalten des Naturprozesses (hier: murartiger Prozess) aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften, das Einwirkungsmodell die Interaktion des Naturprozesses mit dem Bauwerk ab. An der Schnittstelle werden maßgebliche Parameter des Prozessmodells (z.B. Energie, Dichte des Mediums, Fließhöhe, Fließgeschwindigkeit) an das Einwirkungsmodell weitergegeben. Das Einwirkungsmodell für das Tragwerk umfasst die repräsentativen Einwirkung (z.B. Flächen-, Einzellast) und die zugehörige Verteilung der Einwirkung (Lastfigur).

Die Einwirkungen auf Wildbachsperren werden nach ständigen, veränderlichen und außergewöhnlichen Einwirkungen unterschieden. Als relevante Einwirkungen auf Wildbachsperren werden Eigengewicht, Erddruck, Wasserdruck, Sohlwasserdruck, dynamische (prozessbedingte) Einwirkungen (Muren) sowie Verkehrslasten für die Bemessung berücksichtigt. Sondereinwirkungen wie seitlicher Hangdruck oder Erdbeben werden entweder konstruktiv berücksichtigt oder wegen des seltenen Auftretens der Lastfallkombination vernachlässigt. Eine ständige Einwirkung resultiert aus dem zu erwartendem Bemessungs-

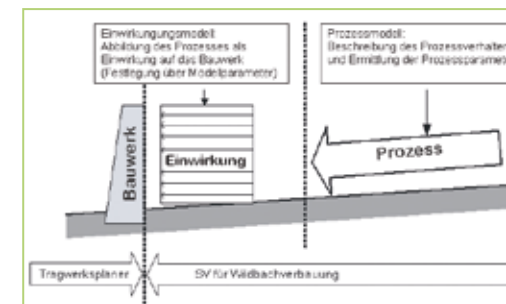


Abb. 3: Planungskonzept des Einwirkungsmodells in Zusammenarbeit des SV für WLV und Tragwerksplaners (© Suda).

Fig. 3: Design concept of an impact model for cooperation of a technical expert for avalanche and torrent control and a structural engineer

ereignis. Als veränderliche Einwirkung können Verkehrslasten angesehen werden. Als außergewöhnlich sind Einwirkungen einzustufen, wenn sie einem der folgenden Kriterien entsprechen: Ereignis größer dem Bemessungsereignis oder Prozesseinwirkung, die nicht der planmäßigen Funktion des Bauwerkes entspricht.

Die nach ONR 24801 für Murgänge auf Wildbachsperrern verwendeten Ansätze des Einwirkungsmodells basieren auf denselben Gesetzmäßigkeiten wie die vorgeschlagenen Einwirkungen infolge Wasserbeanspruchung aus der EN 1991-1-6, 4.9 und stellen quasi eine Präzisierung dieser dar. Der Murdruck resultiert aus dynamischen Verlagerungsprozessen mit unterschiedlichen Anteilen von Wasser, Fein- und Grobsediment. Die Mure fließt im Gerinne ab und interagiert beim Anprall mit dem Bauwerk. Es wird davon ausgegangen, dass beim Initialstoß die höchsten Kräfte auf die Sperre wirken. Eventuelle Ablagerungen hinter der Sperre wirken dämpfend und reduzieren die auftretenden Drücke aus einem Murgang. Mit diesem Modell sind alle aus dem Murgang resultierenden Erd- und Wasserdrücke abgedeckt. Das Einwirkungsmodell (Abbildung 4) setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

- dynamischer Murdruck (p_{dyn})
- statischer Murdruck (p_{st})
- Murauflast (p_a)
- Ersatzkraft zur Berücksichtigung des Anpralles einer Einzelkomponente (z. B. Baumstamm, großer Block), (F_E)

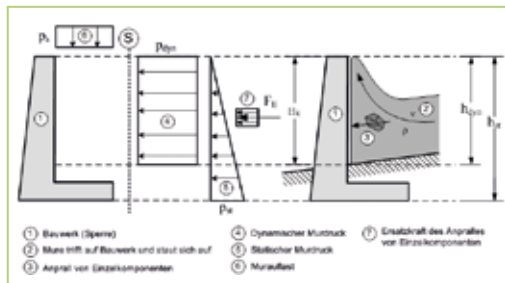


Abb. 4: Komponenten des Einwirkungsmodells für Muren nach ONR 24801 (dargestellt ist der Schnitt durch eine Sperre entlang der Bachachse) (© Suda).

Fig. 4: Components of the impact model for debris flow processes according to ONR 24801.

Die aus dem Modell erhaltenen Einwirkungen sind für die Bemessung als charakteristische Einwirkungen aufzufassen. Für die weitere Bemessung sind die so ermittelten Murdrücke laut ONR 24802 zwar als veränderliche Einwirkung zu betrachten jedoch mit einem Teilsicherheitsbeiwert, der einer ständigen Einwirkung entspricht.

Bei der Bemessung sind für den betrachteten Standort durch den Projektanten unter Einbeziehung des Sachverständigen für Wildbachverbauung die Bedingungen im Einzugsgebiet einzuschätzen und die daraus resultierenden, maßgeblichen Einwirkkombinationen festzulegen. Eine Einwirkungskombination beschreibt die Art und Verteilung der Einwirkungen zu einem bestimmten Zeitpunkt. Für die Klassen der ständigen, veränderlichen und außergewöhnlichen Einwirkungen sind unterschiedlich hohe Teilsicherheitsbeiwerte definiert. Um die Gesamtbeanspruchung zu ermitteln müssen die Einwirkungen miteinander kombiniert werden. In den Kombinationen werden Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsbeiwerte berücksichtigt. Kombinationsbeiwerte für Wildbachsperrern sind alle auf 1,00 gesetzt. Die Höhe der Teilsicherheitsbeiwerte hängt vom betrachteten Grenzzustand und der Bemessungssituation ab. In der ONR 24802 sind 12 Einwirkungskombinationen (Abbildung 5) festgelegt (EK A bis EK L). Zusätzlich sind EK mit Sondereinwirkungen (z. B: Erdbeben) definiert. Die EK sind unterteilt in EK mit fluviatilen und mit murartigen Verlagerungsarten. Die charakteristischen Werte der Einwirkungen und die Einwir-

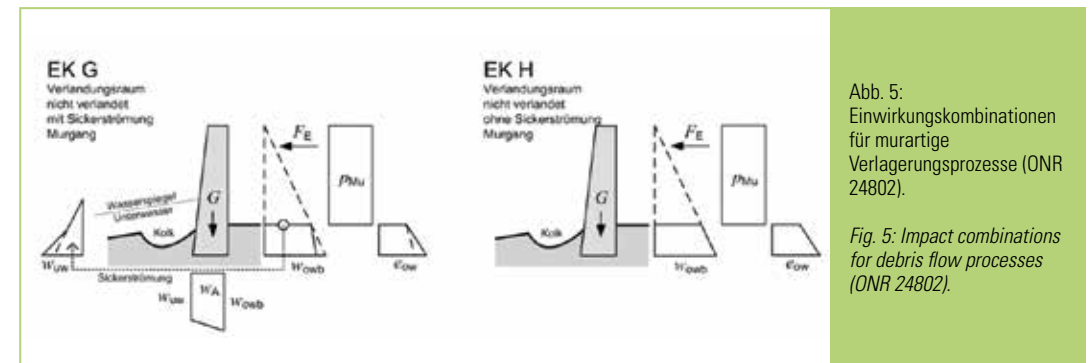


Abb. 5: Einwirkungskombinationen für murartige Verlagerungsprozesse (ONR 24802).

Fig. 5: Impact combinations for debris flow processes (ONR 24802).

kungsmodelle (Lastbilder) sind der ONR 24801 zu entnehmen. Ein gleichzeitiges Auftreten von Sturzprozessen und Erdbeben in außergewöhnlichen Bemessungssituationen muss aus Gründen der geringen Wahrscheinlichkeit dieser Kombination nicht berücksichtigt werden.

Eine Bemessungssituation (BS) umfasst eine bestimmte Einwirkungskombination (EK) inklusive eines bestimmten Bauwerkszustandes, die bei der Betrachtung eines Grenzzustandes auftreten kann. Es werden eine

- ständige Bemessungssituation (BS1),
- vorübergehende Bemessungssituation (BS2)
- außergewöhnliche Bemessungssituation (BS3)

unterschieden. Zu den ständigen Bemessungssituationen zählen alle im normalen Betrieb zu erwartenden Einwirkungen und Einwirkungskombinationen, wie regelmäßig auftretende Nutz- und Verkehrslasten, Schnee, Grundwasser und Wind. Eine vorübergehende Bemessungssituation beschreibt eine Situation, die während eines wesentlich kürzeren Zeitraumes als der geplanten Nutzungsdauer des Tragwerkes maßgebend ist und die eine hohe Auftretenswahrscheinlichkeit hat. Dazu zählen Situationen, die sich auf zeitlich begrenzte Zustände des Tragwerkes beziehen, z.B. Bauzustände, Zustände bei der Instandsetzung. Zu den außergewöhnlichen Bemessungssituationen zählen Situationen wie Erdbeben, außerge-

wöhnliche Murgänge, Anprall und Folgen lokales Versagen, über dem Bemessungsereignis liegende Hochwasser. Die Einwirkungskombinationen müssen jeweils einer Bemessungssituation zugeordnet werden, um die Höhe der Teilsicherheitsbeiwerte festzulegen. Die Wahl der maßgebenden Einwirkungskombination hängt von folgenden Faktoren ab: Maßgeblicher Bemessungsprozess, festgelegte Bauwerksfunktion, Höhe der Verlandung im Bau- und/oder Betriebszustand (plangemäß nicht verlandet, teilverlandet, verlandet).

Erhaltungsmanagement für Wildbachverbauung als Lebenszyklusmodell

Schutzbauwerke der Wildbachverbauung können ihre Schutzfunktionen nur dauerhaft erfüllen, wenn sie nach der Fertigstellung regelmäßig überwacht und erhalten werden. Mehr als andere Bauwerke sind sie extremen Umgebungsbedingungen und dynamischen Einwirkungen ausgesetzt, die zu einer überproportional hohen Abnutzung und rascher physiologischer Alterung führen. Besonders die Wirkung von Extremereignissen kann zu einer starken Beeinträchtigung des Zustandes oder der Wirkung der Schutzbauten führen. Allgemein liegt ein Bauwerks- oder Bauteilversagen vor, wenn ein definierter Grenzzustand (GZ) überschritten wird. Ein Grenzzustand ist erreicht, wenn ein Bauwerk (inklusive Untergrund), oder ein Teil davon, die Entwurfsanfor-

derungen nicht mehr erfüllt. Ein Schutzbauwerk kann aufgrund des Überschreitens der Tragfähigkeit, der Gebrauchstauglichkeit oder längerfristig aufgrund zu geringer Dauerhaftigkeit versagen. Einem Bauwerksversagen können Bauwerksschäden vorangehen. Es ist jedoch auch möglich, dass einwandfreie Bauwerke aufgrund einer unplanmäßigen Überlastung, beispielsweise durch einen Murstoß zerstört werden.

Die Erhaltung von Schutzmaßnahmen der Wildbach- und Lawinerverbauung umfasst alle technischen und administrativen Aufgaben (Maßnahmen), die während des Lebenszyklus (von der Errichtung bis zur Auflassung/Abtrag/Verfall) der Anlagen zu erfüllen sind. Das in der ONR 24803 vorgeschlagene Erhaltungskonzept läuft in zwei Stufen ab. Die erste Stufe, die Inspektion,

dient dazu den augenblicklichen Zustand des Bauwerkes zu beurteilen. Die zweite Stufe beinhaltet die konkreten baulichen oder organisatorischen Maßnahmen. Die Entscheidung über Art und Umfang der auszuführenden Maßnahmen wird in Abhängigkeit der Zustandsbeurteilung und der gewünschten Erhaltungsstrategie getroffen. Die Maßnahmen können je nach Art, Schwere und Umfang in jene des Bauwerksunterhaltes, der Erneuerung und der Veränderung eingeteilt werden. Die Tätigkeiten im Zuge der Inspektion gliedern sich in die Zustandserfassung und die Zustandsbeurteilung. Im Zuge der Zustandserfassung wird der aktuelle Zustand und die bisherige Entwicklung des Bauwerkes erhoben. Im Zuge der Zustandsbeurteilung werden die erfassten Daten bewertet und analysiert.

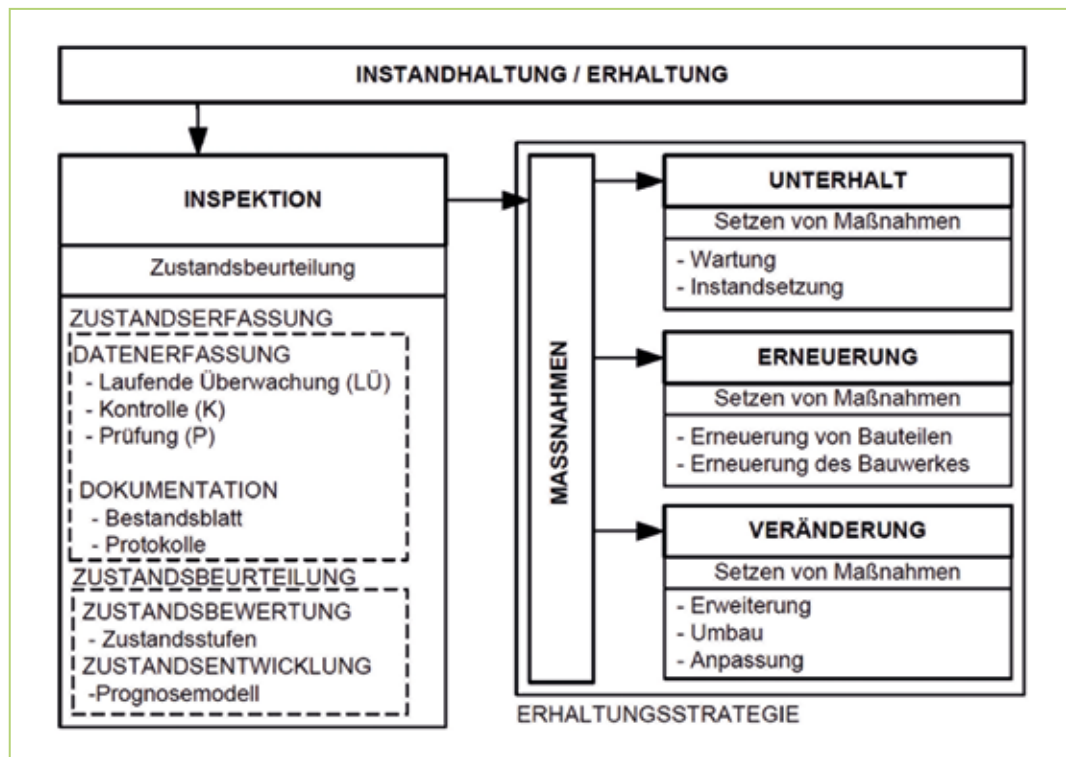


Abb. 6: Grundlegende Systematik des Erhaltungsmanagements für Schutzbauwerke der Wildbachverbauung (ONR 24803).

Fig. 6: Maintenance management system for protection measures.

Die Aufgabe der Inspektion (Zustandsüberwachung) bedeutet konkret, sich in regelmäßigen Abständen ein Bild vom Zustand und der Funktion der Maßnahmen (Bauwerke) zu machen, diese also laufend zu überwachen. Von großer Bedeutung ist die Inspektion der Anlagen insbesondere nach Extremereignissen (Hochwasser, Muren), bei denen die Bauwerke großen mechanischen Belastungen ausgesetzt sind und oft schwere Schäden davontragen. Um die Kapazität der Experten auf die sicherheitstechnisch relevanten Bereiche zu konzentrieren wird ein dreistufiges Inspektionsverfahren vorgeschlagen. Die unterste Stufe bildet die Laufende Überwachung (LÜ), welche in regelmäßigen Abständen von geschultem forsttechnischem Personal für alle Bauwerke durchzuführen ist. Werden an einem Bauwerk Mängel festgestellt, ist eine Kontrolle (K) zu veranlassen. Diese Kontrolle ist von fachkundigen Experten durchzuführen. Ziel der Zustandsüberwachung von Schutzbauwerken ist es, Mängel und Schäden sowie Beeinträchtigungen der Schutzfunktion rechtzeitig zu erkennen und Maßnahmen zu deren Behebung zum richtigen Zeitpunkt einzuleiten. Nicht jeder Mangel oder jede Funktionsbeeinträchtigung führt sofort zu einem Instandsetzungs- oder Sanierungsbedarf. Vielmehr kann durch gezielte und abgestufte Maßnahmen eine effiziente Erhaltung sichergestellt werden.

Basierend auf dem Vorschlag einer Schadensklassifizierung wurde für die ONR 24803 ein System zur Klassifizierung des Erhaltungszustandes entwickelt, welches sechs Zustandsklassen vorsieht. Das Ziel der Zustandsbewertung ist es, ein Bauwerk in eine der Zustandsstufen einzuordnen. Je niedriger die Zustandsstufe, desto besser ist der Bauwerkszustand. Für Standard- und Schlüsselbauwerke gelten die gleichen Zustandsklassen und Beurteilungskriterien, für Schlüsselbauwerk ist der Zahl der Zustandsstufe ein „S“ voranzustellen (z.B. S1). Diese Unterscheidung ist notwendig,

da an die Zustandsstufen Vorschriften bezüglich zu setzender Maßnahmen geknüpft sind. Für Schlüsselbauwerke gelten strengere Auflagen als für Standardbauwerke, d.h. aus den Zustandsklassen können direkt Sanierungsmaßnahmen und deren Dringlichkeit abgeleitet werden. Bauwerke, welche nicht mehr instand zu halten sind, sind in die Zustandsstufe 0 einzuordnen. Als mögliche Maßnahme kommen in diesem Fall der Abtrag oder der „kontrollierte Verfall“ des Bauwerks in Frage, sofern nicht ohnehin schon eine Zerstörung (Totalschaden) vorliegt. Mit der Klassifizierung soll der Bauwerkserhalter einen Überblick über den allgemeinen Zustand seiner Bauwerke und eine quantitative Entscheidungshilfe für erforderliche Instandsetzungen erhalten.

Anschritt des Verfassers / Author's address:

Priv.-Doz. Dr. Florian Rudolf-Miklau
Bundesministerium
für Nachhaltigkeit und Tourismus
Abt. Wildbach- und Lawinerverbauung
Marxergasse 2
1030 Wien
florian.rudolf-miklau@bmnt.gv.at

Literatur / References

- ONR 24800 (2009). Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Begriffe und ihre Definition sowie Klassifizierung
- ONR 24801 (2013). Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Statische und dynamische Einwirkungen
- ONR 24802 (2011). Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Projektierung, Bemessung und konstruktive Durchbildung
- ONR 24803 (2008). Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Betrieb, Überwachung und Instandhaltung

THOMAS FINK

Stand der Dinge: Querbauwerke im WLK

State of Affairs: Transverse Structures and WLK

Zusammenfassung:

Dieser Artikel stellt einen Überblick über die aktuell erfassten Querbauwerke im Wildbach- und Lawinenkataster (WLK) dar. Dabei werden räumliche Verteilung der Bauwerke, Bautypen und ihre zeitliche Entwicklung sowie Bauwerkszustand und Funktionalität betrachtet. Trotz alternativer Eingabemöglichkeiten, kann ein West-Ost-Gefälle der Bauwerksdichten beobachtet werden. Bautypen wie Konsolidierungssperren spiegeln gesellschaftspolitische Ereignisse wider und komplexere Bautypen tauchen erst gegen Ende des 20. Jhdts. auf. Die Funktionalität der eingegeben Querbauwerke liegt bei rund 75 %.

Stichwörter: WLK, Bautyp, Querbauwerk, Bauwerksalter, Zustandsbewertung

Abstract:

This article gives an overview on the current records of transverse structures in the torrent and avalanche cadastre (WLK). The focus is on the spatial distribution of the structures, the construction types and its development over time, the construction state and the functionality. Regardless of different input-options, there is a west-east slope in the density of constructions. The construction type of solid check dams gives information about socio-political events, more complex structures occur just at the end of the 20 century. The functionality of the inputted transverse structures is about 75 %.

Keywords: Construction type, barrier, structure age, structure condition

Einleitung

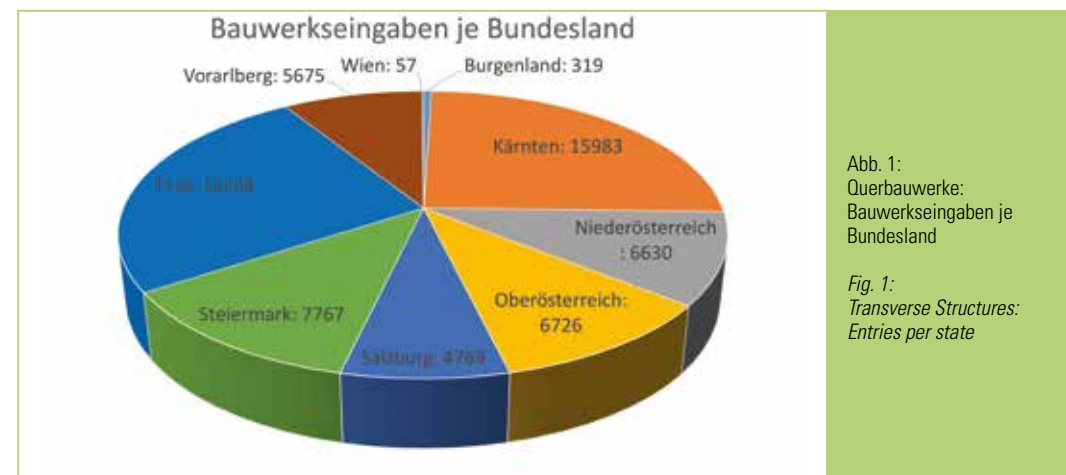
Seit über einem Jahrhundert errichtet der Forsttechnische Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung Sperrenbauwerke in Österreich, die dem Schutz der Bevölkerung vor Wildbachgefahren dienen. Bis vor wenigen Jahren waren die Detailkenntnisse über einzelne Bauwerke nur lokal verfügbar, und das Wissen über den Zustand einer Konstruktion ging oftmals mit der Pensionierung eines Kollegen verloren. Im Zeitalter der Digitalisierung wurde in den letzten beiden Jahrzehnten mit der Entwicklung des digitalen Wildbach- und Lawinenkatasters ein hochmodernes Werkzeug geschaffen, das bei der Bauwerksverwaltung, der Gefahrenzonenplanung und bei der Gutachtertätigkeit kaum noch wegzudenken ist.

Dieser Artikel stellt eine Übersicht der Bauwerksdaten von Querbauwerken im Wildbach- und Lawinenkataster (WLK) dar, die in den vergangenen Jahren sorgsam eingepflegt wurden. Nachfolgenden Grafiken und Erläuterungen liegt der Abfragestand für Querbauwerke aus dem „Abfragemanager“ vom 27. März 2018 und darauf beruhende Auswertungen zugrunde. Da es sich beim WLK um ein fortlaufendes und dynamisches System handelt, ist eine Auswertung stets ein Zwischenbericht einer Moment-

aufnahme. Bei der Verarbeitung der Daten und den weiteren Ausführungen wurde seitens des Autors größter Wert darauf gelegt, diese auf Plausibilität und Aussagekraft zu bewerten, und versucht, etwaige Eingabefehler, wie sie bei großen Datenbanken vorkommen können, kategorisch aus den weiteren Betrachtungen auszuschließen.

Quis es, Querbauwerk?

Der aktuelle Eingabestand für Querbauwerke im WLK beträgt 64.160. Im Bundeslandvergleich wurden die meisten Bauwerke in Tirol mit 16.244 eingegeben, dicht gefolgt von Kärnten. Die Vergleichsweise hohe Anzahl an Bauwerken in Kärnten in Bezug auf Bundesländer wie Salzburg, Steiermark und Oberösterreich spiegelt hier Unterschiede im Detaillierungsgrad der Eingabe wider. Manche Sektionen der WLK haben sich dazu entschlossen, Einzelbauwerke bzw. jede Position einer Bauausführung einzugeben, andere haben Bauwerksverbände in einem Datenelement zusammengefasst. Beide Vorgangsweisen erfüllen die dafür gestellten Vorgaben. Jedenfalls ist ein West-Ost-Gefälle der Bauwerksdichte zu bemerken, das den Gebirgsanteil der Bundesländer erkennen lässt.



Die Querbauwerke sind in 15 Bautypen gegliedert (vgl. Tabelle 1). Es ist nicht verwunderlich, dass Konsolidierungssperren, Grundschwellen und Sohlgurte, die Anzahl betreffend, das Feld dominieren. Diese Bauwerke machen beinahe 90 % der Querbauwerke aus. Zum einen sind dies Bautypen, die schon seit Jahrhunderten dieselbe Funktion erfüllen. Lediglich die Art des Baustoffes und konstruktive Details wurden sukzessive an

den Stand der Technik angepasst. Zum anderen werden diese sohlstabilisierenden und geschiebebindenden Bauwerke vorwiegend in Bauwerksverbänden eingesetzt, wo eines zur Sicherung des Vorangehenden dient. Dem untersten Bauwerk einer Staffelung wird oftmals die Rolle eines „Schlüsselbauwerkes“ zuteil (vgl. ONR 24800, 2009). Rund 4 % der Bauwerke sind als Schlüsselbauwerke erfasst.

Rang	Bautyp	Anzahl	Anteil
1	Konsolidierungssperre	23841	37,2 %
2	Grundschwelle	20064	31,3 %
3	Sohlgurt	12909	20,1 %
4	Geschieberückhaltesperre	2252	3,5 %
5	Buhne	2193	3,4 %
6	Rampe	1070	1,7 %
7	Geschiebedosiersperre	556	0,9 %
8	Wildholzfiltersperre	447	0,7 %
9	Grobgeschiebefiltersperre	293	0,5 %
10	Hochwasserdosiersperre	290	0,5 %
11	Murbrecher	123	0,2 %
12	Murabsturzbauwerk	53	0,1 %
13	Sonstige Bautypen	47	0,1 %
14	Geschiebeablagerungsplatz	21	0,0 %
15	Brücke	1	0,0 %
	Summe	64160	100,0 %

Tab. 1: Anteile der Querbauwerke nach Bautyp

Tab. 1: Proportion of construction type

Bauwerksalter

Die Datengrundlage lässt eine Aussage über das Alter von rund 53.000 Querbauwerke zu, die mit sinnvollen Eingaben im Feld „Baujahr“ versehen sind. Die ältesten, und zum Teil noch intakten, Bauwerke weisen eine Lebensdauer von weit über 100 Jahren auf. Unterzieht man die 4 anteilmäßig häufigsten Bauwerkstypen einer näheren Betrachtung, so weisen die Konsolidierungssperren mit 47 Jahren das höchste durchschnittliche Alter auf, gefolgt von den Grundschwellen mit 43 Jahren und den Geschieberückhaltesperren und Sohlgurten mit jeweils knapp 40 Jahren. Wenn man die Definition der Konsolidierungssperren nach der Höhe im Vergleich zu den Grundschwellen und Sohlgurten bedenkt (vgl. ONR 24800, 2009), liegt hier der erste Hinweis auf die Notwendig-

keit auch bereits angelaufener Sanierungsprojekte bestehender Sperrenstaffelungen wie z.B. aktuell am Griesbach in der Gemeinde Kirchdorf i. Tirol.

Ein noch interessanteres Bild zeichnet sich ab, wenn man für jene Bautypen, die in der Wahrnehmung des Baubetriebes die Antworten auf bestimmte Prozesse sind, ein Histogramm der Bauwerksalter mit Klassen von 10 Jahren erstellt und vergleichbar übereinanderstellt (vgl. Abb. 3).

Für Konsolidierungssperren, die von Anbeginn der Aufzeichnungen errichtet wurden, stechen 2 Dinge ins Auge. Zum einen die geringeren Stückzahlen in den Klassen „90 bis 100 Jahre“ und „70 bis 80 Jahre“, die nicht durch fachliche (bautechnische) Argumente erklärt werden können. Vielmehr werden hier die Begrenztheit der Mittel während der Wirtschaftskrise in den 1920er-Jahren und der Zweite Weltkrieg zum

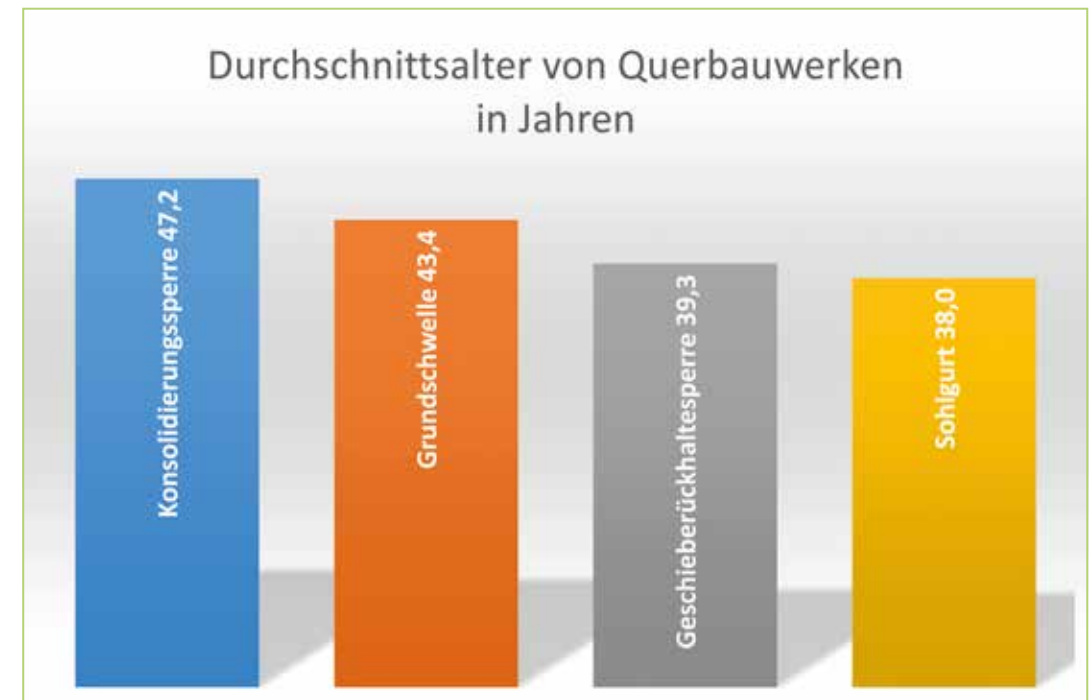
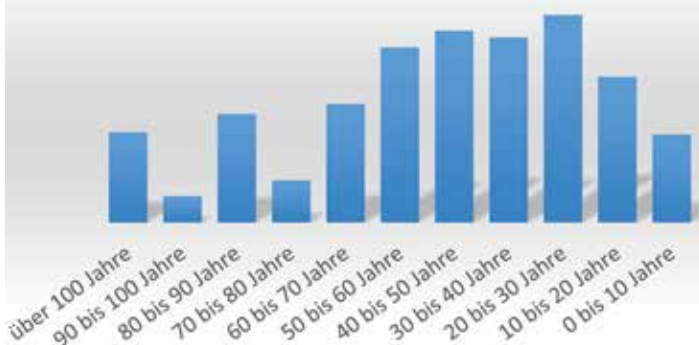


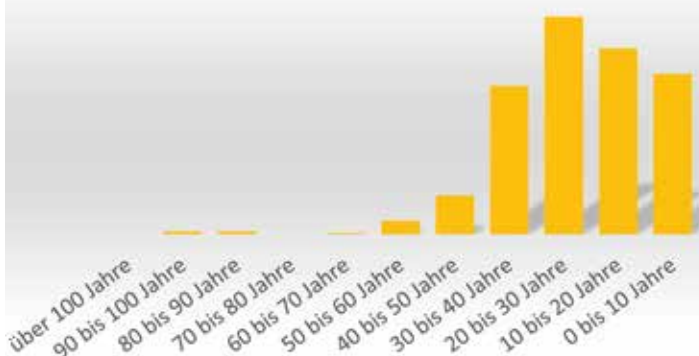
Abb. 2: Durchschnittsalter von Querbauwerken

Fig. 2: Average ages of Transverse Structures

Konsolidierungssperre



Geschiebedosiersperre



Hochwasserdosiersperre

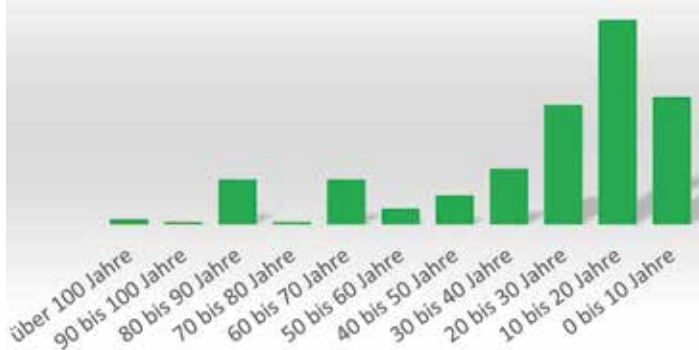


Abb. 3: Histogramm der Bauwerksalter

Fig. 3: Histogram of the construction ages

Ausdruck gebracht. Zum zweiten ist in den vergangenen Jahren ein Rückgang an Konsolidierungssperren zu erkennen.

Die zweite Darstellung zeigt den „Boom“ an Geschiebedosiersperren, der in den 1990er-Jahren stattgefunden hat, wo technische Innovationen und fachliche Erkenntnisse die Vorzüge dieses Bautyps forcierten.

Hochwasserdosiersperren (Anm.: subsumiert auch Hochwasserrückhaltebecken) haben bereits eine längere Tradition, nahmen aber in den vergangenen 25 Jahren anteilig stark zu.

Die mittlere Darstellung (Abb. 3) bestätigt auch die immer größere Anforderung, neben dem bloßen Schutz vor Naturgefahren, der seit jeher im Zentrum der Tätigkeit der WLK liegt, andere Querschnittsmaterialien zu vernetzen und zu berücksichtigen. So hat der Trend in den letzten Jahrzehnten, nicht zuletzt aufgrund der hohen Räumkosten, aber auch aufgrund der Geschiebedefizite in den Unterläufen und besonders aufgrund der Verfügbarkeit neuerer, computergestützter Berechnungsverfahren, zu vermehrtem Einsatz von Geschiebedosiersperren geführt. Dabei werden laufend Systeme in Bezug auf Geschiebedurchgängigkeit von Kornfraktion, die im Unterlauf und Vorfluter schadlos abgeführt werden können, wohlgermerkt bei Beibehaltung oder Erhöhung des Sicherheitsniveaus, verfeinert.

Qualitätssicherung – Zustandsbewertung und Sanierung

Da sich die historischen Schutzkonzepte in den meisten Fällen äußerst bewährt haben und an diesen Bächen seither Schadereignisse in große Ereignisse ohne Schäden im Siedlungsbereich abgewandt werden konnten, wird die Zahl jener Projekte immer größer, in denen der Hauptfokus der Maßnahmenplanung auf dem Erhalt und der Sicherung bestehender Schutzmaßnahmen liegt, und durch kleine Adaptierungen und Ergänzungen an den heutigen Stand der Technik angepasst werden.

So wurde zum Beispiel in der Gemeinde Neukirchen am Großvenediger in den letzten Jahren eine 21 Meter hohe Steinsperre aus dem Jahr 1893, hinter der sich ein Verlandungskörper mit einer Kubatur von 1,5 Mio. m³ Geschiebe befindet, durch eine vorgesetzte Konsolidierungssperre gesichert. Ein unkontrollierter Verfall wäre undenkbar gewesen, da ein spontanes Versagen während eines Hochwasserereignisses nicht ausgeschlossen werden konnte, und im Siedlungsbereich am Schwemmkegel zu einem wahren Horrorszenario führen hätte können.

Im Zuge einer standardisierten Zustandsbewertung werden im WLK fortlaufend der Bauwerkszustand, die Funktionalität des Bauwerkes und die Erfordernisse allfälliger Sanierungsmaßnahmen erhoben. Die Zustandsbewertung vor Ort ist bereits in vollem Gange und in den ersten Sektionen der WLK abgeschlossen.

Sieht man sich den Bauwerkszustand der erfassten Bauwerke näher an, so haben mehr als Dreiviertel der Querbauwerke einen ausreichenden oder noch besseren Zustand. Der Fokus muss daher auf dem verbleibenden Viertel liegen, wo ein weiteres Vorgehen abzuwägen ist und in einigen Fällen mitunter Handlungsbedarf bestehen könnte. Vorsicht ist bei der Interpretation der Daten gegeben: Bei der Auswertung wurden nur die derzeit bewerteten Bauwerke berücksichtigt. Bisher wurde der Zustand von 41 % der angelegten Querbauwerke bewertet.

Ein ebenso erfreuliches Bild gibt die Funktionsfähigkeit der erhobenen Querbauwerke, nach der 75 % der Bauwerke voll funktionsfähig sind. Hier gilt der gleiche Haken: Bisher wurden 43 % der angelegten Querbauwerke auf Funktionalität bewertet.



Abb. 4: Die Blaueseesperre am Obersulzbach heute und damals – im Jahr 1893 (Quelle: die.wildbach)

Fig. 4: The „Blausee“ – Check-Dam at the „Obersulzbach“ now and then – in the year 1893 (Source: die.wildbach)

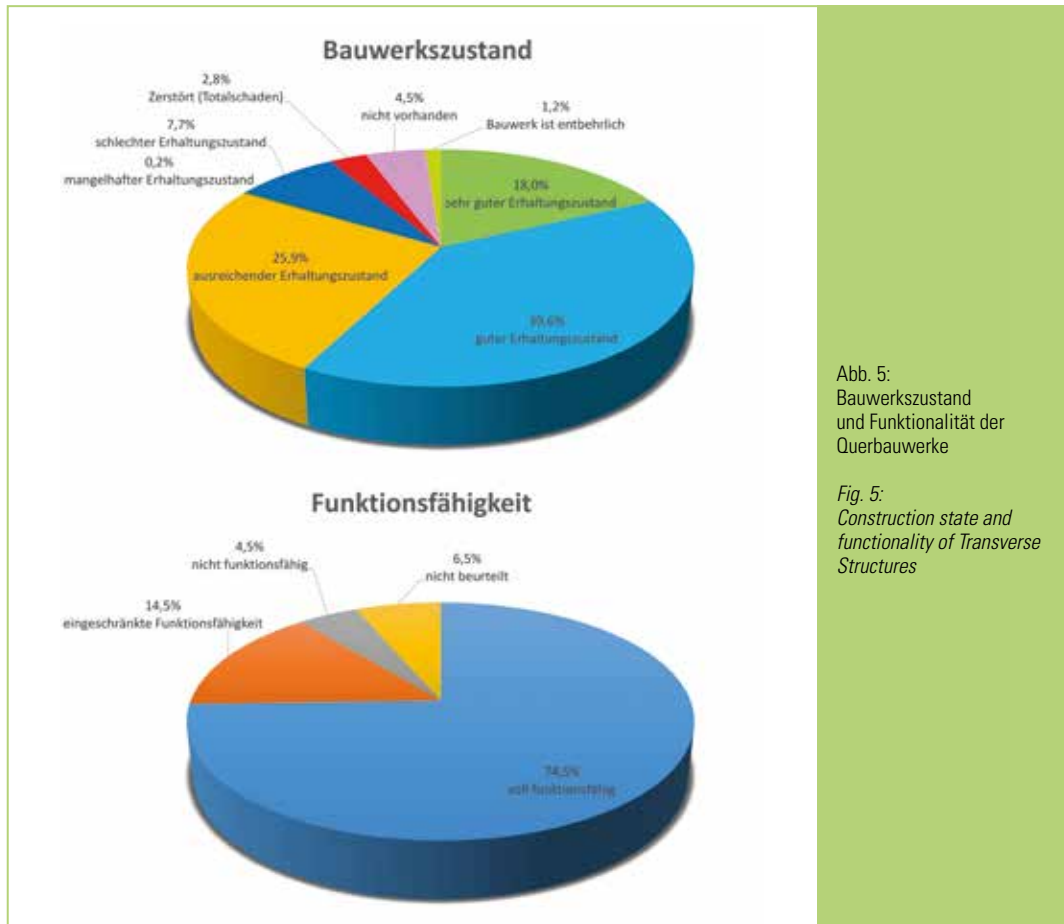


Abb. 5:
Bauwerkszustand
und Funktionalität der
Querbauwerke

Fig. 5:
Construction state and
functionality of Transverse
Structures

Ein zentrales Thema bei der Auswertung des umfangreichen Datenmaterials ist der Anspruch an Datenqualität. Die Anforderungen an Detaillierungsgrad vs. Qualität erfordern zeitnahe, strategische Entscheidungen, um ein hochqualitatives Datenmanagement von Bauwerksdaten zu gewährleisten und stellen eine der großen Herausforderungen in der Zukunft des WLK dar.

Literatur / References

DIGITALER WILDBACH- UND LAWINENKATASTER DER WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG WLK:
Online-Abfrage vom 27.03.2018 mit dem Abfragemanager

AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE (2009).
ONR 24800 – Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Begriffe und ihre Definitionen sowie Klassifizierung

BERGMEISTER K., SUDA J., HÜBL J., RUDOLF-MIKLAU F. (2009). Schutzbauwerke gegen Wildbachgefahren – Grundlagen, Entwurf und Bemessung, Beispiele. Ernst und Sohn Berlin: ISBN 978-3-433-02945-9.

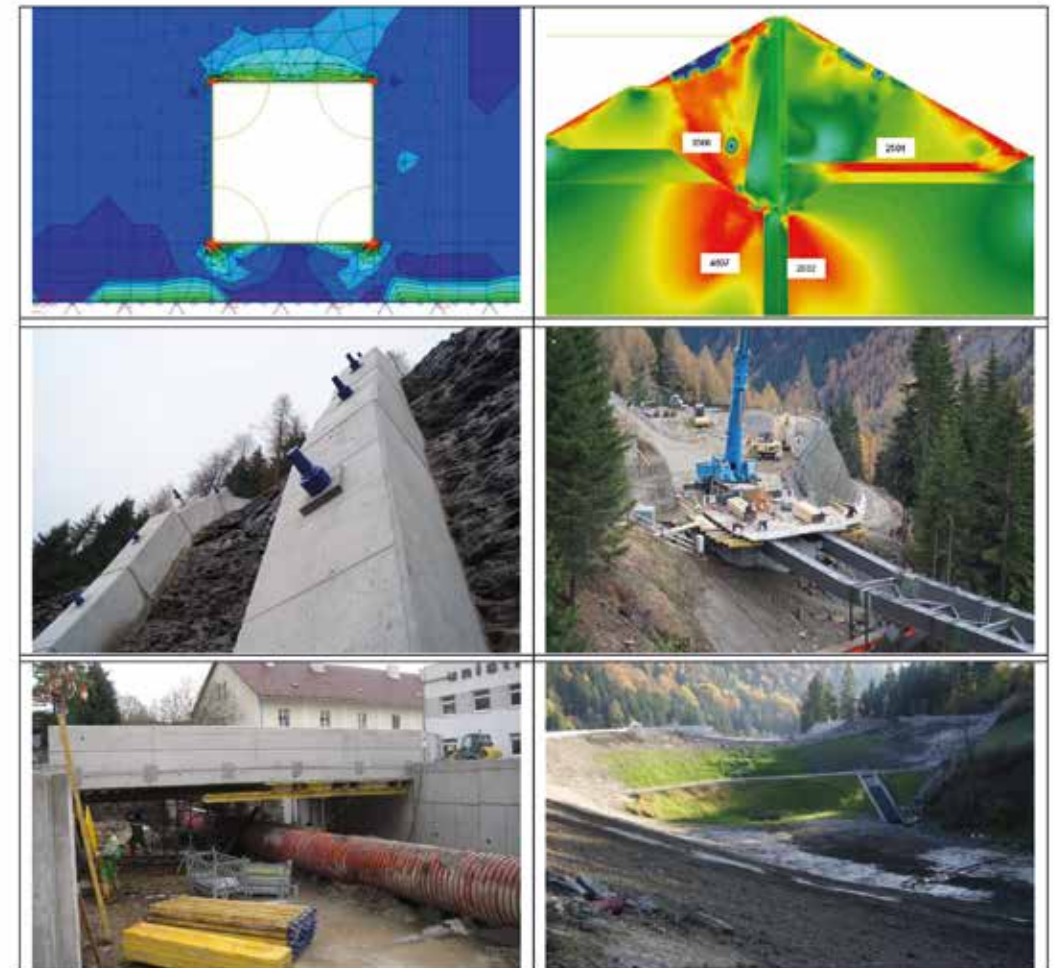
Anschrift des Verfassers / Author's address:

Dipl.-Ing. Thomas Fink
BMNT – Abt. Wildbach- und Lawinenverbauung
Marxergasse 2
1030 Wien
thomas.fink@bmnt.gv.at

alpinfra consulting + engineering gmbh :: Internationale Ingenieurkompetenz

Innovative Lösungen und Baustellenführung im anspruchsvollen alpinen Umfeld

- Statische und dynamische Strukturanalysen für Stahl- und Betonbauwerke
- Geotechnisch, grundbautechnische Sonderlösungen, Injektionstechnik
- Schutzwasserbau, Wildbach- und Lawinenverbauung
- Numerisch-Physikalische Modellierung von Lawinen, Muren und Felsstürzen



alpinfra consulting + engineering gmbh

Marktplatz 5 - 5163 Mattsee
office@alpinfra.com
www.alpinfra.com
+43 - 6217 - 20271

JOHANNES HÜBL

Schutzstrategien und Funktionen von Schutzbauwerken

Protection strategies and the functions of structural measures

Zusammenfassung:

Schutzstrategien sollen das Systemverhalten von Wildbacheinzugsgebieten so beeinflussen, dass das vorgegebene Schutzziel erreicht wird. Dies kann einerseits mit Maßnahmen erfolgen welche die Disposition zur Auslösung von Verlagerungsprozessen beeinflussen oder andererseits mit Maßnahmen, welche direkt auf den Verlagerungsprozess einwirken. Je nach gewählter Strategie sind Funktionen von Maßnahmen festzulegen, die die Zielerreichung gewährleisten. Zur Optimierung des Schutzkonzeptes ist sowohl der Wirkungsgrad der Einzelfunktion als auch des gesamten Schutzsystems zu analysieren.

Stichwörter:

Schutzstrategie, Funktionen von Bauwerken, Wildbachverbauung

Abstract:

The strategy of protection has to control the system behavior of a torrential catchment in order to reach the specified protection goal. This can be achieved either by mitigation measures that affect the disposition for triggering torrential processes or by control measures that directly affect the magnitude of a torrential process. According to the chosen strategy the functions of mitigation measures have to be defined, which interact and together reach the protection goal. To optimize the protection concept the efficiency of each measure as well as the entire protection system has to be documented and analyzed.

Keywords:

Protection strategy, function of structural measures, torrent control

Systemverhalten von Wildbacheinzugsgebieten und mögliche Schutzstrategie

Schutzkonstruktionen in Wildbächen haben im Rahmen einer festgelegten Schutzstrategie bestimmte Funktionen zu erfüllen, die das Systemverhalten von Wildbächen maßgeblich beeinflussen können. Welche Funktionen können nun in welcher Weise das Verhalten beeinflussen?

Das Einzugsgebiet eines Wildbaches kann als ein System betrachtet werden, das äußeren Einwirkungen, wie z.B. dem Niederschlag, ausgesetzt ist und mit einer Auswirkung, z.B. dem Abfluss, reagiert. Da in Wildbächen Messungen der Reaktion (des Abflusses) in der Regel fehlen, wird der Niederschlag als primäre Eingangsgröße verwendet. Für diesen sind österreichweit Daten über Dauer, Magnitude und Häufigkeit verfügbar. Dieser Bemessungsniederschlag findet wiederum Eingang in Modelle zur Abflusssimulation. Unter der

selten zutreffenden Annahme, dass sich die Jährlichkeiten von Niederschlag und Abfluss entsprechen, wird der berechnete Abfluss der Jährlichkeit 100 zwischen verschiedenen Dienststellen des Landes und des Bundes koordiniert und kann je nach Einzugsgebietscharakteristik und Leitprozess mittels Intensitätsfaktoren erhöht oder verringert werden (BMLFUW, 2010). Dadurch erhält man die für die Bemessung von Schutzkonstruktionen erforderliche Parameterkombination aus Größe (Magnitude) und Jährlichkeit (Frequenz).

Betrachtet man das Einzugsgebiet eines Wildbachs als ein System, so ist die Größe der Reaktion vom jeweiligen Systemzustand abhängig. Dieser wird von Zustandsgrößen bestimmt, die als Speicher anzusehen sind (Bossel, 2004). In Wildbächen ist vor allem der Speicher Boden mit der Bodenfeuchte oder der Feststoffspeicher mit dem Geschiebe- bzw. Wildholzpotential anzuführen. Diese beiden Zustandsgrößen bestimmen

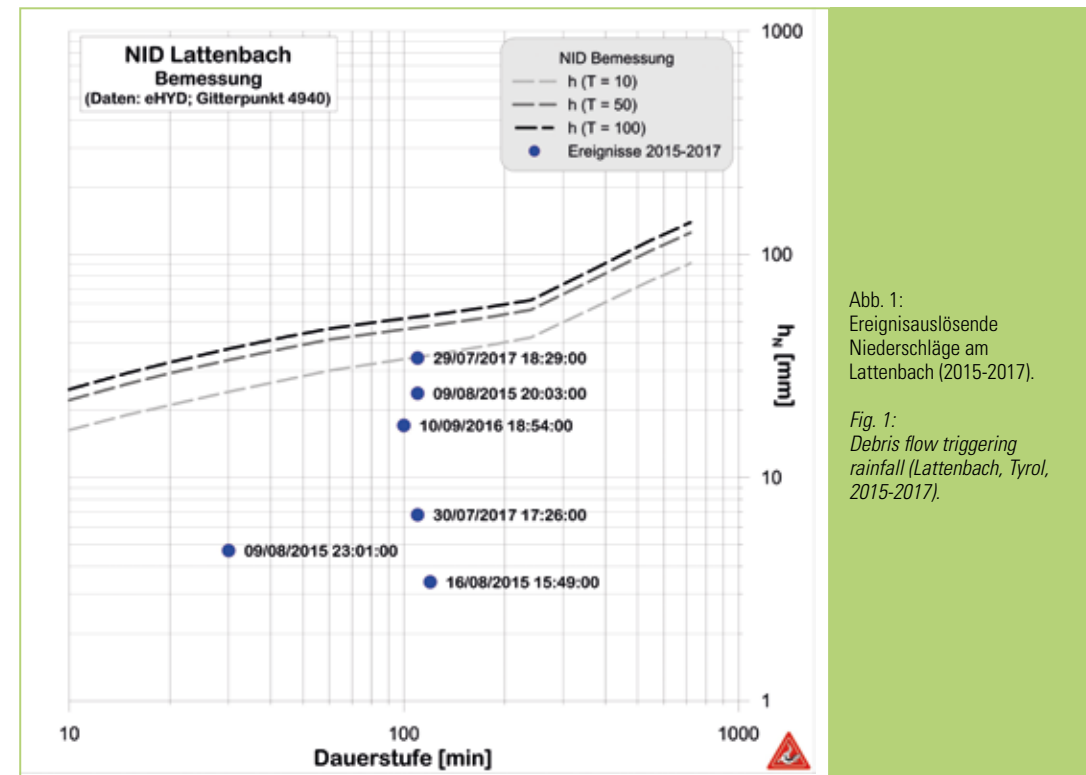


Abb. 1:
Ereignisauslösende Niederschläge am Lattenbach (2015-2017).

Fig. 1:
Debris flow triggering rainfall (Lattenbach, Tyrol, 2015-2017).

weitgehend die variable Disposition (Kienholz, 1995) eines Einzugsgebietes, legen also den Schwellenwert für ein auslösendes Ereignis fest. Dieser Schwellenwert ist somit kein konstanter Wert, sondern eine zeitlich variable Größe, die von den Zustandsgrößen des Systems bestimmt wird. Beispielhaft sind in Abbildung 1 die Muren auslösenden Niederschläge der Jahre 2015-2017 am Lattenbach im Vergleich zu den Bemessungsniederschlägen (NID Bemessung) aufgetragen. Obwohl sich die Dauerstufe der auslösenden Niederschläge kaum ändert, variieren die im Einzugsgebiet gemessenen und ereignisauslösenden Niederschlagshöhen von 3 bis 35 mm. Noch deutlicher zeigt sich die unterschiedliche Disposition, wenn man kurz aufeinanderfolgende Murgänge vergleicht, wie z.B. den am 9.8.2015 (20:03 Uhr bzw. 23:01 Uhr) und den am 29. bzw. 30.7.2017. Je größer die Bodenfeuchte und je leichter die Mobilisierbarkeit von Feststoffen, umso geringer ist der Schwellenwert anzusetzen, der ein Ereignis auslösen kann.

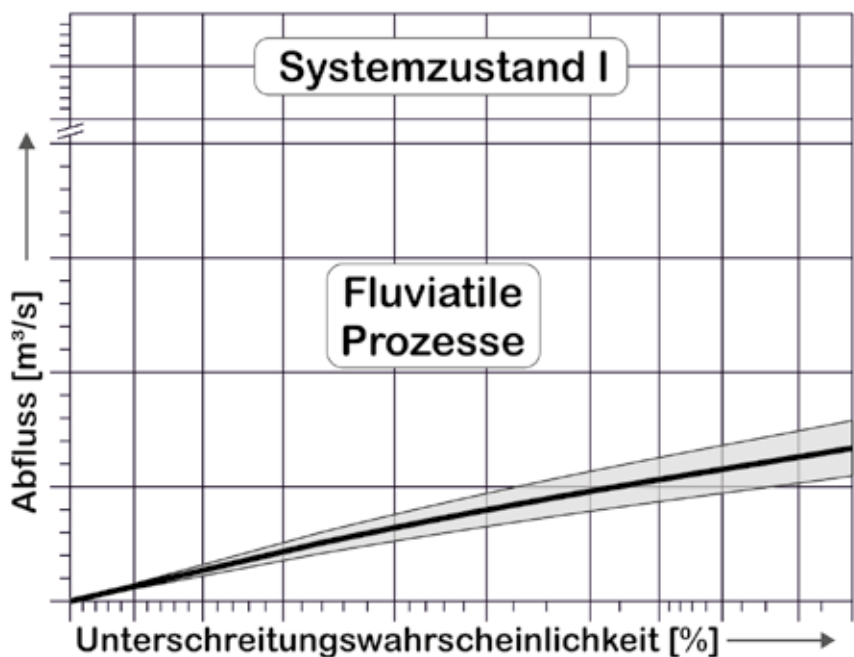


Abb. 2:
Systemzustand I in
Wildbächen bei fluvialen
Prozessen.

Fig. 2:
System status I of torrents
in case of fluvial processes.

Wie beeinflusst nun die variable Disposition den Abfluss?

Betrachtet man den Leitprozess Hochwasser, wird sich ein Abfluss innerhalb einer Streubreite je nach der Zustandsgröße Bodenspeicher berechnen lassen (Systemzustand I für fluviale Prozesse, Abbildung 2). Mit steigendem Wiederkehrintervall (Vergrößerung der Unterschreitungswahrscheinlichkeit) nimmt der Abfluss stetig zu. Diese Relation kann durch eine Wahrscheinlichkeitskurve des Abflusses dargestellt werden. Ähnlich verhält sich das System auch beim Leitprozess Fluvialer Feststofftransport, obwohl der Abfluss auf Grund der mitgeführten Feststoffe geringfügig zu erhöhen ist.

Schwieriger wird die Bestimmung des Abflusses, wenn der Feststoffspeicher (Geschiebe), wie bei den Leitprozessen Murartiger Feststofftransport und Murgang, mit zu berücksichtigen ist. Liegt eine hohe Disposition zur Mobilisierung von Geschiebeherden vor und können diese auch mobilisiert werden (transportlimitiert), verändert sich das Abflussregime und geht in den Systemzu-

stand II (murartige Prozesse) über. Dieser Wechsel ist durch einen „Sprung“ in der Wahrscheinlichkeitskurve charakterisiert und bedeutet, dass bei einer gewissen Disposition an Stelle von fluvialen Prozessen murartige Prozesse auftreten. Diese weisen wesentlich höhere Abflüsse auf, als durch die Einwirkungskombination Niederschlagsgröße und Frequenz zu erwarten gewesen wäre (Abbil-

dung 3). Dies bedeutet, dass ab einer gewissen Kombination aus Einwirkgröße (Niederschlag) und variabler Disposition ein Systemübergang stattfindet und der Abfluss nicht mehr vom Niederschlag, sondern von der Intensität der Geschiebemobilisierung bestimmt wird. Je nach Disposition treten murartige Prozesse selten (Abbildung 3, oben) oder häufig (Abbildung 3, unten) auf.

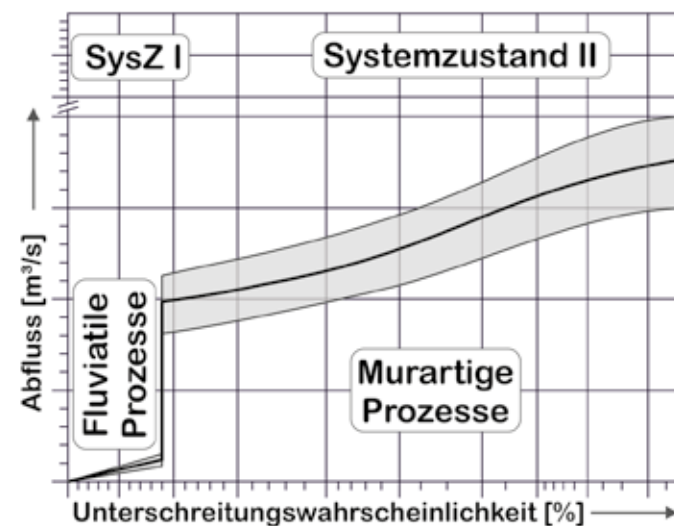
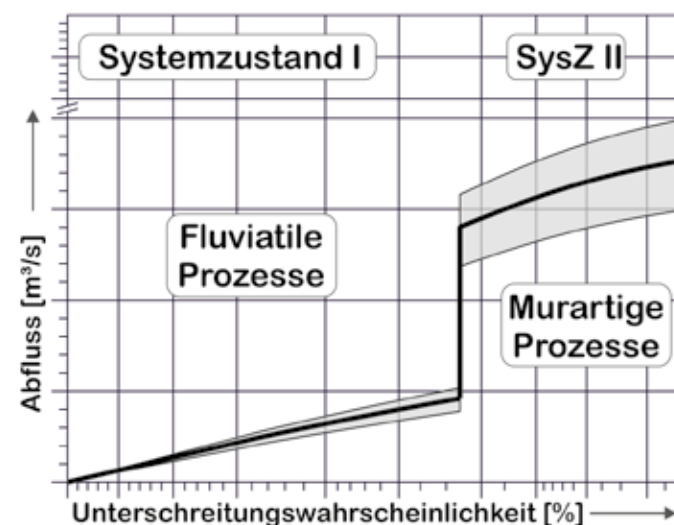


Abb. 3:
Systemzustand II in
Wildbächen bei seltenen
und häufigen murartigen
Prozessen.

Fig. 3:
System status II of torrents
in case of debris flow
processes.

So kann z.B. für den Lattenbach (Bez. Landeck) ein 100-jährlicher Basiswert für den Abfluss von rund $30 \text{ m}^3/\text{s}$ unterstellt werden. Tatsächlich treten aber fast jährlich größere Abflüsse bei murartigen Verlagerungsprozessen auf (Tabelle 1). Der Sprung vom Systemzustand I auf Systemzustand II erfolgt also schon bei geringer Jährlichkeit und ist rein auf die hohe variable Disposition des Feststoffspeichers zurückzuführen. Damit lässt sich erklären, warum alpine Einzugsgebiete selten oder häufig mit sehr großen Abflüssen reagieren, die mit einer rein auf Niederschlag bezogenen Abflussberechnung nicht zu bestimmen sind.

Datum, Zeit [CET]	Spitzenabfluss [m^3/s] (von mehreren Schüben)	Murfracht [m^3]
9.8.2015, 20:03	45	12000
9.8.2015, 23:01	60	18500
16.8.2015, 15:49	12	5000
10.9.2016, 18:54	145	46000
29.7.2017, 18:29	60	14000
30.7.2017, 17:26	85	41000

Tab. 1: Abflussspitzen und Murfrachten für den Lattenbach (2015-2017); zur Auslösung sh. Abbildung 1.

Tab. 1: Peak discharge and debris flow volume at Lattenbach (2015-2017).

Kennt man dieses Systemverhalten, bzw. die Größe der variablen Disposition, lassen sich entsprechende Strategien für Schutzmaßnahmen entwickeln.

In der ONR 24800 (2009) werden die aktiven Schutzmaßnahmen mit permanenter Wirkung unterteilt in Maßnahmen, die den Verlagerungsprozess (Hochwasser, Mure)

- entweder hinsichtlich der Intensität und Häufigkeit ändern
- oder die direkt Prozess einwirken.

Eine Änderung der Intensität und Häufigkeit eines Prozesses kann nur durch eine Veränderung der variablen Disposition erreicht werden. Reduziert man diese, verschiebt sich Wahrscheinlichkeitskurve bzw. die Sprungstelle in der Wahrscheinlichkeitskurve nach rechts (Abbildung 4, oben). Dies bedeutet, dass ein bestimmter Abflusswert seltener eintritt (z.B. HQ_{30} wird ein HQ_{50}), bzw. dass ein Systemübergang erst bei größeren Wiederkehrintervallen auftritt. Um dieses Ziel zu erreichen, können Maßnahmen angewendet werden, die entweder die hydrologischen Eigenschaften eines Einzugsgebietes verbessern (Vergrößerung des Bodenspeichers) bzw. die Möglichkeit der Mobilisierung von Geschiebeherden verringern. Natürlich kann dabei auch die Größe der Reaktion (Abfluss) vermindert werden (Abbildung 4, Mitte). Diese Strategie wurde mit dem ursprünglichen forsttechnischen System verfolgt.

Direkt auf den Prozess einwirkende Maßnahmen verändern die variable Disposition nicht. Das bedeutet, dass das System entsprechend dem Systemzustand reagiert. Jedoch wird punktuell eine wesentliche Reduktion der Abflussgröße (Dämpfung der Abflussspitze) für die unterhalb anschließende Gerinnestrecke bewirkt. Diese kann auch mit einer Transformation von murartigen in fluviatile Prozesse verbunden sein. Beispielhaft ist in Abbildung 4 (unten) die Transformation eines murartigen in einen fluviatilen Prozess dargestellt, eine Wirkung, die z.B. durch eine Funktionskette erreicht werden kann.

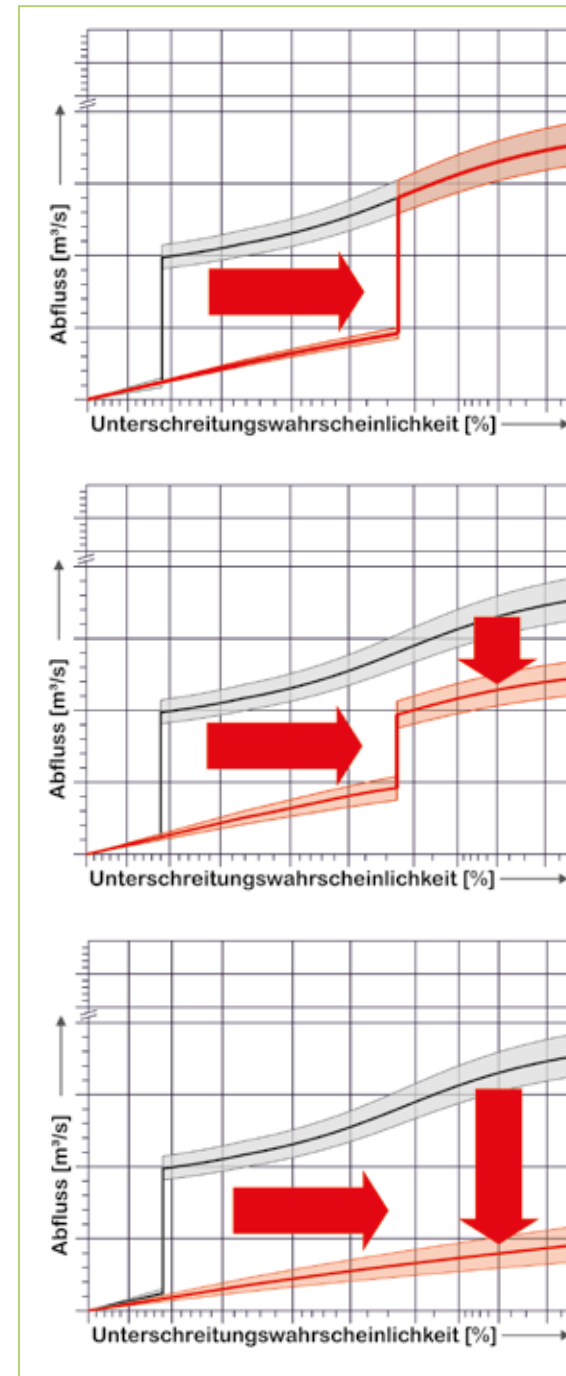


Abb. 4: Schutzstrategien und deren Beeinflussung der Abflussreaktion.

Fig. 4: Strategy of protection and its effect on the discharge.

In weiterer Folge ist auch der Versagensfall zu berücksichtigen. Dieser kann als Systemzustand III bezeichnet werden und sowohl zu fluviatilen oder murartigen Verlagerungsprozessen führen. Die aus dem Versagen resultierenden Abflüsse können bei weitem die ursprünglich unterstellten Abflüsse übertreffen. Beispielhaft sei das Versagen eines Hochwasserrückhalts (Abbildung 5, oben) wie 2016 am Simbach (Hübl et al., 2017) bzw. die Zerstörung geschiebebindender Maßnahmen am Enterbach 1969, wie von Aulitzky (1970) beschrieben (Abbildung 5, unten), angeführt. Grundsätzlich sollte aber ein Versagen von Maßnahmen, die nur die Disposition beeinflussen, zu einer geringeren Reaktion im Abfluss führen.

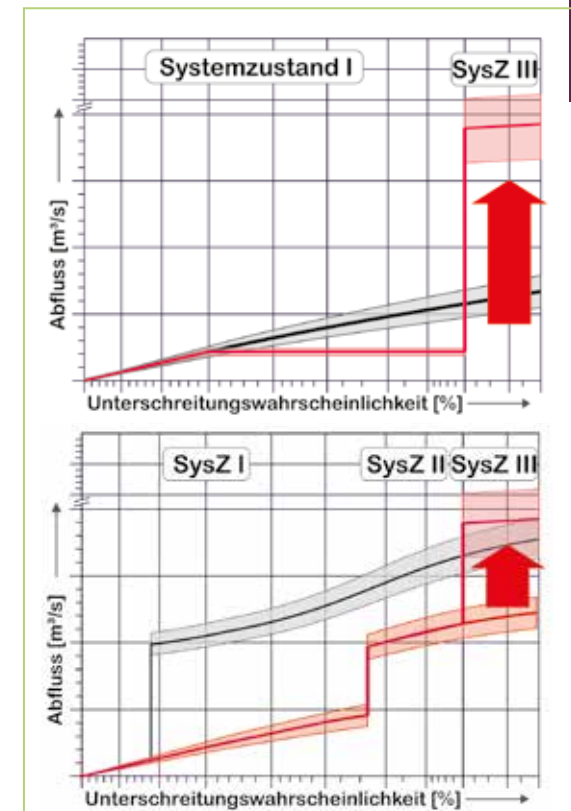


Abb. 5: Schutzstrategien und Abflussreaktion im Versagensfall.

Fig. 5: Strategy of protection and its effect on the discharge in case of technical failure.

Je nach festgelegtem Schutzziel kann unter Berücksichtigung des Systemverhaltens eine Schutzstrategie gewählt werden. Zur Umsetzung dieser Strategie müssen Schutzmaßnahmen ausgewählt werden, die bestimmte Funktionen erfüllen (Hübl et al., 2003) und deren Wirkungen zur Erreichung des Schutzzieles beitragen. Für technische Schutzmaßnahmen lassen sich folgende Funktionen abgrenzen (ONR 24800, 2009):

Ereignisdisposition beeinflussend:

- Stabilisierung
- Konsolidierung
- Ausleitung

Direkt auf den Prozess einwirkend

- Retention
- Filterung
- Dosierung
- Energieumwandlung (Dissipation)

Zusätzlich können noch zwei Funktionen definiert werden, die als aktive Maßnahme nicht auf die Größe und Frequenz einwirken, sondern nur eine Verlagerung des Prozesses bewirken.

- Ablenkung
- Ausleitung

Funktionen von technischen Schutzmaßnahmen

Charakteristisch für Gefahrenszenarien in Wildbächen ist die Überlagerung verschiedener Prozesse und Prozesswirkungen. Daher erfordern Schutzkonzepte eine Kombination verschiedener Funktionen (Kettl, 1973). In diesem Sinne stellen die oben beschriebenen Funktionen Elemente der Schutzstrategie dar. Für eine effektive Maßnahmenplanung bedeutet dies, dass eine Auswahl der wirkungsvollsten Kombination von Funktionen zu treffen ist. Die Summe der Wirkungen aller ausgewählten Funktionen soll zur vollständigen Erfüllung des Schutzzieles führen (Hübl und Fiebiger, 2005)

Stabilisierung	
Ziel	Stabilisierung der Lage des Gerinnes und der Böschungen zur Verringerung der Geschiebemobilisierung. Eine Verlagerung der Bachachse, eine Tiefenerosion des Gerinnebettes, sowie eine Erosion der Böschungen sollte verhindert werden.
Hinweis	Anpassung des Längsprofils des Gerinnes entsprechend der Transportleistung. Der Abflussquerschnitt kann durch Auflandung verringert werden, sodass der Gerinnequerschnitt den Abfluss nicht mehr aufnehmen kann und eine Überbordung stattfindet. Eine erneute Seitenerosion bzw. eine Gerinneverlagerung ist die Folge. Daher ist auf eine sorgfältige Projektierung des Längsprofils zu achten.
Varianten	Kombination aus Quer- und Längsbauwerken (Regulierung, Staffellung)

Konsolidierung	
Ziel	Verringerung der Rutschungsdisposition bachnaher Einhänge und dadurch eine maßgebliche Reduktion des Geschiebeeintrages durch Hangprozesse.
Hinweis	Schaffung eines ausreichend großen Stützkörpers am Rutschungsfuß durch eine Hebung der Gerinnesohle bachaufwärts des Bauwerks, die eine Konsolidierung des Rutschkörpers bewirkt. Durch die maßgebliche Reduktion des Sohlgefälles auf Grund der Sohlhebung verringert sich die Fließgeschwindigkeit und durch die Ausbildung von freien Überfällen (Abstürzen) wird die Transportkapazität des Abflusses verringert. Dadurch kommt es zu einer temporären Ablagerung transportierter Feststoffe Das sich einstellende Verlandungsgefälle wird maßgeblich von der

	volumetrischen Feststoffkonzentration im Abfluss bestimmt. Bei großer Konzentration und geringen Absturzhöhen kann sich eine steile Rampe ausbilden.
Varianten	Maßnahmenverband aus Querbauwerken (Staffellung) und flächenwirksame Maßnahmen können die Konsolidierung unterstützen.

Ausleitung (Umgehung, Bypass)	
Ziel	Umgehung und Vorbeileitung des Abflusses an einem erosionsanfälligen Bachabschnitt oder einer labilen Einzugsgebietsfläche.
Hinweis	Wirksame Wasserfassung bachaufwärts des betroffenen Gewässerabschnittes unter Berücksichtigung des Feststofftransportes, gesicherte Ausleitungsstrecke und Rückführung des Abflusses in einen stabilen Gerinneabschnitt.
Varianten	Die Umgehung kann in offenen oder geschlossenen Ausleitungskanälen erfolgen.

Retention	
Retention Wasser	
Ziel	Rückhalt von Wasser infolge natürlicher Speicherwirkung oder durch künstliche Maßnahmen zur Dämpfung des Scheitelabflusses und Verzögerung der Hochwasserwelle. Die stehende Retention erfolgt durch die Speicherwirkung von stehenden Gewässern oder von Rückhaltebecken, die fließende Retention durch eine Dotierung von Überflutungsflächen.
Hinweis	Ausreichender Rückhalteraum auch für Hochwasserwellen mit großer Fülle und ständig offener Grundablass bei technischen Bauwerken erforderlich.
Varianten	Gesteuert oder ungesteuert, in Serie oder parallel, im Hauptschluss oder im Nebenschluss

Retention Geschiebe	
Ziel	Dauerhafter Rückhalt von Feststoffen infolge natürlicher Speicherwirkung in stehenden Gewässern oder im Stauraum einer Sperre.
Hinweis	Bei Feststoffen nur solange wirksam, als ausreichend Retentionskapazität zur Verfügung steht. Bei vollkommener Verlandung des Rückhalteraaumes geht die Retention in die Funktion Dosierung über. Retendiertes Geschiebe bedarf einer maschinellen Räumung oder einer künstlich eingeleiteten Spülung des Stauraums, um die ursprünglich vorhandene Rückhaltekapazität wieder herzustellen.
Varianten	Geschlossene Bauweise (Vollwandsperrern) mit Entwässerungsdolen, Netzsperrern ohne Basisöffnung

Filterung	
Ziel	Selektiver (qualitativer) Rückhalt von Feststoffen (Geschiebe, Wildholz) die eine bestimmte Größe überschreiten. Dadurch sollen bachabwärts Schäden durch Verringerung bzw. Verklausung des Abflussprofils vermieden werden. Feststoffe mit tolerierbaren Ausmaßen sollen die Filterkonstruktion ungehindert passieren können, um eine zu rasche Verlegung zu verhindern und um die Sedimentkonnektivität aufrecht zu erhalten.
Hinweis	Feststoffe müssen an die Filterkonstruktion herangeführt werden können. Dies kann nur dann erfolgen, wenn kein hydraulisch bedingter Rückstau am Bauwerk auftritt. Die dafür erforderliche Durchflussfläche sollte trotz Filterwirkung auch längere Zeit für den Abfluss zur Verfügung steht. Mit zunehmender Dauer des Prozesses nimmt die Filterwirkung ab, da die Filterkonstruktion durch ihre Wirkung zunehmend verlegt wird. Die Filterung geht somit in die Funktion Dosierung über.

Varianten	Die Filterwirkung kann auf Geschiebe bzw. für Wildholz dimensioniert werden und ist im Rahmen einer Funktionskette sinnvoll.
------------------	--

Dosierung

Ziel	Temporärer Rückhalt von Geschiebe in einem Ablagerungsraum oder in einer Gerinnestrecke, um die Geschiebefracht und somit auch den Geschiebetransport im nachfolgenden Gerinneabschnitt zu verringern (quantitativer Rückhalt). Mit nachlassendem Geschiebetransport bei einem Ereignis soll das durch die dosierende Maßnahme zwischen-deponierte Geschiebe zumindest teilweise remobilisiert werden, um die Sedimentkonnektivität zu gewährleisten.
-------------	---

Hinweis	Ausreichend vorhandener Ablagerungsraum, um die Ablagerung der Feststoffe durch einen hydraulischen Rückstau am Bauwerk sicherzustellen. Das setzt voraus, dass der Ablagerungsraum nicht schon durch Ablagerungen kleinerer Ereignisse vorverfüllt ist. Dies bedingt einen ausreichend großen Abflussquerschnitt am Bauwerk, um einerseits häufige Hochwässer ($HQ_{10} - HQ_{30}$) rückstaufrei abführen zu können und andererseits den Abtransport des Geschiebes bei ablaufender Hochwasserwelle seltener Ereignisse (BHQ) zu ermöglichen. Der hydraulische Rückstau am Bauwerk bewirkt eine Ablagerung des Geschiebes an der Stauwurzel, die Sedimentation erfolgt gerinneabwärts mit einer steilen Front (Zollinger, 1983) und gerinneaufwärts mit einem geringem Verlandungsgelände ähnlich der Ausbildung eines Deltas.
----------------	---

Ziel	Erreichen die Ablagerungen die Bauwerkskrone, tritt eine Dosierung ähnlich einem verfüllten Geschieberetentionsbecken, einem Ablagerungsbecken oder einer Staffelstrecke auf. Die Dosierfunktion ergibt sich dann aus der Differenz des Verlandungswinkels des Geschiebes bei unterschiedlicher Feststoffkonzentration.
-------------	---

Varianten	Ablagerungsbecken mit und ohne Abschlussbauwerk (offene Sperre), Staffelstrecke
------------------	---

Energieumwandlung (Dissipation)

Ziel	Reduktion der kinetischen Energie und Umwandlung in andere Energieformen durch die Bremswirkung eines Bauwerks und Ablagerung des Murkopfes und Teile des Murenkörpers.
-------------	---

Hinweis	Reduktion der Fließgeschwindigkeit eines Murganges und Ablagerung der Feststoffe unter kontrollierten Bedingungen. Durch die erzwungene Ablagerung des Murenkörpers kann sich gerinneabwärts ein neuer Leitprozess für den dem Murenkörper folgenden Abfluss ergeben (z.B. fluvialer Feststofftransport). Die Wirkung kann sich nur bei ausreichendem Ablagerungsraum oder großer Fallhöhe einstellen.
----------------	--

Varianten	Die Energieumwandlung kann entweder durch ein Bremsbauwerk oder durch mehrere Absturzbauwerke mit größerer Fallhöhe erzielt werden. Bei ersterem ist der Ablagerungsraum bachaufwärts des Bauwerks situiert, bei letzterem bachabwärts der Bauwerke.
------------------	--

Ableitung	
Ziel	Die Ableitung umfasst alle Maßnahmen, die dazu dienen, Fließprozesse (Hochwasser, Muren) durch den Gefährdungsbereich zu leiten bzw. um den Gefährdungsbereich vorbeizuführen.
Hinweis	Die erforderliche Abflusskapazität im Gerinneabschnitt muss dauerhaft gewährleistet sein. Der Gerinnequerschnitt im Ableitungsbecken sollte sich nicht ändern um Fließwechsel zu vermeiden und die Anzahl an querenden Bauwerken (z.B. Brücken) sollte wegen der Verklauungsgefahr möglichst gering sein. Um Energieverluste zu reduzieren ist auf eine möglichst geringe Rauigkeit des Gerinnes zu achten. Bei einer Erhöhung der Rauigkeit (z.B. durch Bewuchs), Anlandung von Geschiebe und einer Verklauung reduziert sich die Wirkung der Ableitung.
Varianten	Kombination aus Quer- und Längsbauwerken (Regulierung)

Ablenkung	
Ziel	Erzwungene Richtungsänderung des Abflussprozesses um diesen am zu schützenden Bereich vorbeizuleiten.
Hinweis	Keine zu große Abbremsung des Fließprozesses (Ablenkwinkel, Aufweitung), um diesen in den potentiellen Ablagerungsbereich tatsächlich abzuleiten. Ablagerungen im Bereich der Ablenkungsmaßnahme können die Auflandungstendenz erhöhen, sodass mit einer Überbordung der Ablenkungsmaßnahme zu rechnen ist.
Varianten	Ablenkung durch Längsbauwerk in eine oder in mehrere Richtungen möglich.

Schutzkonzept

Das Schutzkonzept umfasst nicht nur das Gerinne, sondern das gesamte Einzugsgebiet und berücksichtigt alle relevanten, naturräumlichen Faktoren (ONR 24800, 2009). Es zeigt die räumliche Verteilung der ausgewählten Funktionen, die den effektivsten und wirtschaftlichsten Beitrag zur Erreichung des Schutzzieles ermöglichen (Abbildung 6). Dazu müssen die Wirkungen der Funktionen in weiterer Folge quantitativ erfasst und in ihrer Kombination dargestellt werden. Ein erster Ansatz dafür wurde im Projekt „CHECKDAM: Evaluierung offener Wildbachsperren unter Lastannahme“ (2005) versucht.

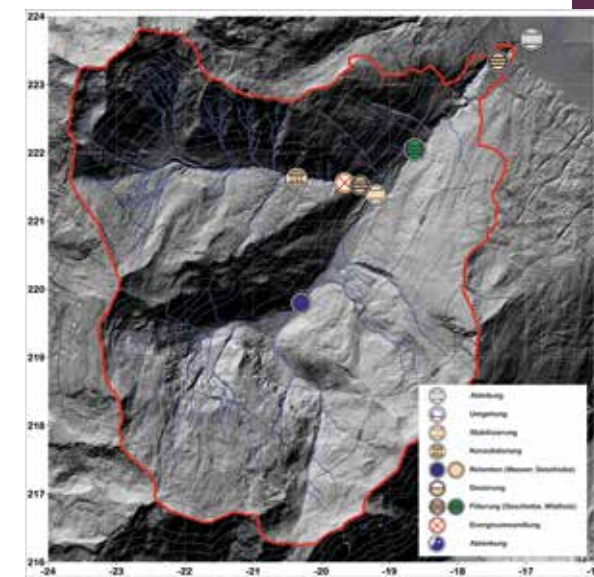


Abb. 6: Beispiel für ein Schutzkonzept mit Darstellung der gewählten Funktionen als Piktogramme.

Fig. 6: Example for a protection concept with icons for selected functions.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Wirksamkeit einer errichteten Maßnahme ist an eine Zielvorstellung gebunden, wobei zwi-

schen der Funktionserfüllung eines Bauwerks (im Sinne der Gebrauchstauglichkeit) und der Erfüllung des Schutzzieles im Rahmen des Schutzkonzepts unterschieden werden kann. So kann wohl das Schutzziel (z.B. Schutz einer Siedlung vor Geschiebeablagerungen) erreicht werden, während die Funktion (z.B. selbständige Entleerung des Ablagerungsraumes) nicht oder nur teilweise erfüllt wurde.

Die Erfüllung der Funktion kann eigentlich nur im Rahmen der Ereignisdokumentation nach einem Ereignis durchgeführt werden, da Modellversuche nur eine Annäherung an die Realität darstellen können. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sollten analysiert und regelmäßig publiziert werden, um eine weitere Optimierung der funktionellen Gestaltung technischer Schutzmaßnahmen zu ermöglichen.

Anschrift des Verfassers / Author's address:

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Johannes Hübl
 Universität für Bodenkultur Wien
 Department Bautechnik und Naturgefahren
 Institut für Alpine Naturgefahren
 Peter Jordan Str. 82, 1190 Wien
 johannes.huebl@boku.ac.at

Literatur / References

AULITZKY H., (1970).
 Der Enterbach am 26. Juli 1969. Versuch der Analyse eines Murganges als Grundlage für die Neuerstellung einer zerstörten Wildbachverbauung, Wildbach- und Lawinenverbau, Jg. 34, 1, 31-66

BMLFUW (2010). Leitfaden zur Festlegung und Harmonisierung von Bemessungsereignissen

BOSEL, H. (2004). Systeme, Dynamik, Simulation, Books on Demand GmbH, Norderstedt

HÜBL J., HOLZINGER G., WEHRMANN H., (2003).
 Klassifikation von Wildbachsperrern, WLS Report 50, Band 2, Institut für Wildbach- und Lawinenschutz, Universität für Bodenkultur Wien (unveröffentlicht), Wien

HÜBL J., FIEBIGER G. (2005).
 Debris-flow mitigation measures; in: Jakob M., Hungr O. (Eds.). Debris flow Hazards and Related Phenomena, Springer – Praxis Books in Geophysical Sciences, 445 – 487

HÜBL J., HEISER M., BRAITO S., TSCHARNER S., KUNTNER K., PRENNER, D., FALKENSTEINER M., RABANSER E. (2017).
 Ereignisdokumentation und Ereignisanalyse 2016 Rottal-Inn, IAN Report 180, Band 2: Ereignisanalyse Simbach, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur, Wien (unveröffentlicht), Wien


HÜBL, J., HOLUB, M., GANAHL, E., MOSER, M., WEHRMANN, H. (2005).

Checkdam – Evaluierung offener Wildbachsperrern unter Lastannahme; IAN-Report 69; Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur, Wien (unveröffentlicht)

KIENHOLZ H. (1995).
 Gefahrenbeurteilung und -bewertung – auf dem Weg zu einem Gesamtkonzept, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 146, 701-725


ONR 24800 (2009).
 Schutzbauwerke der Wildbachverbauung - Begriffe und ihre Definitionen sowie Klassifizierung (Protection works for torrent control - Terms and their definitions as well as classification), Österreichisches Normungsinstitut


ZOLLINGER F. (1983).
 Die Vorgänge in einem Geschiebeablagerungsplatz, Dissertation, Nr. 7419, ETH Zürich



NaturRaum365
 Die App-Lösung für uns Wildbachbegeher
INNOVATIV. PRAKTISCH. VERLÄSSLICH.

Ingenieurbüro für Naturgefahrenmanagement





Mit unseren Erfahrungen und den technischen Möglichkeiten der heutigen Zeit wurde eine Wildbachbegehungs-App entwickelt, um uns Wildbachbegehern eine innovative, praktische und verlässliche Lösung in die Hand zu geben.

Weitere Informationen erhalten Sie unter www.naturraum365.at und www.skolaut.at

Wir sichern und kultivieren die Erde

Steilwälle
 Wasserbau
 Entwässerung
 Sonderkonstruktionen



Hang- u.
 Böschungssicherung
 Steinschlagschutz
 Stützbauwerke



J. Krismer | Bundesstraße 23
 A - 6063 Innsbruck - Rum
www.krismer.at | office@krismer.at



SIEGFRIED SAUERMOSE, GEBHARD WALTER, MANFRED EGGER

Wildbachsperren in Tirol – Historische Entwicklung – Stand der Technik

Torrent check dams in Tyrol – Historical development – State of the art

Zusammenfassung:

In den Jahrzehnten nach der Gründung der Wildbach- und Lawinerverbauung in Tirol wurden zahlreiche Geschiebestausperren errichtet. In den Sechzigerjahren des vorigen Jahrhunderts begann man mit Sortiersperren zu experimentieren. Die klassische Balkensperre, welche heute noch in vielen Bächen steht, war die bevorzugte Bautype in den Tiroler Wildbächen. Allerdings musste man auch erkennen, dass die Balkensperren, welche in der Folge auch als Trogsperren ausgeführt wurden, nur einen begrenzten Sortiereffekt haben, da sie im Falle eines Ereignisses leicht zur Verklausung neigen. In der Folge wurden mehr und mehr Rechensperren, mit einfachem oder geknicktem Rechen in der Sperrenöffnung, errichtet. Die große Aufgabe der Zukunft wird es sein, alle Sperren in einem voll funktionsfähigen Zustand zu halten, ihre Funktionsfähigkeit, dort wo es notwendig ist, zu verbessern und die riesige Menge an jährlich anfallendem Geschiebe einer geordneten Deponie zuführen zu können.

Stichwörter: Geschiebestaubecken, Balkensperre, Sortiersperre, Rechensperre

Abstract:

After the founding of the Austrian Service for Torrent Control, many check dams in torrents were built. In the sixties of the last century, tests with sorting dams were conducted. The most used building type in Tyrol was the classical steel beam dam, in many torrents these dams are still working. Some of these dams were constructed as U-shape dams, however, it was recognised the sorting function was not satisfying, log and debris jams occurred very often, caused by the horizontal steel beams. Subsequently, more and more check dams with inclined rakes were built, they have a better sorting effect. The huge tasks for the future are keeping the high number of check dams in a full functional condition and create regulatory prerequisites for cleaning the debris basins.

Keywords: Debris retention basin, beam dam, sorting structure, rake dam

Einleitung

Über Jahrhunderte sind in einem Gebirgsland wie in Tirol Bemühungen dokumentiert, sich vor verheerenden Wildbächen zu schützen. Bachausbrüche im Bretterwandbach in der Gemeinde Matrei in den Jahren 1276 oder 1347, im Lahnbach in Schwaz in den Jahren 1526, 1553, 1569 oder 1626 oder im Geroldsbach in der Gemeinde Götzens im Jahre 1807 zeugen von dieser Bedrohung. Seit jeher haben die Menschen versucht, sich vor diesen Naturgefahren zu schützen, sei es mit notdürftigen Ufermauern oder mit einfachen Querwerken aus Holz, um die Tiefenerosion in den Bachgräben zu verhindern. Erst spät, im 18. Jahrhundert nämlich, erkannte man die abflusshemmende Wirkung des Waldes, dies nachdem

durch den Holzbedarf der Saline in Hall und des Bergbaues in Schwaz das Land nahezu abgeholzt war und die Anzahl von Murreignissen deutlich zugenommen hatte. Sowohl der Forstkommissär von Tirol, Hugo Rotter, als auch jener von Südtirol, Johann Rieder, sahen auch in der Entwaldung des Landes einen wesentlichen Beitrag für das Hochwasser 1882, welches weite Teile von Südtirol und Kärnten verwüstet hatte und letztlich zur Gründung der Wildbach- und Lawinerverbauung geführt hatte (Killian 1990). Vor dieser Erkenntnis versuchte man die Bäche durch Längsmauern am Schwemmkegel einzudämmen. Ein beredtes Beispiel dafür ist der Lahnbach in Schwaz. Die historischen Lahnbachmauern bilden heute noch ein wesentliches Landschaftselement in der Stadt Schwaz.



Abb. 1: Lahnbachmauer in Schwaz

Fig. 1: Deflection wall Lahnbach, Schwaz

Historische Entwicklung

Auf Basis des Wildbachverbaugungsgesetzes (Gesetz vom 30. Juni 1884 betreffend Vorkehrungen zur unschädlichen Ableitung von Gebirgs-wässern, RGBL 117/1884) wurde im Jahre 1884 die staatliche Wildbach- und Lawinerverbauung gegründet. Dies war auch der Beginn systematischer Wildbachverbauungen in Tirol, wenngleich die Sektion Tirol der Wildbach- und Lawinerverbauung erst im Jahre 1898 gegründet wurde. In den ersten Jahren, bis 1894, wurden in Tirol (Hanausek 1984) neben anderen Verbaumaßnahmen 6800 Querwerke, 39 km Künetten, 37 km Entwässerungen und über 900 ha Aufforstungen durchgeführt. Diese Zahlen zeigen deutlich, dass die Verbauungen auf eine flächenhafte Sanierung der Einzugsgebiete abzielten, die Bäche wurden bis in die obersten Quellgräben und Äste durch meist niedrige Querwerke gestaffelt (Hanausek 1984). Die Errichtung von Geschiebestausperren war nur in vereinzelten Fällen möglich, zu groß war der damit verbundene Aufwand und zu wenig hatte man zu diesem Zeitpunkt von Geschiebetransport und Geschiebemanagement verstan-

den. Ziel war es in erster Linie, Geschiebe auf der Fläche zu binden und in den Gräben Tiefenerosion zu verhindern. Geschiebemanagement im heutigen Sinne war noch nicht bekannt.

In den Jahren 1891 und 1893 ereigneten sich große Hochwasserkatastrophen im Unterinntal, besonders im Alpbachtal und Zillertal. Das Oberinntal wurde nach Hanausek (1984) im Jahre 1901 von einem Hochwasser großer Ausdehnung betroffen. Aufgrund dieser Ereignisse setzten noch vor der Jahrhundertwende die ersten Verbauungen in Nordtirol ein. 1893 wurde am Riedbach im Zillertal die Verbauung der Haupterosionsstrecke mit 3847 Prügelsperren begonnen, die dann etwa bis 1910 eine Strecke von über 1 km erreichte, auf welcher der Bach nur auf Holz rann (Hanausek 1984). 1895 wurde mit der Verbauung des Kalten- und Aschauerbaches im Zillertal begonnen. Noch vor der Jahrhundertwende wurden die Verbauungen im Enterbach, in der Fendler Mure und im Gridlontobel in Angriff genommen und um 1900 setzte die Verbaugungstätigkeit im Bezirk Reutte ein. In diese Zeit fällt auch der Beginn der Verbauungen von einer Reihe von Großachenzubringern im Bezirk Kitzbühel, die die Grundlage für die



Abb. 2:
Querwerk an der Spitze
des Schwemmkegels des
Lahnaches, Projekt 1911
der WLV

Fig. 2:
Stonebuilt checkdam on
top of the debris cone,
Lahnbach, Project 1911



Abb. 3: Gspannsperre in der Gemeinde Zirl, in den Jahren 1954 bis 1962 von 6 auf 25 m erhöht

Fig. 3: Gspan-checkdam in the municipality of Zirl, built in 1954 – 1962, enlarged from 6 to 25 m

Regulierung der Großache darstellten (Hanausek 1984). Bis zum Ersten Weltkrieg herrschte eine rege Verbaugungstätigkeit in Tirol, die durch den Krieg und die schlechten wirtschaftlichen Verhältnisse in der Nachkriegszeit jäh unterbrochen wurde.

In der Zwischenkriegszeit musste sich die Verbaugungstätigkeit in den Wildbächen vorwiegend auf Ergänzungen der vorhandenen Verbauungen und auf Arbeiten nach Elementarereignissen beschränken. Durch die Finanzschwäche der Interessenten (Hanausek 1984) war oft auch eine negative Auslese bei wichtigen Bauvorhaben vorhanden. In diese Zeit fällt auch der verstärkte Einsatz von Beton bei Wildbachverbauungen, dessen Lebensdauer wegen der schwachen Zementdosierung allerdings nicht sehr hoch war.

Im Zuge der Bekämpfung der Arbeitslosigkeit erfuhr die Verbaugungstätigkeit noch einmal einen kurzen Aufschwung, der aber durch den Zweiten Weltkrieg wieder stark reduziert

wurde. Die geringe Verbaugungstätigkeit über ein Vierteljahrhundert und der Verfall der alten Holzverbauungen durch Vermorschung war dann der Hauptgrund, dass Starkniederschläge in den Jahren 1945, 1946 und 1947 zu großen Vermurungen, auch im Bereich verbauter Bäche, führten. Um einen möglichst rasch wirksamen Schutz zu erreichen, wurden in der unmittelbaren Nachkriegszeit in verstärktem Ausmaß Geschiebestau- und Ablagerungsbauwerke errichtet.

Sortier- und Dosiersperren

Die starke Schotterentnahme aus Unterläufen und Vorflutern und einschlägige Untersuchungen von Hampel über den Geschiebetrieb führten ab 1968 zur Entwicklung von Balkensperren, um einerseits die Stauräume möglichst lange für das Katastrophenereignis offen zu halten und andererseits den Unterläufen und Vorflutern das notwendige, unschädliche Feingeschiebe zuzuführen. Der

Grundgedanke war nicht neu, wurden doch schon Geschiebestausperren in der Zeit der Gründung der Wildbach- und Lawinerverbauung mit großen Grunddohlen ausgeführt. Eine Verbesserung und damit eine längere Freihaltung der Dolen wurde beim Bau der Fischbachsperre (1924 – 1928) in der Gemeinde Längenfeld durch das Vorsetzen von Geschiebekörben erreicht. Dass der reine Rückhalt von Geschiebe negative Auswirkungen auf den Vorfluter hatte, konnte man in verschiedenen Talschaften des Landes erkennen. Drastisch war die Situation zum Beispiel im Lechtal. Nach dem schweren Hochwasser 1908 wurden von der Wildbachverbauung in den wichtigsten Seitenzubringern große Geschieberückhaltesperren errichtet, welche zu einem deutlichen Geschiebe-

defizit im Vorfluter Lech geführt hatten. Die in den fünfziger und sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts errichteten Stausperren wurden in den letzten Jahren deshalb wieder teilweise geöffnet und abgesenkt, um eine regelmäßige Geschiebedotation des Lechs zu gewährleisten.

Seit den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde nicht nur in Tirol, sondern in ganz Österreich eine große Anzahl von kronenoffenen Sperren unterschiedlicher Bautypen errichtet. Sowohl Schlitzsperren als auch Balkensperren waren die häufigsten Typen, die errichtet wurden. Mit diesen „kronenoffenen“ Sperrtypen erhoffte man sich eine Sortierung des Geschiebes und somit einen weiteren Geschiebetrieb von Feingeschiebe auch unterhalb der Sperrenbauwerke.



Abb. 4: Klassische Wildbachverbauung mittels Sperrenstaffelung im Bretterwandbach, Gde. Matrei, Osttirol

Fig. 4: Classical torrent control with a chain of check dams in the Bretterwandbach, municipality of Matrei, Osttirol



Abb. 5: Die vierfeldrige Balkensperre im Märzenbach in der Gemeinde Stumm, errichtet 1969

Fig. 5: Steelbeam dam, Märzenbach, municipality of Stumm, built 1969



Abb. 6: Trogförmige Betonsperre mit horizontalen Stahlbalken im Wattenbach, Markgemeinde Wattens

Fig. 6: U-shaped concrete dam with horizontal steel beams, Wattenbach, municipality of Wattens

Bautypen wie sie die Abbildungen 5 und 6 zeigen, sind in Tirol häufig anzutreffen und wurden nahezu an allen großen Wildbächen wie Riedbach, Märzbenbach, Finsingbach oder Sidanbach im Zillertal oder Wattenbach, Enterbach oder Lahnbach im Inntal errichtet. Später, ab den siebziger und achtziger Jahren, wurden die horizontalen Stahlbalken häufig in sog. Trogsperren eingebaut. Dabei erhoffte man sich eine Einsparung in der Betonkubatur und eine sichere statische Standfestigkeit, da ein Trog kann nicht so leicht umfallen kann. Viele Diskussionen für und wider diese Bautype wurden in den letzten Jahrzehnten in Tirol geführt.

Als Vorteile wurden angesehen:

- Sichere Statik
- Leichte Baubarkeit
- Geringe Betonkubatur
- Gute Einpassung in die Landschaft

Als Nachteile wurden angesehen:

- Geringe Sicherheit in der Fuge zwischen Sperrtrog und anschließendem Erddamm
- Die Eignung ungedichteter Erddämme für Geschiebeablagerungsbecken
- Keine Ausbildung einer Abflussection
- Häufige Verklausungen im Trog, welche schwer zu beheben sind
- Kein senkrecht, sondern ein schräges Hindernis, welches zum Auf- und Überleiten einer Mure führen könnte



Abb.7: Schnannerbachsperre mit liegenden Großdohlen und Stahlrechen, Gemeinde Pettneu am Arlberg

Fig. 7: Check dam with horizontal openings and steel rakes, Schnannerbach, municipality of Pettneu, Arlberg

Als problematisch erwies sich immer die Wahl des richtigen Balkenabstandes, sodass ein gewisses Maß an Selbsträumung möglich ist und andererseits aber doch ein Rückhalt bei einem Ereignis eintritt. Die Wahl der Größe der Sperrenöffnungen sowohl bei Balkenabständen, Schlitzten als auch Dohlen hängt entscheidend von der Art und Größe des Geschiebes ab und ist auf keinen Fall von einem Bach auf einen anderen ungeprüft zu übertragen. Eine Balkensperre im Glaurachbach in der Gemeinde Bad Häring konnte beim Murerereignis 2012 keine Wirkung entfalten, da die Balkenabstände viel zu groß gewählt waren. Diese waren auf Zillertaler Wildbäche mit grobem holzdurchsetzten Geschiebe ausgerichtet, aber nicht für das feine Kalkgeschiebe des Glaurachbaches geeignet. Wie schwierig sich die richtige Bemessung der Sperrenöffnungen gestalten kann, kann an Hand der Ereignisse am Schnannerbach in der Gemeinde Pettneu/Arlberg gezeigt werden. Diese Sperre wurde in den neunziger Jahren als großdohlige Bogensperre im Mittellauf des Schnan-

nerbaches errichtet. Sie zeigte auch bei einigen Ereignissen ihre gute Wirkung. Beim Hochwasser 2005 allerdings wurde offensichtlich nur Feingeschiebe mobilisiert, welches leicht durch die Großdohlen transportiert werden konnte. Die Ortschaft Schnann der Gemeinde Pettneu am Arlberg wurde bei diesem Ereignis vermurt. Nach dem Ereignis wurden die Dohlen mit einem Gitterrost versehen, was nun wiederum zu deutlich gestiegenen teuren Räumkosten geführt hatte, da zuviel Material hinter der Sperre liegen blieb.

Generell darf angemerkt werden, dass die gewünschte Filterwirkung und die Trennung von Grob- und Feingeschiebe durch Sortiersperren in der oa. beschriebenen Form nicht oder nur in unbefriedigender Form eintritt und die großen Erwartungen in diese Sperrrentypen nicht erfüllt werden konnten. Eher kann man davon ausgehen, dass die Sperren bei einem Mur- oder Hochwasserereignis schnell verklausen und auch Feingeschiebe nicht mehr abtransportiert werden kann, da dadurch ein Wasserstau produziert wird.

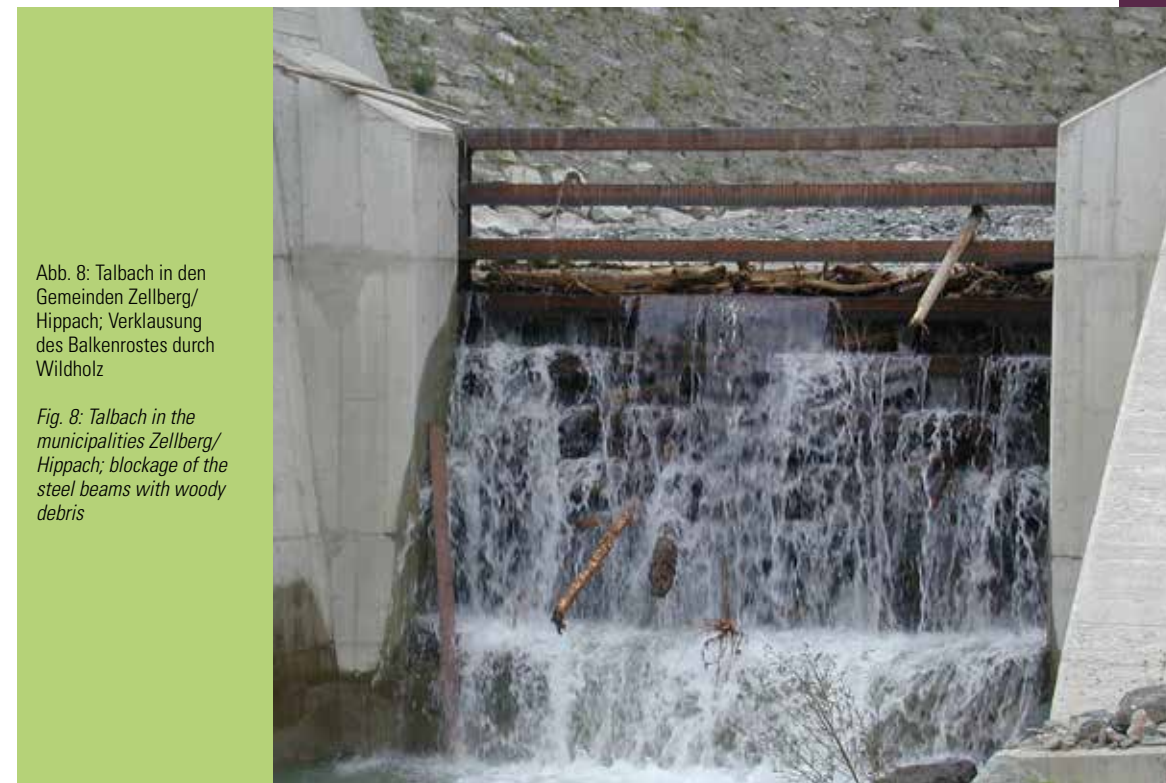


Abb. 8: Talbach in den Gemeinden Zellberg/Hippach; Verklausung des Balkenrostes durch Wildholz

Fig. 8: Talbach in the municipalities Zellberg/Hippach; blockage of the steel beams with woody debris

State of the Art

Unter Berücksichtigung der genannten Schwierigkeiten mit Sortierbauwerken haben sich in den letzten Jahren die Rechensperren mit einfachem oder mehrfach geknickten schrägen Rechen durchgesetzt. Auch in der ONR 24802, dem technischen Regelwerk für Wildbachsperrn wird festgestellt, dass Rechensperren gegenüber den Balkensperren der Vorzug zu geben ist. Der Grund dafür ist eine bessere Wirkung gegenüber Schwemmholz und deshalb eine längere Funktionsfähigkeit im Ereignisfall. Rechensperren haben sich mittlerweile auch in Tirol durchgesetzt und in den letzten Jahren wurden zahlreiche davon errichtet und haben sich auch in der Praxis bewährt. Allerdings, das muss auch kritisch angemerkt werden, verklausen auch diese Sperren bei einem Murreignis, weshalb die Diskussion über die geeignete Sperrentype als Sortiersperre nicht abgeschlossen ist. Meistens wurden Sperren mit einem nicht geknickten schrägen Rechen aus Stahlelementen errichtet, aber auch einfach- oder mehrfach geknickte Rechen in Ausführung auch als Murbrecher. Zwei zusätzliche

Maßnahmen haben sich im Zusammenhang mit Geschiebesortiersperren gut bewährt und werden deshalb empfohlen:

- Es hat sich als deutlicher Vorteil gezeigt, wenn bereits während oder unmittelbar nach einem Ereignis ein Bagger über die Sperrenkrone bis zur Abflusssektion vordringen kann und durch rechtzeitiges Öffnen der Rechenkonstruktion ein noch abflauendes Hochwasser für den Abtransport von Feingeschiebe sorgt und so ein ev. Wasserstau im Geschiebebecken schnell abgebaut werden kann. Selbstverständlich muss das Erreichen der Abflusssektion sicher möglich sein, was jedoch nicht überall – vor allem nicht in Schluchtstrecken – möglich ist. Grundsätzlich sollte man aber diese Möglichkeit bei der Planung und beim Bau von Geschiebesortiersperren vorsehen und einplanen.
- Verklausungen von Sperrenkonstruktionen werden häufig durch Wildholz verursacht. Je weniger Wildholz trans-

portiert werden kann, umso geringer sind die Verklausungsmöglichkeiten. Entweder wird ein Wildholzrechen der Sperrenkonstruktion vorgeschaltet, oder es wird durch konsequente Wildholzbewirtschaftung dafür Sorge getragen,

dass möglichst wenig Schadholz in das Bachgerinne gelangen kann. Die Lösung des Wildholzproblems ist eine entscheidende Voraussetzung, um die Funktionsfähigkeit von Geschiebesortiersperren zu gewährleisten.



Abb. 10: Trogsperre Sidanbach mit Rechen, Gde Schwendau im Zillertal (BJ 2016/2017)

Fig. 10: U-shaped dam with inclined rake, municipality Schwendau, Zillertal (built 2016/2017)



Abb. 9: Geschiebesortiersperre Zwieselbach mit zweifeldrigem Rechen, Gde. Breitenwang (BJ 2001)

Fig. 9: Debris sorting dam, Zwieselbach, with a two section inclined rake, municipality Breitenwang (2001)



Abb. 11: Trogsperre mit geknicktem schrägen Rechen, Pulvermühlbach, Gemeinde Achenkirch (BJ 2010/2011)

Fig. 11: U-shaped dam with kinked inclined rake, Pulvermühlbach, municipality Achenkirch (built 2010/2011)



Abb. 12: Geschiebesortiersperre Schallerbach, Gde See Geknickter Rechen in Form von Betonscheiben mit Stahlabdeckung

Fig. 12: Debris-sorting dam Schallerbach with kinked inclined concrete rake with steel cladding



Abb. 13: Geschiebesortiersperre Stubenbach, Gde Pfunds; horizontal liegende Großdohlen mit dahinter liegendem Rechenkorb

Fig. 13: Debris-sorting dam Stubenbach, municipality Pfunds, horizontal openings with a vertical steel rake at the backside of the dam

Funktionsfähigkeit – Versagen

Die Diskussion über eine ausreichende Bemessung und Dimensionierung von Geschiebestausperren wurde lang geführt und ist noch nicht abgeschlossen. Die ersten Geschiebesortiersperren im Zillertal und im Inntal wurden auf den 1,5-fachen Wasserdruck bemessen, eine dynamische Belastung in Form eines Murstoßes wurde nicht angelegt. Ein Versagen dieser „theoretisch“ unterdimensionierten Werke war bis dato nicht aufgetreten, obwohl diese mehrfach von Muren und murartigen Hochwässern getestet wurden und oft bis zur Sperrenkronen verfüllt waren. Es war aber klar, dass Überlastfälle, wie sie in Wildbächen vorkommen können, mit diesen Bemessungskonzepten nicht abgedeckt waren. Am Schallerbach in der Gemeinde See musste das im Juni 2015 schmerzlich zur Kenntnis genommen werden.

Auch die Diskussion über die Zulässigkeit von reinen Erddämmen ohne Dichtekern für Geschiebebecken war allgegenwärtig. Erst in neuerer Zeit ging man dazu über, durch eine geotechnische Begleitung von Dammbauten und den Einbau von Dichtekernen die Qualität der Dammschüttungen massiv zu erhöhen bzw. die Verbindungsfuge zwischen Trogbauwerk und anschließenden Begleiddämmen mit langen Flügeln abzusichern. Einheitliche Bemessungs- und Konstruktionsregeln in ganz Österreich brachten schließlich erst die ON-Regeln für den technischen Wildbachschutz. Allerdings sehen die ON-Regeln eine derart massive Bauweise vor, dass deren Notwendigkeit in dieser Form angezweifelt werden darf. Auch hier scheint noch Diskussionsbedarf gegeben zu sein.

Aus der Bauwerksdatenbank des Wildbach- und Lawinenkatasters ist ersichtlich, dass es in Tirol derzeit 530 Geschiebestau- bzw. Sortiersperren gibt. Diese halten ein Geschiebevolumen



Abb.14: Oselitzenbach, Gemeinde Virgen, Mure 2012

Fig. 14: Oselitzenbach, municipality of Virgen, debris flow 2012

von 6,4 Mio m³ Geschiebe zurück. Durch die labilen Wetterverhältnisse der letzten Jahre wurden diese Sperren wiederholt geprüft und sie haben ihre Wirkung voll entfaltet. Allerdings gab es auch gelegentliches Versagen, diese Fälle sind kritisch zu analysieren und zu verbessern. Das prominenteste Beispiel dafür ist wohl am Schallerbach in der Gemeinde See zu nennen. Im Juni 2015 wurde das Geschiebebecken am Schwemmkegelhals von zwei Muren beaufschlagt. Die erste davon konnte in dem Geschiebebecken abgelagert werden, die zweite – in ihrer Größe deutlich über dem Bemessungsereignis – wurde aber über das Becken in den Siedlungsraum geleitet. Zudem wurde der linksufrige Erddamm durch die zweite Mure wegerodiert und der Schallerbach richtete verheerende Schäden an. In einer umfangreichen



Abb. 15: Schallerbach, Gde. See nach den Ereignissen Juni 2015

Fig. 15: Schallerbach, municipality of See after the debrisflow June 2015

Ereignisanalyse wurde das Ereignis analysiert und die entsprechenden Konsequenzen in der Errichtung einer deutlich größeren auf Murdruck bemessenen Sperre gezogen. Das Beispiel hat aber deutlich die Unsicherheiten bei der Bemessung des Stauraumes gezeigt, es hat vor Augen geführt, dass ein Überlastfall möglich ist und dieser nicht bauwerkszerstörend sein darf, und dass man mit der Rücknahme von Gefahrenzonen nach der Errichtung von Bauwerken sehr vorsichtig sein muss. Die Mureignisse im Jahre 2015 im Schallerbach in der Gemeinde See und auch im Saigesbach in der Gemeinde Sellrain haben gezeigt, dass die transportierten Geschiebemen gen deutlich über unseren Einschätzungen gelegen waren. Über die Gründe dafür wird man wohl intensiv nachdenken müssen.

Zukünftige Strategien

Im Bauwerkskataster der Wildbach- und Lawinerverbauung sind für Tirol 1287 Schlüsselbauwerke aufgelistet, 529 davon sind Geschieberückhaltesperren. Schlüsselbauwerke sind Bauwerke, deren Versagen gem. ONR 24803, Pkt 5.2.3 große Auswirkungen auf das Verbauungssystem oder die geschützten Bereiche hat. Ein Teil dieser Bauwerke ist auf Grund ihres Alters nur noch eingeschränkt funktionsfähig. Es ist somit eine große Aufgabe und Herausforderung für die Zukunft, diese Schlüsselbauwerke wieder in einen voll funktionsfähigen Zustand zu versetzen. Dazu braucht es eine Analyse des Istzustandes (warum ist die volle Funktionsfähigkeit nicht mehr gegeben? Bauzustand? Funktionsfähigkeit?) und eine

zügige Umsetzung von Neuerrichtungen bzw. Sanierungen von Sperren. Dieser Prozess wurde von der Sektion Tirol bereits intensiv in die Wege geleitet. Auch ist eine Anpassung der Sperrenbauwerke an den jeweiligen dominanten Prozess notwendig. Dort wo dieser als Mure oder murartiger Abfluss klassifiziert wird, sind Sperrenbauwerke auf diesen Prozess zu dimensionieren, oder es ist ein entsprechend auf Murdruck dimensioniertes Bauwerk vorzusetzen. Diese Variante wurde zum Beispiel am Trojeralmbach in der Gemeinde St. Jakob im Defreggental gewählt. Basis für die Bemessung sind wiederum die einschlägigen Normen der Reihe ONR 24800 – 24803.

Große Sanierungsprojekte wurden in Tirol in den letzten Jahren in vielen großen Wildbächen gestartet. Als Beispiele seien der Gäns-



Abb. 16: Bauwerkszustand der Schlüsselbauwerke in Tirol; Bauwerkskataster

Fig. 16: Condition of structures of key structures in Tyrol; Structure registry

und Walsenbach in der Gemeinde Kitzbühel, der Sidan-, Märzen-, Ried- und Finsingbach in den Gemeinden Schwendau, Stumm, Ried und Uderns genannt. Dabei handelt es sich bei allen um bereits einmal – oder mehrmals – verbaute Wildbäche. Die erste Verbauung im Riedbach stammte aus dem Jahre 1893, die zweite aus den fünfziger- und sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts, in diesem Stadium wurde die Holzprügel-sperrenstaffelung in eine Betonsperrenstaffelung umgewandelt und am Schwemmkegelhals drei Geschiebebecken im Zuge der energiewirtschaftlichen Nutzung des Zillers errichtet. Im Zuge der Gefahrenzonenplanung für die Gemeinde Ried wurde festgestellt, dass im Falle eines Bemes-sungsereignisses zumindest mit einem Teilver-sagen der Mittellaufstaffelung gerechnet werden muss. Eine Sanierung der Mittellaufstaffelung und Erweiterung der Geschiebeablagerungsbecken am Schwemmkegel wurden im Projekt 2009 geplant und befindet sich seitdem in Umsetzung.



Abb.17: Murbrecher, Trojeralmbach, Gde. St. Jakob, Defreggental (2016/2017)

Fig. 17: Debris flow breaker, Trojeralmbach, municipality St. Jakob, Defreggental (built 2016/2017)

Ein zunehmendes Problem im Zusammenhang mit Geschiebestausperren ist fehlender Deponieplatz für das Geschiebe, welches aus den Becken geräumt werden muss. Eine schwierige – fast unverständliche – Rechtslage betrachtet Geschiebe als Abfall und somit sind alle Regeln der Abfall-beseitigung einzuhalten. Im Ereignisfall kann das zu erheblichen Verzögerungen der unbedingt notwendigen Räumungen führen, sodass die Anlagen für den Betrieb nicht mehr zur Verfügung stehen. Es wird eine umfassende Zurverfügungstellung von zentralen Deponieplätzen für Talschaften brauchen, wenn man das Problem, das sich immer mehr zuspitzt, lösen will. Bei der Errichtung der ersten Geschiebestau- und Sortiersperren in den fünfziger- und sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts ist niemand davon ausgegangen, dass die Deponie von Geschiebe hierzulande einmal ein Problem darstellen wird. Umso mehr wird bei der Errichtung von neuen Geschiebebecken dafür Sorge zu tragen sein, dass ein für Räumungen

vorgesehener Deponieraum ein zu integrierender Bestandteil eines Projektes sein muss. Angesichts dieser Problematik wird man in Zukunft auch wieder mehr über die Möglichkeiten einer – vorerst teureren, aber langfristig wirtschaftlicheren – Konsolidierung von Geschiebe in den Mittel- und Oberläufen nachdenken müssen.

Die Retention von Hochwässern in kleinen Einzugsgebieten spielt eine immer größere Überlegung bei der Ausarbeitung von Verbauungskonzepten. Die erste große Hochwasserretention wurde in Tirol am Wörglerbach errichtet. Durch die Wörglerbachsperre soll der rechnerische Abfluss HQ 150 von 80 m³/s auf 35 m³/s

reduziert werden. Dieses Hochwasser kann durch die Stadt Wörgl in den Vorfluter Inn abgeführt werden. Weitere Hochwasserretentionen wurden in der Zwischenzeit am Schennachbach in der Gemeinde Gerlos und am Grandlbach in der Gemeinde Terfens umgesetzt. Beide Maßnahmen haben sich bereits in der Praxis bewährt. In allen Fällen war man mit dem Problem konfrontiert, dass die Unterlauferinne nicht mehr erweiterbar sind, weil sie durch Häuser etc. derart eingengt sind. Dieses Problem tritt bei den meisten Inntal-wildbächen auf und daher wird die Hochwasserretention in diesen Bächen künftig eine große Rolle spielen.



Abb. 18: Sanierung der Verbauung Riedbach, Gde. Ried im Zillertal

Fig. 18: Restructuring of constructions, Riedbach, municipality of Ried, Zillertal



Abb. 19:
Hochwasserretention
Wörglerbach, Gde Wörgl

Fig. 19:
Water retention
Wörglerbach, municipality
of Wörgl

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Siegfried Sauermoser
ehem. Wildbach- und Lawinenverbauung,
Sektion Tirol
Wilhelm Greilstrasse 9, 6020 Innsbruck
schriftleitung@die-wildbach.at

DI Gebhard Walter, Mag Manfred Egger
Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektion Tirol
Wilhelm Greilstrasse 9, 6020 Innsbruck
gebhard.walter@die-wildbach.at
manfred.egger@die-wildbach.at

Literatur / References:

ONR 24800 – 24803
Schutzbauwerke der Wildbachverbauung, ISBN 978-3-85402-290-0, Aus-
trian Standards plus GmbH.

HANAUSEK ERICH 1984:
100 Jahre Wildbachverbauung in Österreich.

KILLIAN HERBERT 1990:
Der Kampf gegen Wildbäche und Lawinen im Spannungsfeld von Zent-
ralismus und Föderalismus, Mitt. Forst. Bundesversuchsanstalt, Wien 164.
Heft, 1990.



Abb.20: Sanierung der Verbauung Walsenbach, Gde. Kitzbühel

Fig. 20: Restructuring of constructions, Walsenbach, municipality of Kitzbühel



FRANZ BRENNER UND MARKUS MOSER

Konstruktionstypen zur Feststoffbewirtschaftung; Erfahrungen und Beispiele aus der Praxis der Sektion Salzburg

Construction types for sediment management; experiences and practical examples from the Provincial Headquarters Salzburg

Zusammenfassung:

Die Bewirtschaftung von Feststofftransportprozessen zur Sicherstellung der Schutzfunktion ist eine große Herausforderung. Ein Blick in die geschichtliche Entwicklung zeigt, dass die Bautypen und Konstruktionen sich im Laufe der Zeit ständig geändert haben. Zusammen mit dem technischen Fortschritt, den Erkenntnissen aus Ereignissen sowie einem höheren Prozessverständnis werden die Konstruktionen laufend verbessert. Hohe Instandhaltungs- und Räumungskosten sind ein weiterer Anlass zur Entwicklung von angepassten Systemen einer integralen Betrachtung des gesamten Einzugsgebietes bis zum Vorfluter. In diesem Beitrag werden einige Konstruktionsdetails aus der Praxis der Sektion Salzburg vorgestellt.

Stichwörter:

Feststoffbewirtschaftung, Konstruktionstypen und -details, Wildbachtransportprozesse

Abstract:

Management of sediment processes to ensure the protective function is a major challenge. The historical development shows a constant change of design types and constructions in the course of time. The technical progress, lessons learned from events as well as a higher process understanding resulted in a constant improvement of the constructions. Other reasons for the development of adjusted systems with an integrative catchment-view including the receiving stream are high maintenance and clearance costs. This contribution presents some useful construction details from the practice of the Provincial Headquarters Salzburg.

Keywords:

Sediment management, construction types and details, torrent transport processes

Einleitung

Durch die Hochwasserereignisse der letzten Jahre wurde die Wirkungsweise der verschiedenen Bautypen und Schutzkonzepte klar aufgezeigt, im Jahr 2013 war besonders die Kombination von Geschiebe und Wildholz bei ablaufender Hochwasserwelle eine große Herausforderung für die Schutzbauwerke, Unterlaufabschnitte und Mündungsbereiche. 2017 führte die Abfolge von Starkregenereignissen zu mehreren Murereignissen und einer starken Beanspruchung der Bauwerke.

Geschichtliche Entwicklung verschiedenster Bautypen

Seit den Anfängen des Schutzwasserbaues in den Alpen vor ca. 500 Jahren haben sich die Strategien zur Gefahrenvermeidung sehr stark verändert. Während man früher von der „Zähmung der Natur“ (Seckendorf, 1884) bzw. „der Auslöschung der Wildbäche und Verwandlung derselben in ungefährliche Bäche“ (Demotzey, 1880) sprach,

ist heutzutage eine integrale Prozessbetrachtung mit Feststoffbindung, -rückhalt und -transport in den Unterlauf bzw. Vorfluter gängig. Dabei werden die im Zuge der Ereignisse dokumentierten Probleme verschiedenster Bautypen und Verbauungsketten ständig adaptiert um einerseits technisch dem Stand der Technik zu entsprechen und andererseits auch eine wirtschaftliche Betreuung der Schutzmaßnahmen (Minimierung der Räumungskosten, Schäden infolge Beaufschlagung) gewährleisten zu können.

Diese an der Quelle der Verursachung nicht beherrschbaren Situationen in der Wildholz- und Geschiebeproblematik führte seit Jahrzehnten zur Suche nach einer Lösung der schadlosen Ablagerung des Geschiebe- und Wildholzes oberhalb der zu sichernden Gebiete und Flächen. Am Anfang stand die Schaffung von Stauräumen durch die Errichtung von großdoligen Entleerungssperren, die sich bereits durch kleinere Hochwässer mit mäßiger Geschiebeführung verfüllten und somit ihre Stauräume laufend zu räumen waren (Abb. 2).



Abb. 1: Entwicklung der technischen Maßnahmen

Fig. 1: Development of technical measures



Abb. 2: Großdilige Entleerungssperren - Wildholz verlegt die Öffnungen, danach erfolgt eine sofortige Verfüllung des geschaffenen Ablagerungsraumes

Fig. 2: Slot barrier for dosing – woody debris closes the openings and the storage area will be filled up immediately

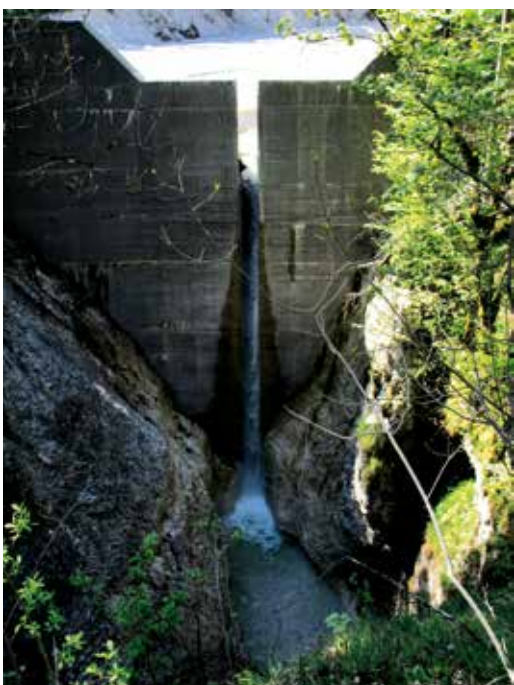


Abb. 3: Schlitzsperre – hohe Verklausungsanfälligkeit infolge Wildholz und hoher Instandhaltungsaufwand 3: Schlitzsperre – hohe Verklausungsanfälligkeit infolge Wildholz und hoher Instandhaltungsaufwand

Fig. 3: Slit barrier – prone to woody debris jam; high maintenance effort



Abb. 4: Balkensperren – Geschieberückhalt hinter den Balken

Fig. 4: Beam dam with horizontal beams – solid/bedload deposition behind the beams

Dies führte nach einiger Zeit zur Entwicklung der kronenoffenen Sperren, die vorerst in Form von Schlitzsperren zur Ausführung gelangten (Abb. 3). Da sich bei den mitunter sehr schmalen Schlitzten nur eine geringfügige Verbesserung der Bewirtschaftung der Retentionsräume ergab, erfolgte eine Aufweitung der Durchtrittsöffnung. Der Gefahr eines ungewollten größeren Durchströmens der Hochwasserwelle wurde durch den Einbau von horizontalen Balken begegnet (Abb. 4). Gegenüber der Urform der Entleerungssperren trat dadurch eine wesentliche Verbesserung der Bewirtschaftung der geschaffenen Retentionsräume ein. Diese Bautypen haben jedoch den Nachteil, dass anschwimmendes Holz auch im kleineren Format bei geringer Wasserführung die Öffnung ungewollt verlegt und diese mit der Zeit zur Gänze verschließt.

Aus der daraus gewonnenen Erfahrung entstand der Gedanke die Öffnung nicht mit horizontalen Balken zu verschließen, sondern einen schrägen Verschluss in vertikaler Richtung anzuordnen. Diese Bauart brachte eine wesentliche Verbesserung, da im Ereignisfall das Holz aufschwimmt und ein Teil des Feingeschiebes in



Abb. 5: Sehr steiler Rechenteil führt zu einer unerwünschten Verlegung. Hoher Betreuungsaufwand infolge unnötiger Ablagerung der Feststoffe

Fig. 5: Very steep vertical beams lead to undesired blockage. High maintenance effort due to undesired bedload deposition

den Unterlauf transportiert wird. In den letzten Jahren zeigten diese Bauwerke im Kötschachbach, Kreuzsalgraben und Maierhofgraben gute Wirkung. Probleme gibt es bei horizontalen Balken oder einfachen, vertikalen Schrägrechen bei kleineren Ereignissen durch ein sehr schnelles Verschließen der Öffnungen. Durch diese Wirkung geht wertvoller Stauraum für größere, nachfolgende Ereignisse verloren.

Da größere bodennahe Öffnungen bei murartigen Feststofftransport mit viel Geschiebe und Wildholz für den Unterlauf durch die Gerinnkapazität, Verflachung im Längenschnitt und

das Transportvermögen des Vorfluters Probleme bringen, haben sich einfach bzw. mehrfach geknickte Rechen mit langem, flachen Anlaufteil entwickelt. Diese sollen im Zusammenwirken mit den energetischen Kräften die Hochwasserwelle mit einem Geschiebe-Holzgemisch auf den Rechenteil auffahren (Wirkung wie ein Tiroler Wehr), die kleineren Fraktionen werden mit dem Wasserfluss zwischen den angeordneten Trägern nach unten abgeschwemmt, die größeren Feststoffteile werden hinter dem Wildholzpolster zurück gehalten.



Abb. 6: Konstruktionsdetail der wasserseitigen Abdeckung mit einem geneigten Rechen vor dem Ereignis (Bild links) und nach einem Ereignis (Bild rechts). Wichtig ist der untere Tiroler Wehr ähnliche Teil im Bereich der Sohle.

Fig. 6: Construction detail of the waterside coverage with inclined vertical beams before (picture left) and after an event (picture right). An important detail is the likewise "Tyrolean weir" on the torrent bed.

Durch das Beobachten des Verhaltens des ankommenden Wildholzes gewann man daraus die Erkenntnis, dass ein vor dem aufgehenden Teil angeordneter annähernd horizontaler Abschnitt, ähnlich wie einem Tiroler Wehr das Wildholz aufschwimmen lässt und der Durchfluss fast ungestört stattfinden kann. Mit diesem Wissen entwickelten sich Bauwerkstypen mit einer dem unterstellten Wildbachprozess angepassten unterschiedlichen Anlaufwinkel des untersten Trägerteiles.

Für folgende Prozesstypen lt. ONR 24800 sind daher entsprechende Bautypen entwickelt worden:

- fluviatiler Feststofftransport,
- murartiger Feststofftransport und
- Murgang

Wildholz

Neben dem Geschiebe- und Materialtransport ist das mitgeführte Wildholz von großer Bedeutung, da dieses in gehäufte und komprimierte Form die ablaufende Hochwasserwelle in ihrer Kontinuität stört und in engen Grabenläufen

Verklausungen und Schwallbildungen nach sich zieht. Um diesen Wildholzanteil so gering wie möglich zu halten, ist gemäß dem FG 1975, Abs. 6 eine jährliche Begehung der Einzugsgebiete und die Räumung des den Abfluss hindernenden Holzes durchzuführen. Jedoch ist auch bei einer strikten Einhaltung dieser gesetzlichen Vorgabe ein Wildholzeintrag in den Abflussbereich des Gewässers nicht abwendbar. Besonders bei Ablauf eines Hochwasserabflusses ist in vielen Fällen der Eintrag von Wildholz nicht zu verhindern. Zum Beispiel können stark durchfeuchtete steile bestockte Hangflächen großflächig in die Talsohle abgleiten und dort zur Auslösung einer Murwelle beitragen. Zeitpunkt und Örtlichkeit sind auch bei bester Kenntnis der Verhältnisse nicht vorherzusehen. Neben diesem Unsicherheitsfaktor stellen zusätzlich leicht erodierbare Lockermassen entlang des Gewässerlaufes mit der darauf befindlichen Bestockung eine stetige Gefahrenquelle dar. Eine dauerhafte Abstockung dieser Flächen, wie dies bei offensichtlich gefährdenden Gleitflächen auch angewandt wird, ist auf Grund der schwierigen Vorhersage des betroffenen Streckenabschnittes über den



Abb. 7: Großflächige Hangrutschung mit dem darauf stockenden Bestand führte zu einem extrem hohen Wildholzanteil.

Fig. 7: Large-scale slope failures with wood led to an unexpectedly high woody debris input.

gesamten Gewässerlauf nicht möglich. Dies würde eine Natur zerstörende Form mit all seinen zu erwartenden Nachteilen, wie erhöhten Oberflächenwasserabfluss und Oberbodenerosion, darstellen. Zudem ist damit das Problem mit den im Boden verbleibenden Wurzeltellern nicht gelöst.

Auch in den vermeintlich gesicherten Strecken ergibt sich mitunter während oder nach Ablauf eines Hochwasserabflusses ein erhöhter Anfall an Wildholz, der zu einer potentiellen Gefahr beiträgt.



Abb. 8: Erodierbare Lockermassen mit Bestockung führen zu einem starken Wildholzeintrag.

Fig. 8: Erodible loose material with wood causes woody debris input.



Abb. 9: Das Abflussverhalten wird durch Wildholzeintrag erheblich gestört.

Fig. 9: Malfunction of the runoff characteristic due to woody debris input.



Abb. 10:
Wildholzeintrag
in gesicherten
Gerinneabschnitten.

Fig. 10:
Woody debris input in
protected torrent sections.

Fluviatiler Feststofftransport mit Wildholz

Für den überwiegend fluviatilen Fließcharakter hat sich zur Bewirtschaftung der Wildholzproblematik ein eigener Bautyp entwickelt. Dieser wird aus einzelnen Betonscheiben mit relativ großem Abstand zueinander in Fließrichtung gebildet,

wobei von der Anströmseite her gesehen ein sehr flach geneigter Teil, der das ankommende Holz auflaufen lässt, angeordnet wird. Durch die Fließenergie und dem Aufschwimmen wird das Holz bis zum wesentlich steileren Bauteil vorgeschoben. Der Wasser- und Geschiebefluss kann bei ablaufender Welle dann unterhalb des Bauwerkskörpers abfließen.

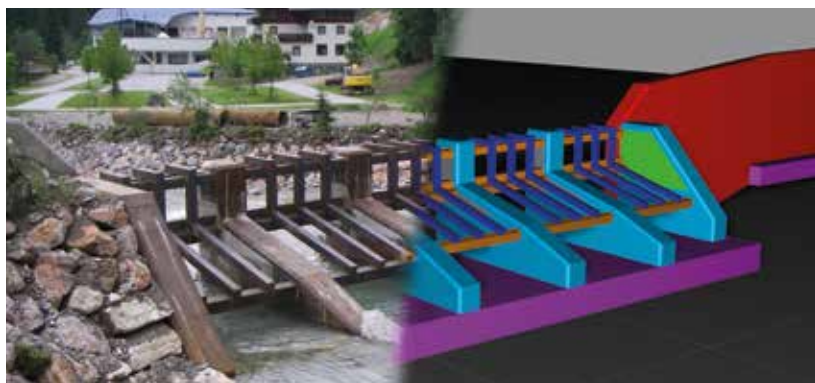


Abb. 11:
Konstruktionsdetail eines
Wildholzrechens mit
einem wasserseitigen Rost
(Oberste Enns, Gemeinde
Flachau)

Fig. 11:
Construction details of a
woody debris filter with
waterside large slots
(Oberste Enns, municipality
Flachau)



Abb. 12: Situation vor und nach einem Ereignis

Fig. 12: Situation before and after an event

Murartiger Feststofftransport – starke Geschiebeführung mit Wildholz

Bei starker Geschiebeführung mit Wildholz ist nach einem teilweisen Verschluss der Durchflussöffnungen ein Wasserrückstau mit einer Ablagerung des Geschiebes zu erwarten. Eine dafür konstruierte Bautype soll einerseits ein Ausschleichen/-schwimmen des Wildholzes am Filterteil ermöglichen und andererseits das Geschiebe von der Stauwurzel her kontrolliert ablagern. Die mit Stahlblech verkleideten Betonscheiben haben je nach Wildbachtyp eine lichte Weite zwischen 1,2 und 1,5 m und sind zwischen den Scheiben mit einem Stahlträger verschlossen. Die Filterelemente sind mit einem sehr flachen bzw. nahezu horizontalen Teil konstruiert, sodass Wildholz vom Geschiebe getrennt wird und somit eine bodennahe Öffnung zum Geschiebedurchtransport offen bleibt.

Zahlreiche Ereignisse der letzten Jahre haben in der Sektion Salzburg diese Funktion bestätigt, eine Durchlässigkeit mit einer kleinen



Öffnung war nach den Ereignissen gegeben. Beispiele aus dem Jahre 2015 (Leifnitzbach, Gemeinde St. Margarethen) und 2017 (Blareithgraben, Gemeinde Thomatal) zeigen die Wirkungsweise der Bautypen.

Eine flach geneigte Konstruktion lässt das ankommende Wildholz an dieser aufschwimmen, sodass der Durchfluss unterhalb weiterhin gewährleistet bleibt und die feinen Feststoffe zum größten Teil ungehindert abgedriftet werden (Filterbauwerk Blareithgraben, Ereignis 2017, Abb. 13)

Auch eine große Holzmenge wirkt durch das Emporheben, für das Feingeschiebe, nur eingeschränkt hindernd. Die im Ablagerungsraum liegenden Feststoffe werden infolge des Verlustes der Fließgeschwindigkeit und Schleppkraft vorläufig abgelagert und danach in kleinere Menge wieder abgebaut. Die im Tosbecken abgelagerte Menge an Geschiebe zeigt dass der Durchtritt an Feingeschiebe funktioniert (Abb. 14: Filterbauwerk am Leifnitzbach, Ereignis 2015, Gemeinde St. Margarethen)



Abb. 13: Eine flach geneigte Filterkonstruktion bewirkt ein aufschwimmen des Wildholzes sodass Teile des Geschiebes durch das Bauwerk durchtransportiert werden

Fig. 13: A gentle slope of the filter part results in floatation of woody debris thus parts of the bedload can pass through



Abb. 14: Wildholzablagerung am Filterteil. Teile der Filterkonstruktion blieben frei, sodass ein Teil des Geschiebes im Zuge der ablaufenden Welle abtransportiert wurde.

Fig. 14: Woody debris deposition at the filter construction. Some parts of the inclined structure remained free, bedload could partially pass the structure during the falling limb of the hydrograph (picture left). Situation after clearance with an excavator (picture right).

Murgang

Für Murgänge bzw. murgangartige Prozesse sind dementsprechend massive Bauwerke, hauptsächlich aus Stahlbetonteilen ohne Rostkonstruktionen, die dem hohen Druck der energiereichen Abflüsse standhalten müssen. Da die Zusammensetzung der Feststoffkomponenten eher Grobkörniger ist, sind auch die lichten Weiten zwischen den Bauteilen größer als bei Filterbauwerken.

Die wasserseitige Ausbildung ist ähnlich den Bauwerken des fluvialen bis murgangartigen Feststofftransportes. Eine unterschiedliche Ausbildung bleibt auf einen geringfügig steileren sohl-nahen Anstellwinkel und auf einen senkrechten oberen Teil beschränkt. Dieser sollte ein Überfahren des Bauwerkes durch schnelle energiereiche Abflussvorgänge verhindern und als sogenannte Prallwand dienen. Die Ablagerung der mitgeführten Feststoffe ist den anderen Bauwerkstypen ähnlich.



Abb. 15: Wasserrückstau infolge Murscheiben, Feingeschiebe wurde durchgeschleust und Ablagerung von Wildholz im Stauraum

Fig. 15: Waterlogging due to debris breaker, fine bedload material passed through the structure and deposition of woody debris

Die optimale Wirkungsweise zur Beherrschung der Wildholzproblematik ist bei murfähigen Wildbächen durch die Schaffung einer Funktionskette, mit einer prozessbezogenen Abfolge von unterschiedlichen Bauwerkstypen, gegeben. In den schwerer erreichbaren Ablagerungsräumen, die der Energiereduzierung und der Ablagerung von größeren Feststoffanteilen dienen, werden die Abstände der vorgesehenen Durchflussöffnungen noch etwas weiter gehalten. Das dabei ermittelte Stauraumvolumen darf dabei dann nicht zur Gänze in der Feststoffbilanz enthalten sein. Die feineren Kornfraktionen sollten danach hinter einem weiteren leichter räumbaren Bauwerk zur Ablagerung kommen.

Erkenntnisse für die Praxis

Zur erfolgreichen Bewirtschaftung der Feststoffe (Wildholz und Geschiebe) haben sich einige Konstruktionsdetails bewährt. Je nach Transportprozess und Unterlaufsituation sowie Leistungsvermögen des Vorfluters sind geeignete Konstruktionstypen sinnvoll:

Für Prozesse mit fluvialtem Feststofftransport und Wildholz haben sich Rechenkonstruktionen mit einer bodennahen Öffnung und sehr flachem Anlaufteil bewährt, das mitgeführte Geschiebe wird durch die bodennahen Öffnungen durchgeschleust und schadhafte Wildholz und Astwerk am Rost zurückgehalten. Geschiebeanlandungen durch hydraulischen Rückstau können bei ablaufender Welle durch die freien Öffnungen teilweise abtransportiert werden, der Betreuungsaufwand durch kostenintensive Räumung wird somit erheblich reduziert.

Da für murartige Feststofftransportprozesse (starke Geschiebeführung mit Wildholz) infolge der höheren Transportenergie und -menge eine Energieumwandlung und -ablagerung im Gegensatz zu fluvialen Transportprozessen im Vordergrund steht, müssen diese Konstruktionen an diese Anforderungen angepasst werden:

- engere lichte Weiten zur temporären Feststoffablagerung, auf die Transportkapazität des Unterlaufes und Vorfluter abgestimmt
- flacher Anlaufteil der Stahlträger/Schei-



Abb. 16: Der horizontale Teil der Rechenkonstruktion in Ausführung eines Tiroler Wehres führt zur Entwässerung und somit zur Ablagerung der Wildholzmenge (Bild links); Der horizontale Teil hat eine Mindestlänge aufzuweisen, sonst könnte eine Abtrift einer Teilmenge des angeschwemmten Wildholzes erfolgen (Bild rechts).

Fig. 16: The horizontal part of the discharge section designed like a "Tyrolean Weir" leads to dewatering and deposition of the woody debris (picture left); the horizontal part shall have a minimum length, otherwise parts of the woody debris might be flushed downstream (picture right).

ben zur Verhinderung einer bodennahen Verkläuerung (besonders bei kleinen Ereignissen relevant)

- breiter, horizontaler Filterteil auf Höhe der Abflusssektion zur Vermeidung einer Verkläuerung bzw. zur Hintanhaltung eines Überschiebens des Holzes im Bereich der Abflusssektion (sh. Beispiel Abb. 16)



Abb. 17: Murbrecher mit aufgelösten Scheiben und flachem Anlaufteil (Scheiben mit Stahlblech gepanzert) – Murbrechende Wirkung und Ausfiltration von Wildholz im Zuge eines Ereignisses (Beispiel Aubach 2017, Bild rechts).

Fig. 17: Debris flow breaker with sectional barriers and gentle slope fins on the bottom (fins with steel armor plates) – debris flow dissipation and filtration of woody debris during the event (example Aubach 2017, right picture)

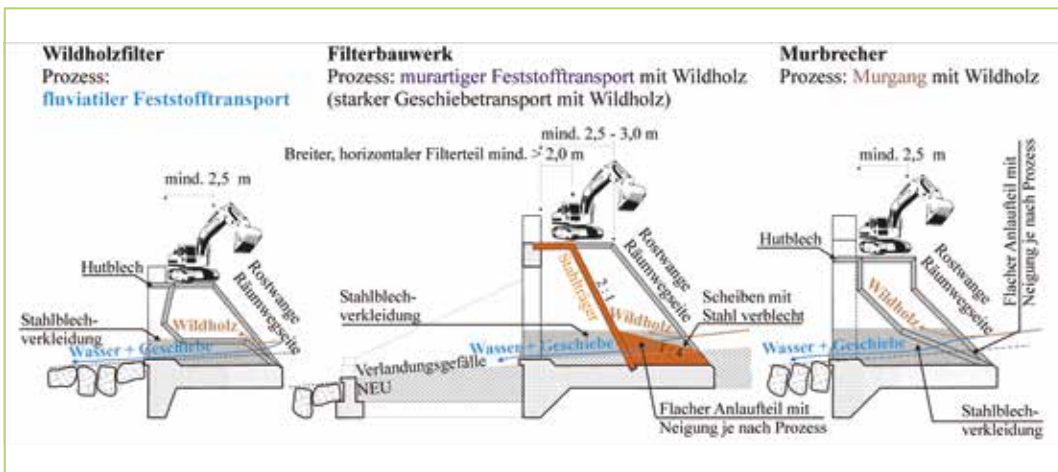


Abb. 18: Verschiedene Bautypen zur Feststoffbewirtschaftung

Fig. 18: Different construction types for solid/bedload management

Murgänge oder Murschübe bewirken eine hohe Belastung für die Murbrecher oder murbremsenden Bauwerke. Für diese Belastungen sind einerseits massive Scheibenkonstruktionen mit Stahlblechverkleidung sinnvoll und andererseits auch massiv ausgeführte Abflusssektionen mit entsprechend steilen Anzügen der anschließenden Flügel sowie erosionsstabile Vorfelder (Vorfeldwangen und Vorsperren).

Zur Gewährleistung einer raschen und wirtschaftlichen Wiederherstellung der Schutzfunktion nach einem Ereignis ist einerseits ein Zufahrtsweg für schweres Gerät zur Öffnung des Filterteils (Abb. 19) und andererseits auch ein Räumweg für den Abtransport der Feststoffe aus dem Stauraum notwendig. Zur Realisierung einer raschen Räumung nach einem Ereignis sollte dieser Zufahrtsweg auch bei gefülltem Stauraum befahrbar sein, dafür muss die Länge des horizontalen Teils der Rostwange (Höhe Abflusssektion) an der Zufahrtswegseite mindestens 2,5 m betragen.



Abb. 19: Wasserseitiger Zufahrtsweg zur Räumung des funktionellen Teils mit schwerem Gerät

Fig. 19: Waterside access road for clearance of the functional part with heavy machinery (excavator)

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Franz Brenner
Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektion Salzburg
Bergheimerstraße 57
5021 Salzburg
franz.brenner@die-wildbach.at

DI Markus Moser
Fachbereich Wildbachprozesse
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Lungau
Johann Löcker Str. 3, 5580 Tamsweg
markus.moser@die-wildbach.at

CORINNA WENDELER, HELENE HOFMANN, LISA STIEGLITZ, CATHERINE BERGER

Spezielle Netzbauwerke gegen Murgang: Hüpach Projekt als Fallbeispiel

Special flexible debris flow barrier constructions: case study of the Hüpach project

Zusammenfassung:

Flexible Ringnetzbarrieren gegen Murgänge bestehen aus Stahlseilen und hochfesten Stahldrahtnetzen. In den letzten zehn Jahren wurden über 250 dieser Barrieren weltweit installiert und schützen erfolgreich wichtige Infrastrukturen, wie Straßen und Bahnanlagen oder Siedlungen. Standardisierte, flexible Murgangbarrieren sind mittlerweile als zertifiziertes europäisches Produkt (CE-Kennzeichnung) etabliert. Es gibt jedoch Begebenheiten in denen eine Standardlösung nicht möglich ist und eine Spezialkonstruktion entwickelt werden muss. Das Projekt im Hüpach wird hier als Fallbeispiel angeführt. Das Rückhaltevolumen der Barriere musste 13.000 m³ betragen, was letztendlich eine Barriere mit 40 m Breite und 14 m Höhe ergab. Mit nicht linearen numerischen Simulationsmethoden wurde die Sperre von der WSL nach deren Lastansatz bemessen. So konnte letztendlich die weltweit größte Murgangbarriere gebaut werden.

Stichwörter: Murgangbarrieren, Speziallösung, Hüpach, hochfeste Stahldrahtnetze

Abstract:

Flexible debris flow protection barriers consist of steel ropes and high tensile steel wire nets. In the last 10 years, 250 of these barriers were installed worldwide to protect effectively crucial infrastructure such as roads, railways and settlements. Standardized, flexible debris flow protection barriers are now certified by the European Union (CE-Marking). However, some situations go beyond the typical application range and special designs need to be developed. The project for the mountain torrent Hüpach, is such an example. The structure needed to have a retaining capacity of 13'000 m³. This meant a barrier of 14 m in height and 40 m in width. Based on input parameters, the design was worked out using the non-linear finite-element software FARO, on the basis of the design concept from the WSL, and lead to the construction of the worldwide largest flexible debris flow protection barrier.

Keywords: Flexible debris flow barriers, special design, Hüpach, high tensile strength steel mesh

Einleitung

Um Gerinne und Wildbäche vor Übersauerung und Übermürung schützen zu können, benötigt man spezielle Rückhaltebecken, die den Abfluss zu einem gewissen Grad puffern und Feststoffe wie Schwemmholz und Geschiebe zurückhalten können, und die später kontrolliert ausgeräumt werden. So kann ein Ausbrechen des Baches und die Ablagerung des Murgangmaterials auf Infrastrukturbereiche gezielt verhindert und das Gefahrenpotential für Mensch und Tiere erheblich minimiert werden.

Klassische Rückhaltebecken bestehen aus Beton, teilweise gibt es auch Mischbauwerke aus Beton mit Stahl- oder Holzträgern. Seit nunmehr 10 Jahren (Wendeler, 2014) gibt es nun die Möglichkeit mit flexiblen Ringnetzbarrieren als Schutz gegen Murgänge zu projektieren. Diese flexiblen Murgangbarrieren bestehen aus hochfestem Stahldrahtnetz und Stahlseilen. Standardverbauungen können Murdrücke von bis zu 180 kN/m² absorbieren, das entspricht in etwa einer Fließgeschwindigkeit von 6 m·s⁻¹ eines granularen Murgangs mit einer Dichte von 2200 kg·m⁻³ und einem direkten Aufprall. Der Vorteil der flexiblen Murgangbarrieren sind deren Kosteneffizienz, schnelle Montage und der geringe Umwelteinfluss, welcher durch ihre Durchgängigkeit und Filigranität erzeugt wird.

Die Gemeinde Oberwil im Berner Oberland in der Schweiz ist durch Murgangereignisse im Hüpach gefährdet. Die Gefahrenkarte (Abbildung 1) zeigt großräumige Flächen entlang des Gerinnes in rot und eine Risiko Analyse zeigt die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen auf. Diese größte flexible Murgangbarriere der Schweiz begann in der Projektierungsphase bereits 2009 und wurde 2012 und 2013 realisiert. Das Planungsbüro und der Netzlieferant haben sich zunächst Gedanken über verschiedene Konzepte

gemacht. Aufgrund der schlechten Erreichbarkeit des möglichen Sperrenstandortes, musste der Einsatz von Beton minimiert werden. Schließlich wurde eine Kombination aus Schwerlastseilen und Stahldrahtringnetzen ausgewählt und realisiert. So konnte der Betoneinsatz bis auf die Seitenflanken minimiert werden, was zu geringeren Bauzeiten und damit verringerten Kosten führte. Weitere Faktoren wie verringerte Transportkosten überwogen, zudem überzeugte das Tragsystem durch seine Filigranität in dieser sensiven und schönen Berglandschaft.



Abb. 1: Gefahrenkarte der Gemeinde Oberwil. (Quelle: Emch&Berger)

Fig. 1: Hazard map showing Oberwil around Hüpach torrent in the red zone. (Source: Emch&Berger)

Bemessungsbasis

Zwischen 2005 und 2008 wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes die Machbarkeit für Netzlösungen gegen Murgänge mit Großfeldversuchen im Illgraben (CH) nachgewiesen und erste Referenzprojekte, meist in der Schweiz, umgesetzt (Wendeler et al., 2014). Auf Basis des gemeinsam mit der WSL (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft) entwickelten Lastansatzes konnten daraufhin weitere Standardsysteme mittels der Software FARO berechnet werden. Als Ergänzung zu konventionellen Sperren, im Rahmen von Schutzkonzepten für ein

ganzes Einzugsgebiet, sind Netzsperrren ebenfalls beliebt, praxistauglich und eine wirtschaftliche Alternative. Heute hat sich die Technik etabliert und dient Planern und Ingenieuren als Erweiterung ihrer Möglichkeiten bei der Projektierung eines Murgangrückhaltes. 10 Jahre Projekterfahrung mit unterschiedlichsten Standorten und teilweisen Füllereignissen weltweit, zeigt deutlich die Vorteile dieser Sperrren bei bestimmten Rahmenbedingungen auf, auch wenn es klare Grenzen für die Effizienz von Netzsystemen gibt. Häufige Ereignisse mit Verfüllung von Netzsperrren zählen zu solchen Faktoren, die die Wirtschaftlichkeit von Netzsperrren aufgrund der Wartungsintensität in Frage stellen können. Der Vorteil von Netzsperrren überwiegt meist bei größerer Jährlichkeit und schlechter Zugänglichkeit.

Die Großfeldversuche dienten auch als Grundlage für die CE-Kennzeichnung aller Standardbarrieren von Geobrug, welche im Jahr 2017 abgeschlossen wurde (EAD Dokument Nr. 340020-00-106¹). Dem CE-Kennzeichen ist ein sogenanntes „Europäisches Assessment Dokument“ zugrunde gelegt, wo Testverfahren zur Tauglichkeit, Typenklassifizierungen und jährliche Qualitätsüberwachungen genau definiert sind. Damit ist nachgewiesen, dass diese Produkte die maßgeblichen europäischen Vorschriften bezüglich Produktequalität und Praxistauglichkeit erfüllen (ETA 17/0268-17/0276 und ETA 17/0439).

Die Standortbedingungen

Oberhalb des Schweizer Dorfes Oberwil im Simmental befindet sich der Hüpach (WGS 84 (Long/Lat) 7.43421, 46.66342) mit einer Flusslänge von 4,15 km, und einem Einzugsgebiet von 2,14 km², welches sich bis auf 2.104 m ü. M. erstreckt.

¹ [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52017XC1013\(01\)PDF/?uri=CELEX:52017XC1013\(01\)](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52017XC1013(01)PDF/?uri=CELEX:52017XC1013(01))

Der Schwemmkegel des Hüpach beginnt auf ca. 910 m ü. M. und fließt auf 778 m ü. M. in die Simme. Die durchschnittliche Neigung liegt bei ca. 33 % und Kalkstein und Mergel sind die wichtigsten geologischen Komponenten. Das Einzugsgebiet ist größtenteils mit Wiesen, Wald und Fels bedeckt. Somit spielt Geröll und Treibholz eine wichtige Rolle. Das Dorf Oberwil liegt im unteren Teil des Schwemmkegels. In Tabelle 1 sind die zu erwartenden Abflüsse gemäß der entsprechenden Gefahrenkarte sowie das Schadenspotenzial der zu erwartenden Murgänge aufgelistet.

(a) Abflussmenge bei Hochwasser (HQ) und Murgänge (G) in m ³ /s			
Szenario	Abfluss Ohne Geschiebe	Abfluss Mit Geschiebe	Max. Abfluss Murgang
HQ ₃₀ /G ₃₀	5,4	~7,5	–
HQ ₁₀₀ /G ₁₀₀	7,7	10,5	200
HQ ₃₀₀ /G ₃₀₀	9,9	13,5	350

(b) Schaden / Risiko wegen Murgänge			
	G ₃₀	G ₁₀₀	G ₃₀₀
Schaden [Mio CHF/Er.]	0,35	5,0	6,0
Todesfälle / Ereignis	0	0,6	1,4
Schadensrisiko [CHF/Jahr]	12.000	50.000	20.000
Todesfallrisiko im Jahr	0	0,006	0,005

Tab. 1: (a) Abflussmenge des Hüpach Baches bei verschiedenen Jährlichkeiten gemäß der offiziellen Gefahrenkarte; (b) Möglicher Schaden verursacht durch Murgänge.

Tab. 1: (a) Discharges of river Hüpach for different annualities according to the official natural hazard map; (b) Potential damage for debris flows.

Um mit den großen Volumenmengen zurechtzukommen, wurden verschiedene Varianten untersucht. Das Bachbett selbst ist ziemlich steil und schwer zugänglich, so dass nicht viele Stellen für ein Rückhaltebecken in Frage kommen. Als Endlösung wurde eine Kombination aus zwei Mursperren mit einem Fassungsvermögen von 13.000 m³ und 3.000 m³ gewählt. Das kleinere Volumen wird durch eine Geobrug, UX-180-H6 Standard Barriere abgedeckt. Das große Becken, befindet sich 250 m stromaufwärts des Schwemmkegels und wird mit einer flexiblen Netzbarriere von 40 m Höhe und 14 m gebaut. Zehn Lagen Schwerlastseile (Durchmesser 95 mm) werden in einem Betonriegel am Ufer verankert. Stahleinlageteile in Form einer Trompete ermöglichen die freie Beweglichkeit in alle Richtungen, wie ein Kardangelen. Ein Netz aus hochfesten Drahtsträngen mit einem Durchmesser von 30 cm und 19 Drahtwindungen trägt den Murdruck auf die Seile ab, im unteren Bereich mussten sogar 2 Lagen dieses starken Netzes verbaut werden. Schwere, starke Anker stabilisieren die Betonkonstruktion an den Ufern des Flusses.

Anzahl Murgangstöße	Volumen [m ³]	Spitzenabfluss [m ³ .s ⁻¹]
1. Stoß	12.000	300
2. Stoß	8.500	175
3. Stoß	8.500	175

Tab. 2: Murgang Parameter für drei konsekutive Murgangstöße eines 300-jährigen Ereignis

Tab. 2: debris flow parameters including surge numbers for the 300 year event

Abb. 2: Strömungsgeschwindigkeit entlang des Hüpach Wildbaches, modelliert mit RAMMS:DEBRIS FLOW für 12.000 m³. (Quelle: Emch&Berger)

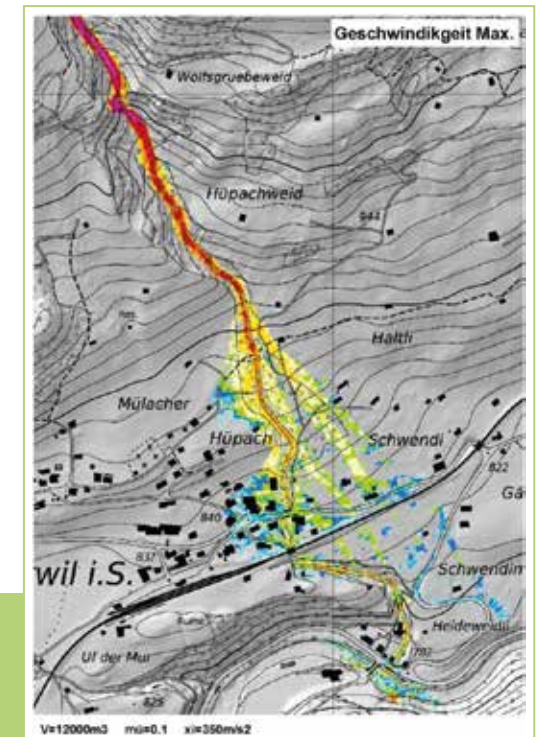
Fig. 2: Flow velocity along Hüpach torrent modelled with RAMMS:DEBRIS FLOW for 12.000 m³. (source: Emch&Berger)

Das Gebiet des großen Beckens ist nur über eine kleine Forststraße zugänglich. Die relevanten Parameter für das Murgangereignis waren ein Volumen des ersten Murgangstoßes von 12.000 m³ mit einem Spitzenabfluss von 250 m³.s⁻¹. Dies entspricht an dieser Stelle einer Fließhöhe von 2,5 m und einer Frontgeschwindigkeit von 9-10 m.s⁻¹. Das Bauwerk muss zudem einem zweiten und dritten Murstoß mit jeweils 8.500 m³ standhalten.

Bemessungsparameter

Der Hüpach hat typische Szenarien für Gebirgsbäche. Die Geschiebe- und Sedimenttransporteinleitungen sind relativ klein und der erwartete Spitzenabfluss eines Murgangereignisses ist 20-mal größer als der normale Abfluss und somit extrem hoch.

Es wurden drei aufeinanderfolgende Murstöße im 300-jährigen Ereignis erwartet (siehe Tabelle 2). Aus diesen Parametern wurde



die Strömungsgeschwindigkeit mit Murgang-Simulationen abgeschätzt, die mit der Software RAMMS von WSL (RAMMS, 2014) durchgeführt wurden (siehe Abbildung 2). Ein granulares Strömungsszenario mit $7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ Fließgeschwindigkeit und einer Dichte von $2.200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ war der erste berechnete Lastfall. Der zweite Lastfall betrachtet einen sehr schnellen Schlammabfluss mit $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ und einer Dichte von $1.800 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Die Fronthöhe variiert zwischen 2,5 und 2 m, auch unter Berücksichtigung von Treibholz an der Front des Murganges.

Barrierendesign

Eine typische flexible Standard-Murgang-Barriere wird innerhalb des Flusskanals an den Ufern installiert. Horizontale Seile sind mit der Verankerung verbunden. Um die notwendige Flexibilität der gesamten Konstruktion zu gewährleisten, wer-

den sogenannte Bremsenlemente eingesetzt, die die Tragseile unter Last um bis zu zwei Meter verlängern und damit Spitzenlasten auf die Seile und die Anker begrenzen. Die Randseile verhindern, dass der Schutt zwischen Netz und Böschung hindurchfließt. Das oberste sogenannte Flügelseil hat hauptsächlich zwei Funktionen. Erstens, um direkt Unterstützung zu leisten, wenn die gefüllten Barrieren aufgrund der Schwerkraft nach unten gezogen werden, und zweitens, um überfließendes Geröll in die Mitte der Barrieren und des Flusskanals zu konzentrieren, wodurch Erosion an den Verankerungen während eines Murganges vermieden wird. Wenn ein Überlaufen der Barriere zu erwarten ist, muss ein Abriebschutz entlang der Oberkante – der Abrasionsschutz – der Barriere installiert werden, um Brüche durch mechanische Beanspruchung der oberen Seile zu vermeiden. Ein Spalt am Boden verhindert ein ungewolltes Auffüllen der Barriere während normalem

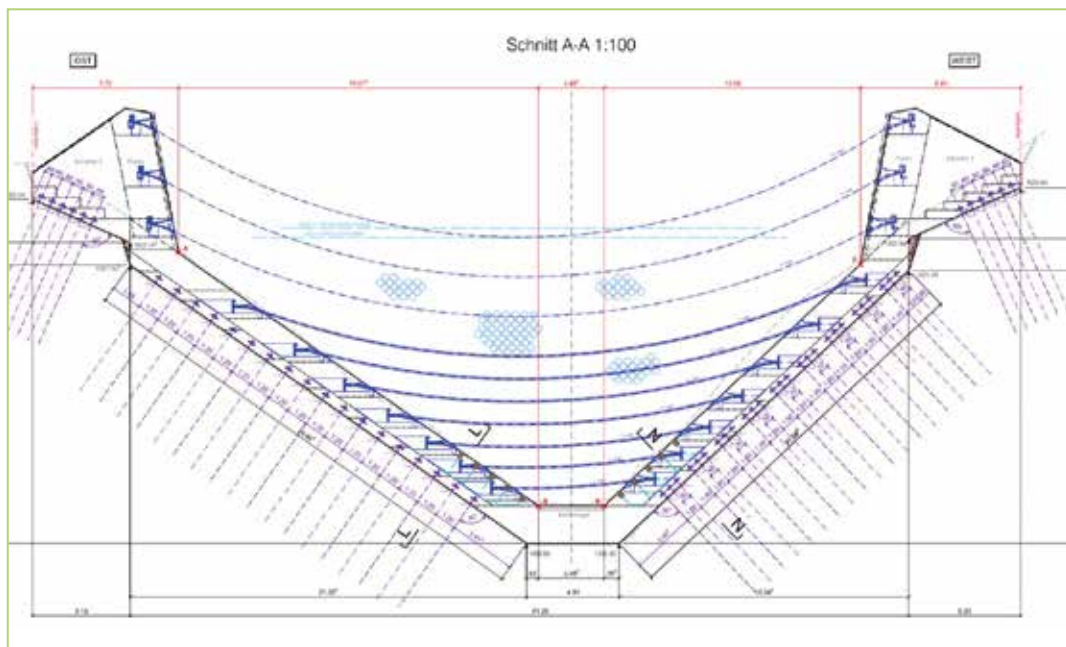


Abb. 3: Endauslegung der flexiblen Murgang-Barriere. Schwere Stahlseile mit vordefiniertem Durchhang werden über die Höhe der Barriere verteilt und in einem Betonrahmen verankert.

Fig. 3: Final design of the flexible debris flow barrier. Heavy duty steel cables with a predefined sag are distributed over the height of the barrier and anchored in a concrete frame.

Hochwasserabfluss. Die typischen Abmessungen solcher Barrieren decken Breiten von 25 m und Höhen von bis zu 6 m ab.

Die Hauptherausforderung für den Entwurf der Hüpach-Barriere war ihre vorgesehene Dimension mit den daraus resultierenden hohen Netzlasten und der erforderlichen Tragkonstruktion.

Das Konzept war nun, genügend Tragseile über die Höhe der Barriere zu verteilen, so dass die Lasten auf dem Netz in einer Größenordnung bleiben, die das Standard-Ringnetz tragen kann und die Ankerlasten realistisch auf die Flussufer übertragbar erscheinen. Der erforderliche Durchmesser der Seile wird dann entsprechend der Breite der Barrieren in verschiedenen Höhen vorgegeben. Aufgrund der – in diesem Fall – großen Barrierebreite erreichen die Seilkräfte Werte von bis zu 9.000 kN. Deshalb wurden Seile mit einem Durchmesser von 95 mm verwendet. Geeignete Bremsenlemente standen für solche Seile jedoch nicht zur Verfügung. Um dennoch die nötige Flexibilität der Konstruktion zu gewährleisten, wurden die Kabel mit gegebenem Durchhang nach einer normalen Seillinie angeordnet (siehe Abbildung 3).

Die Auslegung der Barrierenkomponenten erfolgte mittels Computersimulation. Ein nicht lineares Modell wurde schrittweise über neun

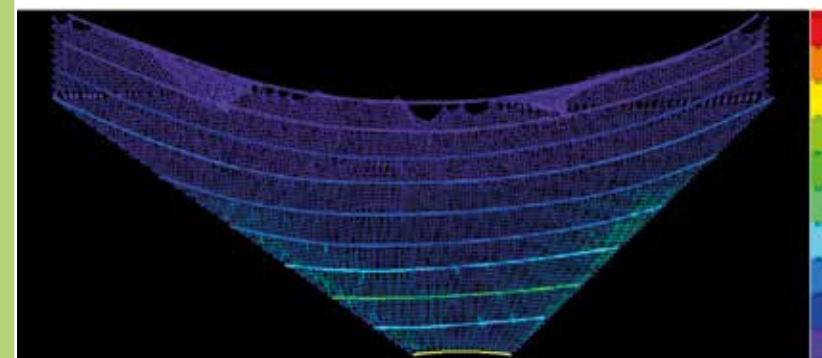
Lastschritte aufgefüllt. Die numerische Modellierung wurde von der WSL (Volkwein, 2011) durchgeführt. Der Lastansatz wird in der WSL-Konstruktionsrichtlinie für flexible Netze (Volkwein, 2013) erläutert. Beide Lastfälle, ‚Mudflow und Granular Flow‘, wurden in dem nichtlinearen Finite-Elemente-Werkzeug FARO modelliert. Diese Software wurde ursprünglich für flexible Steinschlag-Barrieren kalibriert (Volkwein, 2004) und anschließend für Murgänge erweitert (Wendeler, 2008).

Die 10 Lagen Schwerlastseile werden mit normalen Seilelementen berechnet, das sich dazwischen befindende Ringnetz basiert auf den kalibrierten Ringnetztests für Flächenlasten (Wendeler, 2008). Der Druck des Auffüllprozesses wird nach (Wendeler, 2008) und (Volkwein, 2013) Stoß für Stoß berechnet (siehe Abbildung 4). Der Bemessungsabfluss von $300 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ergibt einen max. Auslegungsdruck von $400 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$. Zwei Lagen Ringnetze mit Ringen aus 19 Windungen im unteren Teil der Barriere sind bis zur Mitte der Barriere notwendig (5. Lage Schwerlastseil). Alle 10 Schwerlastseile haben einen Durchmesser von 95 mm.

Der letzte berechnete Lastfall deckte die Situation ab, in der die Barriere durch nachfolgende Murströme überflutet wird.

Abb. 4: gefülltes Barrierenmodell. Die Farben zeigen den Nutzungsgrad der Netzstruktur an (FARO, Volkwein, 2011).

Fig. 4: Nearly filled up barrier under debris flow load modelled with FARO software (Volkwein, 2011). The colors described the degree of utilization of the single components



Auf Basis dieser Simulationen können die relevanten Belastungen des Fundaments ermittelt werden. Abbildung 4 veranschaulicht die Entwicklung der Seilkräfte während des Füllvorganges und Tabelle 3 gibt die maßgeblichen Lasten für die einzelnen Tragseile an. Für den Bau sind ca. 70 Anker mit einer Tragfähigkeit von 140 t erforderlich. Das Netz war durchgehend entlang der Länge der Barriere verbunden, bis hin zu den Betonträgern. Auch die Verbindung zwischen Seil und Betonträger musste entworfen werden.

Trag-seil	X	Y	Z	total	
1	1033	5603	886	5766	kN
2	1640	7379	748	7596	kN
3	2016	8110	1081	8427	kN
4	2366	8441	1037	8828	kN
5	2693	8247	1141	8750	kN
6	2545	8338	1532	8852	kN
7	2202	7042	2018	7649	kN
8	1668	5711	2178	6335	kN
9	1758	4973	1890	5602	kN
10	744	2461	1030	2770	kN

Tab. 3: Entscheidende Lasten in kN für die Verankerung der Tragseile. Die x-Richtung des Koordinatensystems richtet sich in Fließrichtung des Murganges aus.

Tab. 3: Decisive loads in kN for the anchorage of the support cables. The x-direction of the coordinate system directs in flow direction of the debris flow.

Bauphase

Um die Hauptsperre zu errichten und sie auch später noch instand halten zu können, musste zunächst eine Zufahrtsstraße gebaut und der

Kran installiert werden. Für die Bohr- und Betonarbeiten mussten sehr steile Flussufer mit den Baggern überwunden werden, hierzu brauchte es spezielle Schreitbagger mit Winden. Nachdem die Fundamentarbeiten abgeschlossen waren, wurden die Seile montiert. Bei einem Anfangsgewicht von ca. 2 Tonnen, war die Installation mit dem Kran unumgänglich und stellte eine große Herausforderung dar. Die Seile wurden in einer speziellen Stahlrohrkonstruktion befestigt, die anschließend mit Beton ausgegossen wurde. Das Seil kann sich so leicht unter Belastung in alle Richtungen drehen.

Der nächste Schritt war die Montage der Randseile und der Netzpaneele, die mit Nahtseilen an den Schwerlastseilen befestigt wurden. Im unteren Teil der Barriere ist eine Doppelschicht aus 19/3/3/300 Ringnetz mit einer Bruchkraft von 180 kN pro Ring installiert, um den 400 kN.m⁻¹ Murgang-Stoßdruck auf die Schwerlastseile übertragen zu können. Alle Baustellenarbeiten wurden in einem Sommer durchgeführt. Abbildungen 5 bis 10 illustrieren den Bau der Sperre.



Abb. 5: Erstellung von seitlichem Aushub für das Widerlager mit einem Schreitbagger.

Fig. 5: Establishment of lateral excavations for abutments using a walking crane.



Abb. 6:
Bohren der Verankerungen.

Fig. 6:
Installation of drilled anchors.



Abb. 7: Dichte Bewehrungskörbe für die Konstruktion der Betonflanken.

Fig. 7: Construction of the concrete girder.



10.03.2012



Abb. 8: Montage des oberen Hochleistungsseils mittels Kran. Die Stahlseile werden dann in die Stahleinlageteile eingelegt und fixiert.

Fig. 8: Installation of the upper heavy duty rope by rope crane and steel trumpet fixed in reinforced concrete foundation.



Abb. 9: Fertigstellung der Tragseile

Fig. 9: Completion of support cables installation.



Abb. 10: Montage der Netzpaneelen

Fig. 10: Mounting of the net panels

Schlussfolgerung

In diesem Beitrag wurde eine völlig neue Bauart im Bereich der flexiblen Barrieren gegen Murgänge vorgestellt. Hervorgekommen aus einem gemeinsamen Engineering Projekt zwischen Planern und Netzlieferanten ist eine beeindruckende Netzstruktur entstanden, die sich schön in die Landschaft einschmiegt und deren Eingriff in die Umwelt auf ein Minimum reduziert wird (siehe Abbildung 11).

Die Grundidee, die die heutige Struktur ermöglichte, war die Einführung eines vordefinierten Seildurchhanges. Diese Maßnahme sorgt für die notwendige Flexibilität der Seile bei einem

Murgangereignis, wenn keine Bremsenlemente konstruktiv möglich waren. Eine simple Idee so scheint es, führte zu einem faszinierenden Bauwerk.

In Zukunft muss die Barriere nach Hochwasser regelmäßig überprüft werden und bei (Teil-)Verfällungen können entsprechende Maßnahmen zur Beräumung ergriffen werden, da die Zugänglichkeit von hinten gewährleistet ist. Ohne Großereignis wird die Lebensdauer der Barriere auf mindestens 50 Jahren geschätzt. Entscheidend dafür ist vor allem der Korrosionsschutz der Bauteile. Deshalb wurden spezielle Zink-Aluminium-Beschichtungen und auch vollverschlossene Schwerlastseile eingesetzt, um einen technisch zeitgemäßen Korrosionsschutz zu gewährleisten.



Abb. 11: Fertige Hüpach Murgangsperrre

Fig. 11: Finished flexible debris flow barrier with 40 m span width and 20 m height

Die Gesamtkosten inklusive Planungsphase, Baumaterial und Bauarbeiten betragen 2,5 Mio. CHF. Rund ein Drittel wurde vom Kanton Bern bezahlt, das andere Drittel vom Bund und der Rest von der Gemeinde Oberwil. Angesichts des Gefährdungspotenzials von 6 Mio. CHF für ein 300-jähriges Murgangereignis, ist das Gesamtkonzept jedoch sehr kosteneffizient.

Auch die Oberwiler können sich von nun an sicher fühlen. Die Gefährdungskarte ab 2013 berücksichtigt bereits die neuen Maßnahmen im Wildbach Hüpach, eine bis dahin große rote Zone wurde neu zu einer blauen und gelben Zone, in der Häuser errichtet werden dürfen (siehe Abbildung 12).

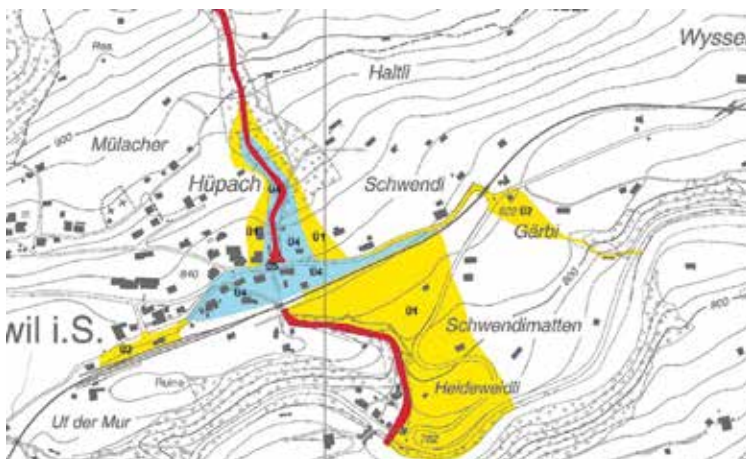


Abb. 12: Angepasste Gefahrenkarte unter Berücksichtigung der beiden installierten flexiblen Murgangbarrieren im Hüpach, Quelle Emch und Berger.

Fig. 12: Adapted hazard maps considering new protection concept of Hüpach torrent with flexible nets.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Dr. Corinna Wendeler
CTO Geobrugg Gruppe
Aachstrasse 11, 8590 Romanshorn/ Schweiz
Corinna.Wendeler@geobrugg.com

Helene Hofmann
Geobrugg AG
Aachstrasse 11, 8590 Romanshorn/ Schweiz
Helene.Hofmann@geobrugg.com

Lisa Stieglitz
Emch und Berger AG Bern
Seestrasse 7, 3700 Spiez/ Schweiz
Lisa.Stieglitz@emchberger.ch

Dr. Catherine Berger
früher Emch und Berger jetzt: Geo7
Neufeldstrasse 5–9, 3012 Bern/ Schweiz
Catherine.Berger@geo7.ch

Literatur / References:

- RAMMS(2014):
http://www.wsl.ch/fe/warnung/projekte/RAMMS/index_EN
- ROTH, A., KÄSTLI, A. AND FENEZ, T. (2004): Debris flow mitigation measure by means of flexible barriers, INTERPRAEVENT 2004, Riva, Italy.
- VOLKWEIN, A.
Flexible debris flow barriers – Design and application. WSL Ber. 18, 2014.
- VOLKWEIN, A. (2013): Flexible debris flow barriers – design and applications, WSL Research Institute Birmensdorf, Switzerland.
- VOLKWEIN, A. (2011): Murgangbarriere Hüpach, WSL Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf, Switzerland.
- VOLKWEIN, A. (2004): Numerische Simulation von flexiblen Steinschlagbarrieren, Diss ETH-Nr. 15641, Zürich, Switzerland.
- WENDELER, C., BRÄNDLE, R., STIEGLITZ, L. AND LAUBER, G. (2015): Design and construction of a 20 m high, flexible debris flow barrier in the Swiss Alps, 6th DFHM conference in Japan.
- WENDELER, C., VOLKWEIN, A., ROTH, A., NISHIMURA, N. (2014): Protection against debris flows with 13 flexible barriers in the milibach river (Canton Berne, Switzerland) and first event analysis, INTERPRAEVENT 2014, Nara, Japan.
- WENDELER, C.
Murgangrückhalt in Wildbächen – Grundlagen zu Planung und Berechnung von flexiblen Barrieren. Diss. ETH Nr. 17916, 2008.

ALPIN CONSULTING
DI WERNER TIWALD ZT-GMBH

ZT für WLW -, Studien, Projekte, Gutachten, Ausschreibungen,
Baubegleitung, Sicherheitsanalysen, Wildbachbegehungen...

<p>Standort Ost Langseitenrotte 19 3223 Wienerbruck</p>	<p>Standort West Saurweinweg 5 6020 Innsbruck</p>	<p>T: +43 2728 20404 M: +43 664 2047240 Web: www.tiwald.at</p>
--	--	---

IVO SCHREINER

Analyse des Sperrenbruchs am Pinnisbach, Gemeinde Neustift, Stubaital

Analysis of a concrete dam burst at the Torrent Pinnisbach, municipality Neustift, Stubai valley

Zusammenfassung:

Am 7. August 2015 ereignete sich im Einzugsgebiet des Pinnisbaches ein Gewitterregen, der zu einem Hochwasserereignis führte, wobei es zu einem Sperrenversagen kam. Eine großdohlige Geschiebeablagerungssperre in hm 18,62 konnte der Belastung nicht Stand halten und es kam zu einem Sperrenbruch. Gottseidank befand sich diese Sperre relativ weit oberhalb von besiedeltem Gebiet und das freigesetzte Geschiebe konnte durch eine weiter unterhalb situierte Sperre weitgehend aufgefangen werden. Trotzdem kam es bei dem Ereignis zu einer kritischen Überflutungssituation am Schwemmkegel, welche nur durch den unmittelbaren Einsatz von Baggern kontrolliert werden konnte. Eine Ereignisanalyse, welche von der Universität für Bodenkultur durchgeführt wurde, zeigt Ursachen und Details des Versagensmechanismus. Die von der Praxis angenommene Belastung der Sperre durch einen Murstoß konnte dabei nicht bestätigt werden. Offensichtlich führten eine zu geringe Einbindung des linken Sperrenflügels im Lockermaterial und eine ungenügende Bewehrung zum Versagen des Bauwerkes.

Stichwörter: Sperrenversagen, Pinnisbach, Ereignisanalyse

Abstract:

On August 7th in 2015, a debris flow occurred at the torrent Pinnisbach in the municipality of Neustift in the Stubai valley. This event led into a bursting of a debris deposition dam in hm 18,62. The concrete dam which was erected in 1988 could not withstand the forces of the debris flow. The dam was fortunately situated far above the settlement areas on the debris cone and therefore the additional debris was retained by a second dam below. An event analysis was carried out by the University of Natural Resources and Life Sciences (Vienna) immediately. The results of this event analysis show that the breakage wasn't caused by the impact of a heavy short debris flow but rather because of a too short left wing and a not sufficient reinforcement.

Keywords: Dam burst, event documentation, Tyrol

Einleitung

Der Pinnisbach ist ein orographisch rechtsufriger Zubringer zur Ruetz, dem Talbach des Stubaitales. Der im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital gelegene Pinnisbach hat ein Einzugsgebiet von 22,8 km² und entwässert mit seinen Zubringern das gleichnamige Tal. Die höchsten Erhebungen im Einzugsgebiet sind der Habicht (3.277 m), das Pinnisjoch (3.270 m) und das Kirchrach (2.840 m). Der Pinnisbach entspringt aus zahlreichen Kleingerinnen aus den vergletscherten Bereichen der oben genannten Gipfel. Ab einer Seehöhe von ca. 1.800 m bildet sich der Talbach. Er überwindet auf einer Länge von ca. 9 km einen Höhenunterschied von rund 2.300 m, dies entspricht einem mittleren Gefälle von 25 %.

Der Längsschnitt im Oberlauf des Pinnisbaches ist durch drei glazial gebildete flache Talböden auf 1.750 m Seehöhe, 1.550 m Seehöhe und 1.370 m Seehöhe und dazwischen liegenden Steilstufen gekennzeichnet. Der Mittellauf ist ein aufgefülltes V-Tal, welches von oben nach unten steiler wird und ein Gefälle von 10 % bis 20 % aufweist. Am Schwemmkegel verringert sich das Gefälle kontinuierlich von ca. 20 % auf 4 %.

In den Flachstellen ist das Bachbett bis zu 30 m breit und ist von Schotterbänken mit vergleichsweise feinkörnigem Geschiebe geprägt. In den Steilstufen und im Mittellauf ist das Bachbett grobsteinig bis grobblockig und nur 3 m bis 5 m breit.

Als nennenswerte Zubringer des Pinnisbaches sind der Senkelbach und der Kesselbach, beide orographisch rechts zumündend, erwähnenswert. Dies deshalb, da sie auf Grund ihrer Murfähigkeit das Hochwassergeschehen im Pinnisbach stark beeinflussen können. Im Bemessungsfall ist mehr als die Hälfte des zu erwartenden Geschiebes aus Einstößen der beiden Zubringer zu erwarten, der Rest des Geschiebes wird

in den Steilstufen aus Tiefen- und Seitenerosion mobilisiert. Insgesamt ist der Pinnisbach als stark geschiebeführender Wildbach zu charakterisieren. Das HQBem kann mit 58 m³/s (Intensitätsfaktor I=1,1) angegeben werden, die Geschiebefracht beträgt rund 50.000 m³.

Die geologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet des Pinnisbaches sind deutlich zweigeteilt. Auf den kristallinen Grundgesteinen (Schiefergneise, Gneisglimmerschiefer sowie Biotit-Granitgneise) im hinteren Teil sind triadische Kalke (Wettersteinkalk und Hauptdolomit) aufgeschoben (Inneralpines Mesozoikum).

Das Einzugsgebiet liegt im Wuchsgebiet 1.2 Subkontinentale Innenalpen – Westteil und ist mit ca. 35 % mäßig bis gering bewaldet. Es überwiegen alpine Flächen, welche mit alpinen Rasen und Latschen bedeckt sind. Der Anteil von Fels beträgt ca. 70 %, der Anteil an alpinen Schotterhalden liegt bei rund 30 %.

Hochwasserereignisse

Aus den Aufzeichnungen des Wildbach- und Lawinenkatasters geht hervor, dass es in den Jahren 1668, 1871, 1872, 1926, 1946, 1978, 1985, 1960, 1983, 1987 sowie am 7. August 2015 schadenverursachende Hochwasserereignisse gegeben hat. Aktuelle jüngste Ereignisse mit starker Hochwasserführung waren am 17. Juni und 28. August 2016 zu verzeichnen. Durch das Schadergebnis im Jahre 2015 wurde das Auslaufbauwerk des Geschieberückhaltebeckens bei hm 18,62 durch den Geschiebevollstau aus dem Kesselbach zerstört.

Verbauungen

Trotz der vielen Hochwasserereignisse und Murgänge wurden bis zum Ende des 2. Weltkrieges nur einfache Ufersicherungen von den örtlichen

Grundbesitzern errichtet. Die Tätigkeit der Wildbach- und Lawinenverbauung hat im Pinnisbach im Jahre 1951 begonnen. In den Jahren 1951 bis 1953 wurde zum Schutz der Isenangeralm im Bereich hm 26,96 bis hm 29,75 ein 371 lfm langes Gerinne in ZMMW mit einem trichterförmigen Einfang und einem 275 m langen linksufrigen Einfang als Schutzdamm errichtet. Nach den Hochwässern 1978, 1983, 1985, 1987 und 1991 wurden jeweils Sofortmaßnahmen ausgearbeitet, um die geregelten Abflussverhältnisse wiederherzustellen. Darüber hinaus wurde das Verbauungsprojekt 1985 ausgearbeitet, welches eine systematische Regulierung des Pinnisbaches vorsah und welches in den Jahren bis 2008 umgesetzt wurde. Dies stellt den derzeitigen Stand der Verbauung dar.

Gefahrenzonenplan

Der Gefahrenzonenplan für die Gemeinde Neustift wurde 2017 einer Revision unterzogen. Nach dem derzeitigen Stand befinden sich vier Einfamilienwohnhäuser und acht Mehrfamilienwohnhäuser samt Nebengebäuden vollständig oder zum Teil in der Roten Wildbachgefahrenzone. In der Gelben Wildbachgefahrenzone kommen 13 Einfamilienwohnhäuser, 48 Mehrfamilienwohnhäuser 37 Nebengebäude zu liegen



Abb. 1:
zerstörte Sperre bei
hm 18,62 (linksufriger
Sperrenflügel)

Fig. 1:
destroyed concrete dam
in hm 18,62 (left wing of
the dam)

Ereignis August 2015

Am 7. August 2015 kam es im Teileinzugsgebiet Kesselbach nach einem rund 1-stündigen Niederschlag mit starkem Hagel zu plötzlich einsetzenden starkem Geschiebetrieb, dem etwa eine halbe Stunde lang weitere Geschiebeschübe folgten. Im Zuge dieses Ereignisses wurde das Abschlussbauwerk beim Geschieberückhaltebecken hm 18,62 zerstört.

Durch den Bruch der Sperre wurde ein Abflussschwall ausgelöst, welcher das unmittelbar unterhalb liegende Rückhaltebecken bei hm 17,02 überfuhr. Das mobilisierte Geschiebe aus dem Rückhalteraum der zerstörten Sperre wurde teils im Beckenraum abgelagert, teils in den Unterlauf abtransportiert. Der Geschiebetrieb setzte sich eineinhalb Tage fort. Durch die fortschreitende Auflandung im flachen Unterlauf drohte ein Bachausbruch in das Siedlungsgebiet. Um dies zu verhindern wurden gleichzeitig fünf Bagger und eine Schubraupe zur Geschieberäumung eingesetzt.

Ereignisanalyse

Für die Ereignisanalyse wurde das Institut für Alpine Naturgefahren der Universität für Bodenkultur beauftragt. Es sollte eruiert werden, welche

Prozesse am Standort der zerstörten Sperre auftraten und welchen Einwirkungen das Bauwerk ausgesetzt war. Darauf aufbauend sollte ein Versagensszenario entwickelt und die Annahmen baustatisch überprüft werden. Teile dieser Analyse sind Inhalt dieses Beitrages.

Methodik

Die Geschiebeverlagerungsprozesse am Sperrenstandort wurden durch eine Aufnahme der Phänomene vor Ort, unterstützt durch eine terrestrische Vermessung und einer UAV-Befliegung zur Erstellung eines digitalen Oberflächenmodells erhoben. Die Sperre bzw. ihre Bruchstücke wurden lagerichtig aufgemessen und beschrieben. Anschließend wurden Versagensszenarien entwickelt und mit einfachen Ansätzen überprüft. Um den möglichen Versagensmechanismus abbilden zu können, wurde das Verhalten der gesamten Sperre unter der angenommenen Belastung mit einem Finite Elemente Modell nachgerechnet.

Niederschlag

Im Umfeld des Pinnisbaches finden sich 4 Stationen. Die Messungen zeigten aber bis auf die Station Neustift im Stubaital-Volderau keine wesentlichen Niederschläge.

- **Gschnitz-Obertal** (15 min):
Am 4. 8. 2015 zwischen 18:15 und 20:45 Uhr insgesamt 6,3 mm Niederschlag
Am 7. 8. 2015 zwischen 18:15 und 18:45 1,1 mm Niederschlag
- **Trins** (24 h):
Trocken am 5. und 6. 8. 2015, 1,1 mm Niederschlag am 7. 8. 2015
- **Telfes im Stubai** (24 h):
Trocken am 5. und 6. 8. 2015 0,1 mm Niederschlag am 7. 8. 2015

- **Neustift i. St.-Volderau** (24 h):
Trocken am 5. und 6. 8. 2015, 44,2 mm am 7. 8. 2015

Diese Niederschlagsdaten belegen, dass es sich beim auslösenden Niederschlag um eine räumlich sehr begrenzte Schauerzelle im Bereich der Kesselspitze gehandelt haben muss.

Um eine räumlich-zeitliche Aussage über diese Schauerzelle treffen zu können, wurden die INCA Daten von der ZAMG angefordert. Die Auswertung zeigt zwar eine Schauerzelle im Oberlauf des Pinnisbaches, aber keine nennenswerten Niederschläge im Bereich des Kesselbaches (sh. IAN Report 175, Band 1)!

Abfluss

Der Oberlauf des Pinnisbaches bis zur zerstörten Sperre zeigte erhöhte Abflüsse, die auf den Niederschlag im oberen Einzugsgebiet des Pinnisbaches zurückzuführen sind. Erst durch den Einstoß des Kesselbaches wurde der Abfluss massiv erhöht. Eine seriöse Aussage zum quantitativen Abfluss war nicht möglich.

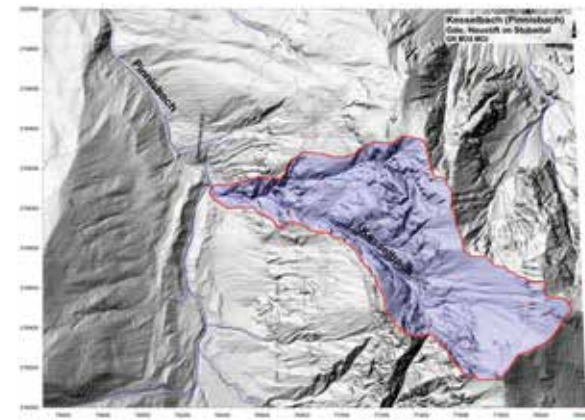


Abb. 2: Einzugsgebiet Kesselbach, ein rechtsufriger Zubringer zum Pinnisbach, kurz unterhalb der Einmündung wurde die Sperre zerstört.

Fig. 2: Catchment area Kesselbach, a rightside tributary of the Pinnisbach, short below the confluence with the Pinnisbach is the position of the destroyed dam.

Feststoffbereitstellung

Die mobilisierten Feststoffe stammen aus dem Bereich der Kesselspitze, die aus Kalkmarmor aufgebaut ist, welcher dem Hauptdolomit aufliegt. Der Witterschutt aus steilen Schutthalden (Zwischendeponien) und aus dem Gerinne wurde durch den Abfluss aktiviert und großteils am Kegel des Kesselbaches sowie im anschließenden Gerinne des Pinnisbaches bzw. im Beckenraum der zerstörten Sperre bei hm 18,62 abgelagert.



Abb. 3: Sehr steiler Mittellauf des Kesselbaches

Fig. 3: very steep middle course of the Kesselbach

Feststoffablagerungen

Für die Dokumentation wurde der Abschnitt, bachaufwärts der zerstörten Sperre bis zur Schwemmkegelspitze des Kesselbaches, mit einem Oktokopter befliegen und ein digitales Oberflächenmodell (DOM) mit einer Raster-



Abb. 4: Akkumulation von Witterschutt im Gerinne

Fig. 4: Accumulation of weathering material in the torrent channel

weite von 0,25 m generiert. Mithilfe der noch vorhandenen Ablagerungen konnte ein digitales Höhenmodell (DHM) der maximalen Ablagerung oberhalb des Sperrenbauwerkes erzeugt werden. Somit standen für eine detaillierte Dokumentation und Analyse Höhenmodelle zur Verfügung, welche folgende Ergebnisse zeigten:

Das Verlandungsgefälle nach der Kegelspitze liegt bei rund 32 % und reduziert sich zuerst auf 23 %, dann auf 16 %. Den Übergang zum unteren Abschnitt bildet eine steile Strecke mit 25 %. Die rekonstruierte höchste Verlandungsoberfläche liegt zumeist über 5 m über der Gerinnesohle. Im Querprofil ist die Verlandungsoberfläche auswärts geneigt, die linksufrigen Außenböschungen fallen steil zum ursprünglichen Gelände hin ab. Die Ablagerungen sind unsortiert und zeigen keine Schichtung

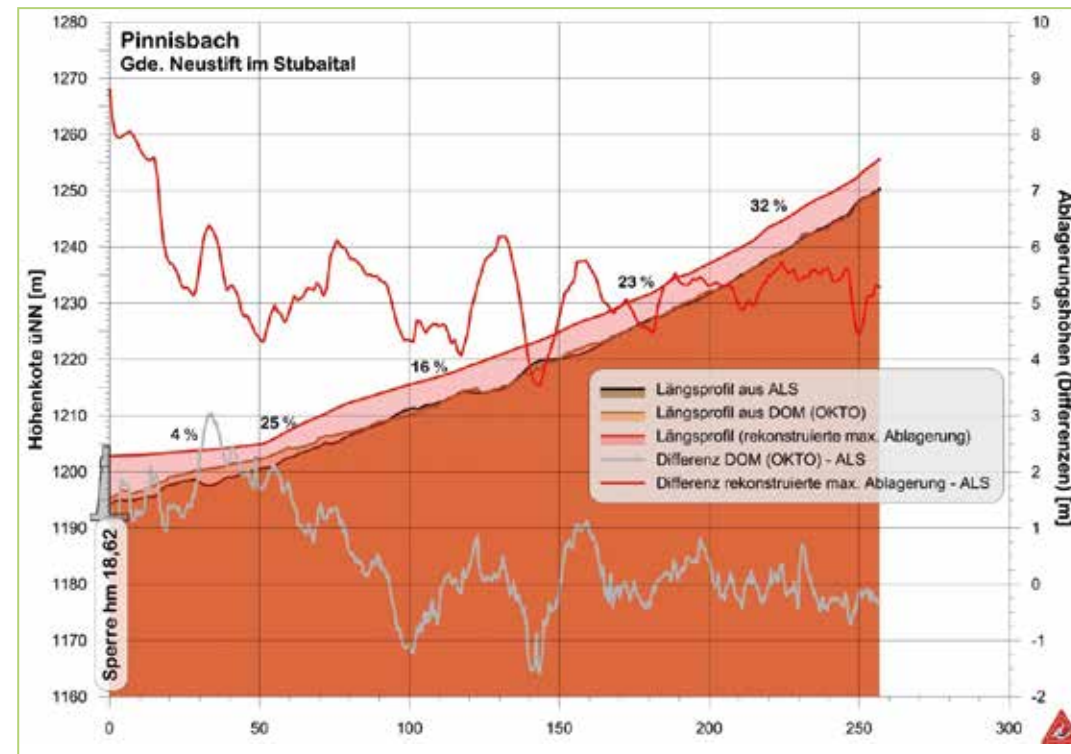


Abb. 5: Längsprofile der 3 erzeugten Höhenmodelle mit den Ablagerungshöhen und Verlandungsgefällen

Fig. 5: Longitudinal section of three produced digital elevation models with depositional depths and depositional grades

Das Verlandungsgefälle im Beckenraum betrug rund 4 % und war scharf vom oberen Abschnitt abgegrenzt. Die Verlandungshöhe bei der Sperre ist auf die Höhe der Oberkante der Abflusssektion anzusetzen.

Nach dem Sperrenbruch erfolgte eine terrassenartige Eintiefung des Gerinnes in die vorhandenen Ablagerungen. Dadurch wurde das Gefüge und die Struktur der Ablagerungen aufgeschlossen. Im Randbereich lagern zuoberst Schichten mit korngestütztem Material, eine Struktur konnte nicht angesprochen werden. Schäden an der Vegetation im rechtsufrigen Außenbogen waren nicht erkennbar, die Rinde der umflossenen Bäume war unverletzt. Die gerinneaufwärtigen Abflussmarken waren auf Höhe der Ablagerungen, sodass die Ablagerung mit geringer Geschwindigkeit erfolgt

sein muss. Zwischen 1.201,0 und 1.202,5 m üNN finden sich mehrere cm bis dm mächtige steinig-grobkiesige Schichten mit einem Längsgefälle von 4–8 %, die als korngestützt und normal sortiert angesprochen werden können. Diese Merkmale deuten somit auf eine fluviatile Ablagerung in mehreren Schüben in den Verlandungsraum hin.

Als Leitprozess kann daher für den Sperrenstandort fluviatiler Feststofftransport angenommen werden. Bis rund 50 m aufwärts des Sperrenstandortes hingegen dürfte murartiger Feststofftransport dominiert haben. Diese Erkenntnis ist interessant, da sie sich nicht mit den ersten Einschätzungen der Praxis decken, welche davon ausgingen, dass die Sperre durch einen Murstoß aus dem Kesselbach zerstört worden wäre.

Der Vergleich des Höhenmodelles vor

dem Ereignis und des DHM der rekonstruierten maximalen Ablagerung im Rückhalteraum der Sperre zeigte, dass beim Ereignis kurzfristig bis zu 26.000 m³ Geschiebe zurückgehalten wurden.

Sperre beim hm 18,62



Abb. 6: Sperre hm 18,62

Fig. 6: concrete dam in hm 18,62

Die Filtersperre wurde 1988 als Großdolen-sperre errichtet. Die zwei Großdolen mit einer lichten Weite von 7,6 m mal 2 m waren jeweils mit einem Rost aus 11 Stahl-Hohlformrohren (25/15/8) versehen.

Die Sperre hatte eine Spannweite von insgesamt 44,4 m und eine Gesamthöhe von 13,2 m. Sie bestand aus einem 25,4 m langen linken Flügel (ab Dole) bzw. 22,4 m (ab Fundamentaßenkante), einem 13,0 m langen rechten Flügel (ab Dole) bzw. 10 m (ab Fundamentaßenkante) und einem 2 m breiten Mittelpfeiler. Die Höhe von Fundamentunterkante bis Abflussschnitt-Unter-kante betrug 9,8 m. Der rechte Flügel war auf Fels gegründet, der linke Flügel in Lockergestein (Moräne) und als Schwergewichtsmauer mit einem Anzug von 12:1 errichtet. Der Mittelpfeiler war als Winkelstützmauer ausgeführt, mit der Dimension der Bodenplatte von 12,0/6,0/1,2 m. Die Verlandungshöhe war auf 1.202,8 m üNN anzusetzen das entspricht etwa der Abflussschnitt-Oberkante.

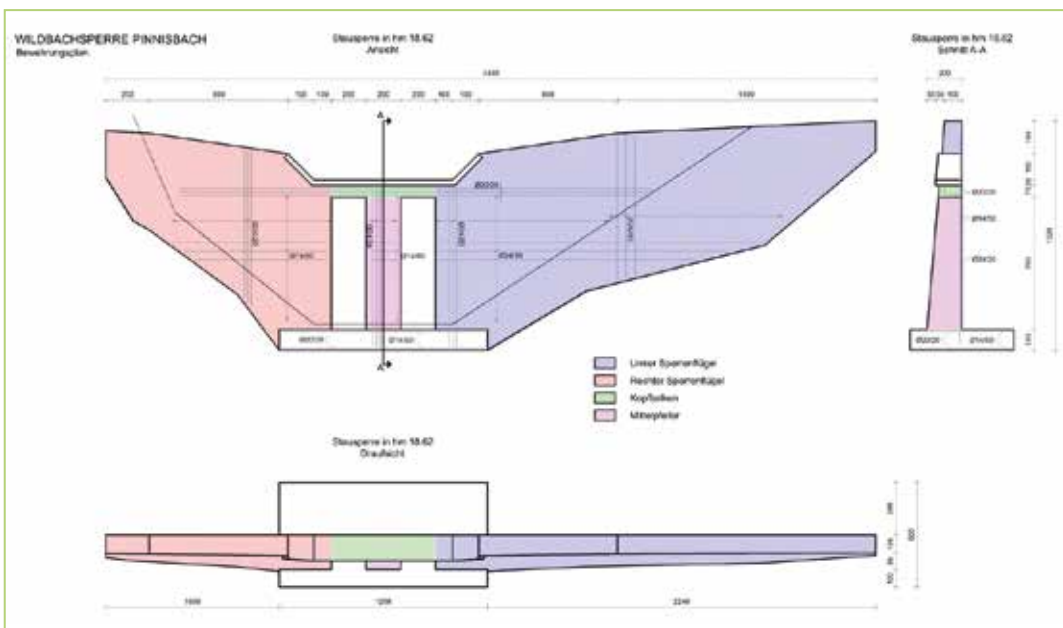


Abb. 7: Bewehrungsplan und Schnitte der Sperre hm 18,62

Fig. 7: Reinforcement plan, cross section and top view of the dam in hm 18,62



Abb. 8: Erhalten gebliebener rechtsufriger Flügel der Sperre hm 18,62

Fig. 8: Remainder of the right wing of the dam.

Durch das Ereignis vom 7. August 2015 wurde die Sperre zerstört, nur der rechte Flügel blieb weitgehend unbeschädigt stehen. Der linke Sperrflügel drehte sich in Fließrichtung um das linksufrige Flügelende und kippte bachabwärts. Dabei wurde er in mehrere Bruchstücke zerlegt. Der Mittelpfeiler wurde als Gesamtes bis zur Balkensperre hm 17,02 transportiert. Der Kopfbalken konnte nach Tieferlegung der Gerinnesohle rund 20 m unterhalb des Bauwerkes rechtsufrig aufgefunden werden. Das Fundament wurde im Rahmen der Dokumentation freigelegt, es zeigte keine wesentlichen Schäden.

Versagensmodell

Im Zuge der Erhebungen wurde festgestellt, dass die Anschlussbewehrung zwischen Fundament und den ausgebrochenen Sperrteilen fast ausschließlich ausgezogen und nicht gerissen war. Dies ließ darauf schließen, dass das Standsicherheitsversagen infolge von Verbundbrüchen aufgetreten ist.

Die Analysen, Berechnungen und Simulationen zur inneren Standsicherheit durch das



Abb. 9: Verdrehter und nach außen gekippter linksufriger Flügel der Sperre hm 18,62

Fig. 9: Turned and toppled left wing of the dam

Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur bestätigten diese Einschätzung.

Die Simulation ergab, dass die größten Spannungen im Anschlussbereich der Sperre zum Fundament, sowie im Übergangsbereich vom Kopfbalken zum orographisch linken Sperrflügel aufgetreten sind. Es kam zu einer kontinuierlichen Verschiebung des oberen Bereiches des linken Flügels, die wiederum eine Verschiebung des angrenzenden Kopfbalkens samt des oberen Bereiches des Mittelpfeilers zur Folge hatte.

Eine exakte Rekonstruktion des Versagensmechanismus war nicht möglich, es ließ sich aber aufgrund der Modellierung und der vorgefundenen Situation vor Ort der wahrscheinlichste Versagensablauf wie folgt skizzieren: (im Detail nachzulesen unter www.baunat.boku.ac.at/ian/forschung/reports-forschungsberichte)

1. Durch die Belastung auf die Sperre kommt es zu einer Verdrehung der Sperre um die x-Achse und somit zur horizontalen Verschiebung des oberen Bereiches des linken Flügels sowie des an ihn anschließenden Kopfbalkens in y-Richtung.

2. Es bildet sich infolgedessen im Kopfbalken ein Moment um die z-Achse, der Längsachse des Mittelpfeilers, aus.
3. Im Übergangsbereich vom Kopfbalken zum Mittelpfeiler werden die Betonmatrix sowie der Verbund zwischen Betonstahl und Beton zerstört. Die Betondeckung platzt ab und die kraftschlüssige Verbindung zum Kopfbalken besteht nicht mehr.
4. Die Mittelstütze verliert das obere Widerlager und die Verbundkraft zwischen der Anschlussbewehrung vom Mittelpfeiler zum Fundament wird überschritten.
5. Die Verbundfestigkeit wird gleichzeitig im Fundament des linken Flügels überschritten, der Mittelpfeiler und der linksufrige Flügel kippen um ihre x-Achse.
6. Der linke Flügel kippt nach außen und zerbricht in Einzelteile, der Mittelpfeiler wird durch das ausströmende Wasser-Geschiebe-Gemisch bis zur unterhalb liegenden Sperre bei hm 17,02 transportiert, der Kopfbalken wird ebenfalls bachabwärts verfrachtet und rechtsufrig abgelagert und von Geschiebe überlagert.
7. Der rechte Flügel ist ausreichend im Fels gelagert und übersteht das Ereignis, mit Ausnahme des Anschlusses des Kopfbalkens, unbeschadet.

Die Erhebungen der Gebietsbauleitung haben ergeben, dass die Verlegung der Anschlussbewehrung zwischen Fundament und aufgehenden Sperrteilen nicht nach dem heutigen Stand der Technik erfolgte, so dass nicht nur eine verminderte Qualität der Verbundfläche Bewehrungsstahl-Beton, sondern auch die erforderliche Einbindelänge nicht gegeben war. Weiters war die

Einbindetiefe des linken Flügels zu gering. Die Berechnungen haben gezeigt, dass für den Mittelpfeiler nach heutigen Dimensionierungsansätzen eine um 40 % höhere Längsbewehrung erforderlich gewesen wäre.

Schlussfolgerungen

Als Reaktion aus den Erkenntnissen wurden sämtliche baugleichen Sperrtypen aus den entsprechenden Baujahren einer vertieften Sperrenprüfung unterzogen.

Bei einigen derartigen Schlüsselbauwerken mussten Mängel hinsichtlich der Standsicherheit festgestellt werden bzw. konnten derartige Mängel nicht ausgeschlossen werden. Für die betroffenen Sperren wurden umgehend Sanierungsprojekte ausgearbeitet und in das Jahresarbeitsprogramm aufgenommen. Am Pinnisbach wurde zwischenzeitlich ein neues Sperrbauwerk errichtet. Ergänzend dazu wurden am Abschlußbauwerk des unmittelbar unterhalb des Sperrstandortes gelegenen Rückhaltebeckens (Trogsperrre mit Schüttdämmen) ebenfalls Sanierungsarbeiten durchgeführt. Im Konkreten wurden die Erddämme für den Überströmungsfall erosionssicher ausgeführt und die Geometrie der Abflusssktion adaptiert.

Das Ereignis vom 7. August 2015 zeigt aber auch die Herausforderungen bei der Bauwerksbewertung. Die zerstörte Sperre war im Bauwerkskataster mit gutem Erhaltungszustand und voller Funktionsfähigkeit bewertet. Nachdem das Bauwerk, abgesehen von der etwas zu geringen orographisch linken Einbindung, optisch keine Mängel aufwies, ist eine derartige Bewertung nicht in Frage zu stellen. Dies auch unter Berücksichtigung des Umstandes, dass im Zeit-

raum zwischen Errichtung und Versagen eine zufriedenstellende Wirkung der Sperre beobachtet wurde.

Auf Grund der durchaus unterschiedlichen Herangehensweise und der zum Teil sehr aufwändigen Prüfverfahren der zwischenzeitlich zahlreichen durchgeführten Untersuchungen in den Gebietsbauleitungen, zeigt sich aus Sicht der Sektion Tirol jedenfalls der Bedarf einer Evaluierung mit dem Ziel der Entwicklung eines praxisangepassten standardisierten Prüfverfahrens.

Anschrift des Verfassers / Author's address:

DI Ivo Schreiner
Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektion Tirol
Wilhelm Greilstrasse 9
6020 Innsbruck
ivo.schreiner@die-wildbach.at

Literatur / References:

UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR, Institut für Alpine Naturgefahren, IAN
Report 175m, Band 2:
Analyse Sperrenbruch am Pinnisbach 2015 (www.baunat.boku.ac.at/ian/forschung/reports-forschungsberichte)

GWU
Geologie - Wasser - Umwelt

**Ihr kompetenter Partner für
Baugrund, Wasser und Umwelt**

Steinschlag - Felssturz - Rutschung

Geländeaufnahme, Sicherungs- und
Sanierungsplanung,
Steinschlagsimulation (2D + 3D),
Ausschreibung und Bauaufsicht

Wasserversorgung und -entsorgung sowie Forstwegebau

Quellkartierung, Brunnenstandorte,
Schutzgebietsausweisung,
wasserwirtschaftliche Beweissicherung,
geologische Beratung Forstwegtrassen,
Beurteilung Standsicherheit

GWU Geologie-Wasser-Umwelt GmbH
Ingenieurbüro für Geologie, Kulturtechnik und Wasserwirtschaft
A-5020 Salzburg, Bayerhamerstraße 57
Tel.: +43 (0)662 876360-0 - <http://www.gwu.at>

CHRISTIAN AMBERGER

Sperrbau in den Gullys der Lößregionen Niederösterreichs

Check dams in erosion gullies of loess areas in Lower Austria

Zusammenfassung:

Gullys, durch fließendes Wasser geformte ausgeprägte Erosionsrinnen, treten bevorzugt in den pannonisch geprägten Lößgebieten des niederösterreichischen Weinviertels auf. Systematische schutzwasserbauliche Maßnahmen gehen bis in die 1970er Jahren zurück. Der Einbau von Sperren zur Konsolidierung und zur Retention von Hochwässern und Feingeschiebe stellt dabei eine wesentliche Komponente dar. Aus konstruktiver Sicht stellt die Einbindung der Sperrbauwerke in das Gelände die größte Herausforderung dieser Bauwerke dar.

Stichwörter:

Löß, Gullys, Konsolidierungssperren, Retentionssperren, Niederösterreich

Abstract:

Erosion gullies formed by running water, appear mainly in the Pannonian loess areas of Lower Austria's Weinviertel. Systematic protective hydraulic engineering measures go back to the 1970s. The installation of barriers for consolidation and retention of flooding and fine sediments is an essential component. From a structural point of view, the integration of barrier structures into the terrain represents the greatest challenge of these structures.

Keywords:

Loess, gullies, consolidation barriers, retention barriers, Lower Austria

Einleitung

So genannte Gullys, also durch fließendes Wasser geformte ausgeprägte Erosionsrinnen, treten bevorzugt in den Lößgebieten des niederösterreichischen Weinviertels auf. Die Schwerpunkte liegen im Umfeld von Krems, nordöstlich von Gänserndorf und entlang der March und im Pulkautal mit dem Zentrum Haugsdorf.

Orografisch handelt es sich überwiegend um Hügelland auf einer Seehöhe von 150 bis 400 m. Klimatisch gehören diese erosionsanfällige Gebiete vorrangig zum pannonischen Klimabereich, der durch trockene heiße Sommer – die durchschnittliche Julitemperatur liegt zwischen 18 und 20° C und kühle schneearme Winter charakterisiert ist.

Die jährlichen Niederschläge liegen zwischen 400 und 600 mm, wobei besonders in der Zeit von Juli bis August mit schweren Gewittern zu rechnen ist.

Geologisch treffen wir auf Tone, Mergel und Sande des Tertiärs, auf die im Quartär Flussschotter aufgelagert worden sind. Durch Ausblasungen aus den periglazialen Gebieten im Pleistozän wurde der Schotter besonders auf den Nord- und Osthängen mit Löß überlagert, auf dem sich in der geologischen Gegenwart eine Humusschicht ausbildete.

Die mineralischen Hauptbestandteile von Löß sind Quarz zu 60 bis 80 %, Feldspat 10 bis 20 % und Karbonat von 2 bis 40 %. Es handelt sich dabei um ein schwach verfestigtes Lockersediment, das hauptsächlich aus Körnern mit einem typischen Durchmesser von 0,01–0,05 mm besteht (Mittel- bis Grobschluff). Als Bindeglied dient Kalk, der mit einem feinen Häutchen alle diese Teile umhüllt und dem an sich wasserdurchlässigen Boden einen großen Halt verleiht. Löß

bricht fast immer vertikal, was auf die, in dieser Richtung vorhandenen Wurzeln oder Röhrchen ehemaliger Wurzeln, zurückzuführen ist. Löß besitzt eine hohe Porosität mit einer Raumdichte von 1,25 bis 1,65 g/cm³ und damit verbunden ein hohes Speichervermögen. Die große Kapillarität fördert die Wasserversorgung und gemeinsam mit den großen Mineralreserven sind dies die Ursachen für die hohe Fruchtbarkeit der Böden. Die sehr hohe Standfestigkeit, ist bedingt von die vorhandenen Tonbrücken zwischen den Quarzkörnern. Diese Eigenschaft geht jedoch bei Wassersättigung verloren und führt zum Abrutschen und Fließen von Löß.

Die Lößgebiete sind für den Weinbau besonders geeignet. Das gute Standvermögen machte sich der Mensch sowohl im Terrassenbau für den Weinbau, als auch für das Graben von Kellern, die oft im Mündungsbereich der Gullys in die steilen Uferwände gegraben werden, nutzbar. Der Baumbestand ist aus diesen Landschaftsteilen weitgehend verschwunden. Früher waren Eiche und Weißkiefer bestandesbildende Holzarten, heute finden wir sie nur noch vereinzelt auf höheren Hügelkuppen oder entlang der Gullyränder.

Schutzwasserbauliche Konzepte

Der Forsttechnische Dienst betreibt die Sanierung und Stabilisierung dieser Runsen in verstärkten Ausmaß seit den 1970er Jahren. Der Planungsgrundgedanke sieht die Sanierung schon bestehender Erosionsschäden, die Dosierung des Abflusses und die Verhinderung der Entstehung weiterer Erosionsgebiete (rückschreitende Erosion) vor.

Man ist in der Regel mit kleinen Einzugsgebieten, die nur selten über 0,5 km² hinausgehen, konfrontiert. Sie sind in der Entstehung an-

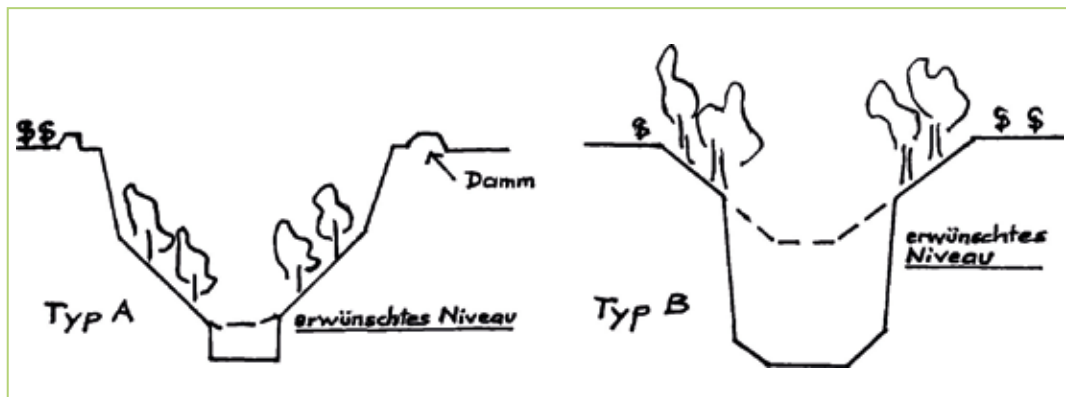


Abb.1: Links: Typ A Lößgully mit höherem Sandanteil, rechts: Typ B Lößgully mit höherem Tonanteil (Kriszl, 1982).

Fig. 1: left: Type A loess gully with a higher share of sand, right: Type B loess gully with a higher share of clay (Kriszl, 1982)

thropogen geprägt, das hydrologisch wirksame Einzugsgebiet ist oft durch Wege, die im Niederschlagsfalle als Sammler dienen, abgegrenzt.

Da für Weganlagen möglichst jeweils der kürzeste Weg vom Dorf zum Grundstück angestrebt wurde, enden diese Wege, heute Gullys, auch meist mitten im Dorf und haben somit auch durchwegs, abgesehen vom Oberflächenwasserkanal, keine Vorflut. Abhängig von der Dichte und Zusammensetzung des Bodens, von der Reliefausgestaltung des Geländes und der Tiefe des Gullys, bilden sich seitliche Sekundärgullys.

Initial geht die Gullyentwicklung von einer wasserdurchlässigeren Bodenschicht, oder von der Sohle einer alten Brunnstube, oder entlang des Wurzelganges einer vermorschten Wurzel aus. Durch das durchwegs relativ flache Gelände wird eine erosive Entwicklung nicht unmittelbar gegenwärtig. Erst wenn man vor einem tief eingeschnittenen, offenkundig rezent entstandenen Gully steht, wird erkennbar, welche Kräfte am Werke sind.

Wegen der Kleinheit der Einzugsgebiete sind die kurz andauernden Starkregen die bestimmenden Gefahrenbringer. So wie in den meisten Wildbachgebieten, sind auch hier kaum Daten vorhanden.

Es kommt ständig, selbst bei geringsten Neigungen zu Schichterosion, erkennbar in der Natur an der helleren Farbe, hervorgerufen durch die schwächere Humusschicht. Die nächste Stufe ist die Rillen- und die sich daraus entwickelnde Grabenerosion.

Das Ausmaß der Seitenerosion ist vorrangig von der Lößzusammensetzung abhängig. So entwickeln sich die Gullys bei ungefähr gleicher Tiefenerosion, mit höheren Sandanteilen, mehr in die Breite.

Bei einer Sperrenstaffelung zur Konsolidierung ist bei einem Gully vom Typ A aus Gründen der Wirtschaftlichkeit anzustreben, die Sohle durch Querwerke geringer Höhe auf das Niveau, das durch den natürlichen Nachböschungsvorgang gegeben ist, zu heben. Für den Hangabfluß sind entlang der oberen Hangränder Dämme, eventuell Spitzgräben oder Halbschalen vorzusehen und das Wasser über dafür bestimmten Stellen, meist über ein durch Abböschchen saniertes Sekundärgully in das Gully abzuleiten.

Bei Typ B sind die Konsolidierungssperren so hoch zu bauen, dass die Schnittpunkte der nach unten verlängerten früheren Böschungsneigungen, die projektierte zukünftige Sohlenbreite einschließen (sh. Abb. 1).

Die Sperren wirken zunächst als den Abfluss dosierende Bauwerke, später durch sukzessive abgelagertes Feinmaterial in zunehmendem Maße konsolidierend und voll verlandet, abflußverzögernd und durch Verringerung der Erosionsmöglichkeit abflußvermindernd.

Reife, beruhigte und stabilisierte Gullys mit breiter Sohle, abgeflachten und begrünten Böschungen, eignen sich für die Errichtung von wasserdosierenden, wasserrückhaltenden Sperren.

Bei Gullys, die als landwirtschaftliche Wege weiter gebraucht werden, kann zumindest die Tiefenerosion durch den Einbau einer asphaltierten Flutmulde mit seitlichen Wangen (die zugleich einen befestigten Weg darstellt) verhindert werden. Durch die damit einhergehende Abflussbeschleunigung und -konzentration ist ein Anschluss an eine Vorflut oder in ein Rückhaltebecken dann unerlässlich.

Verwendete Sperrentypen und konstruktive Details

Bei dem überwiegenden Anteil der Sperrenbauwerke in den Lößgebieten handelt es sich um Gewichtssperren mit vertikaler Rückwand und luftseitigem Anzug (durchwegs 5:1) mit konstruktiver und rissreduzierender Bewehrung, deren Stützwirkung ausschließlich durch die Schwerkraft erfolgt. Dieser Sperrentyp hat zwar einen relativ hohen Materialbedarf, kann allerdings mit vergleichsweise geringem Aushubvolumen errichtet werden. Dieser Umstand ist bei Bauführungen in Feinsedimentmaterial von essenzieller Bedeutung. Es muss gewährleistet sein, dass bei den Aushubarbeiten so wenig gewachsene, natürlich verdichtete und geschichtete Feinsedimentböschung wie möglich entfernt werden muss. Wesentlich ist die dichte und für Wasser umgehungssichere Einbindung der Querwerke in das gewachsene Feinsediment. Seitlich und in der Sohle ist eine Mindesteinbindetiefe von 2m vorzusehen. Die

Anbindungen sind, um im Kontaktbereich Beton-Feinsediment Wasserwegigkeiten auszuschließen, üblicherweise mit einer Grobsteinschichtung in Beton abzusichern. Da das Lößmaterial einen nahezu senkrechten natürlichen Böschungswinkel hat, kann das Aushubvolumen im Einbindebereich gering gehalten werden.

Art, Größe und Umfang der Dolen sind von der beabsichtigten Funktion der Sperre abhängig. Wie oben beschrieben, werden auch Sperren, die langfristig konsolidierend wirken sollen, nicht verfüllt, sondern die Verfüllung soll sukzessive durch eingeschwemmtes Erosionsmaterial erfolgen. Damit das feine Hinterfüllungsmaterial nicht ausgewaschen wird, hat es sich bewährt, in die Sperren nach rund 1,5 m Höhenunterschied Dolenreihen mit einem Querschnitt von rund 5 cm einzubauen. Diese reichen in der Regel aus, den Verlandungsraum zu entwässern und die Ablagerung des Materials zu gewährleisten. Soll die Sperre überwiegend wasserretendierend wirken, sind entsprechend der hydraulischen Ansätze größere Öffnungen vorzusehen. In jedem Falle ist die Sperre statisch auf den Lastfall Wasservollstau zu dimensionieren.

Statisch anspruchsvollere Sperren wurden bis dato nur in Einzelfällen, beispielsweise im Bründlgraben in Krems verwendet, wo mächtige Winkelstützmauern die wasserretendierenden Querwerke zum Schutz des Orts- und Gewerbegebietes bilden.

Ausblick

Die Errichtung von Sperren in den Lößregionen war in den letzten Jahren tendenziell rückläufig. Dies ist auch einer zunehmend restriktiven naturschutzrechtlichen Praxis geschuldet, die es schwieriger macht, in dem Lebensraum Lößrunse schutzwasserbauliche Eingriffe vorzusehen. Wenn es orographisch möglich ist, wird schon in den

oberen Einzugsgebieten die Errichtung von Wasserrückhaltebecken forciert und da die Runsen oft als Weg verwendet werden, vermehrt die Errichtung asphaltierte Flutmulden angestrebt, die für die Biotopqualität als unbedenklicher gesehen werden.

Daneben ist das Weinviertel natürlich kein primärer Planungs- und Wirkungsraum des Forsttechnischen Dienstes. Es wird permanent eine räumlich und fachlich sinnvolle Arrondierung mit den Dienststellen der Bundeswasserbau-

verwaltung durchgeführt. Das Förderprogramm „Ländliche Entwicklung“ sieht in der Vorhabensart 7.6.4 unter anderem die Erstellung von Planungs- und Managementgrundlagen sowie Maßnahmen zur Verbesserung des Flächen- und Muldenrückhalts, des Hangwasserregimes einschließlich Entwässerung labiler Hänge und zur Reduktion der Flächenerosion vor. Damit konnte durch die Erweiterung des Förderspektrums für Maßnahmen in den Lößgebieten ein neuer Impuls geschaffen werden.

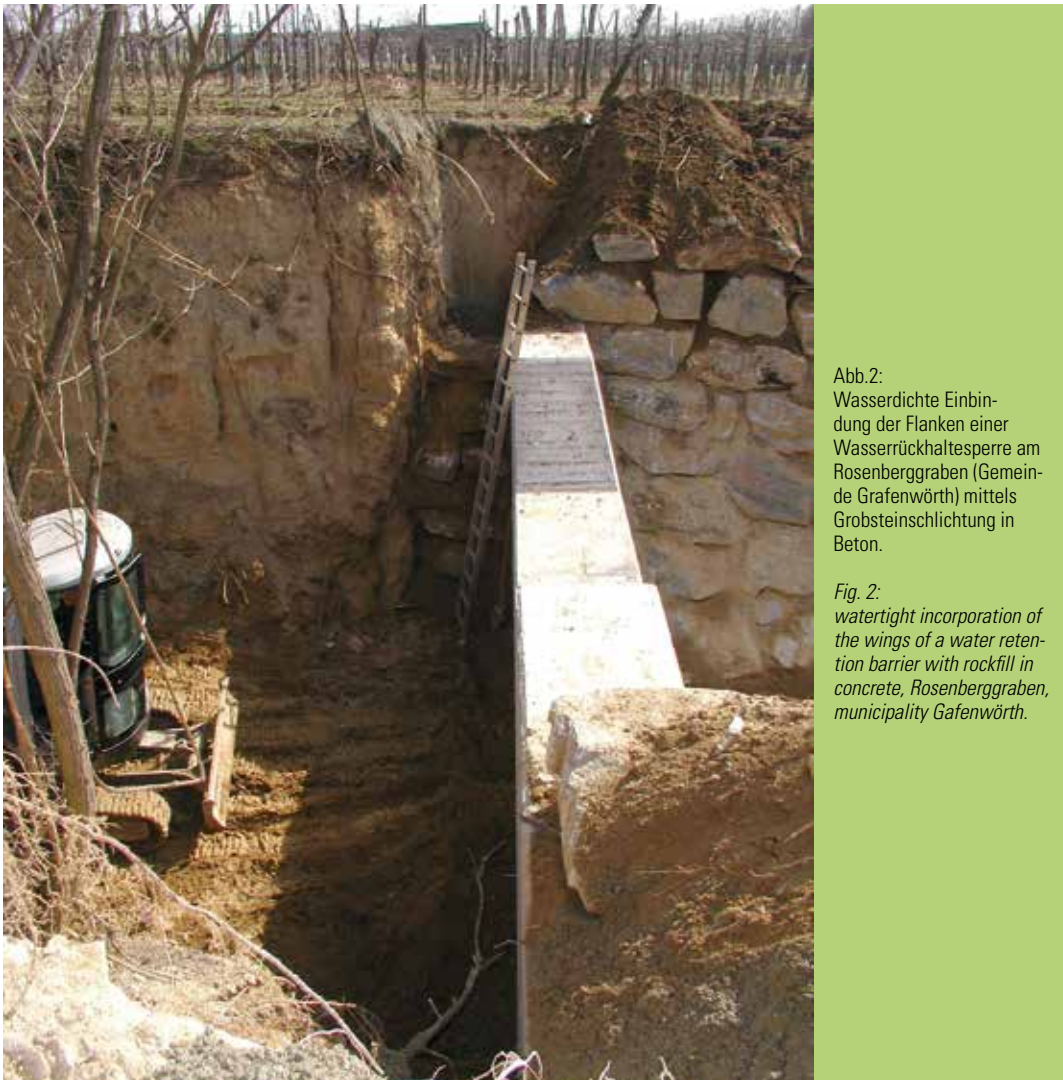


Abb.2: Wasserdichte Einbindung der Flanken einer Wasserrückhaltesperre am Rosenberggraben (Gemeinde Grafenwörth) mittels Grobsteinschichtung in Beton.

Fig. 2: watertight incorporation of the wings of a water retention barrier with rockfill in concrete, Rosenberggraben, municipality Grafenwörth.



Abb.3: Blick wasserseitig auf eine fertig eingebundene Wasserrückhaltesperre am Rosenberggraben (Gde. Grafenwörth)

Fig. 3: Waterside view of the completed retention barrier in the Rosenberggraben (municipality Grafenwörth)

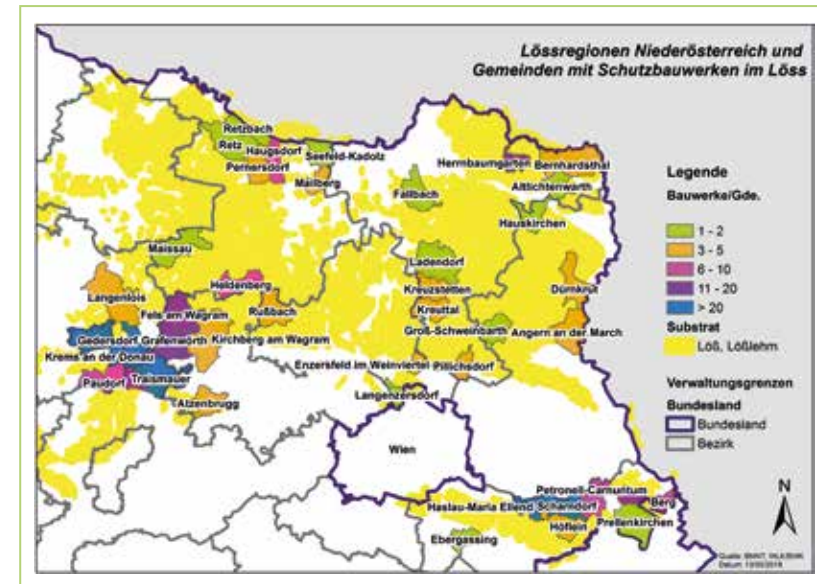


Abb.4: Übersicht aller konsolidierend und retendierend wirksamen Bauwerke in den Lößgebieten Niederösterreichs, Datenquelle Wildbach- und Lawinenkataster, Abfragedatum 13.03.2018

Fig. 4: Overview of the amount of consolidation and retention structures in the loess areas of Lower Austria (source: WLK, 13.03.2018)

Anschrift des Verfassers / Author's address:

DI Christian Amberger
 Wildbach- und Lawinenverbauung
 Sektion Wien, Niederösterreich und Burgenland
 Marxergasse 2, 1030 Wien
 christian.amberger@die-wildbach.at

Literatur / References:

KRISSL, H (1982): Beschleunigte Gully-Entwicklung in den Lössgebieten Ost-Österreichs; Univ. für Bodenkultur
 BERGMEISTER, K; SUDA, J; HÜBL, J; RUDOLF-MIKLAU, F (2009): Schutzbauwerke gegen Wildbachgefahren. Grundlagen, Entwurf und Bemessung, Beispiele., 211 S., Ernst & Sohn, Berlin;

CHRISTIAN PÜRSTINGER

Pionierleistung im Stahlbetonbau

Pioneer work in reinforced concrete construction

Zusammenfassung:

Seit der Gründung des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung im Jahre 1884 werden im Salzkammergut Bauwerke zum Schutz vor Naturgefahren errichtet. Dabei zählen die klassischen Wildbachsperrn zu den wichtigsten und universellsten Bautypen der Wildbach- und Lawinenverbauung. Im Laufe der Zeit haben sich die verwendeten Baustoffe, die Konstruktionsarten der Bauwerke, die Funktionstypen (unterstellte Leitfunktionen) sowie das statische System der Bauwerke maßgeblich verändert. Kamen in den Anfängen mangels der technischen Möglichkeiten noch einfache Holz- und Steinbauweisen zur Umsetzung, so werden heutzutage hochentwickelte Stahlbetonbauwerke zum Schutz vor Naturgefahren konzipiert.

Bereits Anfang der 1930er Jahre wurden in der Gemeinde Ebensee im Salzkammergut „Cementebetonbauwerke“ in Wildbacheinzugsgebieten errichtet, was sicherlich als Pionierleistung auf dem Sektor des Stahlbetonbaues bezeichnet werden kann. Im folgenden Artikel werden diese für die damalige Zeit schon technisch sehr hoch entwickelten Bauwerke etwas näher betrachtet und auf den derzeitigen Bauwerkszustand eingegangen.

Stichwörter:

Stahlbetonbau, Plattenbalkeneisenbetonsperre, Pionierleistung

Abstract:

Since founded in 1884, the Austrian Service for Torrent and Avalanche Control has been constructing protection measures against natural hazards in the Salzkammergut. The building material, construction types, function types and the static system of the constructions have

significantly changed over time. In the beginning, due to the limited technical facilities, mostly constructions of wood and stone were built, whereas today advanced reinforced concrete measures are designed.

Already in the beginning of the 1930ies, so called "steel concrete measures" were erected in torrent catchments of the municipality Ebensee in the Salzkammergut. This can definitely be called a pioneer work in the sector of reinforced concrete construction. The following paper takes a closer look at the then very advanced structures and their present conditions.

Keywords:

T-beam reinforced concrete dam, pioneer work, Upper Austria

Einleitung

Die Errichtung von Schutzbauwerken in Wildbacheinzugsgebieten hat im Salzkammergut eine sehr lange Tradition. Bereits zu Kaiserzeiten wurden zu Triftzwecken viele Längs- und Querbauwerke, zum größten Teil in Holzbauweise, teilweise auch schon in einfacher Steinausführung errichtet. Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts (1884) entstand mit der Mühlbachverbauung in Hallstatt das erste, vollständig aus Stein errichtete Großprojekt einer Wildbachverbauung (Idam und Kain, 2015). In diese Zeit fallen auch die Anfänge der Betonkultur, jedoch fand der Beton im Schutzwasserbau zu dieser Zeit nur selten seine Anwendung. In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts etablierten sich dann die ersten "Cementebetonkonstruktionen", auch als Eisenbeton bezeichnet. In dieser Periode reifte die Begriffsfindung von "Betoneisenbau" und "Eisenbetonbau" hin zur noch heute üblichen Bezeichnung "Stahlbetonbau".

Anlässlich der im Zuge des Pilotprojektes „Zustandsmonitoring von Wildbachsperrn“ durchgeführten Erhebungen von Referenzschadbildern an Sperrbauwerken stieß man im Winklergraben, Marktgemeinde Ebensee (OÖ.), auf die

wohl ältesten Querbauwerke der Wildbach- und Lawinenverbauung in „modularer“ Stahlbetonbauweise im Salzkammergut.

Projektgebiet

Das 0,82 km² große, langgestreckte Einzugsgebiet des Winklergrabens liegt am Nordostabfall des Bromberges (1.524 m) in der Marktgemeinde Ebensee (OÖ.). Es erstreckt sich über 1.100 Höhenmeter und ist mit einem Fichten-Buchen-Mischwald bestockt. Der geologische Untergrund besteht aus Dolomit, der sehr rasch verwittert und grünes Schuttmaterial bildet. Die steilen Bachhängen sind schütter bebuscht und alte Erosionsflächen infolge Uferanrissen sind vernarbt. Die Trockenrunse mit einer Lauflänge von ca. 1,76 km und einem durchschnittlichen Gefälle von ca. 33 % hat im Unterlauf kein ausgeprägtes Bachbett und quert hier die Eisenbahnlinie Attnang-Puchheim – Stainach-Irdning. Das Gerinne versickert im Mittellauf zum größten Teil in einem alten Murkopf und tritt in Form von sehr vielen Quellen knapp oberhalb des Eisenbahndammes wieder aus.



Abb. 1: Einzugsgebiet des Winklergrabens, Gemeinde Ebensee

Fig. 1: Catchment area of the Winklergraben, community Ebensee

Das Geschiebepotential kann in Anbetracht des leicht verwitterbaren Grundgesteines und der vorhandenen Zwischendeponien im Mittellauf mit ca. 4.000 m³ angegeben werden, im Bemessungsfall ist im Winklergraben mit einem BEHGwg von 5,0 m³/s zu rechnen.

Am 25. und 26. Mai 1928 entwickelte sich nach langanhaltenden, starken Niederschlägen in der Trockenrunse ein granularer Murgang aus dem dolomitischen Verwitterungsschutt, der 15 m oberhalb der Bahnlinie zum Stehen kam (WLV, 1928).

Verbauungskonzept

Nach diesem Extremereignis kam seitens der Wildbach- und Lawinenverbauung, Bundesbauleitung Ebensee ein Verbauungsprojekt zur Ausarbeitung (WLV, 1928), welches folgende Verbauungsgrundsätze beinhaltete: Um die Gefahr einer Vermurung und Zerstörung des Eisenbahnkörpers zu minimieren, sollte einerseits versucht werden, mit der Hochwasserwelle transportiertes Schutteschiebe zu sortieren. Andererseits sollten unmittelbar oberhalb der Eisenbahnstrecke die restlichen Geschiebemassen zur Ablagerung gebracht werden.

Zu diesem Zweck wurden 3 Sperrenbauwerke samt Unterlaufkünnette projektiert. Sperre I mit Vorsperre bei hm 0,33 dient der Vorfeldsicherung und als Stützrippe für die Unterlaufkünnette. Sperre II bei hm 0,53 dient dem Geschieberückhalt. Sperre III bei hm 1,83 wurde als Sortier- bzw. Dosiersperre mit waagrechten Öffnungen konzipiert. Bei diesem Sperrenbauwerk wurde keine Vorsperre bzw. keine Vorfeldsicherung berücksichtigt.

Am 18. Juli 1954 kam es infolge eines Starkniederschlags zu einem Großereignis mit Entleerung des Verlandungsraumes bei Sperre III infolge hydraulischen Grundbruches sowie zu

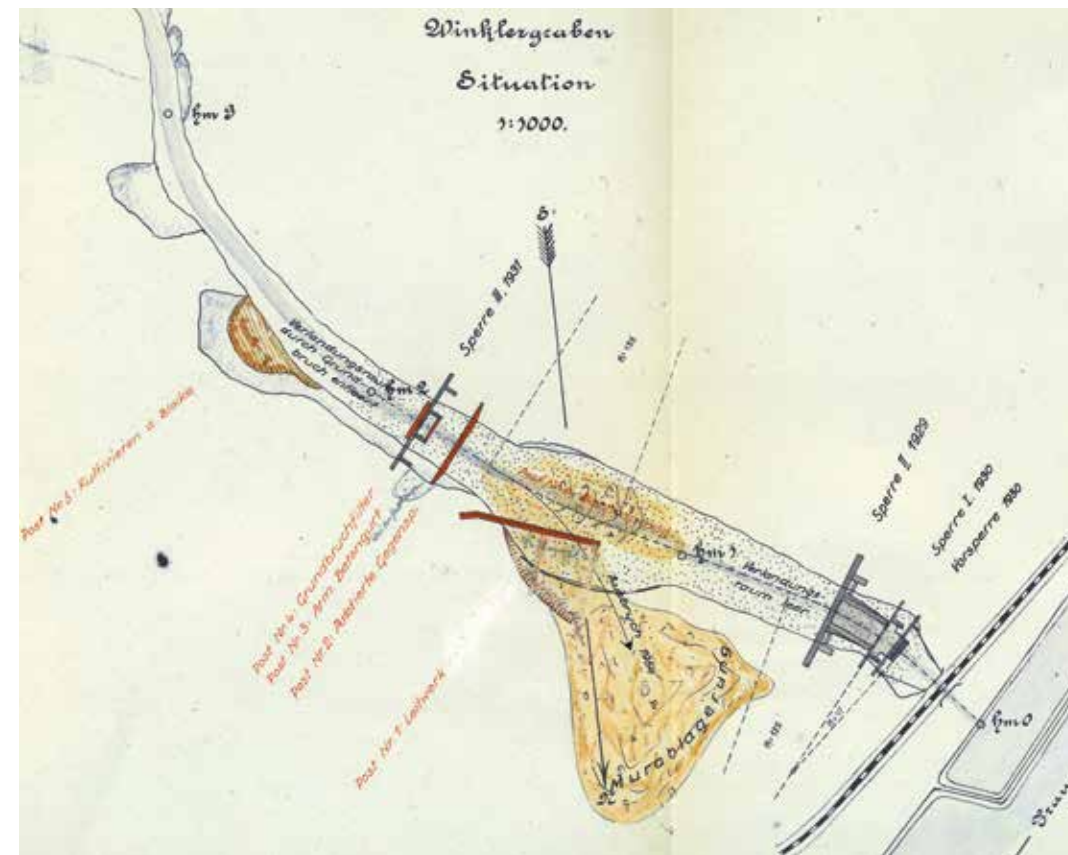


Abb. 2: Verbauungskonzept für den Winklergraben

Fig. 2: Defence concept for the Winklergraben

einem rechtsufrigen Bachausbruch, der schließlich 4.000 m³ Schuttmaterial im Bereich der Eisenbahnlinie zur Ablagerung brachte (siehe Abbildung 2). Daraufhin wurde hinter der Sperre III ein Grundbruchfilter aus Drahtschotterbehältern angebracht, eine Gegensperre in Drahtschotterbauweise bei hm 1,71 auf pilotiertem Betonfundament als Vorfeldsicherung sowie ein Drahtschotterleitwerk am rechten Bachufer zwischen hm 1,24 und hm 1,64 errichtet.

Statische Durchbildung und Konstruktionsdetails

Während Sperrenbauwerk I als klassische Schwergewichtsmauer (Plattenkonstruktion) in Eisenbeton mit Auskrägung auf 2 Widerlagern und Holzpilotengründung konstruiert wurde, kam

Sperre II, unüblich für die damalige Zeit, als Plattenbalkeneisenbetonkonstruktion auf 2 Widerlagern mit Auskrägung zur Ausführung.

Diese Eisenbetonkonstruktion mit einer Kronenlänge von 35,0 m und einer Sperrenhöhe von 5,5 m ab Gründungssohle besteht im Hauptteil aus 3 liegenden Balken und einer senkrechten Platte, welche die Balken verbindet, sowie aus einem senkrechten Plattenstück im Aufsatzflügel. Die ganze Konstruktion ruht auf 2 Widerlagern in Beton. Aufgrund des vorherr-

schen Untergrundes (grobkörnige Schotterkomponenten) wurde das gesamte Bauwerk auf Lärchenholzpiloten gegründet, um Setzungen zu verhindern. Die liegenden Balken werden zusätzlich durch jeweils 3 Stück 1,3 m hohe Stützen, die zwecks besserer Wirkung in Form eines gleichseitigen Dreiecks verschrägt sind, gestützt, da bei der starken Eigenbelastung und der großen Widerlagerentfernung eine Durchbiegung der Balken nicht zur Gänze ausgeschlossen werden konnte. Hinsichtlich der statischen Durchbildung wurde lediglich das Hinterfüllungsmaterial (Geschiebebelastung) in Form eines Erddruckes angenommen, ein möglicher Wasserdruck wurde aufgrund der Annahme, dass im Ereignisfall oberflächlich ankommendes Wasser nicht bis zum Sperrenkörper gelangt und schon vorher in den Schottermas-

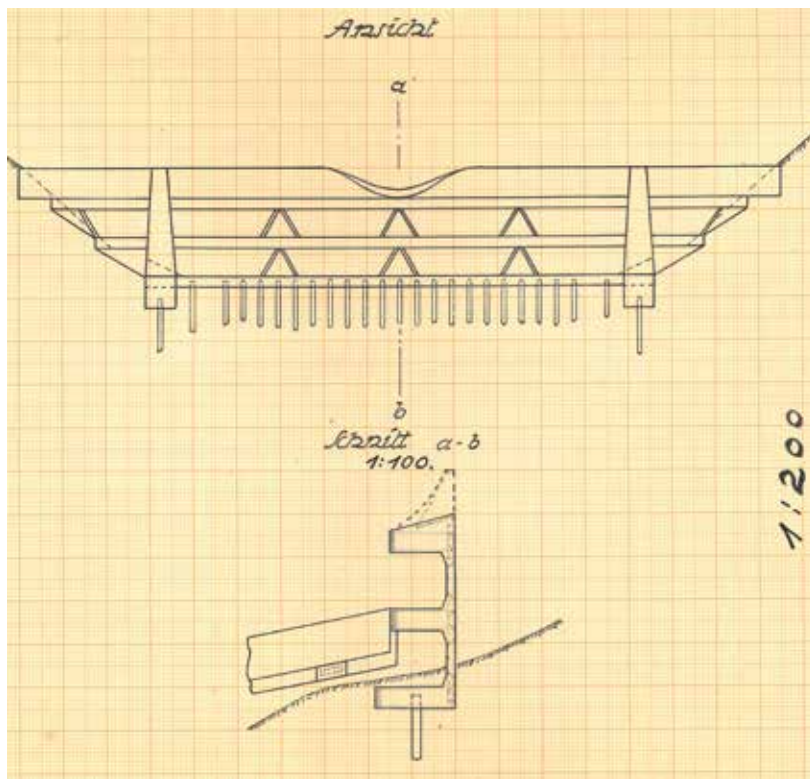


Abb. 3: Detail der Plattenbalkeneisenbetonsperre bei hm 0,53 (Sperre II)

Fig. 3: Detail of the T-beam reinforced concrete dam in hm 0,53 (dam II)

sen versickert, vernachlässigt. Das Eigengewicht des Sperrenkörpers blieb ebenfalls unter der Annahme, dass dieses infolge des Beharrungsvermögens einen Teil der Materialbelastung auffängt, unberücksichtigt. Die Plattenbalkenkonstruktion wurde als teilweise eingespannt berechnet, da hier die Trageisen direkt mit den Bewehrungseisen der Widerlager verbunden sind.

Wirkt die Plattenbalkeneisenbetonsperre bei hm 0,53 als eher ungewöhnlich für damalige Verhältnisse, so kann die Konzeption der Sperre III bei hm 1,83 als Pionierleistung angesehen werden. Es ist dies eine Plattenbalkeneisenbetonsperre nach Patent Lenz-Braun.

Dieses Bauwerk mit einer Spannweite von 31,9 m und einer Sperrenhöhe von 5,0 m ab Gründungssohle sollte nicht wie Sperre II "in einem Guss" gebaut, sondern die Herstellung der Balkenteile versuchsweise dem Inhaber des Ö. Patentes Nr. 57.166, Baumeister Braun aus Linz übertragen werden. Das Wesen dieses Patentes besagt, dass die Träger einzeln am Boden gegossen und nach ihrer Erhärtung im „Steckkastenprinzip“ in die errichteten Widerlager gehoben werden. Um die Spannweite des Bau-

werkes zu verringern, wurde die Sperre in 3 Felder aufgeteilt und 4 Widerlager in Betonbauweise konzipiert. Im zentralen Mittelteil wurde die Sperre zu Dosier- und Sortierzwecken aufgelöst konstruiert. Die Gründung des gesamten Bauwerkes erfolgte ebenfalls auf Holzpiloten, um möglicherweise auftretende Setzungen hintanzuhalten. Hinsichtlich der statischen Durchbildung wurde neben der Hinterfüllung und Geschiebebelastung auch ein im Ereignisfall auftretender Wasserdruck angenommen. Das Eigengewicht des Sperren-

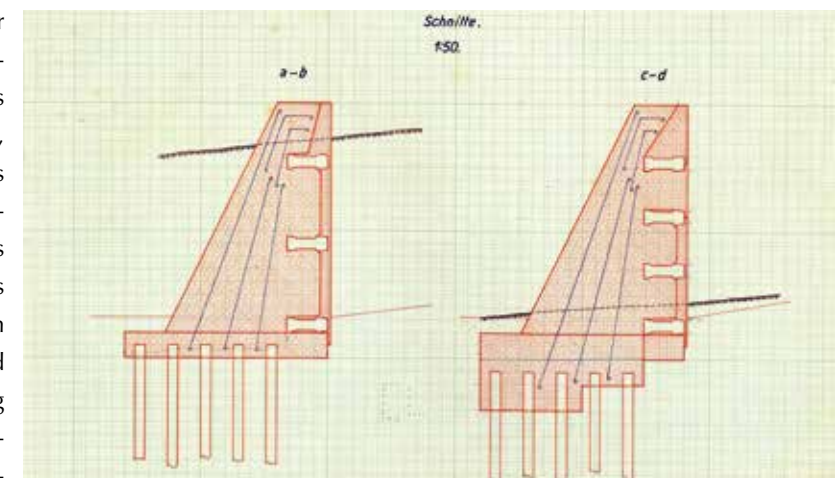
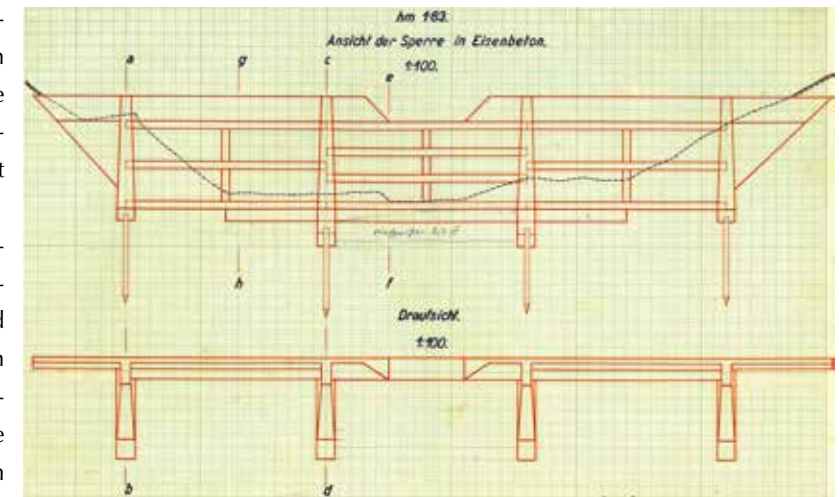


Abb. 4: Detail der Plattenbalkeneisenbetonsperre bei hm 1,83 (Sperre III)

Fig. 4: Detail of the T-beam reinforced concrete dam in hm 1,83 (dam III)

körpers blieb unberücksichtigt. Die Berechnung der einzelnen Balkenteile wurde anfänglich dem Patentinhaber Lenz-Braun übertragen. Nachdem jedoch die Berechnungen vom Patentinhaber ungenau und fehlerhaft geliefert wurden, erfolgte eine Berechnung durch den zuständigen Lokalbauführer nach der Art der „normalen Eisenbetonberechnungen“.

Bauausführung

Im Jahr 1929 wurde im Winklergraben mit den Bauarbeiten begonnen. Zunächst erfolgte eine Aufschließung der Baustelle mittels Materialseilbahn. Weiters musste eine eigene Pumpstation für das, für die Betonherstellung benötigte Anmachwasser, errichtet werden. Der Fundamentaushub erfolgte in Handarbeit, was bei den vorliegenden, lockeren Schottermassen kein Problem darstellte. Lediglich die Pözlung der Baugrube gestaltete sich aufwändiger.



Abb. 5: Pumpanlage und waschen des Schotters für die Betonherstellung

Fig. 5: Pumping station and washing the gravel for the concrete production

Nach Vortrieb der Holzpiloten erfolgten die Schalungs-, Armierungs- und Betonierarbeiten an der Sperre II. Hinsichtlich der Betonqualität wurde für die Konstruktionsteile ein Stampfbeton im Verhältnis 1:5 hergestellt. Um die Haltbarkeit der Betonoberfläche zu erhöhen und mögliche Schäden durch klimatische, mechanische, chemische und biotische Einflüsse zu minimieren, wurde die Oberfläche mit einem 2 cm starken Wasserabdichtungsverputz, bestehend aus einem Zementstrich unter Zugabe von „Ceresit“ zum Anmachwasser versehen. Ceresit (PCI Augsburg GmbH, 2018) ist ein bituminöses Abdichtungsmaterial zur Herstellung wasserdichter Zementmörtel.



Abb. 6: Schalungsarbeiten und fertiges Bauwerk (Sperre II)

Fig. 6: Formwork and finished structure (dam II)

Nach Fertigstellung der Sperre II im Jahr 1929 kam im Jahr 1930 die Sperre I in Eisenbeton mit Vorsperre bei hm 0,33 zur Umsetzung.

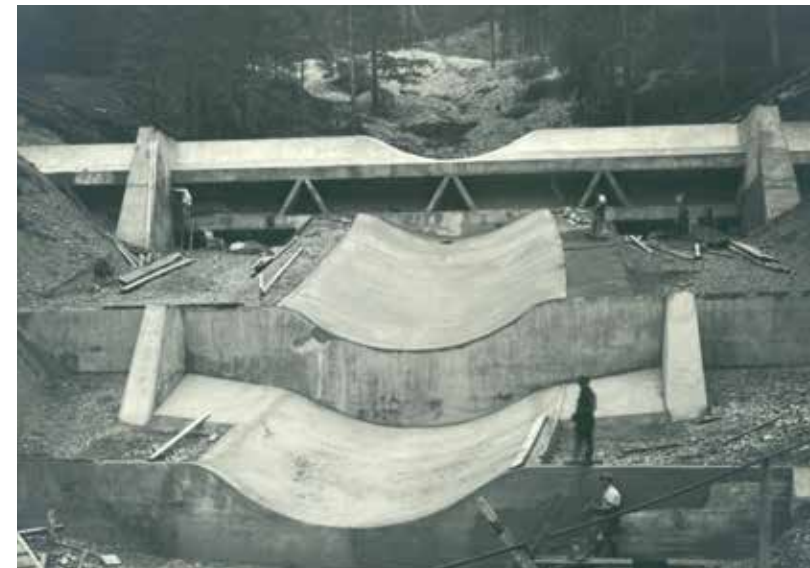


Abb. 7: Fertige Unterlaufverbauung mit Sperre II

Fig. 7: Finished lower reach construction with concrete dam II



Abb. 8: Verputzarbeiten beim Widerlager der Sperre III

Fig. 8: Plasterwork at the abutment of dam III

Im Jänner 1931 wurde dann im Winklergraben mit der Errichtung der Plattenbalkeneisenbetonsperre nach Patent Lenz-Braun bei hm 1,83 begonnen. Nach Fundamentaushub und den Gründungsarbeiten (Pilotierung) errichtete man die Widerlager der Sperre als Platten in Stampfbetonbauweise. Nach dem Erhärten und Ausschalen wurden die Widerlager provisorisch mittels Stangenhölzern gepölzt, um ein Kippen der noch nicht miteinander verbundenen Bauteile zu verhindern. Um die Witterungsbeständigkeit des vor Ort gemischten Betons geringerer Qualität zu erhöhen, und um ein vorzeitiges Freilegen der Bewehrung, welche

aus gezogenen Drähten mit Durchmessern zwischen 8 mm und 24 mm bestand, zu verhindern, wurde, wie schon bei Sperre II ein 2 cm starker Wasserabdichtungsverputz (Zementestrich mit Ceresitbeigabe zum Anmachwasser) aufgebracht.

Parallel dazu erfolgte die Fertigung der doppelt bewehrten Balken nach Patent Lenz-Braun in einem Guss vor Ort durch die Mitarbeiter der Wildbach- und Lawinerverbauung. Anschließend wurden die vorgefertigten Balken in die Ausnehmungen der Widerlager mittels Holzböcken, Seilzug und Ketten gehoben, die Fugen ausgegossen und die Verbindungsstellen verputzt.



Abb. 9: Eisenbetonbalken Patent Lenz-Braun an der Fertigungsstelle

Fig. 9: Reinforced concrete beam patent Lenz-Braun

Ende 1931 konnten die Arbeiten nach ca. 3-jähriger Bauzeit mit der Fertigstellung der Platten-

balkeneisenbetonsperre bei hm 1,83 abgeschlossen werden.



Abb. 10: Plattenbalkeneisenbetonsperre bei hm 1,83 nach Fertigstellung

Fig. 10: T-beam reinforced concrete dam in hm 1,83 upon completion

Bauwerkszustand

Nach nunmehr fast 90 Jahren weist die Sperre II mit Geschieberückhaltefunktion nur geringe Schäden am Bauwerkskörper, wie Betonabplatzungen, Risse oder anderweitige Fehler auf. Auch konnten keine Setzungen der Sperre festgestellt werden. Das Vorfeld der Sperre sowie die Sperre I sind jedoch stark bewachsen, wodurch die Funktionsfähigkeit etwas eingeschränkt wird. Die Sperre III mit Sortier- bzw. Dosierfunktion hingegen weist

aufgrund starker Beanspruchung durch den Geschiebetrieb vergangener Ereignisse teilweise starke Schäden an der Bausubstanz (Abplatzungen, Risse, Pflanzenbewuchs, Durchwurzelung, etc.) auf, welche jedoch auf die statischen Erfordernisse derzeit noch keine Auswirkungen erwarten lassen.

Einen Überblick über den aus der Zustandsbewertung abgeleiteten Erhaltungszustand sowie die Funktionsfähigkeit der Bauwerke gibt Tabelle 1:

Bauwerk	hm	Mängel in der Umgebung des Bauwerkes	Funktionale Mängel	Mängel am Bauwerk	Erhaltungszustand	Funktionsfähigkeit
Sperre I samt Vorsperre	0,33	nein	ja	ja	ausreichend	eingeschränkt
Sperre II	0,53	nein	nein	ja	ausreichend	voll funktionsfähig
Sperre III	1,83	nein	ja	ja	schlecht	eingeschränkt

Tab. 1: Zusammenfassung der Zustandsbewertung im Winklergraben

Tab. 1: Summary of the evaluation in the Winklergraben.



Abb. 11:
Plattenbalkeneisenbetonsperre bei hm 0,53 im Jahr 2018

Fig. 11:
T-beam reinforced concrete dam in hm 0,53 in 2018



Abb. 12:
Plattenbalkeneisenbetonsperre bei hm 1,83 im Jahr 2018

Fig. 12:
T-beam reinforced concrete dam in hm 1,83 in 2018

Durch das Reißen und Aufplatzen der schützenden Wasserabdichtungsverputzhülle wird bei diesen Bauwerken jedoch zunehmend der Stampfbeton freigelegt, welcher durch die Umwelteinflüsse im Laufe der Jahre sehr stark angegriffen wird. Abbruch ganzer Bauteile sowie das Freilegen der Kernbewehrung wären die Folge. Eine Sanierung dieser Bauwerke, speziell der Sperre III sollte daher in naher Zukunft in die Wege geleitet werden. Dabei stellt sich jedoch die entscheidende Frage, wie solche Bauwerke kostengünstig zu sanieren sind, ohne dass dabei das Aussehen und die Einzigartigkeit solch historischer Objekte verloren geht.

Abschließend betrachtet, kann der Bau dieser Sperrenbauwerke in der damals sicherlich schwierigen Zeit, welcher ausschließlich in Handarbeit durchgeführt wurde, wohl als *einzigartige Pionierleistung der Wildbach- und Lawinerverbauung im Stahlbetonbau* angesehen werden.

Anschritt des Verfassers / Author's address:

DI Christian Pürstinger
Wildbach- und Lawinerverbauung
Gebietsbauleitung Oberösterreich West
Traunreiterweg 5a
4820 Bad Ischl
christian.puerstinger@die-wildbach.at

Literatur / References:

IDAM F., KAIN G. (2015). Historische Steinbautechniken für Wildbachverbauten im Salzkammergut. Netzwerk Salzkammergut, 79 S.

IDAM F., KAIN G. (2015). Historische Holzbautechniken für Wildbachverbauten im Salzkammergut. Netzwerk Salzkammergut, 150 S.

PCI AUGSBURG GMBH (2018). Ceresit – Bauchemie-Lösungen mit System. <http://www.ceresit.de/>

WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG, BUNDESBAULEITUNG EBENSEE (1928). Projekt über die Verbauung des Winklergrabens 1928.
WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG, BUNDESBAULEITUNG EBENSEE (1931). Kollaudierungsoperat über die in den Jahren 1929-1930 im Winklergraben durchgeführten Arbeiten.

WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG, BUNDESBAULEITUNG EBENSEE (1935). Kollaudierungsoperat über die im Jahr 1931 im Winklergraben durchgeführten Arbeiten.

WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG, GEBIETSBAULEITUNG GMUNDEN WEST WEST (1955). Bauprogramm und Kollaudierungsoperat Winklergraben 1955.

MICHAEL SCHIFFER, HELMUT SCHWARZL

Schlüsselbauwerk am Hallstätter Mühlbach

Key protection structure Hallstätter Mühlbach

Zusammenfassung:

Der Ort Hallstatt und seine Geschichte sind untrennbar mit dem Hallstätter Mühlbach verbunden. Der überwiegende Teil des Ortes und der zentrale Marktplatz liegen auf seinem Schwemmkegel. Seit Jahrhunderten stellt der Mühlbach eine Bedrohung für die Einwohner und Besucher von Hallstatt dar.

Aufgrund eines Hochwasserereignisses im Juni 2013 wurde die Ausarbeitung des Hochwasserschutzprojektes „Hallstätter Mühlbach 2014“ veranlasst, welches unter anderen Maßnahmen den Bau einer Filtersperre als Schlüsselbauwerk vorsieht. Die teils schwierigen Rahmenbedingungen im Vorfeld und im Zuge der Errichtung dieser Filtersperre sollen in diesem Artikel näher dargestellt werden.

Stichwörter:

Sperrenbau, Bauorganisation, Geotechnische Grundlagen

Abstract:

The town Hallstatt and its history are directly connected the torrent Hallstätter Mühlbach. A mayor part of the settlement and the central market place is located on the torrent's cone. Therefore, the Hallstätter Mühlbach has always been a danger for residents and visitors of the town.

After a flood event in June 2013, a protection concept was carried out, which includes the construction of a filtering dam as key structure. The partially difficult conditions of preparation and construction will be presented in this article.

Keywords:

Check dam construction, construction organization, geotechnical basics

Einleitung

Am 18. Juni 2013 führte ein kleinräumiges Starkregenereignis im Einzugsgebiet des Hallstätter Mühlbaches zu einem verheerenden Hochwasser. Bedingt durch den starken Geschiebetrieb bzw. fluviatilen Feststofftransport des Mühlbaches und das viel zu gering dimensionierte Ortsgerinne, kam es direkt im Ort Hallstatt zu massiven Geschiebeauflandungen und in der Folge zu einem Überlaufen des Gerinnes. Die katastrophalen Auswirkungen auf das Ortszentrum waren Anlaß für eine genaue Analyse des Ereignisses und in weiterer Folge die Ausarbeitung des Hochwasserschutzprojektes „Hallstätter Mühlbach 2014“.

Geschichte des Hallstätter Mühlbaches

Der Hallstätter Mühlbach mit seinem fächerförmigen

Einzugsgebiet liegt westlich vom Ort Hallstatt und entwässert eine Fläche von 3,44 km². Der Mühlbach mit seinen Quellbächen führt in seiner Höherenstreckung vom Hohen Plassen (1.954 m) über das Hallstätter Hochtal und eine Schluchtstrecke (62 % Gefälle) bis in das Ortszentrum (508 m) von Hallstatt, wo der Mühlbach in den Hallstätter See mündet.

Seine Verbauungsgeschichte führt weit zurück bis vor die Gründung der Wildbach- und Lawinenverbauung durch Kaiser Franz Josef im Jahr 1884. Bereits Jahrhunderte zuvor hatte die Salinenverwaltung bautechnische Maßnahmen unternommen, um ein Eindringen von Oberflächenwasser in das Stollensystem des Salzbergwerks zu verhindern und es über den Mühlbach bis in den See abzuleiten. Das durch den Ort führende Gerinne wurde zu diesem Zwecke ebenfalls von der Salinenverwaltung errichtet.



Abb. 1:
Ort Hallstatt mit der dahinter liegenden Schluchtstrecke des Hallstätter Mühlbaches

Fig. 1:
Town Hallstatt and the gorge of the Hallstätter Mühlbach in the background



Abb. 2:
Falkenhayn-Sperre,
errichtet 1885

Fig. 2:
„Falkenhayn“- check dam,
erected in 1885

Nach mehreren Murenabgängen veranlasste Kaiser Franz Josef im Juni 1884 auf Basis des unmittelbar davor verabschiedeten Reichsgesetzes „zur unschädlichen Ableitung von Gebirgswässern“ (Gründung der „k. k. Forsttechnischen Abteilung der Wildbachverbauung“) die Ausarbeitung des Projektes „Hallstätter Mühlbach 1884“ durch Prof. Pokorny. In den Jahren 1884 bis 1888 kam es sogleich zu umfangreichen Verbauungsmaßnahmen (Holz- und Steinsperren, Hangdrainagen, Steinrinnen u. Aufforstungen) im Einzugsgebiet des Hallstätter Mühlbaches. Die im Zuge dieser Verbauungsmaßnahmen im Jahr 1885 errichtete „Falkenhayn-Sperre“, benannt nach dem damaligen k. k. Ackerbauminister Julius Graf Falkenhayn, stellte schon damals eines der Schlüsselbauwerke der Mühlbachverbauung dar und erfüllt bis heute unbeschadet ihre Funktion.

Hochwasserschutzprojekt „Hallstätter Mühlbach 2014“

Aufgrund der Hochwasserkatastrophe im Juni 2013 wurde die Ausarbeitung des Hochwasserschutzprojektes „Hallstätter Mühlbach 2014“ veranlaßt.

Im Hallstätter Hochtal sieht dieses Schutzprojekt mehrere, aufeinander abgestimmte Maßnahmen zur Stabilisierung und Konsolidierung (Entwässerungsmaßnahmen, Instandhaltung, Instandsetzung und Ergänzung der bestehenden Schutzsysteme, ergänzende Aufforstungen) sowie mehrere Filterbauwerke zum Schutz der Tourismuseinrichtungen und des Bergbaubetriebes samt Infrastruktureinrichtungen vor.

Zur Sicherung des Ortszentrums der Marktgemeinde Hallstatt soll unmittelbar am Eingang der direkt in das Ortszentrum abfallenden Schluchtstrecke, ein massives Schutzbauwerk in Form einer Filtersperre zur Kontrolle auch murartiger Abflussprozesse, als Schlüsselbauwerk errichtet werden.

Durch die Filterfunktion des geplanten Schlüsselbauwerkes soll bei Eintritt eines Bemesungsereignisses nur noch gering geschiefbeführender, fluviatiler Feststofftransport bzw. weitgehend reiner Hochwasserabfluß auftreten und dieser über die im Ortszentrum zusätzlich errichteten Entlastungsstränge und das aufgeweitete Hauptgerinne abgeleitet werden.

Bau der Filtersperre

Folgende Umstände mussten im Zuge des Baues der Sperre berücksichtigt werden:

Betrieb des Schaubergwerks

Der Baustellenbereich befindet sich am Rand des im Hallstätter Hochtal gelegenen und in Betrieb stehenden Schaubergwerks der Salinen Austria AG mit einer Besucherzahl von mehr als 100.000 Besuchern pro Jahr. Die Erschließung der Baustelle führt zum Teil quer durch das Gelände des Schaubergwerks. Die Sicherheit der Besucher und des Betriebes muß zu jederzeit gewährleistet sein und folglich in jeder Entscheidung ihre Berücksichtigung finden.

Archäologische Baubegleitung

Bedingt durch die historische Bedeutung des Hallstätter Hochtals werden durch das Naturhistorische Museum immer wieder archäologische Grabungen durchgeführt. Bereits 1.500 Gräber konnten freigelegt werden, und es wird vermutet, daß noch weitere Gräber (insgesamt bis zu 6.000) zu finden sind. Daher ist bei Grabungsarbeiten in archäologisch bedeutenden Bereichen immer eine „archäologische Baubegleitung“ vor Ort, welche die Grabungsarbeiten überwacht um auf eventuelle Funde sofort reagieren zu können.

Geologie

Das Gebiet am Salzberghochtal, westlich von Hallstatt stellt die klassische Hallstätter Zone dar und der Abschnitt direkt oberhalb Hallstatts gehört zur Dachstein-Decke. Hallstätter Zone und Dachsteindecke wird nach der etablierten Nomenklatur dem Juvavischen Deckensystem zugeordnet. Die

Juvavische Hallstätter Zone wird nach gegenwärtigem Wissensstand in drei Gesteinsgesellschaften abgegrenzt. Die Gesteine im Bereich des Mühlbachtals gehören überwiegend der sogenannten Plassen-Scholle an, welche Teil der Hallstatt-Decke ist. Die Plassen-Scholle ist randlich durch Störungen begrenzt und liegt der Dachsteindecke auf. Die Festgesteine des Mühlbachtals sind verbreitet von quartären Lockergesteinen bedeckt. Dabei handelt es sich zum einen um würmezeitliche, glazigene Ablagerungen (überwiegend Grundmoränen) als auch um Rutschmassen sowie Schuttstrom- und Felssturzmaterial. Außerhalb der Hangbewegungsbereiche sind mächtige Verwitterungsdecken und Hangschutt verbreitet (Ehret 2002).

Weite Teile des vorliegenden Deckensystems sind dabei von salzhaltigen Haselgebirgsschichten unterlagert, was das Vorliegen eines sogenannten „Hart auf Weich“-Systems bedeutet. Dies wird im Gelände durch vorliegende Bergzerreißungserscheinungen, Erdschuttstromdynamiken und allgemeine Geländeinstabilitäten augenscheinlich. Eingetretene Großereignisse haben mehrfach den Salzbergbau stark beeinträchtigt bzw. zum Erliegen gebracht, was durch das Vorliegen mehrerer Bergbauepochen dokumentiert ist (Reschreiter 2008).

Umsetzung des Schlüsselbauwerkes

Für die Ausführung des Schlüsselbauwerkes wurden mehrere Varianten untersucht um den optimalen Standort und die wirksamste Konstruktion zu finden.

Folgende Bedingungen mußten berücksichtigt werden:

- Den auf der orographisch rechten Seite vorhandenen, labilen Rutschhang so wenig wie möglich zu beeinträchtigen

- Die Ableitung der aus dem Bemessungsereignis resultierenden Kräfte in den vorhandenen, gesunden Fels
- Erhalt der bestehenden, historisch äußerst bedeutungsvollen Falkenhaynsperre

Die Entscheidung fiel auf die Ausführungsvariante einer Bogensperre, die unmittelbar hinter der bestehenden Falkenhaynsperre positioniert wird. Durch die Position und Anpassung des Radius an die vorhandene Geometrie der Sperre können sowohl die Lasten in die auf beiden Seiten anstehenden Felsflanken des „Talschlusses“ abgeleitet werden, als auch die historisch so bedeutende Falkenhaynsperre unbeschadet erhalten bleiben.

Baustellenreinrichtung

Erschließung der Baustelle

Zur Erschließung der Baustelle während der Bau- phase sowie für die Instandhaltungsmaßnahmen und erforderlichen Bachräumungen nach Fertigstellung der Sperre, mußte eine Zufahrtsstraße über einen äußerst rutschanfalligen, steilen Hang (Deckschicht aus Ton und Mergel) errichtet werden. Mit intensiven Entwässerungsmaßnahmen (Drainagen und offene Gerinne) zur Hangstabilisierung und der Errichtung einer Kehre in Form einer Holzkrainerwand-Konstruktion konnte die erforderliche Standfestigkeit hergestellt und die Zufahrtsstraße mit einem maximalen Gefälle von 25 % errichtet werden. (Bescheidauflage der BH Gmunden).

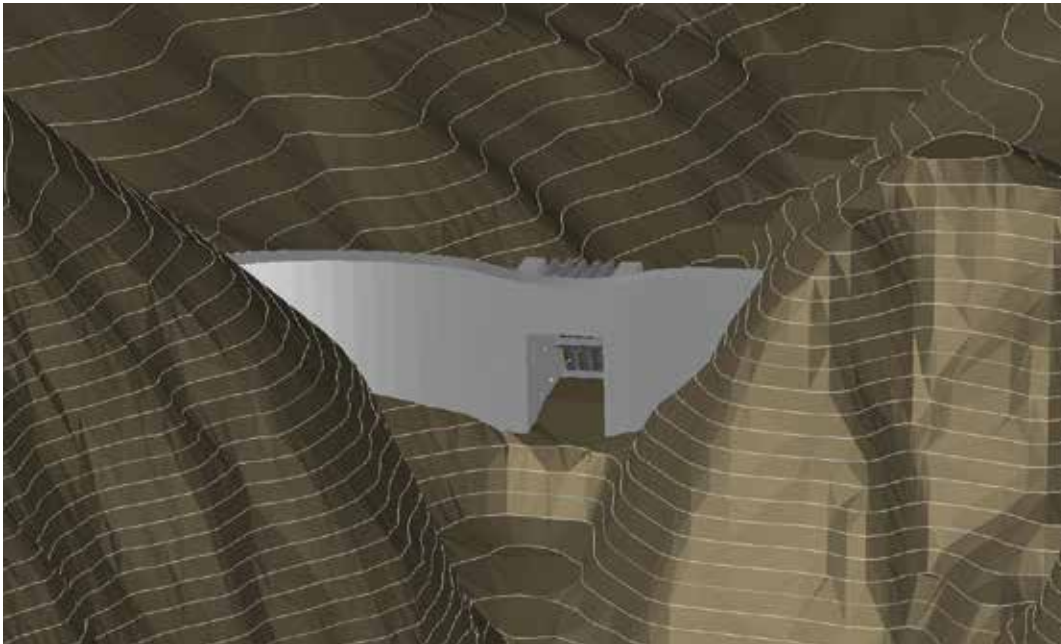


Abb. 3: Visualisierung der geplanten Bogensperre

Fig. 3: Visualization of the planned arch check dam



Abb. 4: Zufahrtsstraße – Kehre

Fig. 4: Access road with turn

Somit wurde der Standort des geplanten Schlüsselbauwerkes vom Ort Hallstatt über die Forststraße Echerntal und das Hallstätter Hochtal erschlossen. Aufgrund der Steilheit der Zufahrtsstraße im Hallstätter Hochtal (Gefälle von teilweise 35 %) und der Erschließungsstraße zur Baustelle war das Befahren mit herkömmlichen LKWs in diesen Abschnitten nicht möglich.

Ab einem eigens hergestellten Umladeplatz an der Einfahrt zum Hochtal, wurden die weiteren Transportfahrten mit allradbetriebenen 2-Achs-LKWs bewerkstelligen. Die eingeschränkte Ladekapazität der LKWs und die Steilheit der Straße hatten einen erheblichen Einfluß auf alle Transportmaßnahmen des Baustellenbetriebes.

Kran

Zur Bedienung der umfangreichen Schalungs-, Bewehrungs- und Betonierarbeiten war ein Hochbaukran vorgesehen der auf herkömmliche Weise nicht an den Aufstellungsort transportiert werden konnte. Es wurden mehrere Varianten, wie selbstfahrende Hochbaukräne mit Raupen oder Autokräne in Betracht gezogen, konnten aber aufgrund der Steilheit und der eingeschränkten Platzverhältnisse nicht verwendet werden. Die Lösung wurde darin gefunden, daß ein herkömmlicher Hochbaukran (30 EC-B 2.5, 26 m Höhe, 30 m Ausladung) per Hubschrauber auf einem im Fels verankerten Stahlbeton-Fundament montiert wurde.



Abb. 5: Hubschraubermontage Kran

Fig. 5: Crane installation with helicopter

Betonherstellung

Bezüglich des erforderlichen Betons (ca. 700 m³ konstruktiver Beton) gab es Überlegungen zu zwei Varianten:

Variante 1 – Transportbeton: Transport vom Betonwerk bis zum Umladeplatz im Hochtal, Umladen auf mehrere kleine, geländegängige Fahrmischer mit einer Ladekapazität von jeweils ca. 2,0 m³ Frischbeton und Transport bis zur Entladestelle.

Variante 2 – Ortbeton: Installation einer, aufgrund der beengten Platzverhältnisse auf der Baustelle „kleinen“ Mischanlage und Herstellung des Betons vor Ort. Zement und Zuschlagstoff werden bis zum Umladeplatz auf herkömmliche Art transportiert und mit den allradbetriebenen 2-Achs LKWs bis zur Mischanlage weiter transportiert.

Die Entscheidung fiel auf die Variante 2. Die Mischanlage wurde in mehrere Teile zerlegt, auf die Baustelle transportiert und dort wieder montiert werden. Der größte Vorteil lag aber in der gesicherten Herstellung des Betons in der erforderlichen Qualität und Menge. Die Anlage hatte eine Maximalleistung von 40 m³ Frischbeton pro Stunde und ermöglichte es die großen Bauteile, wie zB die Fundamentplatte in einem Guß zu betonieren. Der Transport von Zement und Zuschlagstoff auf die Baustelle konnte zeitunabhängig vom Betoniervorgang und den Betriebszeiten des Schaubergwerks erfolgen.

Der Zement wurde in Big Bags mit einem Einzelgewicht von ca. 800 kg pro Big Bag bis zu einem Lagerplatz in Hallstatt angeliefert und von dort weiter bis zur Baustelle transportiert. Die Mischanlage verfügt über eine eigene Aufnahmevorrichtung für diese Big Bags.



Abb. 6: Baustelleneinrichtung – Kran, Mischanlage mit Förderband, Baustraße

Fig. 6: Construction site facilities – crane, concrete plant with conveyor belt and construction access road

Sperrenbau

Das ursprüngliche Fundierungskonzept der Sperre ging davon aus, dass die sich unter dem Mühlbach verschneidenden Felshorizonte beider Hangseiten (Rudolfsturm und Steinkogel) in einer Tiefe von ca. 3,0 m unter der Bachsohle anzutreffen sind.

Die Ableitung der Vertikallasten erfolgte unmittelbar über Betonschlitze in den Fels. Die Horizontallasten sollten vorne über die Einbindung der Flügel in die Widerlager und hinten über schräg nach unten laufende, fächerförmig aufgeteilte Zuganker in den anstehenden Fels eingeleitet werden.



Abb. 7: Sperrenbau – Bauzustand

Fig. 7: Check dam construction site

Im Zuge des Aushubes für die Fundierung stellte sich jedoch heraus, daß vor allem im geplanten Einbindungsbereich der Anker nur Verwitterungs- und Sturzmaterial, durchsetzt mit kleineren und größeren Felsblöcken vorhanden war. Der angenommene Fels konnte bis in eine Tiefe von 7,0 m unter Fundamentsohle nicht festgestellt werden. Dies hatte zur Konsequenz, daß das statische System der Bogensperre komplett überarbeitet und geändert werden musste.

Das neue System überträgt nun die Vertikalkräfte, wie geplant über Betonschlitzte und die Fundamentplatte in den Untergrund. Die gesamten Horizontalkräfte werden von der Sperrwand nach vorne, direkt in die als Widerlager dienenden, auf beiden Seiten anstehenden Felsflanken eingeleitet.

Bei der Fortführung des Aushubes war es notwendig, auf der orographisch rechten Seite den Aushubbereich mit eingerammten Spundbohlen zu sichern, da sich der Hang, verursacht

durch die Aushubarbeiten zu bewegen begann. Durch großflächiges Abdecken zum Schutz vor eindringender Nässe und die Spundung konnte die Baugrube gesichert und die Hangbewegung eingeschränkt werden.

Nach Fertigstellung des Aushubs, wurde mit den Schalungs- und Bewehrungsarbeiten der Fundierung begonnen. Beim Betonieren der Fundamentplatte konnte die Leistungsfähigkeit der Betonmischanlage das erste Mal unter Beweis gestellt werden, was auch tadellos funktionierte. Zur Qualitätssicherung des Betons war ein Prüflabor mit der Überwachung beauftragt. Das Labor stimmte die Betonrezeptur mit den vorhandenen Zuschlagsstoffen, der Mischanlage und dem zur Verfügung stehenden Zement ab. Das zur Betonherstellung aus dem Mühlbach entnommene Anmachwasser wurde aufgrund des gipshaltigen Untergrundes hinsichtlich seiner chemischen Eignung untersucht. Während des Betonierens wurden Frischbetonprüfungen



Abb. 8: Sperre – Schalungssystem

Fig. 8: Formwork system of the check dam

durchgeführt, Probewürfel genommen, und in der Folge einer Druckprüfung unterzogen. Alle Prüfungen waren positiv und bestätigten die erforderliche Betongüte.

Die Bogenform der Sperrwand wurde mit herkömmlichen, segmentiert angeordneten und geraden Alu-Schalungselementen mit 90 cm Breite hergestellt. Im Stoßbereich sind die Schalungselemente mit speziellen „Bogenblechen“ verbunden, welche das anschließende Schalungselement um einen bestimmten, durch die Bogenform vorgegebenen Winkel verdreht. Daraus resultiert ein gleichmäßiges und sauberes Schalungsbild. Die Betonierabschnitte sind in Standardhöhen von 2,60 m aufgeteilt.

Nach der Fertigstellung von zwei Höhenabschnitten der Sperrwand, mussten die Arbeiten aufgrund der schlechten und vor allem kalten Witterung unterbrochen werden. Als größtes Problem stellte sich die sichere Befahrbarkeit der Erschließungsstraße in das Hallstätter Hochtal heraus, womit die Arbeiten an der Sperre mit Ende November 2017 eingestellt werden mussten und die Baustelle winterfest gemacht wurde. Sobald es die Verhältnisse im Frühjahr zulassen, werden die Arbeiten wieder aufgenommen und die Sperre fertiggestellt.

Zusammenfassung

Der Bau des Schlüsselbauwerks am Hallstätter Mühlbach erforderte eine intensive Arbeitsvorbereitung und zeigt einmal mehr, dass eine vorausschauende Planung und Vorbereitung entscheidend ist. Im Fall von unvorhersehbaren Entwicklungen durch zB nicht erwartete Untergrundverhältnisse ist es zwingend erforderlich, auf der Baustelle mit allen Projektbeteiligten eng und koordiniert zusammen zu arbeiten, um konstruktiv und rasch entsprechende Lösungen zu erzielen.

Der Vorteil, dass im Bereich der Wildbach- und Lawinenverbauung Planung und Ausführung in einer Hand liegen (Vermeidung unnötiger Claimingkosten und -aufwendungen) wurde besonders an dieser komplexen Aufgabenstellung deutlich, wo trotz widriger Rahmenbedingungen ein Schutzbauwerk in bestmöglicher Qualität zum Schutz der Bevölkerung entsteht.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Michael Schiffer
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Oberösterreich West
Traunreiterweg 5a
4820 Bad Ischl
michael.schiffer@die-wildbach.at

Ing. Helmut Schwarzl
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Oberösterreich West
Traunreiterweg 5a
4820 Bad Ischl
helmut.schwarzl@die-wildbach.at

ROSWITHA SAMEK, ARMIN SCHIRLINGER

Hochwasserrückhaltebecken – Eine Herausforderung für Planung und Umsetzung

Flood retention basins – a challenge in planning and construction

Zusammenfassung:

Hochwasserrückhaltebecken (HWRHB) haben sich für die Wildbach- und Lawinenverbauung seit dem ersten derartigen Bauwerk im Jahr 1985 mittlerweile zu einer gängigen Bauwerkstypen entwickelt. Dennoch kommt es in der Planung und Umsetzung immer wieder zu Besonderheiten, welche die bearbeitenden und ausführenden Kräfte vor Herausforderungen stellen können. Diese Besonderheiten reichen vom Umgang mit schwierigen Untergrundverhältnissen und der Installation moderner Monitoring-Einrichtungen über bauliche Adaptierungen, um Kosten einzusparen, bis hin zu zwischenmenschlichen Themen im Umgang mit umliegender Bevölkerung und Nutzungsansprüchen. Um diese vielseitigen Aspekte zu beleuchten wurden für diesen Beitrag vier unterschiedliche Hochwasserrückhaltebecken in der Steiermark ausgewählt. Die HWRHB Andritzbach und Höllbach als Homogenschüttdämme, das HWRHB Lankowitzbach als Schüttdamm mit einem Betonkern und das HWRHB Tauchenbach als Stahlbetonbauwerk befinden sich gerade in Bau oder wurden kürzlich fertiggestellt. Anhand dieses Beitrages werden einige Erfahrungen und teils auch innovative Lösungsansätze dargestellt, welche in Planung und Bau von Hochwasserrückhaltebecken auftreten können.

Stichwörter:

Hochwasserschutz, Dammbau, Monitoring, Steuerung, Untergrundabdichtung

Abstract:

The construction of flood retention basins (FRB) turned into a common building type for the Austrian Service for Torrent and Avalanche control since the first retention building in 1985. Sometimes different kinds of challenges for planners and workers within this field of construction can appear. These can be difficult geological and geotechnical exposition, installation of modern monitoring systems, constructional cost reducing adaptations on site or social challenges with surrounding population. Therefore, four flood retention basins in Styria have been selected to show these different aspects. The FRB Andritzbach and Höllbach

as cement stabilised fill dams, the FRB Lankowitzbach as a fill dam with concrete core and the FRB Tauchenbach as a reinforced concrete construction, are recently finished or under construction at the moment. This article is supposed to summarize experiences and innovative solutions for situations that can occur while planning or building flood retention basins.

Keywords:

Flood protection, dam construction, monitoring, controlling, subsoil sealing

Einleitung

Hochwasserrückhaltebecken (HWRHB) spielen in der Verbauungsgeschichte der Steiermark schon seit mehreren Dekaden eine entscheidende Rolle. Die Wahl des entsprechenden Bau-typs hängt von mehreren Faktoren wie Einzugs-gebietscharakteristik, Geologie, Kosten/Nutzen, Materialverfügbarkeit, Bauwerksgröße, Land-schaftsbild und Gewässerökologie ab (Rudolf-Miklau et al., 2014). Die Wildbach- und Lawi-nenverbauung in der Steiermark stellte im Jahr 1985 am Hunnesbach, Gemeinde Voitsberg, ihr erstes Retentionsbecken fertig. Das Abschluss-

bauwerk des ungesteuerten Beckens wurde in Kombination einer Beton-Winkelstützmauer mit einem Erddamm konzipiert und errichtet. Es erzielt eine Stauhöhe von 10 m bei einem damaligen Kostenaufwand von knapp 14 Mio. Schilling. Seither zieht sich die Geschichte in der Umsetzung und Planung von HWRHB und Däm-men bis in die Gegenwart. Bisher hat die Sek-tion Steiermark der Wildbach- und Lawinenver-bauung 29 HWRHB errichtet und fertiggestellt, 2 sind derzeit in Ausführung und 4 in Planung. Abbildung 1 stellt die Fertigstellungsübersicht an HWRHB bezogen auf die Sektion Steiermark der Wildbach- und Lawinenverbauung pro Jahr seit 1968 dar (Stand WLV, 2018).

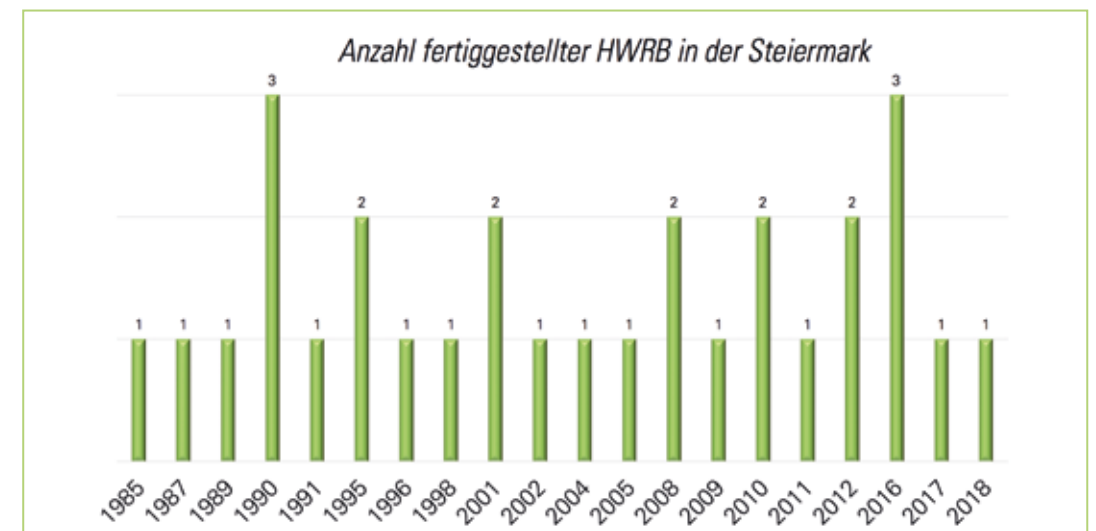


Abb. 1: Fertigstellungsjahre der WLV- Hochwasserrückhaltebecken in der Steiermark

Fig. 1: Completion years of flood retention basins in Styria

Seit dem Beginn des Baus von HWRHB haben sich bezüglich Bauweise, Komplexität der Planung, Hydrologischer Dimensionierung, Sicherheitsstandards, Normen und Bautypenwahl viele Verbesserungen ergeben, auf dies alles einzugehen würde hier den Rahmen sprengen. Einen guten Überblick hierfür liefert die BMNT Broschüre „Hochwasserrückhaltebecken – Grundsätze in Planung Bau und Betrieb in Bereich der Wildbach- und Lawinenverbauung Österreichs“ (Rudolf-Miklau et al, 2014).

In diesem Beitrag werden vier HWRHB in der Steiermark näher betrachtet, welche sich aktuell teilweise in Bau befinden oder kürzlich fertiggestellt wurden. Jedes dieser Becken hat gewisse Besonderheiten, welche detailliert dargestellt werden. Die Fakten rund um die Becken sind untenstehend vergleichend zusammengefasst (Tabelle 1).

HWRHB Andritzbach und Höllbach, Gemeinde Stattegg

Die Hochwasserretention des Höllbaches und des Andritzbaches sowie der Gerinneausbau der beiden Gewässer in der Gemeinde Stattegg nördlich von Graz, wurden in einem Projekt der GBL Steiermark Ost im Jahr 2011 vorgesehen. Diskussionsthema war dies jedoch aufgrund häufiger Ereignisse, wie die Hochwässer in den Jahren 1997, 2005 und 2013 zeigten, schon deutlich länger. Das Ziel der Hochwasserretention an den beiden benachbarten Standorten ist einerseits der Schutz des Siedlungsgebietes von Stattegg vor einem HQ100, sowie die maximal mögliche Reduktion der bei einem Ereignis nach Graz gelangenden Wassermassen. Darauf wurde in der Planung besonderes Augenmerk gelegt und man entschied sich für die Errichtung eines gesteuerten Beckens am Andritzbach und eines ungesteuerten Beckens am Höllbach. Durch die Wirkung

Kenndaten HWRHB	Andritzbach	Höllbach	Maria Lankowitzbach	Tauchenbach
Einzugsgebietsfläche [km ²]	8,4	1,37	4,97	26,0
HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	26,0	9,2	27,0	64,0
Geschiebefracht lt. GZP [m ³]	7.000	2.000 ³	3.500	8.000
HWret [m ³ /s]	10,5	0,4	3,7	23,8
Stauhöhe [m]	9,3	10,4	18,86	11,7
Gesamtbauwerkshöhe [m]	10,1	14,30	25	14,9
Stauvolumen [m ³]	155.000	116.000	200.000	221.000
Bautype	Homogendamm	Homogendamm	Homogendamm mit Dichtkern	Betondamm
Fertigstellungsjahr	planm. 2018	2016	2016	planm. 2018

Tab. 1: Übersicht der Kenndaten ausgewählter HWRHB in der Steiermark

Tab. 1: Overview of key facts of selected flood retention basins in Styria

beider HWRHB wird im Ereignisfall die in den Unterlauf einstoßende Wassermenge deutlich von insgesamt 32 m³/s auf 18 m³/s reduziert. Daher haben die beiden HWRHB auch eine sehr hohe Schutzwirkung auf den bisher häufig überfluteten Ballungsraum von Graz-Andritz.

HWRHB Andritzbach, Gemeinde Stattegg

Das HWRHB Andritzbach ist ein schwimmergesteuertes Rückhaltebecken bestehend aus einer Betriebseinrichtung in Stahlbeton (ST 550; C25/30 B3 F45 GK22) und einem zementstabilisierten Homogenschüttdamm. Das Becken hat eine Stauhöhe von 9,3 m und einem Fassungsvermögen von 155.000 m³. Die großen Mengen an Aushubmaterial machten es möglich den Damm direkt aus dem vorhandenen Material zu errichten. Abbildung 2 zeigt eine Luftbildaufnahme während der Aushubphase. Lediglich für den Bereich des Dammaufstandes musste ein Bodenaustausch vorgenommen werden. Bei umfassenden geotechnischen Untersuchungen wurde das

verfügbare Material zusammenfassend als weicher bis steifer Boden (schwach schluffiger, sandiger Kies) kategorisiert. Das Aushubmaterial hatte somit im Ausgangszustand keine entsprechende Eignung als Dammbaustoff und es wurden Aufbesserungsmaßnahmen in Form von Kalk-Zement Beigaben nötig. Das behandelte Material erzielte die untenstehenden Werte in Tabelle 2. Der mit Zuschlagstoffen aufbereitete Dammbaustoff konnte entsprechend verdichtet zur Errichtung des Homogenschüttdammes herangezogen werden (Höfer, 2015).

Reibungswinkel	$\varphi > 35$
Kohäsion	$c > 3,5 \text{ kN/m}^2$
Wasserdurchlässigkeit	$k_f \leq 1,0 \times 10^{-7} \text{ m/s}$
organischer Anteil	$\leq 5,0 \%$
relative Dichte	$D_{PR} \geq 100 \%$

Tab. 2: Eigenschaften Boden Andritzbach nach Behandlung

Tab. 2: Ground characteristics Andritzbach after treatment



Abb. 2: Luftbild vom HWRHB Andritzbach während der Aushubphase

Fig. 2: Aerial photograph of the FRB Andritzbach during soil excavation phase

Die Lage des HWRHB und Dammes stellte aus mehreren Gründen für die WLVB eine Besonderheit dar. Einerseits liegt das HWRHB mitten im Grundwasserschongebiet für Graz andererseits direkt an sehr dicht besiedeltem Gebiet. Unterhalb des Beckens strömt das Grundwasser innerhalb mehrerer grundwasserzügigen Leitschichten, welche 35 Brunnen versorgen, 20 davon mit dem Status Trinkwasserbrunnen. Die Wasserversorgung der Brunnen durfte durch die Errichtung des Retentionsdammes nicht beeinträchtigt werden. Hierzu wurde laut wasserrechtlichen Bescheids ein Monitoring der Brunnen vorgeschrieben, welches sechs Monate vor Beginn der Bauarbeiten bis sechs Monate nach Bauabschluss die Wasserspiegelstände innerhalb der privaten Brunnen überwachen. Zu diesem Zweck wurden Pegel in den 20 Trinkwasser-Brunnenanlagen und Vergleichspegel im wasserseitigen Sperren Vorfeld gesetzt um schlüssige Vergleiche ziehen zu können. Trotz der Auflagen und den örtlichen Gegebenheiten musste eine Möglichkeit gefunden

werden den Damm abzudichten. Dies stellte das Planungsteam bestehend aus ALPINFRA, Institut Geotest, Dr. Hofmann und Mag. Erhard Neubauer ZT vor eine Herausforderung. Als gut umsetzbare, praktikable und preislich relativ günstige Lösung fiel die Entscheidung auf die Abdichtung mittels einer dünnen Spundwand (Abbildung 3). Die einzelnen 0,50 m breiten Elemente wurden zunächst mit einer Spundwandramme (Typ MS-6 HFB) bis auf die Tiefe des Grundwasserstauers eingerammt und danach etwa einen halben Meter herausgezogen um den Grundwasserfluss weiterhin zu ermöglichen. Der ganze Vorgang wurde laufend, Element für Element dokumentiert um die Schritte bei einer etwaigen Pegeländerung der Brunnen nachvollziehen und gezielt wieder Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Die Theorie behielt jedoch auch in der Praxis Recht und die Grundwasserströme wurden durch diese Art der Abdichtung des Dammes nicht beeinträchtigt. Die Länge der Spundwand beträgt in Summe 130 m bei einer maximalen Tiefe von 7 Meter (Abbildung 4).



Abb. 3:
Einrammen der
Spundwände mit
Spundwandramme (Typ
MS-6 HFB)

Fig. 3:
Ramming the sheet pile
wall with piledriver (Type
MS-6 HFB)

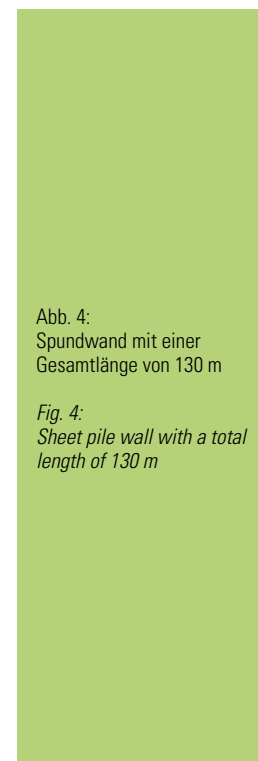


Abb. 4:
Spundwand mit einer
Gesamtlänge von 130 m

Fig. 4:
Sheet pile wall with a total
length of 130 m

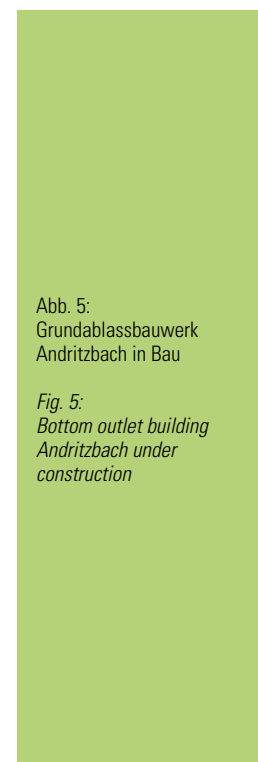


Abb. 5:
Grundablassbauwerk
Andritzbach in Bau

Fig. 5:
Bottom outlet building
Andritzbach under
construction



Abb. 6: Abflussregler Hydroslide Fa. Steinhardt

Fig. 6: Discharge control system Hydroslide Steinhardt

Verordnet durch die Wasserrechtsbehörde war vor Baubeginn eine Vorlastschüttung mit 10.000 m³ Erdmaterial (ρ 1,8 t/m³) über den Winter 2016/2017 erforderlich. Die Schüttung erfüllt einerseits den Zweck Setzungstendenzen im Boden bei sehr hoher Krafteinwirkung zu erkennen und andererseits die betreffenden Stellen mit der am höchsten zu erwartenden Last vorab zu verdichten. Nach Abbau der Schüttung wurden Setzungen von bis zu 0,12 m registriert. Auf Grund der Vorverdichtung kam es durch den Bau des Grundablassbauwerks (Abbildung 5) in Stahlbeton nur noch zu geringen Setzungen von ca. 0,03 m. Die Anbindung von Spundwand zu Dammbauwerk wurde mithilfe einer Schicht aus Lehmschlag umgesetzt.

Das Steuerungssystem des Andritzaches besteht aus zwei übereinander gelagerten Hydrosliedes der Fa. Steinhardt GmbH, welche im rechengeschützten Abflussschacht (h:10 m; b:7 m) innerhalb des Grundablasses liegen. Hydrosliedes sind schwimmergesteuerte Abflussregler aus Edelstahl und anderen korrosionsbeständigen Materialien zum Konstanthalten des Hochwasserabflusses im Ereignisfall. Bei den eingebauten HydroSlideMini Typen (Abbildung 6) befindet sich der Schwimmer ohne Arm direkt an der Reglerblende.



Durch das Aufschwimmen des Schwimmers an der Wasseroberfläche, kommt es zur direkten Kraftübertragung auf die Drosselblende. Im Hochwasserfall wird in Abhängigkeit von der Stauhöhe die Regelabgabe von 10,3 m³/s über die Hydrosliedes gesteuert. Hierbei springen die beiden Steuerungselemente je nach Wasserspiegellhöhe hintereinander an. Der unterhalb gelagerte größere Hydroslide (DN 2000) regelt den Abfluss bis zu einer Einstauhöhe von 4,60 m über Sohlniveau im Alleingang. Ab dieser Höhe springt dann zusätzlich der kleinere (DN 1500) darüber angebrachte Abflussregler an und unterstützt die Regelung des Wasserabflusses. Zu Absicherung wurden im Abflussschacht zusätzlich zwei Bypassöffnungen mit Spindelschieber vorgesehen, welche im Ereignisfall manuell von den Zuständigen geöffnet werden können. In der staufreien Zeit befinden sich die beiden Abflussregelelemente in geöffnetem Zustand (Steinhardt, 2014). Die Betriebssicherheit des Beckens wird durch ein Rechenbauwerk mit einerseits sehr eng gewählten Rechenabständen und andererseits durch die Größe der Rechen, welche bis zur Hochwasserentlastung reichen, gewährleistet. Der Grundablass und die beiden Bypässe sind versetzt angeordnet und werden dadurch nur indirekt angeströmt werden.

HWRHB Höllbach, Gemeinde Stattegg

Der Retentionsdamm ist als zementstabilisierter Homogenschüttdamm konstruiert mit einer Betriebseinrichtung aus Stahlbeton (ST 550; C25/30 B3 F45 GK22). Das HWRHB Höllbach ist ein ungesteuertes Retentionsbecken mit einer Stauhöhe von 10,4 m und einer Gesamtlänge des Dammes von 206 m welches im Ereignisfall ein eingestautes Volumen von 116.000 m³ fasst. Das Becken ist ähnlich dem HWRHB Andritzach durch zwei rechengeschützte Bypässe abgesichert. Aufgrund der Summenwirkung beider Becken auf den Hochwasserabfluss des Andritzaches für Graz wurde beim Rückhaltebecken Höllbach ein möglichst kleiner Grundablass geplant. Der gebaute Grundablass (1,0 m x 1,0 m) am Höllbach ist durch eine Stahlplatte auf eine tatsächliche Abflussfläche von 0,20 m x 0,25 m verringert.

Aufgrund der räumlichen Nähe der beiden HWRHB Baustellen Andritzach und Höllbach war es möglich Dammmaterial zwischen den Baustellen zu verfrachten. Innerhalb eines Kilometers fallen solche Transporte bzw. Ablagerungen von Aushubmaterial nicht unter das Altlastensanierungsgesetz (ALSAG). Im Besonderen galt es die resultierende Belastung der dicht besiedelten Bereiche zwischen den beiden Baustellen, durch Verschmutzung und Lärm, möglichst gering zu halten und kurze Strecken zu befahren. Hierfür wurde für den Zeitraum von 3 Monaten eine vorübergehende Transportstraße eingerichtet um auf möglichst direktem Wege die Materialladungen vom Andritzach nach Höllbach zu bringen. Diese Synergie ermöglichte eine Verfrachtung, Einbringung und somit optimale Nutzung von etwa 45.000 m³ Erdmaterial für den Homogenschüttdamm und der Ortskern konnte schmutz-, staub- und lärmfrei gehalten werden.



Abb. 7: Route Grazer Bike Opening durch HWRHB Höllbach (Bikeclub Stattegg, 2018)

Fig. 7: Bike Trail (Grazer Bike Opening) in the retention basin Höllbach (Bikeclub Stattegg, 2018)

Der Retentionsraum Höllbach mit einer Fläche von etwa 16.000 m² wurde vom Besitzer, in enger Absprache mit der WLVB, durch die Errichtung von Weganlagen und kleinen Maßnahmen der landschaftlichen Gestaltung als öffentlich nutzbare Parkfläche ausgebaut. Durch die ökologische Ausgestaltung einiger Abschnitte des HWRHB und der umhüllenden Begrünung der technischen Baumaßnahmen wurde eine Möglichkeit der Ausgestaltung gewählt, die von der Bevölkerung gut angenommen wird. Auch für diverse öffentliche Veranstaltungen wie Radrennen (Grazer Bike Opening) wird das Becken in der hochwasserfreien Zeit genutzt (Abbildung 7).

In Symbiose mit Technik, Ökologie (ökologisch) und den Ansprüchen der ansässigen Bevölkerung wurde für diese doch erheblichen Maßnahmen eine hohe Akzeptanz und Nutzungsmöglichkeit

zur Zufriedenheit vieler geschaffen. Auch im Rückhalteraum des Andritzaches ist nach Fertigstellung eine ähnliche Zwischennutzung geplant.

Da die wenigsten Baustellen der Wildbach- und Lawinenverbauung in stadtnahen Gebieten mit derart dichter Besiedelung liegen (Abbildung 8), stellte diese Baustelle für die ausführenden Mitarbeiter der Wildbach- und Lawinenverbauung auch im Umgang und der Abstimmung mit der ansässigen Bevölkerung eine große Herausforderung dar. Bei einer höheren Anzahl an Menschen kommt es natürlich zu unterschiedlichsten Interessen, aber auch zu mehr Fragestellungen und unerlaubten Betretungen. Gute Ausschilderung, Geduld im höchsten Maße und die richtige Einschätzung sowie der entsprechend verständnisvolle Umgang mit betroffenen Bürgerinnen und Bürgern waren hierbei essentiell.



Abb. 8: Ortszentrum Stattegg, sowie die Lage beider HWRHB, Luftbild aus dem Frühjahr 2015

Fig. 8: Local center of Stattegg with the position of both retention basins and the transport road in spring 2015

HWRHB Lankowitzbach, Gemeinde Maria Lankowitz

Das HWRHB Lankowitzbach wurde von der GBL Steiermark West errichtet und im Jahr 2016 fertiggestellt. Ein Fachbeitrag zur Planung und Bauausführung des Bauwerkes wurde im Heft Nr. 176 bereits publiziert. Dieser Beitrag wird versuchen auf jene Aspekte einzugehen, die in bisherigen Beiträgen zum Thema noch nicht näher geschildert wurden. Die Kernthemen zu diesem Becken sind somit der durchgeführte Probestau und die Monitoring Einrichtung am HWRHB Lankowitzbach. Zur Überwachung des HWRHB wurde eine Reihe von messtechnischer Installationen montiert, welche Aufschluss über den gesamt Zustand des Bauwerkes und die Belastung liefern. Bei einem Probestau des Beckens im Mai 2016 wurden einerseits die Monitoring Einrichtungen getestet und die Stabilität des Bauwerkes überprüft. Der Probestau wurde von der Wasserrechtsbehörde im Wasserrechtlichen Bewilligungsbescheid angeordnet.

Die genaue Beobachtung der unterschiedlichen Vorgänge und Prozessabläufe stellt im Falle eines Ereignisses einen wichtigen Aspekt im Sinne des Bauwerkserhalts dar. Verschiedene messbare Indikatoren können schon frühzeitig auf gewisse Versagensformen hindeuten. Beim



Abb. 9: Rückhalteraum HWRHB Lankowitzbach

Fig. 9: Retention basin FRB Lankowitzbach

HWRHB Lankowitzbach wurden insgesamt 21 Messsensoren installiert, welche vielseitige Auskunft über den Zustand und die Funktion des Bauwerkes und der Beckenverfüllung geben. Verformung, Druckhöhe, Durchfluss, Wasserstand, Abflusshöhe, Neigungsänderung werden über die Anwendung diese Sensoren überwacht und teils aufgezeichnet. Die verschiedenen Varianten der Messsensoren und ihre Funktionen werden im Folgenden kurz beschrieben.

Messeinrichtung	Anzahl	Funktion
Piezometer	11	Druckhöhe Kernwandfuß Wasserstand HWRHB
Thomson-Messwehr	4	Durchflussmessung, Sickerwasser, Kernwand/Dammfuß
Inklinometer	4	Neigungsänderung Kernwand
Geodätische Messpunkte	3	Verformungen Damm
Radarpegel	1	Abflusshöhe Abflussbauwerk

Tab. 3: Anzahl und Art der Sensorik Instrumente (Alpinfra 2015)

Tab. 3: Numbers and type of monitoring instruments (Alpinfra 2015)

Piezometer

Das Piezometer misst Druckhöhen oder Wasserstände über ein Pegelrohr mit Schwimmer. Die Perforation im Pegelrohr ermöglicht das Eindringen von Wasser und die Lage des Schwimmers gibt Aufschluss über die zugrundeliegende Druckhöhe bzw. den Wasserstand.

Thomsonwehr/Messwehr

Mit dem Thomsonwehr wird die Durchflussmenge über eine genormt dreiecksförmige Abflusssektion durch die wasserseitige Wasserpiegelhöhe ermittelt.

Inklinometer

Das Inklinometer misst kontinuierlich und automatisiert Neigungsänderungen. Das Messprinzip funktioniert über einzelne Elemente, die über Kugelenke miteinander verbunden und durch eine Verrohrung geschützt sind. Veränderungen der Neigung werden als kumulatives Verschiebungsprofil in Bezug auf einen fixen Messpunkt angezeigt.

Radarpegel

Der Radarpegel misst über optische Messung die Abflusshöhe im Auslaufbauwerk. Die Messrichtungen wurden an diversen Stellen im Dammbauwerk montiert, die auf der Abbildung 10 erkenntlich sind.

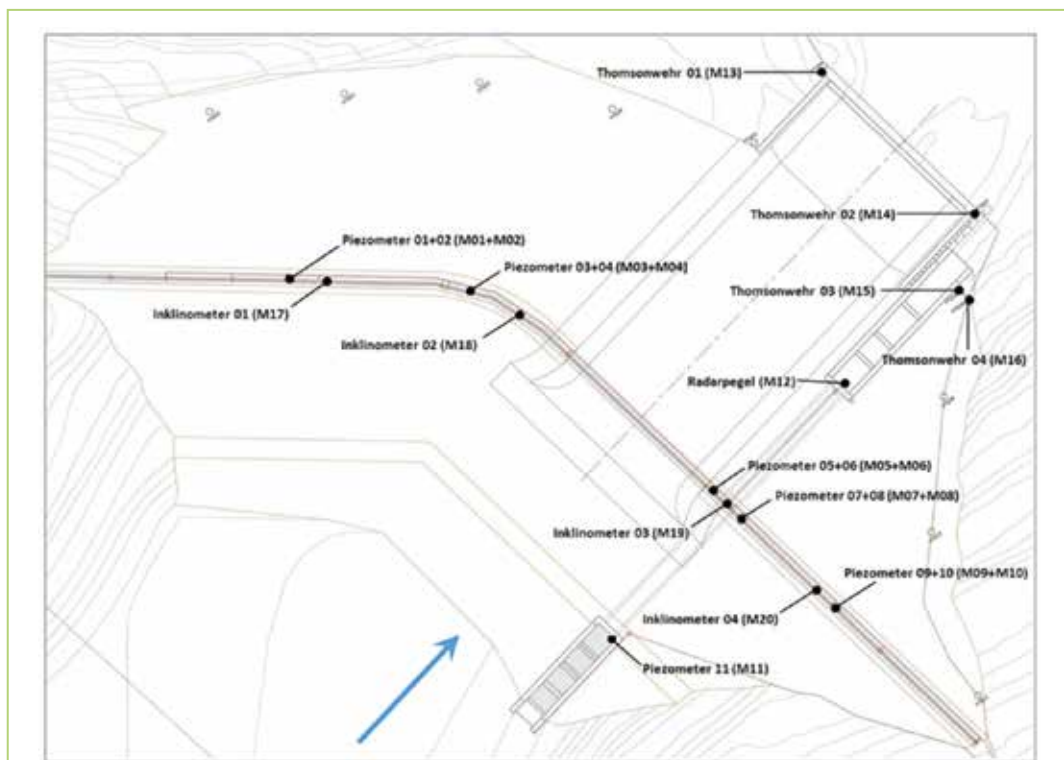


Abb. 10: Lage der Sensorik Instrumente und Fließrichtung (blauer Pfeil)

Fig. 10: Location of monitoring instruments and flow direction (blue arrow)

Durch die eben beschriebenen Instrumente werden im Verlauf eines Einstaus/Probestaus die folgenden Messschritte durchgeführt, um den Zustand des Bauwerkes laufend zu überwachen.

- Messung der Kernwandsickerwässer über Messwehre
- Stauspiegel Einlaufbauwerk wasserseitig und Auslaufbauwerk luftseitig
- Geodätische Kontrollmesspunkte Dammkrone und luftseitige Dammböschung
- Messung Porenwasserdruckhöhe luftseitig Kernwand (Schutzschicht Kernwanddrainage) mittels Piezometer (Abbildung 11).

Am 12. Mai 2016 wurde mit dem bewussten Einstau des Lankowitzbaches begonnen. Im Zuge

des vorgesehenen Probestaus im HWRHB Lankowitzbach konnte der Wasserspiegel bei einem Zufluss von etwa $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$ auf eine Zielhöhe von $550,50 \text{ m ü.A.}$ ($7,5 \text{ m}$ Stauhöhe) aufgestaut werden. Dies dauerte 14 Tage. In gefüllten Zustand wurde das Becken 3 Tage mit einem Stauvolumen von 35.000 m^3 gehalten. Aus ökologischen Gründen war es nötig durchgehend einen Mindestdurchfluss von etwa $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ zu gewährleisten. Zu diesem Zweck wurde an der wasserseitigen Stauebene im Einlaufbauwerk eine Drossel angebracht, welche die Mindestwasserführung regulierte. Die Drossel bestand aus drei Einlaufstutzen, welche in Rohre (DN 200) übergehen, die bis zum Ende des Auslaufbauwerkes geführt wurden. Über das mittlere Rohr wurde der durch-



Abb. 11: Piezometer und Inklinometer

Fig. 11: Piezometer and Inklinometer

gängige Mindestabfluss abgeführt. Um ein Verlegen dieser Drossel zu verhindern wurde davor ein perforiertes Stahlrohr montiert. Der Probestau wurde von laufenden Messungen und Visiten des Probestaubeauftragten Dr. Lechner ZT begleitet. Um rasch und planmäßig auf verschiedene Situationen reagieren zu können, konnten schon im Vorfeld Anlassfälle zu Interventionen klar festgelegt werden. Ein Beispiele dazu im Folgenden: Da sich ein Voll- oder Überstau dramatisch auf das gerade fertiggestellte Bauwerk auswirken könnte, wurden Sprengladungen luftseitig am Schütz angebracht. Im Falle einer Verklausung könnte man dieses Absprengen, um das Becken rechtzeitig zu entleeren und somit größere Schäden zu verhindern. Auch der Abstau des Beckens wurde komplikationsfrei durchgeführt.

HWRHB Tauchenbach, Marktgemeinde Pinggau

Das HWRHB Tauchenbach wurde im Rahmen eines WLW Projektes 2009 geplant. Das Projekt im Ganzen umfasste neben dem HWRHB noch den Gerinneausbau und die Errichtung eines Wildholzrechens. Die Sperre an sich besteht aus einer 14,9 m hohen und 130,30 m breiten Stahlbeton Winkelstützmauer mit einem Speichervolumen von 220.000 m³. Im Sperrbauwerk wurden rund 300 t Stahl (ST 550) und 4.100 m³ Beton (C25/30 B3 F45 GK22) verbaut. Das Becken ist mit einem rechengeschützten Grundablass ausgestattet und durch zwei rechengeschützte Bypässe abgesichert.

Auf der Basis von Kernbohrungen ließ sich auf heterogene Untergrundverhältnisse schließen, welche im Talboden aus den Verlagerungsprozessen des Tauchenbaches in der Vergangenheit und in Bereichen der Hangflanken aus Hangbewegungen entstanden. Für die Wahl eines entsprechenden Systems für die Abdichtung des

Untergrunds wurde ein gutachterlicher Vergleich bei DI Dr. Lackner beauftragt, welcher mehrere Varianten für den Projektstandort prüfte. Untersucht wurden in diesem Vergleich die folgenden Verfahren oder Systeme:

- Düsenstrahlverfahren (nach Maybaum et al., 2008)
- Manschettenrohrverpressung-Injektionen (nach Wehr und Trunk, 2012)
- Schlitzwand (nach Dausch und Zimbelmann, 2012), Schmalwände (nach Ferrari, 2012) und
- permanente Spundwand (nach Ferrari, 2012).

Die Ergebnisse des Vergleiches sind in Tabelle 4 nach Lackner dargestellt (Lackner, 2015)

Für die Umsetzung wurde auf Grund der Bewertung eine Hochdruck Bodenvermörtelung mit dem Düsenstrahlverfahren (DSV) "Soilcrete®" ausgewählt. Hierbei wird im ersten Schritt des Verfahrens, eine Bohrung in entsprechende Tiefe im Nassbohrverfahren abgeteuft. Mit Hilfe eines energiereichen Schneidstrahles mit Austrittsgeschwindigkeiten ≥ 100 m/s aus Wasser oder Zementsuspension, der auch mit Luft ummantelt werden kann, wird der im Bereich des Bohrloches anstehende Boden aufgeschnitten bzw. erodiert. Der erodierte Boden wird dabei umgelagert und mit der Zementsuspension vermischt, welche dann säulenförmig aushärtet (Kellergrundbau) Dadurch entstehen im Untergrund Düsenstrahlelemente in zylindrischer Form. Der Dichtschirm des HWRHB Tauchenbach an sich besteht aus 82 Säulen, die wiederum jeweils in zwei Tiefen Stufen mit unterschiedlicher Breite, folglich unterschiedlich tiefer Überlappung, eingespritzt wurden. Der Wandkopf des Dichtschirmes (Tiefe 0 – 1,7 m von Sohlniveau) hat einen Mindestdurchmesser von 1,95 m bei Bohrpunktabständen von 0,55 m. Somit überlappen sich die Säulen in diesem

Kategorie	DSV-Verfahren	Injektionen	Schlitzwand	Schmalwand	Spundwand
Empfindlichkeit gegenüber Blöcken	Düschatten, Fehlstellen	Reichweite begrenzt	gering bis mittel	Vorbohren erforderlich	Vorbohren erforderlich
Erschwernisse bei Umstellung	Mittel	mittel	sehr hoch	hoch	hoch
Einfluss wechselnder Untergrundverhältnisse	Beeinflusst Säulendurchmesser	Starker Einfluss auf Injektionskörper	mittel	Beeinflusst Lagegenauigkeit und Wandstärke	Nur bei Block oder Häftlingslagen
Lagegenauigkeit	relativ hoch	Durchlässigkeitsanisotropie beeinflusst Wandprofil	mittel	Mit zunehmender Tiefe starke Abweichungen	mittel bis hoch
Kostenfaktor (bezogen auf Spundwandkosten jeweils ohne Baustelleneinrichtung)	mittel bis hoch (90 bis 150 %; 140 bis 220 €/m ²)	mittel (90 %; 140 €/m ²)	mittel bis hoch (50 bis 100 %; 70 bis 150 €/m ²)	gering (20 bis 30 %; 30 bis 50 €/m ²)	hoch (150 €/m ²)
Baufortschritt	schnell	mittel	mittel	mittel (vorbohren)	mittel (vorbohren)
Überwachung	nur indirekt	sehr schwierig	nur indirekt	nur indirekt	gut

Tab. 4: Zusammenfassung Untergrundabdichtung - Variantenvergleich (Lackner,2015)

Tab. 4: Overview of methods for subsoil sealing (Lackner, 2015)

Bereich sehr deutlich. Die tieferreichenden Säulenabschnitte der Dichtwand (Tiefe 1,7 – 10 m von Sohlniveau) wurden anschließend bei gleichbleibenden Abständen mit einem Durchmesser 0,9 m und weniger Überlappung eingespritzt. Zur Stabilisierung gegen kippen fundierte man auch die Abstützungswangen durch Zementsäulen mit demselben Verfahren. Diese 36 Säulen haben einen gleichbleibenden Durchmesser von 1,1 m und reichen bis zu einer Tiefe von 5 m unter das Sohlniveau. In Abbildung 12 wird die Lage der Dichtschirmes und der Fundamente ersichtlich. Sowohl die ausgehärtete Zement Suspension in

reinem Zustand als auch Bohrkern aus bestehenden Säulen wurden von Keller Grundbau einer einaxialen Druckfestigkeitsprüfung unterzogen. Die Überprüfung der beiden Suspensionsproben geschah gemäß ÖN B 8351/15 und jene der 2 Bohrkern gemäß ÖN B4415. Trotz der nicht ganz optimalen Untergrundverhältnisse konnten der Dichtschirm über die gesamte Bauwerkslänge von 130,30 m, und die Flügelfundamente in dem Zeitraum von 3 Monaten fertiggestellt werden. In den Dichtschirm wurde ein Kerngraben mit 0,80 m x 1,0 m gefräst um die Untergrundabdichtung und das Sperrbauwerk zu verzahnen.

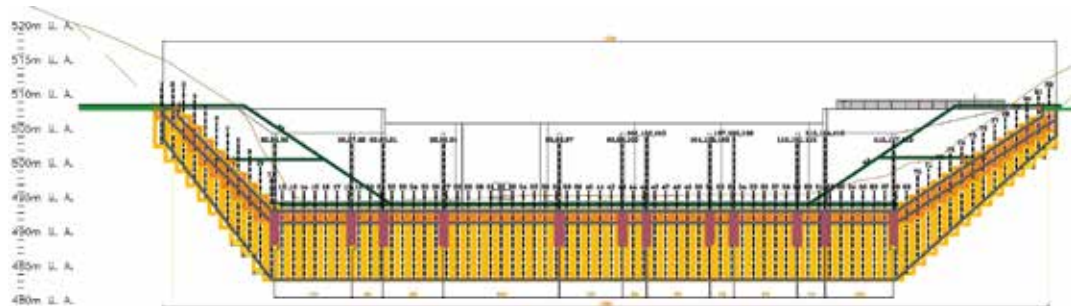


Abb. 12: Plan zu Lage und Tiefe des Dichtschirms (Keller Grundbau, 2015)

Fig. 12: Plan for location and depth of the sealing screen (Keller Grundbau, 2015)

Die Pfeilerplattensperre aus Stahlbeton wurde in 7 Betonierabschnitte/Baublücke aufgeteilt. Diese Baublöcke wurden mit Arbeits- und Dehnfugenbändern miteinander verbunden (Abbildung 13). Ein Baublock besteht aus dem Fundament, dem Sperrkörper und den Abstützwangen. Die Arbeitszeit pro Baublock betrug 2 Monate. Hierbei wurde zeimal pro Woche betoniert. Der Grundablass hat eine Größe von 2,60 m x 1,01 m, wobei der größer gewählte Betondurchlass mittels Stahlplatte auf das gewählte Maß reduziert wird. Diese Art der Auslassöffnung ermöglicht eine Anpassung des Abflusses an die Erfahrungen aus zukünftigen Hochwässern und die Veränderung

des Durchflusses nach allfälliger Errichtung weiterer Ausbaumaßnahmen im Oberlauf des Beckens. Die Stahlplatte wird mittels Dübel in der Stauwand verankert. Die Hochwasserentlastung wird als rechteckige Abflusssektion mit einer Überfallbreite von 64,0 m ausgeführt. Der Überfall mündet in ein Tosbecken mit Gegenschwelle. Der unmittelbare Auslaufbereich nach dem Tosbecken wird mittels einer sehr rau verlegten Grobsteinschichtung in Beton geschützt. Um die seitlichen Einbindungen vor Erosion zu schützen wird der Überfallstrahl auf beiden Seiten durch bis zur Sperrenkronen hochgezogene Vorfelddwangen begrenzt.



Abb. 13:
Retentionsdamm
Tauchenbach in Bau

Fig. 13:
Flood retention dam
Tauchenbach under
construction



Abb. 14:
Fugenbänder

Fig. 14:
Joint tapes

Zur Verbindung und Abdichtung der sieben Bauwerksblöcke aus jeweils rund 300 m³ Beton wurden bereits in der Planung Arbeits- und Dehnfugenbänder vorgesehen. In einem Kostenvergleich konnte festgestellt werden, dass Einsparungen entstehen, wenn das Verlegen/Vulkanisieren der Elastomer-Arbeitsfugenbänder (DIN 7865) (Abbildung 14) von den Bauarbeitern vor Ort selbst

durchgeführt wird. Aus diesem Grund führte die WLV einen Fugenbandschweißkurs (vulkanisieren) für die Bauarbeiter durch und schaffte sich ein Vulkanisierungsgerät (FP 400) (Abbildung 15 und 16) an. Dadurch konnten finanzielle Mittel eingespart und die Kompetenzbereiche der Mitarbeiter auf der Baustelle erweitert werden.



Abb. 15:
Vulkanisierungsgerät
(FP 400)

Fig. 15:
Vulcanization unit
(FP 400)



Abb. 16:
Einbringung des
Fugenbands mittels
Vulkanisierungsgerät

Fig. 16:
Insertion of
joint tapes with
vulcanization unit

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DIⁱⁿ Roswitha Samek
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Steiermark Ost
Ziegelofenweg 24
8600 Bruck an der Mur
roswitha.samek@die-wildbach.at

Ing. Armin Schirlinger
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Steiermark Ost
Ziegelofenweg 24
8600 Bruck an der Mur
armin.schirlinger@die-wildbach.at

Literatur / References:

ALPINFRA (2015):
Protokoll zur örtlichen Bauaufsicht – HWRHB Lankowitzbach-Probestau,
Mattsee

GEOTEST (2015):
Standisicherheit des Abschlussdammes des Regenrückhaltebeckens Höll-
bach; Geotechnischer Bericht; Geotest Wien.

KELLER GRUNDBAU (2015)
Druckfestigkeitsprüfungen; Lieboch.

LACKNER K. (2015):
Hochwasserrückhaltebecken Tauchenbach – Untergrundabdichtung Vari-
antenuntersuchung; Villach.

LECHER P. (2016):
AV 3 Abstau Lankowitzbach, Graz.

RUDOLF-MIKLAU F.; ELLMER A.; SKOLAUT C.; HOCHLEITNER G. und
WAIBEL M.(2014):
Leitfaden Hochwasserrückhaltebecken Grundsätze für Planung, Bau
und Betrieb bei der Wildbach- und Lawinenverbauung Österreichs,
BMNT(ehem. BMLFUW); Wien.

STEINHARDT WASSERTECHNIK (2014):
Steinhardt Hydroslide Betriebs-, Montage- und Wartungsanleitung;
Tausenstein-Bleidenstadt.

ONLINEQUELLEN:
Grazer Bike Opening Stattegg www.bike09.at
Keller Grundbau GMBH www.kellergrundbau.at

moser – jaritz + partner

Moser-Jaritz+Partner Ziviltechniker GmbH
Ingenieurkonsulten
Geologie und Geotechnik
Naturgefahren und Risikomanagement
Umwelt- und Ressourcenmanagement

Bachwinkl 126
A 5760 Saalfelden
T +43 6582 74 494
F +43 6582 74 494-33
E saalfelden@mjp-zt.at

Münzfeld 50
A 4810 Gmunden
T +43 7612 75 101
F +43 7612 75 101-33
E gmunden@mjp-zt.at



www.mjp-zt.at



Gunz ZT GmbH

Ziviltechniker für Forst- und Holzwirtschaft,
Wildbach-, Lawinen- und Erosionsschutz,
allg. beeid. und gerichtl. zert. Sachverständiger

4400 Steyr, Brucknerplatz 2

Tel.: 07252/42484 E-Mail: office@gunz.at Homepage: <http://www.gunz.at>

ANDREAS JÄGER UND MARKUS MOSER

Stahlblechpanzerung – Wirkungsvoller Schutz stark beanspruchter Teile von Wildbachsperrern

Steel plate armor – effective protection for highly stressed parts of check dams

Zusammenfassung:

Verlagerungsprozesse vom Reinwasser bis zum Murgang beanspruchen die funktionellen Teile der Schutzbauten sehr stark. Verschiedene konstruktive Ausführungsvarianten haben sich in den letzten Jahrzehnten entwickelt, zur Verhinderung von Hydroabrasion oder Abplatzungen durch Murstöße werden vermehrt auch Stahlblechpanzerungen an den stark beanspruchten Teilen der Bauwerke integriert. Die Verwendung von 8 mm warmgewalztem Schwarzblech mit der genauen Werkstoffbezeichnung S235-JR und eine Vorfertigung in der Werkstatt als sog. Fertigteil hat sich dabei in der Praxis bewährt. Gestützt auf eine sorgfältige Planung ist eine kosteneffiziente und arbeitszeitschonende Herstellung möglich, Vorteile ergeben sich auch bei Komplettvorfertigung hinsichtlich der Reduzierung des Schalungsaufwandes. Die durchschnittlichen Kosten von ca. 160–170 €/m² sind bei stark beanspruchten Bauwerken durch den hohen Schutz der Betondeckung und darunterliegenden Stahleinlagen sowie geringeren Schäden bei Räumungen von Feststoffen durch schweres Gerät zu rechtfertigen.

Stichwörter:

Stahlblechpanzerung, Fertigteil, Baustellenorganisation

Abstract:

Displacement processes from flood to debris flow stress the functional parts of protective structures very strongly. Various design types have been developed in recent decades, to prevent hydro-abrasion or spalling from debris impacts are increasingly integrated steel armor plates on the heavily used parts of the structures. The use of 8 mm hot-rolled black plate with the exact material designation S235-JR and prefabrication in the workshop as a so-called

finished part has proven itself in practice. Based on a careful planning a cost-efficient and time-saving production is possible, advantages also result in complete prefabrication with regard to the reduction of shuttering-formwork effort. The average cost of approx. € 160/m² for heavily stressed structures is justified by the high level of protection of the concrete coverage and underlying steel inserts as well as minor damage caused by clearing of solids with heavy machinery.

Keywords:

Steel armor plate, prefabricated parts, construction site organization

Einleitung

Wildbachschutzbauwerke haben die Aufgabe die auftretenden Verlagerungsprozesse vom Reinwasser, fluviatilem und murartigem Feststofftransport bis zum Murgang auf ein schadloses Ausmaß für die besiedelten Bereiche zu reduzieren. Demzufolge sind diese Bauwerke starken Beanspruchungen durch Wasser und mitgeführten Feststoffen (Geschiebe, Wildholz) ausgesetzt, die Schadmechanismen am Bauwerk reichen von Erosionen, Hydroabrasion, Durchströmung bis zum Abtrag einzelner Teile des Sperrnkörpers. Verschiedene konstruktive Ausführungen zur Beherrschung der maßgebenden Verlagerungsprozesse haben sich in den letzten Jahrzehnten entwickelt, im Zuge des Stahlbetonbaues haben sich auch Stahlblechverkleidungen zur Panzerung von Teilen (Betonoberflächen) mit erhöhter mechanischer und dynamischer Beanspruchung etabliert.

Problemstellung

Teile der Wildbachsperrern wie Abflusssektionen von Konsolidierungssperren, Rostwangen und Murscheiben, Einlaufkonstruktionen und Vorfeldwangen sowie Vorsperren sind entweder durch ständigen Geschiebetrieb oder ereignisbezogen

infolge Beaufschlagung durch fluviatilen, murartigen Feststofftransport oder Murgang sehr stark beansprucht. Diese Belastungen führen im Falle von punktuellen Belastungen (Murstoß) an den Betonoberflächen zu Abplatzungen und dauerhafter Geschiebetrieb verursacht an der Betonoberfläche einen hohen abrasiven Verschleiß (Hydroabrasion). Beides führt zu einem Verlust der Betonüberdeckung im Stahlbetonkörper und somit zum Verlust der Korrosionsschutzschicht der Stahlarmerung. Eine freiliegende Stahlarmerung führt zu einer Schwächung der Bauwerksteile, fortschreitende Korrosion der Stahleinlagen reduziert die Standsicherheit und eine aufwändige und kostspielige Sanierung ist die Folge.

Verwendetes Material

Der Stand der Technik sieht die Verwendung von 8 mm warmgewalztem Schwarzblech mit der genauen Werkstoffbezeichnung S235-JR vor. Das 8 mm starke Stahlblech (Gewicht ca. 64 kg/m²) kann ohne weiteren Korrosionsschutz weiterverarbeitet und eingebaut werden. Die Kosten für Rohmaterial in der Größe von Blechtafeln zwischen 1000/1000 mm und 4000/2000 mm betragen zwischen 700 €/to und 800 €/to inkl. Mehrwertsteuer und Lieferung. Im Regelfall werden die benötigten Stahlblechteile jedoch fertig



Abb. 1: 3D-Planung einer Stahlabflusssektion (linkes Bild) zur Ermittlung der Zuschnitte und Kantungen und Einbausituation in Verbindung mit der Großflächenschalung (rechtes Bild) (Beispiel Putzengraben/Gemeinde Schwarzach, Foto WLV)

Fig. 1: 3D-planning of a steel discharge section for determination cuts and steel edges (left picture) and fitting situation in combination with large-area formwork (right picture) (example Putzengraben/Gemeinde Schwarzach, picture WLV)

gekantet, zugeschnitten und geliefert ausgeschrieben, wobei dabei Preise zwischen 900 €/to und 1300 €/to inkl. Mehrwertsteuer erzielt werden. Die angegebenen Preise sind naturgemäß in ihrer Schwankungsbreite sehr stark vom Stahlpreis abhängig.

Planung

Bereits in der Projektierungsphase von wildbachtechnischen Schutzbauwerken sollten exponierte Bauwerkselemente und Betonflächen mit zu erwartender hoher mechanischer Belastung planlich durch die Darstellung von Stahlblechpanzerungen gekennzeichnet werden. Damit kann eine exakte Errechnung der Verkleidungsflächen durchgeführt und eine genaue

kostenmäßige Erfassung für den Projektpreis gewährleistet werden. Die planliche Darstellung der Stahlblechverkleidung im Projekt dient für die Ausschreibung und spätere Vorfertigung der Stahlblechelemente als Basis zur Erstellung detaillierter „Stahlblechpläne“. Um die genauen Zuschnitte und Kantungen ermitteln zu können ist bei komplexeren Bauwerken bzw. Bauteilen (z.B.: vielfach geknickte Abflusssektionen) darüber hinaus eine 3D-Planung empfehlenswert. Eine detaillierte Planung ermöglicht eine exakte Ausschreibung der Stahlblechzuschnitte und somit eine kosteneffiziente und arbeitszeit-schonende Herstellung der Stahlblechelemente. Manuelle Stahlblechzuschnitte müssen im Idealfall nur mehr in geringen Umfang durchgeführt werden.

Vorfertigung der Stahlblechelemente

Die Vorfertigung der Stahlblechbauteile kann auf den Bauhöfen der Gebietsbauleitungen/Sektionen erfolgen oder auf einen externen Stahlverarbeitungs- oder Schlossereibetrieb ausgelagert werden. Im Idealfall verfügt jede Gebietsbauleitung/Sektion über eine ausreichende Anzahl an ausgebildeten oder angelernten Schweißern welche je nach Bedarf auf den Bauhöfen oder auf den Baustellen eingesetzt werden können. Der Vorteil bei Umsetzung im Eigenbetrieb liegt neben der Kostenersparnis in der hohen Flexibilität und Aufrechterhaltung der fachlichen Kompetenz der eigenen Mitarbeiter. Bei Umsetzung im Eigenbetrieb kann davon ausgegangen werden dass, ca. 30 % bis 40 % der Arbeitszeit und ca. 70 % bis 80 % der Gesamtkosten bei der Vorfertigung der Stahlblechelemente anfallen.

Schweißsysteme

Jahrzehntelange Erfahrung hat gezeigt, dass eine Vorfertigung der Bauteile in der Werkstatt sehr effizient ist und auf der Baustelle nur mehr kurze Schweißnähte und Aussteifungen sowie das „ausbetonieren“ nötig ist. Damit kann gewährleistet werden, dass der Hauptanteil der Schweißarbeiten in der Werkstatt im Schutzgas-Schweißverfahren durchgeführt werden kann. Das, auf der Baustelle verwendete, im Vergleich zum Schutzgasverfahren als westlich langsamer einzustufende Elektro-Schweißverfahren, kann dadurch auf ein Minimum reduziert werden. Die Anwendung des Schutzgasverfahrens ist nur in Werkstätten sinnvoll und daher im Baustellenbereich nicht wirtschaftlich einsetzbar (Anm.: Verflüchtigung des Schutzgases durch Luftzug).

Blechschnideverfahren

Alle erforderlichen Blechschnitte sollten bei Bearbeitung im Eigenbetrieb möglichst in der Werkhalle und vorzugsweise mit einem Plasmaschneider vorgenommen werden. Die Anwendung des Plasmaschneideverfahrens ermöglicht die Herstellung von geradlinigen sauberen Blechschnitten mit geringem Zeitaufwand. Eine Nachbearbeitung der Schnittfläche (Entfernung der Schneidkruste) ist bei diesem Verfahren nicht erforderlich. Für einen raschen und genauen Zuschnitt von Stahlblechtafeln (Anm.: ohne bestehende Kantung) ist auch die Verwendung von Blechstanzenmaschinen denkbar und bei größeren Mengen sinnvoll. Auf der Baustelle sind auszuführende Blechschnitte nur mittels Schneidbrenner, Winkelschleifer oder evtl. Stahlkreissägen möglich und sinnvoll. Plasmaschneidgeräte sind im Baustellenbereich nur bedingt wirtschaftlich und mit begrenzter Gerätelebenszeit einsetzbar.

Transport und Manipulation

Bereits in der Planungs- und Ausschreibungsphase ist darauf zu achten, dass die einzelnen Stahlblechbauteile in ihrer Größe und ihrem Gewicht ohne Sondertransport auf die Baustelle gebracht und dort ohne größeren Aufwand versetzt werden können. Im Regelfall werden die Blechteile mittels 3-Achsen-LKW mit Kran und Tieflader auf die Baustelle transportiert und dort mit Hilfe eines Turmdrehkrans oder einer Seilbahn auf die plangemäße Einbauposition versetzt. Bei Turmdrehkränen ist dabei die Hubkraft im Zusammenhang mit der Auslegerlänge zu beachten und die Einzelbauteile gewichtsmäßig dementsprechend anzupassen. Sinngemäß gilt dies auch für die Hubkraft und zulässige Maximalbelastung von Materialeilbahnen mit dem Zusatz, dass auch die Seiltrasse annähernd im Bereich der Einbaustelle liegen sollte (Anm.: Stahlabflusssektionen bei Konsolidierungen).



Abb. 2: Vorgefertigte Mittelscheibe einer Filtersperre (Fertigung Bauhof GBL Lungau, Foto WLV)

Fig. 2: Prefabricated middle plate for a filtering structure (GBL Lungau, picture WLV)



Abb. 3: Einbau der Mittelscheibe (rechtes Bild) (Beispiel Weißbach/Gemeinde Thomatal, Foto WLV)

Fig. 3: Middle plate mounting (right picture) (example Weißbach/municipality Thomatal, picture WLV)



Abb. 4: Fertig versetzte Wildholzfilterscheiben (Enns/Gemeinde Flachau, Foto WLV)

Fig. 4: Complete transferred woody debris filtering dams (Enns/ municipality Flachau, picture WLV)



Abb. 5: Betonierfertige Einbausituation der vorgefertigten Stahlblechscheiben (Enns/Gemeinde Flachau, Foto WLV)

Fig. 5: Concrete finished mounting situation of predefined steel plates (Enns/ municipality Flachau, picture WLV)

Technische Hinweise

Haftung und Verbund zu Betonoberflächen

Zur Sicherstellung eines ausreichenden Verbundes zwischen Stahlblechverkleidung und Beton sind Haftungselemente auf die Stahlblechplatten

denkbar, die Verbundelemente aus warmgewalzten Flachstahlstreifen mit entsprechender Biegung herzustellen. Bei der Herstellung von 10 cm Betondeckung für tragenden Stahlbetonbauteile (Anm.: WLV-Salzburg) stellen die Verbundzapfen mit einer Länge zwischen 8–10 cm beim Bewehrungseinbau kein Hindernis dar.



Abb. 6: Vorbereitete seitliche Flächenverkleidung mit Verbundzapfen 20 mm Torstahl – Raster 40/40 cm (Foto WLV)

Fig. 6: Predefined sideward surface paneling with network pins 20 mm reinforcing steel – raster 40/40 cm (picture WLV)

aufzubringen. Dies erfolgt im Regelfall durch aufschweißen von Verbundzapfen in ausreichender Länge und Anzahl. Die Verbundzapfen bestehen meist aus Betonrippenstahl mit einem Durchmesser von 20 mm und einer Länge von ca. 8–10 cm. Um eine gleichmäßige Haftungsverteilung über die Gesamtlänge zu erhalten werden die Zapfen in einem Raster von ca. 40/40 cm angebracht. Die Tatsache das Betonrippenstahl aufgrund seiner Werkstoffeigenschaften (Anm.: Kohlenstoffgehalt) nur unter gewissen Voraussetzungen mit warmgewalzten Stählen kraftschlüssig verschweißt werden darf, kann bei der Anbringung der Verbundzapfen vernachlässigt werden. Es ist jedoch auch

Anschlagmittel

Das ordnungsgemäße und sichere Anheben von Stahlblechteilen wird durch die Anbringung von Hacken- oder Kettenanschlügen gewährleistet. Für die Versetzung von ganzen Blechplatten ist auch die Anwendung von an der Krankette befestigten Blechhebern (Anm.: Traglast 20 kN) denkbar. Anschlagpunkte aus Eigenanfertigung werden als schlaufenförmig gebogene warmgewalzte Quadrateisen min. 8/8 mm ausgeführt. Die Verwendung von Rundeseisen oder Betonrippenstahl ist für die Verwendung als Anschlaghacken nicht zulässig.

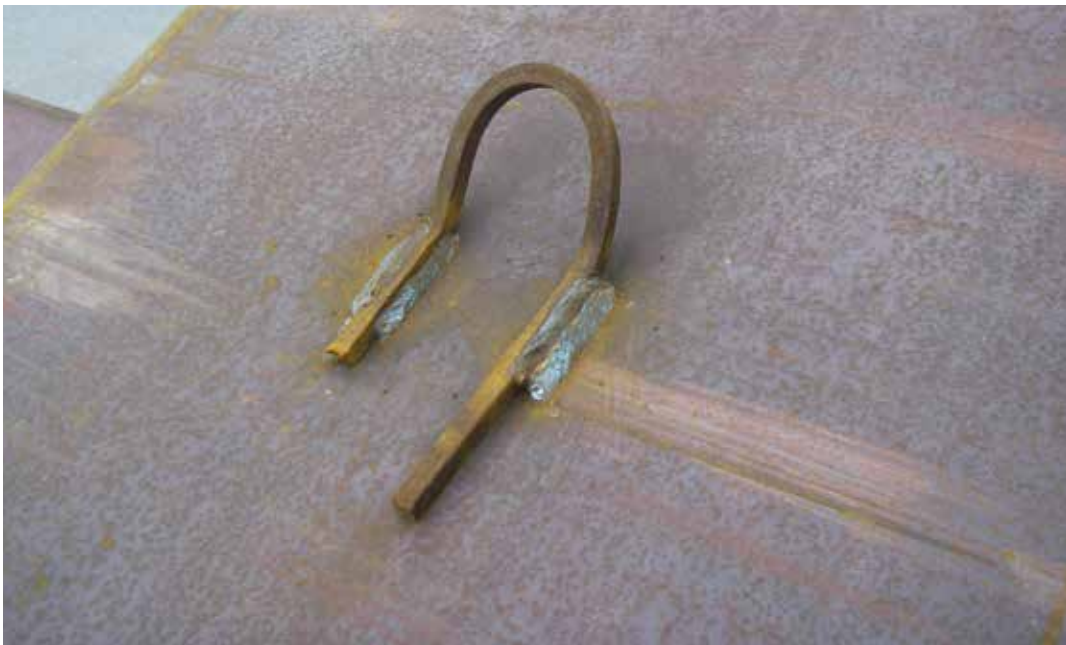


Abb. 7: Anschlagpunkt – Quadratprofil min. 8/8 mm – 4 x 6 cm Schweißlänge – Tragkraft 10 kN (Foto WLV)

Fig. 7: Anchor point – square profile min. 8/8 mm – 4 x 6 cm weld length – load capacity 10 kN (picture WLV)



Abb. 8: Ablösung der Stahlblechverkleidung bei einer überstehenden Kante. Die Beschädigung wurde durch einen Bagger im Zuge der Räumung verursacht. Sortierwerk – Marislbach/Gem. Zederhaus – JAP 1992

Fig. 8: Replacement steel armour plate at overhanging edge. Damaging caused by clearing of solids by heavy machinery. Sorting dam – Marislbach/ municipality Zederhaus – JAP 1992

Das Quadratprofil wird an den Auflagerflächen je beidseits mit einer Mindestschweißnahtlänge von 6 cm am Stahlblech fixiert. Die Gesamtlänge der Schweißnaht beträgt daher 24 cm wodurch eine Mindesttragkraft pro Anschlagpunkt von 10 kN (1,0 to) angenommen werden darf. Die Ausführung solcher Schweißnähte darf nur eine für das jeweilige Schweißverfahren (Anm.: Schutzgas) zertifizierte Person ausführen (Anm.: Prüfnorm: Ö-Norm EN ISO 9606-1).

Einbauhinweise zur Schadensvermeidung

Um spätere Schäden an der Stahlblechverkleidung vermeiden zu können, sollte immer darauf geachtet werden dass der Übergang von Stahlblech auf Betonoberflächen flächenbündig ausgeführt wird und keine Verunreinigungen durch Öle oder sonstige Schmierstoffe bestehen, welche den Verbund zur späteren Frischbetonoberflächen verringern. Der Abschluss der Stahlblechverkleidung sollte nie an einer Kante erfolgen, damit kann die Gefahr von überstehende Stahlblechverkleidungen hintangehalten werden. Überstehende Stahlblechverkleidungen bieten immer Angriffspunkte für Stahlblechablösungen von der Betonoberfläche (sh. Abb. 8). Zudem kann das Eindringen von schadhaftem Wasser zwischen Beton und Blech durch eine flächenbündige Ausführung verhindert werden. Der Gefahr einer Durchnässung über die Stöße der einzelnen Stahlblechteile muss durch eine zumindest einseitig durchgehend Stoßverschweißung vorgebeugt werden.

Einbau auf der Baustelle

Baustellenorganisation bei Stahlblecharbeiten

Ab einer gewissen Baustellengröße ist für einen wirtschaftlichen Betrieb die Vorhaltung eines Hubgerätes (Anm.: Turmdrehkran, Seilbahn, usw.)

zwingend erforderlich. Erfahrungsgemäß können manche Arbeiten nur unter Zuhilfenahme von Kränen effizient durchgeführt werden. Ein organisatorisch reglementierender Faktor auf jeder Baustelle ist demnach der Kran. Durch die Vorfertigung der Stahlblechelemente ist der Kran beim versetzen auf die Einbauposition nur kurzzeitig blockiert und kann verhältnismäßig rasch wieder für andere Tätigkeiten verwendet werden. (Anm.: schalen, armieren, usw.) Müssten alle Stahlblechelemente direkt auf der Baustelle zusammgebaut werden, würde das enorme Zeit in Anspruch nehmen und auch den Kran erhebliche Zeit an diese Tätigkeit binden.



Abb. 9: Einbau einer Stahlabflusssektion mittels Seilbahn (Woodliner) (Lampeigraben/Gemeinde Tamsweg, Foto WLV)

Fig. 9: Mounting of a steel discharge section with material ropeway (Woodliner) (Lampeigraben/ municipality Tamsweg, picture WLV)



Abb. 10:
Fertig eingebaute
Stahlabflusssektion inkl.
Konsolenverblechung bei
einer Vorsperre (Fuchsbach/
Gemeinde Tamsweg, Foto
WLV)

Fig. 10:
Finished steel discharge
section incl. sheet metal
console at an auxiliary dam
(Fuchsbach/ municipality
Tamsweg, picture WLV)

Minderung Schalungsaufwand

Durch die Komplettvorfertigung von Stahlabflusssektionen inkl. Konsolenverblechung werden aufwendige Schalungsarbeiten in den Auskrangungsbereich vermieden. Bei kleinen bis mittleren Konsolen von 30–70 cm kann die Blechhaut ohne zusätzlichen Schalungsmaßnahmen die Betondrücke aufnehmen. Werden große Konso-

lenauskrangungen von 70–150 cm ausgeführt, ist die Anordnung von Aussteifungsstäben im Inneren und/oder die Unterstellung der Blechschale von außen erforderlich. Ähnliche schalungstechnische Vorteile entstehen durch Ausbildung von Trägerauflagern in vorgefertigter Stahlblechbauweise. Werden Trägerauflagerbereiche in dieser Form ausgeführt ist als zusätzlicher Vorteil ein Schweißgrund zur Befestigung der Stahlträger vorhanden.



Abb. 11:
Einbausituation eines
Einlaufbereiches
inkl. Trägerauflager
mit anschließender
Scheibenverblechung
bei einer Sortiersperre
(Fuchsbach/Gemeinde
Tamsweg, Foto WLV)

Fig. 11:
Fitting situation of an inlet
area incl. seated connection
with steel plates of a
filtering dam (Fuchsbach/
municipality Tamsweg,
picture WLV)

Kosten

Die Größenordnung der Kosten ist einerseits vom Stahlpreis (Materialkosten) und andererseits von der Komplexität und Feingliedrigkeit der jeweiligen Bauwerke abhängig.

Kostenzusammensetzung:

Folgende Werte wurden durchschnittlich in den letzten drei Jahren, bei der Umsetzung von Stahlblechverkleidungen, in der GBL Lungau/Sektion Salzburg erzielt. Die Vorfertigung der Stahlblechbauteile wurde zur Gänze im Eigenbetrieb am Bauhof ausgeführt, wobei die gekanteten und zugeschnittenen Rohteile zugekauft werden.

Auswertungszeitraum 2014–2017:	
Materialkosten (40 %)	68 €/m ²
Lohnkosten (60 %)	98 €/m ² (2,15 h/m ²) – 60 %
Gesamtkosten	166 €/m ²

Zusammenfassung

Verlagerungsprozesse vom Reinwasser bis zum Murgang beanspruchen die funktionellen Teile der Schutzbauten sehr stark. Verschiedene konstruktive Ausführungsvarianten haben sich in den letzten Jahrzehnten entwickelt, zur Verhinderung von Hydroabrasion oder Abplatzungen durch Murstöße werden vermehrt auch Stahlblechpanzerungen an den stark beanspruchten Teilen der Bauwerke integriert. Die Verwendung von 8 mm warmgewalztem Schwarzblech mit der genauen Werkstoffbezeichnung S235-JR und eine Vorfertigung in der Werkstatt als sog. Fertigteil hat sich dabei in der Praxis bewährt, auf der Baustelle sind dann nur mehr kurze Schweißnähte und Aussteifungen sowie das „ausbetonieren“ nötig. In der Werkstatt wird dann im Schutzgas-Schweißver-

fahren sehr effizient gearbeitet, das westlich langsamere Elektro-Schweißverfahren auf der Baustelle kann auf das unbedingt notwendige Maß reduziert werden.

Wichtig ist bei der Vorfertigung bereits die Planungs- und Ausschreibungsphase, da die Fertigteile ohne Sondertransport transportiert werden können und auch auf der Baustelle mit dort vorhandenem Turmdrehkran oder Seilbahn in die planmäßige Einbauposition versetzt werden können. Bereits in der Planung ist auf einen flächenbündigen Übergang von Stahlblechteilen mit dem Beton zu achten, der Abschluss sollte niemals an einer Kante erfolgen.

Gestützt auf eine sorgfältige Planung ist eine kosteneffiziente und arbeitszeitschonende Herstellung möglich, Vorteile ergeben sich auch bei Komplettvorfertigung (z.B.: Konsolen für Abflusssektionen) hinsichtlich der Reduzierung des Schalungsaufwandes. Die durchschnittlichen Kosten von ca. 160 €/m² sind bei stark beanspruchten Bauwerken durch dem hohen Schutz der Betondeckung und den darunterliegenden Stahleinlagen, sowie geringeren Schäden bei Räumungen von Feststoffen durch schweres Gerät zu rechtfertigen.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Ing. Andreas Jäger
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Lungau
Johann Löcker Str. 3, 5580 Tamsweg
andreas.jaeger@die-wildbach.at

DI Markus Moser
Fachbereich Wildbachprozesse
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Lungau
Johann Löcker Str. 3, 5580 Tamsweg
markus.moser@die-wildbach.at

HANSPETER PUSSNIG

Verbauung von Steilgerinnen

Stabilisation of steep channels

Zusammenfassung:

Seit dem Bestehen der Wildbach- und Lawinerverbauung und bereits davor wurden Steilgerinne gesichert bzw. wurde versucht, schadbringende Feststofffrachten hintanzuhalten und im Einzugsgebiet zu binden. Spätestens seit der aktuell, intensiv geführten Diskussion bezüglich der Deponierung von Feststoffen (entspricht lt. DeponieVO Bodenaushub), die in Rückhaltebauwerken (vorwiegend Querwerken) nach Ereignissen abgelagert werden, erscheint die Bindung des Geschiebes bzw. Konsolidierungsmaßnahmen in der Sammel- oder Schluchtstrecke der Einzugsgebiete als besonders interessante Verbaualternative. Es stellt sich die Frage, ob die Geschiebebindung, langfristig betrachtet weniger kostenintensiv ist, als die Räumungen von häufig auftretenden Verfüllungen von Rückhaltebecken, die zudem häufig zu Verklausungen neigen, gemäß DeponieVO zu deponieren. Diesbezüglich werden im vorliegenden Artikel diverse Verbaualternativen in Steilgerinnen aufgezeigt und in qualitativer Form bewertet.

Stichwörter:

Steilgerinne, Sperrenstaffelung, Tiefenerosion

Abstract:

Since the Federal Service for Torrent and Avalanche Control was founded, steep channels had been stabilized against erosion with structural measures. The aim was to keep the bed load in the catchment site. Later the focus was more and more on the construction of retention measures at the alluvial cone. The so deposited bed load after a mud- or debris flow has to be cleared expensively and quickly. Seen in long-term, stabilisation measures in the middle reach might be less expensive such as retention measures at the cone. In the present paper, diverse alternatives of protection measures in steep channels are discussed.

Keywords:

Steep channels, check dams, vertical erosion

Einleitung

In der Gebietsbauleitung Osttirol der Wildbach- und Lawinerverbauung (WLV) Tirol liegt ein beträchtlicher Erfahrungsschatz bzgl. Sicherung von Steilgerinnen vor. Man betrachte den wohl bekannten Bretterwandbach, der durch die Bevölkerung von Matrei bereits vor der Gründung der Wildbach- und Lawinerverbauung durch diverse Verbaumaßnahmen gesichert wurde. Es wurde nicht zu Beginn ein großes Geschieberückhaltebauwerk am Schwemmkegelhals errichtet, sondern es wurden seit 1722 mit mühevoller Handarbeit konkrete Maßnahmen in der Schluchtstrecke des Baches gesetzt (Abbildung 1). Am Anfang wurde Holz als Baustoff verwendet. Doppelwandige Holzkästen sollten die Sohle und Ufer sichern. Später wurden die Holzkästen mit Stein verkleidet, wonach Querbauwerke aus Steinen und Zementmörtelwerk (ZMMW) Vorgegangenes ablösten. Rezent stehen wir vor einem umfangreichen Sanierungsprojekt.

Der gegenständliche Artikel vergleicht zunächst die Möglichkeiten der Sicherung von steilen Bachläufen mit herkömmlichen Varianten und Baustoffen, wie sie in der Vergangenheit im Kompetenzbereich der Gebietsbauleitung Osttirol betrieben wurden. Zudem werden neue Varianten beschrieben, die in jüngerer Zeit ausgeführt wurden oder sich im Planungsstadium befinden. Die im Artikel beschriebenen Varianten erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit – lediglich sollen Varianten zur Stabilisierung und Konsolidierung von steilen Gerinnen angeführt und beschrieben werden. Die Maßnahmen werden einer qualitativen Bewertung in Bezug auf die Sicherheit und die Kosten beim Einbau, die Langlebigkeit und den Unterhaltungsaufwand sowie die Funktionalität gegenüber dem unterstellten Wildbachprozess, unterzogen. Zudem werden ökologische Aspekte in der Bewertung berücksichtigt.



Abb. 1: Historische Querbauwerke in der Schluchtstrecke des Bretterwandbaches; Gemeinde Matrei i. O.

Fig. 1: Historical check dams in the catchment of the Bretterwand torrent; municipality Matrei i. O.

Bauwerke zur Stabilisierung und Konsolidierung

Die Stabilisierung und Konsolidierung in steilen und unzugänglichen Bachabschnitten stellt besondere Herausforderung an die Planung und Ausführung der Maßnahmen. Schutzmaßnahmen zur Stabilisierung dienen dazu, die Sohle und die Ufer (samt der Einhänge) in der vorherrschenden Lage zu sichern und gegen Seiten- und Tiefenerosion zu schützen. Konsolidierungsmaßnahmen hingegen unterstützen die Hänge oberhalb des Bauwerkes durch eine Hebung der Gerinnesohle (siehe dazu ONR 24800).

Die Sicherung des Bachgerinnes zwischen den Querwerken durch Längsbauwerke hängt mit der Konstruktion der Staffelung zusammen. Die entscheidende Frage ist, ob zwischen den Sperren eine Nulldeckung vorherrscht. Ist die Krone der vorderen Sperre gleich hoch wie die Fundamentunterkante der darauffolgenden, ist die Möglichkeit einer Unterkolkung eingeschränkt. Die Errichtung der Querwerke auf Nulldeckung wird nur umgesetzt, wenn die Möglichkeit einer stabilen Sicherung des Vorfeldes nicht möglich oder zu aufwändig ist.

Als Hauptbaustoff von früher her ist Holz zu nennen, da Holz leicht manipulierbar ist, in den Einzugsgebieten im Bereich unterhalb der Waldgrenze vorliegt und über kurze Wege dem Gerinne zugeführt werden kann. In der Gebietsbauleitung Osttirol wurde bald der Entschluss getroffen, Holz nur noch dort zu verwenden, wo es sich um nicht murfähige Bäche handelt. Als Beispiel können Bereiche in der Sammelstrecke der Einzugsgebiete genannt werden. Hier können Holzkästen die erosive Wirkung von weitgehendem Reinwasserabfluss stark unterbinden.

Im Bereich der Schluchtstrecke, wo mit Murgängen bzw. erheblichen Geschiebebelastungen des Abflusses zu rechnen ist, wird aktuell der Baustoff Beton verwendet. Er löste in weiten Teilen die Holz- und Steinverbauungen in den Schluchtbereichen ab.

Nachfolgend werden die Vor- und Nachteile der einzelnen Bautypen dargestellt. Die Baustellenerschließung erfolgt stets durch eine Seilbahn.

Die Tabelle 1 gibt eine Aufstellung der einzelnen Querwerke nach Baustoffen, die vorwiegend zu Stabilisierungs- und Konsolidierungszwecke in steilen Gerinnen verwendet werden. Die Bewertung der Bautypen erfolgt anhand von definierten Kriterien in qualitativer Form. Die Bestnote (++) beschreibt die jeweils im Vergleich

mit allen angeführten Alternativen beste Alternative. Die Abstufung erfolgt bis zur vergleichsweise schlechtesten Alternative (--). Die Bewertung der Netz- und Stahlkonstruktionen wird in Klammern ausgeführt, da diese Typen erst seit einigen Jahren ausgeführt werden, und hier noch wenig Erfahrung vorherrscht. Angenommen wird stets die Erschließung des Baufeldes mittels Seilbahn.

Die Kosten als Kriterium beziehen sich lediglich auf die Kosten beim Einbau. Unterhaltungskosten bleiben hier unberücksichtigt.

Der Sicherheitsaspekt beim Einbau ist zudem entscheidend. So liegt hier das Hauptaugenmerk auf der Größe/Tiefe der auszuhebenden Baugrube, um eine diverse Bautype einzubauen bzw. stellt sich die Frage, ob ein Bauwerk in mehreren Abschnitten, also lagenweise eingebaut werden kann, und dadurch pro Bauabschnitt Massen reduziert werden. Jede Alternative, die die Beistellung eines Arbeiters im wasserseitigen Aushubbereich erfordert, gilt als schlechte Alternative in sicherheitstechnischer Sicht.

Die Langlebigkeit bzw. der Unterhaltungsaufwand gilt als erhebliches Kriterium. Auch müssen bereits im Planungsstadium, die durch die erwartete Lebensdauer des einzelnen Baustoffes Aufwendungen der Sanierung bzw. Unterhaltung mitberücksichtigt werden. Da nicht jeder Baustoff geeignet ist, jeden Wildbachprozess schadlos zu überstehen, macht es einen Unterschied, ob beim zu verbauenden Bach oder Bachabschnitt eine Murfähigkeit vorliegt. Die Stabilität des Bauwerkes muss an den Wildbachprozess angepasst werden. Dazu ist es erforderlich, den Prozess zu identifizieren. Nicht zuletzt müssen durch Einbauten in naturnahe Gerinne diverse ökologische Aspekte mitberücksichtigt werden. In Steilgerinnen in Osttirol ist weniger die Fischpassierbarkeit, vielmehr die Durchgängigkeit für Benthosorganismen zu berücksichtigen.

Bautypen/ Baustoffe	Kriterien				
	Kosten Einbau	Sicherheit Einbau	Langlebigkeit / Erhaltung	Stabilität/ Funktionalität	Ökol. Aspekte
Holz	++	~	--	--	++
Stein	+	++	-	-	+
Stein in Beton	~	+	+	+	-
Stahlbeton	--	--	++	++	--
Drahtschotterkorb	-	+	+	+	+
Netzkonstruktion	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)
Stahlkonstruktion	(++)	(~)	(+)	(+)	(+)

Tab. 1: Qualitative Bewertung der zur Stabilisierung und Konsolidierung eingebauten Bautypen

Tab. 1: Qualitative assessment of diverse technical measures to stabilize steep channels

Holzbauwerke

In steilen Gerinnen erfüllen Querwerke die Funktion der Stabilisierung bzw. Konsolidierung der Sohle und der Ufer mit Einhängen. Aus diesem Grund muss auch eine hohe Langlebigkeit der eingesetzten Materialien oberstes Ziel sein. Setzt man auf den Einsatz von Holzkonstruktionen, so muss an erster Stelle geprüft werden, wie sich z. B. ein ein- oder zweiwandiger Holzkasten gegenüber dem zu erwartenden Wildbachprozess verhält. Aus unserer Erfahrung lässt sich schließen, dass Holzbauwerke bei Einwirkung eines Murganges leicht zerstört werden können (siehe Abbildung 2). Bei Eintritt eines Hochwassers oder eines fluviatilen Feststofftransportes (eher im Sammelgebiet eines Einzugsgebietes als in der Schluchtstrecke) kann die Holzkonstruktion bei sachgerechter Ausführung gut als Stabilisierungs- oder Konsolidierungsbauwerk dienen.

Als negativ zu beurteilen ist die verhältnismäßig kurze Lebensdauer des Baustoffes Holz.

Auch bei Einsatz von Akazienhölzern, welche im Vergleich zu qualitativ gutem Lärchenholz etwa die doppelte Lebensdauer erreichen, ist die Lebensdauer im Vergleich zu Stahlbetonbauwerken oder Bauwerken aus Grobsteinen mit oder ohne Beton deutlich geringer.

Wird auf eine Nulldeckung zwischen



Abb. 2: Desolate Holzkästen nach einem Murgang

Fig. 2: Damaged wooden check-dams after a mud flow

den Sperren verzichtet, können Holzbauwerke als Längsbauwerk eingesetzt werden (siehe Abbildung 7). Die Lebensdauer dieser Längsverbauung ist vergleichsweise als ähnlich gering zu unterstellen wie jene der Sperren selbst.

Pro: geringe Kosten des Einbaus;
durchlässig für Benthosorganismen;

Contra: geringe Lebensdauer; geringe Funktionalität gegenüber Murgang;

Bauwerke aus Grobsteinen bzw. Grobsteinen in Betonbettung

Querbauwerke aus Grobsteinen oder Grobsteinen in Betonbettung weisen eine hohe Langlebigkeit auf. Im Sinne der Abriebfestigkeit und flexiblen Formgebung ist der Baustoff ähnlich den Stahlbetonbauwerken. Die Herstellungszeit gilt als kurz und die flexible Anpassung an die Geländegegebenheiten ist als besonders positiv hervorzuheben.

Beim Einbau der Steine befinden sich die Arbeitenden nicht im wasserseitigen Bereich des Bauwerkes, wodurch die Alternative Steinbauwerk aus sicherheitstechnischen Gründen als besonders positiv gilt. Werden Steine in Beton gebettet, muss der Beton verarbeitet werden, was die Aufenthaltsdauer von Personen im gefährdeten Bereich erhöht. Daher gilt die Grobsteinschichtung sicherer als die Grobsteinschichtung in Beton. Die Handarbeit beim Ausfugen der ZMMW kann an der Vorderseite des Querwerkes erfolgen – einem verhältnismäßig sicheren Bereich. Bei der Disposition gegenüber einem Murgang ist die Funktionalität der Grobsteinschichtung in Beton als besser einzustufen als die der Grobsteinschichtung ohne Beton.

Finden sich im Zuge des Aushubes entsprechende Steine, gilt diese Variante als kostengünstig. Dies ist jedoch selten der Fall. Seit der

Möglichkeit mit dem Seilkran Grobsteine sachgerecht und sicherheitstechnisch korrekt auf die Baustelle zu transportieren, gilt die Grobsteinschichtung mit oder ohne Beton als sehr interessante Verbauungsvariante (Abbildung 3). Bezüglich der ökologischen Aspekte kann ZMMW im Vergleich zu gewöhnlicher Grobsteinschichtung als schwer und nicht wasserdurchlässig bezeichnet werden.



Abb. 3: Steintransport mittels Seilbahn

Fig. 3: Transport of boulders with cable car



Abb. 4: Mit Wasserbausteinen gesichertes Steilgerinne; Verbauung Gsaritzerbach, St. Veit i. Def.

Fig. 4: Steep channel fixed with boulders; stabilisation Gsaritzerbach, St. Veit i. Def.

net werden. Ein Durchwandern von Benthosorganismen wird unterbunden.

Als Längsbauwerke (Abbildung 4) verfügen Grobsteinschichtungen und Steine in Betonbettung bzw. ZMMW eine hohe Langlebigkeit, Abriebfestigkeit und eine flexible Formgebung wird ermöglicht. Auch die kurze Herstellungszeit sowie die Sicherheit für die Ausführenden gelten hier als positive Aspekte.

Pro: hohe Sicherheit der Arbeitenden beim Einbau – speziell Grobsteinschichtung ohne Beton; Langlebigkeit; Funktionalität gegenüber Murgang der Grobsteinschichtung in Beton bzw. ZMMW;

Contra: geringe Funktionalität gegenüber Murgang der GSS ohne Beton; Reduktion der Benthosorganismenbewegung durch Betonfugen;

Stahlbetonbauwerke

Bei Stahlbetonbauwerken als Querwerke (Abbildung 5) sind die Langlebigkeit, die Abriebfestigkeit und die flexible Formgebung gegenüber Bauwerken mit anderen Baustoffen unerreicht. Durch die lange Herstellungszeit (Schalen, Armieren,

Betonieren, Ausschalen) und die damit verbundenen Stehzeiten des Schreitbaggers, Transportbetonwägen etc. entstehen hohen Kosten beim Einbau.

Das Arbeiten an der Rückseite des Baukörpers birgt eine hohe Gefahr bei steilen Ausbühnungen. Bei keiner anderen Alternative ist die Verweildauer der Arbeitenden im wasserseitigen, gefährlichen Bereich so lange einzustufen, als bei zu schalenden Stahlbetonbauwerken.

Beton ist schwer, nicht wasserdurchlässig und ermöglicht kein Durchwandern von Benthosorganismen. In geologisch labilen Gerinneabschnitten, wo die Einhänge sich bachwärts bewegen, ist der Einbau von Stahlbeton bedenklich, da es sich um einen starren Körper handelt, der mit Bruch auf eine seitliche Lasteinwirkung reagiert. Zwar besteht die Möglichkeit, die Bauwerke mit beweglichen Flügeln auszustatten, jedoch können diese nur die normal zur Bauwerksachse auftretenden Kräfte abführen. Bei schiefen Einwirkungen kann der bewegliche Flügel geknickt ausgeführt werden, was jedoch wieder in höheren Schalungsaufwand resultiert und die Verweildauer der Arbeitenden im gefährlichen Bereich zusätzlich erhöht. Auch wirkt sich eine aufwändige Ausführung der Flügel zusätzlich negativ auf

Abb. 5: Konsolidierungssperrenstaffelung in Stahlbeton; Bretterwand torrent, municipality Matrei i. O.

Fig. 5: Check dams made of concrete; Bretterwand torrent, municipality Matrei i. O.



die ohnehin schon hohen Kosten von Stahlbetonbauwerken als Konsolidierungsbauwerke aus.

Stahlbetonbauwerke als Längsbauwerke im Sinne von Ufer- und Sohlsicherungen sind aufgrund von hohen Kosten von z. B. aufwändigen Schalungsarbeiten bei abgetreppten Fundamenten etc. und ökologischen Aspekten eher zu verneinen.

Pro: Langlebigkeit; geringer Erhaltungsaufwand; hohe Stabilität bzw. Funktionalität gegenüber Murgang;

Contra: hohe Kosten beim Einbau; geringe Sicherheit der Arbeitenden beim Einbau; ökologische Aspekte;

Stahlbetonbauwerke als Bauwerke der Extreme: Laut der qualitativen Auswertung ist das Stahlbetonbauwerk als Querbauwerk im Steilgerinne im Vergleich mit den Alternativen entweder als die beste Alternative oder die schlechteste Alternative zu werten. Nie ist das Stahlbetonbauwerk als „durchschnittlich“ zu bezeichnen.

Drahtschotterkörbe

Die vorgefertigten Drahtkörbe mit diversen Drahtstärken, Beschichtungen und Abmessungen der Fa. Krismer sind flexibel und dennoch langlebig. Das Befüllen der Körbe erfolgt mittels Seilbahn und Betonkübel oder man verfüllt die Körbe bereits am Lagerplatz und transportiert diese mittels Seilbahn. Um vor Abrieb zu schützen wird die Abflusssektion mittels kraftschlüssig eingebautem Stahlblech mit einer Stärke von 8 mm ausgeführt. Durch das Baukastensystem kann auf die jeweiligen Gegebenheiten in der Baugrube, wie Felskontakt etc. schnell reagiert werden. Der Baukörper ist um ca. 25 % leichter als Beton, wasserdurchlässig und ermöglicht das Durchwandern von Benthosorganismen.

Da bei der Fertigung des Bauwerkes nicht an der Rückseite des Baukörpers gearbeitet werden muss, ergibt sich ein zusätzlicher Sicherheitsaspekt. Werden die Körbe erst an der Einbaustelle verfüllt, ergeben sich Stehzeiten vom Bagger durch händisches Ausgleichen der Füllschichten. Um ein Ausbauchen beim Verfüllen zu verhindern, ist eine Stützschalung erforderlich.

Diese Baukörper können als Längsbauwerk für die Vorfeldsicherung nicht eingesetzt werden, da sie hier vollflächig gegen Abrieb zu schützen wären, was zu aufwändig ist.



Abb. 6: Holzrost aus Robinienstämmen

Fig. 6: Wooden grating with robinia

Um die aufwändige Nulldeckung in sehr steilen Gerinnen zu kompensieren, kann zum Schutze vor Unterkolkung zwischen den Sperren ein Holzrost eingebaut werden, der mit Steinen befüllt bzw. ausgekleidet wird. Beim Bauwerk Gsaritzerbach in St. Veit i. Def. wurden die Holzroste aus Robinenhölzern am Lagerplatz zusammenschraubt, mit der Seilbahn zum Einbauort angeliefert und dort als Ganzes eingebaut (siehe Abbildung 6). Die Zwischenräume der Querhölzer wurden mit Steinen verfüllt, um den Kolkenschutz zu erhöhen. Je ein beidseitiges Längsholz des Rostes bildet den Fuß für die weitere Ufersicherung in Grobstein-schichtung (siehe Abbildung 7).



Abb. 7: Einheben der Maccaferri Drahtkörbe

Fig. 7: Fixation of gabions

Pro: durchgängig für Benthosorganismen; Sicherheit beim Einbau; funktionell;

Contra: hohe Kosten des Einbaus;

Netzkonstruktion

Netzkonstruktionen wurden seitens der Gebietsbauleitung Osttirol bislang nur bedingt als Stabilisierungs- oder Konsolidierungsbauwerke verwendet, daher gibt es noch wenige Erfahrungswerte. Ein Bauwerk wurde im Erlbach in Abfaltersbach eingebaut (siehe Abbildung 8). Es handelt sich hierbei um eine Murgangbarriere der Fa. Geobrugg. Diese wurde mittels Gewi-Stäben beidseitig verankert und mit einem Stahlblech

im Bereich der Abflusssektion versehen, um vor Abrasion zu schützen. Der Einbau bzw. die Fixierung des Netzes im Bereich der Einhänge ist im Vergleich zu den steifen Stahlelementen als aufwändig zu beurteilen. Jedoch ist dieses Element mit Bremsen ausgestattet, das eine dynamische Einwirkung erlaubt und nicht vorverfüllt werden muss. Es hält der Einwirkung eines Murganges stand, dient somit bei Eintritt des ersten Ereignisses als Geschieberückhalteanlage und erst in weiterer, verfüllter Folge dient das Bauwerk als eigentliches Konsolidierungsbauwerk.

Die Konstruktion erscheint langlebig, wenn die oberste Netz- und Seilkante zusätzlich vor Abrieb geschützt wird. Zudem ist die Konstruktion relativ flexibel, leicht, wasserdurchlässig



Abb. 8: Netzsperre als Konsolidierungsbauwerk im Erlbach; Gemeinde Abfaltersbach

Fig. 8: Net barrier for consolidation in the Erl torrent; municipality Abfaltersbach

und ermöglicht damit das Durchwandern von Benthosorganismen.

Der Aufenthalt in der steilen Baugrube ist bei der Ankerung im tiefsten Punkt der Baugrube, der Querseilmontage und der Netzmontage erheblich. Die Ankerung im Allgemeinen kann im Lockermaterial aufwändig ausfallen, da hier die Fundiermethoden und Qualitätssicherungen gemäß ONR 24806 bis 24810 gelten.

Pro: durchgängig für Benthosorganismen; funktionell;

Contra: geringe Sicherheit der Arbeitenden beim Einbau;

Stahlkonstruktionen

Stahlkonstruktionen wurden seitens der Gebietsbauleitung Osttirol bislang nur bedingt als Stabilisierungs- oder Konsolidierungsbauwerke verwendet, sie befinden sich noch in der „Testphase“, wodurch es auch noch wenige Erfahrungswerte

gibt. Jedoch gibt es schon Prototypen, die in Zusammenarbeit mit der Fa. Wilfried Mair, St. Lorenzen Italien, oder mit der Fa. Betonform, Gais Italien, entwickelt und auch bei diversen Baufeldern eingebaut wurden. Diese sind wie Schirme (Umbrellas) konzipiert und werden ohne seitliche Anker eingebaut. Die Ankerung erfolgt über einen zentralen Zugstab und/oder einer eingeschütteten Ankerplatte, die zusätzlich im Boden fixiert werden kann.

Der Einbau von Stahlsperren mit einer Abflussektion ohne seitliche Nägel oder Anker kann eine schnelle und verhältnismäßig kostengünstige Stabilisierung bzw. Konsolidierung ermöglichen.

Die Konstruktion erscheint langlebig und relativ flexibel, leicht, wasserdurchlässig und ermöglicht damit das Durchwandern von Benthosorganismen.

Da die Elemente vorbestellt werden müssen, kann es bei ungleichen Aushubtiefen in der Sohle zu Diskrepanzen im Sinne der flexiblen

Anpassung der Bauwerksgeometrie an den Aushub kommen. Neuere Ausführungen sollen ein einfaches Stecksystem beinhalten, wodurch im Gelände beliebige Anpassungen an die Geometrie vorgenommen werden können.

Beim Bauvorhaben Tödterbach bzw. Feigental in Sillian wurden sogenannte Farfalle Runsenelemente der Firma Mair eingebaut (siehe Abbildung 9). Durch die verbaute Runse konnte neben der Runsensicherung die Ableitung der gefassten Hangwässer auf einer Länge von rund 300 m gelingen. Es handelt sich dabei um Stahlkonstruktionen mit aufgeschweißter Armierungsmatte, welche über eine Totmannverankerung mit abgespannten Stahlseilen in den Untergrund fundiert werden. Je nach Untergrund wird die Rückseite zusätzlich mit Vlies oder Geogittern gesichert. Im Gegensatz zu herkömmlichen Hangstabilisierungssystemen ist dabei die Abflussek-

tion fix integriert. Diese Bautype wird derzeit in 3 Verbaugrößen angeboten. Die Versetzung der Elemente erfolgt mittels Schreitbagger. Durch die Vorfertigung kann die Verweildauer des Arbeiters vor Ort stark verkürzt werden, wodurch das Gefährdungspotential in den labilen Hangbereichen bzw. der Baugrube erheblich verringert wird.

Ein weiterer, erheblicher Vorteil gegenüber z. B. Holzbauwerken ist die längere Lebensdauer der Elemente. Im Ausführungsjahr 2016 wurden in der Feigental-Rutschung 90 Querwerke eingebaut, wobei sich ein Einheitspreis von ca. 400 €/m² ergab.

Die Verbauungen im Tödterbach mit seiner Feigental Rutschung sind ein gutes Beispiel, wie durch unkomplizierte Zusammenarbeit von Wildbach- und Lawinerverbauung, Behörden und Anrainern ein innovatives, gesamtumfassendes Schutzvorhaben verwirklicht werden kann.



Abb. 9: Gerinnesicherung mit "Farfalle Stahlelementen" im Bereich Feigental, Gemeinde Sillian

Fig. 9: Stabilisation of steep channels with "Farfalle steel constructions" in the Feigental, municipality Sillian

Pro: leichtes, mit der Seilbahn als Ganzes transportierbares System; geringe Kosten; durchgängig für Benthosorganismen; langlebig; funktionell;

Contra: vergleichsweise geringe Sicherheit der Arbeitenden beim Einbau;

Schlussfolgerung und Ausblick

Die Möglichkeiten Steilgerinne zu stabilisieren bzw. zu konsolidieren sind begrenzt. Die Kunst besteht darin, die für die jeweiligen Gegebenheiten im Einzugsgebiet beste Alternative, unter Berücksichtigung der geforderten sicherheitstechnischen und ökologischen Aspekte, zu finden und sachgerecht auszuführen.

Altbewährte Möglichkeiten der Verbauung von Steilgerinnen wurden weiterentwickelt, neue Möglichkeiten werden entdeckt und etablieren sich, bis sie den Status „Stand der Technik“ erreichen. Bei den Baufeldern Tödterbach und Gsaritzerbach wurden einige neue Varianten eingesetzt und auf ihre Tauglichkeit geprüft. Durch die Möglichkeit der Verwendung einer Seilbahn mit Steintransportnetz oder Mulde, können Gerinne jeder Steilheit mit Wasserbausteinen oder Stahlelementen verbaut werden. Zudem führt der Einsatz von Steinen oder Stahlelementen zu einer vielfachen Erhöhung der Lebensdauer der Verbauung im Vergleich zu Holzbauwerken.

Zusammenfassend ergibt sich die Erkenntnis, dass es Sinn macht, sich weitreichende Gedanken und ausführliche Variantenplanungen bzgl. der Bauwerke, der Baustoffe und der Bautypen zu machen. Das Binden der Feststoffe im Einzugsgebiet kann eine wesentlich günstigere Form der Geschiebemanagement darstellen als Geschieberückhaltebecken häufig zu räumen und Feststoffe lt. DeponieVO zu deponieren. Dies gilt vor allem in Einzugsgebieten, in denen häufig Geschiebe transportiert wird. Populäre Beispiele

dazu bieten beispielsweise der Wartschenbach oder der Tödterbach, beide in Osttirol. Bäche, die vor den ausführlichen Konsolidierungsmaßnahmen häufig Feststoffe mobilisierten und bis in den raumrelevanten Bereich transportierten, weisen rezent bei Eintritt von Ereignissen lediglich leichte Feststoffbelastungen – und Dank des in Osttirol gut funktionierenden Wildbachbetreuungskonzeptes – nur leichte Schwemmholtfrachten auf.

Für die Zukunft stehen neue, leichte Stahlelemente zur Sicherung von Runsen bzw. Steilgerinnen bereit. Diese wurden im Tödterbach in Sillian oder im Erlbach in Abfaltersbach bereits erfolgreich eingesetzt. Ob sie sich bei Eintritt eines Ereignisses bewähren, ist zu erwarten, muss sich aber zeigen. Leichte Stahlelemente verfügen über erhebliche Vorteile gegenüber alternativen Typen, da sie vergleichsweise kostengünstig sind, durch die geringe Verweildauer der Arbeiter dem Sicherheitsaspekt genüge getan wird und sie durchgängig für Benthosorganismen sind. Zudem liegt ein erheblicher Vorteil in der geringen Anforderung an die Baustellenschließung. So müssen nicht kostspielige und aufwändige Straßen gebaut oder erhalten werden sondern kann mit einer adäquaten Seilbahn die Baustelle zweckmäßig erschlossen werden.

Anschrift des Verfassers / Author's address:

DI Hanspeter Pussnig
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Osttirol
Kärntnerstraße 90, 9900 Lienz
hanspeter.pussnig@die-wildbach.at

Literatur / References:

DIV. TECHNISCHE BERICHTE:
Archiv der Gebietsbauleitung Osttirol der WLV

FOTOS:
Archiv der Gebietsbauleitung Osttirol der WLV

ONR 24800 (2009): Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Begriffe und ihre Definition sowie Klassifizierung

i.n.n. | naturraum - management
ingenieurgesellschaft
geoinformatik
geotechnik
risk-management recht

i.n.n.
ingenieurgesellschaft für
naturraum - management mbH & Co KG
tel (fax): 0043-512-342725 (11)
mail: office@inn.co.at
grabenweg 3a
A-6020 innsbruck

Unsere Leistungen im Naturgefahren-Management:
Regional- und Gefahrenzonenplanung Schutzkonzepte Gutachten
Einreichplanung Ausschreibungen Umsetzungsbegleitung /-kontrolle

Weitere Bereiche: Umwelttechnik und Sportstättenplanung

HANSPETER PUSSNIG

Lawinenbrecher in Osttirol

Avalanche breaker in East Tyrol

Zusammenfassung:

In Osttirol werden seit dem Jahr 2010 Lawinenbrecher projektiert und ausgeführt. Um die optimale Wirkung der Bauwerke zu erzielen, muss der Standortwahl ein besonderes Augenmerk geschenkt werden. Eine ideale Wirkung erzielt man, wenn sich Lawinenbrecher in kanalisiert Sturzbahnen befinden und die Lawinengeschwindigkeiten hoch sind. Diesbezüglich ergeben sich jedoch auch die größten zusätzlichen Herausforderungen für diese Bauwerke. In Sturzbahnen muss das Bauwerk oft auch auf den Prozess Murgang einwirken und die erheblichen Lawinenkräfte dort müssen auf der gesamten Bauwerkshöhe abgeführt werden. Dies führt meist zu der Ausführung von Mischtypen, also Mur- und Lawinenbrechern und je nach Untergrundverhältnissen zu erheblichen Verankerungen der Flügel und der Fundamentplatte in den Untergrund. Die Einwirkungskomponenten betragen zw. 120 und 140 kPa/m² und wirken auf die gesamte Bauwerkshöhe zw. 15 und 20 m.

Stichwörter: Lawinenbrecher, Lawine, Murgang, kombinierter Bautyp, Beton, Osttirol

Abstract:

Since 2010, avalanche breaker have been constructed and executed in East Tyrol. Due to the required function the ideal location of such key-construction is important. To achieve best effects, the avalanche breaker should be situated in steep gorges where high velocities of an avalanche occur. In gorges often also debris flows can occur. Thus, the avalanche breaker must be designed to have an additional effect due to the expected torrential processes. In consequence a debris flow- and avalanche breaker must be built. To discharge expected high impact forces an anchoring of the wings and the ground plate is needed. Expected impact forces are between 120 and 140 kPa/m² at the entire height of the construction between 15 and 20 m.

Keywords:

Avalanche breaker, avalanche, debris flow, combined construction, concrete, East Tyrol

Einleitung

In Osttirol wurde bisher ein Lawinenbrecher zur Abwehr der Timmelbach-Lawine in Prägraten am Großvenediger ausgeführt. Ein weiterer Lawinenbrecher wird in den nächsten Jahren in Hopfgarten in Deferegggen errichtet. Der vorliegende Artikel gibt Einblicke über den Anlass zum Einsatz von Lawinenbrechern sowie die Erstellung von relevanten und der Konstruktion der Bauwerke zugrunde liegenden Einwirkungsmodelle. Daraus folgt die Bemessung und konstruktive Durchbildung der Brecherbauwerke samt dem nötigen Erhaltungsaufwand lt. ONR. Zum Abschluss des Artikels wird mithilfe der Reflexion und des Ausblickes der Blick über die Vergangenheit zur Gegenwart bis in die Zukunft der Ausführung solcher Bauwerke gewagt. Praktische Erfahrungen und Probleme im Zusammenhang mit der Ausführung werden kundgetan und beschrieben.

Anlässe zur Errichtung von Lawinenbrechern

In Prägraten am Großvenediger in Osttirol, Bezirk Lienz, wurde zum Schutze der Bevölkerung vor der Timmelbach-Lawine und des Timmelbaches im Jahr 2010 ein Verbauungsprojekt ausgearbeitet, das die Energiedissipation eines Murganges herbeiführt, und wesentlich in die drei Teile des Lawineneinzugsgebietes eingreifen soll: in das Abbruchgebiet, die Sturzbahn und den Ablagerungsbereich. Zwischenzeitlich ist das Projekt zu einem großen Teil fertig gestellt. Auch der Mur- und Lawinenbrecher im Übergangsbereich zwischen der Sturzbahn und dem Ablagerungsgebiet wurde bereits fertig gestellt (siehe Abb. 1). Dieses Bauwerk stellt das Schlüsselbauwerk in der Sturzbahn der Lawine dar.

Aus der Lawinenchronik zur **Timmelbach-Lawine** lässt sich nur ein Lawinenereignis vom 21.01.1951 identifizieren. Der Lawinenab-



Abb. 1: Mur- und Lawinenbrecher Timmelbach-Lawine luftseitig

Fig. 1: Avalanche-breaker Timmelbach avalanche downstream view



Abb. 2: Mur- und Lawinenbrecher Timmelbach-Lawine wasserseitig

Fig. 2: Avalanche-breaker Timmelbach avalanche upstream view

gang drang demnach bis in den nördlichen Teil (Schule) von Prägraten vor, wodurch eine Kapelle zerstört und eine Person, die sich in der Kapelle befand, getötet wurde. Zudem wurden beim Ereignis zwei Wohnhäuser, drei Wirtschaftsgebäude und ein E-Werk beschädigt.

Laut der Auskunft aus den Berichten handelt es sich bei der Timmelbach-Lawine um eine „schlafende Lawine“. Das bedeutet, dass

die Lawine sehr selten bis in den raumrelevanten Bereich vordringt. In den seltenen Fällen, in denen sie jedoch vordringt, hat sie den Charakter einer ausgesprochenen Schadlawine (Großlawine). In Anbetracht einer Vorverfüllung des Lawinenbrechers ist das Bauwerk letztlich nur in jenem Einsatzbereich optimal, in dem eine geringe Frequenz von Lawinabgängen jedoch eine große Magnitude zu erwarten ist. Laut gültigem Gefahrenzonenplan der Gemeinde Prägraten aus dem Jahr 2000 befinden sich 88 Gebäude im gefährdeten Bereich der Timmelbach-Lawine.

In **Hopfgarten in Deferegen** wurde zum Schutze der Bevölkerung vor der Hopfgartnergraben-Lawine und vor Murgängen aus dem Hopfgartnergraben im Jahr 2016 ein Verbauungsprojekt ausgearbeitet, das die Energiedissipation eines Murganges herbeiführen und wesentlich in die Sturzbahn des Lawineneinzugsgebietes eingreifen soll. Mit den Ausführungen der Verbauungsmaßnahmen wird heuer begonnen. Im Jahr 2019 soll



Abb. 3: Der geplante Lawinenbrecher in der Schluchtstrecke des Hopfgartnergraben

Fig. 3: Construction site of the Avalanche-breaker in the Hofgartnergraben

mit der Errichtung des Schlüsselbauwerkes, des Lawinenbrechers begonnen werden. Dieses Bauwerk stellt neben der weiter unterhalb geplanten Geschiebedosieranlage das Schlüsselbauwerk in der Sturzbahn der Lawine dar (siehe Abb. 3).

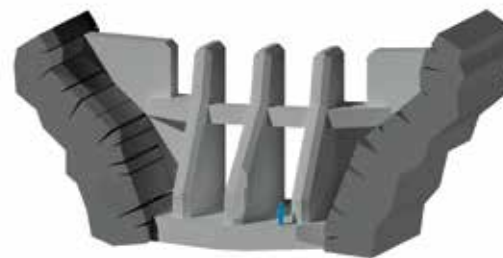


Abb. 4: Modell des Lawinenbrechers im Hopfgartnergraben wasserseitig

Fig. 4: Model of the avalanche-breaker in Hopfgartnergraben, upstream side



Abb. 5: Modell des Lawinenbrechers im Hopfgartnergraben luftseitig

Fig. 5: Model of the avalanche-breaker in Hopfgartnergraben, downstream side

Im Zuge der Variantenplanung wurde versucht, unter Beachtung der Grundsätze der Sparsamkeit, Wirtschaftlichkeit und Zweckmäßigkeit einen wirksamen Schutz vor Lawinen- und Murgangwirkungen im besiedelten Bereich von Hopfgarten i. Def. zu erwirken. Diesbezüglich war bald klar, dass es nicht gelingt mit nur einem Querbauwerk sachgerecht auf die Prozesse Mischlawine und Murgang einwirken zu können. Zu groß sind die unterschiedlichen Anforderungen an die Funktion der Bauwerke. Als Konsequenz wurde dieselbe Kombination, wie beim Bauvorhaben Timmelbach-Lawine, gewählt und die Funktionen Energiedissipation der Lawine und der Mure wurden versucht mit einem Bauwerk zu lösen. Die Feststoffbewirtschaftung i.e.S wird durch eine nachgereichte Geschiebedosieranlage vorgenommen.

Die Hopfgartnergraben-Lawine umfasst sechs einzelne Anbruchgebiete mit Lawinenkubaturen im Auslauf von jeweils über 50.000 m³. Beim Bemessungsereignis handelt es sich um eine Mischlawine mit einer Lawinenschneemenge von 190.000 m³ und umfasst ein Szenario, das die Kombination div. Anbruchgebiete beinhaltet. Die Leitdämme am Schwemmkegel wirken bei kleineren und mittleren Lawineneignissen. Beim Abgang der Bemessungslawine können diese Bauwerke bedingt auch durch erhebliche Vorver-

füllungen des Grabens überfahren werden. Die lt. der Lawinensimulation und dem Berechnungsansatz lt. ONR 24805 errechnete horizontale Druckkomponente der Lawine beträgt bei hm 8,58 (Bereich gepl. Lawinenbrecher in der Sturzbahn) 130 kN/m².

Wirkung von Lawinenbrechern

Die ideale Örtlichkeit für einen Lawinenbrecher befindet sich im Bereich der Schluchtstrecke, wo die Lawinengeschwindigkeit hoch ist. Zudem muss die Distanz unterhalb des Bauwerkes zu den zu schützenden Bereichen noch groß genug sein, um die Ablagerung des Fließanteiles des an sich durchgängigen Bauwerkes zu ermöglichen. Diesbezüglich soll auch die Neigung nicht zu hoch sein, um die Ablagerung der Lawine zu ermöglichen. Ideal dafür liegt der Lawinenbrecher im Timmelbach, da dieser im Kompressionsbereich bzw. im Schwemmkegelbereich einliegt. Die Lawinengeschwindigkeit ist aufgrund der großen Neigung bachaufwärts (28°) mit ca. 25 m/s hoch. Bachabwärts des Brechers am Schwemmkegel ist die Neigung mit 17° relativ flach, wodurch die Geschwindigkeit auf ca. 10 m/s reduziert werden kann. Ein rezenter Gefälleknick des Grabens wirkt somit auf die Lawine in der Form ein, als dass eine

Abnahme des Volumens und eine Zunahme der Dichte (=Kompression) passiert. Hier soll der Lawinenbrecher in den Grenzbereich des Fließanteils einwirken und diesen zum Staubanteil transferieren (brechen). Die Strömungslinien werden gegeneinander gelenkt, sodass Turbulenzen entstehen und damit die Mischlawine vor dem Erreichen des Siedlungsraumes in ihrem „laminaren Strömungsverhalten“ gestört und die Fließgeschwindigkeit maßgeblich verringert wird. Der abströmenden Restlawine stehen nun auf einer Länge von 200 m die Unterlaufregulierung des Timmelbaches mit sieben Absturzbauwerken und zwei Lawinenauffangdämme bevor, wo das Schneevolumen der Bemessungslawine von ca. 70.000 m³ zurückgehalten werden kann. Das bei einer Bemessungslawine entstehende Schneevolumen von 65.000 m³ kann durch den Lawinenbrecher und den darauf folgenden Dämmen schadlos zurückgehalten werden.

Da das Bauwerk im Timmelbach zusätzlich zur Lawine auch gegenüber einem Murgang disponiert ist, muss dies bei der Konstruktion bzw. bei der Ausformung der Scheiben berücksichtigt werden. Hier ergibt sich natürlich ein Konflikt, da die Lawinenenergie über die Ausbildung einer Schockwelle umgewandelt wird, die möglichst gleiche und steil stehende Scheiben bzw. einen gleichmäßigen steilen wasserseitigen Anzug verlangt. Der Murgang oder die murartige Feststoffverlagerung hingegen verlangen eher flach stehende Scheiben, wobei die mittlere Scheibe weiter wasserseitig stehen soll, um den mitgeführten Schwemmholzteppich auf den Scheiben auf- bzw. zur Seiten abgleiten zu lassen und die Überfallsektion möglichst lange unbelastet bleibt und lediglich geringe Holzfrachten in den Unterlauf abgeschwemmt werden. Gering geneigte Scheiben haben bei Einwirkungen von stark blockigen Murgängen zudem den Vorteil, dass aufgrund der

günstigeren Resultierenden die Stoßbeanspruchung reduziert wird.

Der Mur- und Lawinenbrecher als ein Schlüsselbauwerk im Timmelbach, dessen Auswirkung auf die Verbauung und die zu schützenden Bereiche lt. ONR 24802 mit hoch einzustufen ist (Schadensfolgeklasse CC3), soll drei Funktionen erfüllen:

1. Energiedissipation des Murganges
2. Rückhalt von Schwemmholz und Grobgeschiebe
3. Energiedissipation von Fließlawinen bzw. Mischlawinen mit anschließender schadloser Ablagerung des gesamten Schneevolumens

Der geplante Lawinenbrecher im Hopfgartnergraben befindet sich in einem Bereich der Sturzbahn, wo eine durch die Kanalisation komprimierte Lawine mit hoher Lawinengeschwindigkeiten mit ca. 30 m/s zu erwarten ist. Auch hier ist eine starke Kompression der Lawine zu erwarten. Durch das „Brechen“ der Lawine und der zu erwartenden Verringerung der Lawinengeschwindigkeit ist eine Ablagerung des Fließanteiles nach dem Brecher zu erwarten. Dadurch wird dem Staubanteil die Nahrung entzogen, wodurch sich die Einwirkungsenergie im besiedelten Bereich bis zur Landesstraße maßgeblich reduziert. Der abströmenden Restlawine mit einer max. Geschwindigkeit zw. 10-15 m/s steht nun der weitere Grabenverlauf auf einer Länge von ca. 130 m mit einer weiteren Richtungsänderung bis zur geplanten Geschiebedosiersperre bevor. Hier lagert sich ein weiterer erheblicher Teil der möglichen verbleibenden Restlawine ab, der verbleibende Rest lagert sich schadlos im Schwemmkegelgerinne des Hopfgartnergrabens ab: Eine schadbringende Einwirkung der Bemessungslawine in besiedelten Bereichen von Hopfgarten kann planvoll verhindert werden. Bei Unterstellung des Bemessungsereignisses als

Schutzziel wirkt der Brecher als durchgängiges Bauwerk, wodurch es lediglich zu geringer bis keiner Vorverfüllung kommt. Das Szenario der Vorverfüllung des Bauwerkes auf seiner gesamten Höhe liegt außerhalb des Bemessungsereignisses und damit außerhalb des Schutzzieles.

Der Lawinenbrecher im Hopfgartnergraben ist zusätzlich zur Lawine auch gegenüber einem Murgang disponiert. Diesbezüglich musste auch hier der Kompromiss der flacheren Scheiben eingegangen werden, um beide Prozesse zu berücksichtigen. Wie beim Brecher im Timmelbach wurden die gesamten disponierten Bereiche mit Stahlblech verkleidet und stark abgefasst ausgeführt, um die Stoßbeanspruchung von steinigen Muren zu reduzieren. Die lichte Weite zwischen den möglichst steil auf die Bahnneigung stehenden Scheiben (Bildung einer Schockwelle beim Aufprall einer Staub- oder Mischlawine) von 3,5 m ergibt sich aus:

- der Disposition des Bauwerkes gegenüber der Lawine: Als Schlüsselbauwerk in der Schluchtstrecke wird die Lawinenenergie dissipiert. Die lichte Weite zwischen den Scheiben in vertikaler und horizontaler Ausrichtung gibt der Lawine eine Richtung, die die Strömungslinien gegeneinander lenkt und damit Turbulenzen erzeugt. Als durchgängiges Bauwerk mit einem Füllungsgrad von ca. 50 % sollen die lichten Weiten möglichst groß gewählt werden, um Turbulenzen in der Lawine zu erzeugen, jedoch den Rückstau der Lawine soweit zu unterbinden, um keine frühe Ablagerung im Retentionsbereich des Brechers zu verursachen;
- der Disposition gegenüber einem Murgang: Hier wird die Funktion der Bremswirkung zur Reduktion der Fließgeschwindigkeit tragend;

- der Filterfunktion: Schwemmholz und die Großkomponenten des Geschiebes (d_{max}) sollen hier retentiert werden. Dies erfordert in der Bemessung der lichten Weite der Scheiben den 1-fachen Größtkorndurchmesser des Geschiebes. Das dominierende Größtkorn (d_{max}) der Feststoffe im Gerinne beträgt ca. 3 m. Der Bemessung der lichten Weiten gegenüber dem Schwemmholzurückhalt liegt folgende Formel zugrunde:

$$L \leq 1,5 \times s$$

- Wobei L die Länge des Schwemmholzes darstellt und s der lichte Scheibenabstand ist. Die Länge des Schwemmholzes kann zwischen 4 m und 10 m angenommen werden. Es liegen vorwiegend Holz im Baumalter und keine Wurzelteiler vor. Die Transportstrecke der effektiven Schwemmholzmenge ist kurz, wodurch eine Verkleinerung durch den Prozess nur bedingt passiert. Es bleibt zu bedenken, dass sich der Scheibenabstand im Sinne von Schwemmholzurückhalt bloß am Anfang eines Ereignisses auswirkt;
- der Vermeidung eines Wassereinstaus: Die Schlitzbreiten erlauben einen ausreichenden Reinwasserabfluss um einen Einstau zu vermeiden;
 - konstruktiven Gründen;

Ein Tosbecken wird als Grobsteinschichtung in Beton mit Abflussmulde und mit einer Länge von 17 m ausgeführt (berechnet nach ONR 24802 mod.). Die Grobsteinschichtung gewährleistet eine hohe Rauheit, was wiederum in eine effiziente Energieumwandlung resultiert.

Beide Lawinenbrecher verfügen über eine sachgerechte Erschließung für die erforderliche künftige Unterhaltung der Bauwerke als Schlüsselbauwerke lt. ONR 24803. Diesbezüglich

ist deren regelmäßige Überwachung (Inspektion) und Erhaltung (Instandhaltung, Instandsetzung) entsprechend der einschlägigen ONR 24803 sicherzustellen. Schlüsselbauwerke bedürfen der laufenden Überwachung mit einem Inspektionsintervall von einem Jahr, Standardbauwerke einem Intervall von fünf Jahren. Bauwerkskontrollen sind alle fünf Jahre, Sonderkontrollen nach Bedarf durchzuführen. Die Instandhaltung der ausgeführten Maßnahmen, die nach Fertigstellung einer umgehenden Kollaudierung zuzuführen sind, obliegt der Interessentengemeinde und kann aus Mitteln des Betreuungsdienstes für Wildbach- und Lawinerverbauung gefördert werden. Davon ausgenommen sind Brückenbauwerke, Sicherheitseinrichtungen und Absturzsicherungen.

Einwirkungsmodelle

Zur Ermittlung der Einwirkungskomponenten auf die Bauwerke wurden die ONR 24805 für die Lawineneinwirkung und die ONR 24801 und 24802 für die Einwirkung des Murganges herangezogen. Die Mur- und Lawinenbrecher als Schlüsselbauwerke in den Maßnahmenketten der Verbauungsprojekte Timmelbach-Lawine und Hopfgartnergraben-Lawine müssen die Kräfte einer Bemessungslawine und eines Murganges schadlos ableiten können. Somit ist besonderes Augenmerk auf die Dimensionierung des Bauwerkes zu richten.

Die Leitprozesse sind

- Fließ- bzw. Mischlawine und
- Murgangartige Feststoffverlagerung.

Der Prozess „Murgangartige Feststoffverlagerung“ verlangt eine Dimensionierung des Sperrenkörpers auf mind. 175 kN/m^2 . Die Belastung tritt als Rechtecklast über die gesamte Fließhöhe des

Bemessungsereignisses mit 6 m auf. Der Prozess Fließlawine ist als der maßgebende Prozess definiert, da er auf die gesamte Bauwerkshöhe von 20 m beim Timmelbach-Brecher bzw. 15 m beim Hopfgartnergraben-Brecher mit einer Einwirkungskomponente von 140 kN/m^2 bzw. 120 kN/m^2 wirken kann. Nicht bloß die Fließhöhe wird auf diese Last bemessen, sondern es muss aufgrund von möglichen Verklausungen oder einer Vorverfüllung mit der Krafteinwirkung auf der gesamten Höhe des Bauwerkes gerechnet werden, wenngleich die Wahrscheinlichkeit einer Verklausung des grundsätzlich durchgängigen Bauwerkes sehr gering ist (Füllungsgrad von 50 %). Die Einwirkung der Lawinen wurde seitens der Stabstelle Schnee und Lawine der WLW mit den Simulationsmodellen SAMOS, RAMMS und ELBA+ berechnet. Zudem wurde die Einwirkung mit empirischen Ansätzen plausibilisiert, wodurch die Multiplikation der quadrierten Geschwindigkeit mit einer für die Bemessungslawine unterstellten Dichte von 300 kg/m^3 die dynamische Einwirkung der Lawine ergibt.

Bei der statischen Bemessung des Mur- und Lawinenbrechers im Hopfgartnergraben ist die horizontale Lawinendruckkomponente nur im Bereich der Scheiben und der Flügel anzunehmen, die lichten Flächen werden in der Lastaufstellung als nicht verklaut angenommen, wodurch sich die Dimensionierung hier auf die lt. ONR 24806 seitlich mit 20 Grad einwirkende Druckkomponente beschränkt.

Hohe Lasten entstehen v.a. beim Auftreten von punktuellen Belastungen durch von der Lawine mitgeführtem Holz oder Steinen bis Felsblöcken, wodurch im unteren Bereich des Bauwerkes eine höhere Belastung unterstellt werden muss, was durch die Dimensionierung auf den Murgang bis zu einer Bauwerkshöhe von 6 m kompensiert wird.

In der Lastaufstellung des Mur- und Lawinenbrechers im Hopfgartnergraben wird eine Trapezbelastung unterstellt. Am Fuße des Bauwerkes ist mit einer Belastung von 200 kN/m^2 zu rechnen. Bei einer Bauwerkshöhe von 6 m (Fließhöhe Murgang) wird das Bauwerk auf eine horizontale Druckbelastung von 175 kN/m^2 , und bei einer Höhe von 15 m auf eine Last von 130 kN/m^2 bemessen.

Konstruktion und Bemessung der Lawinenbrecher

Die Osttiroler Mur- und Lawinenbrecher gelten als Schlüsselbauwerke. Beim Hopfgartnergraben-Brecher ist zwar die Auswirkung auf das Verbauungssystem nur als gering bis mittel einzustufen, da durch das Versagen keine oder geringe Auswirkung auf das Versagen weiterer Bauwerke unterstellt werden kann, doch ist die Auswirkung eines Versagens des Bauwerkes auf die geschützten Bereiche als hoch einzustufen, da ein dicht besiedeltes Gebiet darunter liegt und ein überregionaler Verkehrsweg quert. Wie der Chronik zu entnehmen ist, gilt das Personenrisiko auch beim Versagen des Bauwerkes als hoch. Für den Mur- und Lawinenbrecher wird die Schadensfolgeklasse CC3 definiert. Durch die Höhe des Schlüsselbauwerkes von der FUK bis zur Abflusssektion von über 15 m wird die Bauwerkskategorie GK3 definiert. Im Zuge der Vorerkundungen des Untergrundes wurden Schürfe veranlasst, die bis auf die Tiefe der Gründungssohle reichen. Es wurde Fels vorgefunden (Paragneis, dickbankig, geklüftet), der eine Sohldruckspannung von 750 kN/m^2 erlaubt. Als maßgebliche Einwirkungskombination lt. ONR 24802 wird die EK O definiert, da der Leitprozess die Lawine darstellt. Somit ergibt sich für den Funktionstyp Mur- und Lawinenbrecher die Bemessungssituation BS 3. Die Vorbemessung des Bauwerkes basiert auf BS 1, die zusätzlichen Sicherheiten der BS 3 werden vor der Ausführung im Zuge der konkreten statischen

Planung berücksichtigt. Als Sondereinwirkung gilt nur die Lawine. Die zu erwartende, rezent vorherrschende Steinschlageinwirkung wird vor der Ausführung des Bauwerkes durch entsprechende Sicherungsmaßnahmen hintangehalten.

Der Mur- und Lawinenbrecher als Schlüsselbauwerk bedarf der diesbezüglich erforderlichen Inspektionsintervalle lt. ONR 24803. Hierfür ist die laufende Überwachung der Anlage nach der Erstaufnahme einmal pro Jahr erforderlich. Die Bauwerkskontrolle ist am Ende der dreijährigen Gewährleistungsdauer und dann mindestens alle fünf Jahre durchzuführen. Eine Sonderkontrolle hat nach Extremereignissen oder bei gravierenden Schäden der Anlage lt. Protokoll der laufenden Überwachung zu erfolgen.

Die statischen Konzepte der Mur- und Lawinenbrecher wurden durch hierzu befugte Zivilingenieure in Zusammenarbeit mit der GBL Osttirol der WLW durchgeführt. Der Mur- und Lawinenbrecher im Timmelbach reicht 23,14 m über das Gelände, die Breite der Krone beträgt 69 m. Die Fundamentplatte ist 26,30 m breit, 27,50 m lang und hat eine Stärke von 2 m. Die 2 m starken Flügelwände sind mit 5 Rippen und 2 vorgespannten, 1,50 m starken Trägern verstärkt. Die Disposition der Sperre ist in Abb. 6 ersichtlich.

Der Mur- und Lawinenbrecher im Hopfgartnergraben reicht 15,5 m über das Gelände, die Breite der Krone beträgt 31 m. Die Fundamentplatte ist 15 m breit, 15 m lang und hat eine Stärke von 2 m bis 2,65 m. Die Flügelwände sind 2 m stark, die 3 Scheiben bzw. Rippen sind mit einer Querrippe mit den Flügeln verbunden.

Der Füllungsgrad der aufgelösten Scheibenbauwerke beträgt als durchlässige Bauwerke 50 %.

Die Sperre im Timmelbach wurde auf einer Felsunterlage gegründet, die folgende geomechanische Parameter aufweist:

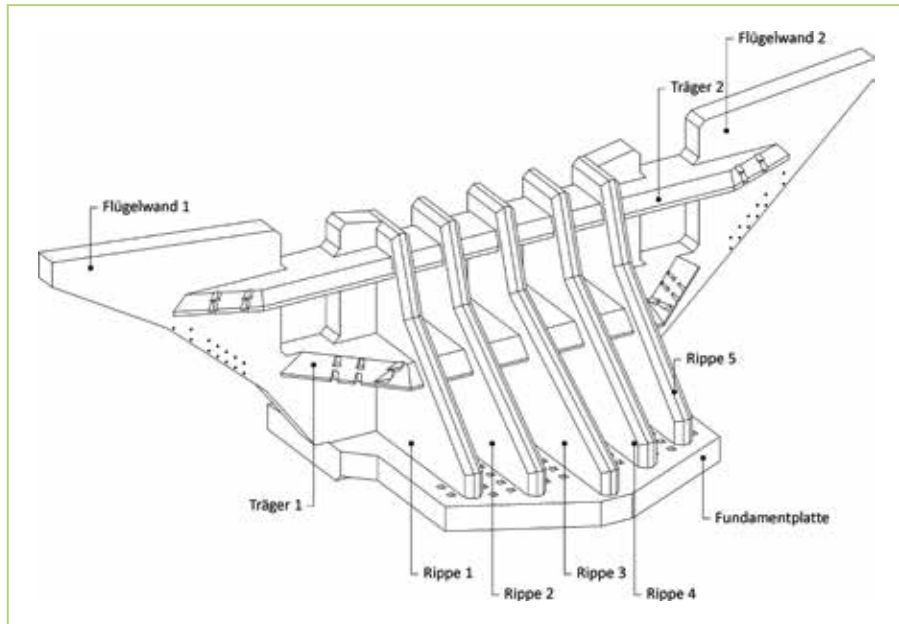


Abb. 6:
Disposition
des Mur- und
Lawinenbrechers
im Timmelbach

Fig. 6:
Disposition of the
Avalanche-breaker
in Timmelbach

Reibungswinkel $\varphi = 30^\circ$, Kohäsion $c = 100 \text{ kPa}$, Dichte $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$, $E = 150 \text{ MPa}$. Das vertikale Bettungsmodul wurde auf 12.500 kN/m^3 geschätzt, das horizontale auf 9.375 kN/m^3 . Im rechtsufrigen Bereich der Fundamentplatte, in dem Lockermaterial vorzufinden war, wurden umfangreiche Bodenaustauschmaßnahmen getroffen. Als Ersatzmaterial wurde Magerbeton mit Wasserbausteinen verwendet. Rund 400 m^3 Beton und 600 m^3 Grobsteine wurden benötigt, um den Fels adäquat zu ersetzen. Die Konstruktion wurde in Stahlbeton C25/30 B3 CEM II 42,5 N GK 22 Pumpbeton bzw. Bewehrung Betonrippenstahl Tempcore TC 55 BST550 hergestellt.

Die Unterlage im Hopfgartnergraben weist im Vergleich zum Timmelbach bessere Eigenschaften auf, da das Bauwerk völlig in Fels gegründet wird, der eine Sohldruckspannung von 750 kN/m^2 aufweist. Dies erleichtert die Ausführung erheblich, da im Vergleich zur Gründung auf Lockermaterial geringere Massen des Bauwerkes selbst bzw. für eine etwaige Bodenverbesserung bei gemischtem Untergrund benötigt werden.

Mit Rücksicht auf die Dimensionen der

Sperre wurde eine Modellierung mit Finiten Elementen durchgeführt. Die Verpressanker wurden mit Federn modelliert, deren Steifigkeit aufgrund von Litzenanzahl und freier Ankerlänge bestimmt wurde. Dabei wurde auch die Kalibrierung mit den Resultaten von vorher ausgeführten Prüfverpressankern berücksichtigt.

Der günstige Einfluss der Einspannung der Flügelwände in die Böschung wurde vernachlässigt, ebenso der Druck auf die vordere vertikale Fläche der Fundamentplatte. Die Verbindung zwischen Fundamentplatte und Boden wurde mit nichtlinearen Federn modelliert, die nur Druckkräfte tragen können. Auf diese Art bekommt man nicht nur ein reales Bild der vertikalen Spannungen im Boden, sondern auch die richtige Aufteilung der Reibungsspannungen beim Kontakt zwischen Boden und Fundamentplatte.

Als berücksichtigte Einwirkungen gelten das Eigengewicht (spezifisches Gewicht von Stahlbeton mit 25 kN/m^3), die ständige Einwirkung, – wobei das Gewicht von abgelagerten Feststoffen auf der Fundamentplatte in den Kalkulationen nicht berücksichtigt wurde, da sich Ablagerungen

günstig auswirken – veränderliche Einwirkungen und außergewöhnliche Einwirkungen mit der unterstellten murgangartigen Feststoffverlagerung und der Fließlawine, die als der maßgebende Prozess definiert ist.

Um die Nachweise der Tragfähigkeit erbringen zu können, mussten im Bereich der ausragenden Flügel zur Kraftableitung 33 Dauerlitzenverpressanker ($\varnothing 15,7 \text{ mm}$, 150 mm^2) aus Spannstahl Y 1860S7 eingebaut werden. Auch in der Fundamentplatte waren vier Anker erforderlich, um den Nachweis gegen das Kippen zu erbringen. Bei der Planung wurden die Bestimmungen der Standards ÖNORM B 1997-1-1 und ÖNORM EN 1537 berücksichtigt. Die Charakteristika und Disposition der Anker sind in Abb. 5 skizziert. Die Anker sind zwischen 21 m und 29 m lang, die Krafteintragungslänge wurde mit 6 m fixiert. Die Prüfkraft der Anker liegt zwischen 1.800 kN und 2.600 kN, die Festlegekraft bei rund 1.000 kN.

Vor der endgültigen Dimensionierung der Anker wurde bei vier Ankern die Eignungsprüfung ausgeführt. Dadurch konnte eine Optimierung durchgeführt werden, wodurch sichergestellt wird, dass der gewählte Ankertyp seine volle Tragkraft entfalten kann.

Ausführung

Die Ausführungsphase des Mur- und Lawinenbrechers im Timmelbach in Prägraten a. Gr. reichte vom Herbst 2012 bis zum Sommer 2014, was eine Bauzeit von knapp zwei Jahren bedeutet. Im Jahr 2013 war die "Theurl Partie" in seiner vollen Stärke mit rund 14 Mann das ganze Jahr über zu einem großen Teil beim Lawinenbrecher im Einsatz. Dies ist in der GBL Osttirol äußerst ungewöhnlich, da die Partien die Bachverbauungen gewöhnlich nur im Frühjahr und Herbst bewältigen, sich in den Sommermonaten jedoch bei Lawinenanbruchverbauungen befinden. Dadurch wurde auch ein

erhebliches Budget von rund € 2,4 Mio. im Jahr 2013 schutzwirksam im Bereich der Timmelbach-Lawinenverbauung (Mur- und Lawinenbrecher, rechtsufriger Lawinenauffangdamm und Erschließung der Lawinenanbruchverbauung) verbaut. Die erheblichen Massen waren: 4.400 m^3 Stahlbeton, 440 t Betonrippenstahl und der Einbau von 37 Dauerlitzenverpressankern.

Die geplante Ausführung des Mur- und Lawinenbrechers im Hopfgartnergraben in Hopfgarten i. Def. wird im Jahr 2019 starten und voraussichtlich bis 2020 abgeschlossen sein. Im Vergleich zum Lawinenbrecher im Timmelbach sind hier mit ca. 1.500 m^3 Stahlbeton und ca. 180 t Betonrippenstahl nat. weit geringere Massen zu verbauen. Der Einsatz von Dauerlitzenverpressankern kann voraussichtlich hier entfallen, da das Bauwerk im Fundament- und Flügelbereich in Fels eingebunden wird.

Erschließung der Bauwerke

Um eine angemessene Erschließung der Bauwerke für die Errichtung und für Betreuungs- und Unterhaltungszwecke zu erhalten, musste eine 400 m lange Straße zum Timmelbach-Brecher und eine 300 m lange Straße in den Hopfgartnergraben über teils sehr steile Grabeneinhangbereiche errichtet werden. In Anbetracht der laufenden Betreuung der Bauwerke ist die Ausführung einer gut befestigten Straße und die sachgerechte rechtliche Regelung derselben entscheidend.

Untergrunderkundung und -vorbereitung

Die Ergebnisse der Refraktionsseismik im Timmelbach zeigten, dass im Bereich der Fundamentplatte mit Lockergestein bzw. aufgelockertem Fels zu rechnen ist. Überraschend war, als man während des Aushubs zwar den halben Bereich in Lockermaterial vorfand, die zweite Hälfte jedoch

aus relativ festem Fels bestand. Dadurch musste ein Bodenaustausch in erheblichem Ausmaß vorgenommen werden. Die Fundamentplatte bzw. die gesamte Konstruktion verlangt nämlich homogene Untergrundverhältnisse. Rund 1.000 m³ Lockermaterial musste ausgehoben werden und durch Grobsteine in Betonbettung (400 m³ Beton und 600 m³ Grobsteine!) ersetzt werden, um ein Felsäquivalent auch in diesem Bereich herzustellen. Der Hauptfehler lag darin, dass in der Planungsphase ergänzende Kernbohrungen vernachlässigt wurden. Diese Vernachlässigung fand im Hopfgartnergraben nicht statt; hier war nach umfangreichen Schürfen schnell klar, dass der Fels ansteht und dieser eine homogene Sohl-druckspannung von 750 kN/m² zulässt.

Als erhebliche weitere vorbereitende Arbeit ist eine nötige Steinschlagsicherung oberhalb des Hopfgartnergraben-Brechers zu errichten. Diese Maßnahme schützt vor Steinschlagwirkung im Bereich des Brechers und im Bereich von zwei Hofstellen (Eggerhöfe). Im Timmelbach waren die Sicherungen im Bereich der Einhänge nötig. Trotzdem passierte ein Materialeinbruch während der Ausführung der Fundamentplatte, wobei sich zu der Zeit zum großen Glück keine Mitarbeiter in der Grube befanden. Eine Baugrube birgt immer ein Risiko in sich. Die diesbezüglich nötigen Sicherungen müssen mit größter Sorgfalt errichtet werden.

Schalung

Die vertikalen Wände wurden mit Meva-Großflächenschalung (Meva-Startec-Schalung) geschalt. In einer Höhe von ca. 8 m musste eine Abstützebene eingezogen werden, um die weiterführenden Schalungselemente an dieser ausrichten zu können. Das Leegerüst für die horizontalen Trägerelemente wurde mittels Doka-Staxo-Elementen errichtet. Im Bereich der Träger mit 6 m

Breite war die Fixierung der Stirnschalung herausfordernd, so mussten die Spanneisen über eine isolierte Muffe mit einer Fixierung verbunden werden. Nur so konnten die Spanneisen nachträglich entfernt werden.

Die max. Betonierhöhen stießen mit 6,5 m an die Grenze der Belastbarkeit der Meva-Startec-Schalung. Mithilfe des seitens der Fa. Meva zur Verfügung gestellten Programmes zur Berechnung des Frischbetondruckes und dem Einbau zusätzlicher Betondruckmessdosen (Manometer) konnte der Einbau überwacht werden, es wurden keine Grenzbelastungen während dem Betoniervorgang erreicht.

Bewehrung

Im Timmelbach-Brecher reichten die Bewehrungsdichten je nach Bauteil von 66 kg bis 202 kg Stahl/m³ Beton, im Durchschnitt 112 kg/m³. Aufgrund der großen Bewehrungsdichte, der Länge der Stäbe von bis zu 14 m und der Stärken von bis zu 30 mm war der Einbau eine besondere Herausforderung. Durch das dichte Bewehrungsnetz mussten Zugänge und Einstiegsöffnungen geschaffen werden. Diesbezüglich wurden teils örtlich Bewehrungsstäbe gekappt. Die weitere Verbindung erfolgte mit Lenton-Bewehrungskupplungen.

Im Bereich der Flügel mussten im Bereich der Aussparungen für die 33 Stk. Anker Spaltzugbewehrungen eingebracht werden. Die Aussparungen mussten eine horizontale, sowie eine vertikale Abweichung zur Normalen von 20 Grad aufweisen.

Zur Fixierung der 26er und 30er Stäbe hat sich der 1,8 mm-Draht bewährt. Der „Japaner“ (akkubetriebenes Handdrahtbindegerät) ist nur vereinzelt zum Einsatz gekommen, da man in den meisten Fällen nicht rundum gelangte oder keinen Platz für das Gerät hatte. Alternative Drill-

lerdrähte kamen nicht zum Gebrauch, da keine ausreichende Festigkeit der Verbindung erzielt werden konnte.

Im Hopfgartnergraben-Brecher werden voraussichtlich zw. 100 kg und 120 kg Bewehrungsstahl/m³ Beton eingebaut werden müssen. Aufgrund der geringeren Höhe des Bauwerkes kann auf die Errichtung eines zweiten horizontalen Trägerelementes verzichtet werden. Dies ist insofern von Vorteil, da das Element sehr stark zu bewehren wäre und die Schalungserstellung aufwändig ist. Zudem ist die Stahlblechverkleidung dort relativ schwer herzustellen.

Stahlblechverkleidung

Die eingebauten Stahlbleche haben eine normierte Fläche von 3 m x 1,5 m und eine Stärke von 8 mm. Sie werden gebogen und im Bauhof der GBL so vorbereitet, dass ein schneller und exakter Einbau auf der Baustelle möglich ist. Entgegen der herkömmlichen Einbauweise, bei der Elemente vor dem Einbau der Bewehrung in die Schalung eingesetzt und nachfolgend verspreizt und verschweißt werden, wird eine andere alternative Lösung gefunden: Zuerst wird die Bewehrung gebunden, anschließend werden die gebogenen Stahlblechplatten mit aufgeschweißten Gewi-Muffen (Raster ca. 30 cm) eingeschoben. Die geforderte Verbindung der Bleche mit dem Beton erfolgt durch das Eindrehen von 25 cm langen Gewi-Stäben nach dem Einbau. Vorteil dieser Methode ist die Möglichkeit des barrierefreien Einbaus der Bleche und es müssen nicht nachträglich, im bereits vorhandenen Bewehrungskorb, Verbindungselemente eingeschweißt werden. Um eine regelmäßige und saubere Oberfläche im Bereich der Stahlbleche zu erhalten und Verformungen während des Betoniervorgangs zu vermeiden, werden die Blechteile ausgespreizt und mit vorgefertigten Schalelementen abgeschalt.

Beton

Der Timmelbach-Lawinenbrecher bedurfte rund 4.000 m³ Transportbeton, mitsamt dem Beton für den erforderlichen Bodenaustausch wurden 4.400 m³ Beton eingebaut. Zur Ermittlung der Druckfestigkeit, der Frostbeständigkeit und dem Luftporengehalt wurden insgesamt vier Einheiten Probewürfel gefertigt (1x pro 1.000 m³ eingebautem Beton). Die Ergebnisse der Analysen waren stets positiv.

Einbaumengen von über 550 m³ Transportbeton täglich konnten bewerkstelligt werden, obwohl die Transportzeit mehr als eine Stunde/ Strecke bedurfte, jedoch standen 22 LKW zur Verfügung.

Um ein vorzeitiges Aushärten an bestimmten Einbaustellen zu verhindern und eine übermäßige Erwärmung des Betons zu vermeiden, wurde der Transportbeton bis zu 6 Std verzögert. Ein entscheidender Arbeitsvorgang, um den Beton sachgerecht einzubauen und eine saubere Sichtbetonfläche zu erhalten ist das Rütteln, bei dem auf keinen Fall die Bewehrungsstäbe berührt werden dürfen, da ansonsten der bereits in Aushärtung befindliche Beton gestört wird. Diesbezüglich mussten eigens in Bereichen mit einem Achsabstand der Bewehrung (vorw. 30er Stäbe) von nur 7,5 cm (lichte Weite zw. den Stäben bloß 4,5 cm) Rüttelöffnungen geschaffen werden.

Im Bereich der unteren, schrägen Scheibenabschnitte mussten PE-Leerrohre als Führung für den Betonschlauch eingebracht werden. Dies hatte zwei Gründe: Zum einen konnte durch den flachen Verlauf der Scheiben im unteren Bereich der Beton nicht in die entlegensten Teile gebracht werden (gerüttelt wurde durch Rüttelöffnungen im Stahlblech), zum zweiten darf Beton max. 1,5 m frei fallen. Die groben Zuschlagkomponenten (GK 22) sind schwerer als Zement, eine Entmischung der Matrix wäre daher die Folge.

Der Transportbeton konnte durch eine überlegte Logistik im gesamten Bereich des Bauwerkes mit einer Betonpumpe mit einem 30 m langen Ausleger eingebracht werden. Der Einheitspreis für den gelieferten Beton betrug € 150/m³, für den eingebauten Beton € 162/m³.

Da der Brecher im Hopfgartnergraben mit seinem Betonbedarf von ca. 1.500 m³ weit weniger massiv ist als der Brecher im Timmelbach, kann die Bauzeit auch erheblich reduziert werden. Gerade im Hopfgartnergraben, der ein äußerst murfähiger Wildbach ist, soll va. in den Monaten Juli und August keine Bautätigkeit erfolgen und sind disponierte Materialien ordnungsgemäß zu versorgen und aus dem Hochwasserabflussbereich zu verbringen.



Abb. 7: Betonieren des orographisch linken Flügels

Fig. 7: Placing of concrete into the left wing

Reflexion

Für die Mitarbeiter der Gebietsbauleitung Osttirol wurde durch die Ausführung des Mur- und Lawinbrechers zur Abwehr der Timmelbach-Lawine in Prägraten a. Gr. in vielerlei Hinsicht Neuland betreten. Man braucht sich nur die Dimension der horizontalen Einwirkungskomponente der Timmelbach-Lawine mit einem Druck von 14 Tonnen/m² auf die Bruttofläche bei einer Bauwerkshöhe von 20 m vorstellen. Um diese Kräfte schadlos abzuführen ist der Bedarf der enormen Massen an Stahl, Beton und Ankern nicht weiter verwunderlich. So wurden im Zuge der Ausführung auch immer wieder Probleme im Zusammenhang mit der Komplexität des Bauwerkes

aufgeworfen, die jedoch durch die gute Zusammenarbeit der maßgebenden Akteure stets einer adäquaten Lösung zugeführt werden konnten. Der nunmehr geplante und kurz vor der Ausführung stehende Lawinbrecher im Hopfgartnergraben hat natürlich den Vorteil insofern, als dass im Timmelbach viel Know-how gesammelt werden konnte. Große Massen an Stahl und Beton werden leichter zu bewältigen sein, zudem wird das gesamte Zeitmanagement durch plausible und fundierte Bauzeitpläne einen besseren Ablauf finden. Außergewöhnliche Bauwerke erfordern außergewöhnliche Maßnahmen, die oft nicht mit bisher Dagewesenem vergleichbar sind. Diesbezüglich war es oft schwierig diverse Bauabschnitte des Timmelbach-Brechers zügig zu vollenden. Nur durch die zweckmäßige Koordinierung mit der Kollegenschaft können Scheuklappen oft abgelegt werden und konstruktive Arbeit getan werden. Die Ausführung des Hopfgartnergraben-Brechers wird um einiges einfacher sein, da in der Zwischenzeit vieles dazugelernt wurde. Jedoch ist uns wohl bewusst, dass auch hier spezifische Herausforderungen auf uns zukommen werden. Die größte Herausforderung wird sein, die Baustellenbereich sehr begrenzt, da sich der Brecher in der tief eingeschnittenen Schluchtstrecke befindet und nur seitlich und wasserseitig erreichbar ist. Z.B. kann im Vergleich zum Timmelbach-Brecher nur ein Kran eingesetzt werden. Andererseits gilt es die "Values at Risk" zu reduzieren in Anbetracht der ausgeprägten Wildbach- und Lawinenechronik: Seit 1917 wurden 12 Wildbachereignisse bzw. Murgänge verzeichnet und seit 1843 wurden 10 Lawineneignisse verzeichnet, die alleamt bis zum besiedelten Schwemmkegelbereich vordrangen.

Anschrift des Verfassers / Author's address:

DI Hanspeter Pussnig
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Osttirol
Kärntnerstraße 90, 9900 Lienz
hanspeter.pussnig@die-wildbach.at

Literatur / References:

- IBG ZT-GmbH (2015). Geotechnische Beurteilung der Baugrundverhältnisse des Mur- und Lawinbrechers im Hopfgartnergraben
- ONR 24801 (2013). Schutzbauwerke der Wildbachverbauung- Statische und dynamische Einwirkungen
- ONR 24802 (2011). Schutzbauwerke der Wildbachverbauung- Projektierung, Bemessung und konstruktive Durchbildung
- ONR 24803 (2008). Schutzbauwerke der Wildbachverbauung- Betrieb, Überwachung und Instandhaltung
- ONR 24805 (2010). Permanenter technischer Lawinenschutz- Benennungen und Definitionen sowie statische und dynamische Einwirkungen
- ONR 24806 (2011). Permanenter technischer Lawinenschutz- Bemessung und konstruktive Ausgestaltung
- PUSSNIG H. (2010). Timmelbach Lawine, Projekt 2010. Technischer Bericht samt weiterer Projektbeilagen
- PUSSNIG H. (2016). Hopfgartnergraben und Lawine, Projekt 2016. Technischer Bericht samt weiterer Projektbeilagen
- PÖRY INFRA GMBH (2012). Lawinen-/Murbrecher Timmelbach – Prägraten, Geophysikalische Untersuchungen 2011. Salzburg, 3.2.2012. 12 Seiten.
- SSL (2010). Studie Lawinendämme und Lawinen-/Murbrecher. Lawinensimulation.
- SSL (2016). Studie Lawineneinwirkung Lawinbrecher Hopfgartnergraben Lawine.
- ZEVNIK J. (2014). Statische Berechnungen Lawinbrecher Timmelbach. iC consulenten Zt GmbH, Salzburg.
- ZEVNIK J. (2014). Lawinbrecher Timmelbach- Ausführung von Verpreßanker. Ausführungsplanung. iC consulenten Zt GmbH, Salzburg.

ANDREAS REITERER

Sicherungskonzept für den Balbierbach mit speziellen Bautypen

A protection concept for the Balbierbach using special construction types

Zusammenfassung:

In der Gebietsbauleitung Bludenz des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinerverbauung in Vorarlberg wurden in den letzten Jahren und Jahrzehnten zwei spezielle Bautypen entwickelt, ein Absturzwerk mit luftseitigem Geschiebeablagerungsplatz und eine Sohlschwelle, welche die Durchgängigkeit für Wasserlebewesen auch unterhalb der Sohle ermöglicht. Am Beispiel des Sicherungskonzeptes für den Balbierbach in der Gemeinde St. Gallenkirch in Vorarlberg werden diese Bautypen dargestellt und erläutert.

Stichwörter:

Wildbach, Absturzwerk, Kammsperre

Abstract:

In the last years and decades, the natural hazard experts in the Austrian Service for Torrent and Avalanche Control, Department of Bludenz in Vorarlberg developed two special construction types: a drop structure with a retention basin downstream and a bed sill, which enables the migration of aquatic organisms within the streambed sediments. Using the example of the protection concept of the Balbierbach in the community of St. Gallenkirch in Vorarlberg the advantages of these construction types are presented and discussed in this article.

Keywords:

Torrent, drop structure, bed sill

Einleitung

Der Gebirgsabtrag durch Wildbäche in den Alpen ist ein natürlicher Vorgang. Wasser und Schwerkraft verlagern größere Materialmengen in die Täler. Dort werden sie seit Jahrtausenden in kegelartigen Strukturen großteils abgelagert, nur ein Teil erreichte in der Vergangenheit die damals unbeeinflussten Vorfluter.

Seit der Mensch die Alpen besiedelt hat, beeinflusst er diesen natürlichen Abtrags- und Ablagerungsprozess oder versucht ihn zu beeinflussen. Die Einzugsgebiete wurden teilweise entwaldet, die Wälder erschlossen, die Schwemmkegel besiedelt und die Vorfluter verändert. Am Balbierbach wird der Schwemmkegel für Siedlungs- und Infrastrukturzwecke und der Vorfluter III für Wasserkraftwerke intensiv genutzt.

Bachcharakteristik

Der Balbierbach ist ein rechtsufriger Zubringer der Ill (rätoromanisch: die Eilige) im Ortsteil Gortipohl der Gemeinde St. Gallenkirch im Bezirk Bludenz in Vorarlberg. Das 8,9 km² große Einzugsgebiet des Balbierbaches erstreckt sich von ca. 2500 m Seehöhe bis zur Mündung in 900 m Seehöhe, Ober- und Mittellauf weisen ein Gefälle von 30 – 150 % auf, der Unterlauf am steilen Schwemmkegel immer noch 10 – 25 %. Bei hm 8,00 trennt ein 20 m hoher Wasserfall die Mittellaufstrecke vom Schwemmkegel.

Der durchschnittliche Jahresniederschlag liegt bei ca. 1300 mm, das höchste gemessene Tagesmaximum bei ca. 100 mm. Der Balbierbach ist ganzjährig wasserführend, das HQ 150 wird im Gefahrenzonenplan mit 45 m³/s angegeben.

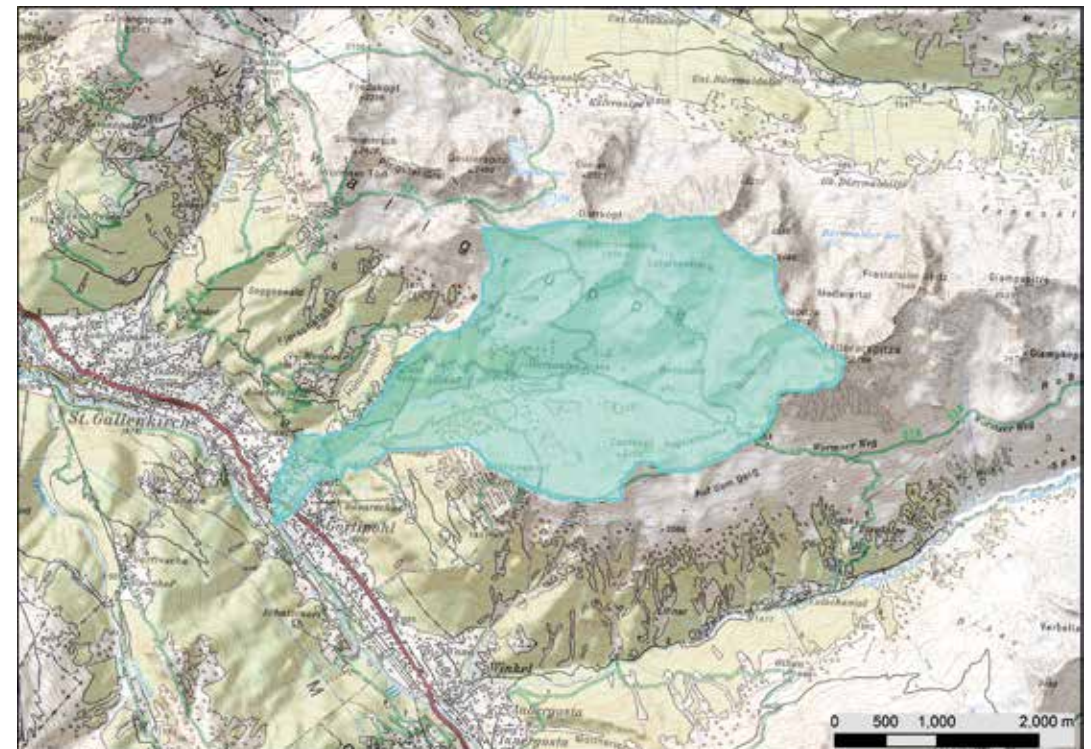


Abb. 1: Lage des Balbierbaches

Fig. 1: Location of the catchment area

Das Einzugsgebiet liegt im Kristallin der Silvrettadecke und wird von harten (Amphibolit- und Hornblende-) Gneisen und rutschanfälligen Glimmerschiefern aufgebaut, die zusätzlich zum vorhandenen Altschutt Jungschutt als Geschiebe liefern. Die im Rahmen der Gefahrenzonenplanerstellung ermittelte Geschiebefracht von 50.000 m³ wird als Geschiebe murartig oder als Mure über mehrere hohe Wasserfälle aus dem steilen Mittellauf, der seitliche Einrutschungen aufweist, auf den Schwemmkegel verfrachtet.

Im Gefahrenzonenplan wird dargestellt, dass sich 13 Objekte (Wohnhäuser und Nebengebäude) in der Roten Gefahrenzone sowie 78 Objekte (darunter 2 Schulen, die Kirche, Kaufhäuser, Gewerbebetriebe, Hotels, Wohnhäuser usw.) in der Gelben Gefahrenzone befinden. 140 m der Silvrettastraße L 188 befinden sich in der Roten und 390 m in der Gelben Wildbachzone.

Historische Ereignisse in den Jahren 1762, 1956, 1964, 1967, 1999 und 2005 bestätigen diese Zonenausweisung, wobei man sich das Schadereignis wie folgt vorzustellen hat: Über den 20 m hohen Wasserfall erreicht das Ereignis den Schwemmkegelhals und wird dort teilweise abgelagert, in jedem Fall kann hier nach Verfüllen des

Bachbettes im obersten Schwemmkegelbereich ein Bachausbruch über den gesamten Schwemmkegel erfolgen. Bei kleineren Ereignissen bleibt das Wasser und Murmaterial im Bachbett, erodiert das steile Schwemmkegelgerinne seitlich und in die Tiefe und verlegt z.T. die Brückenbauwerke, was in diesen Bereichen zu massiven Bachausbrüchen führt. Diese Ereignissituation wird wesentlich durch Wildholz verstärkt, welches aus Einrutschungen im Mittellauf stammt.

Schutzkonzept und Verbauungssystem

Ziel des Schutzkonzeptes ist es, Murprozesse teilweise zu verringern oder oberhalb des Siedlungsraumes zu stoppen bzw. in stark geschiebeführende Hochwasserprozesse umzuwandeln, die dann möglichst kontrolliert dem Vorfluter zugeführt werden. Dadurch sollen flächige Vermurungen des Schwemmkegels, aber auch unkontrollierte Erosions- und Überflutungsprozesse in Gerinnenähe vermieden werden. Zwei große Konsolidierungssperren mit Vorsperren im Mittellauf sollen das Abfahren ganzer Hangpartien im Zuge von extremen Abflüssen verhindern, indem sie das Unterschneiden der Einhänge hintanhaltend. Die



Abb. 2:
Lage der Bauwerke am Schwemmkegel des Balbierbaches (Orthofoto August 2015)

Fig. 2:
Location of the structures at the debris cone of the Balbierbach (orthoimage August 2015)

beiden Bauwerke wurden noch nicht errichtet und sie werden auch im Folgenden nicht beschrieben.

Am Schwemmkegelhals wurden in der Zwischenzeit 2 Ablagerungsplätze in Form von **Absturzwerken** errichtet, die Muren und Geschiebeüberlast zurückhalten. Die Ausläufe der Ablagerungsplätze wurden mit Wildholzrechen versehen, um im Unterlaufgerinne die Gefahr von Verklausungen zu vermeiden. Nach einigen bachabwärts anschließenden Grundsperren wurden mehrere „Kamm Sperren“ zur Konsolidierung des erosionsgefährdeten Bachbettes zur Ausführung gebracht. Ebenfalls der gesicherten Abfuhr der Ereignisse dient die geplante Aufweitung von Brückenquerschnitten.

Mit all diesen Maßnahmen können die vorhandenen Siedlungsbereiche vor dem Bemes-

sungsereignis so geschützt werden, dass Zerstörungen nicht zu erwarten sind. Auch die Verkehrswege werden wesentlich besser geschützt und die stark gefährdeten Abschnitte wesentlich verkürzt.

Bautype Absturzwerk am Schwemmkegelhals

Am steilen Schwemmkegelhals wurden zwei „**Absturzwerke**“ errichtet, um die Murgänge wirksam zu bremsen und Geschiebeüberschüsse abzu puffern. Diese Bautype wurde im Vereinsheft Nr. 148, Jg. 66 vom Jänner 2002 („Vorarlberghaft“) umfassend beschrieben und die Erfahrungen wurden berichtet. Seither haben sich auch keine Nachteile offenbart, sodass diese am Schwemmkegelhals des Balbierbaches ebenfalls gebauten **Absturzwerke** nochmals verkürzt beschrieben werden:

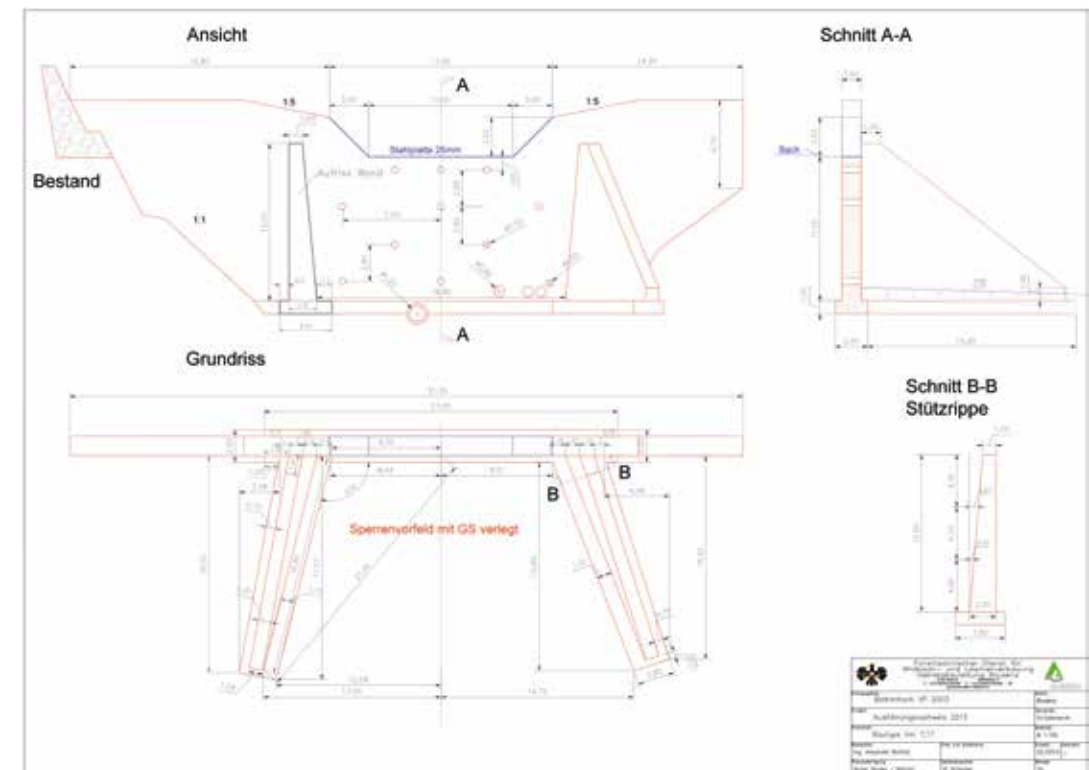


Abb. 3: Bautype Absturzwerk

Fig. 3: Construction type of a drop structure

Ausgehend von der derzeitigen Bachsohle wird ein beckenartiger Ablagerungsplatz ausgehoben, welcher nach oben durch eine auf Stützflügeln ruhende Platte abgeschlossen und damit gegen rückschreitende Erosion gesichert wird. Die Absturzhöhe beträgt hier 9 m, sodass eine weitgehende Umwandlung der Murstoßenergie erfolgt. Das Bauwerk selbst wird aber, da es nicht direkt von der Mure beaufschlagt, sondern überfahren wird, nur auf Erddruck belastet. Gleichzeitig erfolgt im Becken eine sekundäre Schwemmkegeldynamik, das Geschiebe wird sortiert und dosiert abgedriftet, wobei keine verklausurungsanfälligen mechanischen Vorrichtungen wie Balken und Rechen erforderlich sind.

Bei den hier beschriebenen **Absturzwerken** handelt es sich um stehende, schlanke und statisch bewehrte Stahlbetonplatten, die bergseits komplett hinterfüllt sind und talseits mittels zweier Stützflügel seitlich abgestützt werden. Die Abflusssektionen sind als Murprofile gestaltet. Die seitlichen Sperrenflügel werden mit entsprechendem Gefälle zur Bachmitte hin errichtet. Das Niveau der Sperrenkrone befindet sich auf der Höhe des natürlichen Bachbettes. Die Stützflügel dienen nicht nur der Abstützung des Sperrenbauwerkes, sondern auch der Abstützung der seitlichen Geländeböschungen.

Vorteile der Bautype

- Nach Baufertigstellung ist die Sperre keinen direkten Mur- bzw. Lawindrücken ausgesetzt.
- Die bergseits komplett hinterfüllte Sperrentype mit talseits angelegten Stützflügeln ist lediglich auf den relativ klar definierten und geringen Erddruck (unter Berücksichtigung einer entsprechenden bergseitigen Überschüttung durch Muren (Lawinen) zu dimensionieren. Statisch schlanke und kostengünstige Bauwerke sind dadurch realisierbar.
- Die talseits angelegten Stützflügel haben nicht nur statische Funktion, sondern wirken gleichzeitig als Ufersicherung im Bereich des Sperrenvorfeldes (Kolk) bzw. im Bereich der stärksten Geschiebeauffangung (Ablagerung) beim Murgang.
- Die Entstehung einer eigenen „Schwemmkegeldynamik“ im Geschiebeauffangbecken mit Auflandungen durch Muren und Abspülungen durch das nach dem Murgang folgende Wasser löst z. T. das Problem der Geschiebesortierung. Der Einfluss des Wildholzes auf die Geschiebesortierung bzw. auf die selbsttätige Abspülung und damit auf die Entleerung des Beckens ist wesentlich geringer. Eine teilweise selbsttätige Entleerung bzw. Abspülung nach einem Mureignis macht das Geschiebeauffangbecken rasch wieder aufnahmebereit für weitere Ereignisse. Zudem ist auch die Materialqualität nach Abspülung der Feinteile eine bessere.
- Das Bachbett im Bereich des Geschiebeablageplatzes wird gegenüber dem natürlichen Geländeniveau bedeutend abgesenkt. Dies hat zur Folge,
 - dass das Bachgerinne bergseits der Sperre im Wesentlichen frei von Mureablagerungen bleibt (keine Reduktion des Längsgefälles oberhalb der Sperre),
 - dass bei Einzugsgebieten mit zusätzlicher Lawinengefahr durch die Bautype keine negativen Einflüsse auf die Lawinenausbreitung am Schwemmkegel zu erwarten ist, Fließlawinen werden z. T.

abgelagert, Staublawinen kaum beeinflusst,

- dass die Sperrentype sehr landschaftsbildschonend, da wenig einsehbar ist und
- dass bei einer Sanierung des Einzugsgebietes z.B. durch flächenhafte Integralmaßnahmen, das Bauwerk durch Auffüllung (natürlich oder künstlich) fast ohne Kosten „beseitigt“ und der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt werden kann.
- Wird die Sperre im Zuge eines übergroßen bzw. mehreren hintereinander folgenden Bemessungsereignissen aufgefüllt, so entspricht der Zustand jenem vor der Verbauung, es entstehen dadurch keine zusätzlichen Risiken.
- Auf steilen Schwemmkegeln, die an steile Schluchtstrecken anschließen, können durch andere Bautypen kaum entsprechende Geschiebeablagerungsräume geschaffen werden.

Praktische Erfahrungen

Inzwischen wurden in der Gebietsbauleitung Bludenz zahlreiche Absturzwerke mit vorgeschalteten Ablagerungsplätzen errichtet. Mehrere davon wurden bereits mit Murgängen beaufschlagt, welche an die Größenordnung des Bemessungsereignisses heranreichen. An keinem Bauwerk traten Schäden auf, was aufgrund der Funktionsweise und Konstruktion auch nicht zu erwarten war. Die Murgänge, bei denen z. T. KFZ-große Steine in der Matrix vorhanden waren, wurden auf der Vorfeldebene gut gebremst und zerschlagen, die „sekundäre Schwemmkegeldynamik“ bewirkte eine gute Sortier- und Dosierwirkung. Bei den Ereignissen konnte beobachtet werden, dass sich Wildholz (ganze Bäume wurden mittransportiert) kaum auf die Funktionsfähigkeit dieser Verbauungstypen auswirkt.

Jeweils am unteren Ende der talseitig der Absturzwerke gelegenen Ablagerungsbecken wurden noch gerade, quer zur Bachachse verlaufende Wildholzrechen errichtet. Für die Bautype „Absturzwerk“ stellt Wildholz keine Verklausur-



Abb. 4:
Wildholzrechen während
der Bauphase

Fig. 4:
woody debris filter under
construction



Abb. 5: Absturzwerk und Wildholzrechen

Fig. 5: drop structure and woody debris filter

sungsgefahr dar, aber es ist auch keine verlässliche Ausfilterung gewährleistet. Mit dem Wildholzrechen soll Holz zurückgehalten werden, das vor allem bei den Brückentragwerken im unteren Schwemmkegelbereich zu Verklausungsproblemen führen könnte. Allerdings ist die zu erwartende Wildholzmenge aufgrund der Verhältnisse im Einzugsgebiet als eher gering einzuschätzen.

Bautype „Kamm Sperren“ zur Konsolidierung des Unterlaufgerinnes

Das Gerinne über den steilen Schwemmkegel des Balbierbaches weist seit jeher starke Eintiefungstendenzen auf. Zwar ist ein erheblicher Grobkornanteil vorhanden, jedoch werden die Feinteile ausgewaschen und in weiterer Folge auch größere Steine abtransportiert.

Nach Errichtung der Mur- und Geschiebeauffang- sowie Sortiereinrichtungen am Schwemmkegelhals ist mit einer Verstärkung der Erosionstätigkeit im Unterlaufgerinne zu rechnen. Zwar besteht unmittelbar unterhalb der Rückhaltesysteme ein altes System von gemauerten Leitwerken und Grundschwellen, es wurde aber entschieden, diese harte Verbauung nicht über weitere 400 m bis in den Vorfluter fortzusetzen.

Vielmehr sollten zwar die Ufer abgesichert werden, die Abtreppung durch Sperren oder Grundschwellen mit harter Abflusssektion sollte aber vermieden werden. Zu diesem Zweck wurden Bauwerke errichtet, die das Grobgeschiebe zurückhalten und stabilisieren können, die aber den Abfluss und Geschiebetrieb im Bachbett sowohl ober- als auch unterirdisch möglichst wenig behindern oder beeinflussen sollten.



Abb. 6: „Kamm Sperre“ vor Hinterfüllung

Fig. 6: bed sill before backfilling

Die von uns „Kamm Sperren“ genannten Querwerke bestehen aus dem Fundament und seitlichen massiven Betonflügeln. Der waagrechte Teil der Abflusssektion besteht aus – in das Fundament

einbetonierten – Stahlrohren mit über 3 m Länge (siehe Abb. 6 und Bautype in Abb.9). Diese erinnern optisch und funktionell an die Zähne eines Kammes – daher der Name „Kamm Sperre“.



Abb. 7: „Kamm Sperre“ bei Mittelwasser

Fig. 7: bed sill under mean flow conditions



Abb. 8:
"Kamm-
sperren"
während der
Bauphase

Fig. 8: bed
sills under
construction



Abb. 9:
nach Hinter-
füllung

Fig. 9:
bed sills after
backfilling

Nach der Errichtung dieses Bauwerkes wird es bachaufwärts mit grobem Blockwerk verfüllt, das nicht durch die „Zähne“ durchfallen bzw. durchdriften kann. Insgesamt wird das Gerinne bauwerkseben verfüllt und damit sollten die „Kamm Sperren“ funktionell eigentlich Sohlgurte sein (Abb. 8 und 9), die weniger Auskolkungstendenzen aufweisen als konventionelle Bauwerke. Vorteile sehen wir in einer Verbesserung der Geschiebe- und Abflussdynamik und in der Flexibilität und Dynamik des Stromstriches. Weiters erfolgt auch im Gewässerbegleitstrom keine Unterbrechung, die unterirdischen Abflüsse stoßen auf keine Barrieren wie bei Vollbetonquerwerken. Dies kommt letztlich auch der Gewässerökologie zugute, das hyporheische Interstitial wird nicht unterbrochen. Diese Bautype wird erst seit 2014 errichtet und es fehlen daher noch Erfahrungen mit Großereignissen, den Standardabfluss sowie kleinere Spitzenabflüsse hat diese Bautype

aber problemlos gemeistert. Diese Bautype kann selbstverständlich nur dann eingesetzt werden, wenn die natürlichen Verhältnisse dies erlauben: An steilen Schwemmkegeln mit einem großen Anteil an sehr grobem Geschiebe und Felsmaterial, welches wie im Balzbierbach aus sehr hartem Amphibolitgneis besteht.

Anschrift des Verfassers / Author's address:

DI Andreas Reiterer
Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektion Vorarlberg
Rheinstraße 32/5
6900 Bregenz
andreas.reiterer@die-wildbach.at

Literatur / References:

JENNI M., REITERER A. (2002).
Bewirtschaftung von Murbächen durch Absturzbauwerke (Vbg.). Wild-
bach- und Lawinenverbau Heft 148/2002: 11-19.

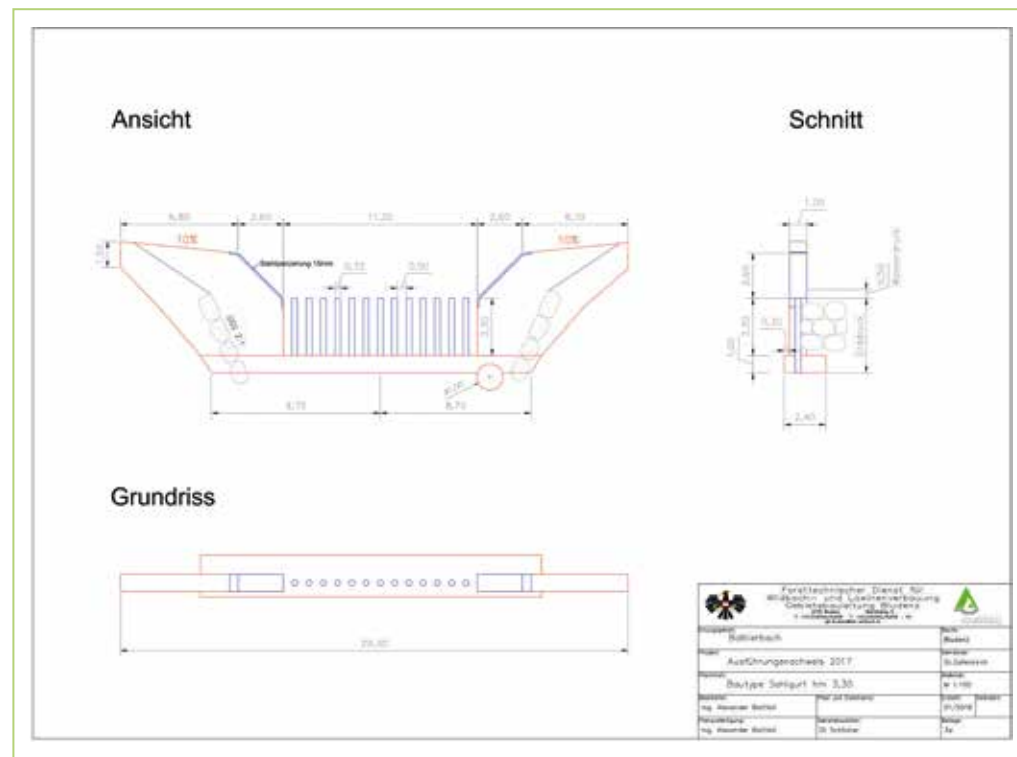


Abb. 10:
Bauvorbild
"Kamm-
sperre"

Fig. 10:
construction
type of the
bed sill

ANDREAS RIMBÖCK, RAINER HÖHNE

Schwemmholzrückhalt – Typ „Bayern“

Driftwood retention – Bavarian Style

Zusammenfassung:

Mitgeführte Feststoffe (Geschiebe und Schwemmholz) sind ein Charakteristikum von Wildbächen. Zum Rückhalt von Schwemmholz werden in den Alpenanrainerstaaten, aber auch weltweit zahlreiche unterschiedliche Bauwerkskonstruktionen eingesetzt. Eine dieser Bauformen, der v-förmige Schwemmholzrechen, hat seinen Ursprung in Bayern. Der nach diesem Konzept im Jahr 2009 gebaute Rechen an der Leitzach hat sich während eines größeren Ereignisses kurz nach der Fertigstellung bewährt. Der theoretische Ansatz, dass durch diese Rechenform nur Schwemmholz zurückgehalten wird und weitestgehend kein Geschiebe, hat sich allerdings nicht bestätigt. Mit dem Überlastfall solcher Bauwerke konnten in Bayern in der Praxis bisher noch keine Erfahrungen gesammelt werden.

Stichwörter:

Gefahrenabwehr, Schwemmholzrückhalt, Schwemmholzrechen, Verklauung, Überlastfall

Abstract:

Solids as bedload and driftwood characterize torrents. A lot of different structure types for the purpose of driftwood retention have been developed in the Alpine region over the years. One of these construction forms, a v-shaped driftwood rake, was developed in Bavaria. In 2009, such a driftwood rake was completed at the torrent Leitzach. The protection structure was successfully proofed during a remarkable flood event only one year later. In practice the v-shaped rake – as other construction forms too – retained not only driftwood but also bedload in contrast to the theoretical approach. With regard to the case of overload, no practical experiences could be gained with the v-shaped rake up to now.

Keywords:

Hazard protection, driftwood retention, driftwood rake, log jam, case of overload

Einleitung

Im Hochwasserfall können neben Wasser auch enorme Mengen an Geschiebe und Holz im Wildbach transportiert werden. Dies trifft zum Teil auch dann noch zu, wenn bereits Maßnahmen zur Stabilisierung und Konsolidierung durchgeführt wurden, da selten alle Feststoffherde vollständig gesichert werden können. Wenn die transportierten Feststoffe zu viel Raum einnehmen oder sich gar im Bachbett ablagern, kann der Bach über die Ufer treten und es entstehen Überflutungen und Übersarungen (Ablagerungen von Sand und Kies).

Im Wasser mitgeschwemmtes Holz kann an Engstellen im Gewässer, zum Beispiel an Brücken oder Durchlässen, zu Verklauungen führen. Diese bewirken einen Aufstau des Wassers vor dem Hindernis und können ein „Ausbrechen“ des Wildbaches und in der Folge Überschwemmungen nach sich ziehen. Eine große Herausforderung ist es – auch heute noch – den Rückhalt von Holz und Geschiebe gut aufeinander abzustimmen. Denn ein Holzrückhalt wird in der Regel früher oder später auch das Geschiebe zurückhalten (StMUV, 2015).

Weltweit existieren die unterschiedlichsten Bauwerkskonstruktionen zum Rückhalt von Schwemmholz, beispielsweise in Form von Rechen oder Netzen. In diesem Bereich wurde in den letzten Jahrzehnten intensiv geforscht und anhand von Modellversuchen experimentiert. Eine in Bayern entwickelte Form ist der v-förmige Schwemmholzrechen, der schon an mehreren Standorten im Freistaat aber auch in anderen Ländern realisiert wurde. Der Rechen an der Leitzach konnte bereits kurz nach dem Bau seine Funktion unter Beweis stellen.

Schwemmholzrechen an der Leitzach

Die Leitzach ist ein Wildbach im bayerischen Voralpenland und mündet rund 20 km westlich der Stadt Rosenheim (Oberbayern) in die Mangfall (Abb. 1). Die Einzugsgebietsgröße beträgt etwas mehr als 200 km². Das HQ₁₀₀ am nahegelegenen Pegel Erb, der seit 1951 beobachtet wird, beträgt 130 m³/s.

Besonders das Hochwasser von 2005 hat gezeigt, dass das mobilisierte Treibholz an der Leitzach und der Mangfall eine erhebliche

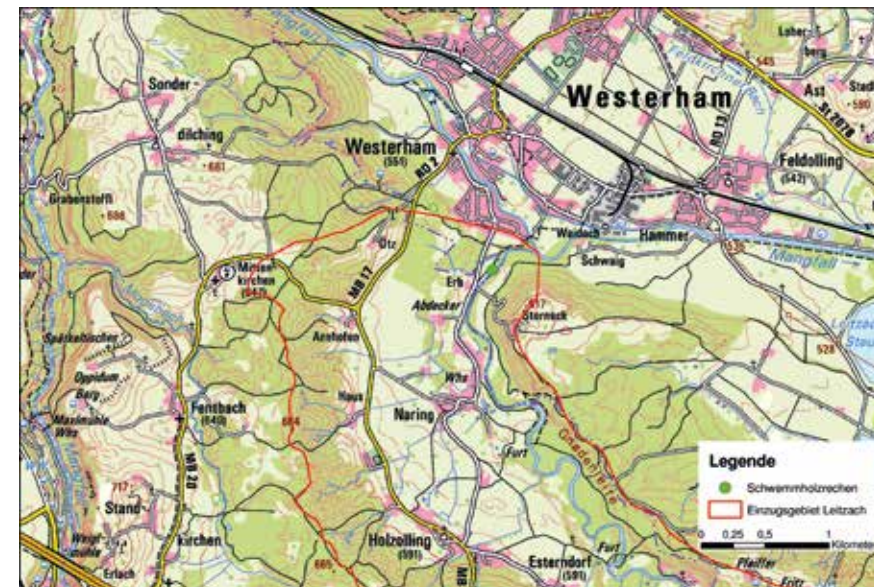


Abb. 1:
Übersichtskarte mit Standort Schwemmholzrechen Leitzach (Digitale Topographische Karte: © Bayerische Vermessungsverwaltung).

Fig. 1:
General map of the driftwood rake at the torrent Leitzach.



Abb. 2: Verklaustes Wehr bei Bruckmühl - Hochwasser 2004 (Foto: WWA Rosenheim).

Fig. 2: Driftwood jam at a weir.

Verklauungsgefahr für Brücken und Wehre im unteren Mangfalltal darstellt. Die Abbildung 2 zeigt das verklauste Brucker Wehr bei Bruckmühl während des Hochwassers 2004. Das Schadenpotential im unteren Mangfalltal im Ereignisfall ist beträchtlich.

Ein Großteil des Schwemmholzes wird erfahrungsgemäß aus der Leitzach eingetragen, u.a. aus Rutschungen, Uferanbrüchen, Windwurfflächen, Lawenstrichen, aber auch dem Abschwemmen von Holzlagern, die entgegen der gesetzlichen Vorschriften in Gewässernähe angelegt wurden. Um die Sicherheit der An- und Unterlieger zu erhöhen, wurde vom Wasserwirtschaftsamt Rosenheim (WWA RO) ein Schwemm-

holzrechen an der Leitzach geplant. Der Standort für den Schwemmholzrechen wurde rund 400 m vor der Mündung in die Mangfall gewählt. So konnte fast das gesamte Einzugsgebiet der Leitzach erfasst werden. Weitere Anforderungen an den Sperrenstandort waren:

- Gute Zugänglichkeit der Sperrenstelle (Räumung, Unterhalt)
- Aufweitung des Gewässers muss möglich sein / Gewährleistung eines ausreichenden Rückhalteraums für das Schwemmholz
- Lage im wenig gekrümmten Flussabschnitt (Verhältnis Sohlbreite zu Radius > 1:10)

- Keine Lage in Bereichen, die von der Mangfall hydraulisch beeinflusst werden
- kein Gefährdungspotential durch den Betrieb des Rechens
- Eingriff in den Naturhaushalt soll möglichst minimal sein
- Vereinbarkeit der Errichtung/des Betriebes mit bestehenden Sparten und Infrastruktur
- Keine Beeinflussung des Pegels Erb (z.B. Rückstau)

Mit den ersten Planungen wurde 2007 begonnen. Das Vorhaben wurde im Rahmen einer offenen Planung u.a. mit den Gemeinden Weyarn und

Feldkirchen-Westerham, den betroffenen Grundeigentümern, der Fischerei und dem amtlichen Naturschutz abgestimmt. Die Baudurchführung erfolgte von Oktober 2008 bis Juli 2009. Der Schwemmholzrechen besteht aus einer Reihe von insgesamt 17 bewehrten und ausbetonierten Stahlrohren mit einem Durchmesser von 80 cm und einer Höhe bis zu 4,50 m (Abb. 3). Die Höhe wurde über den Bemessungswasserspiegel zuzüglich 1 m Freibord bestimmt. Die als Fundament dienenden Großbohrpfähle mit jeweils 9 m Tiefe und einem Durchmesser von 1,20 m wurden auf statische und dynamische Kräfte (Anprall Baum auf Rechen) bemessen.



Abb. 3: Bewehrung für Stahlrohr (Foto: WWA Rosenheim).

Fig. 3: Reinforcement for one steel tube.



Abb. 4: Stahlrohre nach Fertigstellung (Blick von unterstrom) (Foto: WWA Rosenheim).

Fig. 4: Steel tubes after completion (view from downstream).

Der Rechen wurde in der von der Technischen Universität München entwickelten v-Form (Knauss, 1995) angeordnet (Abb.4). Der Stababstand wurde mit 4 m (lichte Weite 3,34 m) gewählt, bei einem Durchmesser der Stahlsäulen von 660 mm. Bei der Entscheidung über die Größe des Stababstands wurde auch die Breite der Fahrzeuge berücksichtigt, die nach einem Ereignis zum Räumen des Rückhalteraums zum Einsatz kommen. Durch den gewählten großen Stababstand können in der Anfangsphase eines Hochwassers oder bei kleineren Ereignissen kleinere Holzstücke oder Geschwemmsel den Rechen passieren. Treibgut dieser Größenordnung kann unterstrom kaum Schaden anrichten.

Die Flusssohle und die Ufer wurden durch eine mit großen Wasserbausteinen gesetzte

Versteinung gesichert. Die Sicherung der Sohle wurde zum Teil versteckt sowie in aufgelöster Bauweise ausgeführt, um die Gewässerstruktur möglichst wenig zu beeinträchtigen. Insgesamt wurden rund 5.000 Tonnen Wasserbausteine eingebaut. Der Rechen ist für Fische und Makrozoobenthos voll durchgängig. Das Gewässerbett der Leitzach wurde an der vorgesehenen Sperrenstelle aufgeweitet. Für den Bau und den späteren Unterhalt wurden Zufahrten sowohl orographisch links als auch rechts errichtet (Abb. 5). Die Gesamtkosten für die Maßnahme beliefen sich auf ca. 800.000 €. Der Schwemmholzrechen ist als Schlüsselbauwerk eingestuft und wird vom Wasserwirtschaftsamt regelmäßig überwacht und bei Bedarf geräumt.



Abb. 5: Luftbildaufnahme des fertiggestellten Schwemmholzrechens mit Zufahrten zum Rückhalteraum (Foto: WWA Rosenheim).

Fig. 5: Aerial photo of the completed driftwood rake with driveways to the retention basin.

Bereits kurz nach der Fertigstellung, im Juni 2010, wurde der Schwemmholzrechen einer ersten Bewährungsprobe unterzogen. Bei einem Ereignis mit einem Abfluss knapp über 100 m³/s wurden

durch das Bauwerk große Mengen an Holz planmäßig zurückgehalten. Die v-Form wirkte wie eine Fangtasche, in der sich das Treibholz sammelte (Abb. 6 und 7).



Abb. 6: Funktion des Rechens beim Ereignis im Juni 2010 (Foto: WWA Rosenheim).

Fig. 6: The driftwood rake during the flood in June 2010.



Abb. 7: Gefüllter Rechen nach dem Ereignis (Foto: WWA Rosenheim).

Fig. 7: Filled driftwood rake after the event.

Mit dieser Art von Schwemmholzrechen (v-Form) wurden in Bayern auch an weiteren Standorten bereits Erfahrungen gesammelt, u.a. am Lainbach bei Benediktbeuern und am Arzbach (Zufluss zur Isar südlich von Bad Tölz – vgl. Schulze et al., 2008). Zwei Fragestellungen, die sich grundsätzlich im Zusammenhang mit Bauwerken zum Schwemmholzurückhalt ergeben, sind aber nach wie vor nicht abschließend geklärt und werden im Folgenden kurz erläutert.

Geschiebe und Schwemmholz

Die beiden „Feststofffraktionen“ in Wildbächen bereiten häufig neben dem eigentlichen Wasser-

abfluss enorme Probleme. Daher setzen Schutzmaßnahmen auch an der teil- bzw. zeitweisen Ausfilterung dieser Bestandteile an. Aufgrund der Schwimmigenschaften von Holz konzentriert sich dieser Filterungsprozess eher an der Wasseroberfläche, während die Geschiebeablagerung an der Sohle stattfindet.

Bedeutsam sind aber auch die Folgen bzw. Wechselwirkungen solcher Ansätze: ein vollständiger Rückhalt von Geschiebe kann Eintiefungen der Sohle unterstrom des Rückhaltebauwerks zur Folge haben, da der Bach versucht, sich das fehlende Geschiebe aus der Sohle oder den Uferbereichen zu holen. Daher wird oft, auch aus ökologischen Gründen, ein nur zeit-

und/oder teilweiser Rückhalt des Geschiebes angestrebt.

Für Wildbäche mit vorwiegender Verklauungsgefahr, wird daher häufig angestrebt, das Holz auszufiltern und das Geschiebe weitgehend unbeeinflusst zu lassen. Daher wurden in den letzten Jahrzehnten eine Reihe von Bautypen (z.B. Rechen, Netze) konzipiert, die möglichst das Holz ausfiltern, aber das Geschiebe an der Sohle durchlassen sollen.

Die an der Versuchsanstalt Oberrach der Technischen Universität München entwickelte v-förmige Gestaltung von Rechen hat sich in

Modellversuchen als optimal für den Schwemmholzurückhalt herausgestellt und das Geschiebe weitestgehend unter dem schwimmenden Holzteppich passieren lassen (Knauss, 1995). Die in Bayern realisierten Rechen dieser Art belegen die Funktion zum Schwemmholzurückhalt. Allerdings ist die Geschiebedurchgängigkeit bei Hochwasser in der Praxis stark eingeschränkt. An einem Rechen fand beim Hochwasser 2005 ein vollständiger Geschieberückhalt statt, mit der Folge einer bis zu 7 m starken Eintiefung des weitgehend natürlichen Bachbettes unterhalb der Sperre (Abb. 8) (Schulze et al., 2008).



Abb. 8: Eintiefung der Sohle unterstrom eines Rechens nach dem Ereignis 2005 (Foto: WWA Weilheim).

Fig. 8: Erosion downstream of the rake caused by the event 2005.

Aus den bisher gesammelten Erfahrungen in Bayern funktioniert ein alleiniger Holzurückhalt mit vollständiger Geschiebedurchgängigkeit in der Praxis maximal zu Beginn eines Ereignisses. Später muss mit einem (nahezu) vollständigen Holz- und Geschieberückhalt gerechnet werden. Vor allem muss nach Beginn des Holzurückhaltes aufgrund großer Mengen an Feinteilen davon ausgegangen werden, dass das zurückgehaltene Holz stark ver- und abgedichtet wird, was zu einem höheren Aufstau oberhalb und damit zu einem verstärkten Geschieberückhalt führt. Um Erosionen zu verhindern, wird die Bachsohle unterhalb solcher Bauwerke mittlerweile auch immer gesichert.

Überlastfall

Schwemmholzurückhaltebauwerke werden, wie alle Hochwasserschutzanlagen, für ein bestimmtes Bemessungsereignis ausgelegt. Dies trifft auf Rechen ebenso zu wie auf Netze. Den Fachleuten ist bewusst, dass auch seltenere Ereignisse stattfinden können, die einen höheren Abfluss aufweisen und zu einer Überlastung der Schutzbauwerke führen. Unklar, vor allem aufgrund fehlender Praxiserfahrungen, ist in der Regel das Verhalten von Holzurückhaltebauwerken in solch einem Überlastfall.

Das Schwemmgut wird gezielt am Bauwerk gesammelt. Bei extremer Wasserführung besteht so ein grundsätzliches Risiko, dass der Verklauungskörper über das Bauwerk gehoben wird und das gesammelte Schwemmholz auf einmal auf die verklauungsrelevante Engstelle trifft. Die ursprüngliche Situation, dass Holzstämmen einzeln oder in kleineren Teilmengen angeschwemmt werden und die Engstelle möglicherweise noch passieren, würde so dramatisch verschlechtert werden. Ebenfalls denkbar wäre

ein plötzliches Bauwerksversagen auf Grund zu hoher einwirkender Lasten, in dessen Folge dynamische flutwellenartige Szenarien nicht auszuschließen wären. Allerdings sollten im Rahmen der Betrachtung von Überlastfällen derartige Szenarien weitestgehend vermieden werden.

Erste gezielte Maßnahmen für den Überlastfall bei Holzurückhaltebauwerken aus dem Schweizer Raum setzen auf Notüberläufe, die das Wasser quasi um den Schwemmholzurückhalt gefahrlos herumführen (Bsp. Grube in VAW, 2006). Dies ist aber nur möglich, falls genügend Raum zur Verfügung steht.

Fazit

Die teilweise noch ungeklärten Fragestellungen im Zusammenhang mit Schwemmholzurückhalt unterstreichen, dass die Priorität im Umgang mit Schwemmholz weiterhin sein sollte:

1. Holzeintrag vermeiden bzw. Totholz so zerkleinern, dass es keine Verklauungsgefahr mehr darstellt.
2. Engstellen erweitern oder besser ganz beseitigen.
3. Erst wenn 1. und 2. nicht möglich ist, einen Holzurückhalt in Erwägung zu ziehen.

Bei der Konzeption von Holzurückhaltebauwerken müssen die gewünschten aber auch die unerwünschten Auswirkungen auf den Geschiebehaushalt bedacht werden. Zudem sollten Überlegungen erfolgen, was in möglichen Überlastfällen passieren kann und wie unerwünschte Wirkungen abgemildert werden können. Weitere Praxiserfahrungen müssen hier gesammelt und aufbereitet werden, damit der Umgang mit Schwemmholz optimiert werden kann.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Dr.-Ing. Andreas Rimböck
Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
andreas.rimboeck@lfu.bayern.de

Dipl.-Ing. Rainer Höhne
Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
rainer.hoehne@lfu.bayern.de

Literatur / References:

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (StMUV) (2015). Wildbachbericht Bayern – Teil 1 – Grundlagen, Gefahren, Herausforderungen. September 2015.

KNAUSS J. (1995). Treibholzfänge am Lainbach in Benediktbeuern und am Arzbach. Berichte des Lehrstuhls für Wasserbau der Technischen Universität München Nr. 76, S. 23–66.

SCHULZE D., EICHENSEHER E., RIMBÖCK, A. (2008). Der Arzbach – Gefahrenabwehr an einem Wildbach. Zeitschrift des Vereins der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinerverbauung Österreichs, 72. Jahrgang, August 2008, Heft 159.

VAW (2006). Schwemmholz – Probleme und Lösungsansätze. Mitteilungen der VAW der ETHZ, Heft 188.



NOVITECH
SPEZIALBAUSTOFFE

Zement · Kalk · Gips · Spezialbaustoffe · Anwendungstechnik



- geprüfte Ankermörtel für den Wildbach- und Lawinerverbau
- Trocken- und Nassspritzbetone
- pumpfähiger Fertigbeton
- Injektionsmörtel

mineralisch kreativ

Schretter & Cie GmbH & Co KG
A-6682 Vils · Tirol
Tel.: +43 (0)5677/8401 · 0
Fax: +43 (0)5677/8401 · 222
office@schretter.trol · www.schretter.tirol

PETER WAGNER, KARL MAYER, ANDREAS RIMBÖCK

Planung von Stabilisierungs- und Konsolidierungssperren: Lernen aus 150 Jahren Verbauungsgeschichte

Check dams: lessons from 150 years of torrent control history

Zusammenfassung:

Der häufigste Bauwerkstyp der Wildbachverbauung in Bayern sind Sperren zur Stabilisierung der Gerinnesohle oder zur Konsolidierung der Einhänge. Zur Qualitätssicherung wird derzeit der Erfahrungsschatz der Wasserwirtschaftsämter zentral gesammelt und darauf aufbauend Empfehlungen erarbeitet. Diese sollen eine Hilfestellung sein das Baumaterial auszuwählen, welches am Standort unter Berücksichtigung der gesamten Lebensdauer des Bauwerks die günstigste Lösung darstellt. In der ersten Grobauswahl werden die Rahmenbedingungen am Standort untersucht. Darauf aufbauend wird die Eignung der verschiedenen Baumaterialien am betrachteten Standort grundsätzlich beurteilt. Basierend auf der Grobauswahl kann im weiteren Vorgehen eine Kostenkalkulation für die am Standort geeignete Baustoffe erfolgen. Die Bemessung des Bauwerks ist nicht Teil des Auswahlprozesses und schließt im darauf folgenden Schritt an diesen an.

Stichwörter: Konsolidierungssperren, Stabilisierungssperren, Baumaterial

Abstract:

In Bavaria, the most common mitigation structures against torrential hazards are check dams for stabilization of the torrent bed or consolidation of the lateral slopes. The experience of the Bavarian water management authorities concerning this matter was gathered centrally. Based upon it, recommendations have been elaborated which intend to assist in choosing the most appropriate building material for a certain dam location. In the first step, site criteria are evaluated regarding geotechnical framework conditions and construction material specifics. During the further procedure costs can be calculated for the building materials suitable at the dam's location. Structural design is not part of the selection process but follows in the next step.

Keywords: Check dam, stabilization measures, construction material

Einleitung

In der der Bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung ist die Wildbachverbauung – anders als in den anderen Alpenländern – nicht eigenständig, sondern als Teil des Wasserbaus organisiert. Bearbeiter mit einer wildbachspezifischen Ausbildung sind an den Wasserwirtschaftsämtern derzeit noch die Ausnahme. Nichtsdestotrotz ist ein großer Erfahrungsschatz vorhanden, der von Generation zu Generation weitergegeben wurde und wird.

In den Wasserwirtschaftsämtern im Alpenraum steht in naher und mittlerer Zukunft ein Generationenwechsel bevor. Gleichzeitig stehen die Ämter durch die große Anzahl an vorhandenen Bauwerken, die betrieben, unterhalten und teilweise auch neu errichtet werden müssen vor großen Herausforderungen. Vor diesem Hintergrund soll das vorhandene Wissen der Planungsabteilungen und Flussmeister zentral gesammelt und aufbereitet werden. Ziel ist die Erstellung eines Kompendiums von Empfehlungen und Hinweisen zu den Aspekten „Wahl des geeigneten Bautyps“, „Wahl des geeigneten Baumaterials“, „Hinweise zur Konstruktion“ und „Hinweise zu Bau, Betrieb und Unterhaltung“. Diese Zusammenstellung soll allen Wasserwirtschaftsämtern zur Verfügung gestellt werden.

Im ersten Schritt wurden die Erfahrungen zum Bautyp Vollwandssperren mit einer Höhe von bis zu 5 m zusammengetragen. Diese stellen den häufigsten Bauwerkstyp der Wildbachverbauung in Bayern dar.

Der vorliegende Beitrag stellt dabei ein erstes Grundgerüst für die Ausarbeitung der Empfehlungen und Hinweise zum Bau von Vollwandssperren dar. Im weiteren Vorgehen erfolgt noch eine Abstimmung mit den Praktikern an den bislang nicht einbezogenen Wasserwirtschaftsämtern und Flussmeisterstellen. Eine weitere Ergänzung der vorliegenden Hinweise ist daher zu erwarten.

Die Verfasser sind auch dankbar für Hinweise seitens der Kolleginnen und Kollegen aus den anderen Alpenländern.

Kurzbeschreibung der einzelnen Baumaterialien

In Bayern werden vorwiegend Beton, Stein, Holz und Gabionen als Baumaterialien für Vollwandssperren verwendet. Im Folgenden werden die Eigenschaften und Besonderheiten der Baustoffe, sowie Hinweise zum Bau und Betrieb tabellarisch zusammengefasst.

Beton	
Charakteristika	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Widerstandsfähigkeit und Langlebigkeit • Hohe Bodenpressung → bei gering tragfähigem Untergrund Tiefgründung oder Bodenverbesserung nötig • Verformungen aufgrund Setzungen können nicht aufgenommen werden • Verformungen aufgrund tiefgründiger Rutschmassen können durch konstruktive Maßnahmen aufgenommen werden: Bergdrucktype (Sperrenflügel an Hangseite mit Rutschung ist vom Sperrkörper statisch getrennt und verschieblich)
Bauweise	<ul style="list-style-type: none"> • Unbewehrte Schwergewichtsmauer bis 5 m Höhe • Bei Höhen > 5 m: Stahlbetonbauweise • Schalung erforderlich • bei starker Geschiebeführung: nach vorne überstehender Abrasionsschutz (z.B. Granitplatten) im Bereich der Abflusssektion • Bauweise als Winkelstützmauer möglich, um Bodenpressung zu reduzieren • Je nach Standortvoraussetzungen pumpen oder einfließen lassen des Betons über Rutsche

Schadensbilder	<ul style="list-style-type: none"> • Setzungsschäden (i.d.R. Risse) • Frostschäden (i.d.R. Risse, Abplatzungen) • Sulfattreiben bei sulfathaltigen Gesteinen oder Wässern am Standort • Abrasion im Bereich der Abflusssektion
Reparaturarbeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Verfüllen von Rissen im Beton • Austauschen beschädigter Abrasionsschutz an der Abflusssektion
Hinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Im Bereich der Sperrenflügel kann alternativ zur herkömmlichen Bauweise (Schalen und Betonieren) analog der Bauweise von Steinsperren vorgegangen werden. Dadurch kann in Einzelfällen auf Maßnahmen zur Böschungssicherung verzichtet werden • Bei sulfathaltigen Gesteinen am Standort Expositionsklasse bestimmen und ggf. geeigneten Beton verwenden • Frostschäden durch Wahl geeigneter Betonsorte und gute Verdichtung des Betons vermeiden

Stein	
Reine Steinschichtungen kommen nur noch zur Uferbefestigung zum Einsatz. Zur Errichtung von Steinsperren werden auf der Wasser- und Luftseite der Sperre Wasserbausteine reihenweise gesetzt und der Zwischenraum mit Beton verfüllt.	
Charakteristika	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Widerstandsfähigkeit und Langlebigkeit • Maximale Höhe: 5 m • Hohe Bodenpressung → bei gering tragfähigem Untergrund Tiefgründung oder Bodenverbesserung nötig • Kann keine Verformungen aufnehmen: nicht bei tiefgründigen Rutschungen an den seitlichen Einhängen; nicht, wenn hohe Setzungsraten zu erwarten sind

Bauweise	<ul style="list-style-type: none"> • Schwergewichtsmauer • Zyklopenmauer mit Betonkern, Betonanteil 20% • Leicht gekrümmte Ausführung sinnvoll, um Lasten seitlich in die Einhänge abzutragen • Nach vorne überstehende Granitplatten im Bereich der Abflusssektion
Schadensbilder	<ul style="list-style-type: none"> • Irreparable strukturelle Schäden bei seitlichem Hangdruck • Herausfallen von einzelnen Steinen • Frostschäden an Steinen und Beton • Sulfattreiben bei sulfathaltigen Gesteinen oder Wässern am Standort
Reparaturarbeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Austauschen einzelner aus dem Verband herausgefallener oder aufgrund Frostschäden unbrauchbarer Steine durch Wiedereinsetzen oder Einsetzen neuer Steine und anschließender Vermörtelung • Austauschen beschädigter Granitplatten an der Abflusssektion
Hinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Nur kurze Böschungsstandzeiten im Bereich der Sperrenflügel erforderlich, wenn unmittelbar nach Aushub die luft- und wasserseitigen Steine gesetzt werden und der Zwischenraum mit Beton ausgefüllt wird • Bei sulfathaltigen Gesteinen (Gips, Anhydrit) am Standort Expositionsklasse bestimmen und ggf. geeigneten Beton verwenden • Frostschäden am Beton durch Wahl geeigneter Betonsorte vermeiden • Nachweis für Frostbeständigkeit der Steine vom Lieferanten fordern

Gabionen	
Charakteristika	<ul style="list-style-type: none"> • Günstige und schnelle Bauweise • Maximale Höhe: 5-6 m • Geringe Bodenpressung • Kann Verformungen zu einem gewissen Grad aufnehmen • Lebensdauer gegenüber Stein und Beton geringer, vergleichbar oder geringfügig höher als bei Holz • ungeeignet bei hochenergetischen Prozessen (Murgang oder murartiger Feststofftransport) • Nicht bei sulfathaltigen Gesteinen oder Wässern im Untergrund (Korrosion)
Bauweise	<ul style="list-style-type: none"> • Drahtschotterkästen werden eingesetzt und untereinander mit Draht verbunden • Anbringen von Abrasionsschutz aus Blech in der Abflusssektion möglich, verringert jedoch die Fähigkeit der Sperre, Verformungen aufzunehmen; Das Blech selbst kann auch vor Abrasion geschützt werden. Dies lässt sich dadurch erreichen, dass an die Abtropfkante des Blechs als nach oben gerichteter Winkel ausgebildet wird, hinter dem eine Ablagerung von Geschiebe erzwungen wird (gilt gleichermaßen für Holzsperrn) • Gekrümmte Form ermöglicht Lastabtrag in die Flanken
Schadensbilder	<ul style="list-style-type: none"> • Schäden am Drahtgeflecht der Körbe • Schäden an Abflusssektion • Bewuchs

Reparaturarbeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Austausch einzelner Gabionen nicht möglich, Rückbau der Sperre bis zu schadhaftem Element erforderlich • Vorbeugen von Schäden an den Körben durch rechtzeitiges Entfernen von Bewuchs möglich
Hinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Wenn geeignetes Material vor Ort verfügbar, kann eine Befüllung vor Ort erfolgen; dadurch besonders geeignet für schwer zugängliche Standorte • Fertig befüllte Körbe können unmittelbar nach Fertigstellung des Aushubs an den Einhängen eingehoben werden, dadurch kann meist auf Böschungssicherung verzichtet werden • Von der Verwendung von feineren Körnungen oder veränderlich festen Gesteinen zur Füllung bei vorherigem Auskleiden der Körbe mit Geotextil wird im Allgemeinen abgeraten, da bei Schäden am Geotextil ein Ausschwemmen der Füllung erfolgt



Abb. 1: Errichtung einer Gabionensperre

Fig. 1: Construction of a gabion check dam

Holz	
Charakteristika	<ul style="list-style-type: none"> • Günstige Bauweise • Maximale Höhe: 5–6 m • Maximale Breite: 12–15 m (Baumlänge) • Geringe Bodenpressung • Kann Verformungen zu einem gewissen Grad aufnehmen • Lebensdauer gegenüber Stein und Beton auch bei günstigen Standortbedingungen geringer • ungeeignet bei hochenergetischen Prozessen (Murgänge oder murartiger Feststofftransport)
Bauweise	<ul style="list-style-type: none"> • Holzkasten, i.d.R. mit Abrasionsschutz an der Abflusssktion • Sperrflügel gegenüber oberstem Balken nach hinten versetzt, um Austausch des obersten Balkens zu vereinfachen • Hinterfüllen muss bereits während der Bauphase erfolgen
Schadensbilder	<ul style="list-style-type: none"> • Verfaulen des Holzes bei wechselfeuchten Bedingungen oder Trockenfallen aufgrund nicht ausreichender Beschattung des Standorts • Starker Abrieb am obersten Balken, insbesondere bei scharfkantigem Geschiebe (Dolomit)
Reparaturarbeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Austausch des obersten Balkens aufgrund starkem Abrieb oder Verfaulen
Hinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Kiefern- oder Lärchenholz (wenn verfügbar auch Robinie) langlebiger als Fichten- oder Tannenholz • Kerben zum Verbinden der Zangen müssen nach unten zeigen, andernfalls beschleunigtes Verfaulen aufgrund Ansammlung von Wasser in den Kerben • Stahlblech als Abrasionsschutz; Details zur Gestaltung des Blechs siehe Hinweise zu „Gabionen“ • Sperrflügel zur Begrenzung der Abflusssktion lassen sich einfach aus Gabionen erstellen. • Holzbringung vor Ort kann ggf. bereits im Winter erfolgen

Vorauswahl des Baumaterials anhand allgemeiner Kriterien

Die Betrachtung standortspezifischer Kriterien unter dem Aspekt der Eignung der in Frage kommenden Baustoffe sollte eine Hilfestellung zur Auswahl des am besten geeigneten Baumaterials darstellen. Es wurden 7 Kriterien identifiziert, die sich generalisiert beschreiben lassen und für die eine eindeutige Zuordnung für jeden Standort möglich ist. Auf dieser Basis erfolgt für jeden Baustoff eine Einteilung in die Kategorien „geeignet“, „bedingt geeignet“ und „ungeeignet“. Fällt auch nur eines der Kriterien in die Kategorie „ungeeignet“, ist der Baustoff am Standort nicht anwendbar. Bei Baustoffen, die in die Kategorie „bedingt geeignet“ eingeordnet werden, ist zu prüfen, ob die Voraussetzung für die Verwendung am Standort gegeben ist. Weiterhin sind Verhältnisse, aufgrund derer eine Einordnung in die Kategorie „bedingt geeignet“ erfolgt, ein Indikator für erhöhte Baukosten aufgrund aufwändiger Maßnahmen. Durch eine Gegenüberstellung der Ergebnisse der Vorauswahl und dabei insbesondere einer Betrachtung der Sachverhalte, die zu einer Einstufung in die Kategorie „bedingt geeignet“ führen, kann ein qualitativer Vergleich der für jeden einzelnen Baustoff zu erwartenden Kosten zum Bau der Sperre vorgenommen werden.

Eine quantitative Abschätzung der Kosten kann erst in einer späteren Phase erfolgen, bei der die Verhältnisse vor Ort nicht nur qualitativ und generalisiert betrachtet werden, sondern eine Einzelfallbetrachtung des jeweiligen Bauwerks erfolgt.

Wildbach-Leitprozess am Standort

- fluviatile Prozesse:** in diesem Fall können alle Baumaterialien verwendet werden

Beton	Stein	Gabionen	Holz
geeignet			

- murartige Prozesse und Murgänge:** aufgrund der hohen Prozessenergien ist im Ereignisfall mit einer Zerstörung oder Beschädigung von Sperren aus Holz oder Gabionen zu rechnen. In diesem Fall können daher nur Stein- oder Betonsperren mit besonderen konstruktiven Vorkehrungen (Murprofil an der Abflusssktion, Berücksichtigung des Prozesses Murgang bei der Bemessung) eingesetzt werden.

Beton	Stein	Gabionen	Holz
geeignet		ungeeignet	

Gründungsverhältnisse

- Festgestein:** Für die Gründung von Sperren aus allen Baumaterialien geeignet, die Baustoffe Holz und Gabionen benötigen jedoch ebene Aufstandsflächen, deren Herstellung im Festgestein mit Mehraufwand verbunden ist.

Beton	Stein	Gabionen	Holz
geeignet		Bedingt geeignet: Herstellung einer ebenen Aufstandsfläche erforderlich	

- veränderlich festes Gestein:**

Beton	Stein	Gabionen	Holz
geeignet			

- Lockergestein, grobkörnig:** hohe Tragfähigkeit, Verdichtung mit Rüttelplatte jedoch erforderlich

Beton	Stein	Gabionen	Holz
geeignet			

- Lockergestein, feinkörnig:** geringe Tragfähigkeit; Baumaterial bzw. Bauweise mit geringer Bodenpressung notwendig. Bei Beton- und Steinbauweisen ist ein Bodenverbesserung (i.d.R. Bodenaustausch) oder eine Tiefgründung (i.d.R. Mikropfähle oder Brunnen Gründung) notwendig

Beton	Stein	Gabionen	Holz
Bedingt geeignet: Bodenverbesserung oder Tiefgründung erforderlich		geeignet	

Beschaffenheit der Einhänge

- Festgestein oder veränderlich festes Gestein:** Böschchen üblicherweise bis 80° zulässig (DIN 4124), Lösen des Gesteins jedoch i.d.R. nur mit Meißel oder Sprengen möglich; Gestein ist geeignet, Kräfte abzutragen. Bei Stein, Gabionen und Holz ist die Kraftübertragung jedoch nur über Formschluss möglich, was einen Mehraufwand beim Lösen des Gesteins bedeutet.

Beton	Stein	Gabionen	Holz
geeignet, aber prüfen: Stabilisierung/Konsolidierung hier erforderlich?			

- Lockergestein, stabil:** stabile Einhänge aus Lockergestein können entweder aus grobkörnigem Material bestehen, dessen Neigung geringer als ca. 40° ausfällt oder aus bindigem,

häufig überkonsolidiertem Material mindestens steifer, zumeist aber fester oder sehr fester Konsistenz. Grobkörniges Lockergestein kann gemäß DIN 4124 bei Aushub der Taschen zur Einbindung der Sperrenflügel ohne zusätzliche Sicherungsmaßnahmen bis zu einer Böschungshöhe von 5 m mit 45° geböscht werden, bindiges Lockermaterial mindestens steifer Konsistenz bis zu einer Höhe von 5 m mit 60°.

Stabile Einhänge aus Lockergestein sind in der Regel geeignet, Lasten aus den Sperrenflügeln abzutragen.

Beton	Stein	Gabionen	Holz
geeignet			

- **Lockergestein, oberflächennahe seichte Rutschungen:** Dieser Fall tritt zumeist auf, wenn grobkörniges Lockergestein die Einhänge aufbaut und deren Neigung größer als ca. 40° ausfällt. In der Regel sind die Gesteine in der Lage, Lasten aus den Sperrenflügeln abzutragen. Beim Öffnen der Flanken zum Einbringen der Sperrenflügel ist zu berücksichtigen, dass mit dem Nachrutschen von Lockermaterial zu rechnen ist. Je nach gewähltem Baumaterial können daher Sicherungsmaßnahmen erforderlich werden. Günstig sind in diesem Fall Bauweisen aus Stein oder Gabionen, da Gabionen oder Wasserbausteine unmittelbar nach Öffnen der Flanke mit dem Bagger eingehoben werden können und die Böschung damit bereits gesichert wird.

Beton	Stein	Gabionen	Holz
bedingt geeignet: aber Sicherung der Böschungen im Bereich der Sperrenflügel ggf. erforderlich		geeignet	

- **Lockergestein mit tieferreichenden Rutschkörpern:** Diese Situation ist vor allem im Verbreitungsbereich bindiger Lockergesteine anzutreffen. Die Gleitbahn bzw. Schwächezone befindet sich in mehreren Metern Tiefe, die Konsistenz der bindigen Anteile des Lockergesteins ist überwiegend weich, stellenweise auch maximal als steif zu beurteilen. Ist durch freies Böschchen keine standsichere Ausführung möglich, sind Bauweisen günstig, die ein schnelles Einbringen der Baustoffe in den ausgehobenen Bereich und ein anschließendes teilweises Verfüllen und Abflachen der Böschung ermöglichen. Ist eine derartige Bauweise nicht möglich, muss die Böschung gesichert werden. Weiterhin ist darauf zu achten, dass die Sperre in diesen Fällen eine Belastung durch seitlich einwirkende Kräfte erfährt. Durch Wahl einer entsprechenden Bauweise, oder entsprechende konstruktive Ausbildung ist diesem Sachverhalt gerecht zu werden. Konstruktiv kann dem Problem bei Betonsperren durch Anwendung der Bergdrucktype begegnet werden. Diese kann jedoch nicht als Schwergewichtsmauer ausgeführt werden und erfordert somit eine aufwändigere Bauweise aus Stahlbeton. Alternativ können Baumaterialien gewählt werden, die eine Verformung zu einem gewissen Grad zulassen (Holz und Gabionen), sofern die weiteren Standortbedingungen dies ermöglichen.

Beton	Stein	Gabionen	Holz
bedingt geeignet: aber Sicherung der Böschungen im Bereich der Sperrenflügel ggf. erforderlich	ungeeignet	geeignet	

Weitere Bedingungen am Standort

- **wechselfeuchte Verhältnisse:** Der Einsatz von Holz als Baumaterial bei wechselfeuchten Verhältnissen ist im Allgemeinen nicht möglich, da das Holz bei temporärem Trockenfallen des Gerinnes schnell verfault.

Beton	Stein	Gabionen	Holz
geeignet			ungeeignet

- **sulfathaltige Gesteine im Untergrund:** In diesem Fall ist von einem erhöhten Sulfatgehalt sowohl der Hangwässer als auch des Wassers im Gerinne auszugehen. Dies fördert die Korrosion von Stahlbauteilen und kann bei Beton zu Schäden aufgrund von Ettringitbildung führen. Aufgrund dieser Tatsache können Gabionen in diesem Fall nicht verwendet werden. Bei Stein- und Betonsperren ist auf die Wahl einer geeigneten Betonsorte zu achten. Sulfathaltige Gesteine (Gips und Anhydrit) treten in den Bayerischen Alpen in den Schichtfolgen der Raibler Schichten und des Haselgebirges auf.

Beton	Stein	Gabionen	Holz
bedingt geeignet: aber Sicherung der Böschungen im Bereich der Sperrenflügel ggf. erforderlich		ungeeignet	geeignet

Abmessungen

- **Höhe > 5 m:** Sperren mit einer Höhe von mehr als 5 m müssen aus statischen Gründen in Stahlbetonbauweise hergestellt werden.

Beton	Stein	Gabionen	Holz
geeignet	ungeeignet		

- **Höhe < 5 m, Breite > 12–15 m:**

Mit Ausnahme von Holz können alle Materialien verwendet werden. Die Errichtung von Holzkastensperren ist nicht mehr möglich, da die Länge der als Balken verwendbaren Stämme nach oben begrenzt ist und eine steife Verbindung mehrerer Balken nicht möglich ist.

Beton	Stein	Gabionen	Holz
geeignet			ungeeignet

- **Höhe < 5 m, Breite < 12–15 m:**

Aus bautechnischen Gesichtspunkten können alle Materialien uneingeschränkt verwendet werden

Beton	Stein	Gabionen	Holz
geeignet			

Zugänglichkeit

Ist keine Erschließung vorhanden, muss diese für die Errichtung der Sperre angelegt werden. Bei günstigen Rahmenbedingungen ist bei Verwendung der Baustoffe Holz und Gabionen ggf. eine Erreichbarkeit des Sperrenstandorts mit dem Schreitbagger ausreichend.

Bei Verwendung der Baustoffe Stein und Beton muss mindestens eine Zufahrt mit Wendemöglichkeit angelegt werden. Bei Verwendung des Baustoffs Beton kann ein ausreichend großer Lagerplatz für das Aufstellen einer Betonpumpe hilfreich sein. Dieser muss sich unterhalb des Sperrenstandorts befinden, da ein Pumpen des Betons nur von unten nach oben möglich ist. Andernfalls kommt es zu einer Entmischung des Betons im Schlauch. Ein Schütten des Betons mit Rutsche ist auch möglich.

keine Erschließung vorhanden:

Beton	Stein	Gabionen	Holz
geeignet, wenn Erschließung möglich		Geeignet, wenn mit Schreitbagger zugänglich und Füllmaterial vor Ort verfügbar	Geeignet, wenn mit Schreitbagger zugänglich und Holz vor Ort verfügbar

Zufahrt und Lagerplatz vorhanden:

Beton	Stein	Gabionen	Holz
geeignet			

Beabsichtigte Betriebsdauer und langfristige Zugänglichkeit

Die Wirtschaftlichkeit hinsichtlich Unterhaltskosten für die Instandhaltung der Sperren ist unter dem Aspekt der geplanten Lebensdauer des Bauwerks und der Zugänglichkeit während des Betriebszeitraums zu betrachten. Aufgrund der robusten Bauweise fallen bei Beton- und Stein Sperren in der Regel Instandhaltungsarbeiten in nur geringem Umfang an. Ebenso weisen diese die längste Lebensdauer auf. Eine dauerhafte Zugänglichkeit über den geplanten Betriebszeitraum von meist etwa 100 Jahren für diesen Bauwerkstyp ist daher in den meisten Fällen für diese Bauwerkstypen nicht erforderlich. Sollten Holz- oder Gabionensperren über einen ähnlich langen Zeitraum eingesetzt werden, ist dies nur dann wirtschaftlich, wenn die Zugänglichkeit des Bauwerks über diesen Zeitraum sichergestellt ist und Reparaturen am Bauwerk mit geringem Aufwand vorgenommen werden können. Dies wird vor allem in solchen Fällen der Fall sein, bei denen eine

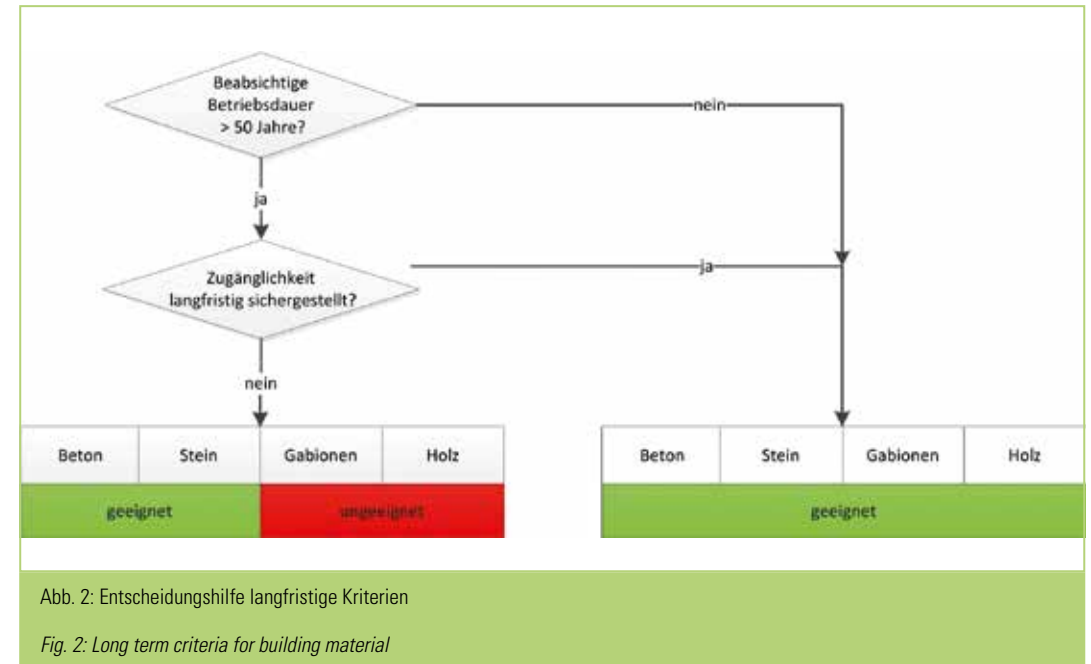
Erschließung durch Güterwege oder Forststraßen bereits vorhanden ist und diese für den Almbetrieb oder zur Bewirtschaftung der erschlossenen Waldbestände auch weiterhin instandgehalten werden, bzw. wenn die Bauwerke von bestehenden Wegen mit geringem Aufwand erreicht werden können. Wenn die weiteren Bedingungen für die Verwendung von Holz- oder Gabionensperren günstig sind, können diese in derartigen Fällen auch bei langen geplanten Betriebsdauern wirtschaftlich sein.

In Fällen, in denen eine Lebensdauer der Bauwerke von weniger als 50 Jahren ausreichend ist, sind bei Vorliegen der für ihren Einsatz geforderten Bedingungen Holz- und Gabionensperren üblicherweise auch dann wirtschaftlich, wenn die Zugänglichkeit zukünftig nicht sichergestellt ist.

Zusammenfassung und Ausblick

Mit der vorliegenden Zusammenfassung der gesammelten Erfahrungen hoffen wir einerseits, den neuen Mitarbeitern an den Wasserwirtschaftsämtern im Alpenraum den Einstieg zu erleichtern. Es sollen aber auch wertvolle Erfahrungen insbesondere aus Schäden oder Fehleinschätzungen, aber auch zu bewährten Bauweisen und zu konstruktiven Details aufgegriffen und weitergegeben werden.

Die Hinweise zur Planung und Bemessung von Wildbachschutzbauwerken sollen zukünftig ein „lebendes Dokument“ werden, das ständig fortgeschrieben wird und die Erfahrungen, die in der Praxis gemacht werden weiter aufgreift und verarbeitet. Zukünftig ist auch geplant, die Erfahrungen bei der Errichtung und dem Betrieb anderer Sperrentypen zu evaluieren und weitere Hinweise zu konstruktiven Details aufzunehmen.



Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Dipl.-Ing. Dipl.-Geol. Peter Wagner
Dipl.-Geol. Karl Mayer
Dr. Ing. Dipl.-Ing. Andreas Rimböck
Bayerisches Landesamt für Umwelt
Abteilung 6, Referat 61:
Hochwasserschutz und alpine Naturgefahren
Bürgermeister-Ulrich-Str. 160
D - 86179 Augsburg
Peter.Wagner@lfu.bayern.de

JÜRGEN SCHÄFER, MARTIN MOSER, SANDRO GIUS, MARKUS SPERLING

Wildholz- und Geschieberückhalt in der Rienz oberhalb der Stadt Bruneck

Woddy debris and bedload retention in the river Rienza above Bruneck

Zusammenfassung:

Die Chronik der Stadt Bruneck – Südtirol, Italien berichtet über zahlreiche durch die Rienz hervorgerufenen Überschwemmungsereignisse, welche beträchtliche Schäden verursachten. Dabei spielten Wildholz und Sediment eine ausschlaggebende Rolle. Ausgehend von einer betriebsinternen Studie, wurde eine Untersuchung zur Abschätzung von Wildholz- und Geschiebepotential durchgeführt, sowie zur Festlegung der notwendigen Schutzmaßnahmen. Eine eigene Studie (Comiti et al., 2009) ergab, dass für die Retention von Wildholz (geschätztes Volumen 7.000 m³) und Sediment (ca. 180.000 m³) nur eine standortspezifische Kombination von Schutzelementen eine optimale Risikoreduktion garantieren könne. Eine offene Rückhalte-sperre für Wildholz und Sediment wurde errichtet, wo das breite Flussbett in einen engeren und eingeschnittenen Abschnitt übergeht. Zusätzlich wurde eine Seilsperre erbaut, um auch das aus der Schlucht oberhalb von der Stadt stammende Wildholz abzufangen.

Stichwörter:

Wildholz, Geschieberetention, Seilsperre, Südtirol

Abstract:

Numerous flood events caused by the river Rienza, which determined considerable damages, were reported from the past in the area of Bruneck - South Tyrol, Italy. Large wood and sediment played a decisive role. With reference to an internal study, a research was carried out regarding the assessment of potential large wood and sediment and the necessary constructions as protection measures against them. A specific study (Comiti et al., 2009) put in evidence that for the retention of transported large wood (estimated volume: 7.000 m³) and sediment (approx. 180.000 m³), a site-specific combination of protection elements would guarantee an

optimal risk mitigation performance. An open check dam with wood and sediment retention function was conveniently build where the river plan form changes from comparably wide to narrow and incised. A cable-filter barrier was additionally built, to check also the large wood (ca. 1800 m³) generated in the whole incised river segment directly upstream the city.

Keywords:

Woddy debris, bedload retention, cable-filter barrier, South Tyrol

Das Projekt zum Hochwasserschutz von Bruneck

Die Rienz, ein Wildfluss mit einer Einzugsgebietsgröße von 633 km², fließt zentral durch die Stadt Bruneck, dem Hauptort des Pustertales. Eine interne Studie der ehemaligen Abteilung Wasserschutzbauten (jetzt Agentur für Bevölkerungsschutz) aus dem Jahr 2007, aber auch Ereignisse aus der Vergangenheit zeigen, dass für den Stadtbereich direkt am Ausgang der Rienzschlucht mit einer beträchtlichen Gefährdung durch Hochwasserereignisse zu rechnen ist.

Bereits ab Ereignisgrößen, die statistisch

gesehen alle 30 Jahre auftreten, werden randliche Stadtteile überflutet. Die Ausdehnung der betroffenen Flächen steigt dann mit der Intensität des Ereignisses beträchtlich an. Unter diesen Rahmenbedingungen muss im Fall von Schwemmholz mit einer massiven Zunahme der Gefährdung gerechnet werden, da der Großteil der Brücken im Stadtgebiet kaum das erforderliche Durchflussprofil, vor allem jedoch kein zusätzliches Freibord mehr aufweist. Dass das Schadbild vor allem durch Schwemmholz und Materialtransport geprägt wird, zeigen fotografische Aufnahmen der Rienzschlucht und des Siedlungsgebietes des Großschadenereignisses von 1882 eindrucksvoll.



Abb. 1:
Bruneck im Jahre 1882
(Südtirol in Wort und
Bild 1972, Foto Rapid)

Fig. 1:
Bruneck in 1882



Abb. 2: Rienz unterhalb Olang im Jahre 1882 (Foto Rapid)

Fig. 2: River Rienza below Olang in 1882

Etwa 2/3 des Einzugsgebietes der Rienz liegen heute oberhalb des Speichers Welsberg, welcher als Talsperre ein Fassungsvermögen von ca. 4,8 Millionen m³ aufweist. Parallel zur erwähnten Überflutungsstudie von Bruneck wurde deshalb in einem ersten Schritt über ein Projekt der Universität Innsbruck – Fakultät Wasserbau – ein möglicher Beitrag des Speichers zur Kappung der Hochwasserwelle untersucht. Das Ergebnis der Studie zeigt zwar dessen technische Realisierbarkeit, jedoch nur unter optimalen Bedingungen (rechtzeitige Wettervorhersage mit sofortiger und dem Ereignis angepasster Reaktion des Betreibers). Zudem ist für Ereignisse mit einer Jährlichkeit über 100 Jahren kaum mehr ein Einfluss möglich. Die Realisierung dieses kombinierten Hochwasserschutzes wird zudem vor allem auf Grund einer eventuellen Kompensation des Produktionsausfalles durch

die öffentliche Hand erschwert, vor allem bei häufig zu erwartenden Fehlalarmen durch unsichere Wetterprognosen.

Vorarbeiten zum Projekt

Anfang 2009 hatte das Amt für Wildbach- und Lawinenverbauung Ost die Möglichkeit im Rahmen des EU Programmes „Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung – EFRE 2007–2013“ ein Projekt für eine entsprechende Schutzmaßnahme einzureichen. Die Grundüberlegung dabei war die Errichtung eines Rückhaltesystems für Wildholz und Geschiebe oberhalb von Bruneck. Nur unter dieser Voraussetzung erwies sich die in jedem Fall und zusätzlich notwendige Anpassung der Schutzbauwerke in der Stadt selbst (Ufermauern) als realisierbar.

Als erster Schritt wurde die Erstellung eines Spezialgutachtens beauftragt. Den Zuschlag für die Studie erhielt die Bietergemeinschaft der Universitäten Bozen und Padova (Dr. F. Comiti und Prof. Dr. V. D’Agostino). Im Folgenden wird die Vorgangsweise der Studie skizziert:

Für die Abschätzung des Geschiebetransportes sowie für die Festlegung der Rauigkeiten der Flusssohle wurden die Ergebnisse granulometrischer Analysen der Oberflächenschicht der Sedimente mittels der „pebble count grid-by-numbers“-Methode herangezogen. Die Rauigkeit des mit Bewuchs versehenen Flussschlauchs erfolgte hingegen nach der Methode von Cowan, 1956 mit Ergänzung gemäß DVWK (1991).

Der etwa 12 km lange Rienzschlauch zwischen Speicher Welsberg und Bruneck wurde zum Zweck der Abschätzung des Wildholzanfalles in 6 homogene Abschnitte unterteilt. Als Bestandshöhe konnte der über Stichprobenmessungen berichtete Wert der Lidar-Befliegung (DSM-DTM) verwendet werden. Nach einer Vorstratifizierung der Waldbestände anhand von Luftbildern wurden Bestandsparameter wie Stammzahl, Baumart und Durchmesserverteilung dieser Bestandstypen anhand repräsentativer Stichproben ermittelt und hochgerechnet. Alle potentiell vom Hochwasser beeinflussten Flächen wurden schlussendlich für die Berechnung eines möglichen Wildholzanfalles berücksichtigt.

Der Eintrag aus den Seitenbächen wurde anhand einer Beurteilung des Verbauungsgrades bzw. bestehender Barrieren für den Transport von Geschiebe und Wildholz abgeschätzt. Zudem wurden Bereiche potentieller bzw. bekannter Rutschflächen ausgeschieden und ein Modell der Holzfrachtverlagerung entlang des Hanges mit einer Dekadenz (Abnahme) proportional zur Neigung erstellt (Rigon, 2009).

Für das 300-jährliche Hochwasserereig-

nis (Dauer: 85 h, HHQ 300 m³/sec.) wurde eine 1D-Simulation mit HEC-RAS unter Annahme einer stabilen Sohle durchgeführt. Damit konnten die benetzten Flächen, das Fließregime sowie das maximal transportierte Geschiebe entsprechend dem Ansatz von Meyer-Peter und Müller (1948) abgeschätzt werden. Zur endgültigen Abschätzung der Geschiebe- und Wildholzmengen, aber auch zum Nachweis der Wirkung der geplanten Schutzbauwerke erfolgten weitere 2D-Simulationen mit Flow-2D sowohl mit stabiler als auch mit mobiler Sohle anhand eines vereinfachten Hydrogramms mit einer Dauer von 32 Stunden.

Das Ergebnis der Studie kann folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Seit dem Bau des Speichers Welsberg zur hydroelektrischen Nutzung ist in Bezug auf Bruneck nur mehr etwa 1/3 des Einzugsgebietes (ca. 207 von insgesamt 633 km²) hinsichtlich Wildholz und Geschiebe relevant. Dadurch fehlen der Rienz aber auch Sedimente aus dem oberen Einzugsgebiet sowie die natürlichen Wasserspiegelschwankungen. Die Rienz hat sich seit der Inbetriebnahme des Speichers im Jahr 1959 in den Ablagerungen des Talbodens eingegraben und von ursprünglich etwa 17 auf 9 m verengt. Im Bereich der ursprünglichen Umlagerungsstrecken konnten sich seither großflächig Waldbestände entwickeln und stabilisieren. Die ursprünglichen Schotterterrassen der Rienz liegen heute bis zu 4 m über dem Sohlniveau und werden damit durch normale Hochwässer nicht mehr erreicht. Hier konnten sich bereits Hochwaldbestände (Nadelwälder) durchsetzen. Im Falle der Studie unterstellten 300-jährigen Hoch-



Abb. 3:
Abgrenzung des aktiven Flussbettes (blau), der überflutbaren Flächen (hellblau), der Terrassen (grün) im Flusschlauch der Rienza sowie Position der beiden Schutzbauwerke

Fig. 3:
Mapping of the active riverbed (blue), floodable areas (light blue) and terraces (green) in the Rienza river channel and position of the two protection measures.

wassers sind dies jedoch genau die Zonen, aus denen massiv Geschiebe und Wildholz zu erwarten ist.

- Ein Großteil der Seitenzuflüsse zwischen Speicher Welsberg und Bruneck weist hingegen Verbauungen mit ausreichender Stabilität auf. Dazu kommt die geringe Wahrscheinlichkeit eines gleichzeitig mit einem Dauerregen auftretenden Murereignisses dieser Seitenzubringer.
- Insgesamt ist über die Einhänge der Rienzschlucht, die bachbegleitenden Wälder und die Seitenbäche im Extremfall mit einer Wildholzmenge von knapp 7.000 m³ zu rechnen, die es unbedingt zurückzuhalten gilt, bevor sie die Stadt erreicht. Gut 3/4 der Holzmenge stammen aus den oberen 8 km der untersuchten Flussstrecke. Unter Berücksichtigung der Talmorphologie, aber auch aus landschaftsökologischen Überlegungen wurde deshalb entschieden, die notwen-

dige Schutzmaßnahme auf zwei Bauwerke aufzuteilen. Damit konnten auch wichtige Forderungen für solche Schutzbauten erfüllt werden: die räumliche Trennung des Rückhaltes von Geschiebe und Wildholz hinsichtlich der besseren Funktionalität, die Positionierung in ausreichendem räumlichem Abstand zur Risikozone aber auch eine gewisse Redundanz der Schutzbauwerke.

Oberes Bauwerk – Massiver Schrägrechen mit Stahlrost

Bautechnische Aspekte und Ausführungsdetails

Anhand modelltechnisch entwickelten Vorgaben wurde das Bauwerk abteilungsintern ausgearbeitet. Geplant wurde eine kronengeschlossene, großdolige Sperre mit einer Gesamtbauwerkslänge von 66,60 m und einer Gesamtbauwerks- höhe von 13,90 m. Die Überfallscheitellänge beträgt 33,10 m. Das Bauwerk zeigt 4 Dolen,

mit jeweils einer lichten Breite von 7,50 m und einer lichten Höhe von 5,50 m. Die 4 Felder sind mit je 4 Rechenelementen (lichter Abstand 1,15 m) versehen, wobei der Rechen im 2. Feld (Niedrigwasser) zur Verminderung des Wartungsaufwandes aber auch zur Gewährleistung einer höheren Abflusskapazität und schnelleren Entleerung unten 2,50 m offen ist. Die seitlichen Wandbereiche und der obere, diese verbindende Hauptträger werden von 5 Stützscheiben gehalten. Die Rechen liegen auf einem bergseitigen Balken auf, mit Ausnahme des 2. Feldes, wo der

Rechen auf einem Stahlkastenquerschnitt aufliegt. Die Rechenelemente schließen oben mit einem senkrechten Dorn bis auf die Höhe der Abfluss- sektion ab. Talseitig wird das Bauwerk mit einem gepflasterten Tosbecken (B=40 m, L=25 m; über- deckte Zyklopen > 2 m³) und einem betoniertem Sohrlriegel abgeschlossen.

Konstruktiv gesehen wurde das System mittels Finite-Elemente-Programm berechnet. Bei der Lastannahme wurde der statische 1,3-fache Wasserdruck als horizontale und vertikale Belastung auf das Bauwerk angesetzt.

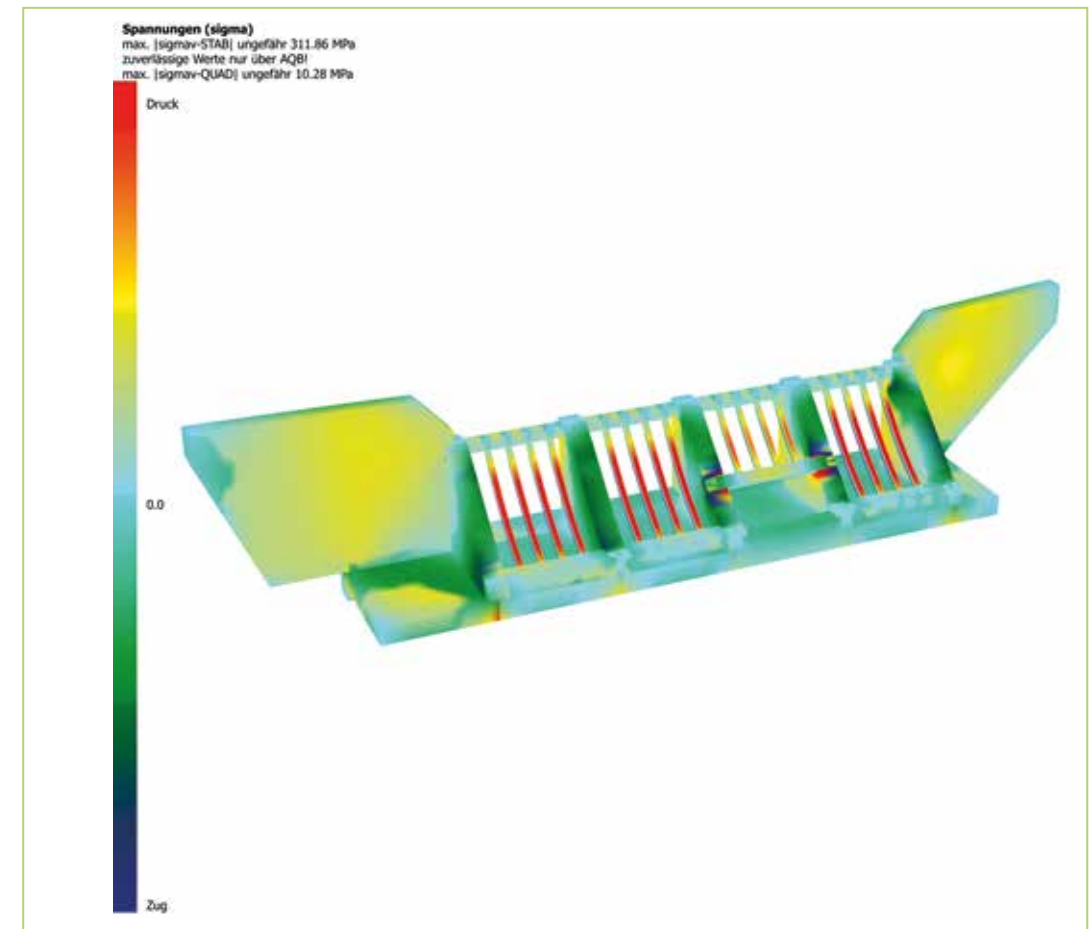


Abb. 4: Statische Modellierung des oberen Bauwerks

Fig. 4: Static modelling of the upper check dam

Wirkung und Rahmenbedingungen

Eine bestehende Umlagerungszone auf einer Länge von etwa 600 m (Fläche > 4 ha) oberhalb der Kraftwerkzentrale „Hydros“ an der Gemeindegrenze zu Percha (ca. 2 km oberhalb von Bruneck) bietet sich als optimaler Standort für dieses Schutzbauwerk an. Auf Grund der geringen Fließgeschwindigkeit der Rienz lagert sich hier transportiertes Geschiebe bereits natürlich ab. Unter Einbeziehung der geplanten Rückhaltesperre am Ende dieser Umlagerungsstrecke konnte mit einer 2D-Simulation (Flow-2D mit Modul „Sediment Transport“) eine Ablagerungshöhe der Sedimente von bis zu 4,5 m bergseits der Sperre nachgewiesen werden, wodurch unterhalb des Bauwerks kaum mehr mit Geschiebeanfall zu rechnen ist.

Für das Schwemmholz wurde die Wirkung für zwei Szenarios nachgewiesen. Einmal unter der Annahme, dass das gesamte Schwemmholz oben aufschwimmt und sich bergseitig im Ablagerungsbereich des Bauwerks verteilt und einmal mit Unterstellung einer Verkläuserung bergseitig des Filters bis auf halber Höhe des Kronenquerschnittes.

Die Wahl eines Schrägrechens von 45° erfolgte in Anlehnung an D'Agostino et al. (2000), um ein Aufschwimmen des Holzes bei gleichzeitig größtmöglichem Wasser- und Geschiebeabfluss im unteren Bereich der Sperre zu gewährleisten. Für die Dimensionierung der Netto-Abstände (s) zwischen den Eisenprofilen wurde ebenfalls auf die zitierte Studie von D'Agostino zurückgegriffen, womit sich ein lichter Abstand zwischen 1 und 1,2 m ergab.

Der Vorteil einer offenen Bauweise ohne Unterbrechung des Fließkontinuums der Rienz garantiert eine möglichst geringe ökologische Beeinträchtigung, seine Lage an einem gering einsichtigen Standort die landschaftliche Kompatibilität. Eine ökologische Verbesserung des Wasserlaufes selbst erfolgte durch Aufwertung der Umlagerungsflächen bergseitig des Bauwerks. Darüber hinaus ist im Zuge der baulichen Umsetzung die Wiederherstellung der Fischpassierbarkeit durch Heben der Rienzsohle auf einer Länge von etwa 300 m gelungen, wodurch die bestehende Unterbrechung des Fließkontinuums durch ein altes etwa 6 m hohes Querwerk ausgeglichen werden konnte.



Abb. 5:
Fertiggestelltes oberes Bauwerk

Fig. 5:
Completed upper check dam

Unteres Bauwerk – Seilsperre

Rahmenbedingungen

Die Position des unteren Bauwerks liegt im stark frequentierten Naherholungsgebiet der Stadt Bruneck. Darauf war bei der Wahl des Bauwerktyps verpflichtend Rücksicht zu nehmen. Vor allem bei der Planung des unteren Bauwerks musste daher ein Bautyp mit möglichst kleiner landschaftlicher Auswirkung gefunden werden. Ausgehend von einem Filter in Form einer V-förmigen Kammsperre aus Stahlelementen mit Nutzhöhe von 4 m wurde letztendlich in Anlehnung an eine bereits bestehende Seilsperre an der Sarca im Trentino diesem Sperrtyp der Vorzug gegeben. Die statische Dimensionierung des Bauwerks wurde infolge Kurzfristigkeit und nicht vorhandener interner zeitlicher Ressource nach außen an das Ingenieurteam Bergmeister vergeben.

Bautechnische Aspekte und Ausführungsdetails

Beim unterhalb der Rückhaltesperre liegenden

Bauwerk der Seilsperre, wurde mit einem Hochwasserabfluss von $HQ_{300} = 300 \text{ m}^3/\text{s}$ gerechnet. Die geschätzte Menge des im Abschnitt unterhalb des Wildholzrechens anfallenden Wildholzes beträgt ca. 500 m^3 . Der Seilverlauf wurde leicht schräg zum rechten Rienzufer vorgegeben, wodurch eine eventuelle Räumung über den bestehenden orographisch rechts gelegenen Radweg leichter realisiert werden kann.

Wichtige Voraussetzungen für die Errichtung der Seilsperre waren der gerade Flussabschnitt, die geringe Längsneigung und die hohen felsigen Uferböschungen. Die Grenzen für die Anwendung von Seilsperren wurden dabei der Studie von Andreas Rimböck „Bemessung von Seilnetzsperrern zum Schwemmholzurückhalt“ entnommen. Die geplante Seilsperre lag zwar leicht außerhalb der untersuchten Randbedingungen, aufgrund fehlender anderer Bemessungsmethoden wurde jedoch entschieden die genannte Studie zu verwenden.

In der Bauphase selbst wurden mehrere Details von den Technikern der Agentur für Bevölkerungsschutz entwickelt und umgesetzt.

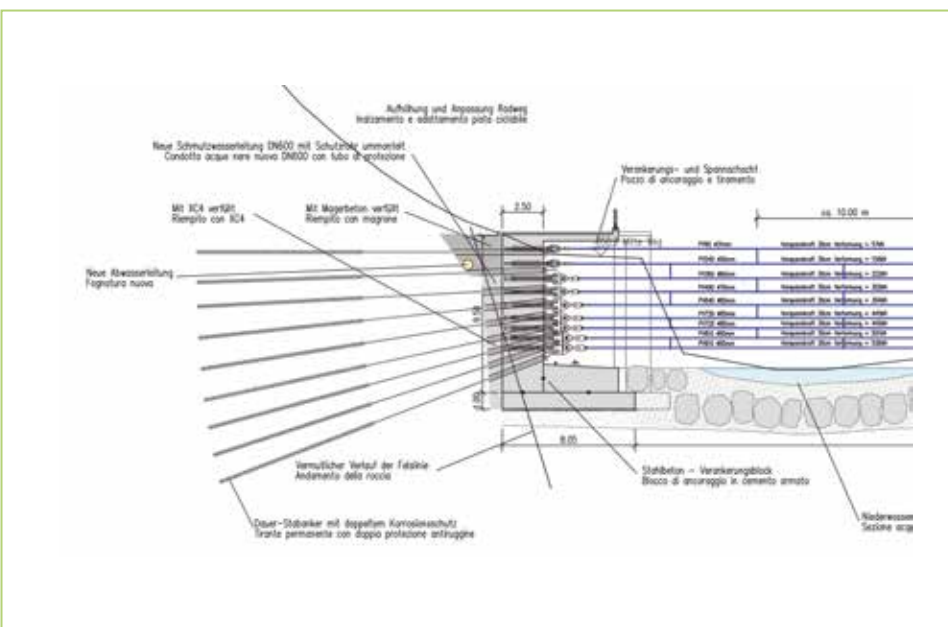


Abb. 6:
Längsschnitt des Tragsystems der Seilsperre

Fig. 6:
Longitudinal section of the cable filter barrier's structural system

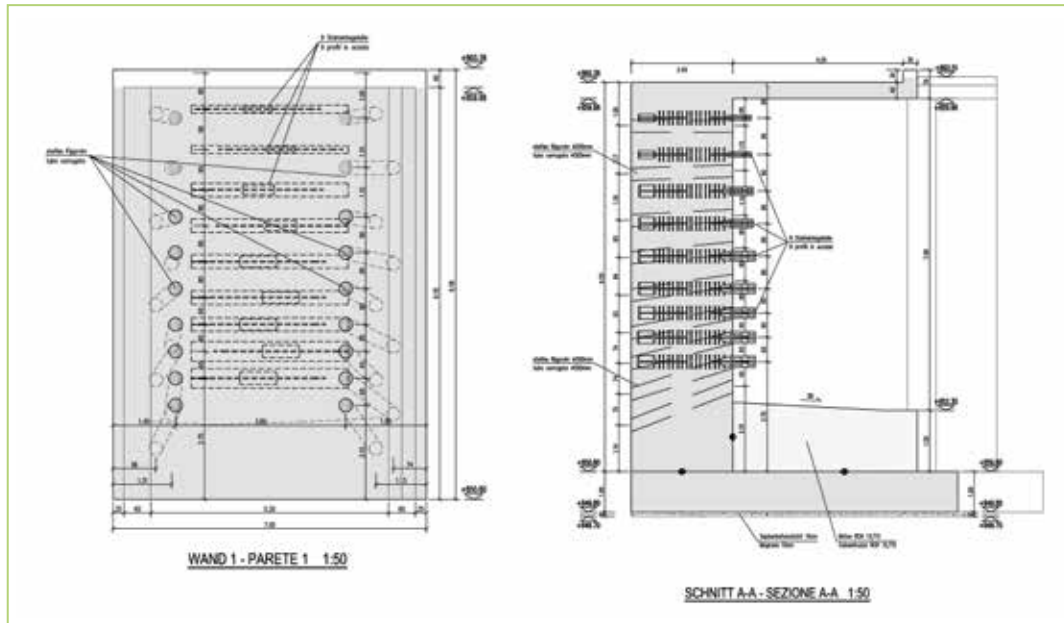


Abb. 7: Ankerbetonblock in Vorderansicht und seitlichem Schnitt

Fig. 7: Concrete anchor body in front and site view

Das Bauwerk besteht aus 4 Teilen: den Seilen, den Delta-Stahlprofilen, welche die Seilspannung in die seitlichen Ankerkörper einleiten, den seitlichen Ankerkörpern, welche über die Anker die Seilspannungen in den Felsbereich einbringen, und den Anker selbst.

Jeder Ankerblock wird von insgesamt 18 vorgespannten Stabankern gehalten, die beim maßgebenden Lastfall eine klaffende Fuge gerade noch unterbinden. Die Neigung der Anker nimmt nach unten hin zu und ihr horizontaler Winkel ist abwechselnd versetzt. So wird eine Interferenz zwischen den einzelnen Ankern reduziert bzw. verhindert.

Die ebenfalls vorgespannten Seile leiten die hohen Kräfte über Delta-Stahlprofile in den Ankerblock ein. Die Seile sind horizontal abwechselnd versetzt, um so die Fangwirkung zum Holztrieb zu erhöhen. Die Seillänge liegt bei rund 50 m und die Durchmesser variieren zwischen 31–95 mm. Es handelt sich um voll-

verschlossene Galfanseile, welche sich bei voller Belastung von bis $F_d=5510$ kN mittig horizontal auf einen maximalen Stich von 2360 mm dehnen.

In der Ausführungsphase wurden 2 Erkundungsbohrungen und ein Probeschurf durchgeführt. Die Baugrubensicherung erfolgte mittels Nagelwänden, welche besonders im orografisch rechten Teil in größerem Ausmaß als ursprünglich vorgesehen, ausgeführt wurden (ca. 40 x 40 m). Dies infolge der durch die geologische Assistenz festgestellten und unvorhergesehenen Probleme beim Schichtaufbau des Bodens in Verbindung mit einer sehr schlechten Qualität des Brixner Quarzphyllits. Darüber hinaus verläuft die Pustertal Eisenbahn im Einflussbereich des Aushubes, ebenso wie der Hauptsammler der Kanalisation des mittleren Pustertales. Die gesamte Nagelwand wurde durchgehend mit einem Lasertheodolit überwacht, wobei auch jetzt noch periodische Kontrollen an den Ankerblöcken durchgeführt werden.



Abb. 8: Die Baugrubensicherung der Seilsperre auf der orografisch rechten Seite

Fig. 8: Temporary construction pit support system for the cable filter barrier on the orographic right side

Nach Ausführung des Plattenfundamentes kam es zur Positionierung der Delta-Stahlprofile, welche in einzelnen Teilen montiert wurden. Die Del-

taprofile hatten seitlich I-Profile und im vorderen Bereich 4 kleine Stützen, welche eine einfache Positionierung und Hinstellmontage ermöglichten.



Abb. 9: Die Delta-Stahlprofile zur Einleitung der Seilkräfte in den Betonankerblock

Fig. 9: Delta steel profiles for force transmission of the cables into the concrete anchor block

Die Betonblöcke haben in der Ansicht eine Abmessung von 7,0 m x 9,5 m. Damit der Betonblock zur Setzung der Anker nicht durchgebohrt werden muss bzw. auch zur vorherigen Richtungsgebung wurden in die Betonkörper Stahlrohre eingebaut.



Abb. 10: Richtungsgebung der Ankerbohrungen mittels Stahlrohren

Fig. 10: Use of steel pipes for keeping the right direction for anchor drilling



Abb. 11: Verpresspacker zum Nachverpressen der Anker

Fig. 11: Grouting packer for anchor's post grouting

Die Verlegung der Bewehrung war nicht einfach, da an vielen Punkten aus der Schalung die Stahlrohre und die Delta-Profile herausragten.

Die Anker haben eine Verpresslänge von 10 m und eine Freispiellänge von 11 m und wurden verrohrt gebohrt. Um eine geeignete Verpres-

sung zu gewährleisten wurde von den Technikern der Agentur für Bevölkerungsschutz ein spezieller Packer entwickelt, welcher sich in der Ausführung sehr gut bewährte.

Auch das Kopfsystem der Anker musste bei der Ausführung gemeinsam mit dem Schlosser entwickelt werden, wobei jeder der 18 Köpfe eine andere horizontale bzw. vertikale Neigung aufweist.



Abb. 12: Betonankerblock mit Stahlköpfen der Anker

Fig. 12: Concrete anchor block with steel anchor heads

Nach der Montage wurden die Anker auf ihre Eignung geprüft. Abschließend wurden die Seile mit den Seilquerverbindern montiert.



Abb. 13: Seilbefestigungssystem

Fig. 13: Cable fastening system

Die nach Rückbau der Großbaustelle letztendlich kaum sichtbare Struktur zeigt eindrucksvoll, dass es gelungen ist ein wirksames Bauwerk in einer



Abb. 14: Seilquerverbinder

Fig. 14: Cable cross connections

landschaftsökologisch wertvollen Zone mit einer kleinstmöglichen landschaftlichen Auswirkung zu verwirklichen.



Abb. 15: Fertiggestellte Seilsperre

Fig. 15: Completed cable retention barrier

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Dipl.-Ing. Schäfer Jürgen
 Dipl.-Ing. Martin Moser
 Dipl.-Ing. Sandro Gius
 Mag.-Geol. Markus Sperling
 Agentur für Bevölkerungsschutz
 Cesare-Battisti-Str. 23
 39100 Bozen, Südtirol – Italien
 bevoelkerungsschutz@provinz.bz.it

Literatur / References:

SCHÄFER J., SCHERER C. (2008).
 Zweidimensionale Abflussstudie der Rienz bei Bruneck. Abteilung Wasser-
 schutzbauten, Autonome Provinz Bozen - Südtirol: 74pp.
 COMITI F., D'AGOSTINO V., LENZI M.A., RIGON E., DELL'AGNESE A.
 (2009).
 Parere speciale nell'ambito del progetto "opera di trattenuta galleggiante e
 materiale a monte di Brunico" - Ripartizione Opere Idrauliche, Provincia
 Autonoma di Bolzano: 101pp.

PETER HANISCH, WOLFGANG KLIEM, MICHAEL KREMSE

Lech – Gechiebefalle Hornberg

River Lech: Bed load entrapment „Hornberg“

Zusammenfassung:

Großvolumige Geschiebeanlandungen im kritischen Flussabschnitt des Lechs im Zentralraum Reutte haben periodisch zur Erhöhung der Hochwassergefahr geführt und mussten mittels umfangreicher Räumungen aus dem Gefahrenbereich entfernt werden. Die Anlage einer Geschiebefalle in einem derzeit hart verbauten Flussabschnitt unweit flussaufwärts des gefährdeten Siedlungsraumes im Talkessel von Reutte zur Dosierung der weitergeleiteten Feststoffe verspricht eine nachhaltige Lösung des Geschiebepblems. Nach intensiven Voruntersuchungen und einem Modellversuch wurde das Projekt im Jahr 2007 wasser-, forst- und naturschutzrechtlich bewilligt. Der Bau konnte im Jahr 2012 begonnen und nach vierjähriger Bauzeit im Sommer 2016 abgeschlossen werden.

Stichwörter:

Geschiebe, Bewirtschaftung, Rückhalt, Hochwasserschutz, Sohlstabilität

Abstract:

Large sediment deposits within a critical stretch of the river Lech crossing the Reutte valley floor continued to threaten the settlement through elevated flood risk and had to be removed periodically. Installing a bed load entrapment in the immediate upstream reach of the river promises a sustainable solution to the sediment problem by reducing the bed load to a size equivalent to the sediment transport capacity of the downstream river stretch. After a multi-phase planning period including a physical hydraulic model the project was granted permission by the authorities in 2007. After four years of construction works it had been completed in summer of 2016.

Keywords:

Debris management, retention, flood protection, bed stability

Das Projektgebiet:

Wildfluss Tiroler Lech & Natura 2000

Der Lech als einer der letzten naturnahen Wildflüsse der Nordalpen wurde im Zuge der Ausweisung von Schutzgebieten gemäß Flora-Fauna-Habitat- & Vogelschutzrichtlinie vom Land Tirol zum Natura-2000-Gebiet ernannt. Die damit unter Schutz gestellten Flächen erstrecken sich über 41 km² Abflussraum und gewässernahe Flächen im Talboden des Tiroler Lechtales und seiner Seitenzubringer. Trotz intensiver Verbauungsmaßnahmen zur Landgewinnung seit Beginn des 20. Jahrhunderts konnte der Fluss über weite Bereiche seine hohe morphologische Dynamik und damit eine einzigartige Vielfalt an Lebensräumen und Arten bewahren.

Untersuchungen und Projekte

Die Anstrengungen der Schutzwasserwirtschaft am Tiroler Lech konzentrierten sich neben den Siedlungen im oberen und mittleren Lechtal vor allem auf die Reduktion der Hochwasserbedrohung des Zentralraumes Reutte mit seinem Siedlungs- und Wirtschaftsschwerpunkt des Bezirkes. Dem gegenüber galt seit dem Ende der 1980er Jahre eine verstärkte Aufmerksamkeit auch dem hohen naturräumliche Potenzial der Flusslandschaft.

Die Intensität der Hochwassergefährdung wurde in den vergangenen zwei Jahrzehnten schon mehrfach (1999, 2002) und schließlich durch die Hochwasserkatastrophe vom 23.08.2005 drastisch nachgewiesen. In diesem

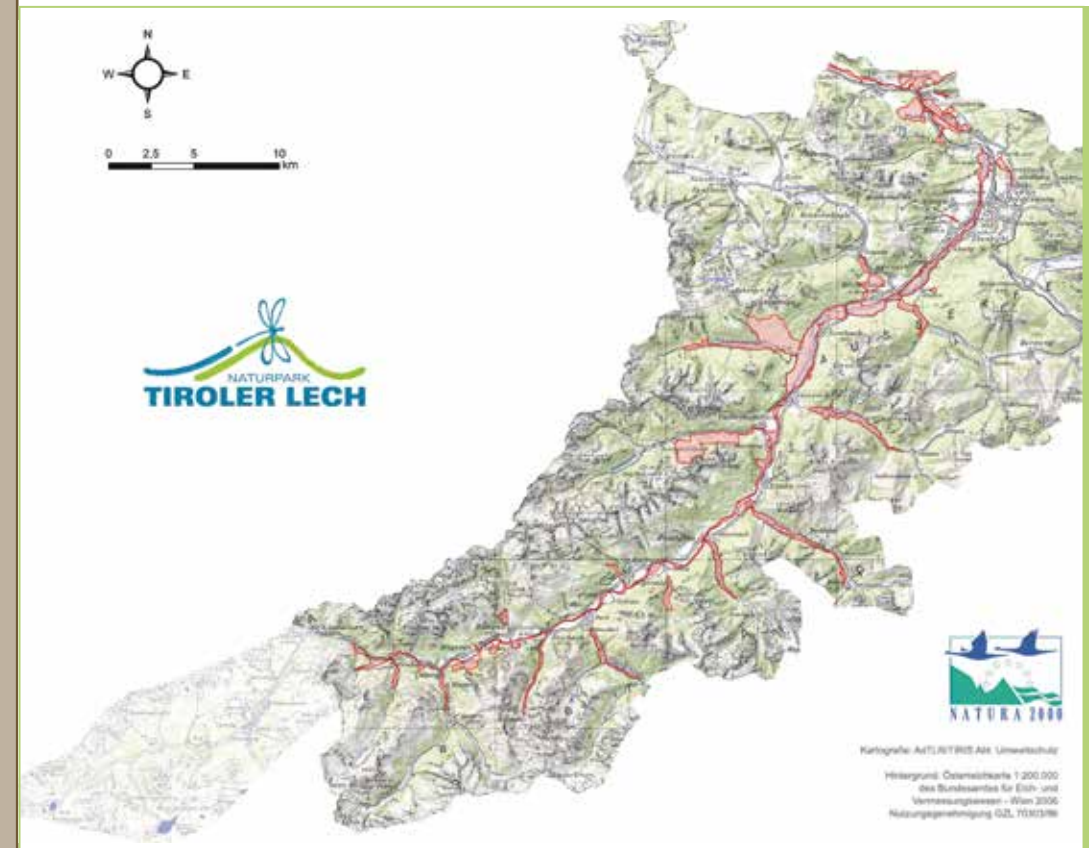


Abb. 1: Übersichtskarte Tiroler Lechtal, Natura 2000-Schutzgebiete (Grafik: AdTLR/TIRIS Abt. Umweltschutz)

Fig. 1: Overview map: Lech river valley in Tyrol, Natura 2000 protected areas

Spannungsfeld versucht die Schutzwasserwirtschaft seit den 1990er Jahren unter Mitberücksichtigung aller ökologischen Aspekte eine verträgliche und nachhaltige Lösung durch Umwandlung des Wasser- und Feststoffhaushaltes in ein langfristig selbststabilisierendes System sicherzustellen.

Das letzte durchgehende Regulierungsprojekt für den Tiroler Lech stammt noch aus der Zeit des „klassischen“ Wasserbaus. Im sogenannten „Rahmenprojekt“ der Bundeswasserbauverwaltung aus 1978 standen die rasche und schadlose Ableitung von Wasser und Geschiebe mit Hilfe umfangreicher technischer Maßnahmen im Vordergrund. Unter anderem sollte der als Auswirkung großvolumiger gewerblicher Geschiebentnahmen festgestellten Erosionstendenz mittels einer großen Anzahl von Sohlstufen, verbunden

durch geschiebetechnisch optimierte Gerinneabschnitte mit Trapezquerschnitt, Einhaltung geboten werden. Die Erkenntnisse und Überlegungen im Zuge dieser Bearbeitungen führten schließlich zur weitgehenden Einstellung der über weite Strecken verteilten Baggerungen. Aus der Reihe von Maßnahmen wurde in den Jahren 1988/89 nur mehr die Sohlrampe oberhalb der Vilmündung umgesetzt.

Der sich ankündigende Paradigmenwechsel in Schutzwasserbau und Energiewirtschaft, hin zu nachhaltigen Lösungen im Einklang mit der Natur, mündete im Fall des Tiroler Lech in das „Pilotprojekt Lech-Außerfern“. Diese im Auftrag der Bundeswasserbauverwaltung und einiger regionaler und lokaler Dienststellen und Akteure durchgeführte, breit gefächerte interdisziplinäre

Tiroler Lech Geschiebeuntersuchung 1992-1996-2001 Lageplan Geschiebeentnahmestellen



Abb. 2: Geschiebeuntersuchung 1992-2001: Untersuchungsabschnitt und Probestellen (Grafik: DonauConsult/ÖK500 des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen)

Fig. 2: Sediment transport study 1992-2001: study area and sample sites

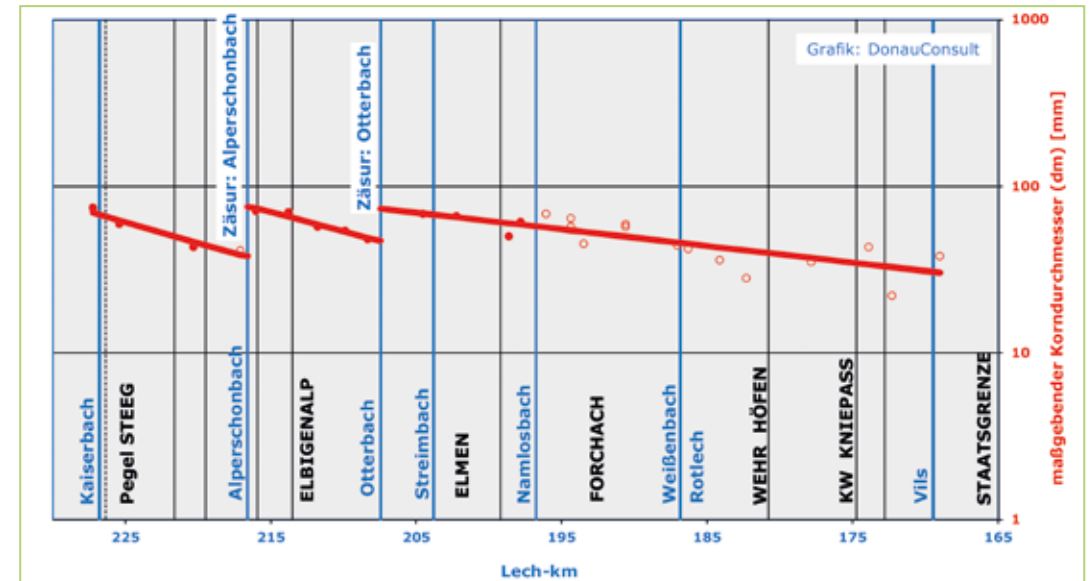


Abb. 3: Kornverteilung in der Längsentwicklung; Grobgeschiebebeeinstand bei zwei Zubringern (Grafik: DonauConsult)

Fig. 3: Grain size distribution following the river profile; coarse sediment input with two tributaries

Grundlagenstudie bildet bis heute das Grundgerüst für viele weiterführende Überlegungen und Erkenntnisse.

Aufbauend auf hydraulischen, morphologischen und geschiebetechnischen Auswertungen aus dem o.a. „Pilotprojekt“ wurde im Jahr 1997 von der Bundeswasserbauverwaltung eine detaillierte geschiebetechnische Untersuchung für den Tiroler Lech von Steeg bis zur Staatsgrenze in Weißhaus in Auftrag gegeben. Als wesentliche Grundpfeiler dienen darin die aus drei Zeitpunkten 1992, 1996 und 2001 vorliegenden dichten Querprofilaufnahmen (ca. 180 Profile) sowie eine durchgehende Dokumentation des Sohlsubstrates aus einer Beprobungskampagne mit 36 Großproben (Abbildung 2) und einer gesamten Probenmenge von weit mehr als 200 t.

Die Studie beinhaltet neben einem Überblick zur Geologie des Einzugsgebietes und über die petrographische Zusammensetzung umfassende Aussagen über die wichtigsten Eckdaten zum Feststoffhaushalt des Lechs. Darin sind der

Verlauf und allfällige Unstetigkeiten der charakteristischen Korndurchmesser (Abbildung 3) sowie eine Abschätzung des Abriebs, Auswertungen zur Deckschichtbildungsfähigkeit, zum mittleren Transportvermögen sowie zum (tatsächlichen) Geschiebetransport angeführt. An Hand der volumetrischen Sohlvergleiche und der Aufzeichnungen zu den verbliebenen Entnahmen konnten auch die Feststoffbilanzen für die beiden Untersuchungszeiträume und das Hochwasserereignis vom Mai 1999 erstellt werden.

Geschiebehaushalt und Gleichgewicht

Die Ergebnisse der Studie zeigen auf, dass die Auswirkungen der nachhaltigen Störung im Feststoffhaushalt des Lech, ursächlich ausgelöst von den großflächigen Abholzungsaktionen zu Beginn des 20. Jahrhunderts nur durch eine gesamträumliche Lösung ausgeglichen werden können. Im Ober- und Mittellauf des Tiroler Lech stellen die Schwankungen des Geschiebedargebotes und der

hydrologisch bedingt wechselnden Transportkapazitäten mittlerweile keine gravierenden Probleme mehr dar. Sie konnten durch Anpassung der Hochwasserschutzmaßnahmen sowie durch Vergleichmäßigung der Geschiebezufuhr aus den Seitenzubringern abgedeckt werden.

Im Unterlauf, im Siedlungsbereich des Zentralraumes Reutte, haben vor allem die extremen Einzelereignisse seit 1999 zu massiven Anlandungen geführt. Deren Gefährdungspotenzial konnte bis dato nur durch großvolumige Baggerungen abgemindert werden. Die aus der Volumenbilanz vordergründig ablesbare Sohlstabilität ist allerdings nur ein Produkt der großvolumigen Schotterentnahmen im betroffenen Gewässer-

abschnitt. Ohne diese würde der Unterlauf des Lechs (mit Ausnahme der Entnahmestrecke Kniepass - Ulrichsbrücke) eine deutliche Anlandungstendenz zeigen.

Die Vorgaben aus dem Natura 2000-Schutzstatus (Verschlechterungsverbot!) resultieren in der Forderung, dass die technischen Eingriffe in den Lebensraum des Gewässers für Bau und Erhaltung auf ein Mindestmaß zu beschränken sind bzw. nach Maßgabe der Möglichkeiten zur Gänze entfallen sollten. Die derzeitige Feststoffbilanz in der Längsentwicklung des Lechs erreicht jedoch den kritischen Punkt ausgerechnet im sensiblen Zentralraum Reutte (Abbildung 4).

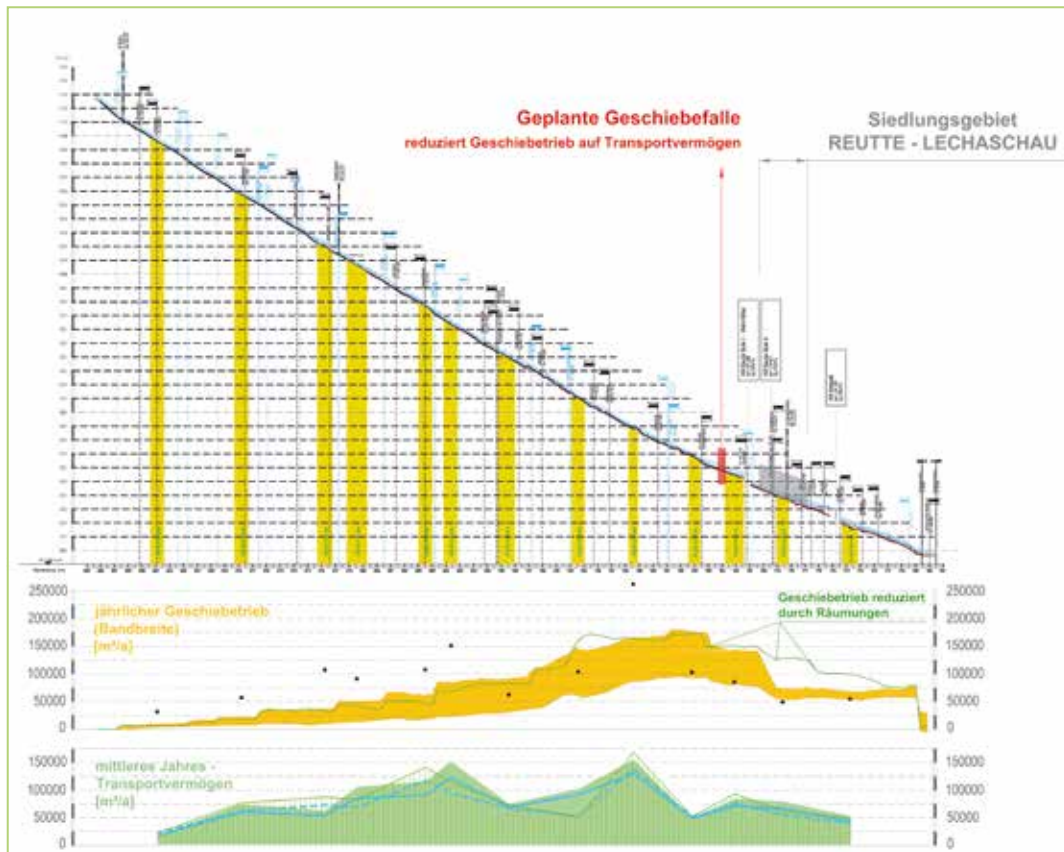


Abb. 4: Geschiebefracht und Transportvermögen am Unterlauf des Tiroler Lech (Grafik: DonauConsult)

Fig. 4: Sediment load and transport capacity at lower reach of river Lech in Tyrol

Die Projektidee

Wie die Ergebnisse der Studie und auch gleichlautend die Erfahrungen des vergangenen Jahrzehnts seit dem HW-Ereignis vom August 2005 zeigen, ist ein anthropogener Eingriff in den Feststoffhaushalt des Lech im Regelfall nur mehr zur Gewährleistung der Hochwassersicherheit im Zentralraum Reutte erforderlich. Die Identifikation von nachhaltigen Lösungsansätzen fokussierte letztlich darauf, die Eingriffe räumlich möglichst zu konzentrieren und den Eingriffsort unmittelbar flussaufwärts, des am meisten gefährdeten Bereiches, zu situieren.

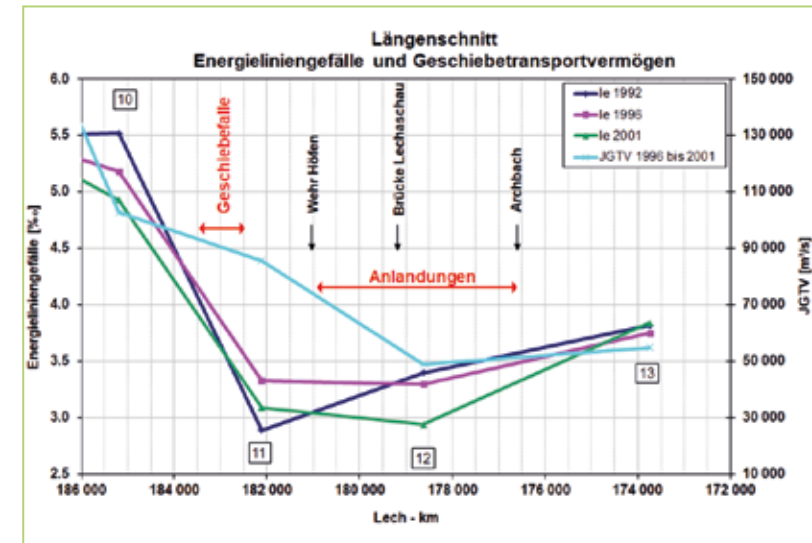


Abb. 5: Längsschnitt Energieliniengefälle und Geschiebetransportvermögen (Grafik: DonauConsult)

Fig. 5: Energy slope and sediment transport capacity schematic profile

Der schematische Längsschnitt in Abbildung 5 zeigt die gegenläufige Entwicklung der für das Geschiebegleichgewicht maßgeblichen Parameter im unmittelbaren Projektgebiet. Von flussaufwärts bis zum Wehr Höfen, am unteren Ende der Regulierungsstrecke ca. bei Lech-km 181, kann die Kombination aus Fließgefälle und hydraulisch wirksamem Querschnitt noch ein ausreichendes Transportvermögen von rund 100.000 m³/a bereit-

stellen. Flussabwärts des Wehr Höfen ermäßigt sich das Fließgefälle so deutlich, dass in Überlagerung mit der Verbreiterung des verfügbaren Abflussquerschnittes das Transportvermögen auf kurzer Strecke auf rund die Hälfte jenes Wertes zurückgeht, der für die freien Fließstrecken flussaufwärts und in der Regulierungsstrecke (somit auf rund 50.000 – 60.000 m³/a) ermittelt wurde.

Da der Ideenfindungsprozess zur Konzeption der Geschiebefalle zeitgleich mit der Ausweisung der Natura 2000-Gebiete ablief, waren die dort formulierten Schutzziele automatisch Bestandteil der Diskussionen. Das Planungsteam, bestehend aus Vertretern der Bundes-

wasserbauverwaltung im BMLFUW, dem Amt der Tiroler Landesregierung sowie den beauftragten Planungsbüros Donau-Consult und ARGE Limnologie, konzentrierte die Überlegungen schließlich auf die Frage der selbsttätigen Dosierung der zu den Unterliegern weitergeleiteten Geschiebemengen. Als Zielwert für diese Reduktion wurde die Differenz zur Transportkapazität

der gefährdeten Unterliegerstrecke festgelegt.

Aus dem Spektrum der ökologischen Anforderungen wurde vor allem auf die Möglichkeit zur Entnahme des Geschiebeüberschusses außerhalb der fließenden Welle bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung des Fließkontinuums Wert gelegt.

Im Zuge der schrittweisen Analyse möglicher Standorte hat sich schließlich die nunmehr-

rige Position am Hornberg in den Gemeinden Höfen und Ehenbichl aus den oben angeführten Gründen als optimal erwiesen. Zusätzlich eröffnete sich dort das Potenzial, eine der wenigen hart verbauten Strecken am Lech wieder einem naturähnlichen Zustand anzunähern. Dies erfolgt durch die Anlage des Umgehungsgerinnes sowie die begleitenden Maßnahmen zur Aufweitung und Strukturierung im Bereich der Ablagerungsstelle selbst sowie in den flussaufwärts und fluss-

abwärts anschließenden Gewässerstrecken.

Als weiterer Pluspunkt aus der Sicht von Erhaltung und Betrieb stellt sich die Tatsache dar, dass der Abtransport der Baggermengen direkt aus der Geschiebefalle auf die B198 Lechtalstraße erfolgen kann. Es sind somit weder weitläufige Eingriffe in die fließende Welle mit den einhergehenden ökologischen Beeinträchtigungen noch eine Verfuhr über enge und verkehrsberuhigte Gemeindestraßen erforderlich.

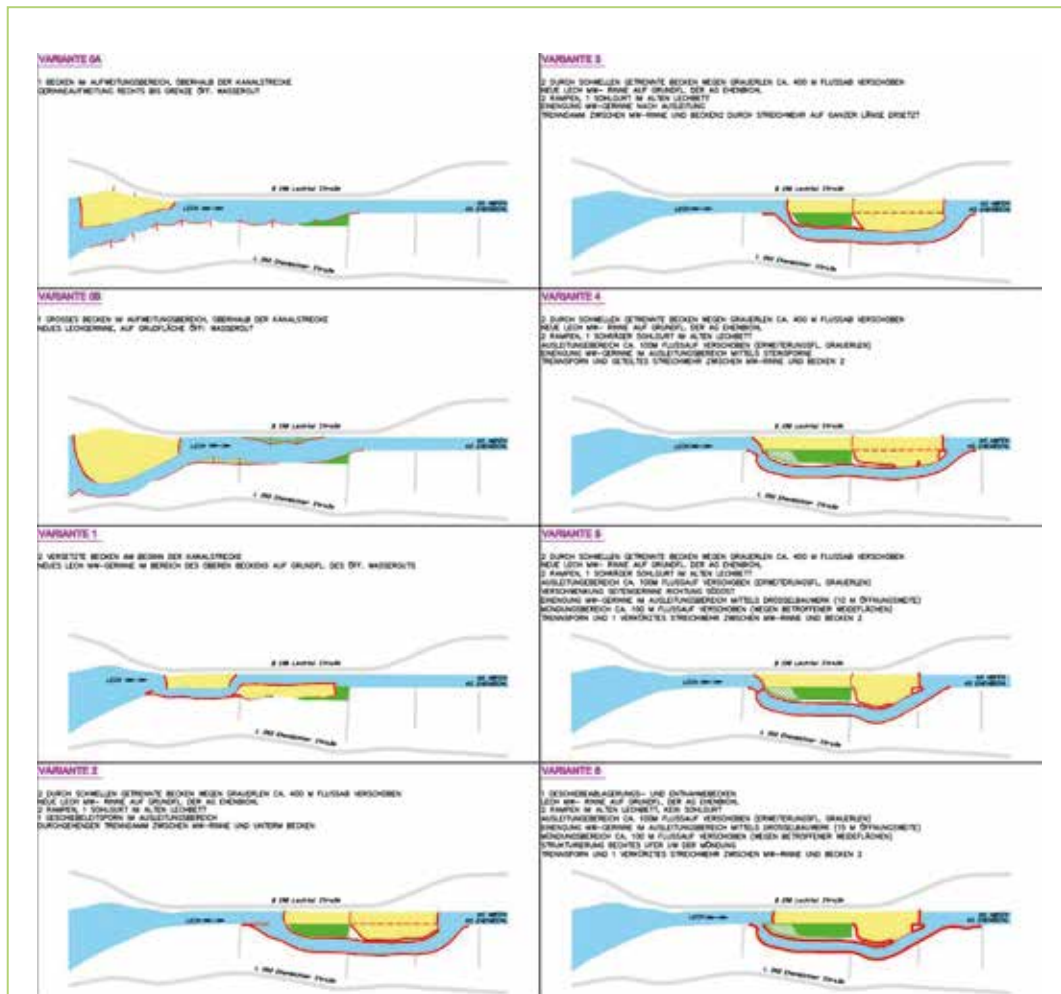


Abb. 6: Variantenentwicklung (Grafik: DonauConsult)

Fig. 6: Development of alternative solutions

Am Beginn des Planungsprozesses: Variantenuntersuchung

Nach der grundsätzlichen Festlegung der Situierung der Anlage auf Grund der zuvor angeführten Aspekte wurde eine detaillierte lokale Variantenentwicklung und -optimierung in Angriff genommen. Darin wurden unterschiedlichste Konfigurationen und Elementkombinationen mit und ohne Umgehungsgerinne, mit einem und mehreren Geschiebeablagerungsbecken und verschiedenen Kontroll- und Lenkungsstrukturen für Abfluss und Geschiebetrieb untersucht.

Neben der Erschließung der Anlage wur-

den u.a. auch die Grundbesitzverhältnisse und die Möglichkeiten zur Ausparung von schutzwürdigen Biotopflächen in die Überlegungen und Bewertung mit einbezogen. Die Varianten wurden teils „am Papier“, teils bereits im Modellversuch (s.u.) näher evaluiert.

In Abbildung 6 ist der Verlauf der iterativen Variantenentwicklung an Hand der wichtigsten Lösungsansätze dargestellt. Aus der rechts unten ersichtlichen Variante 6 wurde schließlich durch Detailoptimierung im Modellversuch die Einreichvariante finalisiert, wie sie schematisch in Abbildung 7 dargelegt ist.

EINREICHVARIANTE

optimiert aus wasserbaulichen Modellversuchen

- 1 Geschiebeablagerungs- und Entnahmebecken im Bereich zwischen den beiden Rampen (Rückhaltevolumen ca. 75.000 m³)
- Strukturierung der MW-Rinne zur Erhaltung des Geschiebegleichgewichtes
- Kein Sohlgurt
- Bühnen mit Geschiebeleitfunktion in der Oberliegerstrecke
- Drosselbauwerk im Ausleitungsbereich (Öffnungsweite 15 m * 1,5 m – Variierbar +/- 2 m)
- Mündungsbereich: Verlängerung des Trennsportes
- Trennsport ohne Streichwehr zwischen MWR und GF

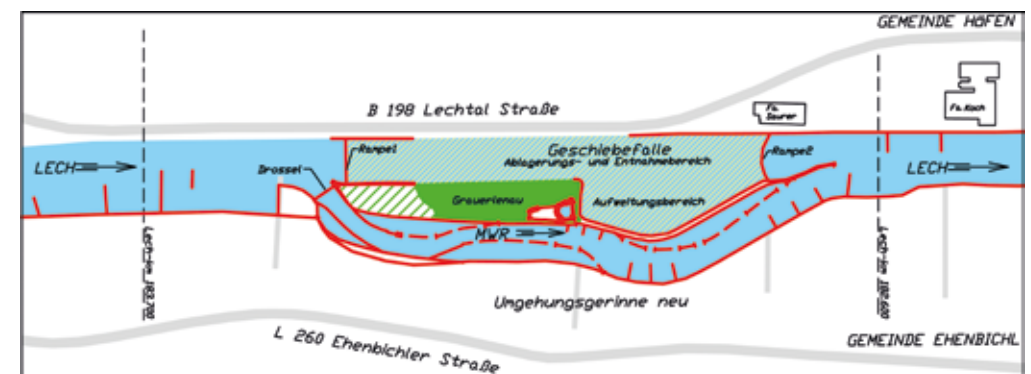


Abb. 7: Einreichvariante (Grafik: DonauConsult)

Fig. 7: Permit application project

Vertiefung durch Modellversuch

Die geschiebetechnische Bemessung der Anlage beruht auf den aus der o.a. Geschiebeuntersuchung abgeleiteten Einschätzungen der Geschiebefrachten sowie der geplanten Wirkungsweise der einzelnen Bauteile. Da deren Funktion in den zur Verfügung stehenden numerischen Werkzeugen nicht ausreichend abzubilden war, wurde seitens des Ministeriums die Durchführung eines Modellversuches vorgeschrieben. Dieser wurde vom Institut für Wasserbauversuche und hydro-metrische Prüfung in Wien gemeinsam mit dem Planungsbüro DonauConsult geplant, durchgeführt und ausgewertet.

Neben den technisch-wissenschaftlichen Erkenntnissen kam ein weiterer Aspekt von wasserbaulichen Modellversuchen in diesem Fall besonders zur Geltung: die Anschaulichkeit der

Wirkungsweise, gezeigt an dem im Maßstab 1:80 gebauten Modell mit dynamischer Sohle und Einkorn-Modellgeschiebe spielte in der Einbeziehung und Überzeugung der betroffenen Gemeinden und Anrainer eine wesentliche Rolle.

Details zu dem Modellversuch können dem zugehörigen Bericht, welcher Teil des Einreichprojektes ist, sowie anderen einschlägigen Publikationen zu diesem Projekt entnommen werden.

Das auf der Basis von bis zu 20 Einzelversuchen optimierte Gesamtsystem erzielt im Regeljahr einen Geschieberückhalt von 55 % und bei einem Extremereignis von bis zu 75 % (Abbildung 8). Der neu angelegte Gewässerabschnitt zeigte eine erhebliche morphologische Sohldynamik (Anlandungen bei Hochwasser und anschließende Erosion), erwies sich aber langfristig betrachtet als stabil. Aus diesen Erkenntnissen

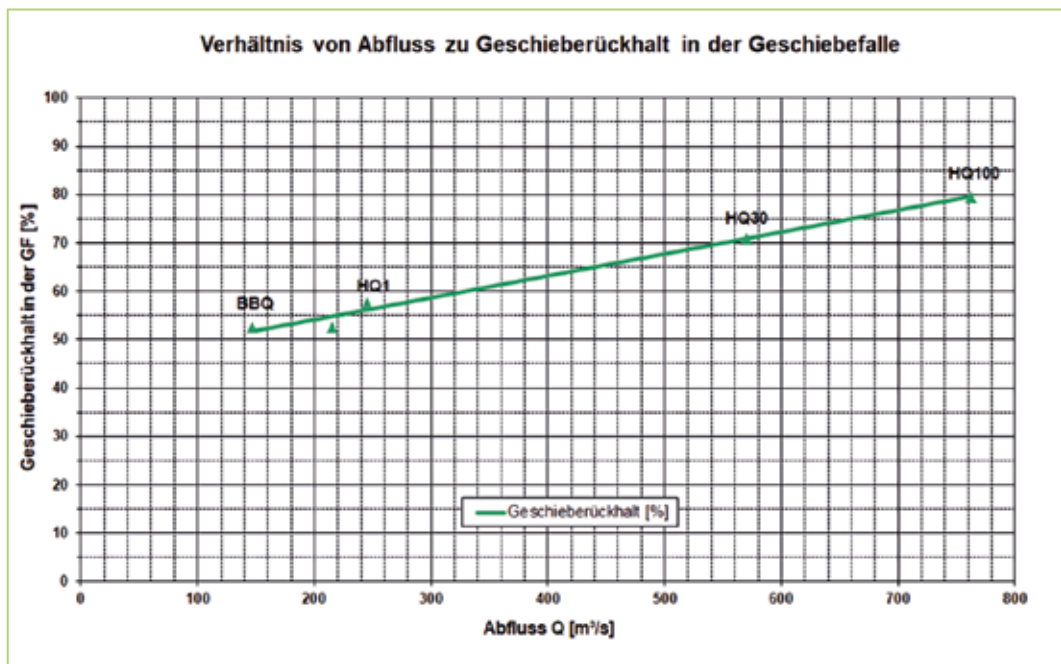


Abb. 8: Geschieberückhalt in der Geschiebefalle (Grafik: DonauConsult)

Fig. 8: sediment retention capacity at sediment trap

wurden auch wichtige Hinweise für das flussmorphologische Monitoring abgeleitet. Dieses soll helfen, den Betrieb der Anlage und damit die Geschiebeabgabe in die Unterwasserstrecke sukzessive zu optimieren. Neben der Drosselöffnung kann mittels Anpassung der flussauf der Verzweigung angeordneten Buhnen die Geschiebeaufteilung zwischen den beiden Gewässerarmen nachjustiert werden.

Randbedingungen und Zielsetzungen aus der Sicht von Gewässerökologie und Naturschutz

Ein nachhaltig, ohne wesentlichen laufenden Eingriff selbsttätig im Gleichgewicht befindlicher Geschiebehaushalt bei gleichzeitig hoher, naturnaher Dynamik wäre das Idealbild aus der Sicht der Gewässerökologie. Auf Grund der umfangreichen bestehenden und nachwirkenden Eingriffe in das Feststoffregime auf der Entstehungsseite, also im Einzugsgebiet und an den Zubringern, kann dieses Ziel ohne anthropogenen Eingriff nicht mehr erreicht werden. Das Hauptaugenmerk der Planung bestand nun darin, die Auswirkung dieser Maßnahmen sowohl bei der Herstellung als auch im Betrieb so gering wie möglich zu halten bzw. einen möglichst hohen Komplementärnutzen in die Überlegungen mit einzubauen.

Durch die Situierung der Geschiebefalle in einem vorher streng regulierten Flussabschnitt kann dem dort bestehenden Strukturdefizit auf vielfältige Weise entgegengewirkt werden. Aus dem monotonen Trapezprofil mit annähernd stationären alternierenden Kiesbänken wurde ein morphologisch hoch dynamischer Gerinneabschnitt mit wechselnden Querschnitten und Strukturelementen. Die flussabwärts anschließende Gewässerstrecke wird zusätzlich verbreitert, wobei mit weiteren Strukturelementen ein zusätzliches Plus an Lebensraumfläche und -vielfalt ent-

stehen kann. Die Trassierung der als Umgehung der Geschiebefalle dienenden Mittelwasserrinne nimmt auf schutzwürdige Lebensräume besonders Rücksicht und wurde wegen eines ausgewiesenen Standortes der Grauerlenau um mehrere 100 m verlängert.

Die Verlagerung der notwendigen Geschiebeentnahme in einen saisonal nicht durchflossenen Gewässerarm, die eigentliche Geschiebefalle, entkoppelt den periodischen bautechnischen Eingriff der Baggerung räumlich und zeitlich aus der fließenden Welle. In der Folge sind damit alle für einen die Hochwassersicherheit des Zentralraumes Reutte nicht mehr bedrohenden Feststoffhaushalt erforderlichen Eingriffe unmittelbar flussaufwärts des zu schützenden Bereiches, in einer gewässerökologisch verträglichen Form konzentriert.

Wichtigstes Faktum aus dieser Sicht ist die Tatsache, dass der Rückhalt der erforderlichen Geschiebemengen ohne Unterbrechung des Fließkontinuums erfolgen kann. Die sonst diesbezüglich problematischen Querbauwerke (Rampen) liegen an dem nur periodisch beaufschlagten Flussarm, wogegen die neu errichtete Mittelwasserrinne permanent und ohne Wanderhindernis durchflossen ist.

Im Betrieb werden durch Einsatz einer ergänzenden ökologischen Bauaufsicht die Entnahmekampagnen, -flächen und -zeiten gesondert überwacht und angepasst.

Finanzierung

In der Regel ist bei der Errichtung von Schutzmaßnahmen an Bundesflüssen eine Beitragsleistung der Interessenten (Gemeinden) vorgesehen. Im vorliegenden Fall tritt die Bundeswasserbauverwaltung selbst als Bauherr auf, da diese Baumaßnahme im hauptsächlichen Interesse der Sicherung

des Flussregimes und damit auch im übergeordneten Interesse der Wasserwirtschaft liegt.

Für die Finanzierung der Geschiebefalle Hornberg wurde im Einvernehmen zwischen der Bundeswasserbauverwaltung und dem Land Tirol folgende Aufteilung festgelegt:

- 85 % Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
- 15 % Gemeinden Ehenbichl, Höfen, Lechaschau, Pflach und Reutte.

Die Aufteilung des Interessentenanteiles auf die betroffenen bzw. geschützten Gemeinden erfolgte im Rahmen einer integrierten Kosten-Nutzen-Untersuchung für den gesamten Zentralraum Reutte auf Basis des jeweils zuzuordnenden Schadenpotenzials (Tabelle 1). Damit trifft z.B. die Gemeinde Lechaschau wegen des im Vergleich zur anteiligen Uferlänge erheblich grö-

ßeren Anteils am Schadenspotenzial auch eine höhere Beitragsleistung für die Geschiebefalle als die direkt anrainenden Gemeinden Höfen und Ehenbichl.

Die finanzielle Genehmigung durch das BMLFUW erfolgte im Jahr 2008, die genehmigten Gesamtherstellungskosten betragen € 6,9 Mio.

Für die tatsächlichen anfallenden Kosten kann aus dem derzeitigen Stand der Abrechnung eine Gesamtsumme von rund € 5,2 Mio. abgeschätzt werden. Die Einsparungen begründen sich in der Verwertung des Überschussmaterials, der günstigen Witterung über die gesamte Bau-dauer (keine Unterbrechungen und Schäden wegen Hochwasser; keine strengen Winter- bzw. Frosttage) sowie in günstigeren Untergrundverhältnissen als anzunehmen (teilweise keine bzw. nur geringe Anteile an Bettungsmaterial für die Steinarbeiten zuzuführen, u.a.).

Teilprojekt	Nutzenwert NBW	Kostenwert KBW	Kapitalwertkriterium KW	Verhältniskriterium NKW	Anteil Gmd %
Geschiebefalle Ehenbichl	1.206.800				4,6 %
Geschiebefalle Höfen	4.028.400				15,2 %
HWS-Lechaschau + Weidas.	9.080.400	2.791.700	6.288.700	3,25	34,3 %
HWS-Pflach	7.663.100	5.068.000	2.595.100	1,51	29,0 %
HWS-Reutte	4.467.800	4.436.100	31.700	1,01	16,9 %
Gesamt	26.446.500	20.987.000	5.459.500	1,26	

Tab. 1 Ermittlung der Interessenten-Beitragsleistung über Schadenspotenziale (aus DonauConsult Zottl & Erber ZT-GmbH, 2005)

Tab. 1: Calculation of individual contributions of affected municipalities via damage potential

Bauausführung

Die Bauarbeiten erfolgten in Eigenregie durch das Baubezirksamt Reutte. Bagger, LKW und Steinlieferungen wurden über Rahmenvereinbarungen öffentlich ausgeschrieben. Damit waren eine äußerst flexible und optimierte Disposition der jeweils erforderlichen Maschinenleistung und eine auf den Bauablauf genau angestimmte Steinanlieferung möglich. Stehzeiten und mehrfache

Materialmanipulationen konnten dadurch weitestgehend vermieden werden.

Der Spatenstich fand im September 2012 statt. Im ersten Jahr des Baugeschehens wurde das gesamte Baufeld gerodet (Abbildung 9) und bis Ende 2013 das Umgehungsgerinne (Abbildung 10, Abbildung 13) hergestellt.

Die folgenden Abbildungen geben einen Eindruck vom Baugeschehen:



Abb. 9:
Rodungsarbeiten Umgehungsgerinne, September 2012 (Foto: BBA Reutte)

Fig. 9:
Clearing works on bypass channel, September 2012



Abb. 10:
Mündungsbereich Umgehungsgerinne und untere Sohlrampe km 182,78, April 2014 (Foto: BBA Reutte)

Fig. 10:
Mouth of bypass channel and lower block ramp at Lech km 182,78; April 2014

Der Bau der Sohlrampen erfolgte jeweils in der Niederwasserzeit: flussabwärtige Rampe (Abbildung 10 und 11) bei km 182,78 im Winter 2013/14 und flussaufwärtige Rampe (Abbildung

12), bei km 183,40 im darauf folgenden Winter 2014/15, jeweils bei Umleitung des Lechabflusses durch das bereits fertiggestellte Umgehungsgerinne.



Abb. 11:
Bau Sohlrampe km 182,78,
März 2014 (Foto: BBA
Reutte)

Fig. 11:
Construction works on
lower block ramp at Lech
km 182,78; March 2014



Abb. 12: Bau Sohlrampe km 183,40, Jänner 2015 (Foto: BBA Reutte)

Fig. 12: Construction works on upper block ramp at Lech km 183,40; January 2015



Abb. 13:
Aushub Umgehungsgerinne,
März 2013 (Foto: BBA
Reutte)

Fig. 13:
Excavation works on bypass
channel; March 2013



Abb. 14: Bau Drosselbauwerk, August 2014 (Foto: BBA Reutte)

Fig. 14: Construction works on control structure; August 2014



Abb. 15: Ausleitung Umgehungsgerinne, Mai 2015 (Foto: BBA Reutte)

Fig. 15: Bifurcation to bypass channel, aerial view, May 2015



Abb. 16: Gesamtüberblick, Mai 2015 (Foto: BBA Reutte)

Fig. 16: General aerial view, May 2015

Der Aushub des Umgehungsgerinnes und die Errichtung des Drosselbauwerkes (Abbildung 14) konnten im Trockenen durchgeführt werden.

Die Geschiebefalle ist damit seit Sommer 2016 mit allen ihren Bauteilen,

- der oberen Rampe zur Umleitung des Nieder- und Mittelwasserabflusses in das Umgehungsgerinne,
- dem Umgehungsgerinne mit Drosselbauwerk,
- dem Geschiebeablagerungsbereich in Form der rechtsseitigen Aufweitung des bestehenden Lechflussbettes,
- der längsbegleitende und Rückstaudämme für den HWS Höfen,
- der HWS-Dämme, Objektschutzmaßnahmen, Drainagen und Straßenerhöhung für den HWS Ehenbichl,
- der Erhöhung des flussaufwärtigen Hochwasserdammes am linken Ufer und der Restarbeiten oberhalb der Geschiebefalle (Rückbau Längsleitwerke, Geschiebeleitbahnen)

in Betrieb (Abbildung 15 und 16).

Betrieb und Ausblick

Im Bewilligungsbescheid sind umfangreiche Auflagen für die Bauphase (vor allem zur Grundwasser-Beweissicherung) und für den Betrieb (Sohlaufnahmen) enthalten. Die GW- Beweissicherung wurde rund ein Jahr vor Baubeginn in die Wege geleitet und besteht aus rund 10 GW-Sonden mit automatisch registrierenden GW-Pegeln.

Die adaptive Bauweise ermöglicht eine Anpassung der Dosierung des Geschiebeweitertransportes durch Variation des Drosselquerschnittes und Änderung der Geschiebeleitbahnen im Einlaufbereich.

Die jährliche Entnahmemenge wird

im langjährigen Schnitt voraussichtlich rund 50.000 m³ betragen. Die Entnahmezeit ist mit der Winter-Niederwasserperiode vom 01.11. bis zum 31.03. begrenzt. In der ersten Rumpfperiode des Geschieberückhaltes wurde in einem hydrologisch unterdurchschnittlichen Jahr eine Ablagerung in der Geschiebefalle in der Größenordnung von rund 30.000 m³ festgestellt. In Rechnung zu stellen ist dabei, dass in dieser Zeit auch noch Verlandungsprozesse im Oberwasser der oberen Rampe ablaufen, bis sich dort ein neues Gleichgewicht einstellen kann.

Das vom Lech abgelagerte Material stellt einen hochwertigen Rohstoff für Betonherzeugung dar und bildet damit eine wesentliche Komponente der mineralischen Rohstoffe im Bezirk. Weite Transportwege und die damit verbundenen Umweltbelastungen können somit minimiert werden. Das Material wird direkt von den privaten Betrieben (Schotterwerken) entnommen, somit fallen für die Bundeswasserbauverwaltung keine Kosten für Aushub und Verfuhr an. Der Schotterzins beträgt 2,50 €/m³ wertgesichert.

Der Betrieb soll in Zukunft durch den (noch zu gründenden) Erhaltungs-Wasserverband Lechtal durchgeführt werden. Einnahmenüberschüsse (Schotterzins abzüglich Kosten für Querprofilaufnahmen, Grundwasserbeweissicherung, Aufsicht der Entnahmetätigkeit) können für die Erhaltungsmaßnahmen am Lech verwendet werden.

Der Flussabschnitt des Lechs im Zentralraum von Reutte sollte damit einem neuen geschiebetechnischen Gleichgewicht entgegen gehen und die umfangreichen Räumungen aus der fließenden Welle, im Siedlungsraum, gehören damit der Vergangenheit an. Andererseits ist mit dieser Anlage ein wichtiger Teil der Rohstoffversorgung für die Bauindustrie im Bezirk langfristig und nachhaltig gesichert.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Dipl.-Ing. Peter Hanisch
 Dipl.-Ing. Michael Kremser
 DonauConsult Ingenieurbüro GmbH
 Klopstockgasse 34, 1170 Wien
 office@donauconsult.at

Dipl.-Ing. Wolfgang Klien
 Amt der Tiroler Landesregierung
 Baubezirksamt Reutte - Wasserwirtschaft
 Allgäuer Straße 64, 6600 Reutte
 wolfgang.klien@tirol.gv.at

Literatur / References:

- ZIV-ING. BÜRO ZOTTL & ERBER (1978):
 Lech - Steeg bis Weißhaus: Rahmenprojekt. i.A. des Amtes der Tiroler Landesregierung; Wien
- DONAUCONSULT ZOTTL & ERBER ZT-GMBH (1995):
 Pilotprojekt (Regionalstudie) Lech-Außerfern, Arbeitspakete Hydrologie, Hydraulik; Wien
- DONAUCONSULT ZOTTL & ERBER ZT-GMBH (2000):
 Lech – Geschiebetechnische Untersuchung; Wien
- DONAUCONSULT ZOTTL & ERBER ZT-GMBH (2003):
 Lech – Geschiebetechnische Untersuchung, Ergänzung; Wien
- DONAUCONSULT ZOTTL & ERBER ZT-GMBH (2005):
 Kosten-Nutzen-Analyse Lech – Zentralraum Reutte, Flkm. 184.100 – 176.500; Wien
- DONAUCONSULT ZOTTL & ERBER ZT-GMBH (2005):
 Lech Hochwasser Dokumentation, Ereignis vom 22./23.08.2005, Lech km 230.0 - km 167.5; Wien
- DONAUCONSULT ZOTTL & ERBER ZT-GMBH (2007):
 Geschiebemanagement Mittlerer Lech, Ablagerungs- und Entnahmestelle Hornberg, Lech km 184.100 – km 181.200; Wien
- DONAUCONSULT ZOTTL & ERBER ZT-GMBH UND IWH - INSTITUT FÜR WASSERBAU UND HYDROMETRISCHE PRÜFUNG (2004):
 Geschiebefalle Hornberg – Ehenbichl, Modellversuch; Wien
- REVITAL ECOCONSULT, ARGE LIMNOLOGIE ANGEWANDTE GEWÄSSERÖKOLOGIE GMBH, DONAUCONSULT ZOTTL & ERBER ZT-GMBH (2005):
 Gewässerentwicklungskonzept Wildflusslandschaft Tiroler Lech; Nussdorf-Debant, Innsbruck, Wien
- LECH – Geschiebefalle Hornberg – „Smarte“ Geschiebemanagement reduziert Überflutungsgefahr, verschafft dem Lech 1 km zusätzliches Flussbett, in: Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, 160. Jg., Heft 1–12/2015, 97-108



**Stahlschneebrücken • Gleitschneeböcke • Triebsschneewände
 Ablenkewände • Stahlteile für Schutzbauten**



Mair Wilfried GmbH

I-39030 St. Lorenzen (BZ)

info@mairwilfried.it • www.mairwilfried.it



Ingenieurkonsulent • Ingenieurbüro

Forst- und Holzwirtschaft
 Wildbach- und Lawinenschutz
 Kulturtechnik und Wasserwirtschaft
 www.perzplan.at

2630 Ternitz
 3100 St. Pölten
 8600 Bruck/Mur
 office@perzplan.at

MANFRED SALCHER

Geschieberückhaltebecken mit Wildholzrechen am Kasbach – Gemeinde Jenbach

Bedload retention basin with woody debris construction at the Kasbach – Municipality of Jenbach

Zusammenfassung:

Der Kasbach ist ein linksufriger Zubringer des Inn und entspringt ca. 2 km nordöstlich von Maurach am Achensee. Das Gewässer fließt entlang der Talfurche in südöstliche Richtung und erreicht den Siedlungsraum der Marktgemeinde Jenbach an der nördlichen Peripherie, durchfließt die Marktgemeinde Jenbach und mündet westlich der GE-Jenbacher Werke in den Inn ein. Die Marktgemeinde Jenbach ist von Hochwasserüberflutungen des Kasbaches massiv bedroht. Die letzten großen Hochwasserereignisse datieren aus den Jahren 1985 und 1992. Im Jahr 1982 erfolgte bereits die Ausarbeitung eines ersten Regulierungsprojektes, nach weiteren Planungen erfolgte schließlich die Umsetzung des Baues im Herbst 2014. Die Herausforderung lag bei der Bauumsetzung in der Beherrschung des Grundwassers und dabei vor allem in der Entspannung des artesischen Aquifer. Im Zuge der Errichtung des Geschieberückhaltebeckens mit Wildholzrechen wurde auch ein neuer Naherholungsraum für die Jenbacher Bevölkerung geschaffen, welcher sehr gut angenommen wird.

Stichwörter:

Geschieberückhaltebecken, Wildholzrechen, Kasbach, Jenbach

Abstract:

The Kasbach is a left bank inlet into the Inn and its source is located 2 km northeast of Maurach at the Achensee. The stream runs southeast through a gouge where it reaches the northern outskirts of the municipality Jenbach. After flowing through the village it discharges into the Inn river right west of the GE-Jenbacher facilities. The municipality of Jenbach is severely threatened by floods caused by the Kasbach. The last severe flooding events occurred in the

years 1985 and 1992. First drafts of a flood control project date back to the year 1982. After additional planning of flood protection measures the project was implemented in autumn 2014. The great challenge was the control of the groundwater and especially the relaxation of the artesian aquifer. In the course of building the bedload retention basin (4.500 m³) also a new local recreation area was established, which is well adopted by the residents.

Keywords:

Bedload retention basin, woody debris construction, Kasbach, Jenbach

Einleitung

Der Kasbach ist ein linksufriger Zubringer des Inn und entspringt im Bereich der „Buchauer Alm“, ca. 2 km nordöstlich von Maurach am Achensee. Das Gewässer umgeht den Ort Maurach an der Ost- bzw. Südseite. Zirka 800 m südöstlich der Gemeinde Eben am Achensee mündet der aus westlicher Richtung kommende Weißenbach ein. Nach ca. 100 m fließt ein weiterer Bach aus dem Tiefentaler Graben dem Kasbach zu. Der Kasbach fließt entlang der Talfurche in südöstliche Richtung und erreicht den Siedlungsraum der Marktgemeinde Jenbach an der nördlichen Peripherie, durchfließt die Marktgemeinde Jenbach und mündet knapp westlich von den GE-Jenbacher Werken in den Inn ein. Die Mündungsstelle liegt bei Fl-km 262,166 des Inn.

Die Marktgemeinde Jenbach ist von Hochwasserüberflutungen des Kasbaches massiv bedroht. Die letzten großen Hochwasserereignisse datieren aus den Jahren 1985 und 1992. Nach 1992 gab es einige bedrohliche Situationen, wobei die ärgsten Gefahren von der Feuerwehr der MG Jenbach und Zivilpersonen gerade noch abgewehrt werden konnten. In den darauf folgenden Jahren erfolgten, in Zusammenarbeit mit der Marktgemeinde Jenbach, dem Baubezirksamt Innsbruck sowie dem Amt der Tiroler Landesregierung – Abteilung Wasserwirtschaft, mehrere Unter-

suchungen zur Regulierung des Kasbaches. Das erste Regulierungsprojekt geht auf das Jahr 1982 zurück, bei welchem ein Hochwasserrückhaltebecken projektiert war, welches den max. Abfluss des Kasbaches unterhalb der Sperre auf 25 m³/s reduzieren hätte sollen. Aus diversen Gründen kam es zu keiner Realisierung des Projektes.

Grundlage für die vom Büro Klenkhart & Partner Consulting ZT GmbH in den Jahren 2014 – 2016 durchgeführte Ausführungsplanung, Ausschreibung nach dem BVergG sowie technische Bauaufsicht des Geschieberückhaltebeckens mit Wildholzrechen am Kasbach (Bach-km 1+489–Bach-km 2+310) waren Studien sowie ein Einreichprojekt des BBA Innsbruck (erstellt durch das Ingenieurbüro Bernard + Partner ZT-GmbH, 6060 Hall).

Problematik Grundwasser – Baugrunderkundung

Im Oktober des Jahres 2013 konnten unter Aufsicht des Büro Stegner, 6123 Terfens, fünf Pegelbohrungen im Bereich der geplanten Geschiebesperre abgeteuft werden. Eine Messung der GW-Pegel erfolgte von Oktober 2013 bis März 2014.

Die Erkenntnis der GW-Beobachtungen war, dass die GW-Zuströmung im Bereich der Geschiebesperre orografisch links aus nordöstlicher Richtung erfolgt und dass orografisch rechts, mangels fehlender GW-Pegel, keine Aussage über die GW-Strömung erfolgen konnte.

Zur weiteren Erkundung des Baugrundes wurden im März 2014 insgesamt 4 Schürfgruben ausgehoben, wobei man an zwei der Schürfen Pegelrohre zur weiteren Beobachtung des GW-Standes eingebaute. Zur genaueren Erkundung der Grundwasserverhältnisse erfolgte die Abteufung von zwei weiteren Pegelbohrungen orografisch rechts des Kasbaches im März 2014.

Die Untergrunderkundungen haben ergeben, dass im Bereich der geplanten Geschiebesperre zwei Grundwasserleiter vorhanden waren, wobei die beiden Aquifer durch eine Dichtschicht voneinander getrennt waren. Zudem handelte es sich beim unteren Grundwasserkörper um gespanntes Grundwasser.

Auf Basis dieser Untergrunderkundungen erfolgten verschiedene Schlussfolgerungen für das Bauwerk. Für die Baugrube zur Errichtung der Geschiebesperre wurde eine Brunnenwasserhaltung festgelegt.

Ausführungsplanung

Im Frühjahr des Jahres 2014 erfolgte die Ausführungsplanung für das Geschieberückhaltebecken mit Wildholzrechen im Abschnitt zwischen Bach-km 1+916,43 – Bach-km 2+033,28 durch das Büro Klenkhart & Partner Consulting ZT GmbH.

Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse der Baugrunderkundung, insbesondere der hohen Grundwasserstände, erfolgte eine Umplanung der vorhandenen Einreichplanung der Geschiebesperre. Die Unterkante der Fundamentierung der Geschiebesperre wurde aufgrund der Grundwassersituation soweit angehoben, dass die Dichtschicht nicht durchstoßen werden konnte. Die Planung der seitlichen Fundamentplatten erfolgte abgestuft, die Fundierungstiefe wurde höher gesetzt. Die Einbindung der Geschiebesperre in den orografisch rechts anstehenden Hang wurde um rd. 5 m verkürzt und damit der Gelände-

situation angepasst. Die Ausführung der Spundwand und die Drainagierung von Bauwerk und Damm erfolgten angepasst an die vor Ort vorgefundenen Gegebenheiten.

Baubericht – Wasserhaltung und Baugrubensicherung Geschiebesperre

Die Ausführung und der Betrieb der Brunnenwasserhaltung erfolgte durch die Fa. Erhart GmbH, 6123 Terfens, Ende August 2014. Es wurden 3 Brunnen in den artesisch gespannten, unteren Grundwasserkörper gebohrt, der Grundwasserkörper konnte über diese Brunnen entspannt und unter das Niveau der Baugrubensohle abgesenkt werden. Die Brunnen im unteren Aquifer wurden gegenüber dem oberen Aquifer entsprechend abgedichtet. Damit konnte einem möglichen Grundbruch, hervorgerufen durch das gespannte Grundwasser, entgegengewirkt werden.

Wesentlich bei der Herstellung der Brunnen war, dass der Stauer zwischen den beiden Grundwasserhorizonten erhalten blieb und durch die Baumaßnahmen nicht gestört wurde.

Geschieberückhaltebecken mit Geschiebesperre

Die Ausführung des Geschieberückhaltebeckens mit Geschiebesperre erfolgte durch die Fa. GLS Bau und Montage GmbH, 4320 Perg.

Die technische Bauaufsicht für die Umsetzung des Projektes wurde vom Zivilingenieurbüro Klenkhart & Partner Consulting ZT Gesellschaft m.b.H, A-6067 Absam, wahrgenommen. Die Oberbauaufsicht erfolgte durch das Baubezirksamt Innsbruck.

Die geologische, hydrogeologische, geotechnische Bauaufsicht erfolgte durch DI Dr. Helmut Hammer, 6175 Kematen.

Das ausgeführte Geschieberückhaltebecken (Abbildung 1) hat einen Fassungsraum von

ca. 4.500 m³, bei 3,3 m Füllhöhe. Bei nicht gefülltem Becken fließt der Kasbach entlang der Tiefenlinie des Beckens ab. Am Ausgang des Beckens wurde das Sperrenbauwerk mit Wildholzrechen errichtet (Abbildung 2). Eine Einbindung des Sperrenbauwerkes erfolgte orografisch rechts in das anstehende Gelände, orografisch links wurden die seitlichen Flügelmauern in den geschütteten Erddamm eingebunden.

Die Sicherung der Böschungen des Geschieberückhaltebeckens wurde wasserseitig bis auf Wasserspiegellhöhe mit Deckwerken (Wasserbausteine) ausgeführt. Dadurch bilden diese Schutz vor seitlichen Anrissen und bei Räumungsarbeiten eine Begrenzung gegen zu tiefes Abgraben. Die Ausführung der Dammkrone erfolgte mit 3 m Breite. Zur Räumung ist das Becken über eine linksufrig ausgeführte Rampe erreichbar. Am Ausgang des Geschiebebeckens ist der Wildholzrechen situiert. Das Schlitzfeld ist entsprechend der Geschiebesortierungsfunktion und zum Rückhalt von Wildholz dimensioniert. Die Ausführung des Rechenfeldes erfolgte mit einer Breite von 7 m. Es besteht aus rechteckigen Hohlprofilen, die unten in einer Nut anliegen und sich oben an einem quer liegenden Betontträger abstützen. Unterhalb des Rechens befindet sich ein gepflasterter Sturzboden, der in die Wehrdurchlass-

öffnung übergeht. Nach dem Wehrdurchlass ist das Tosbecken mit einer Länge von 10 m und einer Breite von 12 m, welche sich bis auf 6,5 m talseitig verjüngt, angeordnet. Im unteren Bereich der Geschiebesperre befindet sich die trapezförmige Übergangssektion in den Bachlauf.

Für die Dammschüttung an der Nordostseite der Geschiebesperre war davon auszugehen, dass – ohne zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen – der Damm bei einem Murreignis mit entsprechender Füllung des Geschiebebeckens durchströmt bzw. auch unterströmt wird. Für die Reduktion der Durch- bzw. Unterströmung wurde das Dammbauwerk mittels einer Spundwand, welche an das Sperrenbauwerk anbindet, abgedichtet.

Bei der ökologischen Begleitplanung (Abbildung 3) wurde auf die Erholungsfunktion des Kasbaches für die örtliche Bevölkerung Rücksicht genommen. Es wurden in der Umgebung des Geschieberückhaltebeckens ein Naherholungsraum mit Spazierwegen, Fußgängerbrücken, Verweilplätze mit Tischen und Bänken, Bachgerinne mit Flachwasserbereichen, Amphibiengewässer und anderen Erholungseinrichtungen geschaffen. Der neue Naherholungsraum "Im Moos" wird von der Jenbacher Bevölkerung gerne genutzt und sehr gut angenommen.



Abb. 1: fertiges Geschieberückhaltebecken mit Wildholzrechen.

Fig. 1: bedload retention basin with built-in woody debris construction.



Abb. 2:
Geschiebesperre mit
Wildholzrechen.

Fig. 2:
*bedload barrier with built-in
woody debris construction.*



Abb. 3:
ökologische Begleitplanung
im Umgebungsbereich des
Beckens.

Fig. 3:
*implemented ecological
planning in the
surroundings to the basin.*

Anschrift des Verfassers / Author's address:

Dipl.-Ing. Manfred Salcher
Klenkhart & Partner Consulting ZT GmbH
Salzbergstraße 15
6067 Absam
office@klenkhart.at

Literatur / References:

EINREICHDETAILPROJEKT "Regulierung Kasbach, Bauabschnitt 1 mit Geschieberückhaltebecken Brücke Ledergasse – Grausbrücke, Bach-km 1+489 – Bach-km 2+310" Bernhard Ingenieure ZT-GmbH, 6060 Hall in Tirol, Nov. 2007




BEWEISSICHERUNG Kasbach, Auswertebereich zum 22.03.2014; Dipl.-Ing. Dr. techn. Ulrich Ch. Stegner, 6123 Terfens; vom 22.03.2014

GEOTECHNISCHE STELLUNGSNAHME Geschiebesperre und Geschiebedamm Kasbach; Dipl.-Ing. Dr. Techn. Helmut Hammer, 6175 Kematen; vom 08.04.2014

Go ahead...

Wir sind Ihr absolut kompetenter Partner bei Planungen, Gutachten und Projektmanagement von...

- Wildbachverbauungen
- Schutzwasserbauten
- Böschungssicherungen
- Lawinenverbauungen
- Forst- und Güterwegen
- Landschaftspflegerische Begleitplanung
- Speicherteiche
- Schneeanlagengesamtlplanung
- Skipistenbau
- Schneileitungssystemen
- Wasser- und Quellfassungen
- Wasserver- und entsorgung
- schiGIS®-Infosystem für Skigebiete
- uvm...

www.klenkhart.at

Klenkhart & Partner Consulting
A-6067 Absam · Salzbergstrasse 15
Telefon: +43 (0) 50226-0 · Fax: +43 (0) 50226-20
e-mail: office@klenkhart.at

KLENKHART & Partner Consulting

FRANZ ANKER, NIKOLAUS WIESER

Die speziellen Herausforderungen einer Unterlaufertüchtigung in dicht besiedelten Gebieten – ein praxisorientierter Leitfaden zum Projektmanagement

The maintenance of a river channel in dense settled areas – a practical guideline for project management

Zusammenfassung:

Zu gering dimensionierte Unterläufe in eng bebauten Ortsbereichen waren in letzter Zeit immer wieder die Ausgangslage bei Hochwasserschutzprojekten. Die Ertüchtigung auf ein Bemessungsereignis ist meist nur mit sehr speziellen tiefbautechnischen Methoden möglich. Des Weiteren steigt die Wahrscheinlichkeit von infrastrukturellen Einbauten im Bereich des Bauabschnittes enorm an. Aufgrund dieser und noch vielen weiteren Herausforderungen steht man als Planer bzw. als Lokalbauführer vor einer spannenden Aufgabe. Der vorliegende Fachartikel soll als grober Praxisleitfaden dienen, damit im Zuge des gesamten Projektes keine wesentlichen Punkte übersehen bzw. vernachlässigt werden.

Stichwörter:

Unterlauf, Unterlaufertüchtigung, Baustelleneinrichtung, Baustellenabwicklung, Wasserhaltung, Baugrubensicherung, Projektmanagement

Abstract:

In many cases, the initial position for mitigation projects are underdesigned channels in densely built housing areas. The enlargement of these channels to discharge a design flood is only possible with very special underground engineering methods. Furthermore, the likelihood for necessary technical installations within the construction section is high. These circumstances make the planning and implementation an exciting task. The following paper gives a rough practical guideline to help to consider all important aspects during a project.

Keywords:

Project management, channel enlargement, construction site management

Einleitung

In den vergangenen Jahren wurden verstärkt an Wildbächen im bereits dicht erschlossenen Gebiet Regulierungsbauwerke errichtet, um die Hochwassersicherheit der zentralen Siedlungsräume zu erhöhen. Anlass dazu gaben vor allem die Hochwässer der Jahre 2002, 2005 und 2013, bei denen Defizite an vorhandenen Abflussquerschnitten insbesondere bei Einzugsgebieten mit etwa einer Größe von 100 km² zu Tage traten. Vielfach sind die ortsnahen Gerinneabschnitte historisch durch die frühere Nutzung der Wasserkraft in ihrer Sohlhöhenentwicklung geprägt. Alte Wehranlagen wurden später durch Wildbachsperrern ersetzt. Aufwändige Eintiefungen waren kaum umsetzbar, da die notwendigen Mittel und Technologien nicht vorhanden waren. Bestehende Aufdämmungen in Folge früherer Räumungstätigkeit wurden eher konserviert und die Gerinneverläufe hoch angelegt.

Diese Situation erschwert jede Form der Gerinneertüchtigung. Zumeist ist durch eine historisch gewachsene Bausubstanz die Platzsituation sehr eingeengt und das kann sogar so weit gehen, dass beidufrißig auf den alten Ufermauern bereits die ersten Gebäude stehen. Dazu kommt in vielen Fällen ein schlechter Bauwerkszustand, da die alten Künetten und Ufermauern bereits bis zu 100 Jahre alt und häufig durch Frost und Tausalz geschädigt sind. Im Bereich von Brücken sind fallweise zusätzliche Einengungen gegeben, die die Hochwassersituation bei Wildholztransport verstärken.

Bei der Redimensionierung und Neugestaltung von Gerinneabschnitten können in Abhängigkeit des verfügbaren Platzangebotes Maßnahmen zur Aufrechterhaltung des Geschiebetransports (z. B. Doppelprofile) zur Anwendung gelangen. Weiters ist es bis zu einem bestimmten Grad möglich, ökologische Verbesserungen im

Bereich der Niederwasserführung zu berücksichtigen und Abstürze zu beseitigen.

Im Mittelpunkt der Bemühungen steht fast immer die Vergrößerung der Durchflussprofile, die natürlich in der Gesamtprojektkonzeption von adäquaten Maßnahmen zur Geschiebebewirtschaftung begleitet werden muss.

Die Gebietsbauleitung Pinzgau konnte in den letzten Jahren bei einigen Ortsverbauungen Erfahrung sammeln. Die Verbauungsmaßnahmen an der Urslau in Saalfelden und an der Leoganger Ache betreffen größere Einzugsgebiete mit über 100 km² Fläche. Derzeit in Bau befindet sich die Erneuerung der Ortskünette am Piesendorferbach in der Gemeinde Piesendorf.

Dieser Artikel soll einen praxisorientierten Leitfaden für die Bewältigung komplexer wildbachtechnischer bzw. wasserbautechnischer Aufgabenstellungen im siedlungsnahen Umfeld bieten und im Sinne einer Checkliste einen groben Überblick über die einzelnen notwendigen Aufgabenschritte ermöglichen.

Baumaßnahmen in zentralen Siedlungsgebieten

Die beengten Platzverhältnisse sind zumeist einer historisch gewachsenen Siedlungsentwicklung in unmittelbarer Nähe zum Gerinne geprägt und stehen häufig mit der Ausübung ehemaliger Gewerke mit Ausnützung der Wasserkraft (Mühlen, Schmieden, Gerbereien und Färbereien, etc.) in Verbindung. Bis zur Etablierung der Gefahrenzonenpläne in den 80er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts wurde mit dem Wirtschaftsaufschwung nach dem 2. Weltkrieg z. T. bis an oder auf die Ufer(-mauern) heran gebaut. Der boomende Tourismus in den Zentren der wichtigsten Fremdenverkehrsorte in den Alpen drängte die Siedlungsentwicklung ebenfalls verstärkt in die Gefährdungsgebiete.

Die wichtigsten Punkte, die bei Bauten

an Gewässern, die im zentralen Siedlungsbereich gelegen sind, beachtet werden müssen sind im Folgenden zusammengefasst:

- Sämtliche infrastrukturelle Einrichtungen (Elektrizität, Telekom, Datenverbindungen, Wasser, Kanal, Fernwärme, Gas, Druckrohrleitungen von Wasserkraftwerken etc.) zur Versorgung der Siedlungsbereiche tangieren bzw. queren früher oder später die Gerinneverläufe. Die Abwasserkanäle liegen naturgemäß nahe der Tiefenlinie an der Talsohle und lassen sich insbesondere höhenmäßig nur zumeist mit hohem Aufwand verlegen.

Dies benötigt immer eine entsprechende Vorlaufzeit für Planung und Ausführung. Eine Bündelung der Einbauten ist stets im Bereich von Brücken gegeben.

- Infrastrukturelle Einrichtungen sind bereits in der frühen Planungsphase zu berücksichtigen, da in vielen Fällen eine Verlegung aus dem unmittelbaren Baustellenbereich erforderlich ist. Dabei sind auch die notwendigen Vorrichtungen für die Baugrubensicherung (z. B. Ankerungen, etc.) zu beachten. Im Vorfeld ist zu prüfen, ob Anlagen (temporär) freigeschaltet werden können bzw. welche



Abb. 1: Parallel laufende Arbeiten an der Baustelle Urslau 2013 (Spundwand, HDBV, Aushub); ein Gebäude steht direkt auf der orografisch rechten Ufermauer

Fig. 1: Parallel working on the construction site Urslau 2013 (sheet piling, high-pressure injection process, excavation); one house sits directly on the channel wall

besonderen Schutzvorkehrungen für den Arbeitnehmerschutz (z. B. bei 30 kV-Stromleitungen) zu berücksichtigen sind.

- Im Zuge der Umsetzung der Baumaßnahmen ist sicher zu stellen, dass dadurch nicht nachteilige Auswirkungen auf Anlieger infolge einer stärkeren Wasserführung ausgeübt werden. Die Konzeption und Bemessung der Wasserhaltung ist für das Gelingen einer ordnungsgemäßen Bauumsetzung von höchster Bedeutung. Die Gestaltungsmöglichkeiten dazu liegen in der Wahl des geeigneten Bauzeitraumes mit Gliederung der einzelnen Bauphasen, in der temporären Abtrennung möglicher Fließquerschnitte oder in der Herstellung offener (Luttenrinnen) oder geschlossener (Rohre) Ableitungssysteme. Auch für den Überlastfall ist in geeigneter Form Vorsorge zu treffen (Flutung der Baugrube, Notfallpläne, etc.)
- Die beengten Platzverhältnisse erlauben in vielen Fällen keine freie Abböschung der Baugrube. Nahe gelegene Gebäude, Verkehrs- und Versorgungsinfrastruktur ist in geeigneter Form abzusichern oder temporär zu entfernen. Dazu bedarf es eines laufenden Monitorings, um mögliche Einwirkungen des Baustellenbetriebes auf die Objekte detektieren und in ihrer Auswirkung abschätzen zu können. Im Überlastfall der Wasserhaltung ist die Flutung der Baugrube zu berücksichtigen und in geeigneter Weise (gegen Erosion) abzusichern.
- In der Planung und Abwicklung der Maßnahmen sind auf Grund verbleibender Unwägbarkeiten Reserven in der zeitlichen und finanziellen Planung vorzusehen.

Einteilung/ Ablaufschema

Um den gesamten Ablauf einer Unterlaufertüchtigung von der Vorbereitung bis zur Kollaudierung darzustellen wurde dieser in vier Phasen unterteilt.

Die Phase der Vorbereitung enthält alle wichtigen Aspekte welche den prinzipiellen Rahmen des Projektes abstecken soll. Als zweite Phase wurde die Einreichplanung definiert. Diese soll alle Punkte enthalten auf welche schon in der Projekterstellung geachtet werden muss. Alle Planungsschritte welche direkt in bzw. kurz vor der Umsetzung ausschlaggebend sind wurden in dem Punkt Ausführungsplanung zusammengefasst. Alle Arbeitsschritte welche nach der direkten Umsetzung des eigentlichen Schutzbauwerkes folgen wurden in die Phase der Nachbereitung eingegliedert.

Die beschriebene Einteilung ist als grobe Richtschnur zu sehen. Klarerweise verschmelzen die Phasen ineinander und müssen vernetzt gedacht werden.

Vorbereitung

Vorstudie/ Machbarkeitsstudie

Aufgrund der Komplexität von Maßnahmen mit platzbeengten Verhältnissen sind die ersten grundlegenden Überlegungen mit Augenmerk auf die Machbarkeit des Projektes von großer Bedeutung. Jedoch sollen hier nicht nur die bautechnischen und wildbachtechnischen Gesichtspunkte überlegt werden, sondern wichtig sind auch rechtliche, organisatorische und ablauforientierte Rahmenbedingungen zur Baustellenabwicklung (Platzverhältnisse, Wasserhaltung, uvm.).

Wasserwirtschaftliches Planungsorgan

In den meist sehr sensiblen Unterlaufbereichen ist eine frühzeitige Abklärung des Projektes mit den

zuständigen Sachverständigen hinsichtlich der grundsätzlichen Machbarkeit von großem Vorteil. Dies geschieht im Bundesland Salzburg im Rahmen einer Vorprüfung durch das Wasserwirtschaftliche Planungsorgan, das bei den Landesbehörden angesiedelt ist.

Vermessung des Projektgebietes

Für eine detaillierte Planung ist die Erstellung einer Vermessung des betroffenen Unterlaufabschnittes unumgänglich. Dabei ist darauf zu achten, dass alle sichtbaren Infrastruktureinrichtungen (Kanaldeckel, Verteilerkästen, Wasserschieben usw.) erhoben werden. Ein weiterer wesentlicher Punkt ist die Aufnahme der umliegenden Gebäude inklusive der relevanten Geschossniveaus (Erdgeschoss und Kellergeschoss).

Erhebung der bestehenden

Gebäude im direkten Nahbereich

Die genaue Lage der Gebäude, die in unmittelbarem Nahbereich der Baumaßnahmen gelegen sind, ist im Detail zu vermessen. Weiters ist die Form und Qualität der bestehenden Fundierung zu prüfen, da deren Kenntnisstand über die Planung der allenfalls notwendigen Sicherungsmaßnahmen ausschlaggebend ist. Es wird empfohlen, alle Planunterlagen, Baubescheide und Kollaudierungsunterlagen bei der Baubehörde einzusehen. Dabei ist auch ein besonderes Augenmerk auf die Forderungen der Sachverständigen (Auflagen) zu legen. Eine detaillierte Prüfung der Unterlagen ist aufgrund von möglichen Grundeigentümerforderungen im Zuge der Verhandlungen jedenfalls hilfreich.

Untergrunderkundung

Für die detaillierte Planung sowie Umsetzung von Baugrubensicherungen sowie die Gründung der Bauwerke ist die Kenntnis der Untergrundverhältnisse von großer Bedeutung. Eine frühzeitige

Untergrunderkundung ist für den weiteren Verlauf des Projektes essentiell. Dabei sind einerseits die geologisch/geotechnischen Verhältnisse interessant und andererseits ist die Erkundung bzw. die Beobachtung des Grundwasserspiegels für diverse Fragestellungen notwendig. Daher soll mindestens ein Bohrloch der Bodenerkundung zu einer Grundwassermessstelle ausgebaut werden. Aufgrund der weiteren Nachweise bzw. Bemessungen ist eine Probebohrung im Nahbereich von Brücken empfehlenswert. Die detaillierte Planung der Bodenaufschlüsse hat unter Zuhilfenahme geologischer Fachexperten zu erfolgen.

Erhebung von Einbauten

Ein maßgeblicher Kostenaufwand bzw. der bautechnische Aufwand des Projektes korreliert stark mit den bestehenden infrastrukturellen Einbauten. Dabei können folgende Einbauten mit möglichen schwerwiegenden Folgeerscheinungen aufgelistet werden:

- Kanalquerungen
- Unterirdische Stromleitungen mit höherem Spannungsniveau ($\geq 30\text{kV}$)
- Energieversorgungsleitungen (z.B. Fernwärmeleitung)
- Druckrohrleitungen für WKA
- Wichtige Datenleitungen
- Eisenbahninfrastruktur

Weitere Einbauten wie zum Beispiel eine Trinkwasserleitung sind verhältnismäßig einfach zu verlegen und daher untergeordnet zu betrachten. Eine frühzeitige Abklärung mit den zuständigen Stellen ist empfehlenswert.

Hydraulische Dimensionierung und laufende Überwachung an Pegelmessstellen

Neben der hydraulischen Dimensionierung der erforderlichen Querschnitte ist zumeist für die laufende Bauabwicklung auch die laufende Beobachtung der Wasserstände zu bewerkstelligen.

Um die Durchflussmengen zu den verschiedenen Jahreszeiten und bei den verschiedenen Witterungsbedingungen besser einschätzen zu können, hat sich die Installation fixer Pegelmessstationen bewährt. Mit den Messdaten, die im Vorfeld der Baumaßnahmen bereits ermittelt werden, kann der Projektant bzw. der Lokalbauführer eine gute Einschätzung über die auftretenden Wasserabflüsse insbesondere in der Niederwasserzeit bekommen. Bei länger andauernden Messungen bzw. bei Vorliegen offizieller Aufzeichnungen kann eine statistische Auswertung mit Abschätzung jahreszeitlich differenzierter Hochwassermengen erfolgen. Eine Pegelmessstation mit automatischer Warnfunktion kann in der Bauphase zur Implementierung in die Notfallpläne verwendet werden.

Öffentlichkeitsarbeit

Gerade bei Baumaßnahmen in Zentralen Siedlungsräumen ist die Information der Öffentlichkeit essentiell, da viele Personen in der Ausübung ihrer täglichen Verrichtungen z. T. maßgeblich beeinflusst werden. Es kann auch Auswirkungen auf wirtschaftliche Aktivitäten – wie z. B. in Orten mit hohem Tourismusanteil – geben. Die frühzeitige und breite Information hat sich dazu besonders bewährt und setzt insbesondere auch das Vorhandensein gut geplanter Bauzeitabläufe voraus. Die in Salzburg zumeist genossenschaftlich organisierten Interessenten sind in der Regel bereits frühzeitig informiert bzw. ist die Meinungsbildung über die Durchführung der Schutzmaßnahmen mit der Beantragung der Baumaßnahmen bereits weitgehend abgeschlossen. Grundsätzlich sollte klar sein, dass der gesamte Ort zusammenhalten muss, um komplexe Projekte umzusetzen.

Wesentliche Instrumentarien der Öffentlichkeitsarbeit sind Grundeigentümergegespräche, Informationsabende, Infotafeln oder Aussendungen in der Gemeindezeitung.

Die Öffentlichkeitsarbeit betrifft alle weiteren Hauptpunkte und darf keinesfalls vernachlässigt werden.

Einreichplanung

Wasserbautechnische Detailplanung

Die gesamte wildbachtechnische standardmäßige Detailplanung wird in diesem Artikel nur randlich erwähnt. Alle Detailpunkte wie Hydrologie, Gerinnehydraulik, Sedimentationsuntersuchungen, Statische Bemessungen, usw. sind entsprechend den gültigen Technischen Richtlinien zu erarbeiten und bedürfen hier keiner weiteren Erwähnung.

Baugrubensicherung

Ein wichtiger Hauptpunkt bei Umsetzung eines Schutzprojektes mit beengten Raumverhältnissen ist die Baugrubensicherung. Dieser Punkt kann als sehr zeit- und kostenintensiv angesehen werden. Das Hauptaugenmerk muss dabei auf einer (fast) dauernden Erosionssicherheit des gesamten gerinnenahen Arbeitsbereiches liegen, da im Notfall die Baugrube geflutet werden muss. Bei der Wahl der Sicherungsart kann man auf mehrere spezialtiefbau-technische Verfahren zurückgreifen. Diese müssen je nach Gegebenheiten gewählt werden. Als gängige Arten können zum Beispiel Spritzbetonsicherungen, Spundwände, Hochdruckbodenvermörtelung (HDBV-Verfahren), Mikropfähle oder die konventionelle Unterfangen erwähnt werden. Jedes dieser erwähnten Verfahren hat seine speziellen Vor- und Nachteile und ist im Detail zu planen. Die Auswahl wird primär von der Nähe und Empfindlichkeit der Einbauten, der notwendigen Aushubtiefe und Setzungsempfindlichkeit des Untergrundes abhängen. Üblicherweise ist eine Rückverankerung aus der Baugrube möglich; fallweise auch ein Abstützung zu den Einbauten, wodurch der Bauablauf nochmals verkompliziert wird.

Eine detaillierte Ausführung der technischen Möglichkeiten würde den Umfang dieses Artikels sprengen. Bei der Wahl des Verfahrens sind jedenfalls die Grundüberlegungen zur Wasserhaltung ausschlaggebend. Für die meisten Sicherungsarten sind geotechnische Nachweise einzuholen.

Detailliertes Leistungsverzeichnis und Kostenvoranschlag

Um den Kostenaufwand für die einzelnen Positionen zu ermitteln benötigt man Referenz- bzw. Erfahrungswerte. Diese kann man entweder durch ähnlich abgewickelte Baufelder erlangen oder es werden Einheitspreise bzw. Kennwerte von benachbarten Dienststellen oder externen Stellen eingeholt. Die Abschätzung des gesamten Bereiches der Baustelleneinrichtung hängt stark von den Gegebenheiten vor Ort ab. Stark beengte Verhältnisse bzw. weite Wege können die Kosten beachtlich erhöhen. Vor dem endgültigen Kostenvoranschlag sind unbedingt alle vermeidbaren Ungewissheiten (z.B. Einbauten, Bodenaufschluss, usw.) zu klären. Für die Erstellung von Leistungsverzeichnissen für speziellen Tiefbauarbeiten (z.B. HDBV-Verfahren) wird die Zuhilfenahme versierten Planungsfirmen empfohlen.

Abstimmung Grundeigentümer

Im Vorhinein soll mit den betroffenen Grundeigentümern das Bauvorhaben abgestimmt und die Zustimmung eingeholt werden. Dabei geht es um alle rechtliche und organisatorischen Belange sowie um allfällige Entschädigungsforderungen. Die Erfahrung hat gezeigt, dass es von großem Vorteil ist, die betroffenen Grundeigentümer einzeln zu informieren um sich nicht dem Druck einer kollektiven Meinungsbildung auszusetzen.

Die Gespräche sollten jedenfalls in Anwesenheit aller Entscheidungsträger (Gemeinde, Wassergenossenschaft, WLV) erfolgen. Durch

deren Präsenz (Bürgermeister, Amtsleiter, Wassergenossenschaftsobmann, etc.) kann dem Grundeigentümer die Wichtigkeit des Schutzprojektes nähergebracht werden. Die Gesprächsführung sollte wertschätzend erfolgen und dem Betroffenen das Gefühl geben, in seinen Befürchtungen ernst genommen zu werden.

Eine Protokollführung im Zuge der Besprechungen wird empfohlen. Kann ein Grundeigentümer bei der behördlichen Verhandlung nicht anwesend sein sollte er sich vertreten lassen oder eine Zustimmungserklärung im Vorfeld abgeben.

Positive Infrastrukturverbesserung

Im Zuge des Projekts können Vorschläge von Gemeinden zur Verbesserung der Infrastruktur in das Schutzprojekt eingearbeitet werden. Dies kann z. B. von Verbesserungen der Brückenquerungen über Errichtung von Naherholungsbecken bis hin zu Einbindungen von Radwegen gehen.

Abstimmung mit Sachverständigen

Vor den eigentlichen Bewilligungsverfahren ist eine Abstimmung mit den zuständigen Sachverständigen der genehmigenden Behörde von großem Vorteil, um allfällige Nachforderungen zeitgerecht beibringen zu können.

Bewilligungsverfahren

Für das Wasserrechtsverfahren bzw. den sonstigen Verfahren sind technisch einwandfrei erstellte Detailprojekte anzufertigen, die auch die Abstimmungen mit den Grundeigentümern und sonstigen Berechtigten und Infrastrukturbetreibern beinhalten.

Die Ausarbeitung erfordert zumeist einen hohen Aufwand und bedarf der Einbindung und Koordinierung externer Planungsinhalte (Geotechnik, Statik, Spezialtiefbau, etc.).

Ausführungsplanung

Bauzeitplan

Um das Schutzprojekt erfolgreich zu organisieren bzw. einzuteilen ist es fast unumgänglich einen detaillierten Bauzeitplan zu erstellen. Dieser wird ohnehin für weitere Instrumente, wie zum Beispiel für den SiGe-Plan (Sicherheits- und Gesundheitsplan) benötigt. Dabei müssen jedoch mehrere Rahmenbedingungen beachtet werden. Generell stellt sich die sehr bedeutungsvolle Frage WANN gebaut werden kann. Dies hängt einerseits von den Wasserabflüssen (Ganzjahres- oder Winterbaustelle) und andererseits in touristisch intensiv genutzten Gemeinden von den baufreien Zeiträumen ab. Ein weiterer Punkt ist jener, zu welcher Uhrzeit die Arbeiten stattfinden dürfen. Oft darf in touristischer Nähe erst ab 08:00 Uhr früh mit den Bauarbeiten begonnen werden. Auch das Splitting der einzelnen Bauetappen ist nur über einen seriösen Bauzeitplan möglich.

Im Vordergrund der Überlegungen sollte immer die Wahl der abflussarmen winterlichen Periode stehen. In dieser Zeit kann der Aufwand für die Wasserhaltung reduziert werden. Allerdings können tiefe Temperaturen und Schnee den Baubetrieb einschränken. Zumeist sind auch separate Vereinbarungen mit dem eigenen KV-Personal notwendig, wenn im Winter keine Pausen eingelegt werden.

Baustelleneinrichtung

Für den gesamten Ablauf der Bauabschnitte sind verschiedengroßflächige Lager- und Einrichtungsflächen notwendig. Die Abstimmung dieser Flächen und die Nähe zum Bauabschnitt ist arbeitstechnisch und kostentechnisch von großer Relevanz. Als Vorteil von ortsnahen Bauabschnitten kann als Beispiel die Infrastrukturanbindung (z.B. Baustrom) erwähnt werden.

Einrichtungsflächen dienen primär der

Baustelleninfrastruktur, deren Flächenbedarf bei speziellen Tiefbauarbeiten wesentlich ansteigen kann. Zu berücksichtigen sind auch geeignete Weganschlüsse, die über die notwendigen Tragfähigkeiten verfügen. In vielen Fällen sind auch Umschlagplätze für Aushubmaterial sowie Baustoffe erforderlich.

Wasserhaltung

Eine zentrale Rolle bei der Bewältigung von komplexen Unterlaufbauabschnitten spielt die Wasserhaltung. Welche Art der Wasserhaltung verwendet wird und auf welchen Abfluss die Wasserhaltung bemessen wird muss für jedes Bauvorhaben individuell angepasst werden.

Je nach Größe des Gerinnequerschnittes kann entweder das Bachbett zweigeteilt werden (Baumaßnahmen auf trockener Bachseite und Wasserhaltung auf gegenüberliegenden Seite) oder wenn dies aufgrund Platzmangels nicht möglich ist, muss eine Fassung und kontrollierte Ableitung mittels Rohren oder offener Lutten erfolgen.

Klar festgelegt sein muss, welche Schritte gesetzt werden, wenn die Wasserhaltung überlastet wird (z.B. kontrollierte Flutung der Baugrube, Alarmierung der Einsatzkräfte, Errichtung von temporären Schutzeinrichtungen, usw.).

Bei Verwendung von geschlossenen Systemen sind folgende Punkte zu beachten:

- Der den Wintermonaten ist mit Vereisungen bzw. der Eistrückstau zu rechnen.
- Einlaufbereich für z. B. Verrohrungen sind optimal (hydraulisch glatt und trichterförmig) auszuführen. In

Verkehrstechnische Lösungen

Im Zuge der Ausführungsplanung sind alle verkehrstechnischen Punkte im Vorhinein abzuklären. Für alle Änderungen im Straßenverkehrsbereich sind straßenpolizeiliche Bewilligungen einzuholen. Weiters ist zu beachten, ob Behelfsbrücken,

temporäre Straßensperren oder Ausweichrouten errichtet werden müssen. Alle diese Punkte sind mit den zuständigen Stellen abzuklären.

Sicherheitstechnische Aspekte

Bei ortsnahen Bauabschnitten ist der sicherheitstechnische Aspekt von enormer Wichtigkeit. Für die sicherheitstechnische Koordination verschiedener Gewerke (z. B. WLK & Spezialtiefbau, etc.) sind SiGe-Pläne zu erstellen. Bei komplexen Fragestellungen empfiehlt sich die Beiziehung externer Experten. Als Teil dieser Planungen verstehen sich auch Notfallpläne für das Eintreten höherer Wasserabflüsse. Es gilt die Maxime, dass dadurch Anlieger nicht mehr als sonst belastet werden dürfen. Das bedeutet im Regelfall, dass Baugruben notfalls zu fluten sind und auf diese Möglichkeit entsprechend abgesichert werden müssen. Bei der Erstellung und Implementierung ist eine intensive Zusammenarbeit mit den Hydrografischen Diensten und den Sicherheitsstellen (Freiwilligen Feuerwehren, etc.) geboten. Automatische Warnungen können über die oben erwähnten Pegelmessstellen generiert werden. Dazu ist es natürlich notwendig, entsprechende Grenzwerte festzulegen und gegebenenfalls laufend zu evaluieren.

Gebäudemonitoring

Um bestmögliche Klarheit bei der Bewertung von möglichen Bauschäden an den bestehenden Gebäuden zu erlangen ist eine lückenlose Bestandsaufnahme bereits vorhandener Gebäudeschäden (Risse, etc.) inklusive eines laufenden Monitoring empfehlenswert. Um den allgemeinen Zustand zu erfassen ist eine Zustandserfassung sämtlicher Gebäudeschäden u. A. mittels Fotodokumentation empfehlenswert.

Bei Erschütterungsarbeiten (z.B. Spundwandrammungen) soll ein Erschütterungsmessgerät zur Erfassung der resultierenden Schwinggeschwindigkeiten gemäß ÖNORM S 9020

aufgestellt werden. Als Grenzwert gilt hier für normal bis erhöht erschütterungsempfindliche Gebäude ein Wert von 8 mm/s.

Um mögliche Setzungen des Gebäudbestands kontrollieren zu können, wird eine Höhenaufnahme an Höhenbolzen mittels Präzisionsnivellement empfohlen. Dabei sind je Gebäude zumindest 3 Höhenbolzen zu setzen und laufend zu überwachen.

Örtliche Bauaufsicht / Umsetzung

Die Aufgaben der örtlichen Bauaufsicht umfassen die laufende Überwachung und Koordination und Anpassung sämtlicher Arbeitsschritte der Ausführungsplanung. Das Hauptaugenmerk ist auf die vorausschauende Planung und Koordination der einzelnen Bauphasen und Gewerke zu legen. Darüber hinaus sind die sicherheitstechnischen Aspekte insbesondere bei Auftreten stärkerer Niederschläge ständig im Auge zu behalten.

Der ständige Kontakt mit den Anrainern erleichtert die Bauabläufe enorm, dass sich mögliches Konfliktpotential im Vorfeld bereinigen lässt.

Nachbereitung

Die nicht minder wichtige Phase der Nachbereitung soll all jene Punkte beinhalten welche von der Fertigstellung des eigentlichen Schutzbauwerkes bis hin zur Kollaudierung erfolgen sollten. Neben der Dokumentation der erfolgten Schutzbauwerke inklusive ihrer Absicherungen (z. B. HDBV-Körper), sind die Berichte für die abschließende wasserbautechnische Überprüfung (Auflagen) zu erstellen. Die Nachweisungen und Bauberichte dienen der Nachkalkulation und abschließenden fördertechnischen Kollaudierung der Anlagen.

In den belebten Ortsbereichen ist eine lückenlose Absturzsicherung von äußerster Wich-

tigkeit. Alle berührten Flächen sind den Grundeigentümern wieder zu befestigen, zu rekultivieren bzw. wieder in den Ursprungszustand überzuführen. Dazu zählt auch die Befestigung von beschädigten Verkehrswegen. Zum Punkt der Nachbereitung gehört auch die abschließende Kontrolle der bestehenden Gebäude mit der vorher stattgefundenen Beweissicherung. Alle entstandenen Schäden sind mit den Grundeigentümern abzustimmen und gegebenenfalls zu entschädigen. Dazu zählen auch alle Punkte der Fischereiangelegenheiten. Hierbei ist zu klären, ob der Schaden entschädigt wird oder ein Neubesatz erfolgt. Weiters sind bestehende allgemeine Hochwas-

seralarmpläne den neu geschaffenen Realitäten anzupassen. Mögliche neue Ansaugstellen für die Feuerwehr sind festzulegen.

Wie schon vorher erwähnt zieht sich die Öffentlichkeitsarbeit über alle vier Phasen. Im Zuge der Nachbereitung ist die Errichtung von Informationstafeln empfehlenswert, um die Bevölkerung über den Erfolg der Maßnahmen zu informieren.

Abschließend wird darauf hingewiesen, dass die optischen Gestaltung bzw. saubere Rekultivierung für die öffentliche Wahrnehmung erfolgter Verbauungen von besonderer Relevanz ist.



Abb. 2: Fertiggestellter und rekultivierter Gerinneabschnitt, Urslau, Gemeinde Saalfelden

Fig. 2: Completed and recultivated channel section, Urslau, municipality of Saalfelden

Schlussfolgerung und Zusammenfassung

Nachträgliche Abflussertüchtigungen in dicht besiedelten bzw. bebauten Ortsbereichen sind eine große Herausforderung für den Planer, der Lokalbauführung sowie für die beteiligte Bevölkerung. Um Zeit, Kosten und Nerven zu sparen ist ein hoher Vorbereitungsaufwand erforderlich. Mithilfe dieses Praxisleitfadens soll man sich vergewissern können, dass die wichtigsten Punkte abgehandelt und bedacht werden. Eine Garantie auf Vollständigkeit kann es natürlich auf Grund der Vielfältigkeit der unterschiedlichen Problemstellungen nicht geben.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Franz Anker
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Pinzgau
Schmittenstraße 16
5700 Zell am See
franz.anker@die-wildbach.at

DI Nikolaus Wieser
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Pinzgau
Schmittenstraße 16
5700 Zell am See
nikolaus.wieser@die-wildbach.at



HYDROLOGIE



METEOROLOGIE



GEOLOGIE



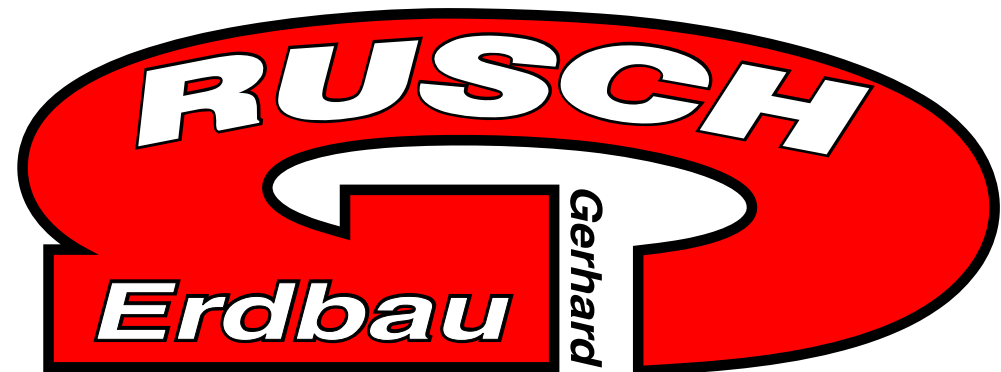
sommer
MESSTECHNIK

Lösungen für die Geologie/Geotechnik Temporäre Maßnahmen oder dauerhafte Überwachung von Massenbewegungen, Brücken, Straßen oder Seilbahnen. Messen, Aufzeichnen und Sichern mit Sensoren und Anlagen von SOMMER MESSETECHNIK. www.sommer.at

Spezialsensorik · Anlagenbau · Systemintegration · Beratung · Planung



SOMMER MESSTECHNIK
Straßenhäuser 27, A 6842 Koblach / Vorarlberg
Tel.: +43 5523 55989 | office@sommer.at | www.sommer.at



Alberschwende
Mobil 0664/13 13 447

JOHANNES BRAMBERGER, JOHANNES HÜBL

Geschiebedosierung in Sperrenstaffelungen

Sediment balancing processes within a series of check dams

Zusammenfassung:

Die Hauptfunktionen von Sperrenstaffelungen liegen in der Stabilisierung des Bachbetts sowie in der Konsolidierung der Einhänge. Das Verlandungsgefälle zwischen den Sperren ändert sich je nach dem Geschiebeanteil im Abfluss und strebt ein Ausgleichsgefälle an. Um diesen Prozess quantifizierbar zu machen bzw. den Trend im Geschiebeauftrag und -abtrag zu untersuchen, wurden Modellversuche unter Variation der Parameter Sperrenabstand und -höhe, Geschiebezusammensetzung und volumetrischer Feststoffkonzentration durchgeführt. Es zeigt sich, dass man durch den Bau von Sperrenstaffelungen Umlagerungsstrecken schaffen kann die ausgleichend auf den Feststofftransport wirken ohne die Sedimentkonnektivität zu unterbrechen.

Stichwörter:

Sperrenstaffelung, Verlandungsgefälle, Feststoffkonzentration

Abstract:

The main function of a series of check dams is to stabilize the torrential channel and to consolidate the adjacent slopes. The deposition angle of the sediments between the structures changes according to the sediment rate and tends to an equilibrium gradient. To quantify resp. to investigate the trend of sediment deposition and erosion within the series of check dams, laboratory experiments were carried out varying check dam spacing and height, grain size distribution and volumetric sediment concentration. The construction of a series of check dams represents a natural balancing process, reducing sediment transport by high bedload rates and offers the possibility to remobilize these sediments during lower rates and therefore sustaining the sediment connectivity.

Keywords:

Series of check dams, slope of deposition, sediment concentration

Einleitung

Das Geschiebedefizit vieler Gewässer hat negative Folgen auf den ökologischen Zustand der Gewässer und verursacht zum Teil große erosionsbedingte Schäden. Die Ursachen liegen in einer unausgeglichene Schleppkraft mit Überschuss bei Erosion und Mangel bei Auflandung (Hampel, 1982). Ziel der Verbauung muss es also sein, das Bachbett und die angrenzenden Hänge zu sichern, Hochwasser und Feststoffe schadlos abzuführen (Bergmeister et al., 2009) und gleichzeitig die Sedimentdurchgängigkeit zu gewährleisten (Habersack, 2009).

Sperrenstaffelungen bieten in diesem Zusammenhang ein probates Mittel des Wildbachverbau. Sie stabilisieren nicht nur das Bachbett und konsolidieren die Einhänge, sie verwandeln auch Erosionsstrecken in Alluvions- bzw. Umlagerungsstrecken mit allen Vorteilen der Anpassung des Geschiebetriebes an die Schleppkraft des Wassers und drosseln damit den Geschiebeanfall (Hampel, 1982). Bei gesteigerter Belastung des Abflusses mit Geschiebe nimmt das Ausgleichsgefälle bis zu jenem Gefälle zu, das die nötige Schleppkraft garantiert, um das ankommende Geschiebe abzutransportieren (Strele, 1950). Das

bedeutet, dass sich in diesem Gerinneabschnitt ein Gleichgewicht zwischen Abtrag und Ablagerung einstellt.

Dem Gefälle kommt demnach die Rolle eines selbst regulierten Automatismus im Geschiebetransport zu. Das Ausgleichsgefälle stellt gewissermaßen einen Gleichgewichtszustand aus Geschiebeandrang und -abgabe her (Hampel, 1982).

Im Zuge einer Masterarbeit sollten anhand von Modellversuchen die Verfüllungs-, Ablagerungs- und Erosionsprozesse in Sperrenstaffeln untersucht werden. Die dabei gewonnenen Kenntnisse ermöglichen eine quantitative Abschätzung und einen Trend in den Auf- und Abtragsprozessen zur Optimierung der praktischen Umsetzung von Sperrenstaffelungen.

Die Forschungsarbeit baut auf den Untersuchungen Hampels in den Jahren 1968 bis 1988 auf, worin er sich ausgiebig der ausgleichenden und dosierenden Wirkung von Wildbachsperren bzw. -staffelungen auf den Geschiebehaushalt widmet. Durch Modellversuche und die Analyse von Wildbächen konnte Hampel (1975) feststellen, dass die Verlandung von Sperren bzw. Verlandungsräumen denselben Gesetzmäßigkeiten gehorcht, wie die unbehinderte Ausbildung eines



Abb. 1: Veränderung des Verlandungsgefälles innerhalb einer Staffelung, Gimbach, 2017 (Foto: Bramberger)

Fig. 1: Variation of the slope of deposition within a series of check dams, Gimbach, 2017 (Photo: Bramberger).

Schwemmkegels. Das heißt, dass trotz der Einarbeitung durch Bergeinhänge und Sperrenbauwerke ein unveränderter Ausschnitt des frei ausgebildeten Schwemmkegels gebildet wird. Das Gefälle des Schwemmkegels und das Verlandungsprozent einer Sperre sind daher gleich groß, wenn sie unter den gleichen Bedingungen entstanden sind (Sieblinie, Geschiebeanteil, Zuflussgefälle). Man kann also vom Verlandungsgefälle des Schwemmkegels auf jenes der Sperre schließen (Hampel, 1968).

Das Verlandungsgefälle hängt in erster Linie vom Geschiebeanteil im Reinwasser ab, also nicht von den absoluten Mengen, in zweiter Linie von der Korngröße und erst in dritter Linie von der Zuflussgeschwindigkeit (Hampel, 1968).

Hampel (1982) entwirft auf Grundlage seiner Untersuchungen eine Formel für das Verlandungsgefälle auf alluvialen Strecken:

$$I_{\%} = 3,6 \cdot G^{0,42-0,4} \cdot d_m^{1,65} \quad \text{Gl. (1)}$$

mit $I_{\%}$ als Verlandungsgefälle, G als Geschiebeanteil am Reinwasserabfluss und d_m für das Mittelkorn. Eine Analyse des Einsatzbereichs dieser

Gleichung 1 für das Verlandungsgefälle in Abbildung 1 zeigt die Grenzen ($d_m < 0,15$ m) ihrer Anwendbarkeit auf.

Als Vergleichsbasis für die Betrachtungen der Erosionsprozesse insbesondere in den Sperrenkolken der Staffelung wird vorrangig auf die Forschungsarbeiten von Kotoulas (1971) und Zeller (1971) zurückgegriffen. Kotoulas (1971) entwickelte gängige Kolkgleichungen für den praktischen Gebrauch sowohl für den vollkommenen als auch den unvollkommenen Überfall.

Modellversuche

Die Modellversuche wurden im Versuchslabor des Instituts für Alpine Naturgefahren der Universität für Bodenkultur Wien durchgeführt. Sie bestehen im Wesentlichen aus einer im Maßstab 1:30 errichteten Sperrenstaffelung, die durch eine Pumpe mit Wasser und mittels Förderband mit Geschiebe kontrolliert beschickt werden kann. Das Rechteckgerinne wurde in regelmäßigen Abständen von Quereinbauten unterbrochen und wies eine Länge von 8,30 m, eine innere Breite

von 0,40 m und eine Höhe von 0,50 m auf. Die Neigung der Sohle verlief konstant mit 18 %, was den Verhältnissen in steileren Gerinnen entspricht. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden die Abstände der Quereinbauten über einen Versuchslauf konstant gehalten. Es wurden Versuche mit Sperrenabständen von 0,50 m mit 8 Sperren und von 1,00 m mit 4 Sperren bei gleicher Gerinnelänge durchgeführt. Die Sperrenhöhe wurde in der Regel so gewählt, dass es zu einer Überdeckung der jeweils dahinterliegenden Sperrenunterkante von 5,0 cm kam. Durch die Variation der Eingangsgrößen Geschiebemischung, Wassermenge, volumetrische Feststoffkonzentration, Sperrenhöhe und Sperrenabstand wurde die Einflussnahme möglichst vieler Parameter untersucht.

Die Versuche teilen sich in solche, bei denen die Verlandungsprozesse (Deposition) untersucht wurden (Geschiebeversuche) und in solche, bei denen die Erosionsprozesse behandelt wurden (Reinwasserversuche).

Für die Modellversuche wurde eine Materialmischung zusammengestellt, deren Zusammensetzung möglichst die Sieblinie eines typischen Wildbaches repräsentiert („Modellgeschiebemischung-Wildbach“, MMW). Als Grundlage dient eine am Institut für Alpine Naturgefahren erstellte Sieblinie, die sich aus Linienzahlanalysen mehrerer österreichischer Wildbäche zusammensetzt. Die so ermittelte Kornverteilungskurve mit einem mittleren Korndurchmesser von $d_m = 4,60$ mm ($d_m = 0,14$ m in der Natur) entspricht gewissermaßen der eines mittleren, maßstäblichen Wildbaches. In Ergänzung zu dieser Geschiebemischung werden auch Versuche mit einer sehr homogenen Sieblinie durchgeführt, einer Kantkornmischung mit einem überwiegenden Kornanteil zwischen 4,0 und 8,0 mm und einem mittleren Korndurchmesser von $d_m = 7,20$ mm, was einem $d_m = 0,22$ m in der Natur entspricht („Homogenkornmischung“, HKM).

Bei den durchgeführten Modellversuchen lag ein wesentliches Augenmerk auf der Variation der Feststoffanteile am Abfluss. Dieser Parameter, ausgedrückt als volumetrische Feststoffkonzentration C_v , berechnet sich nach Gleichung (2) und beschreibt den volumetrischen Anteil der Feststoffe im Wasser-Feststoffgemisch (Hübl 2007).

$$C_v = \frac{V_G}{V_w + V_G} \quad \text{Gl. (2)}$$

mit C_v als volumetrische Feststoffkonzentration, V_G als Geschiebefracht und V_w für die Wasserfracht. Die C_v wird bei den Modellversuchen in 6 unterschiedlichen Klassen variiert, damit sollen nach Hübl (2007) folgende Transportprozesse abgedeckt werden:

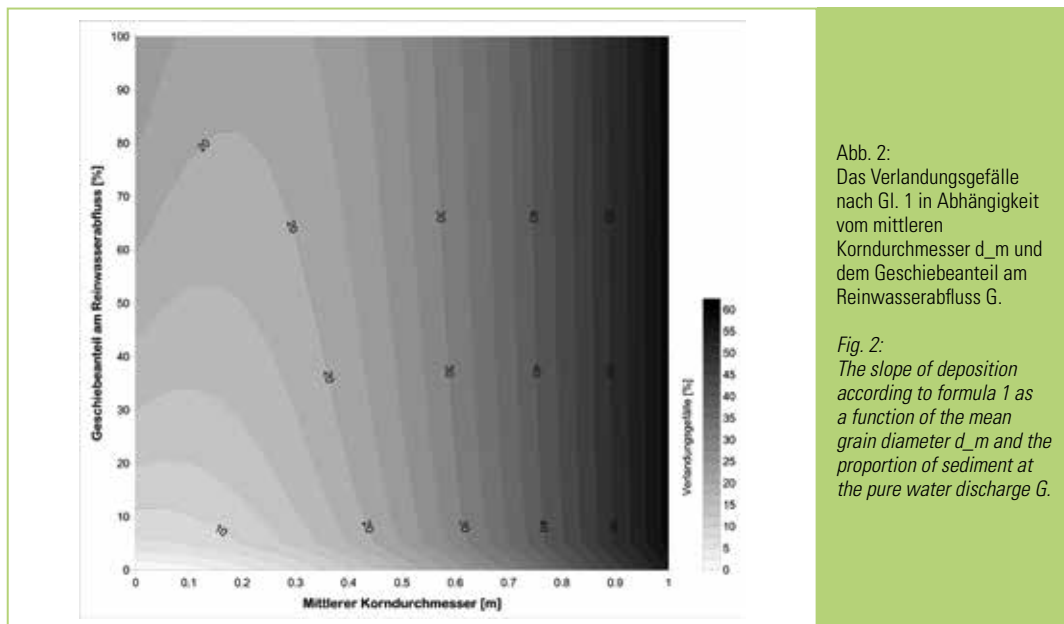
Hochwasser	$C_v = 0,00$ (Reinwasser) und $C_v = 0,05$
Fluviatiler Feststofftransport	$C_v = 0,10, 0,15$ und $0,20$
Murartiger Feststofftransport	$C_v = 0,30$

Die Reinwassermengen der Modellversuche (sowohl der Geschiebe- als auch der Reinwasserversuche) betragen 2,0 l/s, 3,0 l/s und 4,0 l/s, wobei 4,0 l/s etwa 20,0 m³/s in der Natur entsprechen.

Sowohl für die Reinwasserzugabe wie auch für die Feststoffbeschickung galten bei jedem Versuchsdurchlauf stationäre Verhältnisse. Das heißt, die jeweilige Zugabemenge wurde während eines Laufs konstant gehalten.

Bei einem Reinwasserversuch ($C_v = 0,00$) wurden die Ablagerungen eines vorhergehenden Geschiebe- oder Reinwasserversuchs eine Stunde lang mit einer stationären Reinwasserabflussmenge ohne Geschiebezugabe gespült.

Die Geschiebeablagerungen und -aus-



kolkungen aller auszuwertenden Modellversuche wurden zur weiteren Auswertung mittels Laserdistanzmessung aufgenommen und digitalisiert.

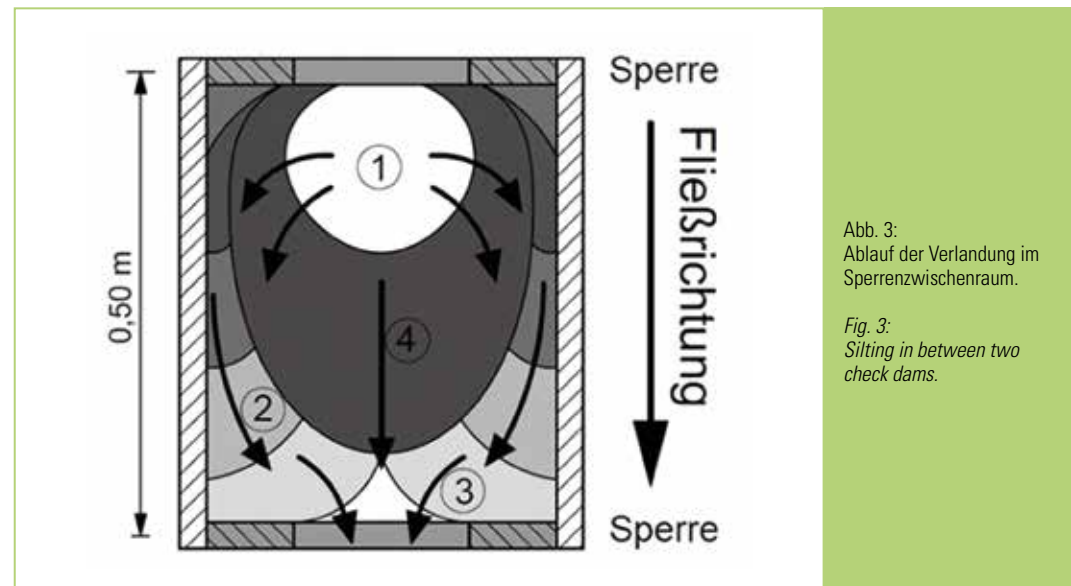
Geschiebeversuche

Die Verlandungsprozesse weisen im Großen und Ganzen eine gute Übereinstimmung mit den von Hampel (1968) beschriebenen Vorgängen der Sperrenverlandung auf.

Beim Verlandungsvorgang ist zwischen der Verlandung eines Sperrenzwischenraumes und der Verfüllung der obersten Sperre einer Staffelung zu unterscheiden. Während die Verfüllung des obersten Sperrenbauwerks meistens entlang einer Gerinneseite vonstattengeht, geschieht dies bei der Verlandung eines Sperrenzwischenraumes zunächst unter Bildung eines Primärkegels nach dem Überfall und setzt sich weiter fort durch das Entstehen zweier Seitenkegel entlang der Gerinnerränder (Abbildung 3). Zu bemerken ist, dass das ankommende Geschiebe stets vom bereits eingestauten Wasser gebremst wird und sich erst langsam in Richtung der jeweiligen Sperre vorbaut.

Gesondert sei auf den Einfluss der Großkomponenten der Sieblinie hingewiesen. Sie haben einen stark strömungslenkenden Einfluss und können ein Pendeln der Gerinneströmung verursachen. Weiters zeigen die Versuche, dass sich die größten Geschiebekomponenten vermehrt an der Hinterkante in der Mitte der Sperrenabflusssektion verkeilen und sammeln. Gemeinsam mit einem Ablenken der Strömung an die Gerinnerränder direkt nach dem Überfall, kommt es in der Regel zu einer konzentrierten Anströmung und damit einer besonderen Belastung und Über- bzw. Anströmung der Sperrenflügel.

Zur Ermittlung der Verlandungsgefälle werden drei Längsschnitte durch die Oberfläche der Sperrentreppe geführt, ein Schnitt durch die Mitte der Abflusssektionen und zwei Längsschnitte in 10,0 cm Abstand von den Gerinnerrändern. In jedem Verlandungsraum und für jeden Schnitt wird ein Bereich für das repräsentative Verlandungsgefälle festgelegt. Das bedeutet, dass nur die Bereiche, welche nach oben durch den Kolk und nach unten durch den Einflussbereich der Sperrenkrone begrenzt sind, für die weiteren Berechnungen herangezogen werden. Mit



diesem Vorgehen findet nur jener Verlandungsabschnitt Beachtung, welcher ein einheitliches, von anderen Erscheinungen (Kolk vor der Sperre, Verkeilung großer Komponenten an der Sperrenkrone, Geschwindigkeitserhöhung in der Abflusssektion, ...) unbeeinflusstes charakteristisches Gefälle aufweist.

Unter Verwendung der Modellgeschiebemischung-Wildbach wurden 21 Versuche mit unterschiedlicher Sperrenanzahl durchgeführt, wobei 329 Gefällswerte berechnet werden konnten. Modellversuche mit Homogenkornmischung beschränkten sich auf nur 4 Versuchsläufe, diese ergeben insgesamt 96 ausgewertete Gefällswerte.

Die Auswertungen hinsichtlich der variablen Versuchsparameter zeigen, dass sich das den Wasser- und Geschiebeverhältnissen entsprechende Verlandungsgefälle unabhängig vom Sperrenabstand und der Sperrenhöhe und den absoluten Mengen an Wasser und Geschiebe einstellt. Die beiden einflussreichsten Parameter in Bezug auf das Verlandungsgefälle sind die volumetrische Feststoffkonzentration und die Kornzusammensetzung. Im Mittel weisen die Verlandungsgefälle der HKM, bei gleicher volumetrischer Feststoffkonzentration im Bereich von 0,05 bis 0,20, ein um 4,6 % größeres Verlandungsgefälle als die der

MMW auf. Die Ursachen liegen in einem größeren mittleren Korndurchmesser und einem größeren Porenraum der Homogenkornmischung.

Der bedeutendste Parameter in Bezug auf das Verlandungsgefälle ist deshalb die volumetrische Feststoffkonzentration. Die Ergebnisse lassen in einem Bereich von $0,05 \leq C_v \leq 0,20$ auf eine lineare Entwicklung in der Verlandungsneigung schließen. Eine Steigerung der C_v um 0,10 bewirkt dabei eine Erhöhung der Verlandungsneigung um etwa 5 %, unabhängig von der Zusammensetzung der Geschiebemischung. Der Anstieg im Verlandungsgefälle in Abhängigkeit von der volumetrischen Feststoffkonzentration ist daher bei der Modellgeschiebemischung-Wildbach und der Homogenkornmischung beinahe gleich groß.

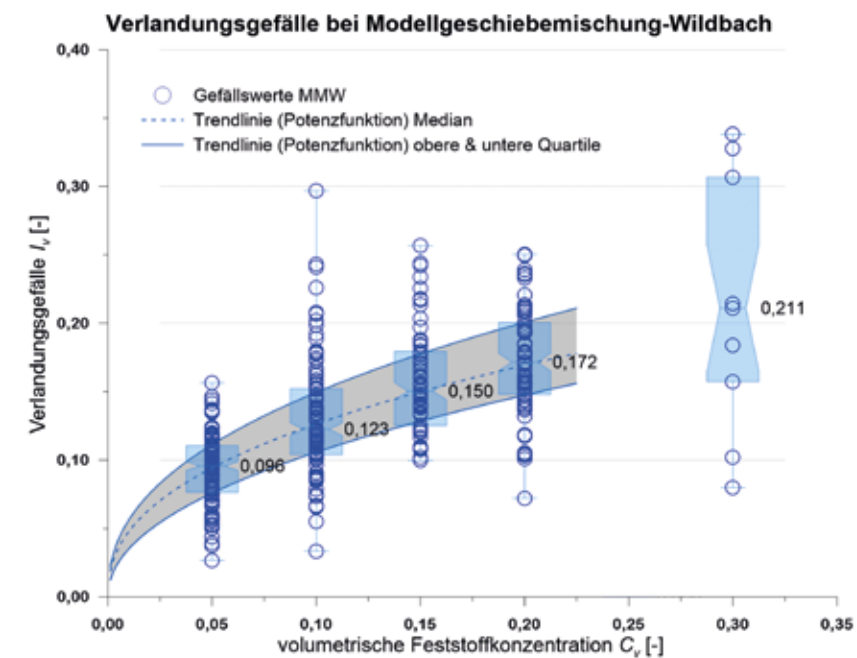


Abb. 4: Verlandungsgefälle der Modellgeschiebemischung-Wildbach in Abhängigkeit von der volumetrischen Feststoffkonzentration (329 Gefällswerte, davon 9 mit $C_v = 0,30$).

Fig. 4: Slope of deposition of the sediment mixture "torrent" in dependence of the volumetric sediment concentration (329 inclination values, 9 of them with $C_v = 0,30$).

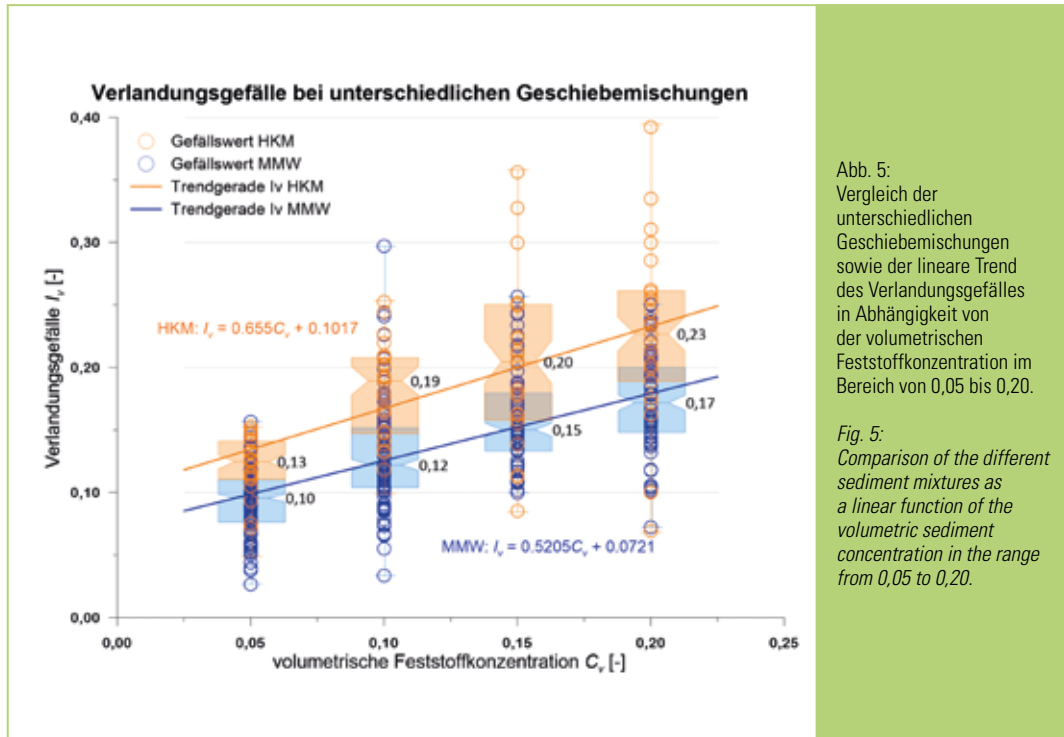


Abb. 5: Vergleich der unterschiedlichen Geschiebemischungen sowie der lineare Trend des Verlandungsgefälles in Abhängigkeit von der volumetrischen Feststoffkonzentration im Bereich von 0,05 bis 0,20.

Fig. 5: Comparison of the different sediment mixtures as a linear function of the volumetric sediment concentration in the range from 0,05 to 0,20.

Ein Vergleich der drei erhobenen Gefällswerte eines jeden Verlandungsraumes zeigt, dass sich mit steigender volumetrischer Feststoffkonzentration, der MMW ab $C_v = 0,15$ der Abfluss gleichmäßiger über den Querschnitt innerhalb der Staffelung verteilt und flächiger erfolgt. Ein anderes

Bild zeigen die Versuche mit der HKM. Je größer dabei die C_v ist, desto mehr streuen die Ergebnisse um einen Mittelwert im I_v , verursacht durch Rinnenbildungen und Verwerfungen innerhalb der Verlandungsräume.

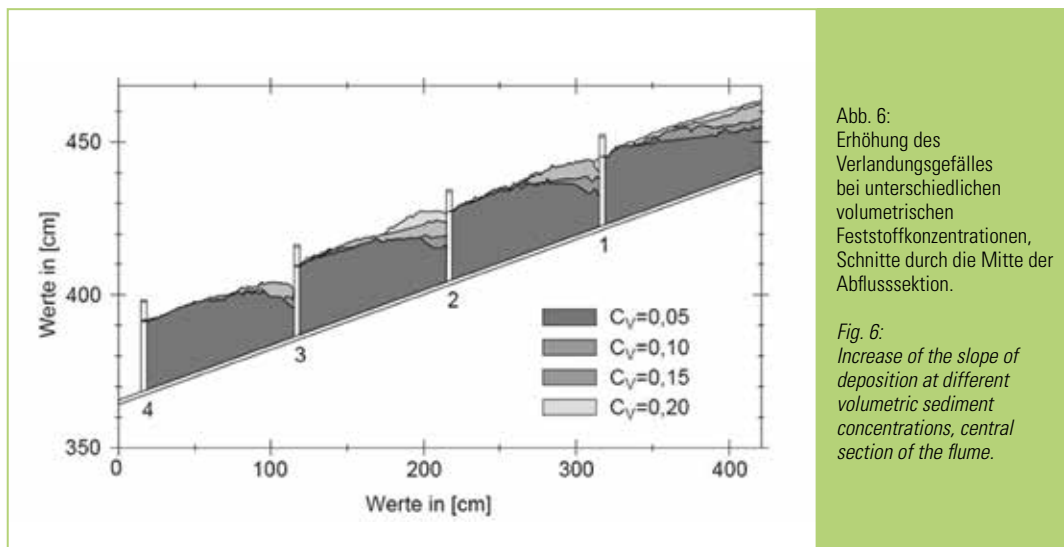


Abb. 6: Erhöhung des Verlandungsgefälles bei unterschiedlichen volumetrischen Feststoffkonzentrationen, Schnitte durch die Mitte der Abflusssektion.

Fig. 6: Increase of the slope of deposition at different volumetric sediment concentrations, central section of the flume.

Die Unterscheidung der Verlandungsneigungen nach den Verlandungsräumen entlang des Gerin-nelängsschnitts gibt Aufschluss über die Verände-rung des I_v vom obersten Sperrenraum bis zum untersten. Die Auswertungen ergeben eine grund-sätzliche Abnahme der Verlandungsneigung in orografischer Richtung innerhalb der Staffelung. Aufgrund der großen Schwankungen der Ergeb-nisse und der kurzen Staffelstrecke kann nur eine Abschätzung der Verlandungsentwicklung über die Länge gemacht werden. Die Gründe für die Abnahme des Verlandungsgefälles liegen aber wahrscheinlich nicht am Abrieb, wie Hampel (1988) vermutet, sondern an der durch die Staffe-lung bewirkten Geschiebesortierung, bei der der mittlere Korndurchmesser in orographischer Rich-tung abnimmt.

Für eine Auswertung der Verlandungs-volumina wurde das digitale Geländemodell von

den Ablagerungen der Modellversuche herange-zogen und für alle Verlandungsräume der Staffe-lung das Volumen über Nulldeckung berechnet. Berechnungsgegenstand ist also der Raum zwischen der Oberfläche des digitalen Geländemod-ells und einer gestuften Ebene aus den Horizont-alen der jeweiligen Sperrenhöhen. Eintiefungen unterhalb der Nulldeckung gehen als negative Werte in die Berechnung ein.

Das Speichervolumen bzw. der vorü-bergehende Geschieberückhalt steigt bei den Modellversuchen mit Sperrenabständen von 0,50 m und der MMW um durchschnittlich 15,6 % an, das sind bei einer Erhöhung der C_v um 0,05 ca. 0,008 m³ im Modell. Bei den Modell-versuchen mit Sperrenabständen von 1,00 m und der MMW beträgt der durchschnittliche Anstieg 33,7 %. Das entspricht bei einer Erhöhung der C_v um 0,05 einem Sedimentvolumen im Modell

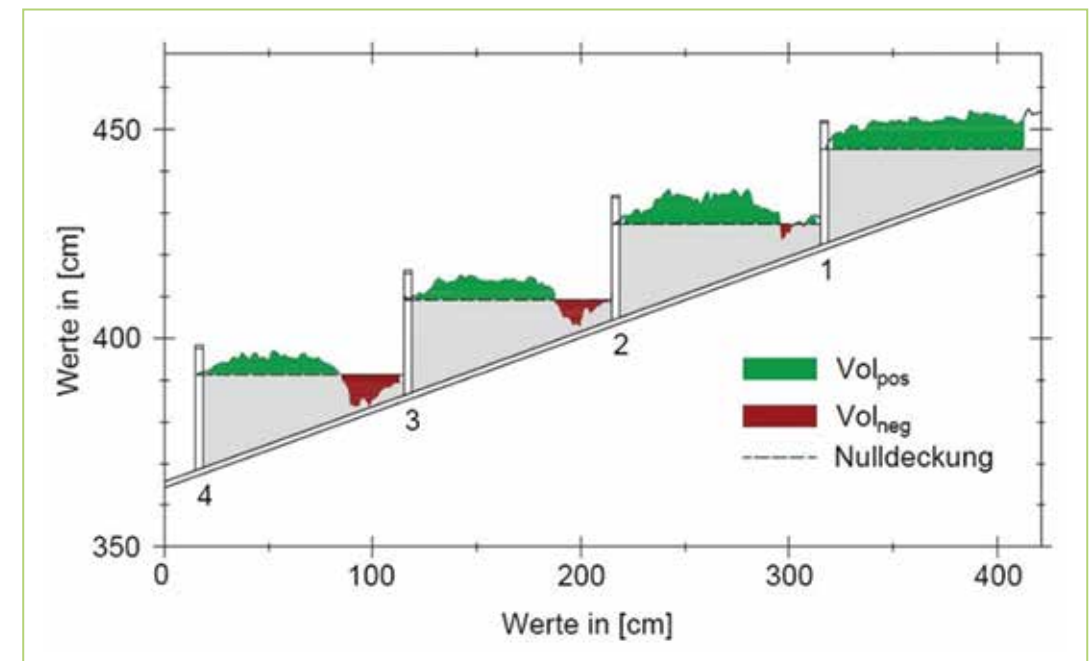


Abb. 7: Bestimmung des Nettovolumens bezogen auf die Nulldeckung bei Sperrenabständen von 1,00 m.

Fig. 7: Determination of the net volume related to the zero coverage at check dam distances of 1,00 m.

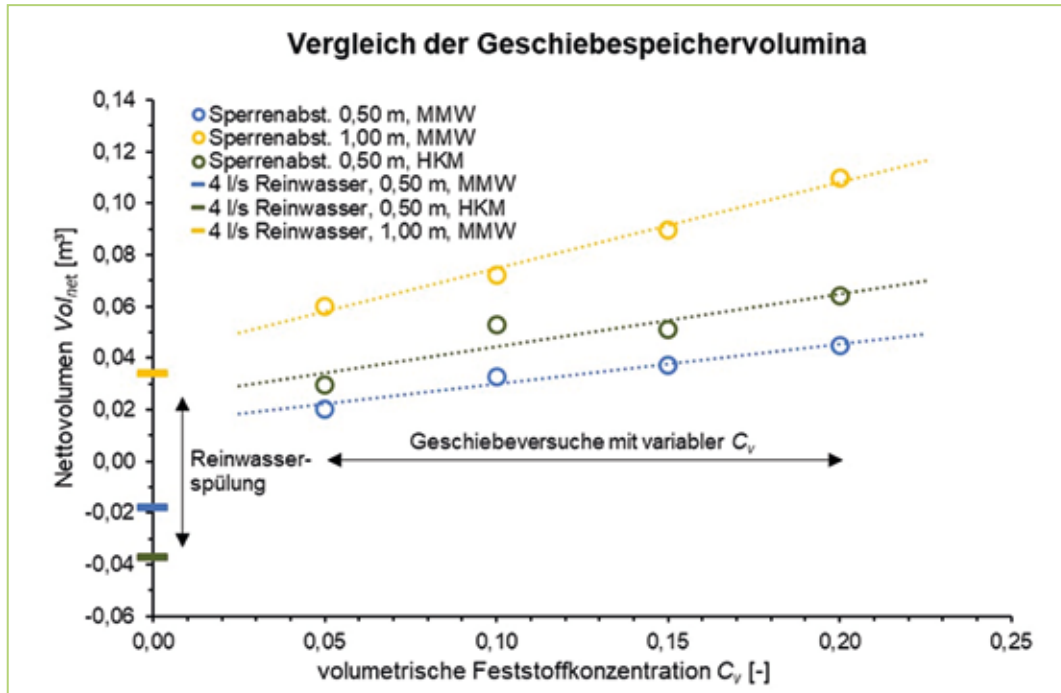


Abb. 8: Vergleich der Geschiebespeichervolumina nach Geschiebemischung, Sperrenabstand und den jeweils maximalen Reinwasserspülungsergebnissen.

Fig. 8: Comparison of the sediment storage volumes by sediment mixture, check dam distance and the maximum pure water discharges.

von rund $0,016 \text{ m}^3$. Das ist ein doppelt so großer Anstieg im Speichervolumen wie bei den Sperrenabständen mit $0,50 \text{ m}$. Analog zu den größeren Ablagerungsneigungen bei der HKM ergeben sich auch größere Ablagerungsvolumen, bei einer C_v -Erhöhung um $0,05$ ist bei sonst gleichen Ausgangssituationen mit um ca. $0,002 \text{ m}^3$ größeren Sedimentvolumen als bei der MMW zu rechnen. Der Speicherraumgewinn durch Reinwasserspülungen ist bei den Versuchen mit $0,50 \text{ m}$ Sperrenabständen besonders groß. Mangels Kolksschutz durch Großkomponenten in der Sieblinie ist der Geschiebespeichergewinn bei Verwendung der HKM besonders groß. Bei Sperrenabständen von $1,00 \text{ m}$ und MMW liegen die Geschiebevolumina nach Reinwasserspülungen im positiven Bereich, wodurch aufgrund der geringen Anzahl an Kolken nur wenig Speicherraum geschaffen wird.

Aus einer Analyse der Ablagerungsflächen und den Ergebnissen von Sieblinienanalysen zeigt sich, dass bei weniger und größeren Sperrenverlandungsräumen der sortierende Einfluss auf das Geschiebe geringer wird. Große Geschiebekomponenten sammeln sich dabei vermehrt in der Mitte der Sperrenkrone.

Reinwasserversuche

Das vorrangige Ziel der Reinwasser- bzw. Spülversuche besteht vor allem darin den Einfluss der Sperrenstaffelung auf die Kolkmaße zu untersuchen.

Die Bestimmung der Kolkabmessungen basiert auf den digitalen Geländemodellen. Um die Höheninformationen der Kolke, unabhängig von den Sperrenabständen des Versuches oder

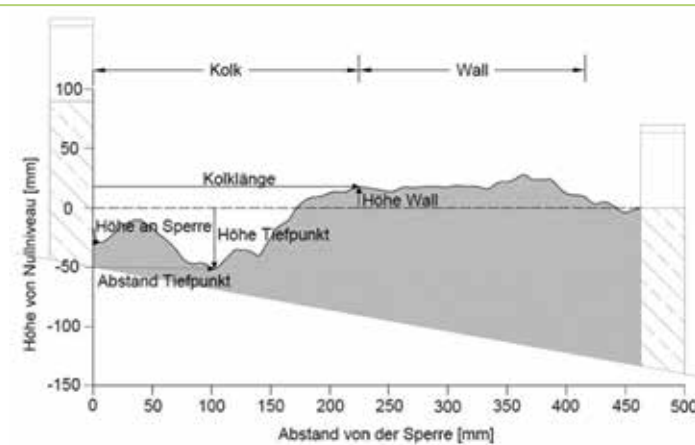


Abb. 9: Definierte Kolkabmessungen, Schnitt durch einen Verlandungsraum mit $0,5 \text{ m}$ Sperrenabstand.

Fig. 9: Defined pool dimensions, section through the deposits between two check dams of $0,5 \text{ m}$ distance.

der Lage des Kolkes in der Staffelung, miteinander vergleichbar zu machen, sind sämtliche Geländehöhen auf die Höhe der jeweiligen Nulldeckung bezogen.

Eine Auswertung der Reinwasserversuche mit dem Homogenkornmisch erscheint nicht sinnvoll. Sämtliche Kolke schlagen großflächig bis auf die Gerinnesohle durch und formen dadurch nicht frei ausgebildete, eingeschränkte Kolke aus. Es können sich aufgrund der engen Sieblinie keine Abpflasterungen im Sperrenkolk bilden. Die Abmessungen der Kolke im HKM überragen jene der MMW bei weitem.

Grundsätzlich zeigen die Modellversuche, dass der Kolk über die Staffelung hinweg (in orografischer Richtung) in

Staffelung hinweg (in orografischer Richtung) zu. Die Kolklänge ist der sich innerhalb der Staffelung am wenigsten von oben nach unten verändernde Parameter, hingegen steigt die Kolkbreite über die Staffelung hinweg am stärksten an. Die Kolktiefe jedoch, als Differenz der Höhen von Kolkwall und -tiefpunkt, ändert sich über die Staffelung praktisch nicht.

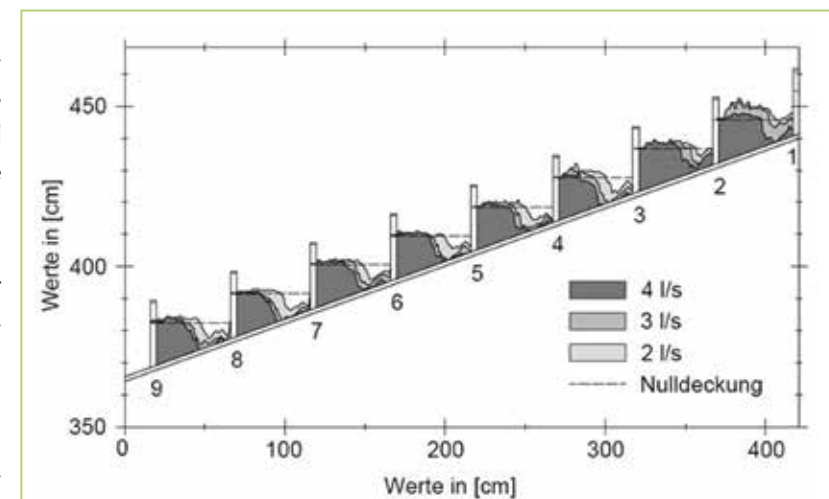


Abb. 10: Ablagerungen nach unterschiedlichen Spülwassermengen, Sperrenabstände $0,50 \text{ m}$

Fig. 10: The sediment deposits according to different flushing discharges, check dam distances $0,50 \text{ m}$

alle Richtungen größer wird. Der Effekt der Abpflasterung und damit der Widerstand des Sediments gegen den Wasserangriff, ist an das Vorhandensein großer Geschiebekomponenten gebunden. Da jedoch die Anzahl der großen Fraktionen innerhalb der Sperrenstaffel in orografischer Richtung abnimmt, nimmt auch die Größe der Kolke über die

Im Mittel bestehen keine besonderen Unterschiede in der Kolllänge von Sperrenabständen mit 0,50 m und 1,00 m. Gilt es beim Bau einer Sperrenstaffel den schädlichen Einfluss zu großer Kolkdimensionen zu vermeiden, so zeigen die Untersuchungen in Summe jedoch einen Vorteil von größeren Sperrenabständen bei gleicher Überdeckungshöhe auf:

- Die Höhe der Ablagerungen direkt an der Sperre ist deutlich größer und erreicht erst bei Abflüssen von 4 l/s das Nullniveau, während das bei Versuchen mit 0,5 m Sperrenabständen immer der Fall ist.
- Bei Sperrenabständen von 1,00 m reichen die Kolke, wenn überhaupt, nur geringfügig unter das Nullniveau.
- Die Breitenausdehnung auf Nullniveau des Kolkes liegt im Mittel unter der des enger gestaffelten Modellaufbaus.

Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse der Modellversuche mit nach Kotoulas (1971) berechneten Kolkparametern ergibt nur bedingt vergleichbare Ergebnisse. Es zeigt sich jedoch, dass die Verwendung der empfohlenen Kolkkonstanten für den vollkommenen oder den unvollkommenen Überfall keine zuverlässigen Ergebnisse für den Übergangsbereich liefern. Durch die Spülversuche wird deutlich, dass es gerade bei stark verlandeten Sperrenstaffelungen zu einem Übergang vom unvollkommenen Überfall zum vollkommenen Überfall kommt. Dieser Wechsel der Überfallsart im Zuge der Auskolkungen schlägt sich auf die Kolkformung nieder. Durch eine Anpassung der Kolkkonstanten nach Kotoulas (1971) kann auf eine derartige Veränderung im Überfallsverhalten eingegangen werden.

Q [l/s]	Sp.Abst. [m]	Vorversuch (Spülung/ Ablagerung)	Kolklänge [mm]	Abstand Tiefp. [mm]	Höhe Tiefp. [mm]	Höhe Wall [mm]	Kolk-tiefe [mm]	Höhe an Sperre [mm]	Kolkbreite [mm]
2,0	0,50	$C_v=0,10$	185	109	-42	13	56	-27	241
2,0	1,00	$C_v=0,10$	184	126	-12	55	68	29	46
2,0	1,00	$C_v=0,20$	209	134	-12	44	56	15	74
3,0	0,50	Q=2 l/s	231	133	-71	8	78	-36	337
4,0	0,50	Q=3 l/s	270	146	-80	0	80	-46	374
4,0	1,00	Q=2 l/s	290	180	-62	32	94	-7	247
4,0	1,00	$C_v=0,15$	295	171	-69	29	97	-11	261
4,0	0,50	$C_v=0,20$	306	169	-86	-2	84	-49	390

Tab. 1: Mittlere Kolkabmessungen der Reinwasserversuche bei verschiedenen Spülwassermengen, Sperrenabständen und Ausgangssituationen (Spülung/ Ablagerung)

Tab. 1: Mean pool dimensions as a result of the pure water flushing at different discharge rates, check dam distances and initial situations (flushing / deposition)

Diskussion

Im Zuge der Modellversuche wurde die Gerinneneigung nicht verändert. Aus einer derartigen Veränderung sollten sich allerdings ohnehin höchstens geringfügige Änderungen an der Ablagerungsneigung der obersten Sperre ergeben. Alle anderen Verlandungsneigungen dürften davon aber weitestgehend unbeeinflusst bleiben.

Die Ergebnisse hinsichtlich der Verlandungsprozesse von Sperrenstaffelungen unterstreichen im Großteil die Resultate der Sperrenverlandungsversuche Hampels (1968). Ein Vergleich mit den Ergebnissen Hampels (1968) zeigt jedoch Abweichungen. Während er bei einer Erhöhung des Geschiebeanteils G im Abfluss von 7 % mit einer Zunahme des Verlandungsprozentes um 1 % rechnet, ergeben die vorliegenden Untersuchungen einen Anstieg um 2,7 %. Die Verteilung der Messwerte insbesondere der 329 gemessenen Gefällswerte (aus 21 Modellversuchen) der MMW deuten auf recht zuverlässige Resultate hin. Auch der durchgeführte Versuch mit einer $C_v = 0,30$ und neun gemessenen Gefällswerten bestätigt trotz der größeren Abweichungen vom Mittelwert die lineare Beziehung von Verlandungsgefälle und volumetrischer Geschiebekonzentration. Gründe für die Abweichung von den Ergebnissen Hampels (1968) könnten in grundlegenden Unterschieden in der Versuchsdurchführung liegen. Unterschiede in der Kornzusammensetzung sollten sich jedenfalls, wie erwähnt, nicht auf den Anstieg des Verlandungsgefälles mit zunehmender Feststoffkonzentration auswirken.

Zusammenfassend können aus den Untersuchungen praktische Empfehlungen für den Bau von Sperrenstaffelungen gegeben werden:

- Errichtung von Sperrenbauwerken gegen die Fließrichtung und Abwarten der Verlandung bzw. Anschütten des Sperrenraumes, um den natürlichen Kolkenschutz

durch Auflandung ausnützen zu können und eine Ablagerung von größeren Fraktionen in den unteren Sperrenräumen zu ermöglichen.

- Ausführung der Sperrenflügel mit größerem Anzug und größerer Höhe bei den oberen Sperren der Staffelung, um das Überströmen der Sperrenflügel aufgrund der unkontrollierten, pendelnden Anströmung in den oberen Sperrenräumen zu verhindern.
- Ausrundung bzw. Abflachung der Sperrenabflusssektionen an der Hinterkante, um eine Ansammlung größerer Gesteinsblöcke zu vermeiden.
- Tiefere Fundierung der Querbauwerke in dolomitisches geprägten Einzugsgebieten bzw. Einzugsgebieten mit einer homogenen Kornverteilung, um einer Auskolkung des Sperrenfundaments mangels Deckschicht vorzubeugen.
- Größere Überdeckung bzw. tiefere Gründung des Fundaments bei den unteren Sperren und ein Abnehmen in der Überdeckung bei den oberen Sperren, da die Kolkdimensionen von oben nach unten hin zunehmen.
- Breitere Ausführung des Kolkschutzes bei den unteren Sperren einer Staffelung, wegen der zunehmenden Kolkbreite von oben nach unten.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Johannes Bramberger
 Universität für Bodenkultur Wien
 Department Bautechnik und Naturgefahren
 Institut für Alpine Naturgefahren
 Peter Jordan Str. 82, 1190 Wien
 johannes.bramberger@students.boku.ac.at

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Johannes Hübl
 Universität für Bodenkultur Wien
 Department Bautechnik und Naturgefahren
 Institut für Alpine Naturgefahren
 Peter Jordan Str. 82, 1190 Wien
 johannes.huebl@boku.ac.at

Literatur / References:

BERGMEISTER K., SUDA, J.; HÜBL, J.; RUDOLF-MIKLAU F. (2009).
 Schutzbauwerke gegen Wildbachgefahren. Grundlagen, Entwurf und
 Bemessung, Beispiele. Berlin: Ernst & Sohn. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1002/9783433600283>.

HABERSACK, H. (2009).
 Feststoffhaushalt, Flussmorphologie, ökologischer Zustand und Hochwas-
 serschutz. Wien (Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan). Online ver-
 fügbar unter https://www.bmlfuw.gv.at/dam/jcr:fa213e49.../feststoffhaus- halt_Habersack2009.pdf, zuletzt aktualisiert am 14.01.2018.

HAMPEL, R. (1968).
 Geschiebeablagerung in Wildbächendargestellt in Modellversuchen. Teil 1. In: Wildbach- und Lawinenverbau 32 (1), S. 1–37.

HAMPEL, R. (1975).
 Bedeutung wechselnder Geschiebebelastung für Geschiebebilanzen der
 Wildbachverbauung. In: Interpraevent (2), S. 65–71.

HAMPEL, R. (1982).
 Ausmaß und Bekämpfung von Wildbachkatastrophen. In: Wildbach- und
 Lawinenverbau 46 (1), S. 1–49.

HAMPEL, R. (1988).
 Verbesserung der Formel für den Geschiebetrieb in Wildbächen. In: Wild-
 bach- und Lawinenverbau 52 (108), S. 65–67.

HÜBL, J. (2007).
 Abschätzung von Spitzenabflüssen in Wildbächen unter Anwendung eines
 Intensitätsfaktors. unveröffentlicht.

KOTOULAS, D. (1971).
 Bemerkungen zur Hydraulik des Sperrenkolks. In: Mitteilung der forstli-
 chen Bundesversuchsanstalt Wien (102), S. 173–196.

STRELE, G. (1950).
 Grundriß der Wildbach- und Lawinenverbauung. 2. Aufl. Wien: Springer-
 Verlag.

Die ISSW - International Snow Science Workshop -
 ist die weltweit größte Fachkonferenz
 zum Thema Schnee und Lawinen.

save
 the
 date!

October 07-12
ISSW
2018
 INNSBRUCK

Ihr Erfolg liegt im Motto:

„Forschung für die Praxis - Praxis für die Forschung“

Rund 1.000 lokale, nationale und internationale Teilnehmer aus
 Wissenschaft und Praxis werden auf der ISSW2018 erwartet.

Im thematischen Fokus liegen aktuelle Erkenntnisse aus
 der Wissenschaft, Erfahrungsberichte aus der Praxis und
 innovative Technologien auf internationalem Niveau.

Zu den generellen Themen zählen Lawinenwarnung und
 -dynamik, Schneekunde und -management, Bergrettung
 und -führung, Ingenieurspraxis und Risikomanagement.

Die Spezialthemen „Integrale Ingenieurösungen“,
 „25 Jahre Lawinengefahrenskala“ und „IT im Schnee“
 rücken bei der ISSW2018 in den Vordergrund.

Für weitere Informationen

click: www.issw2018.com

like: ISSW 2018 - International Snow Science Workshop

Einreichung Beiträge (Short Abstracts): Januar 2018

Registrierung: April 2018

Veranstaltungsort: Congress Innsbruck

organized by:



presented by:



**ERDBAU
 RAM**

A-6274 Aschau, Kohlerweg 4, Telefon & Fax 05282 . 3372, Mobil 0664 . 5403046, e-mail: erdbewegung.ram@aon.at

MICHELE LARCHER, ARONNE ARMANINI

Schlitzsperrn zur hydrodynamischen Kontrolle der Sedimente

Slit-check dams for the hydrodynamic control of sediments

Zusammenfassung:

Der Klimawandel verursacht einen Häufigkeitsanstieg extremer meteorologischer Niederschläge und verschärft die Probleme, die mit der hydrogeologischen und hydraulischen Gefahr verbunden sind. Somit erweist es sich als besonders wichtig, gezielte Prozeduren für kostengünstigere und nachhaltigere Lösungen zu entwickeln, die gleichzeitig die Sicherheit gewährleisten können. In diesem Beitrag wird eine rationale Methode vorgestellt, um eine ideale Geometrie von Schlitzsperrn zu bestimmen, die die gewünschte Geschiebeablagerung verursachen und die dosierende und filtrierende Funktion optimieren kann.

Stichwörter:

Schlitzsperrn, Geschiebetransport, Transportprozesse, Ablagerungsprozesse

Abstract:

Climate change causes an increment of the frequency of extreme meteorological precipitations and, as consequence, of the problems related with hydrogeological and hydraulic hazard. For this reason, it is particularly important to develop procedures for the design of affordable and sustainable solutions, which can guarantee safety. This contribution presents a rational method for the identification of the ideal geometry of slit check-dams, which can induce a desired sediment deposition and optimize the

Keywords:

Slit-check dam, sediment transport, transport processes, deposition processes

Einleitung

Murgänge sind paroxysmale Ereignisse, die neben Wasser in sehr kurzer Zeit große Mengen an Sedimenten mobilisieren, die möglicherweise die Kapazität der bestehenden Wildbachverbauungen übersteigen (Armanini et al. 2005; Berzi et al. 2010). In dieser Hinsicht kann der Einfluss des Klimawandels nicht ignoriert werden (Abera et al. 2015). In den meisten urbanisierten Gebieten, die in der Regel am anfälligsten sind, gibt es nämlich oft nicht genug Raum, für einen Ausbau der Gerinne, der in der Lage wäre, extreme Strömungen ohne Überlaufen abführen zu können. Diese und ähnliche Probleme entstehen nicht nur wegen Muren, sondern auch bei intensivem Geschiebetransport, der oft auch bei Niederschlägen kleinerer Wiederkehrzeiten stattfinden kann.

Die wahrscheinlich einfachste, kostengünstigste und nachhaltigste Lösung, um die Sicherheit zu gewährleisten, besteht darin, die Spitzenausträge von Sedimenten zu reduzieren, indem Retentionsbecken stromaufwärts der Siedlungen, im Idealfall jedoch stromaufwärts der Schwemmfächer, geschaffen werden. Dadurch wird ein reduzierter Gerinneausbau möglich, der sich mit den durch die Urbanisierung bedingten Einschränkungen gut vereinbaren lässt. Die allgemeine Idee besteht darin, einen Teil der trans-

portierten Sedimente während der akuten Phase des Hochwassers zu speichern und sie in einer nachfolgenden Phase oder während geringer Strömungen freizusetzen. Dieser Effekt, der im Allgemeinen als Dosierung definiert ist, sollte unter idealen Bedingungen mit der Filterung des Geschiebes kombiniert werden, d.h. grobe Feststoffkomponenten, wie Blöcke und Steine, sollten selektiv zurückgehalten werden, während das Durchdriften feiner Komponenten unbehindert stattfinden kann.

Hydrodynamischer Effekt der Schlitzsperrn

Zu diesem Zweck und zur Spitzenwertreduzierung des Geschiebetransportes sind entsprechend konstruierte Sperrnbauwerke erforderlich. Diese sollen in der Lage sein, nur in den spezifischen Fällen, in denen der Volumenstrom einen Auslegungsschwellenwert überschreitet, eine signifikante Deposition zu verursachen. Ein korrekter Entwurf der Wildbachsperrn erweist sich als entscheidend, um zu einer Sedimentation sowohl in der richtigen Menge als auch zum richtigen Zeitpunkt zu führen: Eine zu frühe Retention könnte das Volumen füllen, bevor der maximale Durchfluss erreicht wird, wie es bei den meisten geschlossenen Sperrn geschieht; bei einer zu schwachen Retention wäre hingegen nicht



Abb. 1: Beispiele von Schlitzsperrn ohne (links) und mit (rechts) Murbrecher (Armanini & Larcher, 2001).

Fig. 1: Examples of slit-check dams without (left) and with (right) debris flow breaker (Armanini & Larcher, 2001).

das gesamte verfügbare Volumen ausgenutzt. In beiden Fällen würde jedoch der Unterlaufausbau möglicherweise nicht ausreichen, um die gesamte Strömung durchfließen zu lassen. Dies würde die Sicherheit der Siedlung gefährden und könnte zu Überschwemmungen führen. Um dies zu vermeiden, schlagen wir die Verwendung von Schlitzsperrn vor, deren Wirksamkeit für den Geschiebetransport bereits nachgewiesen wurde (Armanini & Larcher, 2001).

Vollwandsperrn sollte man zu diesem Zweck vermeiden, weil sich das Ablagerungsgebiet auch bei kleineren Niederschlägen füllen könnte. Wenn diese Bauwerke nicht periodisch mit Maschinen entleert werden, könnte im Fall von tatsächlichem Bedarf nur ein eingeschränkter Effekt eintreten. Gittersperrn verhalten sich häufig in ähnlicher Weise, weil die groben Feststoffkomponenten, u.a. Schwemmholz, große Steine und Blöcke, das Verstopfen des Gitters verursachen können.

Die Wildbachsperrn, und dazu zählen auch die Schlitzsperrn, sind heutzutage leider oft nur auf der Grundlage der Erfahrung des Planers entworfen. Außerdem wird oft angenommen, dass die Filterwirkung von offenen Sperrn nur durch ein mechanisches Sieb ausgeübt wird, während bewiesen wurde, dass die Retention des festen Materials eher auf einen hydrodynamischen Effekt zurückzuführen ist, der durch die Verengung des Querschnitts verursacht wird (Armanini & Larcher, 2001; Busnelli, Stelling & Larcher, 2001, 2002). Wenn korrekt entworfen, kann die Gerinneverengung tatsächlich einen Fließwechsel von einem schießenden zu einem strömenden Abfluss durch einen hydraulischen Sprung verursachen. Dadurch werden die Abflussgeschwindigkeit und die Transportkapazität reduziert und die Höhe des Flussbettes wird erhöht, indem ein Großteil des Geschiebes stromaufwärts von der Schlitz-

sperre abgelagert wird (Abbildung 2). Zusätzlich wird ein Filterungseffekt gewährleistet, da die Geschwindigkeit sich in Stromrichtung zunehmend reduziert: Die größeren Sedimente werden in einem größeren Abstand von der Sperre abgelagert, während die feineren ungehindert durchdriften können. Bei mechanischen Sieben (e.g. Gittersperrn) findet hingegen die Ablagerung direkt in der Nähe der Sperre statt und erhöht dadurch die Wahrscheinlichkeit einer Verklauung oder Sperrung.

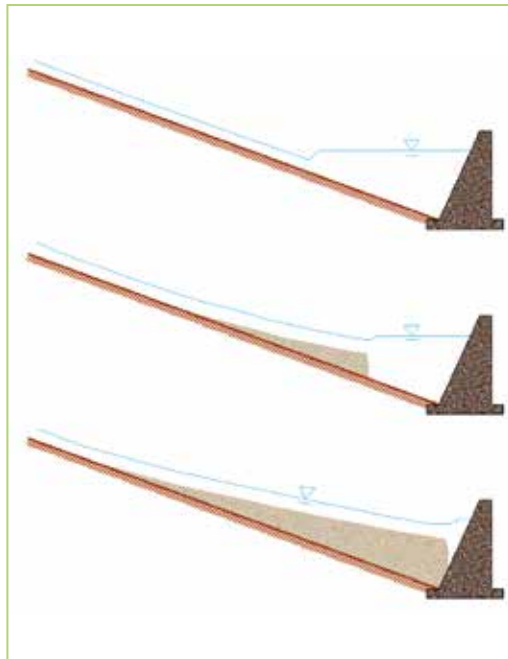


Abb. 2: Ablagerungsprozess bei einer Schlitzsperre: die Gerinneverengung verursacht einen hydraulischen Sprung und die Reduzierung der Abflussgeschwindigkeit und der Transportkapazität.

Fig. 2: Deposition process upstream of a slit check-dam: the width reduction causes a hydraulic jump and the reduction of the flow velocity and of the transport capacity.

Die neue Neigung, i_u , des Flussbettes kann man mit Hilfe einer Geschiebetransport-Formel berechnen. Im Folgenden wird zum Beispiel die Meyer-Peter und Müller (1948) Formel benützt, die zur folgenden Gleichung führt:

$$i_u = \frac{cB}{Q} \left[\chi_{\alpha} DD + \left(\frac{1}{8} \frac{Q_s D}{B \sqrt{g}} \right)^{2/3} \right]^{3/2} \quad \text{Gl. (1)}$$

wobei χ der Chezy Reibungskoeffizient, B die Breite des Gerinnes, Q der Wasserdurchfluss, Q_s der Geschiebedurchfluss, D der Geschiebedurchmesser, g die Gravitationsbeschleunigung, $\vartheta_{cr} = 0.047$ der kritische Shields-Parameter, $\Delta = (\rho_s - \rho)/\rho$ die relative Geschiebedichte, ρ_s die Geschiebedichte und ρ die Wasserdichte sind.

Die Schlitzbreite, b , soll ausreichend eng sein, um den Fließwechsel zu einem strömenden Abfluss zu ermöglichen. Zu diesem Punkt wäre der Durchfluss in der Öffnung ohne Geschiebetransport im kritischen Bereich, e.g. bei einer Froude-Zahl $Fr = 1$. Dieselbe Kondition kann auch mit Geschiebetransport stattfinden, aber unter der Bedingung, dass die kritische Geschwindigkeit in der Öffnung grösser als die Transportgeschwindigkeit ist, d.h. die Geschwindigkeit die notwendig ist, um den ganzen von stromaufwärts kommenden Geschiebetransport durchfließen zu lassen. Das ist möglich, wenn die Schlitzbreite eng genug ist und deswegen wird diese Bedingung enger Schlitz benannt. Die Transportgeschwindigkeit in der Verengung kann durch eine Geschiebetransport Formel (e.g. Meyer-Peter und Müller, 1948) berechnet werden.

Wenn hingegen die kritische Geschwindigkeit in der Öffnung kleiner als die Transportgeschwindigkeit ist, was bei einem relativ breitem Schlitz geschehen kann, soll die Geschwindigkeit im Schlitz im schießenden Bereich, $Fr > 1$, sein.

Für breite Schlitz ermöglicht die Benützung der Massenerhaltung für Wasser und Geschiebe und einer Energiebilanz an der Wende der Sperre einen mathematischen Ausdruck, um die Höhe der Geschiebeablagerung, Δz_u , in der Nähe der Schlitzsperre zu erhalten:

$$\frac{\Delta z_u}{h_u} = \frac{R}{\sqrt{R^{2k} + (1 - R^{2k}) \frac{F_u^2}{\vartheta_u}}} - 1 + \frac{F_u^2}{2} \left\{ (1 - R^{2k}) \left(\frac{F_u^2}{\vartheta_u} - 1 \right) + DE \right\} \quad \text{Gl. (2)}$$

wo h_u die Strömungstiefe auf der Ablagerung, $R = B/b$ der Kontraktionskoeffizient, ϑ_u der Shields-Parameter auf der Ablagerung, F_u die Froude-Zahl auf der Ablagerung, DE die plötzlichen Energieverluste als Konsequenz der Querschnittserweiterung (Borda, 1779) bei der Sperre sind.

$$h_u = \left(\frac{Q}{B_c i_u} \right)^{2/3} \quad \text{Gl. (3)}$$

$$DE = \left[1 - \frac{2}{3} (F_u R)^{-2/3} \right]^2 \quad \text{Gl. (4)}$$

DE wird von der Gl. (4) geliefert, während der Parameter k bei normalem Geschiebetransport als $k = 3/2$ genommen werden kann (Meyer-Peter und Müller, 1948); bei sehr steilen Wildbächen und sehr intensivem Geschiebetransport sollte hingegen k kalibriert werden. Bei sehr intensivem Geschiebetransport, i.e. $\vartheta \gg \vartheta_{cr}$, kann Gl. (2) vereinfacht werden:

$$\frac{\Delta z_u}{h_u} = R^{2k-1} - 1 + \frac{F_u^2}{2} \left\{ (R^{2k} - 1) + DE \right\} \quad \text{Gl. (5)}$$

Hingegen, bei einem geringen Geschiebetransport, i.e. wenn $\vartheta \approx \vartheta_{cr}$, erhält man:

$$\frac{\Delta z_u}{h_u} = R - 1 \quad \text{Gl. (6)}$$

Für enge Schlitz wird die Höhe der Geschiebeablagerung durch die Massenerhaltung für die Flüssigkeit, eine Energiebilanz an der Wende der Sperre und die Auferlegung von $Fr = 1$ im Schlitz ermöglicht:

$$\frac{\Delta z_u}{h_u} = \frac{3}{2} (F_u R)^{2/3} - 1 - \frac{F_u^2}{2} \left\{ 1 - \left[1 - \frac{2}{3} (F_u R)^{-2/3} \right]^2 \right\} \quad \text{Gl. (7)}$$

Die Unterscheidung zwischen engen und breiten Schlitzten basiert selbstverständlich nicht auf rein geometrische Prinzipien, sondern wird von den Abflussbedingungen bestimmt. In der Abbildung 3 werden die verschiedenen Formeln verglichen und man kann sehen, wie die vereinfachte Gl. (6) unter mehreren Bedingungen als eine gute Approximation betrachtet werden kann.

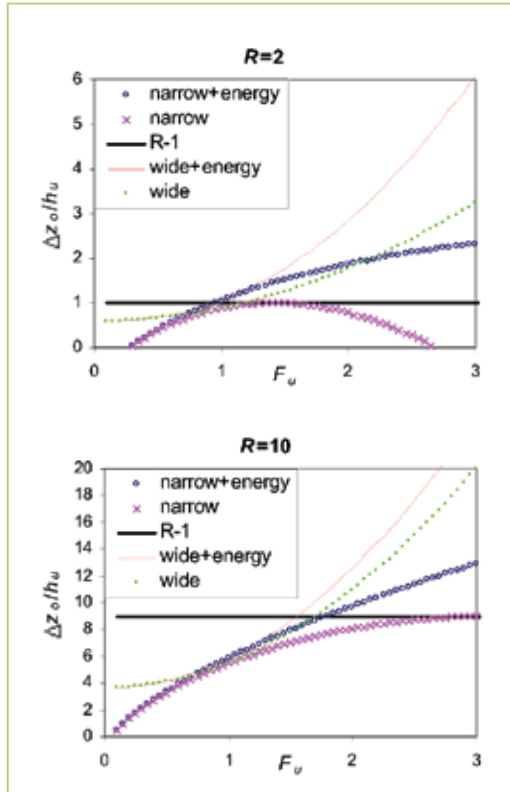


Abb. 3: Vergleich der Ablagerungshöhen, Δz_0 , berechnet mit Gl. (2), wide + energy, mit Gl. (2) und $\Delta E = 0$ wenn die plötzlichen Energieverluste vernachlässigt sind, wide, mit Gl. (6), $R - 1$, mit Gl. (7), narrow + energy, und mit Gl. (7) und $\Delta E = 0$ wenn die plötzlichen Energieverluste vernachlässigt sind, narrow. Der Vergleich wird für zwei mögliche Kontraktionskoeffizienten gezeigt: $R = 2$ (oben) und $R = 10$ (unten).

Fig. 3: Comparison of the deposition depth Δz_0 , evaluated through Gl. (2), wide + energy, through Gl. (2) with $\Delta E = 0$ when the energy loss is neglected, wide, through Gl. (6), $R - 1$, through Gl. (7), narrow + energy, and through Gl. (7) with $\Delta E = 0$ when the energy loss is neglected, narrow. The comparison is shown for two possible contraction ratios: $R = 2$ (upper panel) and $R = 10$ (lower panel).

Auch im Falle eines Murganges ist es durch geeignete Ausgewogenheit von flüssiger und fester Masse und Energie möglich, ein rationales Kriterium zum Entwerfen der Breite des Schlitzes zu erhalten, um eine gewünschte Sedimentablagerung für einen gegebenen Designdurchfluss zu bestimmen (Abbildung 4). Auf diese Weise kann die Verwendung der Retentionsbecken verbessert werden, um die Verringerung des Spitzentransports zu maximieren. Laborexperimente unter stationären Bedingungen wurden an der Universität Trient durchgeführt und bestätigen eine gute Übereinstimmung mit den Annahmen der Theorie.



Abb. 4: Laborexperimente zur Ablagerung einer Mure bei einem Kontraktionskoeffizient $R = 10$ (oben) und $R = 2.5$ (unten). Wasserdurchfluss und Geschiebedurchfluss sind in beiden Experimenten gleich.

Fig. 4: Laboratory experiments of the deposition of a debris flow for a contraction ratio $R = 10$ (upper panel) and $R = 2.5$ (lower panel). Water and solid discharge are equal for both experiments.

Wie auch beim Geschiebetransport, ist die durch Schwemmholtztransport verursachte Verstopfung das Hauptproblem für die Betriebssicherheit dieser Schutzbauwerke und muss daher weiter untersucht werden (e.g. durch den von der Europäischen Kommission geförderten Water Works 2014 ERANET Forschungsprojekt STEEP STREAMS - <https://sites.google.com/a/g.unitn.it/steepstreams/home>).

Schlussfolgerungen

Schlitzsperrn sind ein effizientes System zur hydrodynamischen Kontrolle von Sedimenten in Wildbächen und haben zugleich dosierende und filternde Funktion. Durch eine Analyse, die auf Bilanzen der Masse für das Wasser und das Geschiebe und der Energie für die Strömung basiert sind, wurde eine rationale Methode vorgestellt, um die Breite der Schlitzes zu entwerfen, die die gewünschte Höhe der Ablagerung verursachen kann.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Prof. Michele Larcher
Freie Universität Bozen
Fakultät für Naturwissenschaften und Technik
Universitätsplatz 5
IT-39100 Bozen
michele.larcher@unibz.it

Prof. Aronne Armanini
University of Trento
Department of Civil, Environmental and Mechanical Engineering and CUDAM
via Mesiano 77,
IT-38123 Trento
aronne.armanini@unitn.it

Literatur / References:

- ARMANINI A., LARCHER M. (2001). Rational criterion for designing opening of slit check dam. Journal of Hydraulic Engineering 127: 94-104.
- ARMANINI A., FRACCAROLLO L., LARCHER M. (2005). Debris Flow. Encyclopedia of Hydrological Sciences, M. G. Anderson Editor. John Wiley & Sons, Chapter 142, Vol. 4(12), 2173-2186.
- ABERA W., BANCHERI M., BELLIN A., BOZZINI E., CONCINI N., FRACASSO A., FRACCAROLLO L., GENELETTI D., GIOVANNINI L., LAITI L., LARCHER M., MAJONE B., MENINNO S., NUCCI E., PERTILE M., PICCOLROAZ S., ROSATTI G., SANSONE E., SARTORI M., TOMASI E., TORO M., ZARDI D., ZORZI N., ZUGLIANI D., SCHIAVO S., RIGON R. (2015). Anticipating the impact of climatic changes on future availability of water resources and hydro-geological risks: an overview from the project CLIMAWARE". UNESCO 1st International Conference on Anticipation, Trento, 5-7 November 2015.
- BERZI D., JENKINS J.T., LARCHER M. (2010). Debris flow: recent advances in experiments and modeling. Advances in Geophysics 52: 103-138.
- BORDA J.C. (1779). Mémoire sur l'écoulement des fluides par les orifices des vases. Histoire de l'Académie Royale des Sciences.
- BUSNELLI M. M., STELLING G., LARCHER M. (2002). Closure to "Numerical morphological modeling of open-check dams" by Marcela M. Busnelli, Guus S. Stelling, and Michele Larcher. Journal of Hydraulic Engineering 128: 873-873.
- BUSNELLI M. M., STELLING G., LARCHER M. (2001). Numerical morphological modeling of open check dams. Journal of Hydraulic Engineering 127: 105-114.
- MEYER-PETER E., MÜLLER R. (1948). Formulas for bed-load transport. Proceedings of the 2nd Meeting of the International Association for Hydraulic Structures Research (IAHR), 39-64.

ARND HARTLIEB

Gewollte und ungewollte Verklausung von Schutzeinrichtungen und wasserbaulichen Anlagen

Intended and unintended debris jams at protection devices and hydraulic structures

Zusammenfassung:

Die Verklausungen von Schutzeinrichtungen wie Rückhalterechen („gewollte Verklausung“) sowie von wasserbaulichen Anlagen wie Wehr- und Hochwasserentlastungsanlagen („ungewollte Verklausung“) durch Schwemmholz werden grundsätzlich von den gleichen physikalischen Prozessen und maßgebenden Parametern bestimmt. An der Versuchsanstalt Obernach wurden in den letzten 25 Jahren verschiedene Modellversuche zur Verklausung von Rechen zum Schwemmholzurückhalt und von wasserbaulichen Anlagen (Wehre, Hochwasserentlastungsanlagen) durchgeführt. Bei einer neuen einheitlichen Auswertung bestimmter Versuchsergebnisse haben sich die Froude-Zahl der Anströmung des jeweiligen Bauwerks und die Holzdicke als maßgebende Parameter für die Höhe des Aufstaus erwiesen, der durch die Schwemmholzverklausung verursacht wird und für die Bauwerkssicherheit von großer Bedeutung ist. Es wird gezeigt, wie sich diese grundsätzlichen Erkenntnisse in der Praxis anwenden lassen.

Stichwörter:

Verklausung, Aufstau infolge Verklausung, Froude-Zahl der Anströmung, Holzdicke, Modellversuche

Abstract:

Debris jams at protection devices such as retention racks (“intended debris jam”) as well as at hydraulic structures such as weirs and spillways (“unintended debris jam”) are determined by the same physical processes and decisive parameters in general. In the last 25 years different hydraulic model tests have been performed at the Laboratory of Hydraulic and Water Resources Engineering of TU München concerning debris jams at retention rakes as well as at

hydraulic structures (weirs, spillways). In a new uniform evaluation of certain test results the Froude-number of the approach flow of the structures and the density of the debris proved to be the decisive parameters for the backwater effect, which is caused by the debris jams and very important for the safety of the structures. It is shown, how these findings can be applied in practise.

Keywords:

Debris jam, backwater effect, inflow Froude number, debris density, model test

Dimensionsanalyse für den Aufstau als maßgebende Verklausungsfolge

Nach Hartlieb (2015) ist der durch die Verklausung einer wasserbaulichen Anlage oder eines Schwemmholzrechens mit einer bestimmten Schwemmholzmischung verursachte Aufstau unmittelbar und ohne Freiheitsgrade vom Verklausungsprozess und dem sich entwickelnden Verklausungskörper abhängig. Die Dimensions-

analyse für den Verklausungsprozess, den -körper und den dadurch verursachten Aufstau kann also anhand einer einzigen charakteristischen Größe erfolgen. Hierfür wird das Verhältnis der Höhe T zur Länge L des Verklausungskörpers ausgewählt, die so genannte Kompaktheit des Verklausungskörpers T/L . In Abb. 1 bzw. Abb. 2 werden T und L am Beispiel der Verklausung eines Wehrfelds bzw. am Beispiel der Verklausung eines Schwemmholzrechens veranschaulicht.

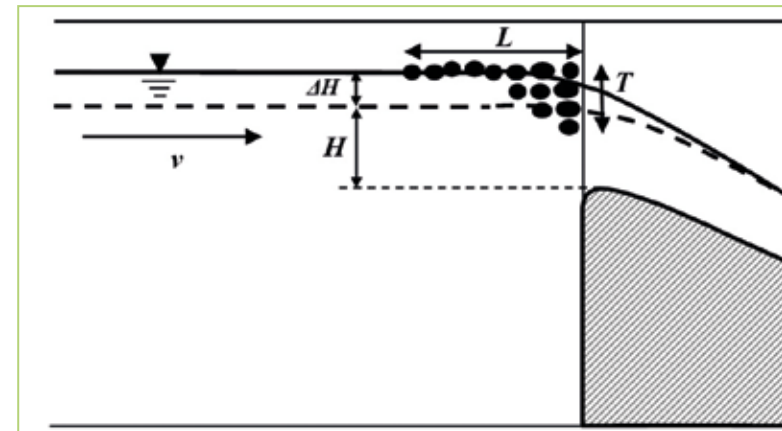


Abb. 1:
Schematischer Schnitt in Fließrichtung durch ein verklautes Wehrfeld

Fig. 1:
Schematic cross-section in flow direction of a weir field with debris jam

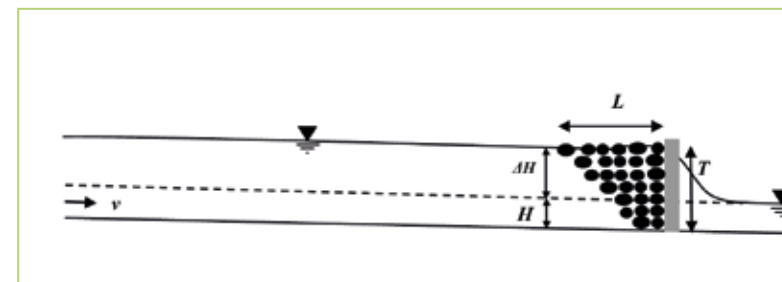


Abb. 2:
Schematischer Schnitt in Fließrichtung durch einen verklauten Schwemmholzrechen

Fig. 2:
Schematic cross-section in flow direction of a debris rake with log jam

Eine höhere Anströmungsgeschwindigkeit v im Ausgangszustand ohne Verklausung führt vermutlich zu einer höheren Kompaktheit T/L . Verschiedene Überströmungshöhen bzw. Fließtiefen H sollten auch zu verschiedenen Kompaktheiten T/L führen. Die Erdbeschleunigung g und die Dichten des Schwemholzes ρ_H und des Wassers ρ_W haben einen Einfluss auf das mögliche Abtauchen einzelner Holzstämme unter andere Stämme, die an der Oberfläche schwimmen. Die Kompaktheit T/L des Verklausungskörpers wird also als Funktion von v, g, H, ρ_H und ρ_W bzw. als Produkt einer Proportionalitätskonstante $C_{T/L}$ und von v, g, h, ρ_H und ρ_W mit den unterschiedlichen Exponenten a, b, c, d und e betrachtet:

$$T/L = ff(v, g, H, \rho_H, \rho_W) = C_{T/L} \cdot v^a \cdot g^b \cdot H^c \cdot \rho_H^d \cdot \rho_W^e \quad \text{Gl. (1)}$$

Damit nimmt die Dimensionsmatrix $A_{T/L}$ im Masse-Länge-Zeit-System folgende Gestalt an:

$$A_{T/L} = \begin{bmatrix} & v & g & H & \rho_H & \rho_W \\ m & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ l & 1 & 1 & 1 & -3 & -3 \\ t & -1 & -2 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Die Dimensionsgleichungen der Masse $[m]$, Länge $[l]$ und der Zeit $[t]$ ergeben sich in der folgenden Weise, weil die Kompaktheit der Verklausung T/L dimensionsfrei ist:

$$[m]: 0 = d + e \rightarrow e = -d$$

$$[l]: 0 = a + b + c - 3 \cdot d - 3 \cdot e \rightarrow c = -a - b = -0,5 \cdot a$$

$$[t]: 0 = -a - 2 \cdot b \rightarrow b = -0,5 \cdot a$$

$$\begin{aligned} \rightarrow T/L &= C_{T/L} \cdot v^a \cdot g^b \cdot H^c \cdot \rho_H^d \cdot \rho_W^e = C_{T/L} \cdot v^a \cdot \\ &g^{-0,5a} \cdot H^{-0,5a} \cdot \rho_H^d \cdot \rho_W^{-d} = \\ &= C_{T/L} \cdot [v/(g \cdot H)^{0,5}]^a \cdot (\rho_H/\rho_W)^d \\ &= C_{T/L} \cdot Fr^a \cdot (\rho_H/\rho_W)^d \quad \text{Gl. (2)} \end{aligned}$$

Die Kompaktheit T/L des Verklausungskörpers ist also das Produkt der Proportionalitätskonstante $C_{T/L}$, der Froude-Zahl der Anströmung Fr im Ausgangszustand ohne Verklausung mit dem unbekanntem Exponenten a und des Dichteverhältnisses von Schwemholz und Wasser ρ_H/ρ_W (relative Holzdicke) mit dem unbekanntem Exponenten d . Die gleiche grundsätzliche Abhängigkeit, allerdings mit anderen Zahlenwerten für $C_{T/L}$, a und d ist wie oben erläutert für die dimensionslose Kenngröße des durch eine Verklausung verursachten relativen Aufstaus $\Delta H/H$ gegeben.

Die Froude-Zahl der Anströmung

In systematischen Verklausungsversuchen von Hochwasserentlastungsanlagen (Froude-Modell, Maßstab 1:20) wurde die Froude-Zahl der Anströmung Fr im Ausgangszustand ohne Verklausung variiert und als Ergebnis der Verklausungsprozess beobachtet sowie der von der Verklausung verursachte relative Aufstau $\Delta H/H$ gemessen. Verwendet wurde natürliches Schwemholz mit einer mittleren relativen Dichte $\rho_H/\rho_W = 0,8$. Für kleinere Froude-Zahlen $Fr < 0,15$ bildeten sich lockere einlagige „Schwemholzteppiche“ mit kleiner Kompaktheit T/L (siehe Abb. 3 links) und entsprechend kleineren Aufstauwerten $\Delta H/H < 6\%$ (siehe Abb. 4). Für größere Froude-Zahlen $Fr > 0,30$ entstanden mehrlagige Verklausungskörper mit großer Kompaktheit T/L (siehe Abb. 3 rechts) sowie größeren Aufstauwerten $\Delta H/H > 12\%$ (siehe Abb. 4). Die Wertepaare in Abb. 4 wurden jeweils für die gleiche Schwemholzmischung ermittelt. Aus den Ergebnissen kann abgeleitet werden, dass der relative Aufstau $\Delta H/H$ mit steigender Froude-Zahl der Anströmung Fr zunimmt, d.h. der Exponent a in Gl. (2) ist positiv. Die Versuchsergebnisse in Abb. 4 zeigen aber auch, dass sich trotz identischer Versuchsbedingungen aufgrund zufälliger Entwicklungen beim Verklausungsprozess enorm unterschiedliche Aufstauwerte ergaben.



Abb. 3: Lockerer, einlagiger Holzteppich mit kleiner Kompaktheit (links) sowie mehrlagiger Verklausungskörper mit großer Kompaktheit für $Fr = 0,35$ und $\Delta H/H = 15,2\%$ (rechts)

Fig. 3: loose single layer woody debris of small compactness (left) and multilayer debris jam of high compactness for $Fr = 0,35$ und $\Delta H/H = 15,2\%$ (right)

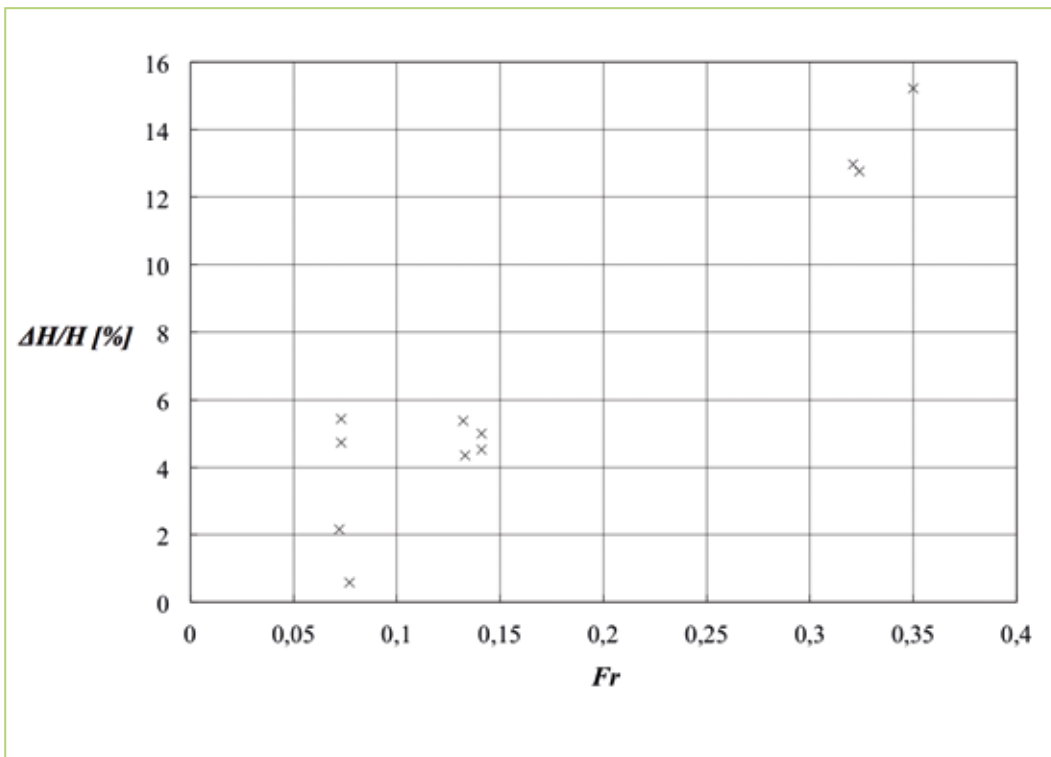


Abb. 4: Relativer Aufstau $\Delta H/H$ in Abhängigkeit von der Froude-Zahl der Anströmung Fr bei den systematischen Verklausungsversuchen einer Hochwasserentlastungsanlage mit einer jeweils identischen Schwemholzmischung (natürliches Schwemholz mit $\rho_H/\rho_W = 0,8$)

Fig. 4: Relative backwater $\Delta H/H$ to inflow Froude number Fr of the systematic debris jam model tests for a spillway with always the same woody debris mixture (natural debris with $\rho_H/\rho_W = 0,8$)

Knauss (1995) hat grundlegende Verklauungsversuche für Schwemmholzrechen mit verschiedenen Anordnungen von senkrechten Rechensäulen durchgeführt. Dabei wurden auch Rechen mit einer im Grundriss V-förmigen Säulenordnung, die mit der Spitze in Fließrichtung zeigt, untersucht. Eine neue Auswertung der Versuchsergebnisse ergab auch hier einen deutlichen Anstieg des durch die Verklauung des Schwemmholzrechens verursachten relativen Aufstaus $\Delta H/H$ mit zunehmender Froude-Zahl der Anströmung Fr im Ausgangszustand ohne Verklauung (siehe Abb. 5). So wurde für die kleinste untersuchte Froude-Zahl $Fr = 1,61$ ein relativer Aufstau $\Delta H/H = 220\%$ und für die größte untersuchte Froude-Zahl $Fr = 2,45$ ein relativer Aufstau $\Delta H/H = 430\%$ ermittelt.

Zum Vergleich sind in Abb. 5 auch die aus den Versuchsergebnissen von Weitbrecht und Schmocker (2012) und von Schmocker und Hager (2013) abgeleiteten Zusammenhänge eingetragen, die in Verklauungsversuchen für Rechen mit senkrecht zur Fließrichtung (90°) angeordneten Säulen und kleineren Froude-Zahlen der Anströmung ermittelt wurden. Soweit nachvollziehbar, wurden in den verschiedenen Versuchsreihen vergleichbare Schwemmholzmischungen verwendet.

Bei den Werten von Weitbrecht und Schmocker handelt es sich um zwei einzelne Wertepaare und bei Schmocker und Hager um eine lineare Gleichung für den Bereich $0,5 < Fr < 1,5$, die auf mehreren Versuchsergebnissen basiert. Mit den im vorliegenden Beitrag verwendeten Para-

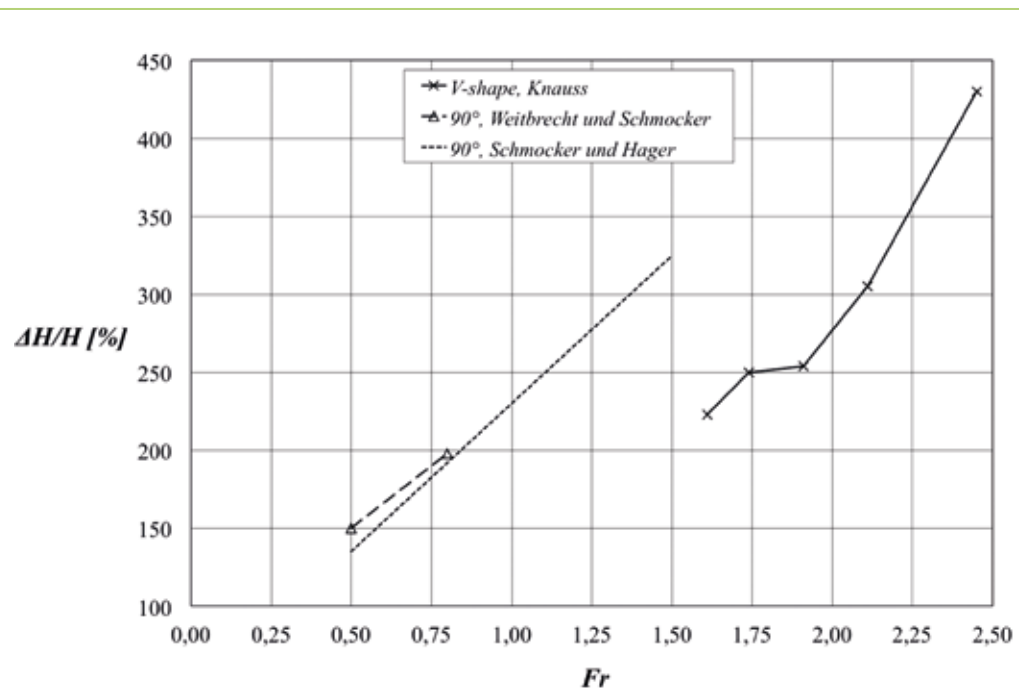


Abb. 5: Relativer Aufstau $\Delta H/H$ in Abhängigkeit von der Froude-Zahl der Anströmung Fr bei den systematischen Verklauungsversuchen von Schwemmholzrechen (natürliches Schwemmholz)

Fig. 5: Relative backwater $\Delta H/H$ to inflow Froude number Fr of the systematic debris jam model tests for a debris rake (natural woody debris)

metern lautet die Gleichung von Schmocker und Hager für die Abhängigkeit des relativen Aufstaus $\Delta H/H$ von der Froude-Zahl der Anströmung Fr :

$$\begin{aligned} (\Delta H+H)/H &= 1,4 + 1,9 \cdot Fr && \text{bzw.} \\ \Delta H/H &= 0,4 + 1,9 \cdot Fr && \text{Gl. (3)} \end{aligned}$$

Die Quantität des Anstiegs des relativen Aufstaus $\Delta H/H$ mit zunehmender Froude-Zahl der Anströmung Fr liegt bei allen Versuchen in einer vergleichbaren Größenordnung. Bemerkenswert ist auch, dass bei einer Extrapolation des linearen Zusammenhangs von Schmocker und Hager auf größere Froude-Zahlen der Anströmung die relativen Aufstauwerte deutlich höher liegen würden als bei den Versuchen von Knauss. Dies deckt sich mit der grundlegenden Erkenntnis von Knauss, dass Verklauungen von V-förmigen Rechen grundsätzlich zu einem geringeren Aufstau führen als Verklauungen von Rechen mit einer Anordnung senkrecht zur Fließrichtung.

Die Dichte des Schwemmholzes

Bei den schon beschriebenen systematischen Verklauungsversuchen von Hochwasserentlastungs-



Abb. 6: Lockerer, einlagiger Holzteppich mit kleiner Kompaktheit für $\rho_H/\rho_W = 0,8$ und $\Delta H/H = 5,9\%$ (links) sowie mehrlagiger Verklauungskörper mit großer Kompaktheit für $\rho_H/\rho_W = 0,975$ und $\Delta H/H = 45,9\%$ (rechts)



Fig. 6: loose single layer woody debris of small compactness for $\rho_H/\rho_W = 0,8$ und $\Delta H/H = 5,9\%$ (left) and multilayer debris jam of high compactness for $\rho_H/\rho_W = 0,975$ und $\Delta H/H = 45,9\%$ (right)

anlagen wurde auch die Dichte ρ_H des Schwemmholzes variiert. Um definierte Dichten zu erhalten, die keinen Schwankungen durch Quell- und Schwindprozesse bei Naturholz unterworfen waren, wurden künstliche Schwemmholzstämmen mit vier verschiedenen Dichten ($\rho_H/\rho_W = 0,8; 0,9; 0,95$ und $0,975$) verwendet. Ansonsten waren die verwendeten Schwemmholzmischungen identisch. Der qualitative Einfluss der Holzdichte auf den Verklauungsprozess und den durch die Verklauung verursachten Aufstau ist mit dem der Froude-Zahl der Anströmung vergleichbar: mit zunehmender relativer Holzdichte ρ_H/ρ_W entwickelten sich kompaktere Verklauungskörper mit entsprechend größeren relativen Aufstauwerten $\Delta H/H$, d.h. der Exponent d in Gl. (2) ist positiv. Abb. 6 zeigt bei einer Froude-Zahl der Anströmung $Fr = 0,08$ links einen lockeren, einlagigen Schwemmholzteppich für $\rho_H/\rho_W = 0,8$ und rechts einen kompakten mehrlagigen Verklauungskörper für $\rho_H/\rho_W = 0,975$. Um dauerhafte Verklauungen bestehend aus allen Stämmen der jeweiligen Schwemmholzmischung zu erzeugen, war es für das künstliche Schwemmholz erforderlich, ein Gitter unmittelbar vor dem Einlaufbauwerk der Hochwasserentlastungsanlage zu installieren.

In Abb. 7 sind die für zwei verschiedene Froude-Zahlen der Anströmung gemessenen Wertepaare von relativer Holzdicke ρ_H/ρ_W und relativem Aufstau $\Delta H/H$ eingetragen. Für $Fr = 0,08$ reicht das Spektrum von einem relativen Aufstau $\Delta H/H = 5,9\%$ für die kleinste relative Holzdicke $\rho_H/\rho_W = 0,8$ bis $\Delta H/H = 45,9\%$ für die größte relative Holzdicke $\rho_H/\rho_W = 0,975$. Bei der größeren Froude-Zahl der Anströmung $Fr = 0,14$ liegen die relativen Aufstauwerte entsprechend den oben beschriebenen Ergebnisse höher und erstrecken sich von $\Delta H/H = 15,7\%$ bei der kleinsten relativen Holzdicke $\rho_H/\rho_W = 0,8$ bis $\Delta H/H = 46,4\%$ bei der größten relativen Holzdicke $\rho_H/\rho_W = 0,975$.

Anwendung der Erkenntnisse in der Praxis

Im Falle eines großen Verklauungsrisikos einer wasserbaulichen Anlage wird man Überlegungen zur risikosenkenden Bauwerksoptimierung anstellen. Natürlich sind dabei auch Umbaumaßnahmen, die in die Kernsubstanz der Anlagen eingreifen, wie die Verbreiterung von Wehrfeldern, die Vergrößerung der Hubhöhe von Verschlüssen oder die Höherlegung von Brücken möglich. Aufgrund verbesserter technischer Möglichkeiten wie größerer Verschlussbreiten und -höhen wird man hier in Zukunft noch größere lichte Öffnungsweiten realisieren können.

Wesentlich effizienter können aber zusätzliche Schutzeinrichtungen zum Schwemmhölzrückhalt sein, wenn sie in ausreichendem

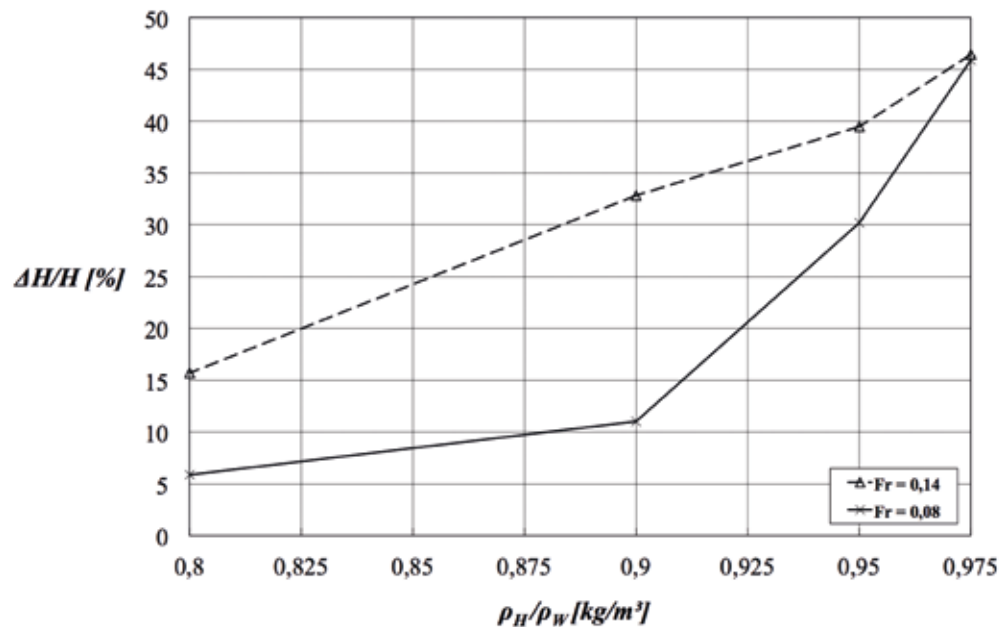


Abb. 7: Relativer Aufstau $\Delta H/H$ in Abhängigkeit von der Holzdicke ρ_H bei den systematischen Verklauungsversuchen einer Hochwasserentlastungsanlage

Fig. 7: Relative backwater $\Delta H/H$ to debris density ρ_H of the systematic debris jam model tests for a spillway



Abb. 8: Einlaufbauwerk der Hochwasserentlastungsanlage am Grüntensee mit Schutzeinrichtung zum Schwemmhölzrückhalt (unten) und Bauwerk im Modell (oben)

Fig. 8: Inlet structure of the spillway at Grüntensee with protection structures for woody debris retention (lower image) and structure in the model test (upper image)

Abstand von der verklauungsgefährdeten Öffnung angeordnet werden. Durch die in der Regel größere Fläche der Rückhalteebene und die Lage außerhalb des Beschleunigungsbereichs sind dort die Geschwindigkeiten und Froude-Zahlen der Anströmung kleiner. Die Schutzeinrichtungen sollten so konzipiert werden, dass im Bemessungsfall die Froude-Zahl der Anströmung $Fr < 0,15$ ist. Im Rückhaltefall entstehen dann nur lockere, einlagige Schwemmhölzteppiche mit geringem Anstieg des Oberwasserstands und kleiner Reduzierung der Abflussleistung der wasserbaulichen Anlage. Als Schutzeinrichtungen in

Frage kommen Rechen mit senkrechten Stäben bzw. Säulen. Knauss et al. (1993) haben eine solche Konstruktion für die zusätzliche Hochwasserentlastungsanlage am Sylvensteinspeicher in Oberbayern entwickelt, die auch an der erneuerten Hochwasserentlastungsanlage am Grüntensee im Allgäu zur Anwendung kam (Hartlieb und Overhoff (2006), siehe Abb. 8).

Anschrift des Verfassers / Author's address:

PD Dr.-Ing, habil. Arnd Hartlieb
Technische Universität München
Versuchsanstalt für Wasserbau und
Wasserwirtschaft
Obernach 15
D-82432 Walchensee
arnd.hartlieb@tum.de

Literatur / References:

- HARTLIEB A., OVERHOFF G. (2006). Die geplante Ertüchtigung der Hochwasserentlastungsanlage an der Talsperrre Grüntensee im Allgäu, in: Stauhaltungen und Speicher – Von der Tradition zur Moderne, Tagungsband des Wasserbausymposiums vom 27. bis 29. September 2006 in Graz, Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft der Technischen Universität Graz, Nr. 46, Band 2, S. 67-79.
- HARTLIEB A. (2015). Schwemmhölz in Fließgewässern – Gefahren und Lösungsmöglichkeiten, Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU München, Nr. 133, ISBN 978-3-943683-09-7.
- KNAUSS J., SPERER A., STROBL Th. (1993). Sylvensteinspeicher – zusätzliche Entlastungsanlage, Versuchsbericht Nr. 312 der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU München (unveröffentlicht).
- KNAUSS J. (1995). Treibhölzfänge am Lainbach in Benediktbeuern und am Arzbach (ein neues Element im Wildbachausbau). Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU München, Nr. 76, S. 23-66.
- SCHMOCKER L., HAGER W.H. (2013). Scale modelling of wooden debris accumulation at a debris rack. Journal of Hydraulic Engineering 139(8), pp. 827-836.
- WEITBRECHT V., SCHMOCKER L. (2012). Driftwood retention in large rivers: A new concept. Proceedings River Flow 2012 Costa Rica, pp. 1073-1080, ISBN 978-0-415-62129-8.

**GÜNTER BLÖSCHL, JÜRGEN KOMMA, THOMAS NESTER,
MAGDALENA ROGGER, JOSÉ LUIS SALINAS, ALBERTO VIGLIONE**

Die Wirkung des Waldes auf Hochwässer

The effect of forests on floods

Zusammenfassung:

Diese Arbeit betrachtet, ob Landnutzungsänderungen das Hochwassergeschehen mittlerer und großer Einzugsgebiete beeinflussen, und ob sich insbesondere durch Aufforstung Hochwasserabflüsse auf Flussgebietsebene reduzieren lassen. Vorerst werden die relevanten Prozesse der Hochwasserentstehung in Hinblick auf die Wirkung des Waldes diskutiert, sodann wird der Einfluss der Einzugsgebietsgröße und der Ereignisgröße auf diese Prozesse besprochen, und schließlich wird an Hand einer Fallstudie beispielhaft für den Inn die zu erwartende Wirkung gezeigt.

Stichwörter:

Waldwirkung, Hochwasser

Abstract:

This paper examines whether land use changes influence the flood regime of medium and large river basins and, specifically, whether afforestation has the potential of reducing flood discharges at the river basin scale. In a first step, the relevant processes of flood generation are discussed with regard to the effects of forests, next the role of catchment size and event magnitude on these processes are considered and, finally, the expected effects are illustrated by a case study for the Inn river.

Keywords:

Forest function, floods

Einleitung

In den letzten Jahren gab es in Österreich, Europa und der ganzen Welt zahlreiche große Hochwässer. Im August 2005 war Westösterreich und die Schweiz durch ein großes, regionales Hochwasser betroffen, im Juni 2013 Ostösterreich und Bayern und im Juni 2016 verwüstete ein kleinräumigeres Ereignis Simbach am Inn in Niederbayern. Auf Grund dieser zahlreichen Hochwasserkatastrophen ist es nicht verwunderlich, dass der Einfluss des Menschen bei deren Entstehung und Ablauf heftig diskutiert wird. Grundsätzlich können drei Einflussfaktoren das Hochwasserregime beeinflussen: (1) Klimawandel, der zum Teil auch menschlich beeinflusst ist, (2) wasserbauliche Maßnahmen wie z.B. Flussregulierungen, und (3) Veränderungen der Landnutzung wie z.B. Rodung von Wald und Intensivierung der Landwirtschaft mit schweren Maschinen (Blöschl et al., 2011; Hall et al., 2014). Der Einfluss der Landnutzung ist auf Einzugsgebietsebene schwer greifbar wegen der räumlichen Heterogenität der damit verbundenen Prozesse (Rogger et al., 2017). Klar ist, dass der Einsatz schwerer landwirtschaftlicher Maschinen zu Bodenverdichtung führen kann – in Europa sind rund 33 Millionen Hektar durch Bodenverdichtung betroffen (Birkas, 2008). Diese wirkt sich wiederum ungünstig auf die Infiltration und damit die Hochwasserentstehung aus. Umgekehrt sind Waldböden oft lockerer, dadurch kann die Infiltration größer sein. Inwieweit diese Effekte auf Flussgebietsebene wirksam sind, ist allerdings weniger klar, für Bemessungszwecke jedoch essentiell (Blöschl und Merz, 2008; Blöschl et al., 2015). Diese Arbeit diskutiert deshalb zwei Fragen speziell für mittlere und große Einzugsgebiete: (1) Haben Landnutzungsänderungen das Hochwassergeschehen beeinflusst, und (2) lassen sich durch Landnutzungsänderungen und insbesondere durch Aufforstung Hochwasserabflüsse

auf Flussgebietsebene reduzieren? Dazu werden vorerst die relevanten Prozesse der Hochwasserentstehung in Hinblick auf die Wirkung des Waldes diskutiert, sodann wird der Einfluss der Einzugsgebietsgröße und der Ereignisgröße auf diese Prozesse besprochen, und schließlich wird an Hand einer Fallstudie beispielhaft für den Inn die zu erwartende Wirkung gezeigt.

Prozesse der Hochwasserentstehung und der Einfluss des Waldes

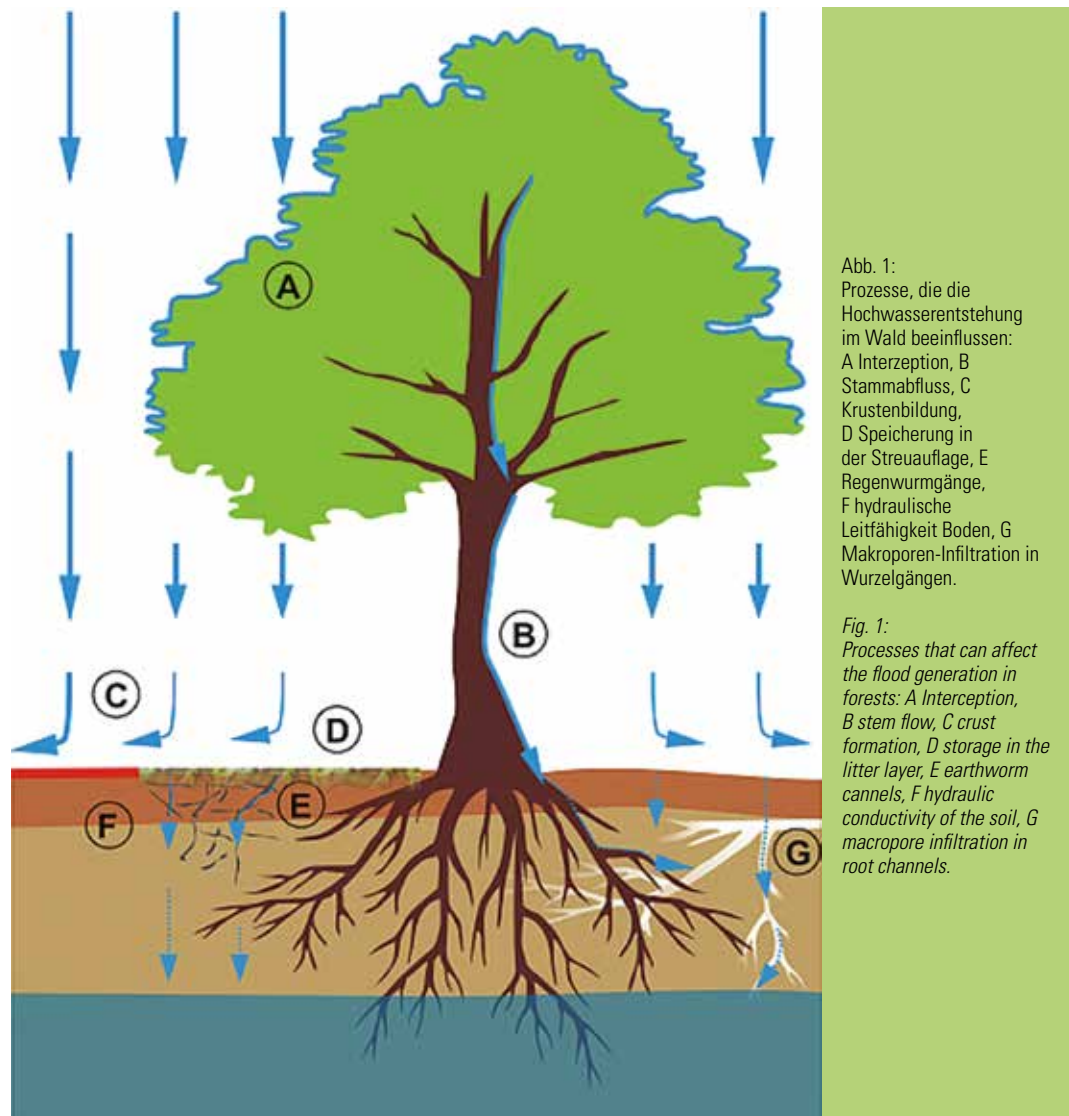
Mit Wald bestandene Flächen, unterscheiden sich von landwirtschaftlichen Flächen in Hinblick auf die Hochwasserentstehung durch drei Faktoren (siehe Abbildung 1):

- (a) Stärkerer Rückhalt des Niederschlagswassers in der Baumkrone (Interzeption) im Vergleich etwa zu Grasland. Je nach Art, und jahreszeitenabhängig, kann die Baumkrone einige wenige Millimeter Niederschlag zurückhalten, die direkt der Verdunstung zugeführt werden, und damit nicht abflusswirksam sind. Tendenziell nimmt die Interzeption mit der Größe des Niederschlagsereignisses zu, bis eine Sättigung erreicht wird (Staelens et al. 2008). Zudem kann eine im Wald oft vorhandene Streuauflage einen kleinen zusätzlichen Niederschlagsbetrag zurückhalten (Sato et al. 2004). Allerdings zeigte Holko et al. (2012) für ein Gebiet in der Hohen Tatra, dass diese Effekte nicht unbedingt auf Einzugsgebietsebene wirksam werden. Das Gebiet war durch massiven Windwurf betroffen und dadurch über mehrere Jahre baumlos. Es war kein Einfluss auf das Hochwasserregime zu erkennen, da die fehlende Verdunstung der Bäume durch die Verdunstung eines rasch aufkommenden Unterholzes kompensiert wurde.

(b) Größere Infiltrationskapazität der Böden im Wald, insbesondere durch einen hohen Anteil an Makroporen. Baumwuchs trägt wesentlich zur Bildung von Makroporen bei, die das Niederschlagswasser wesentlich effizienter infiltrieren können als die Bodenmatrix selbst (Sidle et al., 2001). Zusätzlich kann der Stammabfluss die Infiltrationseigenschaften beeinflussen (Schwärzel et al., 2012). Allerdings können, insbesondere in Nadelwäldern, die Streuauflage

zu wasserabweisenden Bedingungen führen, die wiederum die Abflusstenstehung verstärken (de Blas et al., 2010). Bei Aufforstungen kann eine positive Wirkung des Waldes auf die Bodeneigenschaften erst nach Jahrzehnten wirksam werden, da eine Veränderung der Bodenstruktur meist sehr langsam erfolgt (Hümann et al., 2011).

(c) Größere Speicherkapazität der Böden im Wald wegen größerer Hohlräume und geringerer Bodenfeuchte. Inwieweit eine



größere Infiltrationskapazität auch tatsächlich zu größerer Infiltration führt, hängt von den Abflussmechanismen ab. Wird Abfluss durch den „Infiltrationsüberschuss“ erzeugt, wie dies bei kurzen Starkregen auf gering durchlässigen Böden oft der Fall ist, dann ist die Infiltrationskapazität maßgebend. Bei weniger intensiven Niederschlägen, höher durchlässigen und seichten Böden entsteht Abfluss jedoch meist dadurch, dass das Speichervermögen des Bodens erschöpft ist („Sättigungsüberschuss“) (Rogger et al., 2012). Hier ist die Durchlässigkeit weniger wichtig, sondern die Bodenfeuchte oder die Lage des Grundwasserspiegels. Wald kann wegen erhöhter Verdunstung zu geringerer Bodenfeuchte und einem niedrigeren Grundwasserspiegel (und damit geringerem Abfluss) im Vergleich zu z.B. Grasland beitragen, allerdings sind die Unterschiede oft klein (Dube et al., 1995).

Einfluss der Ereignis- und Gebietsgröße

Die oben diskutierten Prozesse spielen sich lokal ab und werden in Abhängigkeit von der räumlichen Verteilung auf die Einzugsgebietsebene (bzw. Flussgebietsebene) aggregiert. Da viele Faktoren, insbesondere Klima, wasserbauliche Maßnahmen und Landnutzung die Hochwässer beeinflussen, ist die Frage der Rolle des Waldes einer experimentellen Untersuchung nicht leicht zugänglich, und wird deshalb in der Regel durch mathematische Modellierung behandelt (O'Connell et al., 2007). Dabei werden Parameter des mathematischen Modells, wie die Infiltrationskapazität, mit der entsprechenden Landnutzung gekoppelt. Salazar et al. (2012) untersuchte für das Kampgebiet in Niederösterreich den Einfluss einer hypothetischen Aufforstung. Für jedes Hochwas-

serereignis führten sie zwei Simulationen durch, eine mit der realen Landnutzung und eine mit veränderter Landnutzung (entweder weniger oder mehr Waldfläche). Die Berechnungen zeigten, dass Aufforstung die Hochwasserspitzen reduziert (zufolge erhöhter Infiltration, Speicherung im Boden und Verdunstung), Abholzung hingegen die Hochwasserspitzen erhöht. Der Effekt nimmt stark mit der Größe des Ereignisses ab und beträgt bei der Größenordnung eines hundertjährigen Hochwassers weniger als 5 %. Dies liegt daran, dass bei sehr großen Niederschlägen, die Unterschiede in den Infiltrations- und Speichereigenschaften der Böden weniger wirksam sind. Ähnliche Ergebnisse wurden von Naef et al. (2002), O'Connell et al. (2007), Kohl et al. (2008) und Hess et al. (2010) gefunden.

Eine Alternative zu solchen Szenarierechnungen sind Zuordnungen beobachteter Veränderungen von Hochwässern, insbesondere Hochwassertrends, zu den Prozessursachen. Eine solche Studie wurde von Viglione et al. (2016) für Oberösterreich durchgeführt. An den meisten Abflussmessstationen der Region wurden leicht zunehmende Trends der Jahreshochwässer beobachtet. Auf Basis eines Attributierungsansatzes wurde die Veränderung des Niederschlags als insgesamt wichtigste Einflussgröße der Hochwasserveränderungen identifiziert, während Landnutzungsänderungen in kleinen Einzugsgebieten wichtig sein können (Abbildung 2). Die Auswirkung der Landnutzungsänderungen auf die Hochwässer nimmt mit der Einzugsgebietsfläche aufgrund einer Verschiebung der Abflusstenstehungsmechanismen ab. In kleinen Einzugsgebieten mit kurzen Reaktionszeiten werden Hochwässer größtenteils durch hochintensive, kurze Niederschläge erzeugt, so dass der Mechanismus des Infiltrationsüberschusses dominant ist. In größeren Einzugsgebieten mit langen Reaktionszeiten werden Hochwässer größtenteils durch länger

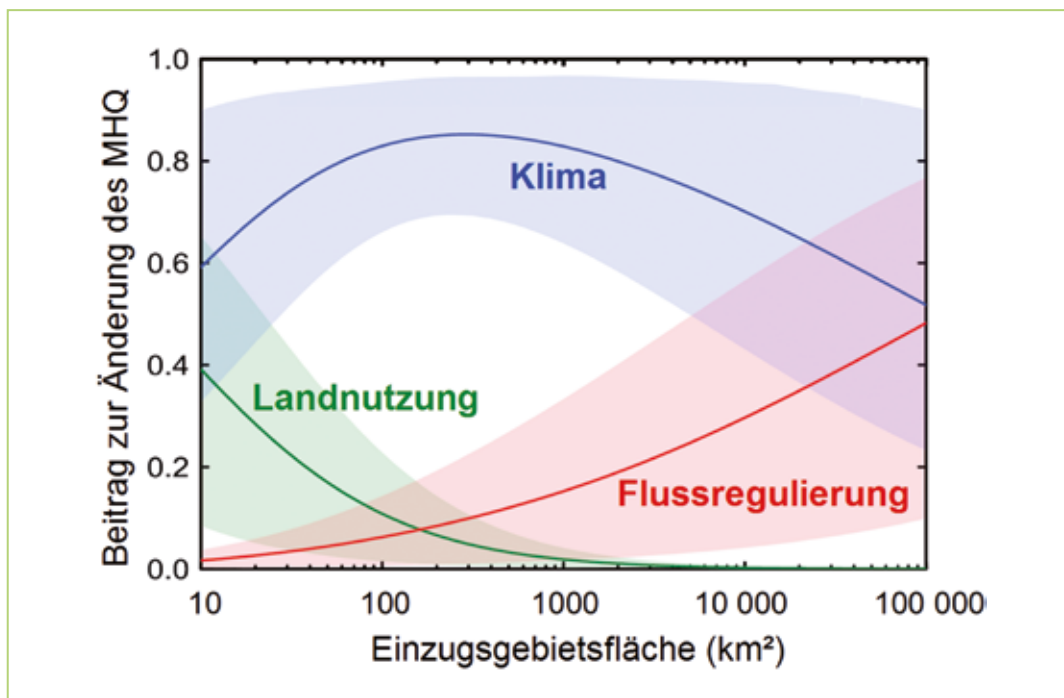


Abb. 2: Zuordnung beobachteter Veränderungen des mittleren jährlichen Hochwassers (MHQ) zu den drei Treibern: Klima, Flussregulierung und Landnutzung. 97 Einzugsgebiete in Oberösterreich, Abflussdaten 1950-2012. Aus Viglione et al. (2016).

Fig. 2: Attribution of observed changes of mean annual floods (MHQ) to the three drivers: climate, river training and land use. 97 catchments in Upper Austria, discharge data from 1950 – 2012; Viglione et al. (2016).

andauernde Niederschläge geringerer Intensitäten erzeugt, so dass der Mechanismus des Sättigungsüberschusses dominiert. Da Landnutzungsänderungen meist die Infiltrationskapazität und damit den ersten Mechanismus stärker beeinflussen (durch die verringerte Infiltrationskapazität z.B. zufolge Bodenverdichtung) als den zweiten, nimmt die Wirkung der Landnutzungsänderung auf Hochwässer mit der Einzugsgebietsfläche ab (Abbildung 2). Ähnliche Ergebnisse wurden in der internationalen Literatur erzielt (z.B. O'Connell et al., 2007; Hall et al., 2014; Rogger et al., 2017).

Fallstudie Inn

Im Rahmen des Projektes „Auswirkung Alpiner Retention auf die Hochwasserabflüsse des Inn“, mit dem die TU Wien durch das Amt der Tiroler

Landesregierung und die Wildbach- und Lawinerverbauung, Sektion Tirol, beauftragt wurde, war es möglich, den Einfluss einer hypothetischen Aufforstung von Teilen des Einzugsgebiets auf den Hochwasserabfluss des Inns zu untersuchen. Der Hochwasserabfluss einer bestimmten Jährlichkeit am Inn wird durch das Zusammenwirken der Abflüsse aus den Teileinzugsgebieten bestimmt, die sich je nach Ereignis in Hinblick auf Größe und zeitlichen Versatz unterscheiden. Es war deshalb notwendig, den raum-zeitlichen Niederschlag-Abflussprozess in stochastischer Weise modelltechnisch abzubilden. Es geht um die Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens von Hochwässern einer bestimmten Größenordnung bei den Zubringern. Für das Zusammenfließen zweier Zubringer existieren zwei Grenzfälle:

(1) die Hochwasserwellen treten bei einem

Ereignis mit hoher Wahrscheinlichkeit gleichzeitig auf, sodass sich die Scheitel maximal überlagern; oder sie treten

(2) mit hoher Wahrscheinlichkeit so verschoben auf, dass keine Überlagerung stattfindet.

Im ersten Fall addieren sich die Abflüsse der Zubringer beim Zusammenfluss, im zweiten Fall ist nur der größere Abfluss maßgebend. Die Fälle der Realität liegen dazwischen. Diese räumlichen Abhängigkeiten auf Basis von Wahrscheinlichkeiten bedeuten, dass die Fragestellung nicht mit Szenarien (wie etwa bei Überflutungsuntersuchungen üblich) gelöst werden kann, sondern ein stochastischer Ansatz erforderlich ist, der die Wahrscheinlichkeiten der räumlichen Abhängigkeiten berücksichtigt.

Um diese komplexe Fragestellung methodisch sauber zu lösen, wurden in diesem Projekt Monte Carlo Simulationen mit einer Modellkette durchgeführt, die die folgenden Teilschritte umfassten:

- Stochastische Generierung von räumlichen Niederschlagszeitreihen
- Niederschlag-Abflussmodellierung zur Umlegung der Niederschläge auf Abflussbildung, Abflusskonzentration und Wellenablauf in den Teilgebieten (Blöschl et al., 2008)
- Testen der simulierten Hochwasserzeitreihen mittels Pegelstatistik
- Modellmäßige Implementierung der hypothetischen Landnutzungsänderungen (Aufforstung) durch Wahl geeigneter Modellparameter
- Variantenstudien mittels Monte Carlo Simulationen zur Bestimmung der Wirksamkeit der hypothetischen Aufforstung auf den Inn

Der Ansatz basiert auf den Erfahrungen mit der HOWATI-Studie, bei der bereits Monte Carlo Simulationen durchgeführt wurden, allerdings nur

für einzelne Gebiete und nicht flächendeckend für das gesamte Inngebiet (Rogger et al., 2011). Dieses Projekt erweiterte den HOWATI-Ansatz um den räumlichen Aspekt.

Abflussdaten an 71 Pegeln in Tirol und in der Schweiz wurden herangezogen. Stündliche Niederschlagsdaten an 134 Stationen wurden verwendet und Tageswerte an 163 Stationen. Sämtliche Daten wurden auf ihre Qualität geprüft. Zusätzlich wurden Lufttemperaturdaten herangezogen. Informationen über Kraftwerke, Speicher und deren Einzugsgebiete sowie Wasserfassungen und Beileitungen wurden berücksichtigt. Das Untersuchungsgebiet war das Einzugsgebiet des Inn bis zum Pegel Oberaudorf (9700 km² Einzugsgebietsfläche).

Für die hypothetischen Landnutzungsänderungen wurden alle Rasterelemente im Einzugsgebiet, die als Grasland ausgewiesen waren und unterhalb einer Seehöhe von 2000m lagen, als aufgeforstet angesehen. Das betrifft etwa 11 % der Rasterelemente (also eine Fläche von ca. 100.000 ha) und stellt damit eine extreme Annahme dar (Abbildung 3). Sodann wurden die Monte Carlo Simulationen durchgeführt. Das Ergebnis ist in Abbildung 4 für den Pegel Oberaudorf gezeigt. Man erkennt, dass die Landnutzungsänderung die Hochwasserabflüsse nur geringfügig beeinflusst. Bei einem HQ100 beträgt die Reduktion 4,4 %, bei einem HQ1000 4,8 %. Die prozentuale Reduktion bleibt also mit der Jährlichkeit in etwa gleich. Salazar et al. (2012) und andere Autoren hatten hingegen gefunden, dass der Prozentsatz mit der Ereignisgröße abnimmt. Der ungefähr gleichbleibende Prozentsatz in dieser Studie ist darauf zurückzuführen, dass die Hochwässer durch sehr unterschiedliche Überregnungen zustande kommen können, und Hochwässer größerer Jährlichkeiten am Inn auch meist auf eine großräumigere Überregnung zurückzuführen sind. Dadurch sind mit zunehmender Jährlichkeit

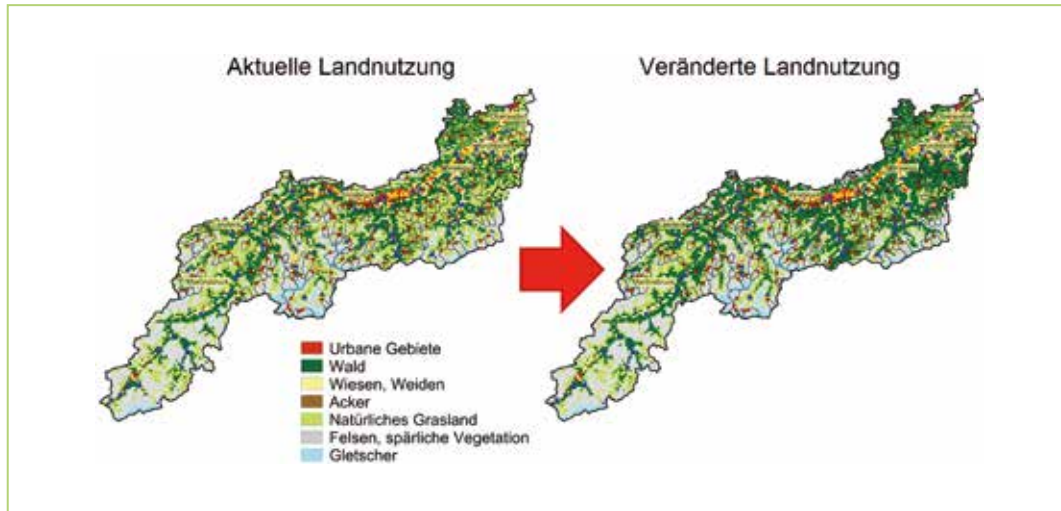


Abb. 3: Einzugsgebiet des Inn bis zum Pegel Oberaudorf. Links: aktuelle Landnutzung. Rechts: veränderte Landnutzung bei der 11 % der Einzugsgebietsfläche statt als Grasland als Wald angesehen wurden. Landnutzung links nach Seger (2001).

Fig. 3: Catchment area of the Inn river above the Oberaudorf stream gauge. Left: current land use; Right: changed land use, where 11 % of the area have been changed from grassland to forest; current land use according to Seger (2001).

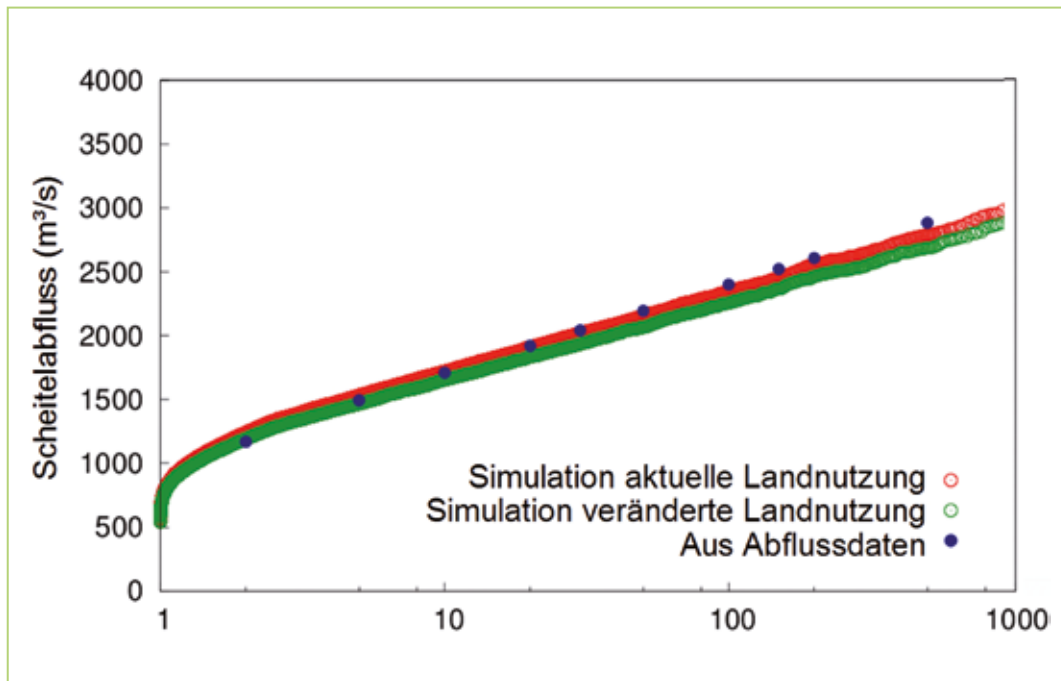


Abb. 4: Ergebnis der Monte Carlo Simulationen (10 000 Jahre) für aktuelle Landnutzung (Abbildung 3 links) und veränderte Landnutzung (Abbildung 3 rechts), sowie Vergleich mit aus den Abflussdaten des Pegels Oberaudorf bestimmten Abflüssen.

Fig. 4: Results of the Monte Carlo simulations (10 000 years) for current land use (Figure 3, left) and changed land use (Figure 3, right) and comparison with the discharge data of the Oberaudorf stream gauge.

auch zunehmend mehr Teileinzugsgebiete wirksam. Insgesamt ist die Wirkung allerdings sehr klein. Eine vermutlich realistischere Aufforstung von 10.000 ha würde die Wirkung auf weniger als 0,5 % reduzieren.

Schlussfolgerungen

Für kleine Einzugsgebiete in Klimaregionen wie Österreich besitzt eine Erhöhung des Waldanteiles auf Kosten von Grünland das Potential, kleine Hochwässer zu reduzieren. Bei großen Hochwässern geht die Wirkung stark zurück. Für mittlere bis große Einzugsgebiete ist die Wirksamkeit sowohl für kleine als auch für große Hochwässer gering. Während eine Erhöhung des Waldanteiles aus anderen Gründen sinnvoll sein kann (Schutz vor Bodenerosion, Lawinen, Muren, Steinschlag), ist Aufforstung keine wirksame Maßnahme des Hochwasserschutzes für mittlere bis große Einzugsgebiete.

Danksagung

Die Untersuchungen entstanden im Rahmen des durch das Amt der Tiroler Landesregierung und die Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Tirol geförderten Projektes „Auswirkung Alpiner Retention auf die Hochwasserabflüsse des Inn“; der FWF Projekte I 3174-N29 und P 23723-N21, sowie des SYSTEMRISK Projektes (EU Grant 676027).

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Alle Autoren:
 Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie
 Technische Universität Wien
 Karlsplatz 13/222, A-1040 Wien
 bloeschl@hydro.tuwien.ac.at

Literatur / References:

- BIRKAS, M. (2008) Environmentally sound adaptable tillage. Akademia Kiado, Budapest, Hungary, 354 pp.
- BLÖSCHL, G. und R. MERZ (2008) Bestimmung von Bemessungshochwässern gegebener Jährlichkeit – Aspekte einer zeitgemäßen Strategie. Wasserwirtschaft, 98 (11) 12-18.
- BLÖSCHL, G., A. VIGLIONE, R. MERZ., J. PARAJKA, J. SALINAS und W. SCHÖNER (2011) Auswirkungen des Klimawandels auf Hochwasser und Niederwasser. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 63, (1-2), 21-30.
- BLÖSCHL, G., C. RESZLER and J. KOMMA (2008) A spatially distributed flash flood forecasting model. Environmental Modelling & Software, 23 (4), pp. 464-478.
- BLÖSCHL, G., Z. HORVÁTH, A. KISS, J. KOMMA, T. NESTER, R. A.P. PERDIGÃO, A. VIGLIONE und J. WASER (2015) Neue Methoden für das Hochwasserrisikomanagement. Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift (ÖIAZ), 160, 15-27.
- DE BLAS, E., RODRÍGUEZ-ALLERES, M., and ALMENDROS, G. (2010) Speciation of lipid and humic fractions in soils under pine and eucalyptus forest in northwest Spain and its effect on water repellency. Geoderma, 155(3), 242-248.
- DUBÉ, S., PLAMONDON, A. P., and ROTHWELL, R. L. (1995) Watering up after clear-cutting on forested wetlands of the St. Lawrence lowland. Water Resources Research, 31(7), 1741-1750.
- HALL, J., B. ARHEIMER, M. BORGA, R. BRÁZDIL, P. CLAPS, A. KISS, T. R. KJELDSEN, J. KRIAUCIUNIENE, Z. W. KUNDZEWCZ, M. LANG, M. C. LLASAT, N. MACDONALD, N. MCINTYRE, L. MEDIERO, B. MERZ, R. MERZ, P. MOLNAR, A. MONTANARI, C. NEUHOLD, J. PARAJKA, R. A. P. PERDIGÃO, L. PLAVCOVÁ, M. ROGGER, J. L. SALINAS, E. SAUQUET, C. SCHÄR, J. SZOLGAY, A. VIGLIONE and G. BLÖSCHL (2014) Understanding Flood Regime Changes in Europe: A state of the art assessment. Hydrology and Earth System Sciences, 18, 2735-2772, doi:10.5194/hess-18-2735-2014.
- HESS, T. M., HOLMAN, I. P., ROSE, S. C., ROSOLOVA, Z., and PARROTT, A. (2010) Estimating the impact of rural land management changes on catchment runoff generation in England and Wales. Hydrological Processes, 24(10), 1357-1368.
- HOLKO, L., FLEISCHER, P., NOVÁK, V., KOSTKA, Z., BIČÁROVÁ, S., and NOVÁK, J. (2012) Hydrological Effects of a Large Scale Windfall Degradation in the High Tatra Mountains, Slovakia. In Management of Mountain Watersheds (pp. 164-179). Springer Netherlands.
- HÜMMANN, M., SCHÜLER, G., MÜLLER, C., SCHNEIDER, R., JOHST, M., and CASPARI, T. (2011) Identification of runoff processes – The impact of different forest types and soil properties on runoff formation and floods. Journal of Hydrology, 409(3), 637-649.
- KOHL, B., K. KLEBINDER, G. MARKART, F. PERZL, H. PIRKL, F. RIEDL und L. STEPANEK (2008) Analyse und Modellierung der Waldwirkung auf das Hochwasserereignis im Paznauntal vom August 2005. www.interpraevent.at/palm-cms/upload_files/Publikationen/Tagungsbeitraege/2008_2_505.pdf
- Naef, F., Scherrer, S., and Weiler, M. (2002) A process based assessment of the potential to reduce flood runoff by land use change. Journal of Hydrology, 267(1), 74-79.
- O'CONNELL, P. E., EWEN, J., O'DONNELL, G., and QUINN, P. (2007) Is there a link between agricultural land-use management and flooding?. Hydrology and Earth System Sciences, 11(1), 96-107.
- ROGGER, M. B. KOHL, H. PIRKL, M. HOFER, R. KIRNBAUER, R. MERZ, J. KOMMA, A. VIGLIONE, G. BLÖSCHL (2011) HOWATI – Hochwasser Tirol – Ein Beitrag zur Harmonisierung von Bemessungshochwässern in Österreich. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 63, (7-8), 153-161.

ROGGER, M., H. PIRKL, A. VIGLIONE, J. KOMMA, B. KOHL, R. KIRNBAUER, R. MERZ and G. BLÖSCHL (2012)
Step changes in the flood frequency curve: Process controls, *Water Resources Research*, 48, W05544, doi:10.1029/2011WR011187.

ROGGER, M., M. AGNOLETTI, A. ALAOU, J.C. BATHURST., G. BODNER, M. BORGA, V. CHAPLOT, F. GALLART, G. GLATZEL, J. HALL, J. HOLDEN, L. HOLKO, R. HORN, A. KISS, S. KOHNOVA, G. LEITINGER, B. LENNARTZ, J. PARAJKA, R. PERDIGÃO, S. PETH, L. PLAVCOVÁ, J.N. QUINTON, M. ROBINSON, J.L. SALINAS, A. SANTORO, J. SZOLGAY, S. TRON, J.J.H. VAN DEN AKKER, A. VIGLIONE and G. BLÖSCHL (2017)
Land-use change impacts on floods at the catchment scale: Challenges and opportunities for future research. *Water Resources Research*, 53, 5209–5219, doi:10.1002/2017WR020723.

SALAZAR, S., FRANCÉS, F., KOMMA, J., BLUME, T., FRANCKE, T., BRONSTERT, A., and BLÖSCHL, G. (2012)
A comparative analysis of the effectiveness of flood management measures based on the concept of "retaining water in the landscape" in different European hydro-climatic regions, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 3287–3306, doi:10.5194/nhess-12-3287-2012.

SATO, Y., KUMAGAI, T. O., KUME, A., OTSUKI, K., and OGAWA, S. (2004)
Experimental analysis of moisture dynamics of litter layers—the effects of rainfall conditions and leaf shapes. *Hydrological Processes*, 18(16), 3007–3018.

SCHWÄRZEL, K., EBERMANN, S., and SCHALLING, N. (2012)
Evidence of double-funneling effect of beech trees by visualization of flow pathways using dye tracer. *Journal of hydrology*, 470, 184–192.

SEGER, M. (2001)
Rauminformationssystem Österreich – ein digitaler thematischer Datensatz des Staatsgebietes. *Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation*, 89 (2), 101–110.

SIDLE, R. C., NOGUCHI, S., TSUBOYAMA, Y. AND LAURSEN, K. (2001)
A conceptual model of preferential flow systems in forested hillslopes: evidence of self-organization. *Hydrological Processes*, 15, 1675–1692.

STAELENS, J., DE SCHRIJVER, A., VERHEYEN, K., and VERHOEST, N. E. (2008)
Rainfall partitioning into throughfall, stemflow, and interception within a single beech (*Fagus sylvatica* L.) canopy: influence of foliation, rain event characteristics, and meteorology. *Hydrological Processes*, 22(1), 33–45.

VIGLIONE, A., B. MERZ, N. VIET DUNG, J. PARAJKA, T. NESTER and G. BLÖSCHL (2016)
Attribution of regional flood changes based on scaling fingerprints. *Water Resources Research*, 52, 5322–5340, doi: 10.1002/2016WR019036.





- Steinschlagschutz
- Lawinenschutz
- Fels- und Hangsicherung





SICHERHEIT DURCH KOMPETENZ

Weißbach 106 · A-5431 Kuchl · Tel.: +43 (0)6244-20325 · Fax: +43 (0)6244-20325-11
E-Mail: office@trumerschutzbauten.com · www.trumerschutzbauten.com

ALEXANDER STOISER

Hochlagenaufforstung über der aktuellen Waldgrenze im Montafon

Afforestation in high altitudes above the current tree line in the Montafon

Zusammenfassung:

Der Verfasser ist seit Dezember 1988 als Förster in der Gebietsbauleitung Bludenz tätig und beschäftigt sich seit über 25 Jahren intensiv mit dem Thema Hochlagenaufforstung. In diesem Artikel werden die Wahl des richtigen Pflanzmaterials, Standortauswahl, Hilfsmittel und Pflegemaßnahmen sowie die möglichen Schäden behandelt, die sich aus der langjährigen praktischen Erfahrung und Beobachtung ergeben haben. Es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben, jedoch soll aufgezeigt werden, was sich bewährt hat, bzw. welche Fehler zu vermeiden sind, die zu schlechten Ergebnissen geführt haben.

Stichwörter:

Hochlagenaufforstung, Pflanzenauswahl, Standortauswahl, Pflegemaßnahmen, Schäden

Abstract:

The author has been working for the department for Torrent and Avalanche Control in Bludenz since 1988. He has been working on afforestation in high altitudes for over 25 years. This article gives a short summary of how to find the proper tree plants, how to choose the best microsites for planting and the methods as well as the measures in the following years. All of them are based on his long term experience with afforestation in high altitudes as well as personal observations and fieldwork. The article does not claim completeness but intends to give a short overview which methods have worked best for the author and which failures are to be avoided in order to get a good outcome.

Keywords:

Afforestation, plant selection, stand selection, maintenance measures, damages

Einleitung

Das Montafon ist die südlichste Talschaft in Vorarlberg am Oberlauf der Ill und wird von den Gebirgszügen Rätikon, Verwall und Silvretta gegen die Schweiz und Tirol abgegrenzt. Das Tal weist vielfältige geologische Bedingungen und ein breites Seehöhenspektrum auf.

Der Wald im Montafon ist, gemäß den Bestimmungen des Forstgesetzes und auf Grund der Ausweitung des Siedlungsraumes, von Verkehrswegen, Infrastruktureinrichtungen sowie des Fremdenverkehrs, der die Haupteinnahmequelle des Tales darstellt, zu 80 % als Schutzwald einzustufen.

Seit dem Mittelalter wurde die Waldgrenze durch anthropogene Einflüsse, Lawinen-

abgänge und widrige klimatische Verhältnisse auf durchschnittlich 1.800 m gedrückt. Außerdem bestehen im Montafon auf 7.950 ha Waldfläche Weiderechte, von denen aktuell immer noch ca. 950 ha beweidet werden. Die WLW betrifft dies hauptsächlich im Bereich sogenannter Schneefluchten.

Die aktuelle Wildschadenssituation ist derart, dass je nach Gemeinde zwischen 35 und 65 % der verjüngungsfähigen Waldfläche waldgefährdende Wildschäden aufweist, wobei angesichts der dominierenden Fichtenbestände im subalpinen Raum eine geringere Verbissdisposition besteht.

Wiederaufforstungen ehemals bewaldeter Gebiete besonders im Einzugsbereich von Wildbächen und Lawinen wurden und werden



Abb. 1: Montafon, Richtung St.Gallenkirch, dem Ort mit der höchsten Dichte an Naturgefahren/Einwohner in Österreich, im Hintergrund die Silvretta.

Fig. 1: Montafon, with a view of St.Gallenkirch, the town with the highest rate of natural hazards/inhabitants in Austria with the mountains of the Silvretta in the background.

ausschließlich von der WLW durchgeführt und betreut. In der Kampfzone des Waldes bzw. oberhalb der aktuellen Waldgrenze kommt dabei hauptsächlich die Fichte zum Einsatz, kleinflächig auch Zirbe. Diesen beiden Baumarten kommt deshalb folgend das Hauptaugenmerk zu. Zur Schaffung stabiler Mischbestände in der Hochlage und nicht zuletzt auf Grund der fortschreitenden klimatischen Veränderungen wird versucht, den ehemaligen Lärchen-Zirbengürtel wieder entstehen zu lassen. Dieser befand sich in dem Bereich, in dem hauptsächlich Almwirtschaft betrieben wird/wurde. Untersuchungen der Holzarten, aus denen alte Schärme (Viehunterstände, Geißställe) und Bagen (Heustadln) gebaut wurden, untermauern diese These.



Abb. 2: Aufforstung, Tescherlawine/Gargellen, im angehenden Baumalter löst die technische Verbauung ab.

Fig. 2: Afforestation at the starting zone of Tescher-avalanche/Gargellen takes over the task of the technical avalanche defense.

Von der Wichtigkeit der Pflanze

Eine technische Verbauung impliziert ein subjektives Schutzgefühl, das einen gewaltigen Nachteil aufweist: Technische Verbauungen halten nicht ewig. Der Anspruch muss daher lauten, möglichst viele Flächen, aus denen Lawinen abgehen und Gefährdungen entstehen können, der Wiederbewaldung zuzuführen. Waldschädigende Einflüsse wie Waldweide, touristische Übererschließung und vor allem Wildüberhege sind auf ein tragbares Maß zu reduzieren, um die Bewohnbarkeit der Gebirgstäler langfristig zu gewährleisten.

Bei der Walderhaltung bzw. Neu- oder Wiederbegründung im subalpinen Freiland kommt der Wahl des richtigen Pflanzenmateri-

als allergrößte Bedeutung zu. Nur eine genetisch geeignete und den harten Umweltbedingungen angepasste Nachkommenschaft gewährleistet stabile, schutzwirksame Bestände.

Verjüngungsmöglichkeit durch autochthones Saatgut

Eine aus entwicklungsgemäß selektierten und umweltangepassten Samenbäumen hervorgegangene Naturverjüngung wird oben genannter Forderung am besten gerecht. Diese ist aber aus verschiedenen Gründen (Wild, Vergrasung, Licht-/Wärmemangel usw. – oft indirekt anthropogenen Ursprungs) oder einfach wegen Fehlens geeigneter Samenbäume meist unmöglich. Die Ansamung kann allenfalls in Samenjahren durch Bodenverwundung (Abziehen der Grasnarbe auf einer Fläche von 1*1 m (Flächen nicht zusammenhängend – Steigerung der Erosionsgefahr) unterstützt werden.

Gerade in Hochlagen ist bei künstlich eingebrachtem Pflanzgut die Herkunftsfrage von entscheidender Bedeutung hinsichtlich Stabilität und Resistenz des zukünftigen Bestandes. Wirtschaftliche Eigenschaften wie Wuchsform und -leistung spielen dagegen eine untergeordnete bis gar keine Rolle.

Einschätzung der Erntemöglichkeit

Eine Einschätzung der Ernteaussichten nach Teil-, Halb-, und Vollernte ist in der Hochlage relativ schwierig, da hier das Blühen und die Fruchtreife von Baum zu Baum zeitlich und in ihrer Intensität sehr stark variieren. Dies resultiert nicht zuletzt aus der für die Hochlage üblichen, plenterartigen Bestandsstruktur, in der jeder Einzelbaum oder jede Rotte eine eigene soziale Stellung besitzt. Dazu kommt, dass in höheren Lagen die Samenjahre im Schnitt nur alle 7 bis 10 Jahre auftreten und meist nicht sehr ausgeprägt sind.

Grob gesagt ist nach einem milden Frühjahr ohne ausgeprägte Spätfroste und einem Sommer mit ausgeglichenen Niederschlägen auf jeden Fall eine Überprüfung der Zapfenzahl sowie der darin enthaltenen Samenkörner sinnvoll. Durch eine Zapfenschnittprobe kann dies relativ leicht erfolgen. Der optimale Wassergehalt, der Reifegrad und Erntezeitpunkt bestimmt, liegt bei 30 bis 40 %. Dieser ist erreicht, wenn die Schnittfläche kaum noch die für einen höheren H₂O-Gehalt typischen braunen Flecken aufweist und die Samenkörner weiß und fest statt milchig-wässrig sind. Es werden die topografisch höchsten Bäume beerntet. Ab einem Vollkornanteil von 20 bis 25 Samenkörnern ist eine bessere Halbernte zu erwarten, was für die Hochlagenaufforstung mit Fichte bei der WLW absolut ausreichend ist. Auf Grund dieser Fakten ergibt sich der optimale Zeitpunkt für die Beerntung der Fichte zwischen Anfang Oktober und Mitte/Ende November.

Die Zirbe fruktifiziert in der Regel sehr unterschiedlich, die Zapfenreife dauert von der Blüte bis zum erntefähigen Zapfen zwei Jahre. In der Natur reifen die Zapfen gegen Ende August. Die Beerntung muss aber mindestens einen Monat früher erfolgen, da gerade bei den geringen Vorkommen in Vorarlberg zu einem späteren Zeitpunkt ein Großteil der möglichen Ernte vom Häher bereits erledigt wurde. Erst ab einer Nüsschenanzahl von 30 bis 40 Stück/Zapfen rechnet sich eine Beerntung, da der Hohlkornanteil oft sehr hoch ist (im Eigenversuch bis zu 60 %).

Nachbehandlung und Aussaat erfolgen für die WLV Bludenz im Landesforstgarten Rankweil.

Die Fichten werden am Schüttboden des ehemaligen Gutshofes vor- und im Jänner/Februar im Klengofen durchgetrocknet, wodurch sich die Zapfenschuppen öffnen. In einer Siebtrommel werden die Samen „herausgeschleudert“ und anschließend in einer Getreidereinigungs-



Abb.3: Vortrocknung der Fichtenzapfen getrennt nach Erntegebiet im Landesforstgarten Rankweil.

Fig. 3: Pre-drying of spruce cones separated by harvesting area in the forest garden of Vorarlberg/Rankweil.

maschine die Flügel zerrieben und der anfallende Staub sowie die Hohlkörner mittels Luftstrom aussortiert. Danach erfolgt eine Keimprobe und entsprechend dem Ergebnis die Aussaat im Frühjahr.

Die frühgeernteten Zirbenzapfen werden in einem feuchtwarmen Milieu (20–28°) in einem Torfmullbett nachgereift. Sobald sich die Zapfen leicht von Hand zerdrücken lassen, ist dieser Prozess beendet. Es erfolgt die Trennung von den Zapfenschuppen durch ein Gitter und die (mäusesichere) Aussaat noch im Herbst, da die Zirbe zum Keimen einen Frostschock benötigt.

Verwendung des Saatgutes

Direktsaat

Diese wurde versuchsweise betrieben. Vorteile sind wie bei der Naturverjüngung der extrem geringe Aufwand, Wegfall des Verpflanzungschocks, natürliche gelagerte Wurzeln usw.

Die Ergebnisse waren im subalpinen Freiland trotz Auswahl günstigster Standorte auf Grund von hoher Keimlings- und Sämlingssterblichkeit, durch Fraß, Vertrocknung, Verpilzung etc. aber sehr unbefriedigend.

Anzucht im Pflanzgarten

Wünschenswert wären eigene Hochlagenforstgärten. Angesichts der hohen Lohn- und Lohnnebenkosten und des großen Risikos, ist ein personal- und betreuungsintensiver betriebseigener Forstgarten, speziell ein Hochlagenforstgarten, für die meisten Betriebe leider nicht realisierbar.

Bei der WLV Bludenz verbleibt das gewonnene autochthone Saatgut zur Lohnanzucht im Landesforstgarten. Die Fichten werden in der Regel vierjährig, die Zirben im Alter von 5 bis 7 Jahren als Topfpflanzen übernommen und nach geologischem Untergrund, Seehöhe und Exposition auf die Baufelder verpflanzt.

Bei der Zirbe kommt der Mykorrhiza eine sehr hohe Bedeutung zu, deshalb wird das Erdreich der Zirbe im Landesforstgarten bei der Vertopfung mit Erde vom Beerntungsstandort geimpft.

Zugekaufte Pflanzen

Die Verpflanzung von zugekauften Bäumen ist nach der Lohnanzucht bei der WLV Bludenz die gängigste Art der Hochlagenaufforstung. Das Hauptaugenmerk muss darauf gerichtet sein, die für den jeweiligen Standort geeigneten Provenienzen zu finden. Hier wurden in früherer Zeit verheerende Fehler gemacht, indem oft Pflanzen gesetzt wurden, die leicht zu bekommen aber für die Hochlagenaufforstung absolut ungeeignet waren.

Bei der WLV Bludenz wurden in Zusam-

menarbeit mit dem BFW auch zahlreiche Versuche mit fremdländischen Herkünften durchgeführt. Hintergedanke war und ist es, für die Hochlagenaufforstung geeignete Pflanzen zu finden. Stabile, artenreiche Bestände aus verschiedenen Baumarten sind weniger anfällig für Kalamitäten als Monokulturen.

Verwendet wurden Fichten mit geringer morphologischer Differenzierung zur heimischen *Picea abies*, wie die Schrenksfichte (*Picea schrenkiana*, Fisch et Mey) aus dem zentralasiatischen Tien-Shan-Gebirge oder die Engelmannfichte (*Picea engelmannii*) aus den Rocky Mountains.

Weiters kamen Spirken kristalliner Herkunft aus den französischen Alpen zum Einsatz.

Die Ergebnisse differieren sehr stark. Während z.B. die Schrenksfichte in der Anwuchsphase sehr vielversprechend war, wächst die



Abb.4: Saatbeet mit Fichte (*Picea abies*) aus Eigenernte im 2. Jahr vor der Vertopfung.

Fig. 4: Seedbed of Norway spruce (*Picea abies*) from seeds of the harvested cones, 2 years old, ready for pot-planting.



Abb. 5: Engelmannfichte (*Picea engelmannii* – dunkelblaugrün), Gatsauna-Goldeforlawine/Gaschurn im Größenvergleich mit gleichzeitig gesetzten Fichten (*Picea abies*) aus Eigenernte.

Fig. 5: Engelmann spruce (*Picea engelmannii* – darker blue-green), at Gatsauna-Goldeforlawine/Gaschurn compared in vertical growth with the Norway spruce (*Picea abies*) grown from self-harvested seeds.

Engelmannfichte der heimischen *Picea* auf vergleichbaren Standorten in der Höhe aktuell um bis zu 30 % davon. Bei der Spirke sind zahlreiche Bastarde zu beobachten, die vom Typus eher den heimischen Latschen, denn dem eines aufrechten Baumes gleichen. Auf einzelnen Standorten sind diese Bäume aber doppelt so hoch wie gleichaltrige Zirben.

Wildlingspflanzen

Die Möglichkeit der Hochlagenbegründung durch Beerntung von Wildlingspflanzen darf keinesfalls unterschätzt werden. Die Herkunft ist optimal, der heikle Zeitpunkt vom Auflaufen des Samens bis

zur Verholzung fällt weg. Es wurde dies hauptsächlich bei Bachverbauungen, wo viele Erlen und Weiden vorhanden sind, oft mittels Baggerschaukel angewendet. Aber auch bei Fichten wurde diese Methode schon erfolgreich praktiziert.

Bei dieser Art der Vermehrung muss besonders darauf geachtet werden, dass nicht zu große Pflanzen gezogen bzw. ausgegraben werden. Das Wurzelsystem wird sonst zu stark geschädigt. Außerdem dürfen die Pflanzen nicht austrocknen, sprich sie müssen schattig gelagert und möglichst schnell wieder in den Boden, oder bei Verbringung auf ein anderes Bau Feld, in einen Topf kommen.

Vegetative Vermehrung

Die Vermehrung durch Stecklinge ist eine Möglichkeit der Begründung von Hochlagenaufforstungen unabhängig von Vegetationszeit und Blürrhythmus. Bei Weiden ist dies eine äußerst günstige und unumstrittene Vermehrungsmöglichkeit (Stecklingsvermehrung). Mein Vorgänger hat in den 1980er Jahren, das Waldsterben war in aller Munde, diese bereits Anfang 1970 entwickelte Methode ausprobiert. Ich durfte die so gewonnenen Topfpflanzen dann ausbringen und beobachten.

Kurz zusammengefasst kann man sagen – in Kleinmengen zu teuer, zu aufwändig, zu risikoreich. Die besten Ergebnisse kamen von Mutterpflanzen, die höchstens 20 bis 25 Jahre alt waren. Der günstigste Schnittzeitpunkt lag zwischen September und März (Vegetationsruhe), die Pflanzen wurden sofort in ein Quarzsandbeet gesteckt und kontinuierlich bewässert und mit Nährstoffen versorgt. Dies ergab eine Bewurzelung von 70 bis 80 %. Bei der Vertopfung wurde das Substrat mit standortsbezogener Mykorrhiza geimpft. Der gesamte Versuch war sehr ausfallanfällig (Frost, Pilze, etc.).

Wie gesagt wurden die Pflanzen 1989 auf ein Lawinenbau Feld versetzt, einige Jahre beobachtet, vermessen und gepflegt. Es haben höchstens 30 % der Pflanzen einen Baumhabitus entwickelt. Der Rest sah nach 10 Jahren noch immer „wie ein in-den-Boden-gesteckter-Ast“ aus. Der Versuch war mit knapp 500 Pflanzen sicher zu klein, um eine gesicherte Aussage treffen zu können. Eine Tendenz ist aber allemal herauszulesen.

Erfreulicherweise zweifelt heute niemand von fachlicher Relevanz an der Bedeutung der Herkunftsfrage. Mittels einer Karte der Wuchsgebiete ist das geeignete Pflanzmaterial einfach zu ermitteln. Das autochthon gewonnene

Saatgut weist hierbei die besten Voraussetzungen für die Schutzwaldbegründung auf. Erhaltungsbestände (Genreservate), Samenbanken, Klonarchive und Samenplantagen bergen ein schwer abschätzbares Gefahrenpotential. Gleich wie bei der vegetativen Vermehrung besteht sie darin, dass es bei ungenügender Anzahl von Mutterpflanzen zu einer genetischen Einengung des Vermehrungsmaterials kommen könnte. Die Erhöhung der Mutationsrate (Negativentwicklungen) und der Mitvermehrung von Krankheitserregern ist sehr wahrscheinlich. Einige wenige oder sogar einzelne Schädlinge könnten so ganze Bestände im Handumdrehen vernichten.

Topfpflanze oder Nacktwurzler –
Wirtschaftlichkeit und Anwuchserfolg

Die Erfahrung hat gezeigt, dass im Montafon je nach Exposition, Untergrund und Vegetation die Bestandesbegründung mit Topfpflanzen ab einer Seehöhe von 1400–1600 m wesentlich erfolgversprechender ist.

Anfangs scheinen die Kosten, zusammengesetzt aus Ankaufskosten (ca. 3:1 bis 5:1, je nach Pflanze und Alter), auf Grund von Pflanzmethode (Loch statt Winkelpflanzung), Transportentfernung und -art etc., höher.

Jedoch darf man als Forstmann die Rechnung hier noch nicht beenden. Die Topfpflanze hat nicht den Pflanzschock einer Wurzelackten und wächst dadurch schneller an. Sie muss weniger lange gepflegt werden und die Kosten für Nachbesserungen sinken bei entsprechender Pflanzqualität und Standortauswahl gegen null.

Welcher Topf?

Bei der Topfpflanzung in der Hochlage ist die einzige sinnvolle Methode die Lochpflanzung. Dies



Abb. 6: Dreijährige Fichten (*Picea abies*) in Quick-Pots im Landesforstgarten Rankweil

Fig. 6: Norway Spruce (*Picea abies*), three years old in Quick-pots in the forestgarden.

soll hier nicht weiter ausgeführt werden. Entscheidend kann aber sein, welcher Topf bei der Verschulung gewählt wird. Es ist auf das Verhältnis Topf/Pflanzengröße und das Substrat zu achten. Die besten Erfahrungen gibt es bei der Fichte, wenn die Pflanzen vom Saatbeet in so genannte „Quickpots“ (quadratisch, nicht rund!) gesetzt wurden. Dies sind kleine Paletten zu 12 Stück mit einem Durchmesser von 8 cm pro Topf. Sie sind leicht zu manipulieren und können nach Bildung des Wurzelballens und Ausbringen der Pflanzen wieder verwendet werden. Die Pflanzen werden, vierjährig und ca. 25 cm groß, in Drehstapelkisten (60/40/25 cm) zu ca. 25 Stk. pro Kiste vom Forstgarten auf das Baufeld transportiert.

Schlechte Erfahrungen wurden mit Töpfen gemacht, die sich im Boden zersetzen sollen. Die Vegetationsperiode im Gebirge ist für den Vorgang zu kurz, die Wurzel fängt an zu drehen und wächst nicht rechtzeitig in das umgebende Substrat. Sie sind deshalb ebenfalls zu entfernen. Paperpots, kleine Papiertöpfe, haben zudem den Nachteil, dass dieser Topf, wenn er nicht komplett über den Rand mit Erde bedeckt ist, wie ein Docht wirkt. Die Pflanze vertrocknet trotz bester Wasserversorgung. Pflanzensysteme wie Lico sind ebenfalls nur bedingt geeignet, da der Ballen im Vergleich zur Pflanze zu klein ist und diese Pflanzen oft durch Schneebewegungen aus dem Boden gezogen wurden.



Abb. 7: Zirbe (*Pinus cembra*), ca. 10-12 Jahre alt, Drehwuchs der Wurzel. Aufgrund der kurzen Vegetationszeit hat sich vermutlich der Biotopf zu wenig schnell zersetzt.

Fig. 7: Swiss pine (*Pinus cembra*), age 10-12 years, spiral graining of the roots. Probable because of the short vegetation period, the bio-pot needed to long for the supposed disintegration and the roots to grow through.

Dünger

Bei Hochlagenaufforstung haben die Erfahrungen gezeigt, dass hier weitgehend auf Dünger verzichtet werden sollte. Dies beginnt beim Saatbeet, geht über die Vertopfung und endet bei der Baufeldbetreuung. Die Pflanzen können sich paradoxerweise ohne Dünger leichter an den neuen Standort gewöhnen. Es gab auf einer Baustelle z.B. Zirben in Netztöpfen, wo Pflanzen nicht das Bestreben hatten, Wurzeln in das umgebende Substrat zu schieben. Eine weitere Gefahr ergibt sich auf Grund der kurzen Vegetationsperiode. Die Pflanze wächst auf Grund der Überversorgung

mit Nährstoffen zu lange und schließt den Trieb nicht rechtzeitig ab. Frostschäden sind die Folge. Allenfalls kann bei sehr nährstoffarmen Böden ein bis zwei Jahre nach der Begründung „eine Hand voll“ Biosol pro Pflanze bei sehr mageren Böden überlegt werden, um die Bodenaktivität anzuregen. Sinnvoller wäre es jedoch zu warten und Vorwälder z.B. mit Grünerlen zu begründen.

Standortauswahl

Die beste Pflanze am falschen Standort nützt nichts. Neben der richtigen Provenienz und der korrekten Verpflanzung ist die Standortwahl der wichtigste Faktor, der über Erfolg oder Misserfolg mitentscheidet.

„Wenn sie irgendwo hinkommen und von der Natur etwas wollen, setzen sie sich erstmal hin. Schauen sie mindestens zehn Minuten in die Gegend und stellen sie sich folgende Fragen: Wie macht es die Natur hier? Wie kann ich die Natur am besten kopieren? Und dann machen sie das so – besser wie die Natur werden sie nicht sein.“ (O-Ton Waldbauprofessor)

Voraussetzungen

Für die Standorterkundung sind profunde Geländekenntnisse unabdingbar. Gegenhangbeobachtungen, Begehungen, Ausaperungsfotos und Kenntnisse der Vegetation sind sehr hilfreich.

Standortunterschiede innerhalb des Projektgebietes sind zu erfassen, welche sich aus der kleinflächigen Geländegliederung in Rippen, Runsen, Hangschultern, Kanten, Verflachungen usw. ergeben. Im Freiland der subalpinen Stufe können sich die Standortbedingungen auf wenigen Metern Distanz erheblich unterscheiden. Insbesondere an Hängen, die nicht direkt nach Süden gerichtet sind.

Hilfsmittel zur Schaffung von günstigen Standorten

Der Gleitschutzbock aus Robinienholz mit einer Wirkhöhe von 0,8 m hat sich in Vorarlberg in den letzten Jahren bestens bewährt. Die Kosten eines fertig aufgestellten Bockes von ca. 160 €/Stück rechtfertigen sich dadurch, dass Standorte, die am Anfang eigentlich ausgeschlossen werden müssten, auf einmal möglich werden. Optimalstandorte werden noch besser, das Pflanzenwachstum verbessert sich weiter, die Ausfallquote sinkt. Nebenschauplätze ohne technische Lawinerverbauung werden auf einmal zu Aufforstungspunkten.



Abb. 8: Gleitschutzbock aus Robinienholz mit Wirkhöhe $d=0,8\text{m}$ mit Zirbengruppe (Alter ca. 12 Jahre) zwischen Technischer Verbauung, Kälberhaldelawine/Gargellen

Fig. 8: Snow glide protection made from robinia timber, with a height of 0,8m with Swiss pine group (*Pinus cembra* – aged ca. 12 years) under avalanche defense made of steel. Kälberhalde avalanche/Gargellen

Vom optimalen Standort

Topografie und Schneeverteilung

Generell lässt sich hier die Aussage treffen, dass Geländevertiefungen, Runsen, Mulden und Verflachungen im Vergleich zu angrenzenden Erhebungen eher ungünstig sind. In diesen „Schneelöchern“ ist wegen Einwehungen, Ablagerungen, geringer Sonneneinstrahlung und Wärmemangel die Vegetationsperiode noch kürzer. Auf solchen Negativstandorten fehlt es auf Grund der langen Schneeüberdeckung an Bodenwärme. Dadurch wird das Wurzelwachstum eingeschränkt und die wechselseitige Beziehung von Pflanzenwurzeln, Bodenbakterien und Mykorrhizapilzen setzt zu



Abb. 9: Ein Ausaperungsfoto kann einen groben Überblick über die Schneeverteilung geben. Tafamuntlawine/Partenen

Fig. 9: Pictures of the snow melt at different times may serve for indications development of afforestation. Tafamunt avalanche/Partenen

spät ein bzw. hört sie zu früh auf. Dadurch wird die Pflanze geschwächt und instabil, die Anfälligkeit für Pilzkrankungen steigt.

Bei ungleichmäßiger Oberfläche sind die Optimalstandorte vorwiegend jene Bereiche auf und um Geländeerhebungen. Die Ausrichtung zur Sonne, vor allem bei niedrigem Sonnenstand im Frühjahr, ist zu beachten und auszunutzen. So kann es auch sein, dass Rücken nur auf der Sonne zugewandten Seite gepflanzt werden. Günstige Standorte bei Werksfüßen, großen Steinen oder Wurzelstöcken sind neben den Gleitschutzböcken zu bevorzugen, da diese auf Grund der Wärmeabstrahlung ein günstigeres Kleinklima schaffen.

Vegetation

Der optimale Standort bei der Aufforstung ist immer eine Momentaufnahme. Die Schneevertei-

lung kann auf Grund von Verfrachtungen z.B. bei Föhnlagen ganz anders sein, wie beim ursprünglichen Schneefall. Deshalb sind Ausaperungsfotos meist nur das zweitbeste Mittel.

Es lassen sich alleine aus Aspekten einer Pflanzengesellschaft, ohne genaue Artenbestimmung, wichtige Hinweise, sogar für den durchführenden Arbeiter, ablesen. Die Vegetation entwickelt sich langsam und wird nur gering von einem Ausnahmewinter mit viel oder wenig Schnee oder massiver Verfrachtung beeinflusst.

Ist die Vegetation sehr hoch und dicht (z.B. Alpenrose, Alpendost, Pestwurz), lässt das auf eine längere Schneeüberdeckungsdauer schließen. Es kommt hier zusätzlich zum Konkurrenzkampf um Licht, Wärme, Nährstoffe und Wasser.

Vorsicht ist bei stark windexponierten

Geländeerhebungen angebracht, wo Trockenheit und Frosttrocknis, sowie die höhere Verbissdisposition durch geringe Schneeüberdeckung die Bäumchen gefährden. Diese Standorte sind durch niedrigen, kriechenden Bewuchs (z.B. Gamsheide, Krähenbeere) gekennzeichnet.

Was ist mit dem Rest?

Nach der negativen und positiven Standortauscheidung bleiben immer noch Flächen über, auf denen die Aufforstung zwar möglich, aber nicht unproblematisch ist. Sollten diese nicht zwingend (z.B. Rutschflächen) aufgeforstet werden müssen, bleiben diese vorerst unbepflanzt.



Abb. 10: Festlegung von Kleinstandorten. Auf Grund dieser Schneeverteilung, natürlichen Verjüngungskegeln, Bodenvegetation und großen Steinen, ergeben sich mögliche Aufforstungsstandorte quasi automatisch. Tafamuntlawine/Partenen

Fig. 10: Determination of microsites for a clustered arrangement of trees. Because of the snow distribution, the natural tree groups, ground vegetation and big stones, new microsites for afforestation are displayed nearly automatically. Tafamunt avalanche/Partenen

Vielleicht ergibt sich in ein paar Jahren die Gelegenheit, die Aufforstung von gelungenen Stützpunkten noch etwas in diese Flächen auszuweiten. Eventuell lohnt es sich, einer später zu erfolgenden Aufforstung durch Vorbaumarten wie die Grünerle den Weg zu ebnen. Es reicht hier von bestehenden Grünerlen kurz vor Samenflug Äste abzuschneiden und an den gewünschten Stellen in den Boden zu stecken. Die Natur erledigt dann den Rest.

Aufforstungsmethode

Die Topfpflanzen werden in Kleinstrotten zu 10 bis 30 Stück mit einem Pflanzabstand von max.

50 cm gesetzt. Die Kleinstrotten haben einen Durchmesser von 2 bis 4 m und einen Abstand von ca. 4 m. Wie schon oben erwähnt, sind dies die stärker bestrahlten, eher südexponierten Flanken von Erhebungen, Bestandesrändern, Jungwuchsgruppen, Felsvorsprüngen oder Bermentritten, welche Wärme auffangen und zurückstrahlen. Sie können durch Gleitschutzböcke zusätzlich definiert werden.

In letzter Zeit wurde dazu übergegangen, bei Zirbenaufforstungen die Zirben mit Fichten zu umgeben, um einen zusätzlichen Schutz gegen Wildeinflüsse zu erhalten. Bei der Aufforstung mit

Zirbe, die eine Hakenwurzel macht, ist zusätzlich darauf zu achten, diese richtig einzugraben. Zu erkennen ist dies meist an dem kleinen Bogen am Wurzelhalsanlauf, der talwärts zeigen muss. Die Zirbe muss sonst mit immensen Anstrengungen diese Wurzel umdrehen, was oft nicht gelingt.

Die Anordnung in Rotten statt in flächigen und starren Pflanzverbänden hat mehrere Vorteile. Im strukturierten Gelände werden günstige Kleinstandorte optimal ausgenutzt. In gleichförmiger mit weitgehend glatter Oberfläche ausgebildeter Topografie wird die gewünschte Aufrauung der Oberfläche und damit eine Diffe-

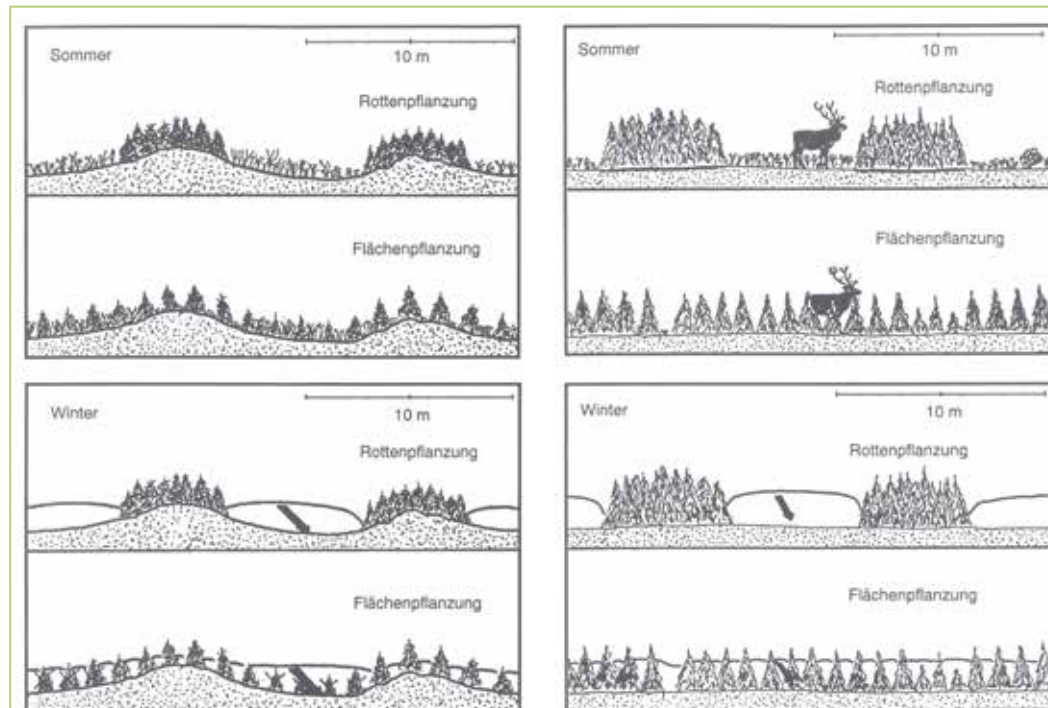


Abb. 11: Auswirkungen der Rottenanordnung in gegliedertem Gelände während der Verjüngungsphase im Vergleich zur flächigen Aufforstung. Sommer und Winter.

Fig. 11: Positive effects of a clustered arrangement of trees in structured areas during regeneration compared to a regular area-extensive afforestation.

Abb. 12: Auswirkungen der Rottenanordnung auf gleichmäßigem Gelände während der Verjüngungsphase im Vergleich zur flächigen Aufforstung. Sommer und Winter.

Fig. 12: Positive effects of a clustered arrangement of trees in flat areas during regeneration compared to a regular area-extensive afforestation.

renzung in wärmere und kühlere, schneearme und schneereiche, früher oder später schneefreie Standorte erreicht.

Die Rottengröße ist höhenlagen- und standortsabhängig und richtet sich in der Regel nach dem Aussehen der umgebenden natürlichen Rotten. Der Durchmesser im Baumholzalter sollte eine halbe bis ganze zu erwartende Baumlänge betragen. Die endgültige Rotte wird aus mehreren vorläufigen Kleingruppen aufgebaut. Der Abstand zwischen den Rotten ist so weit zu wählen, dass die Kronen der benachbarten Rotten sich später nie ganz zusammenschließen. Die Form ist rundlich bis oval in der Hangfalllinie und kann auf Geländerippen auch vertikal angeordnet sein.

Vom richtigen Zeitpunkt

Im Montafon hat sich die Hochlagenaufforstung nach Abschluss des Jahrestriebes (Verholzung – Mitte-Ende August) am besten bewährt. Das Wurzelwachstum findet bis 3–4 Grad Bodentemperatur statt. Es ist also trotz teilweise Oberflächenfrost noch genügend Bodenwärme vorhanden, um das Wurzelwachstum im Herbst und damit ein Anwachsen der Pflanze zu ermöglichen. Für die Frühjahrspflanzung ist man in der Regel auf Grund der langen Schneeverweildauer zu spät, auch wenn die Aufforstungsflächen schon aper sind. Vor Ende Mai können die meisten Baufelder in der Hochlage nicht erreicht werden. Man läuft Gefahr, die Pflanzen bei einer beginnenden Trockenperiode zu setzen. Außerdem sind die Jahrestriebe gerade im Anlauf begriffen, die dann bei der Manipulation abbrechen, was zumindest zu einer Wuchsstockung führt.

Was kosten wie viele Pflanzen

Bei entsprechender Standortausscheidung findet man mit ca. 2000 Pflanzen pro ha im ersten Anlauf das Auslangen. Die Kosten bei der Durch-

führung mit WLW-Mitarbeitern, bis die Pflanze im Boden ist, betragen je nach Transportentfernung bei der Fichte zwischen 5 und 7, bei der Zirbe zwischen 6 und 8 Euro.

Pflege

Die positiven Auswirkungen der Rottenstruktur werden spätestens bei der Jungwuchspflege ersichtlich. Es ergibt sich in kurzer Zeit ein Mosaik von Gruppen oder Rotten, welche in ihrer näheren Umgebung die Unebenheiten des Geländes verstärken und zu einer noch ausgeprägteren Standortdifferenzierung beitragen. Dadurch werden Schneeablagerungen oder Strahlungsabsorptionen unregelmäßiger und an den entscheidenden Stellen günstiger. Die Rotten apert früher aus als die unbepflanzten Zwischenräume, wodurch die Ausfälle in Folge von Pilzkrankheiten abnehmen. Die Jungwuchspflege ist nur auf dem bepflanzten Teil der Fläche notwendig. Nach dem Kronenschluss innerhalb eines Kollektivs müssen sich die Bäumchen nicht mehr gegen die Konkurrenz durch die übrige Vegetation durchsetzen, wodurch die Pflege verkürzt wird.

Durch die Kombination von bepflanzten und freien Flächen steigt die ökologische Vielfalt.

Ab der Dickungsstufe profitieren die im Zentrum der Rotten stehenden Bäume vom Schutz der Randständigen vor Wildverbiss und Fegeschäden. Die bereits günstigen Standorte werden ausgedehnt und verbessert, die problematischen eingeengt.

Mit zunehmendem Bestandesalter nimmt die Standfestigkeit zu. Sollte eine Rotte durch Eisanhang, Schneebruch etc. vernichtet werden, bleiben genügend Rotten über. Der Bestand bricht nicht dominoartig zusammen wie dies bei einem gleichaltrigen, gleichförmigen, flächigen Bestand passieren kann. Eine Durchforstung ist in der Hoch-

lage nur bedingt notwendig. Meist regelt die Natur bzw. der Schnee dies für den Forstmann. Allenfalls können einzelne Kleingruppen entnommen oder durch feinfühlig Eingriffe begünstigt werden.

Schäden

Trotz Verwendung von bestem Pflanzmaterial, Selektierung der Kleinstandorte und größter Sorgfalt beim Setzen der Pflanzen wird es immer wieder vorkommen, dass durch ungünstige Witterungsverhältnisse auf einzelnen Standorten Schäden auftreten.

Pilzkrankheiten

Im Montafon sind auf der Fichte in erster Linie Probleme mit dem Schwarzen Schneeschimmel (*Herpotrichia nigra*), auf der Zirbe die Schneeschütte (*Phacidium infestans*) und Triebsterben (*Scleroderis lagerbergii*) festzustellen. Allen ist gemeinsam, dass die befallenen Äste vor dem Sporenflug ausgeschnitten und an geeigneter Stelle verbrannt werden müssen, um eine Ausbreitung zu verhindern. Früher wurden diese Schäden auch chemisch bekämpft, was aber auf Grund der Unwirksamkeit und Gefährdung der Mykorrhiza Anfang der 1990er Jahre abgeschafft wurde.

In sehr warmen, feuchten Perioden im Frühjahr/Sommer kommt es teilweise zu starkem Befall mit Fichtennadelblasenrost, der auf Grund seiner typischen gelben Farbe leicht zu erkennen ist. Sollte der Befall an kleinen Bäumen nicht mehrere Jahre hintereinander auftreten, ist dieser selten letal. Eine wirksame Bekämpfungsmethode gibt es nicht.

Insekten

Bekämpfungswürdige Schäden durch Insekten kamen in den Hochlagen der WLW Bludenz kaum vor. Kleinere Schäden durch Arven-

laus, Kiefernrinde laus oder Fichtengallenlaus sind zu vernachlässigen, da sie allenfalls zu einer Wuchsstockung führen.

Weidevieh

Wie schon bereits in der Einleitung erwähnt, gibt es im Montafon, randlich zu den Baufeldern der WLW oder mitten drin, noch zahlreiche beweidete Flächen. Verbiss- und Trittschäden lassen sich relativ einfach verhindern, indem die aufzuforstenden Gebiete temporär durch Elektrozäune oder Stacheldraht eingezäunt werden. Die jährlichen Kosten sind je nach Zaunlänge teilweise beträchtlich, jedoch unvermeidbar. Man würde hier an der falschen Stelle sparen.

Klimatische Schäden

Früh- und Spätfröste können Knospen, Triebe und Nadeln des laufenden Jahrganges während der Wachstumsphase abtöten. Sie sind in der Regel nicht letal und führen nur zu einem Zuwachsverlust und anschließend zu Zwieselbildung und Verbuschung. Eine Bekämpfungsmaßnahme gibt es nicht.

Frosttrocknis befällt auch ältere Nadeln und Zweige. Manchmal sterben ganze Bäume ab. Charakteristisch ist die fuchsrote Verfärbung, die auf einer Austrocknung im Winterhalbjahr infolge Wasserverlust auftritt. Durch Föhnlagen im Frühjahr werden die Pflanzen zum Wachstum angeregt, der gefrorene Boden erlaubt aber keinen Wassernachschub. Es kommt dies vor allem in sehr schneearmen Wintern vor und kann durch entsprechende Standortauswahl geringfügig beeinflusst werden.

Ab und zu sind Frostwechselschäden (starke Temperaturunterschiede) und Strahlungsschäden festzustellen.

Mechanische Schäden

Pflanzschock

Auf Grund der ausschließlichen Verwendung von Topfpflanzen ist dieser Fall fast zu vernachlässigen. Bei der Wahl des richtigen Pflanzmaterials sowie den oben beschriebenen Maßnahmen wie richtiger Zeitpunkt, wenig oder keine Düngung etc. ist der Unterschied beim Standortwechsel vom Forstgarten auf die subalpine Freifläche so gering, dass dieser nach ein – zwei Jahren überwunden ist. Wenn die Pflanzen vor dem Transport ordentlich eingegossen werden, der Topf entsprechend durchfeuchtet ist, ist ein guter Anwuchserfolg garantiert.

Steigern könnte man den Anwuchserfolg wenn man Pflanzen aus einem Hochlagenforstgarten nimmt oder die Topfpflanzen bereits im Herbst am Baufeld lagern kann. Sie sind besser akklimatisiert und man kann die Pflanzen dann mit der Frühjahrsfeuchtigkeit in den Boden bringen. Die längere Anwuchsphase verringert den Pflanzschock drastisch. Der lange Zeitraum der Lagerung, der noch dazu meist nicht beobachtet werden kann, dementsprechend nicht z.B. auf Trockenphasen reagiert werden kann, wiegt diesen Vorteil leider größtenteils wieder auf.

Deformation der Wuchsform

Solange die Bäumchen noch sehr klein sind, werden sie erstaunlich wenig durch Schneebewegungen geschädigt. Die Pflanzen werden zwar säbelwüchsig, zur Aufspaltung und zum Bruch der Stämme kommt es jedoch erst, wenn die Bäume mit zunehmendem Alter ihre Elastizität verlieren. Durch Auswahl geeigneter Standorte und eines angepassten Pflanzmaterials sowie Gleitschutzböcken kann dies zum Großteil unterbunden werden.

Sonstige Mechanische Schäden

Dazu zählen Verletzungen z.B. durch Schikanten.

Diese sind aber vernachlässigbar. Schäden aufgrund solcher und ähnlicher Einflüsse sind auf die Verdrängung des Wildes und daraus resultierender Deckung des erhöhten Energiebedarfs durch Forstpflanzen zurückzuführen. Das größte Problem in dieser Kategorie stellt Hagel, vor allem auf Zirben, dar, in dessen Folge durch Verletzungen meist Pilzkrankungen für letale Schäden sorgen.

Das dicke Ende – Wildproblematik

Wie auf der „Torte der Wahrheit“ (Abb.15) zu sehen ist, ist das Hauptproblem bei der Begründung und Pflege von Schutzwäldern, Hochlagenaufforstungen und Aufforstungen allgemein die überbordenden Schalenwildbestände. Diese haben sich trotz intensivster Bemühungen der WLW und der BH-Forstabteilung in den letzten 20 Jahren mehr als verdoppelt. Wenn man es realistisch betrachtet gibt es keine Wald-Wildproblematik. Es ist in erster Linie eine Wildproblematik, die eine rasche und effektive Aufforstungs- und Naturverjüngungsentwicklung hemmt.

Die wildtaugliche Fläche wurde auf Grund von Siedlungsausweitung, Verkehrsflächen und nicht zuletzt der touristischen Entwicklung immer kleiner. Der menschliche Einfluss lässt sich nicht wegdiskutieren. Er ist aber genauso in den künstlich aufgezüchteten und hoch gehaltenen Schalenwildbeständen zu suchen. Man findet ihn problemlos in der aktuell praktizierten, weder dem Wald zuträglichen, noch der Wildökologie entsprechenden, unangepassten Fütterungsstrategie und Futtermittelvorlag. Von einer Hege und Pflege hat man sich längst entfernt. Hauptziel ist es, möglichst viele Trophäenträger zu erzeugen. Das Hauptübel sind die kurzen Jagdpachtzeiten von sechs Jahren, die in der Kurzsichtigkeit der meisten Grundbesitzer einen Pächter zu befriedigen, den langen Zeiträumen einer forstlichen Entwicklung in der Hochlage diametral gegenüber

stehen. Die Jagdaufseher, die zum Teil endlich ein wenig Problembewusstsein entwickeln, stehen als Angestellte im Abhängigkeitsverhältnis zum Jagdpächter. Diese haben in der Regel das Geld, aber keine Zeit die Reviere aus forstlich relevanten Gesichtspunkten zu bejagen. Meist fehlt jegliches Verständnis und Interesse für Schutzwaldfragen. Die Maßnahmen und Ansätze der Forstbehörde werden oft von übergeordneter Stelle mit guten Verbindungen zum jagenden Klientel torpediert.

Maßnahmen wie chemischer (Trico, Cervacol, WAM) und/oder mechanischer Verbisschutz wirken kleinflächig und sind jährlich mit einem hohen Kosten- und Personalaufwand aufzubringen. Zäune im subalpinen Bereich zu errichten ist wegen Zerstörungsanfälligkeit auf Grund von Schneehöhe, Schneebewegungen, der benötigten Größe und den daraus resultierender Kosten unmöglich.

Es kommt sehr oft auch nur zu einer



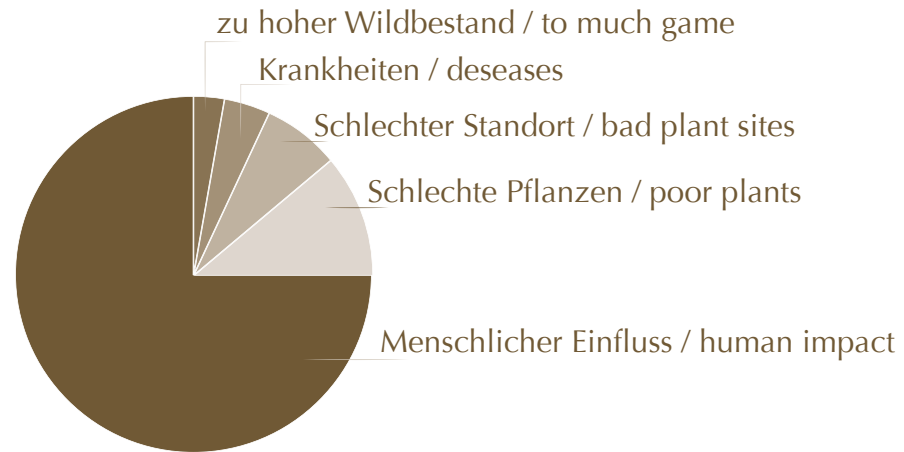
Abb. 13 und 14:
Was ohne Wildeinfluss in der Hochlage möglich ist, zeigt ein Versuchszaun auf ca. 1950m Seehöhe und eine Vergleichsaufforstung direkt daneben. Beide Aufforstungen wurden im gleichen Jahr gepflanzt. Gatsauna-Goldeforlawine/ Gaschurn



Fig. 13 and 14:
The potential of an afforestation at altitude of 1950m without any game influence is shown on the left behind a trial-fence compared to an afforestation without a fence in the same area. Both afforestations were planted at the same time. Gatsauna-Goldeforlawine/ Gaschurn

Ursachen für Aufforstungsmisserfolge

Reasons for failures in afforestation



Tatsächliche Ursachen für Aufforstungsmisserfolge

Real reasons for failures in afforestations

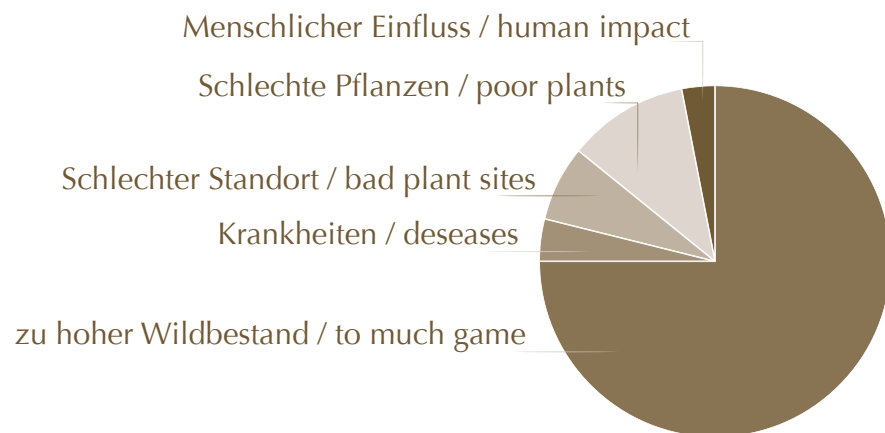


Abb. 15: Die „Torte der Wahrheit“ – diskutierte Probleme und reale Probleme bei der Aufforstung aus der Sicht eines Försters.

Fig. 15: The “cake of truth” – widely discussed problems and real Problems on afforestation from the view of a forester.

Verlagerung des Problems in andere Waldbereiche bzw. zu einem späteren Zeitpunkt, wo Bäume, die dem Äser endlich entwachsen sind, verlegt oder geschält werden. Die meisten Flächen würden sich über kurz oder lang von selber erledigen, würden zuwachsen, wenn die Schalenwildbestände nicht nach jagdwirtschaftlichen, sondern aus dem Gesichtspunkt der zu erhaltenen Schutzfunktion getätigt werden würden. Man mag zum Wildschadenkontrollsystem (WSKS) in Vorarlberg und dessen Auswertung stehen, wie man will. Die Verjüngung innerhalb der Probezäune spricht für sich selber und diese Sprache ist eindeutig.

Was potentiell möglich ist, sieht man momentan ansatzweise in der Hegegemeinschaft 2.1 (St.Anton/Bartholomäberg/Silbertal/Schruns), wo auf Grund einer viralen TBC-Problematik die Abschüsse eine forstlich real wirksame Größe erreicht haben.

Anschrift des Verfassers / Author's address:

Ing. Fö. Alexander Stoiser
 Wildbach- und Lawinenverbauung
 Gebietsbauleitung Bludenz
 Oberfeldweg 6, 6700 Bludenz
 alexander.stoiser@die-wildbach.at

Literatur / References:

SCHÖNENBERGER, W., FREY, W., LEUENBERGER, F. (1990):
 Ökologie und Technik der Aufforstung im Gebirge – Anregungen für die Praxis. Birmensdorf : Eidgenössische Anstalt für das Forstliche Versuchswesen.

BISCHOFF, N. (1987):
 Begründung und pflegliche Nutzung von Gebirgswäldern. Ein Lesebuch als Leitfaden. Bern: Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale.

GOTTFRIED SEER

Ausführung der sohnnahen Rostkonstruktion bei Filterbauwerken am Beispiel des Schwarzleograbens in der Gemeinde Leogang

Zur Ausfilterung von Grobgeschiebe und Unholz an (stark) geschiebeführenden Wildbächen gelangen in vielen Fällen Filterbauwerke mit zentralen Bauwerksöffnungen zur Umsetzung. Diesen zentralen Öffnungen werden, je nach Anforderung, unterschiedliche Rostkonstruktionen vorgeschaltet, wobei meist folgende, wesentliche Funktionen für die konstruktive Ausbildung relevant sind:

- Rückhalt von Grobgeschiebe und Wildholz
- Passierbarkeit für Feingeschiebe, welches der Unterlauf bzw. der Vorfluter schadlos aufnehmen kann, dauernd gewährleisten
- Allmähliches Aufgleiten/Aufschwimmen von Unholz
- Möglichst gute Entwässerung des Verlandungskörpers bei Teil- oder Vollfüllung des Stauraumes
- Fischpassierbarkeit durch den Sperrbereich ermöglichen
- Durchgängigkeit im Sohlbereich für Kleinstlebewesen sicherstellen

Um diese Anforderungen möglichst gut erfüllen zu können, wurden Stahlträgerrostbautypen entwickelt, mit einem allmählichen Neigungsanstieg von der Bachsohle bis zur Überfallsektion des Abschlussbauwerkes. Die Neigungswechsel werden mit mehreren Knicken in der Stahlkonstruktion bzw. mittels Ausrundung bewerkstelligt. Als Auflager für die einzelnen Längselemente dienen Stahlquerträger, die in seitlichen Rostwangen bzw. in Mittelscheiben aufliegen. In Hinblick auf die abfluss- und geschiebetechnisch relevanten Funktionen darf der sohnnahe Teil des Rostes nur leicht ansteigen, soll nicht zu kurz sein und die freie Durchflussfläche zwischen der Unterkante des Rostes und der neuen Bachsohle muss möglichst groß bleiben. Zugleich ist darauf zu

achten, dass bezüglich der Passierbarkeit für Fische und zur Aufrechterhaltung des Sohlkontinuums keine Sohlspünge entstehen.

Mit diesen Vorgaben wurde die Planung der Rostkonstruktion für das Filterbauwerk am Talausgang des Schwarzleograbens (Gemeinde Leogang) bei hm 7,95 durchgeführt. Die statische Dimensionierung (mittels SCIA – scientific software) ergab für die Längselemente des Rostes Stahlträger IPE 300 in einem Abstand von ca. 0,5 m. Als Auflager im sohnnahen, mit 1:5 geneigten und ca. 5 m langen Teil resultierten 2 Querträger (HEB 400, HEB 700). Aufgrund des Lastbildes musste der stärkere Träger nahe der Feldmitte situiert werden. In Hinblick auf die eingangs aufgelisteten Anforderungen ergab sich unter Annahme eines Sohlgefälles von ca. 5 % das Problem, dass der Abflussquerschnitt unterhalb des Rostes von den Querträgern, vor allem natürlich durch den stärkeren im zentralen Teil, massiv eingeschränkt wird. Konkret verblieb zwischen der Unterkante des Trägers und der künftigen Bachsohle nur ein Abstand von 0,37 m. Lage und Dimension des Trägers stellen somit ein Abflusshindernis dar und beeinträchtigen die Funktion der Rostkonstruktion. Bereits bei geringem Geschiebe- und Unholzanfall besteht die Gefahr einer Verkläuserung/Verlandung und der Rostabschnitt zwischen dem Querträger (HEB 700) und dem Rostaufleger wäre funktionslos (vgl. Abb. 1).

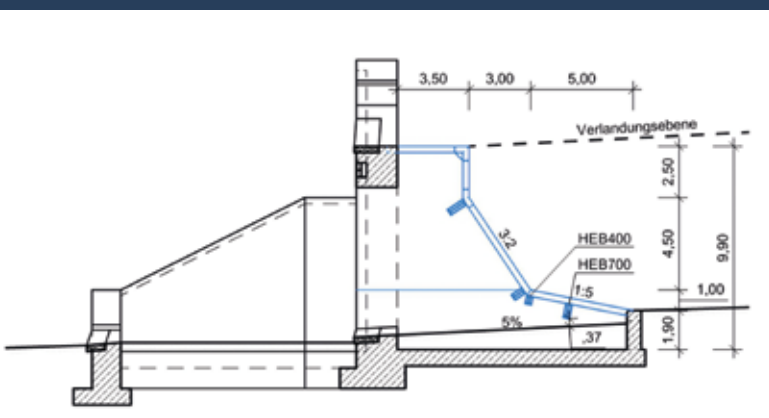


Abb. 1: Filterbauwerk Schwarzleograbens mit durchgehendem Stahlträgerrost

Alternativ dazu wurde eine Erhöhung der ca. 1,9 m hohen Auflagermauer für die Rostkonstruktion geprüft. Dies führte aber zu einer unüberwindbaren Schwelle für Fische bzw. zu einer Unterbrechung im Sohlkontinuum. Auch eine Änderung der Feldlänge brachte keine zufriedenstellende Lösung.

Für das Filterbauwerk am Schwarzleobach wurde daher die sohnnahe Stahlrostkonstruktion mit I-Trägern durch Stahlbetonlamellen ersetzt. Im gegenständlichen Fall weisen die einzelnen Scheiben eine Länge von ca. 5,0 m auf, die Höhe steigt fortlaufend von 1,9 m bis auf 2,9 m an (vgl. Abb. 2). Die Breite liegt bei 0,3 m. Damit kommt es zu einem bündigen Übergang zur darüber ansetzenden Stahlkonstruktion (IPE 300).

Die Stahlbetonscheiben sind zum Schutz vor Abrieb mit Stahlblechen (8 mm) gepanzert. Diese Panzerung wurde zugleich als Schalung verwendet. Zum Schutz vor einer Ausbauchung im Zuge der Betonarbeiten, welche je Element in 2 Teilabschnitten erfolgten, wurde eine temporäre seitliche Aussteifung hergestellt. In Hinblick auf die Ausbildung einer Niederwasserrinne, mit entsprechenden Wassertiefen, sowie der Herstellung eines durchgehenden Sohlverlaufes im Bauwerksbereich wurde die 1,9 m hohe Fundamentabschlussmauer in 3 Zwischenfeldern um ca. 0,5 m abgesenkt. Somit besteht am Filterbauwerk im Schwarzleobach eine freie Durchflusshöhe von ca. 1,4 m und zugleich konnte die Durchgängigkeit im Sohlbereich sichergestellt werden.



Abb. 3: Ansicht Filterbauwerk Schwarzleograbens



Abb. 4: Detailausschnitt Rost mit Scheiben an der Basis

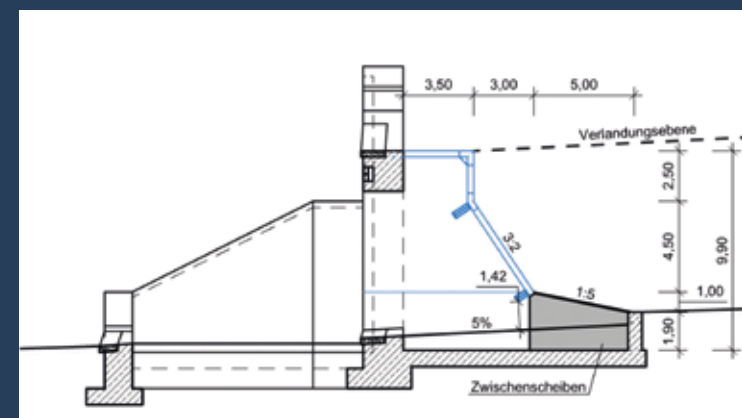


Abb. 2: Filterbauwerk Schwarzleograbens mit Stahlbetonscheiben im sohnnahen Bereich der Rostkonstruktion

Anschrift des Verfassers

DI Gottfried Seer
Wildbach- und
Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Pinzgau
Schmittenstr. 16
5700 Zell am See
gottfried.seer@die-wildbach.at

Literatur

Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und
Lawinenverbauung – Gebietsbauleitung
Pinzgau (2015). Leoganger Ache – 3. Detailprojekt Schwarzleograbens

THOMAS FRANDL

Ippachbach Gemeinde Wolfurt

Beim Hochwasser am 04.06.2007 kam es im Bereich des bestehenden Querwerkes im Ippachbach in der Gemeinde Wolfurt zu Geschiebeansammlungen und in Folge davon zu einem linksufrigen Bachausbruch. Das Wasser floss über die Wiese in Richtung eines darunterliegenden Wohnhauses der Zufahrtsstraße zum Wohnhaus. Im Zuge des Projektes Ippachbach wurde eine Dolensperre errichtet, wobei der Durchmesser der Dolen 30 cm beträgt. Die Dolen wurden versetzt in drei Ebenen in der Sperre angeordnet. Der Durchmesser der einzelnen Dolen musste so gering gewählt werden, weil der Ippachbach im Unterlauf verrohrt ist und diese Verrohrung unterdimensioniert ist und daher keinerlei Geschiebe aufnehmen kann und auch nicht in der Lage ist, dieses abzutransportieren.

Damit die Dolen nicht gleich verklausen, wurden diese mit einem halbrunden mit Längsschnitzen versehenen Stahlrohr (DN 1000) geschützt. Die Breite der Schlitzes beträgt ca. 7 cm. Der Dolenschutz ist mit Laschen versehen und wurde an die Sperre angeschraubt.



Abb. 1: Ansicht der Sperre; die Dolen wurden mit einem mit Längsschnitzen versehenen Halbrohr geschützt.



Abb. 2: Erhöhte Wasserführung am 05.08.2016

Anschrift des Verfassers

DI Thomas Frandl
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Bregenz
Rheinstraße 32/4, 6900 Bregenz
thomas.frandl@die-wildbach.at

You better ask our experts for the best approach



software
maps
geostatistics
reporting
data

"That's it."

Gregor Ortner, CTO UNIDATA

UNIDATA GEODESIGN GMBH
Gärtnergasse 3 Top 6, 1030 Vienna
t +43(1) 96 901 78
office@unidata.at
www.unidata.at

unidata
geo
design



GEOTECHNIK HENZINGER

Zivilingenieur für Bauwesen

A - 6095 Grinzens, Plattach 5

Tel.: 05234/65533, Fax.: DW 5

e-mail: j.henzinger@geotechnik-henzinger.at

www.geotechnik-henzinger.at

GRUNDBAU - DAMMBAU - GEOTECHNIK

ANDREAS JÄGER

Adaptierung der Dosiersperre im Fuchsbach/Tamsweg

Einleitung

Im Zuge der Projektierung des wildbachtechnischen Schutzprojektes Fuchsbach in der Gemeinde Tamsweg wurde das, am Schwemmkegelhals situierte Schlüsselbauwerk aus der bestehenden Verbauungskette statisch beurteilt. Das im Jahr 1984 als Dosiersperre im hm 26,14 errichtete Bauwerk wies bis zum heutigen Tag keine Beaufschlagung durch ein Bemessungsereignis auf. Aufgrund der detaillierten Kollaudierungspläne konnte die Lage und Dimensionierung der Stahlarmierung gut verifiziert werden. Mit einer wasserseitig wirksamen Höhe von 4,8 m und einem 70 cm breiten, mittig positionierten Dosierschlitz ist die Standsicherheit infolge Murbelastung nur unzureichend, ein Versagen bei einer derartigen Belastung wäre die Folge. Für den teilverbauten Wildbach wurde ein Detailprojekt mit einer statischen Adaptierung der Dosiersperre ausgearbeitet.

Statische Überlegungen und Vergleichsbaustellen

Durch die statischen Berechnungen konnte nachgewiesen werden, dass der mittig positionierte Dosierschlitz ein erforderliches Verteilen der Zugkräfte im Sperrmittelteil unmöglich machte. Die GBL Lungau hat schon mehrere ähnliche Bauwerkstypen statisch adaptiert. Im

Gaipabach/Gemeinde Thomatal wurde im Jahr 2016 eine Schlitzsperre durch Vorbetonieren von Vorfelddwangen umgebaut und somit ein statisch stabiles System hergestellt. Im vorliegenden Fall konnte diese Umbauvariante aufgrund der schwierigen Erreichbarkeit (keine Zufahrtsmöglichkeit) und des sehr steilen Längsprofils im Bereich der Sperre nicht angewendet werden. Ein neuer Lösungsansatz mit der Anordnung von außenliegenden Zug- und Druckgliedern zur Verstärkung des Sperrmittelteiles wurde überlegt und umgesetzt.

Adaptierungssystem

Da eine wirtschaftliche Erreichbarkeit der Dosiersperre mit Beton nicht möglich war, musste ein betonloses Adaptierungsverfahren gefunden werden. Es wurde ein System gewählt, bei welchem eine waagerechte Anordnung von sechs 8,0 m langen Stahlträgern zur Verteilung der Zugkräfte im Bereich des Dosierschlitzes ausreichen sollte. Die versetzten Stahlprofile wirken als außenliegende Zug- und Druckglieder welche den Dosierschlitz kraftschlüssig überbrücken, womit statisch eine Vollwandsperre angenommen werden kann. Hierfür wurden auf drei Etagen ca. 15° geneigte Bohrungen (Durchmesser von 42 mm) im Abstand von 1,0 m durch den bestehenden Sperrkörper mittels Schreitbaggerlafette hergestellt und Stabanker-

stäbe mit einem Durchmesser von 26,5 mm eingegossen. Das Naturmaß der fertig versetzten Ankerstäbe wurde aufgenommen und die Bohrungen im Stegbereich der Stahlträger (U-Profile UNP-300 mit einer Stegstärke von 10 mm) angefertigt.

Die Stahlprofile wurden mittels Schreitbagger zur Einbaustelle transportiert und anschließend auf die Ankerköpfe versetzt. Die Fixierung der Stahlträger am Betonanker erfolgte mit Flügelmutter, eine Ankerplatte 200/150/30 mm wurde zur besseren Lastverteilung zwischengelegt. Luftseitig erfolgte eine Verkleidung der U-Profile mittels Stahlblech und wasserseitig wurden zur Fixierung Schweißpunkte gesetzt um ein lösen der Flügelmutter zu verhindern.

Verbauungskette

Die Verbauungskette im teilverbauten Wildbach wurde im Zuge des Detailprojektes mit einem Filterbauwerk im hm 27,21 oberhalb des bestehenden Dosierwerks im hm 26,14 ergänzt. Durch diese Maßnahme wurde auch die Funktion der Dosiersperre hinfällig, diese umgebaute Sperre dient in weiterer Folge als Konsolidierungsbauwerk und Feingeschiebefilter, die maßgebende Geschiebefracht ist durch das neue Filterbauwerk abgedeckt.

Kosten

Die Arbeiten wurden bis auf die Bagger- und Bohrarbeiten komplett in Eigenregie durch die KV-Mitarbeiter der GBL Lungau ausgeführt. Die Gesamtkosten der Adaptierung beliefen sich inkl. Baustelleneinrichtung auf ca. 26.000 € wobei ca. 150 Arbeitsstunden dafür aufgewendet wurden.

Anschrift des Verfassers

Ing. Andreas Jäger
Wildbach- und Lawinerverbauung
Gebietsbauleitung Lungau
Johann Löcker Str. 3, 5580 Tamsweg
andreas.jaeger@die-wildbach.at



Abb. 1: fertig vergossene Stabankerstäbe wasserseitig, dreistufiger Ankerabstand 1,0 m



Abb. 2: Aufbau der Zugglieder – luftseitig



Abb. 3: Versetzen der UNP-300 Stahlträger mittels Schreitbagger



Abb. 4: luftseitige Ansicht



Abb. 5: wasserseitige Ansicht der fertig adaptierten Dosiersperre

NICOLE KAMP, FRANZ LANGEGGER

GIS-Tool zur Ermittlung des Stauraumes von Geschiebesperren und Hochwasserrückhaltebecken

Einleitung

Mittels moderner GIS-Methoden können Prozesse und Workflows automatisiert werden, um so die Arbeit von einzelnen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zu erleichtern und in weiterer Folge zu beschleunigen. Im Zuge des Dissertationsprojekts von Nicole Kamp wurden zusammen mit Franz Langegger und Michael Funder ArcGIS-Werkzeuge zur Unterstützung von täglichen Arbeitsabläufen der Wildbach- und Lawinenverbauung erstellt. Die Anforderung an die Werkzeuge waren eine leichte Bedienbarkeit, eine Reduktion von Fehlern durch die Automatisierung von Prozessen und die Verschmelzung von empirischem Wissen, Formeln und Analysen in einem einzigen Werkzeug. Das GIS-Tool zur Ermittlung des Stauraumes von Geschiebesperren und Hochwasserrückhaltebecken (HWRHB) wurde entwickelt, um die Maßnahmenplanung und die Nachberechnungen in der Maßnahmenetzung zu unterstützen und kann als Hilfsmittel bei Ausführungsnachweisen bzw. Kollaudierungen oder auch bei der Erstellung von Gutachten bzw. Gefahrenzonenplänen eingesetzt werden. Vorgestellt wird das Werkzeug am Beispiel der Geschieberückhaltesperre am Hollerbach bei hm 6,29 in der Gemeinde St. Kathrein am Offenegg, Bezirk Weiz.

Datengrundlagen

In den Jahren 2008 bis 2012 wurde die gesamte Steiermark mittels Airborne Laser Scanning (ALS) befliegen mit dem Ziel, hochauflösende Gelände- und Oberflächenmodelle mit einer Auflösung von 1 m zu generieren. Digitale Geländemodelle (DGM) sind eine generalisierte Repräsentation bzw. Abstraktion der Geländeoberfläche. Die Höhen- (+/-15 cm) und Lagegenauigkeit (+/-40 cm), der Footprint (30 cm), der Detaillierungsgrad, die Punktdichte (5-6 Punkten/m²) der Datengrundlage, die Interpolationsmethode (TIN) oder auch die Rauigkeit der Geländeoberfläche sind Parameter, die Aussagen über die Qualität von Geländemodellen zulassen (Rieger, 2015). Diese hohe Qualität und eine flächendeckende Verfügbarkeit der Geländedaten erlauben eine Vielzahl von neuen Möglichkeiten und Anwendungen, wie zum Beispiel die Digitalisierung und Klassifikation von Gewässerachsen, die Berechnung von einzugsgebietscharakteristischen Informationen oder die automatische Aufbereitung von Grundlagendaten für Modellierungssoftware. Dieses DGM ist auch eine wichtige Berechnungsgrundlage für das hier beschriebene Tool. Die Auflösung bzw. Genauigkeit des verwendeten DGMs ist dabei der Fragestellung (Stau-

raumvolumen) anzupassen. Die derzeit meist verwendete Auflösung von einem Meter zeigt eine ausreichende Genauigkeit für die Berechnung von Retentionsmaßnahmen. An dieser Stelle ist auch zu erwähnen, dass die Aktualität des DGMs nicht unberücksichtigt gelassen werden sollte, da es vor allem in Bereichen, wo sich das Gelände verändert hat, aber auch dort, wo Baumaßnahmen durchgeführt worden sind, die tatsächliche Speicherkapazität eines Rückhaltebeckens nicht mehr oder nur mehr schlecht berechnet werden kann.

Die Verwendung von aktuellen DGMs ist daher für die Analyse wünschenswert, aber nicht immer möglich. Abhilfe schafft in diesem Fall eine Aktualisierung des Geländemodells durch eine terrestrische Vermessung.

Zusätzlich zum DGM werden Informationen zur Lage und Höhe der Sperre, sowie zum Verlandungsgefälle benötigt. Die genaue Lage der Bauwerke findet sich zum Beispiel im Bauwerkskataster (BWK) des Wildbach- und Lawinenkatasters (WLK), wo zusätzlich zur Bezeichnung („Geschieberückhaltesperre“) und der Hektometerangabe, unter anderem der Haupttyp, der Bautyp, der Maßnah-

mentyp, die Kollaudierung, die Bauwerkskategorie oder das Wildbacheinzugsgebiet abgefragt werden können (siehe Abb. 1). Im Vordergrund steht jedoch die manuelle Eingabe der Lage der Rückhaltemaßnahme sowie des potentiellen Verlandungsgefälles.

Bemessung des Rückhaltevolumens

Ursprünglich wurden meist Höhenschichtenlinien oder geodätische Querprofile mit eingezeichneter Verlandungslinie zur Ermittlung des Rückhaltevolumens verwendet. Die Sperre wurde dabei als vordere Begrenzungsfläche eingefügt. In der folgenden Tabelle ist ein Beispiel für die Bemessung des Rückhaltevolumens mit Hilfe von Höhenschichtenlinien angeführt.

Die Bemessung des Rückhaltevolumens wurde nach dieser Formel berechnet (siehe auch Tab. 1):

$$S = \Delta h \cdot \left(\frac{A_1}{3} + \frac{A_1 + A_2}{2} + \dots + \frac{A_{n-1} + A_n}{2} \right)$$

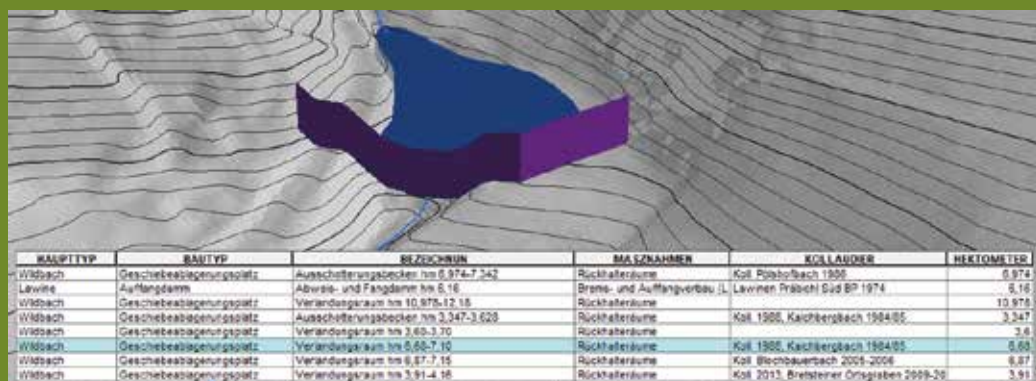


Abb. 1: Geschieberückhaltesperre und WLK Bauwerkskataster im ArcGIS (WLK, 2018)

n	Sperrenhöhe (m)	Grundfläche A _n (m ²)	Δh (m)	ΣA (m ²)	Speichervolumen (m ³)
1	799,4	129	1	43	43
2	800,4	437	1	283	326
3	801,4	627	1	532	858
4	802,4	795	1	711	1569
5	803,4	922	1	858	2427
6	804,4	1051	1	987	3414
7	805,2	1208	0,8	1129	4317

Tab. 1: Bemessung des Rückhaltevolumens bei 0% Verlandungsgefälle

Maßgeblicher Transportprozess	Zusammensetzung des Sediments	Verlandungsgefälle (%)
Hochwasser	Schwebstoff und feinkörniges Geschiebe	0
Fluviatiler Feststofftransport	Feinkörniges Geschiebe (kiesig-sandig)	0 – 5
	Grobkörniges Geschiebe (Steine und Blöcke)	10 – 15
Murartiger Feststofftransport	Grobes bis sehr feines Geschiebe	5 – 15
Schlammströme (feinkörnige Muren)	Schlamm und feines Geschiebe	0 – 15
Granulare Muren mit Matrix	Grobgeschiebe mit feinkörniger Matrix	10 – 15
Granulare Muren ohne Matrix (Geröllmuren)	Nur grobe Komponenten (Steine und Blöcke) ohne Feint	15 – 25

Tab. 2: Empfohlenes Verlandungsgefälle der Ablagerung von Feststoffen (Bergmeister et al., 2009)

Die Art der Transportprozesse und die Zusammensetzung des Sediments beeinflussen das Verlandungsgefälle, und dies wird in der Tabelle 2 ersichtlich gemacht.

Präzise Rasterinformationen über das Gelände und Bauwerke, die in einem Vektor-Datensatz räumlich verortet sind, zusammen mit modernsten GIS-Systemen wie ArcGIS von ESRI und der open-source Skriptsprache Python ermöglichen eine Automatisierung von Prozessen wie der Bemessung des Rückhaltevolumens. ArcGIS Tools (arcpy) können mit diversen anderen Workflows und Funktionen, wie statistischen Auswertungen, mathematischen Formeln oder anderen Python-Modulen, kombiniert und somit neue Werkzeuge für die tägliche Arbeit erstellt werden. Benutzerfreundliche Werkzeuge vereinfachen mehr oder weniger komplexe Arbeitsabläufe und sowohl Analysen als auch Ergebnisse sind durch die Automatisierung weniger fehleranfällig und einfacher verifizierbar.

Für die Bemessung des Rückhaltevolumens wird das DGM in Form eines 3D TIN-Modells betrachtet. Dabei gilt, je hochauflösender das Geländemodell ist, umso genauer ist die Berechnung des tatsächlichen Vo-

lumen. Diverse Tests mit unterschiedlichen DGMs haben gezeigt, dass mit dem gern verwendeten 1 m DGM bereits sehr gute Ergebnisse erzielt werden können. In älteren Workflows musste, um die Verlandungsfläche erstellen zu können, die Verlandungslinie manuell eingetragen werden. Im neuen Ansatz wird diese Fläche automatisch mittels zusätzlicher Eingabe der Sperrenhöhe und des Verlandungsgefälles berechnet. Es besteht auch die Möglichkeit mit dem Werkzeug unterschiedliche Szenarien zu erstellen, also das Verlandungsgefälle zu variieren und Varianten von 0 % bis 25 % zu berechnen.

GIS-Werkzeug und Ergebnisse

Das Geländemodell mit einer Auflösung von 1 m ist bereits als Grundlage im Werkzeug definiert. Die Vergleichbarkeit der Auswertungen ist damit aufgrund derselben Basisdaten gegeben. Die Lage der Sperre wird in Form eines Linien-Shapes angegeben. Zusätzlich können Höhe der Sperre (in [m]) und Verlandungsgefälle (in [%]) frei gewählt werden (siehe Abb. 2).



Abb. 2: Eingabe-Oberfläche in ArcGIS [links] und automatisch generierter Verlandungsraum bei 0% Verlandungsgefälle inkl. Rückhaltevolumen [rechts]

Es wird eine künstliche Oberfläche erzeugt, die sich aus der Höhe und der Lage der Sperre und dem Verlandungsgefälle ergibt und mit dem tatsächlichen Gelände verschnitten wird. 3D TIN-Modelle sind für weitere Analysen sehr gut einsetzbar, weshalb sowohl die künstliche Oberfläche (Verlandungsraum) als auch das Geländemodell in dieses Format umgewandelt werden. Über den Verschnitt der beiden Modelle kann das Volumen ermittelt werden. Eingeschlossen der gewählten Sperrenhöhe wird die Speicherkapazität für jeden Höhenmeter separat berechnet und anschließend in einem Datensatz zusammengefügt. Das Ergebnis wird dem Benutzer als Polygon-Shape mit Verlandungsfläche und Rückhaltevolumen zur Verfügung gestellt (siehe Abb. 2). Vergleicht man das automatisch berechnete Ergebnis (Beispiel – Abb. 3: 4097 m³) mit der Bemessung des Rückhalterumes nach der Formel Gl. (1) (Beispiel - Tab. 1: 4317 m³) so lässt sich die Differenz von 220 m³ folgendermaßen erklären.

Einerseits wird dort, wo der Verlandungsraum an die Sperre grenzt, im DGM ein kleiner Bereich weggeschnitten. Für die Berechnung werden nur ganze Zellen aus dem DGM verwendet, halbe Zellen gehen deshalb verloren. Das bedeutet, dass jene Rasterzellen, die sich unmittelbar unterhalb der Abfragelinie befinden, nicht berücksichtigt werden (siehe Abb. 3). Durch die Verwendung des Geländemodells mit 50 cm Auflösung wird der Unterschied um die Hälfte verringert, was bedeutet, dass das Ergebnis genauer wird. Es empfiehlt sich daher bei kleineren Stauräumen ein genaueres DGM (z.B. 50cm Auflösung) zu verwenden. Andererseits wird bei der manuellen Berechnung das Verlandungsgefälle und der Geländeverschnitt im Randbereich nicht mitberücksichtigt, weshalb es auch in diesem Fall zu Unschärfen kommen kann.

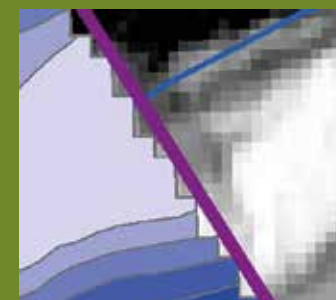


Abb. 3: Unschärfen im Randbereich

Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem vorgestellten Werkzeug kann für einzelne Sperren automatisch das Volumen für Verlandungsräume ermittelt werden. Das ArcGIS-Tool kann nicht nur für die Kontrolle bereits vorhandener Sperren eingesetzt werden. Auch für die Planung neuer Sperren, wie zum Beispiel für die Optimierung einer Sperrenanlage bezüglich Höhe und Standort, kann das ArcGIS-Tool zur schnelleren und sicheren Abschätzung bei Variantenstudien beitragen. Zusätzlich bietet es eine Hilfestellung bei der Abschätzung von Geschiebekubaturen bei Rückhaltemaßnahmen der Wildbachverbauung. Im nächsten Schritt ist geplant, das Werkzeug weiter zu optimieren, um zum Beispiel mit einem verbesserten Workflow die Fehlerquote zu reduzieren. Zusätzliche Informationen über Sperrenhöhe und Verlandungsgefälle im BWK würden eine Automatisierung für gesamte Einzugsgebiete, Gemeinden oder sogar größere Gebiete zulassen. Eine weitere Möglichkeit wäre, die Ergebnisse in den WLK-BWK in Zukunft zurückzuspeichern.

Eingesetzt wird das hier vorgestellte Tool zum Beispiel bei der WLV Steiermark. Bei Interesse bitte um Kontaktaufnahme mit Franz Langegger.

Anschrift der Verfasser

Nicole Kamp
Universität Graz – Institut für
Geographie und Raumforschung
Körblergasse 15/5/33, 8010 Graz
niki.kamp@gmail.com

Franz Langegger
Wildbach- u Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Steiermark Ost
Ziegelofenweg 24, 8600 Bruck an der Mur
franz.langegger@die-wildbach.at

Literatur

BERGMEISTER K., SUDA J., HÜBL J., RUDOLF-MIKLAU F. (2009). Schutzbauwerke gegen Wildbachgefahren. Grundlagen, Entwurf und Bemessung, Beispiele. Ernst und Sohn Berlin: 49 und 122-123.

RIEGER W. (2015). Abschlussbericht zur Airborne Laserscanning Kampagne in der Steiermark (2008-2014). Vermessung AVT – ZT GmbH. 37 Seiten.

JOHANNES HÜBL, SUSANNA WERNHART, FLORIAN RUDOLF-MIKLAU

2. Fachtagung „Stand der Technik im Naturgefahren-Ingenieurwesen“

Nach dem großen Erfolg dieses Veranstaltungskonzepts, fand am 21.–23. Februar 2018 die 2. Tagung zum „Stand der Technik im Naturgefahren-Ingenieurwesen“ an der Universität für Bodenkultur in Wien statt.

Organisiert vom Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus/ Wildbach- und Lawinenverbauung, dem Institut für Alpine Naturgefahren der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) und der internationalen Forschungsgesellschaft INTERPRAEVENT, bot diese Veranstaltung wieder einen einzigartigen Rahmen zum Austausch von Expertinnen/Experten und Praktikerinnen/Praktikern des deutschsprachigen Alpenraums über Standards und Herausforderungen zum Thema Schutz vor Naturgefahren. In 11 Sessions wurden Schwerpunktbereiche des Naturgefahreningenieurwesens vorgestellt und diskutiert. In der abschließenden, letzten Session wurde die Tagung und ihre Inhalte nochmals mit allen Sessionleiterinnen und -leitern reflektiert und in sog. „Take Home Messages“ zusammengefasst.

Die Veranstaltung und die Diskussionen der rund 250 Teilnehmer haben gezeigt, dass sich das Naturgefahren-Ingenieurwesen nicht nur auf die Planung von Bauwerken und Gefahrenzonenpläne beschränkt. Vielmehr ist die zielgruppenorientierte Kommunikation der Unsicherheiten, der Grenzen und der möglichen Auswirkungen im Überlast- bzw. Versagensfall von hoher Wichtigkeit. Die Expertensprache muss für Fachlaien so übersetzt werden, dass es möglich ist einen Risikodialog zu führen. Für einen erfolgreichen Risikodialog müssen hierfür die Erkenntnisse und Sprache der Experten so übersetzt werden, dass diese auch für Fachlaien verständlich sind. Zusätzlich zur Kommunikation mit der betroffenen Bevölkerung hat auch der Austausch zwischen den Experten einen enorm hohen Stellenwert, da Erfahrungen mit Verfahren und deren Umsetzung die Basis für einen gemeinsamen Stand der Technik darstellen. Für ein gemeinsames Verständnis und die Erarbeitung neuer Lösungen ist die Standardisierung

und Normung soweit als möglich anzustreben. Robuste Schutzbauwerke, ausgeklügelte Monitoringsysteme, Eigenvorsorge der Bevölkerung, gesunde Objektschutzwälder und eine risikoangepasste Raumplanung sind gegenwärtig und zukünftig von großer Bedeutung.

Die allgemeinen Kernaussagen der Tagung können wie folgt zusammengefasst werden:

- Das Naturgefahren-Ingenieurwesen ist nicht auf die Planung beschränkt, vielmehr sind auch Elemente wie die Forschung und Wissensweitergabe ein wichtiger Teil. Erfahrungen mit Verfahren, Anlagen und Umsetzungen sollten kommuniziert werden, um den Stand der Technik weiter zu entwickeln. Standardisierung und Normierung ist soweit als möglich anzustreben.
- Zur Berücksichtigung von Extremereignissen ist die Entwicklung von robusten, überlastbaren und anpassungsfähigen Schutzkonzepten notwendig. Wobei sich gezeigt hat, dass eine Kombination aus aktiven und passiven Schutzmaßnahmen am wirkungsvollsten ist.
- Die Weiterentwicklung der Standards bei Fundierungstechniken von Steinschlagschutznetzen und Lawinenstützverbauungen wird zukünftig weiter fokussiert.
- Zum Schutz vor Naturgefahren sind auch die Einbindung der potentiell betroffenen Bevölkerung und die zielgruppenorientierte Kommunikation in allen Phasen des Risikokreislaufs und besonders auch bereits in der Planungsphase wesentlich. Dies bedeutet auch die zielgruppenorientierte Kommunikation der Unsicherheiten, der Grenzen und möglichen Auswirkungen im Überlast- bzw. Versagensfall.
- Zum Schutz des Baubestands sind Eigenvorsorge und Objektschutzmaßnahmen unbedingt weiterhin zu fördern.

- Es bestehen hohe Anforderungen an Sachverständigenleistungen im Naturgefahrenmanagement bezüglich Qualität und Haftung.
- Im Bereich der Rutschungen wird ein normiertes Verfahren von der Beurteilung einer Massenbewegung bis zur Implementierung in die Raumplanung gewünscht.
- Holz bedeutet im Zusammenhang mit Naturgefahren sowohl Wald als auch Wildholz: spricht einerseits positiv zur Erhöhung der Schutzwirkung (Schutzwald), aber als Wildholz negativ für die Funktionserfüllung der Bauwerke wenn gleich ökologisch wiederum sehr wertvoll für das Ökosystem.
- Forschungsbedarf im Bereich Schutzwirksame Wälder besteht hinsichtlich der Quantifizierung der Schutzwirkung, der Einbeziehung der Waldwirkung in die Naturgefahren Prozessmodellierung sowie der Auswirkungen des Klimawandels.
- Bei der integralen Betrachtung von Lawinenschutzsystemen ergibt sich der Bedarf an einer verstärkten Weiterentwicklung im temporären Lawinenschutz und der Grundlagenforschung im Nassschneelawinenbereich.

Die Dokumentation der Tagung steht unter folgendem Link zur Verfügung:

https://www.boku.ac.at/fileadmin/data/H03000/H87000/H87100/Topstories_2018/Tagungsband.pdf

Anschrift der Verfasser

Univ.-Prof. Dr. Johannes Hübl
DI Susanna Wernhart
Universität für Bodenkultur Wien
Department Bautechnik und Naturgefahren
Institut für Alpine Naturgefahren
Peter Jordan Str. 82, 1190 Wien
johannes.huebl@boku.ac.at

Priv. Doz. Dr. Florian Rudolf-Miklau
Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus
Abteilung III 5 – Wildbach- und Lawinenverbauung
Marxergasse 2, 1030 Wien
florian.rudolf-miklau@bmnt.gv.at



Abb. 1: Impressionen der Tagung „Stand der Technik“.
Fig. 1: Impressions of the conference „State of the Art“.

Inserentenverzeichnis

Firma	Inserat Seite
Aartesy AG	10
MEVA Schalungs-Systeme GmbH/ Alzner Baumaschinen GmbH	6
alpinfra, consulting + engineering gmbh	33
Geobru gg AG	8
Geolith Consult	63
Geotechnik-Henzinger	321
Gunz ZT GmbH	143
GWU Geologie-Wasser-Umwelt GmbH	97
Heli Austria GmbH	4
i.n.n.	165
ISSW 2018	273
Klenkhardt & Partner Consulting ZT GmbH	247
J. Krismer HandelsgmbH	45

Firma	Inserat Seite
Ing. Hans Lang GmbH	U4
Mair Wilfried GmbH	241
Moser-Jaritz & Partner Ziviltechniker GmbH	143
PERZPLAN Ingenieurbüro	241
Erdbau Ram	273
Gerhard Rusch Erdbau	259
Schretter & Cie GmbH & CoKG	199
Skolaut NATURRAUM	45
Sommer GmbH	259
Konrad Stadelmann Bau GmbH & Co KG	296
DI Werner Tiwald ZT-GmbH	87
Trumer Schutzbauten GmbH	297
UNIDATA GEODESIGN GMBH	321

The logo for Lang, featuring the word "Lang" in a white, cursive script font inside a red parallelogram shape.

Das Beste für jeden Bau

*Egal ob hoch oben am Berg oder im Tal.
Egal ob groß oder klein.*

*Wir bauen für Sie, mit **Weitblick!***



© Patrick Seifinger