



# Wildbach- und Lawinenverbau

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

## Risikomanagement für Verkehrsinfrastrukturen

**verein der diplomingenieure**  
der wildbach und lawinenverbauung  
österreichs

ISBN: 978-3-9503089-5-2  
77. Jahrgang, Juni 2013, Heft Nr. 171

Heft 171

# Wildbach- und Lawinenverbau

Impressum:

Herausgeber:

Verein der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinenverbauung  
Österreichs, A-9500 Villach

Schriftleiter:

Dipl.-Ing. Dr. Florian RUDOLF-MIKLAU

c/o Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und  
Wasserwirtschaft, Abteilung IV/5 – Wildbach- und Lawinenverbauung,  
Marxergasse 2, 1030 Wien, Tel.: +43 1 71100 7333,  
Fax: +43 1 71100 7399, [florian.rudolf-miklau@wlv-austria.at](mailto:florian.rudolf-miklau@wlv-austria.at)

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

Lektorat: MB International Languages GmbH, A - 5310 Mondsee

Druck & Versand: Friedrich VDV Vereinigte Druckereien- und Verlags-Gesellschaft mbH & Co KG, A - 4020 Linz

Titelbild: Hochwasserkatastrophe 2005: Unterschwemmte Arlbergbahnstrecke (links, Quelle: Rachoy)),  
zerstörte Landesstraßenbrücke im Paznauntal (rechts, Quelle: WLV Tirol).

**verein der diplomingenieure**  
der wildbach und lawinenverbauung  
österreichs

ISBN: 978-3-9503089-5-2  
77. Jahrgang, Juni 2013, Heft Nr. 171

## Inhalt Heft 171



*... Nur für Sie  
gehen wir in die Luft ...*

- Rettungsflüge • Film- und Fotoflüge*
- Montagen • Tierbergungen*
- Lawinsprengungen • Hüttenversorgung*
- Holztransporte • Leitungskontrollen*
- Feuerbekämpfung • VIP- und Shuttleflüge*



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

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

## Editorial

Michael Brauner, Hans Jörg Laimer, Christian Rachoy, Christine Schönberger:  
**Schutz vor Naturgefahren – Sicherheitskonzept und Schutzstrategien für die Bahnanlagen der ÖBB Infrastruktur AG**

Philippe Arnold, Luuk Dorren:  
**Risikobasierter Schutz gegen Naturgefahren auf Nationalstraßen in der Schweiz**

Marianne Fritz:  
**Lawinenschutz im Bereich von Seilbahnen: Rechtsgrundlagen und Sicherheitskonzept**

Manfred Scheickl, Jörg Robl:  
**Numerische Analysen von Einwirkungen aus Naturgefahren auf alpine Infrastrukturen**

Josef Schneider, Gabriele Harb, Gerald Zenz:  
**Spannungsfeld Hochwasserschutz – Wasserkraft in europäischen Einzugsgebieten**

Michael Mölk, Gernot Stelzer:  
**Die neue ONR 24810: Stand der Technik im Steinschlagschutz**

Corinna Wendeler, Axel Volkwein, Bernhard Biedermann:  
**Eine flexible Steinschlaggalerie im Hochenergiebereich als Variante zu einer Betongalerie oder Tunnellösung – Bemessung und Anwendungsbeispiel**

Robert Hofmann, Michael Mölk:  
**Steinschlagschutzdämme: Einwirkungen, Modellversuche und Bemessungsmodell nach ONR 24810**

HAUPARTIKEL zum Schwerpunktthema

KURZBEITRÄGE zum Schwerpunktthema

Seite 12

Seite 14

Seite 26

Seite 38

Seite 48

Seite 60

Seite 74

Seite 90

Seite 98



## Inhalt Heft 171



Geschiebertückhalteperre Hollersbach

## Sicher bauen.

*Bauen auf schwierigem Terrain. In Enzbach-Viehofen im Team erfolgreich:*

## Nach bestem Wissen

*MEVA Schalungs-Systeme, Alzner Baumaschinen und die*

## und Gewässer.

*Wildbach- und Lawinenverbau, GBL, Pinzgau. Danke für's Teamwork.*



www.meva.at • info@meva.at • Tel. 02252 209000  
www.alzner.at • office@alzner.at • Tel. 06219 8065

## KURZBEITRÄGE zum Schwerpunktthema

Jürgen Suda, Manfred Scheickl, Thomas Tartarotti:  
**Anwendung des Einwirkungsmodelles der ONR 24801 für Muren am Beispiel Jaidhausgraben**

Seite 114

Helmut Czerny, Thomas Eistert:  
**Planung und Bemessung von Speicherbecken für künstliche Beschneigung und andere Nutzungen (Leitfaden)**

Seite 136

Siegfried Sauermoser, Andreas Reiterer:  
**Der neue Lawinenerlass des BMVIT 2011: Anwendung in der Praxis, Fallbeispiel**

Seite 150

Arnold Kogelnig, Siegfried Sauermoser:  
**Sicherung von Straßen mit künstlicher Lawinenauslösung (Pilotprojekt Großtallawine)**

Seite 158

Arthur Vogl:  
**Künstliche Lawinenauslösung oberhalb von Siedlungen und Verkehrswegen: Fallbeispiel Burgbach-Lawinen**

Seite 170

Michael Brauner, Hans Jörg Laimer, Christian Rachoy, Günther Kundela:  
**Naturgefahren-Warnsysteme zur Sicherung von Verkehrsanlagen der ÖBB Infrastruktur AG**

Seite 178

Karl Hagen, Peter Andrecs, Franz Schmid:  
**Erste Erfahrungen mit dem CDT (Communication and Decision Support Tool)**

Seite 190

## Ereignisdokumentation 2012

Julia Eisl, Johannes Hübl:  
**Die Wildbachereignisse 2012**

Seite 200

Stefan Janu, Markus Moser, Susanne Mehlhorn:  
**Ereignisdokumentation und Analyse des Ereignisses vom 21. Juli 2012 in St. Lorenzen (Steiermark)**

Seite 208



## Inhalt Heft 171



# Go ahead...

**Wir sind Ihr absolut kompetenter Partner bei Planungen, Gutachten und Projektmanagement von...**

- Wildbachverbauungen
- Schutzwasserbauten
- Böschungssicherungen
- Lawinverbauungen
- Forst- und Güterwegen
- Landschaftspflegerische Begleitplanung
- Speicherteiche
- Schneeanlagengesamtplanung
- Skipistenbau
- Schneileitungssystemen
- Wasser- und Quellfassungen
- Wasserver- und entsorgung
- schiGIS<sup>®</sup>-Infosystem für Skigebiete
- uvm...



Holzstützverbauung



Forst- und Güterwegplanung



Alperschonbach

**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



Ereignisdokumentation 2012

Hanspeter Pussnig:  
**Ereignisdokumentation des Murgangs im Firschnitzbach am 04. August 2012 in Virgen (Tirol)**

Seite 220

Robert Vanek, Gerhard Koch:  
**Felssturz an der A9 Pyhrnautobahn, Wald/Schoberpass (Steiermark): Ereignisanalyse und Sicherheitsmanagement**

Seite 236

Stanimir Kostadinov, Ratko Ristić:  
**Erosion and Torrent Control Works in Serbia**

Seite 246

Focus Serbien

Nada Dragović, Ratko Ristić:  
**Institutional Organisation and Financing of Works for the Protection of Soil from Erosion and Torrent Control in Serbia: Current Problems and Possible Solutions**

Seite 256

Milutin Stefanović, Zoran Gavrilović, Mileta Milojević, Irina Milovanović, Jelena Čotrić:  
**Rain Intensity as Main Input in Real Time Torrent Flood Defense System in Serbia**

Seite 266

Praxis-Pinnwand

**Gebhard Neumayr:**  
Gerinneaufweitung und naturnahe Wildbachverbauung am Beispiel der Urslau (Stadtgemeinde Saalfelden und Maria Alm)

Seite 274

**Markus Mayerl, Thomas Sausgruber:**  
Hochwasserrückhaltebecken Kaiserau, Lichtmessbach, Gemeinde Admont

Seite 276

**Michael Posch:**  
Bogensperre im Stubenbach (Pfund, Tirol)  
**Andreas Kaufmann:**  
Verordnung zur Gefahrenzonenplanung gemäß § 42a WRG 1959

Seite 278/279

**Siegfried Sauer Moser:**  
UNIS – The University Centre in Svalbard Erlebnis Spitzbergen  
**Hubert Zeindl, Thomas Frandl, Rudolf Schmidt:**  
Monitoring an Verkehrswegen – 2 Beispiele

Seite 280/282



**Strukturmatrizen  
Abformtechnik  
Formen- und Modellbauharze  
Betonveredelung**

DESIGN YOUR CONCRETE



## RECKLI®-Strukturmatrizen

für alle Bereiche der Wildbachverbauung

- für Hochwasserschutzmauern
- für Einfriedungen und Stützwände
- für Ufergestaltung und Bebauung
- für Wasserstaumauern
- für Begrenzungsmauern
- ...

Fordern Sie unseren 468-seitigen Katalog mit Standardstrukturen und zahlreichen Referenzobjekten an und lassen Sie sich von unserem Außendienstmitarbeiter weitere Referenzobjekte „Der Wildbach“ zeigen!

### RECKLI GmbH

Gewerkenstraße 9a · 44628 Herne · Tel. +49 2323 1706-0 · Fax +49 2323 1706-50 9  
www.reckli.de · info@reckli.de

### RECKLI Austria

Herr Reinhold Wagner · Kreitnergasse 10/18 · 1160 Wien · Tel. +43 1 7869844 · Fax +43 1 7869896  
Mobil +43 664 5424437 · www.reckli.at · rwagner@reckli.at



# Inhalt Heft 171

Praxis-Pinnwand

### Anton Gwercher:

Breitlehner-Lawine – Fertigstellung einer extremen Lawinenverbauung

Seite 284

### Florian Rudolf-Miklau, Elisabeth Stix:

ÖREK-Partnerschaft „Risikomanagement für gravitative Naturgefahren“

Seite 286

### Christian Amberger:

ÖWAV-Steckbriefe „Neophyten“

Seite 288

### David Cheer, Michael Arndt:

Risiko-Management von Naturgefahren in Wintersportgebieten

Seite 290

Aktuelles

- 21 Gebietsbauleitungen für das 21. Jahrhundert

Seite 292

- Schutz vor Naturgefahren – Abwehransprüche und Haftung
- Naturgefahren.AT: Neues Design des Info-Portals für BürgerInnen

Seite 294/295

- Vulnerabilitätslandkarte der alpinen Naturgefahren in Österreich
- Interpraevent Kongress in Nara, Japan 25. - 28. November 2014

Seite 296/297

- BFW-Institut für Naturgefahren: Aktuelle Projekte
- BOKU: Aktuelle Diplomarbeiten am Department für Bautechnik und Naturgefahren

Seite 298/300

Verzeichnis der Inserenten

Seite 302

FLORIAN RUDOLF-MIKLAU

## Editorial

### Liebe Leserin, Lieber Leser,

Für den Verkehr zwischen Mittel- und Südeuropa stellten die Alpen von jeher eine naturräumliche Barriere dar, die nur mühselig überwunden werden konnte. Schon im Altertum führten „alle Wege nach Rom“, einige davon „führten über die Berge“ und dabei „führte kein Weg (bzw. alle Wege) an Lawinen, Muren und Felsstürzen vorbei“. Dass die alpinen Pässe eine risikoreiche Wegstrecke darstellten, musste auch Hannibal erkennen, als er fast alle Kriegselefanten am Col Cenis auf dem Weg ins Aostatal verlor. Auch die Begründung der staatlichen Wildbachverbauung in Frankreich geht auf den dringend erforderlichen Schutz einer wichtigen Heeresstraße ans Mittelmeer, der Route Napoléon, vor Vermurung und Überflutung zurück, weil eine wiederholte Unpassierbarkeit zum militärstrategischen Nachteil zu werden drohte. Bis ins 19. Jhd. war die Überquerung der Alpenpässe vor allem im Winter ein lebensgefährliches Unternehmen. Erst durch den Eisenbahnbau zu Ende des 19. Jhd. begann ein neues Zeitalter der transalpinen Mobilität und damit auch für den Schutz vor Naturkatastrophen. Das erste Mal überquerte im Jahr 1867 ein Zug auf der Brennerbahn die Alpen. Danach gingen wichtige Entwicklungen und innovative Ingenieurleistungen des Wildbach- und Lawinenschutzes von den Baumeistern der Eisenbahnstrecken über den Arlberg (Österreich) oder Gotthardpass (Schweiz) aus. Der zweite Mobilitätsschub erfolgte durch die touristische Erschließung der Alpentäler im 20. Jhd. Heute ist es selbstverständlich, dass fast jede Transitverbindung über die Alpen ganzjährig befahrbar und jedes Alpental Sommer wie Winter für den Privatverkehr zugänglich und an den öffentlichen Verkehr angeschlossen ist. Die zahlreichen Sicherheitsfragen betreffend naturgefahrenexponierte Verkehrsachsen und das damit verbundene Risikomanagement stellen eine große Herausforderung und kostenintensive Aufgabe für die Betreiber dar. Dabei beschränken sich die Sicherungsaufgaben für Verkehrsanlagen längst nicht mehr auf Tallagen, sondern sind auch im hochalpinen Gelände durch den Schutz von Seilbahnen und Pisten gegen Lawinen und Felssturz zu einem wichtigen Aufgabenbereich geworden. Aber auch andere, lineare Infrastrukturen wie Energie- und Datenleitungen, Wasseranlagen

oder Kommunikationseinrichtungen bedürfen zur ununterbrochenen Aufrechterhaltung des Betriebes des Schutzes vor Naturgefahren.

Den mit dem Naturgefahrenmanagement an Verkehrswegen befassten Experten ist es längst bewusst geworden, dass sich das Risikomanagement und die Schutzkonzepte für Verkehrsanlagen und die dazugehörige Infrastruktur maßgeblich von jenen zum Schutz des Siedlungsraums und ortsfester Bauwerke unterscheiden. Im Zentrum der Risikoanalyse steht nicht ein zu schützendes Objekt mit definierter Lage und bekanntem Schadenspotenzial, sondern eine Vielzahl mobiler Verkehrsteilnehmer von variabler Art und Verletzlichkeit, die die Wege mit wechselnder Frequenz und Dichte benutzen. Der Schutz von Verkehrswegen hängt daher in der Regel in hohem Maße vom Faktor Zeit ab, temporäre Schutzmaßnahmen haben folglich eine besondere Bedeutung. Risikogebiete entlang von Verkehrsachsen weisen eine bedeutende Längserstreckung auf, sodass Schutzbauten mit linienhafter Struktur (Barrieren, Galerien, Netze, Dämme) dominieren. Auch die Schutzziele der Wegehalter und deren Naturgefahrenmanagement unterscheiden sich signifikant von jenen zum Schutz des Siedlungsraums; während Schutzwasserbau und Wildbach- und Lawinerverbauung in den meisten Alpenländern von staatlichen Institutionen getragen werden, für die ein gemeinnütziges Interesse im Vordergrund steht, haben sich Betreibergesellschaften von Verkehrswegen oder Leitungen überwiegend an privatwirtschaftlichen oder betrieblichen Zielsetzungen zu orientieren, insbesondere bei der Eröffnung eines kostenpflichtigen Verkehrs. Alle diese Aspekte rechtfertigen es, im vorliegenden Heft einen Einblick in das Naturgefahrenrisikomanagement für Verkehrsanlagen und Infrastrukturen zu gewähren und das breite Spektrum von Risiken, Schutzkonzepten und innovativen Schutzmaßnahmen für Straßen, Bahnlinien, Seilbahnen, energiewirtschaftliche Anlagen,

Wasseranlagen und Kommunikationseinrichtungen zu betrachten. Das hochinteressante Spektrum an Beiträgen wäre nicht ohne die Mitwirkung führender Experten der Österreichischen Bundesbahnen, der ASFINAG, der ASTRA, des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, der Seilbahnwirtschaft, der Österreichischen Staubeckenkommission sowie der Hersteller von Schutzsystemen des Steinschlagschutzes und der künstlichen Lawinenauslösung möglich gewesen.

Das Heft 171 bietet dem Leser aber auch zwei weitere spannende Schwerpunkte: Zum einen werden die Katastrophenereignisse des Jahres 2012 in der Steiermark und in Osttirol dokumentiert und die detaillierte Analyse der spektakulären Murgänge von St. Lorenzen und Virgen beschrieben. Noch niemals zuvor ist es in Österreich gelungen, eingetretene Murergebnisse so umfassend und realitätsnah nachzuvollziehen.

Zum anderen liegt der Länderfokus diesmal auf der Republik Serbien, deren Wildbachverbauung vorgestellt wird. Diese interessante Perspektive auf das Naturgefahrenmanagement eines südosteuropäischen Landes verdanken wir einer soeben geschaffenen Fachkooperation mit dem serbischen Wildbachingenieurverein (Udruženje bujičara Srbije), die auf die Initiative von Frau Professor Nada Dragović von der Forstfakultät der Universität Beograd zurückgeht. Ihr und Universitätsprofessor Johannes Hübl darf ich für die Ermöglichung des „Serbien-Fokus“ sehr herzlich danken.

Ich wünsche Ihnen, werte Leserinnen und Leser, einen dynamischen Transit durch die „Wissensgalerien“, über die „Technologiebrücken“ zu den „Innovationspässen“ dieses Heftes.



Dr. Florian Rudolf-Miklau  
Schriftleiter



MICHAEL BRAUNER, HANS JÖRG LAIMER, CHRISTIAN RACHOY, CHRISTINE SCHÖNBERGER

## Schutz vor Naturgefahren – Sicherheitskonzept und Schutzstrategien für die Bahnanlagen der ÖBB Infrastruktur AG

### *Security Policy and Protection Strategies against Natural Hazards for the Railway Infrastructure of the ÖBB Infrastruktur AG*

#### Zusammenfassung:

Ausgehend von der Vorstellung der für ein Sicherheitskonzept essenziellen Schutzzieldefinition und den spezifischen Rahmenbedingungen eines Eisenbahninfrastrukturbetreibers wird aus Unternehmenssicht die aktuelle Schutzstrategie mit Schwerpunkt auf präventive Maßnahmensetzung erläutert. Es werden die wichtigen Eckpunkte der technischen Maßnahmendimensionierung sowie der Maßnahmenbewirtschaftung präsentiert und die dazu wichtigen Instrumente der Naturgefahrenkarte sowie der geologisch-geotechnischen Lehnenklassifikation diskutiert. Abschließend werden die Auswirkungen auf die Maßnahmenbewirtschaftung anhand von Praxisbeispielen dargestellt.

#### Stichwörter:

Bahn-Infrastruktur, technische Schutzmaßnahmen, Naturgefahrenkarte, Lehnenklassifikation

#### Abstract:

*This paper introduces the security concept and the definition of protection goals and provides the specific legal framework for railway infrastructure companies in Austria. Based on that, the current safety strategy against natural hazards is presented with an emphasis on preventive technical measures. Further on, strategy key points, such as technical measure design and maintenance concepts are presented and required instruments, such as the natural hazard map and the geological-geotechnical classification scheme are discussed. Finally, the impacts of the presented measures are illustrated by practical examples.*

#### Keywords:

*Austrian railways, technical protection measures, hazard map, rock slopes*

#### Einleitung

Das gesamte Streckennetz der ÖBB ist rund 4.900 km lang und enthält mit der Brenner- und der Koralmbahn auch die alpenquerenden Achsen Berlin – Palermo und Danzig – Rimini der Transeuropäischen Verkehrsnetze (TEN). Das Streckennetz weist auf ca. 20% seiner Länge Lehnenflächen auf. Lehnen sind felsige oder bestockte Hangflächen, aus welchen Gefahren für den Bahnbetrieb erwachsen können. Diese liegen schwerpunktmäßig an den zentralalpiner Rampenstrecken und den nordalpiner Talstrecken. Diese knapp 1.000 km potenziell gefährdeter Streckenabschnitte sind auf rund 60% ihrer Erstreckung durch technische Schutzmaßnahmen gesichert. Lawinengefährdete Streckenabschnitte werden zusätzlich durch 10 betriebseigene Lawinenkommissionen temporär gesichert.

Daraus ist zu erkennen, dass für einen privaten Bahninfrastrukturbetreiber in einem alpinen Land wie Österreich der Schutz vor Naturgefahren einen hohen Stellenwert hat. Dieser spiegelt sich in einem durchgängigen Sicherheitskonzept wider, welches im Rahmen dieses Artikels vorgestellt wird.

#### Das Sicherheitskonzept der ÖBB Infrastruktur AG für den Schutz vor Naturgefahren

Nach Perrow (1984) stellt ein Sicherheitskonzept aus Unternehmenssicht im Allgemeinen die Analyse möglicher Schadensszenarien dar, mit dem Ziel ein definiertes Schutzniveau oder Schutzziel zu erreichen. Das dazu notwendige Sicherheitsmanagement bzw. die Schutzstrategie umfasst sämtliche Maßnahmen zur systematischen Erkennung, Analyse, Bewertung, Überwachung und Kontrolle von Risiken sowie die Absicherung gegen Restrisiken, welche nie komplett zu eliminieren sind.

Eingeschränkt auf den Bereich des Naturgefahrenmanagements kann nach Rudolf-Miklau (2009) als Definition eines Schutzziels gelten, dass eine Schutzmaßnahme so dimensioniert werden muss, dass die Auswirkung des Bemessungsereignisses auf ein akzeptables Maß herabgesetzt wird. Zu der für ein privatwirtschaftlich agierendes Unternehmen heiklen Frage nach dem akzeptablen Ausmaß der Gefahrenreduktion wird im Eisenbahngesetz festgelegt, dass ein Bahninfrastrukturbetreiber jederzeit für einen sicheren Bahnbetrieb (§9 EisbG) zu sorgen hat, gegebenenfalls durch unverzügliche Maßnahmensetzung nach dem aktuellen Stand der Technik (§9b EisbG). Eine Berücksichtigung des zuvor angesprochenen Restrisikogedankens ist hierbei nicht zu erkennen.

Aus diesen Gründen erfolgt bei der ÖBB Infrastruktur AG die Dimensionierung von Schutzmaßnahmen grundsätzlich auf einem hohen Niveau, nämlich gemäß den normativ vorgegebenen Bemessungskriterien von Schutzmaßnahmen im öffentlichen Interesse (Hochwässer und Feststofftransport: WRG, RIWA-T, Schneelawinen: ONR 24806, Steinschlag: ONR 24810).

#### Schutzstrategien zur Umsetzung des Sicherheitskonzepts

Die dazu notwendigen Maßnahmen können gemäß dem Modell des Risikokreislaufs nach Merz et al. (2001) in eine Vorsorgephase, mit den Teilphasen Prävention, Vorbeugung und Vorbereitung, und in eine Bewältigungsphase, unterteilt in Einsatz und Wiederaufbau, unterschieden werden. Für diese Teilphasen sind modifiziert nach Rudolf-Miklau (2009) aus Sicht eines Infrastrukturbetreibers vor allem die nachfolgend angeführten Maßnahmen von Relevanz. Für sie existieren bei der ÖBB Infrastruktur AG konkrete Schutzstrategien:

- **Prävention:** Prozessmonitoring, Maßnahmensetzung und Maßnahmenbewirtschaftung
- **Vorbeugung:** Warn- und Prognosesysteme, Katastrophenschutz- und Notfallplanung
- **Vorbereitung:** Räumung und Sperre, künstliche Auslösung
- **Einsatz:** Schadensbewältigung inkl. Sofortmaßnahmen
- **Wiederaufbau:** Wiedererrichtung, Ereignisdokumentation (Reflexion)

Im Rahmen dieses Artikels wird auf die Schutzstrategie der Prävention eingegangen. Für die Diskussion der Schutzstrategien in Hinblick auf Monitoring-, Warn- und Prognosesysteme wird auf Brauner et al. (in diesem Heft) verwiesen.

### Prävention – Maßnahmensetzung und Bewirtschaftung der Maßnahmen

Im Bereich der Prävention werden zur Sicherung gegen Naturgefahren schwerpunktmäßig technische sowie biologisch-forstliche Maßnahmen geplant und umgesetzt. Diese Maßnahmen werden gemäß den oben erläuterten Schutzziele dimensioniert oder es wird deren Schutzerfüllung bewertet. Hinsichtlich der Prävention ist die Sicherung durch technische Schutzanlagen die langfristige Schutzstrategie der ÖBB Infrastruktur AG. Erscheinen jedoch diese Maßnahmen aus wirtschaftlicher Sicht als nicht sinnvoll oder ist kurzfristig eine Sofortmaßnahme notwendig, so können Überwachungs- oder Warnsysteme sowie organisatorische oder betriebliche Maßnahmen, wie Streckensperren oder Geschwindigkeitsreduktion, eine gangbare Alternative sein.

Die anschließende Bewirtschaftung der Anlagen wird durch ein zweistufiges Inspektionskonzept in Übereinstimmung mit den Vorgaben der ONR 24803, ONR 24807 und ONR 24810

erreicht. Im Rahmen dessen wird die Schutzerfüllung der Anlagen laufend überprüft und gegebenenfalls werden Maßnahmen getroffen.

In den folgenden Abschnitten werden die Instrumente der Sicherheitsstrategie im Detail erläutert und diskutiert.

### Instrument der technischen Maßnahmendimensionierung

Um bundesweit einen einheitlichen Standard bei der Neuerrichtung und Sanierung von oberflächennahen Böschungssicherungen und Schutzbauwerken auf künstlichen oder natürlichen Lehnen zu gewährleisten, wurde ein interner Dienstbehelf mit standardisierten Maßnahmenlösungen eingeführt (ÖBB-DB740-7, 2012). Für komplexe Problemstellungen hingegen, für welche in der Regel individuelle Gutachten notwendig werden, steht ein betriebsinterner Pool von unterschiedlich spezialisierten Fachexperten zur Verfügung. Sie unterstützen die individuelle Erarbeitung von Lösungen, von der Ermittlung bis zur Umsetzung der notwendigen Maßnahmen.

Im zitierten Regelwerk (ÖBB-DB740-7, 2012) werden standardisierte baulich-technische bzw. ingenieurbioologische Präventivmaßnahmen in Regelplänen dargestellt und Dimensionierungsvorgaben gegeben. So werden Standardmaßnahmen zur Sicherung von Böschungen, wie beispielsweise die Begrünung von Lockergesteinsböschungen, die Sicherung von Felsböschungen oder der Lehnverbau durch Steinschlagschutznetze vorgegeben. Das Regelwerk enthält jeweils konkrete Angaben zum Zweck bzw. Verbauungsgrundgedanken, zur Dimensionierung und zur Ausführung der jeweiligen Schutzmaßnahme. Da die Ausführung der geologisch-morphologischen Situation angepasst sein muss, finden sich im Regelwerk auch Entscheidungshilfen zur Wahl der richtigen Baumethode. Es basiert auf den folgenden Gesichtspunkten:

### Sichtweise der Gesamtkostenrechnung:

Aufgrund des hohen logistischen und finanziellen Aufwands von Baumaßnahmen bei aufrehtem Bahnbetrieb – man denke nur bei der strecken nahen Errichtung von Schutzmaßnahmen an fixe Zeitfenster für die Stromabschaltung oder Gleisbenutzung – treten bei Wirtschaftlichkeitsüberlegungen im Vergleich zu den Investitionskosten vor allem Instandhaltungs- und Wartungskosten in den Vordergrund. Durch geringeren Instandhaltungsaufwand, bedingt durch längere Standzeiten und wartungsfreundliches Design der Maßnahmen, rentieren sich höhere Anfangsinvestitionen schnell.

**Wahl einer stabilen Böschungsgeometrie:** Da nur eine nachhaltig stabile Böschungsgeometrie der Garant für langfristig gesehen niedrige Gesamtkosten ist, wird bei der Neuerrichtung und Sanierung von Böschungssicherungen von einer bestehenden Böschungsgeometrie (Neigungswinkel, Höhe, geometrische Form) unter Berücksichtigung der geologisch-morphologischen Situation ausgegangen. Die vorliegende Richtlinie enthält daher keine Grundsätze für die geometrische Gestaltung von Böschungen im Zuge ihrer Herstellung. Generell soll auf ÖBB-Neubaustrecken eine Böschungsgeometrie hergestellt werden, die keine zusätzlichen Schutzmaßnahmen erfordert. Das heißt die Entstehung geogener Risiken soll erst gar nicht zugelassen werden.

**Schutzwirksame und wartungsarme Bauwerke:** Das Alter von schutzwirksamen Verbauungen der ÖBB ist mit bis zu 150 Jahren sehr weit gestreut. Das durchschnittliche Alter der ÖBB-Schutzverbauungen liegt aktuell bei 54 Jahren. Vor allem Schutzdämme, Ankerungen und Untermauerungen stehen seit der Bahnbauteit in Betrieb und sind immer noch voll funktionsfähig. Es wird daher das Augenmerk auf die Bautechnologie in der Reihenfolge: Erdbau → Betonbau → Stahlbau → Holzbau sowie Massivbauweise →

Fertigteilbauweise → dynamisch wirkende Bauteile gelegt. Da jedoch die Errichtung neuer Steinschlag- und Lawinenschutzdämme an Bestandesstrecken aus Platzgründen kaum mehr möglich ist, werden heute vermehrt Systemnetze verbaut. Um auch hier eine hohe Lebensdauer und Wartungsarmut zu gewährleisten, wurde ein bahninterner Kriterienkatalog für dynamische Schutznetze erstellt. Dessen Anforderungen gehen über die allgemeinen Mindestkriterien (CE-Zertifizierung und ETAG 27-Konformität) hinaus. Er gilt bei Vergaben als bindende Vertragsbeilage. Neben grundlegenden Sicherheitskriterien, wie „Nichtzulassen von Materialrissen oder großen Öffnungen nach Belastung“, liegen die Schwerpunkte der Forderungen des Katalogs auf der einfachen Errichtung, der Eignung zur hubschraubergestützten Montage der Netzpakete, der einfachen Instandhaltung, dem verstärkten Korrosionsschutz, der visuellen Überprüfbarkeit und dem schnellen Elementtausch.

### Instrument der Inspektion/ Maßnahmenbewirtschaftung

Der bahninterne Inspektionsplan sieht zwei Inspektionsebenen vor. Diese sind die jährliche Zustandsüberprüfung mit Augenmerk auf Veränderungen sowie die vierjährige Technikerinspektion mit Bewertung der Funktions- und Gebrauchstauglichkeit. Das Ergebnis dieser Inspektionsebenen ist eine Beschreibung des Anlagenzustandes sowie der Schutzwirkung der Anlagenfläche.

Dieses Inspektionskonzept garantiert die rechtzeitige Instandsetzung sowie den Funktionserhalt von Anlagen. Diese Vorgehensweise ist intern nicht erst seit Inkrafttreten der ÖNorm-Regeln (ONR 24800-Serie) bindend, sondern durch das Eisenbahngesetz vorgegeben. Sämtliche Anlagen und Betriebsmittel müssen regelmäßig auf Funktions- und Gebrauchstauglichkeit überprüft werden (§39 EISbG). Da Lehnflächen wie auch

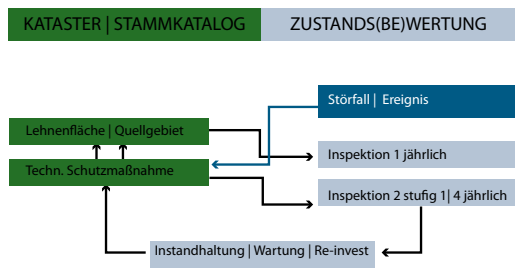
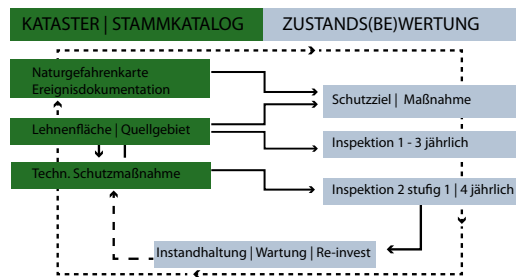


Abb. 1: Das ÖBB-Bewirtschaftungskonzept von Schutzanlagen

Fig. 1: ÖBB maintenance concept of mitigation measures

Schutzwälder als Eisenbahnanlagen gelten, unterliegen auch sie der Verpflichtung zur regelmäßigen Überprüfung, unabhängig von der Instandhaltungsverpflichtung oder der Eigentumssituation. Zur nachhaltigen Sicherung dieser Lehnenflächen sowie Schutz-, Bann- und Bahnwälder sind bei der ÖBB Infrastruktur AG über 120 spezialisierte Mitarbeiter beschäftigt.

Wie im linken Teil der Abbildung 1 dargestellt führt bisher oft ein Störfall zu einer anlassbezogenen Planung der Schutzmaßnahme. Der Zustand der Schutzmaßnahme wird im Anschluss an die Errichtung durch eine 2-stufige Inspektion mit einem maximal 4-jährigen Zyklus überprüft. Unabhängig davon wird die zugehörige Lehnenfläche durch einen 1-stufigen, 1-jährigen Inspektions- und Wartungszyklus bewirtschaftet. Die Bewirtschaftung der Lehnenflächen wird durch die Errichtung technischer Maßnahmen nicht beeinflusst. Betrachtet man diese bisher übliche Vorgehensweise, so wird ohne Berücksichtigung übergeordneter Schutzziele anlassbezogen als Reaktion auf ein eingetretenes Naturereignis vorgegangen. Neben dem Umstand, dass dabei die Erfolgskontrolle nur bruchstückhaft bleibt, ist eine kurzfristige, unterjährige bis jährliche Planbarkeit der Maßnahmen die Folge. Dies steht im Widerspruch zu dem bei der ÖBB Infrastruktur AG praktizierten mittel- bis langfristigen Planungshorizont von 3–7 Jahren auf Streckenebene.



Um eine effiziente Ressourcenverteilung durch eine bessere Abstimmung der Maßnahmen zu erreichen, muss hier der Übergang von anlassbezogener zu streckenbezogener Planung sein. Erreicht wird dies durch das Einbeziehen einer weiteren streckenbezogenen Bewertungsebene, der Naturgefahrenkarte inklusive Ereignisdokumentation, wie in Abbildung 1 rechts dargestellt.

In dem erweiterten Konzept (Abbildung 1, rechts) wird durch Vorschaltung einer streckenbezogenen Gefahrenbeurteilung durch die Naturgefahrenkarte sowie der Lehnenklassifikation eine homogene Bewertung von Streckenabschnitten und Lehnenflächen herbeigeführt. Damit ist eine Maßnahmendimensionierung und Maßnahmenbewirtschaftung unter Berücksichtigung der Lehnenfläche möglich. Voraussetzung ist dabei eine ausreichend genaue, räumliche Kenntnis der Lage und Fläche, welche eine Auswirkung auf die Datenerfassung und die Datenhaltung des Anlagen- sowie Maßnahmenkatasters haben kann. Das Inspektionssystem bleibt bis auf die Ausweitung der Inspektionsfristen unverändert.

Es wird erwartet, dass es zu einem verbesserten Wechselwirken zwischen Lehenbewirtschaftung und technischem Verbauungserfolg kommt. Weiters kann neben der Erhöhung der Streckensicherheit und der Reduktion von Streckenichtverfügbarkeit ein geringerer Aufwand zur Lehenbewirtschaftung die Folge sein.

## Instrument der Naturgefahrenkarte

Die Naturgefahrenkarte ist als Hinweiskarte zu verstehen, die Gefährdungen durch Sturzprozesse, Lawinen, Rutschungen/Kriechbewegungen und Wildbäche entlang des ÖBB-Streckennetzes aufzeigt. Im Gegensatz zum Gefahrenzonenplan (GZP), welcher als forstlicher Raumplan im Forstgesetz von 1975 verankert ist, wurde die Naturgefahrenkarte für spezielle Problemstellungen der ÖBB entwickelt und hat daher ausschließlich betriebsinterne Gültigkeit. Im Unterschied zum GZP bewertet die Naturgefahrenkarte das Potenzial zur Gefährdung des sicheren Bahnbetriebs sowie die Frequenz dieser gefährdenden Ereignisse. Anders als der GZP ist sie kein flächenhaftes Gutachten, sondern bezieht sich auf das linienhafte Streckennetz der ÖBB Infrastruktur AG. Es werden daher keine flächigen Gefahren- oder Hinweiszonen, sondern punktuelle und lineare Hinweissbereiche entlang der Strecken ausgewiesen. Gemeinsam dem GZP ist, dass sie als Basis für Planungen von Schutzmaßnahmen sowie zur Abschätzung der Dringlichkeit herangezogen werden.

Ziel der Naturgefahrenkarte ist die räumliche Darstellung der potenziellen Gefahrenstellen entlang des ÖBB-Schienennetzes. Damit ist eine bundesweit standardisierte und nachvollziehbare Erhebung und Beurteilung von Naturgefahren entlang des Streckennetzes gegeben, um einen hohen Sicherheitsstandard beim Schutz vor Naturgefahren unter Einhaltung wirtschaftlicher Kriterien zu gewährleisten.

## Erhebungsmethodik der Naturgefahrenkarte

Es wird die potenzielle Gefährdung des Fahrwegs durch Lawinen, Rutschungen, Sturzprozesse und Wildbachprozesse berücksichtigt. Zur Ableitung der Hinweissbereiche im Bereich der Schiene ist die genaue Erfassung der Gefahrenauslösung er-

forderlich. Dabei werden für jede Gefahrenart die zu betrachtenden Gefährdungsparameter nach Beurteilung der Ablösebereiche, der möglichen Prozessaktivität, der vorhandenen Schutzmaßnahmen und der Exposition der Schiene jeweils gesondert erhoben.

Oft ist die Begehung der Kartierungsbereiche nur unter Betreten des Gefahrenbereichs entlang der Gleise möglich. Da dabei kostspielige Sicherungsposten bzw. Streckensperren notwendig sind, werden die Felderhebungen im Gefahrenbereich der Strecke auf das Notwendigste reduziert. Daher werden seit dem Jahr 2012 numerische, semiquantitative Voranalysen der relevanten Naturgefahrenprozesse den Felderhebungen vorangestellt. Aus topographischen und geologischen Datengrundlagen werden Steinschläge, Muren und Lawinen großräumig voranalysiert. Die sich aus den Prozesssimulationen von Muren oder Lawinen unterschiedlicher Größe und verschiedener Steinschlag-Szenarien ergebenden Auswirkungsflächen werden mit den Bahnstrecken verschnitten und so die Einwirkung auf die Bahninfrastruktur dargestellt. Die Bereiche, in denen es zu Einwirkungen an der Infrastruktur kommen kann, können so vorab dargestellt werden, was die Einschätzung der Situation vor Ort für den Experten erheblich erleichtert.

Mit standardisierten und prozessorientierten Aufnahmeformularen werden im Zuge einer Begehung vor Ort die jeweils relevanten Informationen erfasst und die Voranalyse durch den Experten auf Plausibilität überprüft. Soweit vorhanden werden Schutzbauwerke dokumentiert und auf deren Gebrauchstauglichkeit hin beurteilt. Aus den in den Lehnen und Wildbacheinzugsgebieten vorgefundenen Verhältnissen wird der Einwirkungsgrad auf den Fahrweg abgeleitet, in 5 Klassen ausgewiesen und in eine GIS-Datenbank eingegeben. Diese sind im Anschluss im ÖBB-internen WebGIS jederzeit abrufbar (Abbildung 2).



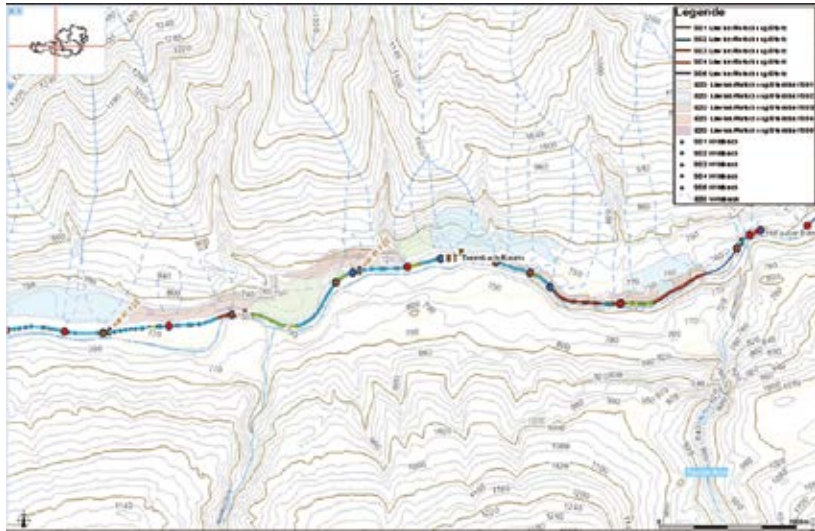


Abb. 2: Naturgefahrenkarte – Darstellung im WebGIS. In der Legende sind die 5 Expositionsklassen für punktuelle (Durchlässe, Brücken) und lineare (Strecke) Hinweisbereiche sowie flächige (Lawinen/Steinschlagquellgebiete) Einzugsgebiete dargestellt.

Fig. 2: Hazard Map - representation in WebGIS. The map legend gives the 5 exposition classes with respect to punctual (bridges) and linear (rail track) indication areas and catchment areas (avalanche/rock fall starting zones).

Je nach Hinweisbereich und Prozessart werden individuelle Maßnahmen vorgeschlagen. Bei Stufe 1 und 2 gilt die allgemeine Streckenaufsicht und die Inspektion und Wartung von Schutzanlagen gemäß Inspektionsplan als ausreichend. Es sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich. Ab Stufe 3 wird die Situation auf Zustandsveränderungen engmaschig beobachtet und wenn nötig werden Detailuntersuchungen eingeleitet. Stufe 4 erfordert eine interne Überprüfung mit einer möglichen Detailuntersuchung. Bei Stufe 5 ist eine sofortige Detailuntersuchung und Maßnahmensetzung erforderlich.

#### Instrument der geologisch-geotechnischen Lehnklassifikation sowie des Anlagenkatasters

Rund 70 % der Erhaltungskosten für die naturgefahrenrelevante Anlagengruppe entfallen auf die Bewirtschaftung der Felslehnen. Für diese sieht der gültige Inspektionsplan eine jährliche Bege-

hung und Wartung vor. Im Zuge dessen werden notwendige Maßnahmen, wie die Kontrolle von Veränderungen, Freischneiden, Übersteigen, Absteigen, Kluftmessung, etc. durchgeführt. In der Praxis ergibt sich ein stark variabler und daher schwer zu kalkulierender Aufwand pro Flächeneinheit. Dieser ist durch die schwankende Lehnaktivität in Abhängigkeit von der Geologie und Geomorphologie, von Witterungsschwankungen,

von der Zugänglichkeit und Übersteigungstechnik mit Seilsicherung bedingt. Der Anlagenkataster umfasst aktuell über 10.000 naturgefahrenrelevante Anlagen sowie knapp 2.000 Lehnflächen. Durch die nicht räumliche, sondern kilometrische Referenzierung der Datensätze entlang des Streckennetzes ist die Verschneidung mit zunehmend räumlich vorliegenden Geodaten schwierig und eine Datenhaltung daher aufwendig.

Ein aktuelles Ziel bei der Lehnbewirtschaftung ist es daher, angesichts der zu erwartenden finanziellen und personellen Einschränkungen einen neuen Bewertungsansatz für Felslehnen zu entwickeln, welcher die vorgeschriebene Inspektion/Wartung mit gegebenem Budget und Personal ohne Qualitätsverlust nachhaltig ermöglichen soll. Dazu werden drei Ansatzpunkte verfolgt: Einerseits ist trotz umfassender Berücksichtigung aller Lehnen die Reduktion der zu inspizierenden Flächen aufgrund der Berücksichtigung der Schutzwirkung wirksamer Bauwerke

denkbar. Andererseits kann eine Reduktion des Arbeitsumfanges durch Anpassung der Inspektionsintervalle auf Basis einer Aktivitätsbewertung der Lehnflächen erfolgen. Weiters werden die Anlagenkataster für Lehnflächen und Schutzanlagen auf eine WebGIS-Applikation umgestellt, sodass die Analyse der Datensätze sowie die Datenerfassung mittels mobilen Eingabegeräten zeiteffizient erfolgen kann.

Im ersten Arbeitsschritt müssen sämtliche Felslehnen (d.h. Flächen > 50° Hangneigung) und Schutzbauwerke erfasst und verortet werden, wozu ein dreistufiges Verfahren angewandt wird. Für sehr große und hohe Lehnen werden hochauflösende ALS-Daten (Airborne Laserscanning) bzw. Luftbilder angeschafft und diese mittels GIS- und Fernerkundungsverfahren ausgewertet. Kleinere, aber schwer zugängliche und von der Strecke aus nicht einsehbare Felsflächen werden mit Drohnen (Oktocopter) befliegen und photogrammetrisch analysiert. Die Felsflächen und Bauwerke der Kleinlehnen werden im Zuge einer flächendeckenden Begehung mit Handgeräten vermessen.

Der Klassifikationsschlüssel für Felslehnen soll zukünftig als netzweit einheitlicher Bewertungsansatz zur Abgrenzung unterschiedlicher Homogenbereiche bzw. Aktivitätsbereiche für Steinschlag, Blockschlag und Felssturz beitragen und so die begründete Festlegung von ein- bis vierjährigen Inspektionsintervallen ermöglichen. Das Konzept beruht auf Verfahren, die bereits in der Baugeologie und im Tunnelbau für eine generelle Klassifikation angewandt werden („Rock mass rating“ nach Bieniawski, 1989) oder die auch im Rahmen der Standarderhebungen für Steinschlagprojekte verwendet werden. Im Gelände sind dabei durch einen Geologen oder durch einen entsprechend fachlich geschulten Mitarbeiter folgende Parameter zu erheben und in Aufnahmeformularen zu beschreiben: (i) Widerstandsfähigkeit/Härte des Gesteins, (ii) Ausprä-

gung des Trennflächengefüges für die kritischen Ablösungsflächen, (iii) Verwitterungsgrad und (iv) Wasserführung an den Trennflächen. Diese Parameter werden in die Klassen 1–5 unterteilt und in einer Klassifizierungsmatrix mit Punkten bewertet. Je höher die Punktzahl einer Felsfläche ist, desto besser sind die geotechnischen Eigenschaften und desto länger kann das Inspektionsintervall ausgedehnt werden. Die tatsächliche Zuordnung der Inspektionsintervalle für die einzelnen Lehnbereiche wird auf Basis der Klassifizierung, der Ereignisdokumentation sowie Dokumentation stummer Zeugen im Rahmen kommissioneller Begehungen mit den verantwortlichen ÖBB-Mitarbeitern erfolgen.

Nach der Methodenetablierung im Zuge von Pilotprojekten in der Region Nord und Mitte (Oberösterreich, nördl. Steiermark, Salzburg) 2012 werden 2013 die Regionen West (Tirol, Vorarlberg) und Süd 2 (Kärnten, Osttirol) bearbeitet. Die österreichweiten Flächen- und Bauwerksaufnahmen, die teils bahnintern, teils durch Ingenieurbüros durchgeführt werden, erstrecken sich voraussichtlich über die folgenden drei Jahre.

Für die Region Mitte liegen aktuell bereits vollständige Bauwerks- und Flächendatensätze vor. Wie das Beispiel des 84,5 km langen Streckenabschnitts Traunkirchen-Stainach/Irdning zeigt (Abbildung 3), hat sich die Anzahl der katastermäßig erfassten Felslehnen stark erhöht, sodass zu den bestehenden Verbauungsgebieten neue hinzukommen. Trotz zahlreicher neu aufgenommener Felsbereiche blieb die Gesamtfläche der zu inspizierenden Lehnen jedoch annähernd konstant. Das ist durch die Herausnahme von neu verbauten Lehnflächen aus der jährlichen Wartung infolge der Schutzwirksamkeit der Verbauungen sowie in der genaueren, den Gefährdungsprozess exakter berücksichtigenden Flächenabgrenzung zu erklären. Rund 98% der Bauwerke konnten in ihrer Lage mittels ALS-Daten/Fernerkundung zeiteffizient er-



Abb. 3: Erhebung der Lehnflächen am Beispiel des 84,5 km langen Streckenabschnitts Traunkirchen-Stainach/Irdning. (rot) bestehende Lehnflächen (NAMIS), (blau) neu hinzugekommene Lehnflächen.

Fig. 3: Assessment of rock slopes on example of the 84.5 km long railroad track section Traunkirchen – Stainach/Irdning. (Red) known rock slopes (NAMIS), (Blue) newly mapped rock slopes.

fasst werden. Ohne Ausnahme sind Steinschlagmauern, Wildbachsperrn und Erddämme identifizierbar. Ältere Schutzbauwerke sind in der Hangneigungskarte aufgrund der Hinterfüllung, welche zur Ausbildung kleiner Verebnungen führt, sehr gut erkennbar (siehe auch Abbildung 4). Jüngere Schutzbauwerke sind aufgrund der geringeren Baumüberdeckung und des Steigsystems in der Regel gut direkt erkennbar. Mittels Geländebege-

hungen, die nach dem in der Hangneigungskarte ebenfalls ersichtlichen Lehnsteinnetz geplant werden können, erfolgt die 100%-Erfassung sowie die endgültige Zuordnung des Bauwerkstyps inkl. Erstellung des Stammdatenkatalogs. Mit den koordinativ erfassten Flächen, Zugangssteigen und Schutzbauwerken liegen nun alle Grundlegendaten für die oben erwähnte geologisch-geotechnische Lehnklassifikation vor.

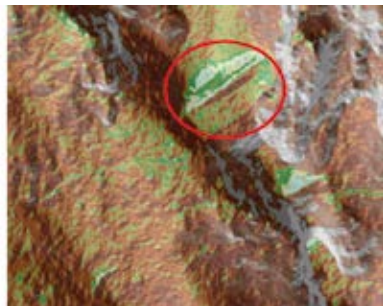


Abb. 4: Rückhaltedamm, auf dem Orthofoto (links) nicht sichtbar, in der ALS-Hangneigungskarte (rechts) gut sichtbar.

Fig. 4: Retention dam not visible on the orthophoto (left) and clearly visible on the ALS-slope map (right)



## Diskussion und Ausblick

In Bezug auf technische Sicherungen ist die durchgängige Anwendung der dargestellten Schutzzieldefinition für einen privaten und damit grundsätzlich gewinnorientierten Infrastrukturbetreiber als sehr streng anzusehen. Ein flexibleres Konzept wäre hier wünschenswert, wie es zum Beispiel risikobasierte Ansätze in anderen Alpenländern ermöglichen (Dorren et al., 2012). Durch die bisher in Österreich weitgehend fehlende Diskussion eines akzeptablen Restrisikos in Bezug auf Naturgefahrenprozesse ist die skizzierte Vorgehensweise der Dimensionierung permanenter technischer Schutzmaßnahmen für einen Infrastrukturbetreiber im Moment allerdings die einzige Option. Eine anlassbezogene Alternative dazu wären organisatorische oder betriebliche Maßnahmen, wie Streckensperrn oder Geschwindigkeitsreduktion. Einschränkend sind dabei jedoch einerseits die Kundenakzeptanz sowie andererseits die Verpflichtung laut Arbeitnehmerschutzgesetz zur höchstmöglichen Sicherheit der Mitarbeiter nach jeweiligem Stand der Technik (§7 AnschG).

Für die vorgestellte ÖBB-Schutzstrategie hinsichtlich präventiver Maßnahmensetzung sind die technische Maßnahmendimensionierung sowie die Maßnahmenbewirtschaftung von zentraler Bedeutung. Dazu können die Instrumente der Naturgefahrenkarte sowie der geologisch-geotechnischen Lehnklassifikation wichtige Entscheidungsgrundlagen sein.

Durch die Verschneidung der Naturgefahrenkarte mit unterschiedlichen Streckenkategorien können Verbauungsmaßnahmen objektiv und nach Priorität gereiht werden und so die Maßnahmenplanung streckenbezogen von einem kurzfristigen auf den geforderten mittel- bis langfristigen Planungshorizont von 3–7 Jahren gehoben werden. Weiters können naturgefahrensen-

sible Streckenabschnitte erkannt werden und vor dem Auftreten kritischer Situationen zeitgerecht organisatorische (Streckensperre) oder betriebliche Maßnahmenkonzepte (Geschwindigkeitsreduktion) vorbereitet werden. Die Erhebungen der Naturgefahrenkarte werden mit dem langfristigen Ziel einer österreichweiten Durchführung, streckenpriorisiert in den kommenden Jahren weitergeführt. Aktuell sind die Umsetzung und die Verwendung der Naturgefahrenkarte im Anlaufen begriffen. Die Anwendung der Naturgefahrenkarte als Grundlage zur Entscheidungsfindung und Maßnahmenplanung wird sich daher in den kommenden Jahren beweisen können.

Durch die geologisch-geotechnische Lehnklassifikation ist trotz umfassender Berücksichtigung aller Lehn eine Reduktion der zu inspizierenden Flächen zu erwarten. Wie die bisher kartierten Pilotstrecken zeigen, ist dieser erwünschte Umstand aufgrund der Berücksichtigung der Schutzwirkung wirksamer Bauwerke und das Herausfallen streckenferner, geotechnisch stabiler Hangflächen bedingt. Eine weitere Reduktion des Arbeitsumfanges ist durch die Anpassung der Inspektionsintervalle auf Basis der Aktivitätsbewertung der Lehnflächen zu erwarten. Dieser Einsparungseffekt wird sich in den kommenden Jahren zeigen. Als weiterer Vorteil ist zu sehen, dass durch die Umstellung des Lehn- und Anlagenkatasters auf eine WebGIS-Applikation die Datenhaltung und Validierung zeiteffizient erfolgen kann.

Bei der Wirtschaftlichkeitsüberlegung im Zuge der technischen Maßnahmenplanung wird, wie in anderen Eisenbahngewerken bereits länger üblich, zunehmend ein Gesamtkostenansatz angewendet. Mit diesem Ansatz werden die aufgrund des laufenden Bahnbetriebs hohen Kosten der Instandhaltung und Wartung sehr gut dargestellt und können für die Maßnahmenwahl



besser berücksichtigt werden. Ein mittelfristiges Ziel ist dabei die nachweisliche Darstellung der Gesamtkosten pro Anlageneinheit, damit diese zukünftig bei Vergabeentscheidungen verstärkt einfließen kann.

#### **Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:**

Dr. DI Michael Brauner  
Integriertes Streckenmanagement | ITCA | Fachbereich Geotechnik und Unterbau  
ÖBB Infrastruktur AG  
1020 Wien, Nordbahnstrasse 50  
michael.brauner@oebb.at

Dr. Mag. Hans Jörg Laimer  
Integriertes Streckenmanagement | ITCA | Fachbereich Geotechnik und Unterbau  
ÖBB Infrastruktur AG  
5020 Salzburg, Weiserstraße 9  
hans-joerg.laimer@oebb.at

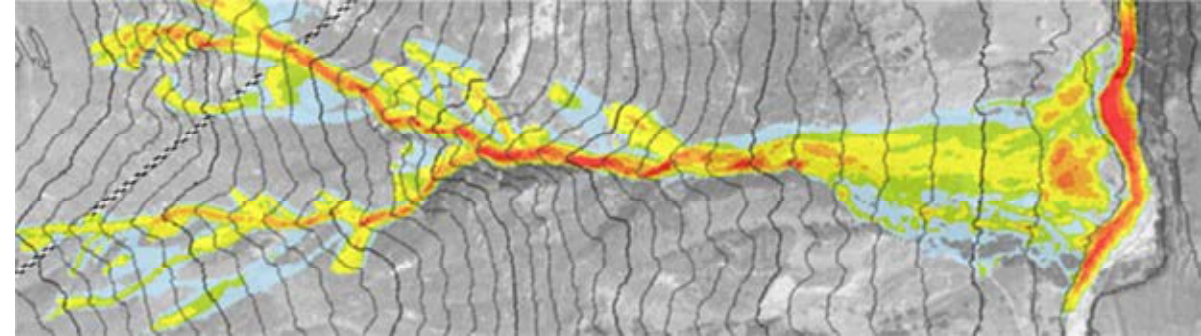
DI Christian Rachoy  
Integriertes Streckenmanagement | ITCA | Fachbereich Naturgefahrenmanagement  
ÖBB Infrastruktur AG  
1020 Wien, Nordbahnstrasse 50  
christian.rachoy@oebb.at

DDDI Christine Schönberger  
Integriertes Streckenmanagement | ITCA | Fachbereich Naturgefahrenmanagement  
ÖBB Infrastruktur AG  
1020 Wien, Nordbahnstrasse 50  
christine.schoenberger@oebb.at

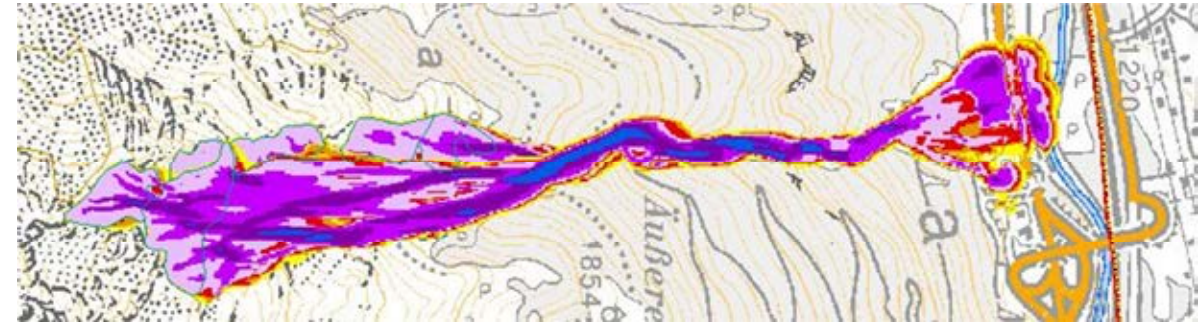
#### **Literatur/References**

- AnschG (1976). Arbeitnehmerschutzgesetz 1976 in der gültigen Fassung
- BIENIAWSKI Z. T. (1989). Engineering rock mass classifications. John Wiley and Sons: 272.
- DORREN L., ARNOLD P. (2012). Die Nationalstraßen wagen sich an die Risikoberechnung. Straße und Verkehr 6. 10-13.
- EisbG (1957). Eisenbahngesetz 1957 in der geltenden Fassung.
- MERZ B., PLATE E. J. (2001). Naturkatastrophen: Ursachen, Auswirkungen, Vorsorge. Verlag Schweizerbart Stuttgart: 475.
- ÖBB-DB 740-7 (2012). ÖBB-Dienstbehelf 740, Teil 7-Böschungs- und Lehnensicherung
- ONR 24803 (2008). Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Betrieb, Überwachung und Instandhaltung. Austrian Standards Institute: 25.
- ONR 24806 (2011). Permanenter technischer Lawinenschutz-Bemessung und konstruktive Ausgestaltung. Austrian Standards Institute: 88.
- ONR 24807 (2010). Permanenter technischer Lawinenschutz – Überwachung und Instandhaltung. Austrian Standards Institute: 24.
- ONR 24810 (2012). Technischer Steinschlagschutz-Begriffe, Einwirkungen, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandhaltung. Austrian Standards Institute: 97.
- PERROW C. (1984). Normal Accidents, Living with High Risk Technologies. Basic Books, USA: 434.
- RIWA-T (2006). Technische Richtlinien für die Bundeswasserbauverwaltung gemäß §3 Abs 2 WBFG. BMLFUW: 56.
- RUDOLF-MIKLAU F. (2009). Naturgefahren-Management in Österreich. Vorsorge-Bewältigung-Information. LexisNexis Verlag: 252.
- WRG (1959). Wasserrechtsgesetz 1959 in der geltenden Fassung.

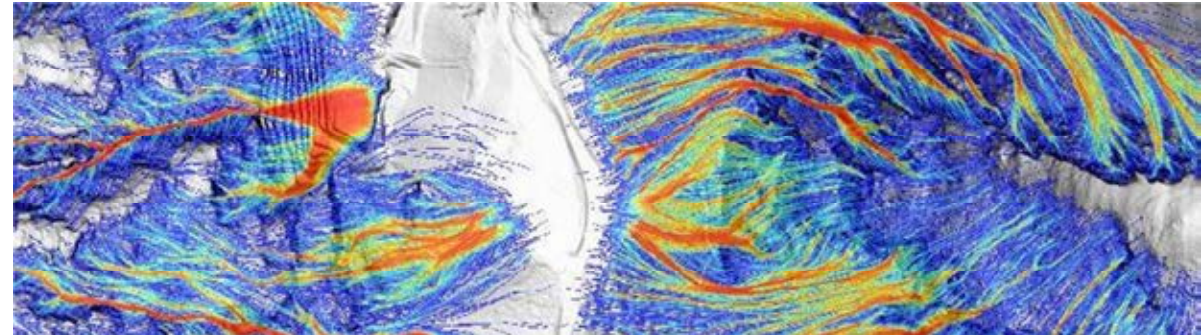
#### **MURDYNAMIK :: aiDebriFlow3D**



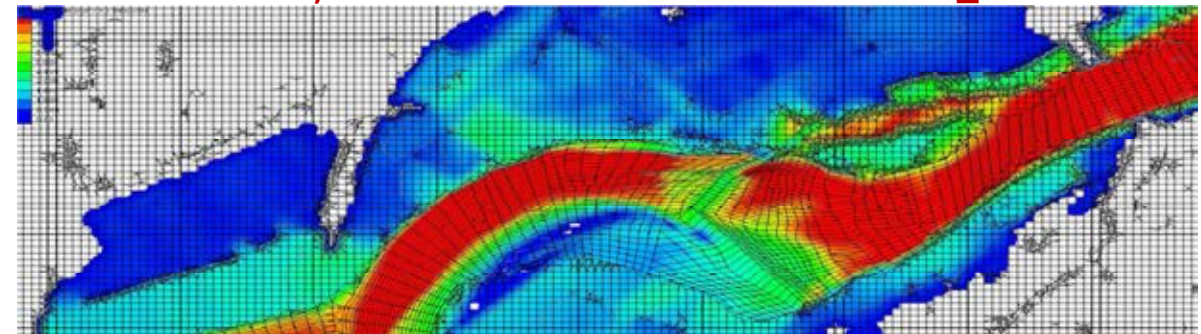
#### **LAWINENDYNAMIK :: aiAvalFlow2D**



#### **STURZDYNAMIK :: aiRockFall3D**



#### **STRÖMUNGS-, GESCHIEBEMODELL :: HYDRO\_AS+GS-2D**





PHILIPPE ARNOLD, LUKK DORREN

## Risikobasierter Schutz gegen Naturgefahren auf Nationalstraßen in der Schweiz

### *Risk-Based Protection against Natural Hazards on National Roads in Switzerland*

#### Zusammenfassung:

Naturgefahren bedrohen immer wieder Verkehrsanlagen und Infrastrukturen in der Schweiz. Um einen einheitlichen, zielgerichteten und schweizweiten Umgang mit Naturgefahren an Nationalstraßen sicherzustellen und die Transparenz der entsprechenden Mittelverwendung zu gewährleisten, hat das Bundesamt für Strassen (ASTRA) in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) seit dem Jahre 2007 das Projekt „Naturgefahren auf Nationalstrassen“ gestartet. Im Rahmen dieses Projektes wurden und werden sieben verschiedene Teilprojekte durchgeführt, um die Risiken, ausgehend von den gravitativen Naturgefahrenprozessen (Sturz, Rutschungen, Lawinen, Überschwemmung und Murgänge, Einsturz/Absenkung), netzweit zu analysieren, zu bewerten und zu bewältigen. In diesem Artikel werden wir die drei relevantesten Teilprojekte erläutern und konkrete Beispiele zeigen.

Stichwörter: Risiko, Straßen, Naturgefahren, Schutzmaßnahmen, Schweiz

#### Abstract:

*Natural hazards constantly threaten transport facilities and infrastructure in Switzerland. To ensure a Swiss-wide uniform and targeted handling of natural hazards, as well as to provide transparency regarding the invested resources, the Federal Roads Office (FEDRO) in cooperation with the Federal Office for the Environment (FOEN), have been running the project "Natural hazards on national roads" since 2007. As part of this project, seven different sub-projects were or are being carried out to assess and manage the risks posed by gravitational natural hazards (rock fall, landslides, avalanches, floods and debris flows, collapse/subsidence) on the entire national road network. In this article we will explain the most relevant sub-projects and show concrete examples.*

*Keywords: Risk, roads, natural hazards, protection measures, Switzerland*

#### Einleitung

Wie in allen Alpenländern bedrohen auch in der Schweiz Naturgefahren immer wieder Verkehrsanlagen und Infrastrukturen. Eindrückliche Zeugen dieser Tatsache sind der Lawinenwinter 1999, die Unwetter 2005 oder die Felssturz-Ereignisse auf der N2 am Gotthard im Jahre 2006 (Abb. 1). Im heutigen Umgang mit Naturgefahren in der Schweiz geht man davon aus, dass nicht nur die Gefährdung, sondern auch das Risiko maßgebend



Abb. 1: Der Felssturz auf die Gotthardautobahn am 31. Mai 2006 (Foto: W. Arnold, Amt für Tiefbau UR).

Fig. 1: Rock fall on the Gotthard highway on the May the 31st 2006 (Photo: W. Arnold, Amt für Tiefbau UR)

für eine Maßnahmenplanung sind. In der Vergangenheit wurde eher dort etwas gegen Naturgefahren unternommen, wo es gefährlich war, oder mit anderen Worten, dort wo ein Ereignis schon stattgefunden hatte (siehe z.B. Abb. 1). Heute versucht man mehr in die Zukunft zu schauen, mehrere mögliche Gefahrenszenarien zu definieren, dann das Risiko einzuschätzen/zu berechnen und zuletzt den Franken dort zu investieren, wo er am

meisten bringt. Der Nutzen liegt im einheitlichen, zielgerichteten und schweizweiten Umgang mit Naturgefahren und in der Transparenz der entsprechenden Mittelverwendung.

In diesem Zusammenhang hat das Bundesamt für Strassen (ASTRA) in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Unterstützung der Nationalen Plattform Naturgefahren (PLANAT) den Kantonen wie auch den Hochschulen seit dem Jahre 2007 das Projekt „Naturgefahren auf Nationalstrassen“ gestartet.

Die strategischen Ziele dieses Projekts sind:

- Das Streckennetz der Nationalstraßen kann hinsichtlich Gefährdung durch gravitative Naturgefahren nach einer einheitlichen Methodik hinsichtlich Prozess, Intensität und Wahrscheinlichkeit beurteilt werden.
- Daraus können die entstehenden Folgen (Schadenspotenziale) für Straßen-

benutzer und -betreiber und die daraus abgeleiteten Risiken in quantitativer Art bestimmt und verglichen werden.

- Aus dem Vergleich der bestehenden Risiken mit den Überprüfungs- und Priorisierungskriterien kann der Handlungsbedarf abgeleitet werden.
- Die Mittel zum Schutz vor Naturgefahren werden zielgerichtet und nach einheitlichen Kriterien verwendet.

Die konkreten Ziele des Projektes für den täglichen Betrieb des Nationalstraßennetzes sind:

- Ein netzweiter Ereigniskataster wird erstellt und nachgeführt.
- Ein schweizweiter Schutzmaßnahmenkataster (betreffend Schutzbauten und Schutzwald) für Nationalstraßen, inkl. Information zu Werkart, Zustand und Schutzwirkung wird erstellt und nachgeführt.
- Intensitätskarten pro Szenario und Gefahrenprozess werden erstellt.
- Eine Risikokarte in 100-m-Nationalstraßenabschnitte wird erstellt.
- Es können Prioritäten für die Maßnahmenplanung gesetzt werden.
- Die aus Kosten-Wirksamkeitsüberlegungen optimale Maßnahme oder Maßnahmenkombination kann evaluiert werden.
- Die Mitfinanzierung des ASTRA bei Maßnahmenprojekten Dritter (Kostenteiler-Diskussion) kann risikobasiert geregelt werden.

Im Rahmen des Projektes „Naturgefahren auf Nationalstrassen“ wurden und werden sieben verschiedene Teilprojekte (TP) durchgeführt, um die Risiken, ausgehend von den gravitativen Naturgefahrenprozessen (Sturz, Rutschungen, Lawinen,

Überschwemmung und Murgänge, Einsturz/Absenkung), netzweit zu analysieren, zu bewerten und zu bewältigen. In einem dieser Teilprojekte (Teilprojekt 1) wurden Gefahrenhinweiskarten für die Nationalstraßen erstellt. Parallel dazu wurde im Teilprojekt 3 das methodische Fundament für die transparente und einheitliche Beurteilung und Bewältigung dieser Risiken gelegt – „Risikokonzept Naturgefahren auf Nationalstrassen“ genannt (ASTRA, 2009). Im Teilprojekt 4 „Netzbezogene Gefahren- und Risikoanalyse“ wird seit dem Jahre 2010 das gesamte Nationalstraßennetz etappenweise in Form von einzelnen Losen durch ausgewiesene Fachleute beurteilt. Dabei werden jeweils rund 30 bis 60 km lange Strecken des Nationalstraßennetzes pro Los bearbeitet. Die übrigen Teilprojekte behandeln:

- rechtliche Aspekte von Naturgefahren (TP0, siehe auch Hepperle, 2008),
- Entwicklung der Datenmodelle (TP2, siehe <http://www.roadrisk.admin.ch> -> Dokumentation -> Downloads),
- den integralen Prozess, der definiert, wie die fünf ASTRA-Filialen – Estavayer-le-Lac (West-Schweiz), Thun (Bern und Wallis), Zofingen (Zentral-Schweiz), Winterthur (NO-Schweiz), Bellinzona (Ticino und Graubünden) – Schutzmaßnahmen priorisieren und umsetzen können (TP5),
- die Aufgabenteilung Naturgefahrenmanagement der Filialen (TP6),
- die fachtechnische Software-Applikation Naturgefahren im MISTRA (TP7).

Eine ausführliche Beschreibung dieser Teilprojekte betrachten wir für diese Publikation als weniger relevant. In diesem Artikel werden wir die drei erstgenannten Teilprojekte erläutern und konkrete Beispiele zeigen.

## Die Gefahrenhinweiskarte (GHK)

Die Gefahrenhinweiskarte ist Teil des stufenweisen Vorgehens zur Erkennung und Bewertung von Naturgefahren im Bereich des schweizerischen Nationalstraßennetzes. Die Erstellung der Gefahrenhinweiskarte basierte auf folgenden Grundsätzen:

- Über das gesamte Nationalstraßennetz wurden die Naturgefahrenprozesse flächendeckend und in vergleichbarer Bearbeitungstiefe beurteilt.
- Für die Ausarbeitung wurden Verfahren und Methoden angewendet, die eine nachvollziehbare und effiziente Ausscheidung von Gefahrengebieten nach einheitlichen Kriterien erlauben.
- Die verwendeten Simulationsmodelle garantieren eine gute Nachvollziehbarkeit und Transparenz. Das Extremereignis bildet die maßgebende Ereignisgröße. Simulationsmodelle wurden für die Gefahren Lawinen, Hangmuren, Überflutung sowie Steinschlag verwendet.
- Permanente Rutschungen, für welche keine geeigneten Modelle auf Stufe Gefahrenhinweiskarte vorliegen, wurden aufgrund vorhandener Kenntnisse und Grundlagen gutachterlich beurteilt.

Die Gefahrenhinweiskarte zeigt Gebiete resp. Straßenabschnitte, auf denen die Naturgefahren Lawine, Sturz, Murgang, Hangmure, permanente Rutschung, Überflutung und Übersarung eine Gefahr für die Nationalstraße darstellen können.

Die Gefahrenhinweiskarte gibt Hinweise auf eine mögliche Gefährdung, macht jedoch keine Angaben zu Intensität und Eintretenswahrscheinlichkeit der Prozesse. Dies ist Aufgabe der Gefahrenkarten. Die Ausscheidung der Gefahrenhinweiskarte erfolgt im Maßstab 1:25'000. Lokale Gegebenheiten können somit nur begrenzt be-

rücksichtigt werden. Damit ergibt sich eine klare Anwendung der Gefahrenhinweiskarte auf Stufe Grobplanung:

- Erkennen von Konfliktstellen auf dem Nationalstraßennetz (Verdachtsflächen),
- Definieren von Gebieten, wo detaillierte Gefahrenbeurteilungen notwendig sind und
- Vorbeurteilung von größeren Projekten und Bauvorhaben hinsichtlich Gefahrensituation.

Damit dienen die Gefahrenhinweiskarten in erster Linie als Grundlage zur Festlegung der prioritären Perimeter für eine vertiefte Analyse der Naturgefahren.

Für die Ausscheidung der gefährdeten Nationalstraßenabschnitte wurden die Prozessflächen aus dem Datensatz des Projekts Aquaproject (siehe <http://www.bafu.admin.ch/naturgefahren/01916/06598>) sowie des Moduls EVENT von Silvaprotect CH (siehe <http://www.bafu.admin.ch/naturgefahren/01920/01964>) verwendet.

Auf Stufe der Gefahrenhinweiskarte werden generell Schutzbauten gegen Lawinen, Rutschungen, Steinschlag und Murgänge nicht berücksichtigt. Es wurden lediglich Schutzbauten berücksichtigt, welche sich morphologisch im Geländemodell abzeichnen, das heißt größere Geländeschüttungen, wie z.B. Schutzwälle, Schutzdämme und ähnliche. Die Berücksichtigung der Schutzbauten muss auf Stufe Gefahrenkarte erfolgen, wo detaillierte Abklärungen bezüglich der Schutzwirkung erforderlich sind. Auch die Schutzwirkung des Waldes wurde in den vorliegenden Gefahrenhinweiskarten nicht berücksichtigt. Ebenfalls nicht berücksichtigt wurden Brücken und Galerien, da bei der Verwendung der vorhandenen Datengrundlagen eine zu große Unsicherheit bezüglich deren Wirkung im Zusammenhang mit den verschiedenen Gefahrenprozessen besteht. Als Schutzbauten berücksich-

tigt wurden hingegen Tunnel mit einer Länge von über 100 m. Im Bereich der Portale wurde ein Pufferbereich von 50 m ab Portal ausgeschieden, in welchem die Gefahrenprozesse eine Gefährdung darstellen können. Die heute vorliegenden Gefahrenhinweisflächen sind daher etwas überzeichnet. Damit wird aber gewährleistet, dass potenzielle Konfliktstellen erkannt werden (Verdachtsflächen bezüglich Naturgefahren).

### Risikokzept Naturgefahren auf Nationalstraßen

Das Risikokzept Naturgefahren auf Nationalstraßen lehnt sich an das Risikokzept der PLA-NAT an (Bründl, 2009) und besteht aus Teilschritten der

- Risikoanalyse – Was kann passieren? Diese setzt sich aus der Gefahren-, Expositions- und Konsequenzenanalyse zusammen.
- Risikobewertung – Was darf passieren?
- Maßnahmenplanung – Was ist zu tun?

In der Gefahrenanalyse werden für jede Prozessquelle die gravitativen Naturgefahren gemäß Abbildung 1 hinsichtlich Wahrscheinlichkeit und Ausmaß beurteilt.

Unter einer Prozessquelle wird ein Gebiet verstanden, das über eine einheitliche Disposition zur Gefahrenentstehung verfügt (z. B. Lawinenzug mit Anrissgebiet, Gerinne mit Einzugsgebiet, abgrenzbare Felswand als Quelle von Steinschlag). Prozessquellen müssen aufgrund von klar dokumentierten Kriterien und Ereignissen voneinander abgegrenzt sein.

Die Methodik stellt sicher, dass die Wahl der für die Gefährdung maßgebenden Szenarien pro Prozessquelle nach einheitlichen und nachvollziehbaren Kriterien erfolgt. Basis dafür bilden die Auswertung der historischen Ereignisse, die Auswertung von statistischen Daten, die Aufnah-

| Hauptprozess         | Gefahrenprozesse                     |
|----------------------|--------------------------------------|
| Sturz                | Steinschlag / Blockschlag            |
|                      | Felssturz                            |
|                      | Eisschlag                            |
| Hochwasser / Murgang | Übersarung, Überflutung              |
|                      | Übermurgung                          |
|                      | Ufererosion / Unterkolkung           |
| Lawinen              | Fließlawine                          |
|                      | Staublawine                          |
|                      | Gleitschnee                          |
| Rutschungen          | Permanente Rutschungen und Sackungen |
|                      | Spontane Rutschungen                 |
|                      | Hangmuren                            |
| Einsturz / Absenkung | Einsturz / Absenkung                 |

Tab. 1: Gliederung der Gefahrenprozesse, welche im Rahmen der Gefahrenanalyse beurteilt werden.

Tab. 1: Classification of hazard processes, which are subject of assessment.

me von „stummen Zeugen“ im Gelände, die Beurteilung der Disposition im Gelände und die Beurteilung der bestehenden Schutzmaßnahmen und des Schutzwaldes. Die Wirkung der bestehenden Schutzbauten wird gemäß der Publikation „Wirkung von Schutzmaßnahmen“ (Romang, 2008) beurteilt. Dabei wird nur der Schritt 1 – Grobbeurteilung – durchgeführt, wo evaluiert wird, ob eine relevante Schutzwirkung zu erwarten ist oder nicht oder ob gar von einer negativen Wirkung auszugehen ist.

| Häufigkeit    | Wiederkehrperiode / Jährlichkeit | Bemerkungen  |
|---------------|----------------------------------|--|
| sehr häufig   | > 0 bis ≤ 10 Jahre               | Konkreter Wert ist gestützt auf den Ereigniskataster festzulegen   |
| häufig        | > 10 bis ≤ 30 Jahre              |  |
| selten        | > 30 bis ≤ 100 Jahre             |  |
| sehr selten   | > 100 bis ≤ 300 Jahre            |  |
| extrem selten | > 300 Jahre                      | Diese Wiederkehrperiode wird nur bei Talflüssen sowie bei Prozessquellen, wo es klare Hinweise für ein solches Szenario gibt, als Prozessumhüllende abgebildet. Für dieses Szenario findet keine Risikobestimmung statt. |

Tab. 2: Wiederkehrperioden, welche in der Gefahrenanalyse für jede Prozessquelle berücksichtigt werden.

Tab. 2: Return period, which is taken into account in the hazard analysis for each source of risk (process).

Ausgehend von den so für jede Prozessquelle festgelegten Szenarien der Gefahrenentstehung werden die Wirkungsräume entlang der Nationalstraßen ausgeschieden und in Form von Intensitätskarten pro Szenario und pro Prozessquelle dargestellt. Dabei werden die speziellen räumlichen Verhältnisse entlang von Straßen berücksichtigt, indem nicht nur die Verhältnisse auf der Fahrbahn, sondern auch unter der Fahrbahn (z. B. Kolk bei Brückenpfeilern oder Treffer von Brückenpfeilern durch Sturzprozesse) und über der Fahrbahn (z. B. Lawinen- und Sturzeinwirkungen auf Gallerien) beurteilt werden. Im Hinblick auf die zu erwartenden Schäden ist die Gefahrenbeurteilung räumlich so detailliert, dass Aussagen darüber gemacht werden können, ob ein Gefahrenprozess den Standstreifen, eine Fahrriechung oder beide Fahrriechungen tangiert.

Neben den für die Gefahrenbeurteilung in der Schweiz üblichen Intensitätsabstufungen (BFF, EISLF, 1984; BRP, BWV, BUWAL, 1997a,b) werden für die Beurteilung der entstehenden

Schäden bei jeder Intensitätsfläche zusätzlich folgende Parameter erhoben:

- prozessspezifische Werte wie räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit, Sturzenergie, Ablagerungshöhe auf der Fahrbahn, Fließ- und Rutschungsgeschwindigkeit, Lawinendruck, Kolkiefen u. a.,
- Gleichzeitigkeit möglicher Ereignisse desselben Ereignistyps in der näheren Umgebung
- Wahrscheinlichkeit und Dauer einer vorsorglichen Sperrung infolge eines unmittelbar bevorstehenden Ereignisses,
- Angabe darüber, ob Schäden an Kunstbauten wie Brückenpfeilern oder Galleriedächern zu erwarten sind.

Im nächsten Schritt, der Expositions- und Konsequenzenanalyse werden die durch Naturgefahren verursachten Risiken berechnet und in Todesfallprobabilitäten und jährlichen Schadenerwartungswerten ausgedrückt. Diese Risiken beinhalten:



- Personenrisiken, die durch Direkttreffer oder Auffahren auf ein Hindernis auf den Nationalstraßen verursacht werden, sowie Risiken, die durch Direkttreffer auf Nebenanlagen wie Rastplätzen, Werkhöfen u. a. verursacht werden,
- Sachrisiken, die durch die Räumungs- und Wiederherstellungskosten nach einem Naturgefahrenereignis entstehen,
- Verfügbarkeitsrisiken oder Kosten, die entstehen, wenn ein Streckenabschnitt infolge eines Naturgefahrenereignisses vorsorglich oder nachträglich gesperrt werden muss.

Das Schadenausmaß wird natürlich nicht nur durch die Intensität der Naturgefahrenprozesse bestimmt. Weitere Faktoren sind die potenziellen Reparaturkosten der Infrastrukturobjekte und deren Schadenempfindlichkeit, die Anzahl der Straßenbenutzer und deren Letalität durch verschiedene Naturgefahrenprozesse sowie die indirekten Kosten, die durch Straßensperrungen entstehen. Die Kosten der Infrastrukturobjekte sind dem ASTRA bekannt. Die Schadenempfindlichkeit dieser Objekte basiert auf Erfahrungswerten aus verschiedenen Bereichen (Siedlungsgebiete, SBB, Forschungsprojekte, Tiefbauämter, etc.) und ist mit den Werten vom Risikoberechnungstool EconoMe vom BAFU abgestimmt worden. Die Anzahl der Fahrzeuge, die die Nationalstraßen befahren, wird täglich vom ASTRA mittels DTV-Messstellen (DTV = Durchschnittlicher Täglicher Verkehr) gemessen. Es wird davon ausgegangen, dass der mittlere Besetzungsgrad eines Fahrzeuges 1,76 Personen beträgt, unter der Annahme, dass 0,5% des DTV aus Cars mit durchschnittlich 25 Insassen besteht.

Etwas komplizierter ist die Berechnung von indirekten Kosten, die durch Sperrungen von Nationalstraßen entstehen. Da greift das ASTRA auf ein bestehendes Verkehrsmodell des Instituts

für Verkehrsplanung und Transportsysteme der ETH Zürich (Erath, 2001) zurück. Dieses Modell bindet das ganze schweizerische Straßennetz, bis auf Stufe Gemeindestraße, in das Europäische Autobahnnetz ein und kann den Effekt von Sperrungen einzelner Straßenstrecken berechnen. In diesem Modell werden Umfahungskosten für PKW und LKW, Zu- und Abnahme der Unfallkosten durch die Sperrung sowie eine Monetarisierung von (lokalen) Fahrten, die nicht durchgeführt werden können, berechnet. Die Anwendung dieses Modells hat uns erlaubt, die Sperrungskosten in CHF/Tag für alle Nationalstraßen-Strecken für eine Sommersituation und eine Wintersituation (unter Berücksichtigung der Wintersperrungen der Schweizer Pässe) darzustellen.

## RoadRisk

Die eigentliche Berechnung der Risiken durch die gravitativen Naturgefahrenprozesse auf Nationalstraßen findet im Online-Tool RoadRisk ([www.roadrisk.admin.ch](http://www.roadrisk.admin.ch)) statt. Diese Berechnung ist nur ein kleiner Schritt in der ganzen Risikoanalyse. Die wichtigsten Eingangsparameter sind alle Wahrscheinlichkeiten und Intensitäten pro Gefährdungsszenario. Diese können nicht ohne ausführliche Geländebegehungen und weitere Analysen im Büro (z.B. Simulationen mit Gefahrenprozessmodelle) ermittelt werden. Zusätzliche wichtige Parameter sind die Sperrungsdauer und Sperrungshäufigkeit. Diese müssen mittels Befragungen der zuständigen Fachstellen festgelegt werden. Wenn alle benötigten Informationen vorliegen, kann die Risikoberechnung mit RoadRisk durchgeführt werden. Erste Erfahrungen zeigen, dass für die Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse für eine 30 bis 50 km lange Nationalstraßenstrecke in den Alpen etwa 1.5 Jahre benötigt werden, bevor alle Informationen vorliegen.

Die Vorgehensweise der Risikoberech-

nung in RoadRisk wird anhand der Abb. 2 erklärt. Der erste Schritt (A) ist die Kontrolle und allenfalls Vervollständigung der Intensitätskarten und deren Attribute (Intensität INT, Gefahrenprozessnummer  $G_p$ , Eintretenswahrscheinlichkeit  $P_{ein}$  usw.) für alle relevanten gravitativen Gefahrenprozesse und alle relevanten Szenarien. Der nächste Schritt (B) ist die Zuweisung der benötigten Straßenattribute an den Straßenachsen (DTV, signalisierte Höchstgeschwindigkeit  $V_{max}$ , Sperrungskosten  $K_s$ ). Nachher werden die Intensitätskarten mit den Straßenachsen verschnitten (Schritt C) und dann wird nur

noch mit den betroffenen Straßenabschnitten weitergearbeitet. Die Schritte A, B und C werden in der WebGIS-Maske von RoadRisk durchgeführt. Dann, in Schritt D, werden die betroffenen Straßenabschnitte mit allen Gefahrenprozessen und Straßenattributen als separater Datensatz in die Datenbank von RoadRisk importiert. Dort werden anschließend die Personen-, Sach- und Verfügbarkeitsrisiken pro betroffenen Straßenabschnitt berechnet und nachher sowohl pro Prozessquelle (z. B. pro Lawinenzug, Felswand oder Wildbach) als auch pro 100 m Straßenabschnitt aggregiert. Die-

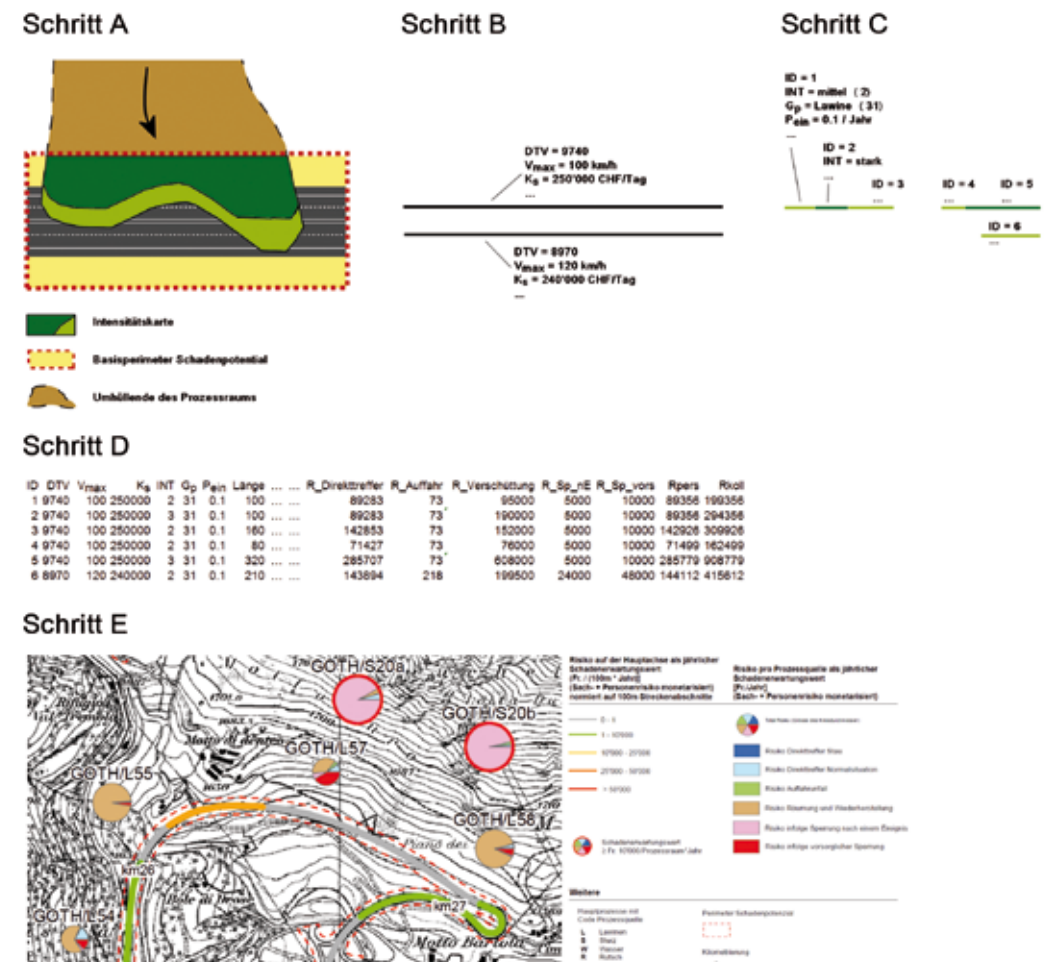


Abb. 2: Vorgehensweise der Risikoberechnung in RoadRisk (Beschreibung siehe Text).

Fig. 2: Procedure for calculation of risks in the program RoadRisk (for description see text).

se Informationen werden in der WebGIS-Maske dargestellt (Schritt E). Alle Details zu den verwendeten Algorithmen und Parametern können auf der obengenannten Website eingesehen werden. Der große Vorteil von RoadRisk ist, dass alle Risikoberechnungen beim ASTRA standardisiert sind und die Berechnungen für alle betroffenen Straßenabschnitte bis ins kleinste Detail systematisch in einer Online-Datenbank gespeichert sind.

### Risikobewertung und Maßnahmenplanung

Mit der Risikobewertung wird überprüft, ob die ermittelten Risiken für den Anlagenbetreiber tragbar sind. Das ASTRA legt hier bewusst keine Schutzziele fest. Das ASTRA hat drei Überprüfungskriterien festgelegt. Bei deren Verletzung sind Maßnahmen zu prüfen:

- Für individuelle Todesfallrisiken (d.h. ein Pendler, der einen bestimmten Streckenabschnitt viermal täglich befährt) wird die Todesfallwahrscheinlichkeit von  $10^{-5}$  festgelegt, die nicht überschritten werden soll.

- Um Streckenabschnitte mit hohen kollektiven Risiken zu erkennen und in der Maßnahmenplanung zu priorisieren, gelten folgende Überprüfungskriterien:
  - Risiko auf Streckenabschnitt  $>$  CHF 10'000 pro 100m und Jahr,
  - Risiko pro Prozessquelle  $>$  CHF 10'000 pro Jahr.

Als Bewertungskriterium gilt die Kosteneffizienz von zusätzlichen Schutzmaßnahmen. Sind kosteneffiziente Maßnahmen möglich (Nutzen/Kosten  $>$ 1), müssen Maßnahmen realisiert werden. Sind keine kosteneffizienten Maßnahmen möglich, so müssen diese Risiken kommuniziert werden und mögliche Maßnahmen werden zurückgestellt. Mit der Methodik werden Vorgehen und Kriterien festgelegt, die es erlauben, risikoindernde Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen auf Kosten und Nutzen hin zu überprüfen. Das Kriterium der Kosteneffizienz erlaubt es dann, aus verschiedenen möglichen Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen die optimale Entscheidung zu treffen. Dabei ist diejenige Maßnahmenkombination optimal, welche die Nettutzen (= Nutzen minus Kosten) maximiert.



Abb.3:  
Auch die Gefährdung der Brückenpfeiler durch Unterkolkung ist zu beurteilen (Foto: Judith Dobmann, Geo7).

Fig. 3:  
The hazard of bridge scour needs to be assessed as well (Photo: Judith Dobmann, Geo7)

### Einige Ergebnisse und Stand der netzbezogenen Gefahren- und Risikoanalyse

Der Beurteilungsumfang in den einzelnen Losen umfasst alle Zubringer, die Fahrbahn (richtungsgetrennt, mehrspurig oder nicht richtungsgetrennt) sowie alle ASTRA-relevanten Nebenanlagen (Tunnellüftung, Werkhof, Raststätte und Rastplatz). Der Perimeter der detaillierten Gefahrenbeurteilung umfasst in der Regel die Fahrbahn plus einen Puffer von 10 m links und rechts der Fahrbahn. In der Gefahrenanalyse eines typischen „Alpenlooses“ können über 100 Gefahrenquellen im Detail beurteilt werden.

Für die Gefahrenbeurteilung werden, gemäß Methodik, alle bisherigen relevanten Naturereignisse erfasst und umfangreiche Gelände- und

Modellierungsarbeiten durchgeführt. Weiter werden alle bestehenden Schutzbauten wie auch der Schutzwald erfasst, hinsichtlich Relevanz beurteilt und in einem Schutzmaßnahmenkataster zusammengestellt. Ein besonderes Augenmerk in der Gefahrenbeurteilung liegt auf den zu erwartenden Prozesskombinationen. So wurde im Los Leventina im Kanton Tessin erkannt, dass infolge von Lawenniedergängen der Ticino gestaut werden kann und es deswegen in sehr seltenen Fällen zur Überflutung der Nationalstraße kommen kann. Ein weiteres straßenspezifisches Augenmerk liegt in der Bestimmung der maßgebenden Einwirkung an betroffenen Kunstbauten (z.B. Kolkiefen bei Brückenpfeilern, Sturzenergien oder Lawinendrucke auf Schutzgalerien).

Die Risikoberechnungen in den ab-



Abb. 4: Übersicht über die abgeschlossenen und geplanten Strecken sowie über die im Projekt „Naturgefahren auf Nationalstrassen“ in Bearbeitung befindlichen (Stand Februar 2013).

Fig. 4: Overview of the road sections that are finalised, planned or currently in progress in the project natural hazards on national roads (Status February 2013)



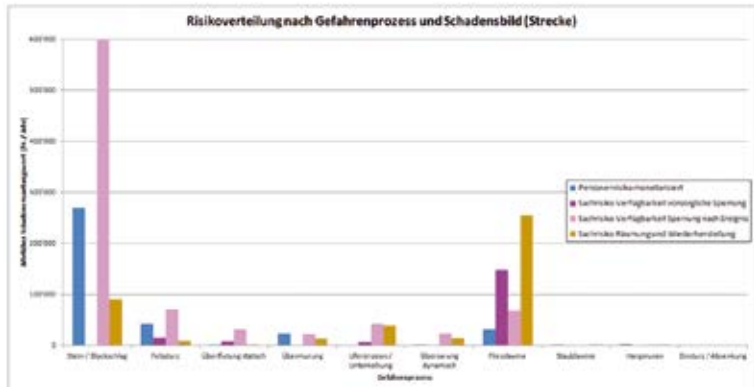


Abb.5:  
Beispiel der ermittelten Risiken aus der Leventina im Kanton Tessin (Abbildung: ARGE IMPULS-geo7-flussbau-Kellerhals+Haefeli, 2011).

Fig. 5:  
Example of the calculated risks in the Leventina in the canton of Ticino (Image: ARGE IMPULS-geo7-flussbau-Kellerhals+Haefeli, 2011)

geschlossenen Losen (Abb. 4) zeigen, dass das Überprüfungs-kriterium des individuellen Todesfallrisikos pro Jahr ( $10^{-5}$ ) extrem selten verletzt wird. Bei vielen Prozessquellen besteht aber prioritärer Handlungsbedarf wegen zu hoher kollektiver Risiken oder wegen zu hoher streckenbezogener Risiken, wobei sich diese beiden Fälle in den meist räumlich überlagern. Die maximalen kollektiven Risiken pro Prozessquelle betragen zwischen einigen Hunderttausend CHF/Jahr bis eine halbe Million CHF/Jahr an der Gotthardautobahn. Im Durchschnitt liegt das kollektive Risiko pro Prozessquelle zwischen einigen Tausend bis zehntausend CHF/Jahr. Bei einigen Zehntausend CHF jährlicher Schadenerwartungswert (z.B. ein kollektives Risiko von 25'000 CHF/Jahr) ist die Investitionssumme für eine Maßnahme mit einer Lebenserwartung von 50 Jahren auf CHF 1'250'000. beschränkt. Das bedeutet, es gibt in vielen Fällen keine kosteneffizienten Maßnahmen.

Das Gesamtrisiko in den einzelnen Losen variiert zwischen einigen 10'000 CHF/Jahr und mehreren Millionen CHF/Jahr. Grund dafür sind meistens die hohen indirekten Kosten, die entstehen durch Straßensperrung nach einem Ereignis und durch vorsorgliche Straßensperrung, wie z.B. bei lawinenkritischen Situationen. Sachrisiken bestimmen also praktisch immer das Gesamtrisiko, wobei nur bis 20% aus Personenschäden besteht (Abb. 5).

### Schlussfolgerungen

Mit dieser Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse verfügt das ASTRA nun über folgende Ergebnisse in einheitlicher und strukturierter Form für fast alle Alpenstrecken:

- Die gefährdeten Streckenabschnitte sind identifiziert.
- Die historischen Ereignisse, welche die Nationalstraßen betrafen oder für sie relevant sind, sind erfasst.
- Art, Wahrscheinlichkeit und Intensität der zu erwartenden Gefahrenprozesse sind bekannt und in Form von Intensitätskarten dargestellt.
- Die bestehenden Schutzbauten wie auch der Schutzwald sind hinsichtlich Relevanz erfasst und in einem Schutzbautenkataster dokumentiert.
- Die Folgen und somit die Risiken für die Straßenbenutzer und für den Straßenbetreiber sind bekannt und in Form von Risikokarten dargestellt.
- Bezug nehmend auf die Priorisierungskriterien weiß das ASTRA, an welchen Stellen man die Prioritäten für die nun folgende Maßnahmenplanung legen muss.

Basierend auf diesen Arbeiten werden als nächste Schritte die überregionale Maßnahmenplanung

und die Evaluation der optimalen Maßnahmenvariante nach dem in der Methodik (ASTRA, 2009) festgelegten Vorgehen demnächst gestartet. Parallel kann das ASTRA die zukünftig benötigten Investitionssummen für ein risikobasiertes Naturgefahrenmanagement budgetieren.

### Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Philippe Arnold  
Bundesamt für Strassen ASTRA  
3003 Bern  
philippe.arnold@astra.admin.ch

Luuk Dorren  
Bundesamt für Umwelt BAFU  
3003 Bern  
luuk.dorren@bafu.admin.ch

### Literatur / References:

- ASTRA (2009). Risikokonzept Naturgefahren Nationalstrassen. Dokumentation 89 001, V1.30. Bundesamt für Strassen ASTRA, Bern. (<http://www.astra.admin.ch/dienstleistungen/00129/00183/01156>).
- BFF, EISLF (1984). Richtlinie zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten. Bundesamt für Forstwesen, Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung (BFF, EISLF). (<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00778>). 42 S.
- BRP, BWW, BUWAL (1997). Empfehlung zur Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. (<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00786>). 34 S.
- BRP, BWW, BUWAL (1997). Empfehlung zur Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. (<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00783>). 42 S.
- BRÜNDL M. (Ed) (2009). Risikokonzept Naturgefahren - Leitfaden. Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern. (<http://www.planat.ch/de/infomaterial-detailansicht/datum/2010/10/22/planat-projekt-a11-risikokonzept-naturgefahren/>), 420 S.
- ERATH A.L. (2011). Vulnerability assessment of road transport infrastructure. Dissertation ETH Zürich. <http://dx.doi.org/10.3929/ethz-a-006806584>.
- HEPPERLE E. (2008). Schutzauftrag und Subventionierung bei Naturgefahren. Rechtsgutachten. Umwelt-Wissen Nr. 0821. Bundesamt für Umwelt, Bern. 121 S. (<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00098>).
- ROMANG H., et al. (2008). Wirkung von Schutzmassnahmen. Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern. (<http://www.planat.ch/de/infomaterial-detailansicht/datum/2008/01/01/planat-projekt-a3-wirkung-von-schutzmassnahmen/>). 289 S.

## WEIL WETTER WICHTIG IST.

FÜHREND IN DER ENTWICKLUNG REGIONALER WETTERMODELLE UND METEOROLOGISCHER ALARMIERUNGSSYSTEME

- Präzise regionale und lokale Wetterprognosen
  - Niederschlagsalarmierungen auf Basis dynamischer Gewittermodelle
  - Infrastruktur-Wetterportale für Straßenverkehr und Bahnverkehr
  - Baustellenüberwachung (Blitzortung, Niederschlagsalarmierungen, Detailprognosen,...)
  - Eigene Hochgebirgsprognosen für Lawinenkommissionen
- Infos unter: [www.ubimet.com](http://www.ubimet.com)**

UBIMET –  
Institut für ubiquitäre  
Meteorologie



MARIANNE FRITZ

## Lawinenschutz im Bereich von Seilbahnen: Rechtsgrundlagen und Sicherheitskonzept

### *Avalanche protection in the field of ropeways: Legal basis and safety concept*

#### Zusammenfassung:

Die Lawinensicherheit im Bereich von Seilbahnen in Österreich ist auf Grundlage des Seilbahngesetzes 2003 idF 2012 im sogenannten Lawinenerlass des BMVIT geregelt. Diese seit 1975 bestehende Rechtsnorm wurde 2011 neu erlassen und regelt die Beurteilung von Lawinengefahren für Seilbahnen, die Herstellung der Anlagen- und Betriebssicherheit, die Lawinensicherung für „zugehörige“ Skipisten, das Lawinensicherheitskonzept im seilbahnrechtlichen Genehmigungsverfahren, die Betreuung der Anlage durch eine Lawinenkommission sowie Ausnahmen für den Ersatz oder Umbau bestehender Seilbahnen. Der Beitrag gibt einen Überblick über die Rechtsgrundlagen und deren formale Anwendung mit Bezugnahme auf einschlägige Judikatur.

#### Stichwörter:

Seilbahnen, Lawinensicherheit, Lawinenerlass, Sicherheitskonzept, Lawinenkommission

#### Abstract:

*The avalanche safety in the area of ropeways is regulated on the basis of the Austrian Ropeway-Act 2003 (version of 2012) in the so-called "Avalanche Decree" of the BMVIT. This legal norm (enacted 1975) was re-enacted in 2011 and determines the assessment of avalanche hazards for ropeways, the ensuring of the system safety as well as the safety of operation, the avalanche safety for the "connected" ski slope, the avalanche safety concept of the authorisation process according to the Ropeway-Act, the supervision of the ropeway by a local avalanche commission and some exceptions for the replacement or rebuild (alteration) of existing ropeways. The article gives an overview of the legal norms, their formal application with respect to case law.*

#### Keywords:

*Ropeways, avalanche safety, avalanche decree, safety concept, avalanche commission*

#### Einleitung

Für ein Wintersportland wie Österreich ist die optimale Sicherung von Seilbahnen und Skipisten vor Lawinengefahren von wesentlicher Bedeutung. Entsprechend großes Augenmerk wird daher von Seiten der Betreiber von Skigebieten, der zuständigen Behörden und natürlich nicht zuletzt auch der Wintersportler auf dieses Thema gelegt. Jedes Jahr kommt es insbesondere zu Lawinenabgängen, bei welchen Personen verletzt oder gar getötet werden. Unfälle solcher Art ereignen sich fast ausschließlich im ungesicherten Skiraum, innerhalb des gesicherten Skigebietes sind sie äußerst selten. Dieser Umstand ist in erster Linie der Sorgfalt der Skigebietsbetreiber bei der Wahrnehmung der ihnen obliegenden Sicherung ihrer Wintersportanlagen vor Lawinengefahren zu verdanken. Grundlage dafür bilden unter anderem die rechtlichen Vorgaben, die bei der Errichtung und dem Betrieb solcher Anlagen einzuhalten sind und die somit einen wesentlichen Beitrag zur Sicherheit im Wintersport leisten.

Im Folgenden wird die in Österreich für den Lawinenschutz im Bereich von Seilbahnen geltende Rechtslage vorgestellt und näher erläutert.

#### Entwicklung des Lawinenerlasses

Lawinenerlässe der Jahre 1975, 1996 und 2004

Einige schwere Lawinenunfälle im Bereich von Seilbahnen führten im Jahr 1975 zur Herausgabe des ersten Lawinenerlasses (Bundesministerium für Verkehr, ZI EB 6403/8-II/3-1975 vom 22.1.1975). Dieser Erlass wurde auf Basis einer entsprechenden Entschließung der Bundesregierung vom Bundesministerium für Verkehr in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft erarbeitet. Mit ihm wurde erstmals

eine österreichweit geltende Regelung betreffend die Herstellung der Lawinensicherheit im Bereich von Seilbahnen und somit eine einheitliche rechtliche Vorgabe für die Seilbahnbehörden und die Beurteilung der Lawinensituation durch die lawinenfachlichen Sachverständigen, die in den seilbahnrechtlichen Genehmigungsverfahren beigezogen werden, geschaffen. Inhaltlich wurde darin festgelegt, dass neue Seilbahnen nur dann errichtet werden dürfen, wenn sie entweder auf von Natur aus lawinensicheren Standorten situiert oder durch permanente Schutzmaßnahmen in Form von Lawinenverbauungen gesichert werden. Im Interesse der Sicherheit der Ausübung des Wintersportes durch die Seilbahnbenutzer wurde neben der Sicherung von neuen Seilbahnen auch die Sicherung von zumindest einer der Anlage zuordenbaren Skipiste in den Regelungsumfang des Erlasses aufgenommen. Für diese Skipiste galt ebenfalls die Vorgabe der permanenten Lawinensicherheit.

Im Jahr 1996 kam es in Ergänzung dieses Erlasses zur Zulassung von temporären Sicherungsmaßnahmen für Ersatzanlagen und standortgleiche, förderleistungserhöhende Umbauten von bestehenden Anlagen, bei denen sich ein permanenter Schutz nicht oder nicht zur Gänze herstellen ließ (Bundesministerium für Wissenschaft, Verkehr und Kunst, ZI 238961/4-II/3-1996 vom 1.7.1996). Die lawinentechnische Beurteilung erfolgte in diesen speziellen Fällen im Rahmen eines von der Seilbahnbehörde geführten sogenannten Ausnahmeverfahrens durch eine beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft eingerichtete und aus lawinenfachlichen Sachverständigen zusammengesetzte Kommission. Diese musste die Abweichung von der Grundsatzforderung des Erlasses nach permanenter Lawinensicherheit im konkreten Einzelfall für vertretbar halten. Eine derartige Vertretbarkeit konnte gemäß den Bestimmungen des Erlasses nur dann als ge-

geben angesehen werden, wenn durch die vorgesehenen Lawinenschutzmaßnahmen ein „überproportionaler“ Sicherheitszugewinn gegenüber dem Status quo für das gesamte Skigebiet erzielt werden konnte. (Sauermoser & Reiterer, in diesem Heft)

Mit dem Lawinenerlass 2004 (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, im Folgenden: BMVIT, GZ 238961/3-II/Sch3/2004 vom 1.3.2004) wurde diese 1996 geschaffene Ausnahmemöglichkeit auf Ergänzungsanlagen, d.h. neue Seilbahnen, die innerhalb eines schon erschlossenen Skigebietes errichtet werden, ausgedehnt. Für neue Seilbahnen außerhalb des erschlossenen Skigebietes waren keine Ausnahmen vorgesehen. Für diese seilbahn- und skitechnischen Neuerschließungen blieb die Forderung nach permanenter Sicherheit für die Seilbahn und für mindestens eine Skipiste aufrecht.

#### Neuerungen des Lawinenerlasses 2011

Die aus der Anwendung der Lawinenerlässe der Jahre 1975, 1996 und 2004 gewonnenen Erfahrungen, sowie die in den vergangenen Jahren erfolgten Verbesserungen im Bereich der künstlichen Lawinenauslösung, der Lawineprognose und der Lawinewarnung bilden die Grundlage für die mit dem Lawinenerlass 2011 (BMVIT, GZ 238.961/0006-IV/SCH3/2011 vom 12.9.2011) erfolgte Neuregelung des Lawinenschutzes bei Seilbahnen.

Da auch mit Lawinenverbauungen nicht in jedem Anwendungsfall eine „absolute“ Sicherheit erreicht werden kann, wird im neuen Erlass insbesondere Wert darauf gelegt, allfällige, nach der Ausführung von permanenten technischen Schutzmaßnahmen verbleibende Restgefährdungen mittels temporärer Maßnahmen zu beseitigen bzw. soweit als möglich zu reduzieren. Im Lawinenerlass 2011 ist somit in Abhängigkeit vom

jeweiligen Schutzziel (Anlagenschutz oder Personenschutz) die verstärkte Einbeziehung temporär wirkender Schutzmaßnahmen vorgesehen.

Temporäre Sicherungsmaßnahmen (künstliche Lawinenauslösungen, Sperren etc.) können zur Sicherung der einer Seilbahn „zugehörigen“ Skipiste, der unmittelbaren Zu- und Abgangsbereiche der Stationsgebäude und bei einem allenfalls bei der Seilbahn eintretenden Bergesfall herangezogen werden. Voraussetzung dafür ist, dass diese Maßnahmen, gegebenenfalls auch in Kombination mit permanenten Schutzmaßnahmen, aufgrund einer lawinenfachlichen Beurteilung für den konkreten Einzelfall als am besten geeignet befunden werden, Schäden von Personen und Anlagenteilen infolge eines Lawinenabganges oder Schneerutsches zu verhindern. Der in der Praxis häufigste Anwendungsfall für den Einsatz von temporären Sicherungsmaßnahmen ist der Schutz von Skipisten. (Sauermoser & Reiterer, in diesem Heft)

Die im Lawinenerlass 2004 enthaltene Unterscheidung zwischen Neuanlagen innerhalb eines erschlossenen Skigebietes (d.s. Ergänzungs- und Ersatzanlagen) und Neuanlagen außerhalb davon (d.s. Neuerschließungen) hinsichtlich der vorgeschriebenen Methode ihrer Sicherung (permanent und/oder temporär wirkende Schutzmaßnahmen) ist entfallen. Jede neue Seilbahn, egal auf welchem Standort sie auch errichtet wird, unterliegt nunmehr denselben Beurteilungskriterien. Prinzipiell kann daher für alle neuen Anlagen in und außerhalb des erschlossenen Skigebietes die Anwendung derselben Sicherungsmaßnahmen vorgesehen werden.

Die lawinenfachliche Beurteilung erfolgt gemäß dem Lawinenerlass 2011 auf Basis der Gefahrenzonenplanung nach Forstgesetz 1975, wodurch sich die Sachverständigen bei der von ihnen durchzuführenden Prüfung auf eine ihnen aus

anderen Anwendungsbereichen bereits bekannte Beurteilungsmethode stützen können. Dadurch soll in einem noch größeren Ausmaß als bisher eine bundesweit einheitliche Bewertung der Lawinensituation sichergestellt werden.

#### Rechtliche Grundlagen

In den §§ 21 ff Seilbahngesetz 2003 ist das Konzessionsverfahren für öffentliche Seilbahnen gemäß § 5 Seilbahngesetz 2003 geregelt. Eine Konzession für eine neue Seilbahn ist gemäß § 23 leg cit dann zu erteilen, wenn öffentliche Interessen nicht entgegenstehen oder wenn das öffentliche Interesse an der Anlage entgegenstehende Interessen überwiegt. Eines dieser von der Seilbahnbehörde wahrzunehmenden öffentlichen Interessen stellt die Sicherheit der Seilbahn vor Naturgefahren dar. Dementsprechend hat der Verwaltungsgerichtshof im Erkenntnis ZI 91/03/0019 vom 3.7.1991, betreffend ein seilbahnrechtliches Konzessionsverfahren festgestellt, dass die Sicherheit der Benutzer einer Seilbahn ein so großes öffentliches Interesse darstellt, dass eine Konzessionserteilung von der Behörde versagt werden kann, wenn diese nicht in entsprechendem Ausmaß (wie das im konkret entschiedenen Fall für die zugehörige Skipiste der Fall war) gegeben ist.

Für neue Schlepplifte ergibt sich die Notwendigkeit des Nachweises der Lawinensicherheit aus § 110 Seilbahngesetz 2003 iVm § 4 Z 9 Schleppliftverordnung 2004 und dem Lawinenerlass 2011. Aber auch alle anderen neuen öffentlichen Seilbahnen gemäß § 6 Seilbahngesetz 2003 (Materialseilbahnen mit Werksverkehr oder beschränkt öffentlichen Verkehr) unterliegen einer Genehmigungspflicht gemäß § 110 Seilbahngesetz 2003 und fallen in den Anwendungsbereich des Lawinenerlasses 2011. Auf Basis dieser gesetzlichen Grundlagen (insbesondere §§ 21 ff und

110 Seilbahngesetz 2003), die vor dem Inkrafttreten des Seilbahngesetzes 2003 noch als seilbahn-spezifische Regelung im Eisenbahngesetz 1957 enthalten waren, wurde der erste Lawinenerlass 1975 herausgegeben.

Der derzeit geltende Erlass der BMVIT betreffend den Lawinenschutz im Bereich von Seilbahnen (Lawinenerlass 2011) GZ 238.961/0006-IV/SCH3/2011 vom 12.9.2011, enthält detaillierte Regelungen zur Lawinensicherung. Er richtet sich in an die mit der Vollziehung des Seilbahngesetzes 2003 betrauten Behörden, an die Dienststellen des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung und letztendlich auch an die Betreiber von Seilbahnen. Die Einhaltung der Bestimmungen dieses Erlasses ist Voraussetzung für die Erteilung einer Konzession für eine öffentliche Seilbahn, einer Genehmigung gemäß § 110 Seilbahngesetz 2003 für eine nicht öffentliche Seilbahn oder einer Baugenehmigung für bestimmte Umbauten einer bereits bestehenden Anlage.

Daneben gibt es noch weitere Rechtsvorschriften, die in den seilbahnrechtlichen Verfahren, insbesondere in dem verfahrensrechtlich an das Konzessions- bzw. Genehmigungsverfahren für neue Anlagen angeschlossenen Baugenehmigungsverfahren (§§ 36 ff Seilbahngesetz 2003) von Relevanz sind:

Nach Art 4 Abs 1 der Richtlinie 2000/9/EG über Seilbahnen für den Personenverkehr ist für jede geplante Anlage im Auftrag des Bauherrn oder seines Bevollmächtigten eine Sicherheitsanalyse gemäß Anhang III (dieser Richtlinie) durchzuführen, bei der alle sicherheitsrelevanten Aspekte des Systems und seiner Umgebung im Rahmen der Planung, der Ausführung und der Inbetriebnahme berücksichtigt und anhand der bisherigen Erfahrungen alle Risiken ermittelt werden, die während des Betriebs auftreten können. Entsprechend dieser europarechtlichen Vorgabe



sind sämtliche mit der Umgebung der Anlage verbundene Gefahren, somit auch potentielle Gefahren durch Lawinen, in der Sicherheitsanalyse zu berücksichtigen.

Die Richtlinie 2000/9/EG wurde mit dem Seilbahngesetz 2003 in nationales österreichisches Recht umgesetzt. Dementsprechend enthält die Bestimmung des § 57 Seilbahngesetz 2003 u.a. auch die Vorgabe, dass mit der Umgebung der Anlage verbundene Gefahren in der für jede projektierte Anlage zu erstellenden Sicherheitsanalyse dargestellt werden müssen. Demnach sind bei der Erstellung der Sicherheitsanalyse alle im Einzelfall in Betracht kommenden Aspekte des Systems und seiner Umgebung im Rahmen der Planung, der Ausführung und der Inbetriebnahme zu berücksichtigen und anhand der bisherigen Erfahrungen alle Risiken zu ermitteln, die während des Betriebes auftreten können. Diese gesetzliche Regelung gilt gleichermaßen im Baugenehmigungsverfahren für Umbauten von bestehenden Seilbahnen.

Die angeführten Bestimmungen sind von der Seilbahnbehörde in den von ihr durchzuführenden Genehmigungsverfahren anzuwenden und sie ermöglichen ihr die Vorschreibung der Einhaltung von lawinensicherheitstechnischen Auflagen an die Seilbahnbetreiber.

#### **Lawinenerlass 2011 im Detail**

##### Analoge Anwendung der Gefahrenzonenplanung

Die Beurteilung der Lawinengefährdung und die Festlegung von Sicherungsmaßnahmen im Bereich von Seilbahnen erfolgt in analoger Anwendung der Gefahrenzonenplanung gemäß Forstgesetz 1975 (§§ 8 Abs 2 lit c und 11 leg cit), die in Österreich zur Festlegung von Sicherungsmaßnahmen in Siedlungsgebieten, bei Verkehrswegen etc. aufgrund von bestehenden Naturgefahren (u.a. Lawinen) angewendet wird. Flächen,

die durch Lawinen oder andere Naturgefahren gefährdet sind, werden im Gefahrenzonenplan graphisch dargestellt, wobei auch das Ausmaß der Gefährdung Berücksichtigung findet und dementsprechend insbesondere zwischen Roter und Gelber Gefahrenzone unterschieden wird.

Näher geregelt wird die Gefahrenzonenplanung in der Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft vom 30.7.1976 über die Gefahrenzonenpläne, BGBl Nr 436/1976 (kurz GZP-V) und der diesbezüglich erlassenen Richtlinie für die Gefahrenzonenplanung GZ BM-LFUW-LE.3.3.3./0185-IV/2007 vom 12.1.2010, jeweils in der geltenden Fassung.

Die Rote Gefahrenzone (§ 6 GZP-V) umfasst jene Flächen, die u.a. durch Lawinen derart gefährdet sind, dass ihre ständige Benützung für Siedlungs- und Verkehrszwecke wegen der voraussichtlichen Schadenswirkung des Bemessungsereignisses oder der Häufigkeit der Gefährdung nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich ist. Das bedeutet, es besteht faktisch ein Bauverbot für neue Gebäude in Roten Gefahrenzonen. Die Gelbe Gefahrenzone (§ 6 GZP-V) umfasst alle übrigen u.a. durch Lawinen gefährdete Flächen, deren ständige Benützung für Siedlungs- und Verkehrszwecke infolge dieser Gefährdung beeinträchtigt ist. Eine Bebauung ist hier nur eingeschränkt und unter Einhaltung von Auflagen möglich.

Seilbahnen sind zumeist außerhalb von Siedlungsgebieten situiert, weshalb für die von ihnen in Anspruch genommenen Flächen in den meisten Fällen kein Gefahrenzonenplan existiert. In diesen Fällen ist daher die Lawinengefährdung in einem eigenen lawinenfachlichen Gutachten auf Grundlage der Gefahrenzonenplanung zu beurteilen. Dabei sind ebenfalls Rote und Gelbe Gefahrenzonen grafisch flächenmäßig darzustellen (vgl. dazu auch die GZP-V samt der diesbezüglich erlassenen Richtlinien idgF).

##### Anlagen- und Betriebssicherheit im Überblick

Der Lawinenerlass 2011 unterscheidet zwischen der Sicherheit, die für sämtliche Anlagenteile der Seilbahn ständig gegeben sein muss („Anlagensicherheit“) und der Sicherheit, die für die Fahrgäste und die Betriebsbediensteten bei einer Betriebsführung mit der Seilbahn zu gewährleisten ist („Betriebssicherheit“).

Die Anlagensicherheit bezeichnet die für die Bauwerke und Bauteile einer Seilbahn, nämlich die Stationen, die Stützen und die Seile, zu gewährleistende Sicherheit. Diese Anlagenteile dürfen bis zum 150-jährigen Bemessungsereignis keine Schäden durch Lawinen erleiden. Die Anlagensicherheit muss ständig, d.h. innerhalb und außerhalb der Betriebszeiten der Seilbahn gegeben sein. Das bedeutet, dass sämtliche Bauwerke und Bauteile der Seilbahn durch permanente technische Schutzmaßnahmen gesichert sein müssen.

Die Betriebssicherheit bezeichnet die Sicherheit, die für Personen (Fahrgäste und Betriebspersonal) während des Betriebes der Seilbahn und der ihr zugehörigen Skipiste zu gewährleisten ist. Von diesem Begriff werden neben der Betriebsführung mit der Seilbahn selbst, auch die Benutzung der unmittelbaren Zu- und Abgangsbereiche der Stationen und der zugehörigen Skipiste, das Erreichen und Verlassen der Seilbahn im erschlossenen Skigebiet sowie die Durchführung einer Personenbergung bei Unbeweglichkeit der Seilbahn umfasst.

Für die Herstellung der Betriebssicherheit können neben permanenten Sicherungsmaßnahmen auch temporäre Schutzmaßnahmen eingesetzt werden. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass die gewählten Maßnahmen bei der konkreten Anlage oder Skipiste aufgrund einer lawinenfachlichen Beurteilung, die im Rahmen des seilbahnrechtlichen Genehmigungsverfahrens

erfolgt, als am besten geeignet angesehen werden, die Lawinensicherheit für den Betrieb herzustellen.

##### Bestimmungen zur Anlagensicherheit

Im Detail stellt sich die im Lawinenerlass geforderte Schutzwirkung bei der Anlagensicherheit wie folgt dar:

1. Die Stationen sind in erster Linie auf von Natur aus lawinensicheren Standorten zu errichten. Sollte dies nicht möglich sein und sich ein Stationsstandort in einer Roten Lawinengefahrenzone befinden, ist die Station durch permanente technische Sicherungsmaßnahmen (Lawinenverbauungen, Ablenktdämme etc.) derart zu sichern, dass das Gefährdungsbild einer Roten Lawinengefahrenzone auf das einer Gelben Lawinengefahrenzone reduziert wird. Die entsprechend dem Gefährdungsbild einer Gelben Gefahrenzone verbleibende Gefährdung ist mittels zusätzlichen Objektschutzmaßnahmen (d.s. bauliche Maßnahmen, die direkt am Stationsgebäude getroffen werden, wie eine verstärkte Ausführung von Seitenwänden oder Fenstern) zu beseitigen.
2. Die Stützenstandorte sind unter Bedachtnahme auf mögliche Lawineneinwirkungen festzulegen und die Stützen sind (bezüglich ihrer Dimensionierung) so zu bemessen, dass sie den errechneten und somit prognostizierten Lawinen- und Schneedruckkräften standhalten.
3. Die Seilführung (bezüglich Trag- und Zugseil sowie Förderseil) ist so festzulegen, dass es infolge eines Lawinenabganges zu keinem Seilabwurf kommen kann.

Die hier beschriebene Anlagensicherheit muss eine Seilbahn immer, d.h. sowohl während als auch außerhalb des Betriebes aufweisen.

Bestimmungen zur Betriebssicherheit

Für die Herstellung der Betriebssicherheit gelten gemäß Lawinenerlass 2011 folgende Vorgaben:

Ein Betrieb darf mit der Seilbahn nur dann geführt werden, wenn die Benutzung der Seilbahn selbst, der unmittelbaren Zu- und Abgangsbereiche der Stationen und der zugehörigen Skipiste unter lawinensicheren Bedingungen für die Fahrgäste und das Betriebspersonal sichergestellt ist. Ebenso muss das Erreichen und Verlassen der Seilbahn im erschlossenen Skigebiet und die Vornahme einer allenfalls notwendigen Bergung von Personen von der Seilbahn unter lawinensicheren Verhältnissen gewährleistet sein. Zur Herstellung der Betriebssicherheit können neben permanenten Maßnahmen auch temporäre Sicherungsmaßnahmen, wie künstliche Lawinenauslösungen oder Sperren eingesetzt werden. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass eine entsprechende Sicherungswirkung der temporären Maßnahmen, wie bereits weiter oben beschrieben, im seilbahnrechtlichen Genehmigungsverfahren gutachterlich nachgewiesen werden kann. Der Bergeplan der Seilbahn hat gegebenenfalls die Vorgehensweise beim Einsatz von temporären Sicherungsmaßnahmen für den Bergeseilfall zu enthalten.

Eine demgegenüber restriktivere Festlegung gilt für die Sicherung der unmittelbaren Zu- und Abgangsbereiche der Stationen, die in einer Roten Lawinengefahrenzone liegen. Diese sind in Anlehnung an die für die Herstellung der Anlagensicherheit geltenden Bestimmungen jedenfalls primär mittels permanenten technischen Schutzmaßnahmen derart zu sichern, dass das Gefährdungsbild einer Roten Lawinengefahrenzone auf das einer Gelben Lawinengefahrenzone reduziert wird. Lediglich zur Minimierung der allenfalls verbleibenden Restgefährdung (die der einer Gelben Lawinengefahrenzone entspricht) können auch temporäre Maßnahmen zum Einsatz gelangen.

Für die Sicherung der zugehörigen Skipiste kann auch die ausschließliche Anwendung von temporären Schutzmaßnahmen zugelassen werden.

#### Zugehörige Skipiste

Jede neue Seilbahn muss über eine sogenannte „zugehörige“ Skipiste im Sinne der ÖNORM S 4611:2003 verfügen, welche in die Betrachtung der Lawinensicherheit im seilbahnrechtlichen Genehmigungsverfahren einbezogen wird.

Diese Skipiste muss von der Berg- zur Talstation der Seilbahn führen und von ihrer Größe her entsprechend der Förderleistung der Anlage dimensioniert sein. Bei Vorhandensein mehrerer Skipisten muss es sich dabei weiters um die von den Wintersportlern tatsächlich im überwiegenden Ausmaß genutzte Skipiste handeln.

Gemäß dem Lawinenerlass 2011 darf sich bei der zugehörigen Skipiste, somit im Gegensatz zu den Vorgängererlassen, nicht mehr um irgendeine, gegebenenfalls in der Realität wenig genutzte Piste handeln, sondern es ist diejenige in die Beurteilung einzubeziehen, die von den Wintersportlern tatsächlich am häufigsten frequentiert wird.

Die Lawinensicherheit der Skipiste muss während des Betriebes sichergestellt sein. Zur Sicherung vor Lawinen können nicht nur permanente, sondern auch temporäre Sicherungsmaßnahmen zum Einsatz gelangen. Kriterien für die Festlegung der optimalsten Sicherungsmethoden sind in dem vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (im Folgenden: BMLFUW) 2012 herausgegebenen „Leitfaden für die Anwendung des Lawinenerlasses 2011“ durch die Lawinensachverständigen des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinerverbauung enthalten. Darin wird beispielsweise festgehalten, dass bei der Gefährdung einer Skipiste durch häufige (< 30 jährliche) oder

(z. B. aufgrund von unklaren Anbruchgebieten) schwer prognostizierbare Lawinen, die alleinige Sperre der Piste als Sicherungsmaßnahme nicht als ausreichend angesehen werden kann.

Ausgenommen von der Verpflichtung der Einrichtung einer zugehörigen Skipiste sind nur neue Anlagen mit reiner Zubringerfunktion ins Skigebiet oder Verbindungsfunktion innerhalb des Skigebietes.

Der Vollständigkeit halber ist zu erwähnen, dass unabhängig von den seilbahnrechtlichen (verwaltungsrechtlichen) Vorgaben für die Sicherung der sogenannten zugehörigen Skipiste, für sämtliche Pisten des organisierten Skiraumes die allgemein geltende Pistensicherungspflicht des Pistenhalters besteht. Nach herrschender Rechtsprechung hat der Pistenhalter jede in Betrieb befindliche Skipiste vor sogenannten atypischen Gefahren (d.h. vor Gefahren, die auch für einen verantwortungsbewussten Skifahrer in der gegebenen Situation unerwartet oder schwer abwendbar sind) zu sichern. Skipisten sind daher schon aufgrund dieser Verkehrssicherungspflicht vor Lawinengefahren abzusichern und gegebenenfalls zu sperren. (Rzeszut, 2008)

Seilbahnrechtliches Genehmigungsverfahren - Lawinenschutzkonzept

Die Einhaltung der Bestimmungen des Lawinenerlasses 2011 wird zunächst im Rahmen des seilbahnrechtlichen Konzessions- bzw. Genehmigungsverfahrens geprüft. Mit dem Antrag um Erteilung der Konzession für eine öffentliche Seilbahn, der Genehmigung gemäß § 110 Seilbahngesetz 2003 für eine nichtöffentliche Seilbahn oder der Baugenehmigung für einen standortgleichen, förderleistungserhöhenden Umbau ist vom Genehmigungsverwerber ein fachlich fundiertes Lawinenschutzkonzept der Seilbahnbehörde vorzulegen.

In diesem Sicherheitskonzept ist auf die

in Bezug auf das konkrete Projekt relevanten Gefährdungen durch Lawinen einzugehen. Das bedeutet, dass die Anlagen- und Betriebssicherheit im Sinne des Erlasses 2011 darin zu berücksichtigen ist. Mögliche Gefährdungen durch Lawinen sind in Form einer Sicherheitsanalyse gemäß den Vorgaben der §§ 57 bis 59 Seilbahngesetz 2003 (d. h. einer Gegenüberstellung von Gefährdungsbildern und Maßnahmen) zu ermitteln und die zu deren Beseitigung bzw. Reduzierung geplanten Maßnahmen (permanenter und/oder temporärer Natur) sind darzustellen und in ihrer Wirkung zu bewerten.

Das Konzept muss unter Mitwirkung der örtlichen Lawinenkommission, der bei der ständigen Beurteilung der Lawinensicherheit im Skigebiet eine wesentliche Bedeutung zukommt, erstellt worden sein. Es wird von der Seilbahnbehörde der zuständigen Dienststelle des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinerverbauung zur Prüfung vorgelegt. Die positive Stellungnahme des Sachverständigen der Wildbach- und Lawinerverbauung ist Voraussetzung für die Erteilung der seilbahnrechtlichen Konzession bzw. Genehmigung oder der Baugenehmigung für einen Umbau. Eine bescheidmäßige Vorschreibung der einzuhaltenden Schutzmaßnahmen erfolgt üblicherweise im Rahmen des verfahrensrechtlich an das Konzessions- bzw. Genehmigungsverfahren angeschlossenen Baugenehmigungsverfahrens.

Hingewiesen wird darauf, dass das beschriebene Sicherheitskonzept vom Genehmigungsverwerber selbstverständlich nur dann zu erstellen ist, wenn die Anlagen- und Betriebssicherheit im Sinne des Erlasses 2011 für die Seilbahn oder die ihr zugehörige Skipiste nicht von Natur aus gegeben ist. Bei von Natur aus vorhandener Lawinensicherheit ist kein Sicherheitskonzept zu erstellen, jedoch ist die behauptete Lawinensicherheit vom Antragsteller lawinenfachlich plausibel zu belegen.

Seitens des BMLFUW wurde ein „Leitfaden für die Anwendung des Lawinenerlasses 2011“ durch die Lawinensachverständigen des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung erstellt (Stand: März 2012), um die praktische Anwendung des Lawinenerlasses 2011 sowohl für die lawinenfachlichen Sachverständigen der zuständigen Dienststellen des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung als auch gleichzeitig für die Seilbahnbehörden, die Genehmigungswerber und die von ihnen allenfalls beigezogenen Ersteller des Lawinenschutzkonzeptes zu erleichtern.

#### Lawinenkommission

Im Zusammenhang mit der verstärkten Einbeziehung temporär wirkender Sicherungsmaßnahmen bei Seilbahnen kommt auch der örtlichen Lawinenkommission eine wesentliche Bedeutung zu. Temporäre Sicherungsmaßnahmen werden in der Praxis nur im Bereich von Anlagen vorgesehen und behördlich zugelassen werden können, bei denen eine gut ausgebildete Lawinenkommission die entsprechende Betreuung übernehmen kann. Im Konzessionsverfahren für neue Seilbahnen ist die Vorlage einer Erklärung der zuständigen Lawinenkommission, dass die Betreuung der neuen Anlagen samt Skipisten von ihr übernommen wird, gesetzlich vorgeschrieben (§ 24 Z 12 Seilbahngesetz 2003). In Ergänzung dazu wird im Lawinenerlass 2011 ausdrücklich festgehalten, dass die laufende lawinentechnische Beurteilung von der örtlich zuständigen Lawinenkommission vorzunehmen ist. Das Seilbahnunternehmen muss dafür Sorge tragen, dass diese Betreuung sichergestellt ist und die Empfehlungen der Kommission betreffend die Lawinensicherung in der Folge auch in entsprechender Weise umgesetzt werden.

Ausnahmen für den Ersatz oder Umbau bestehender Seilbahnen

Für den Ersatz einer bestehenden Seilbahn durch eine neue Anlage oder den standortgleichen, förderleistungserhöhenden Umbau einer Seilbahn sind dieselben Bestimmungen des Lawinenerlasses 2011 anzuwenden, wie sie ebendort für neue Seilbahnen vorgesehen sind. Das bedeutet, dass auch hierfür die Anlagen- und Betriebssicherheit gegeben sein muss.

Die Möglichkeit von Ausnahmen von der für neue Seilbahnen geforderten Anlagensicherheit (d.h. ausschließlicher Einsatz von permanenten technischen Schutzmaßnahmen) besteht nur für Ersatzanlagen oder standortgleiche, förderleistungserhöhende Umbauten von Seilbahnen, die schon bisher in einem stark lawinengefährdeten Bereich (entsprechend dem Gefährdungsbild einer roten Lawinengefahrenzone) situiert waren. Weiteres notwendiges Kriterium für die Zulassung solcher Ausnahmen ist, dass für den Ersatz oder Umbau die Anlagensicherheit nicht mittels permanenten technischen Lawinensicherungsmaßnahmen hergestellt werden kann.

Wie schon in den Lawinenerlässen von 1996 und 2004 vorgesehen, entscheidet über die Vertretbarkeit von solchen Ausnahmen eine beim BMLFUW eingerichtete Sachverständigenkommission im Rahmen eines von der Seilbahnbehörde durchgeführten Ausnahmeverfahrens. Die Einleitung dieses Ausnahmeverfahrens bedarf einer entsprechenden Antragstellung durch den Genehmigungswerber. Gegenstand dieses Verfahrens ist die von der genannten Sachverständigenkommission vorzunehmende Prüfung, unter welchen Voraussetzungen durch den Ersatz oder den Umbau die Anlagen- und Betriebssicherheit für die geplante neue Ersatzanlage oder die umzubauende

Seilbahn, im Vergleich zum Zustand vor Realisierung dieser Erneuerung, wesentlich verbessert werden kann. Nur wenn sich dieser wesentliche Sicherheitszugewinn durch den Einsatz von bestimmten Schutzmaßnahmen erwarten lässt, kann ein Abgehen von der für neue Seilbahnen festgelegten Anlagen- und Betriebssicherheit aus lawinenschutztechnischer Sicht vertreten werden. Aufgrund des Ergebnisses der in einem solchen Ausnahmeverfahren erfolgten Beurteilung kann somit auch zur Herstellung der Anlagensicherheit die Anwendung von temporären Maßnahmen zugelassen werden.

Durch diese Ausnahmeregelungen wird ein bestimmter „Bestandschutz“ für Altanlagen gewährleistet um deren Ersatz durch eine Neuanlage oder deren Umbau und somit deren technische Modernisierung auch auf einem allenfalls aus lawinenfachlicher Sicht nicht optimalen Standort zu ermöglichen. Als Voraussetzung dafür muss jedoch eine wesentliche lawinensicherheitstechnische Verbesserung gegenüber dem sogenannten Ist-Zustand im Bereich der Altanlage erzielt werden.

#### Schluss

Die Einhaltung der Grundsatzforderung nach optimaler Lawinensicherheit wird von den Seilbahnbehörden seit dem Jahr 1975 für jedes neue Seilbahnprojekt und auch für bestimmte Umbauten geprüft. Die Lawinensicherheit der Seilbahn inklusive mindestens einer ihr zugehörigen Skipiste stellt eine wesentliche Voraussetzung für die Erteilung einer seilbahnrechtlichen Konzession gemäß §§ 21 ff Seilbahngesetz 2003 bzw. einer Genehmigung gemäß § 110 leg cit oder aber auch einer Baugenehmigung für bestimmte Umbauten dar. Mit diesen strengen Bestimmungen konnte bereits

in den vergangenen Jahrzehnten ein sehr hohes Niveau der Lawinensicherheit in Österreichs Ski-gebieten erreicht werden.

Mit dem Lawinenerlass 2011 wurde vom BMVIT im Zusammenwirken mit dem BMLFUW eine den aktuellen lawinenfachlichen Erkenntnissen entsprechende und österreichweit geltende Regelung für die Herstellung der Lawinensicherheit im Bereich von Seilbahnen geschaffen. Der Erlass dient der Erhöhung der Sicherheit bei der Ausübung des Wintersports in Österreichs Skigebieten. Er bietet den Behörden einheitliche Vorgaben für die Beurteilung der Lawinensicherheit bei Seilbahnen und ermöglicht eine optimale, auf den konkreten Einzelfall abgestimmte Sicherung vor Lawinengefahrenen.

#### **Anschrift der Verfasserin / Author's address:**

Mag. Marianne Fritz  
Bundesministerium für Verkehr,  
Innovation und Technologie  
Abt. IV/SCH3 - Oberste Seilbahnbehörde  
Radetzkystraße 2  
1030 Wien  
Email: marianne.fritz@bmvit.gv.at

#### **Literatur / References:**

- BMVIT (2004).  
Lawinenerlass 2004. GZ BMVIT 238961/3-III/Sch3-2004 vom 1. März 2004.
- BMVIT (2011).  
Lawinenerlass 2011. GZ BMVIT 238961/0006-IV/SCH3/2011 vom 12.9.2011.
- Fritz M. (2011).  
Lawinenschutz neu geregelt. Internationale Seilbahn-Rundschau, online-Beitrag: [http://www.isr.at/fileadmin/user\\_upload/BMVIT/ISR5\\_2011s06-07\\_Layout\\_1\\_x3.pdf](http://www.isr.at/fileadmin/user_upload/BMVIT/ISR5_2011s06-07_Layout_1_x3.pdf).
- Seilbahngesetz 2003 (SeilbG 2003).  
BGBl I Nr 103/203 idF BGBl I Nr. 40/2012.
- RZESZUT J. (2008).  
25 Jahre Ötztaler Diskussionsforum, Eine systematische Zusammenfassung der Tagungsergebnisse seit 1983. ZVR 2008/87.



MANFRED SCHEIKL, JÖRG ROBL

# Numerische Analysen von Einwirkungen aus Naturgefahren auf alpine Infrastrukturen

## *Impact Analysis on Alpine Infrastructure Due to Natural Hazards*

### Zusammenfassung:

Einwirkungen aus Naturgefahren auf Infrastrukturanlagen stellen im alpinen Raum seit jeher einen maßgeblichen Aspekt für Errichter, Erhalter sowie Nutzer dar. Die Dynamik der Erschließung alpiner Räume auf der einen Seite und der hohe Anspruch an das Sicherheitsniveau auf der anderen Seite erfordern eine grundlegende Kenntnis der Wirkräume und der Intensitäten von potenziell einwirkenden Naturgefahrenprozessen. Der Beitrag behandelt die Notwendigkeit von numerisch-physikalischen sowie probabilistischen Ansätzen zur realitätsnahen Abgrenzung potenzieller Wirkräume auf lokalem und regionalem Maßstab. Zur quantitativen Analyse solcher Prozesse stehen neben gut etablierten Feldmethoden auch zunehmend leistungsfähige physikalisch-numerische Modelle zur Verfügung. Der Einfluss der Wahl und der Variation von Eingangsparametern im Sinne einer probabilistischen Herangehensweise soll im aktuellen Beitrag grundsätzlich diskutiert und an lokalen Beispielen gezeigt werden, ebenso wie Anwendungsbeispiele im Zuge der Einwirkungsanalyse an alpinen Verkehrsinfrastrukturen für Muren und Steinschlag.

Stichwörter: Muren, Steinschlag, Probabilistik, numerische Modelle

### Abstract:

*Impacts of natural hazards on the Alpine infrastructure have always been an important aspect for builders, maintainers and users. The dynamics of the opening of Alpine areas on the one hand and the high demand for a high level of safety on the other hand, require a basic understanding of impact areas and intensities of potential natural hazard processes. The article deals with the requirement of probabilistic, numerical-physical approaches for realistic hazard-zoning at varying scales. Within quantitative hazard-analysis, well-established field methods are available as are increasingly powerful physical-numerical models. The influence of the choice and the variation of the input parameters in terms of a probabilistic approach are discussed in principle and shown using local examples within the current paper, as well as examples of hazard-analysis of Alpine transport infrastructure, for debris flows and rock falls.*

Keywords: Debris flow, rock fall, probabilistic approach, numerical models

### Einleitung

Alpine Infrastrukturen unterliegen seit jeher Einwirkungen aus landschaftsprägenden Gefahrenprozessen. In der frühen Zeit der Nutzung des alpinen Raumes als Lebens- und Wirtschaftsraum wurden die erforderlichen Verkehrswege mit sehr geringer Frequenz und in der Regel bei jeweils aktuell als günstig eingeschätzten Bedingungen genutzt. Die Nutzer waren mit dem Umgang mit Naturraumphänomenen meistens auch gut vertraut. Die aktuelle Situation wird im Gegensatz dazu davon geprägt, dass eine hohe Dynamik in der Erschließung alpiner Räume vorliegt. Unter anderem ergeben sich aus folgenden Aspekten maßgeblich erhöhte Expositionen gegenüber Naturgefahrenprozessen:

- Nutzung des alpinen Raumes für Freizeit- und Sportaktivitäten,
- Nutzung für transalpine Verkehrskorridore,
- Nutzung für Transportkorridore von Energieträgern wie Öl und Gas, aber auch elektrischem Strom,
- Nutzung für energiewirtschaftliche Produktion (Wasserkraft).

Die Relevanz von Naturgefahren hinsichtlich der Aufwendungen zur Aufrechterhaltung der Ver-

fügbarkeit von inneralpinen Infrastrukturanlagen lässt sich etwa am Beispiel der Arlbergbahnstrecke zwischen Innsbruck und Bludenz zeigen (Tiefenthaler, 1973). Bereits in der Bahnbauzeit zwischen 1880 und 1885 mussten Einschränkungen durch Naturgefahrenereignisse hingenommen werden. Zwischen 1880 und 2000 sind aus Lawinen und geogenen Prozessen insgesamt rund 320 maßgebliche Einwirkungsereignisse zu verzeichnen, die zahlreiche Todesfälle und strukturelle Schäden mit sich gebracht haben (Scheikl et al., 2012). Aus der zeitlichen Verteilung der Einwirkungsereignisse (Abbildung 1) ist ersichtlich, dass mit fortschreitendem Betrieb der Anspruch an die Verfügbarkeit gestiegen ist, welcher mittels umfangreicher Verbauungsmaßnahmen sichergestellt wurde. Dies mündete in einer effektiven Reduktion der Ereignishäufigkeit.

Als weitere Beispiele alpiner Infrastrukturanlagen, die alpinen Naturgefahren ausgesetzt sind, können etwa Öl- und Gasleitungsanlagen wie zum Beispiel die transalpine Ölleitung in der Schweiz angeführt werden oder die in Planung befindliche Tauerntgasleitung, die Österreich von Süden nach Norden und somit den Alpenhauptkamm queren soll. Die in Planung befindliche 380-kV-Stromleitung der Austrian Power Grid AG

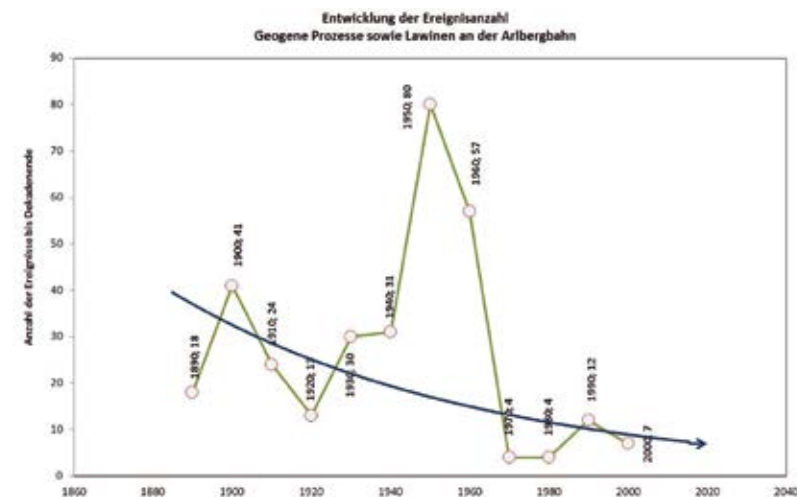


Abb. 1:  
Ereignisentwicklung an der Arlbergbahn (modifiziert nach Scheikl et al., 2012)

Fig. 1:  
Development of event frequency at the Arlberg railway (modified after Scheikl et al., 2012)



Abb. 2: Murgang am Spreitgraben im Bereich der Querung der Transitgasleitung bei KM 400 (<http://www.youtube.com/watch?v=3LK7jfgiMQY>)

Fig. 2: Debris flow at Spreitgraben torrent crossing the track of the gas pipeline at KM 400 (<http://www.youtube.com/watch?v=3LK7jfgiMQY>)



Abb. 3: Beeinträchtigttes Querungsbauwerk am Spreitgraben (Kull et al., 2012)

Fig. 3: Damaged construction for gas pipeline crossing of Spreitgraben torrent (Kull et al., 2012)

zwischen Salzburg und Kaprun ist als Linieninfrastrukturanlage ebenso wie die 380-kV-Leitung zwischen Kaprun nach Lienz über den Felbertauern Naturgefahren ausgesetzt.

Wie empfindlich zum Beispiel Transportsysteme für Öl und Gas im Kontext mit der Einwirkung aus Naturgefahren sind, zeigt das Beispiel der Transitgasleitung in der Schweiz, die nach Murgängen im Spreitgraben außer Betrieb genommen werden musste, da das Querungsbauwerk massiv beeinträchtigt wurde (vgl. Abbildung 3) und ein Pipelinebruch nicht auszuschließen war. Als Konsequenz waren im darauffolgenden Winter Versorgungsengpässe in Italien nicht auszuschließen, sodass Sondermaßnahmen getroffen werden mussten.

Andere prominente Beispiele, die auf die Empfindlichkeit von alpinen Infrastrukturanlagen gegenüber Einwirkungen aus Naturgefahren hinweisen, sind zum Beispiel der Bergsturz von Vaiont. Im Zuge des Einstaus des Vaiont-Stausees kam es zur Bildung einer katastrophalen Flutwelle aufgrund einer Felsgleitung in den Stausee und zu unzähligen Todesopfern (Hendron et al., 1985). Als weiteres Beispiel ist das Felssturzereignis an der Gotthardautobahn, 2006 zu nennen (Liniger et al., 2006).

### Das Erfordernis quantitativer Naturgefahrenanalysen

#### Normative Aspekte

Um bestehende Infrastruktureinrichtungen und solche, die sich in der Vorhabensplanung befinden, hinsichtlich der Exposition gegenüber Naturgefahrenprozessen hinreichend beurteilen zu können, sind neben der qualitativen und quantitativen Erhebung des Prozessinventars auch die Darstellung bzw. Abbildung der Einwirkungsgrößen als Grundlage für Maßnahmenplanungen erforderlich. Dazu wurden aufbauend auf den allgemeinen gesetzlichen Bestimmungen des Wasser-, Eisenbahn- und Baurechts technische Regelwerke geschaffen: für den Schutz vor Wildbächen die ONR 24800, ONR 24801, ONR 24802, ONR 24803, für den Schutz vor Lawinen die ONR 24805 und 24806 sowie für den technischen Steinschlagschutz die ONR 24810. Vergleichbare Normen werden in der Schweiz von WSL-SFL und ASTRA herausgegeben.

#### Wirtschaftliche Aspekte

Neben den normativen Bestimmungen besteht für Infrastrukturbetreiber ein sehr hohes Interesse darin, eine hohe Verfügbarkeit von Infrastruktur-

anlagen sicherzustellen. Unterbrechungen und Schäden wirken sich unmittelbar negativ durch den Entfall von Infrastrukturbenutzungsentgelten und Kosten aus Räumung und Wiederherstellung, aber auch durch Verletzte und Tote aus. Langfristig wirken sich oftmalige Ausfälle von Infrastrukturanlagen auf die Wahl von alternativen, zuverlässigeren Anlagen oder die Meidung von unzuverlässig erschlossenen Räumen aus.

Für in der Vorhabensplanung befindliche Infrastrukturprojekte stellt die unzureichende Darstellung der Sicherheit bzw. der Unempfindlichkeit gegenüber Einwirkungen aus Naturgefahren möglicherweise einen Hinderungsgrund der behördlichen Genehmigung dar. Das Scheitern von Großprojekten, aber auch zeitraubende Nachanalysen stellen einen wesentlichen wirtschaftlichen Aspekt dar.

#### Qualitativer und quantitativer Ansatz für die Prozessanalyse

Um Einwirkungen aus Naturgefahren auf Infrastrukturen hinreichend beschreiben zu können, sind neben der Feststellung des naturräumlichen Prozessinventars in qualitativer Hinsicht (korrekte Erkennung und Zuordnung des Naturrauminventars zu Prozessstypen) die Erhebung von quantitativen Parametern wie Kornverteilungsanalysen, Blockgrößenverteilungen, mobilisierbare Sedimentmengen oder Bodenparameter erforderlich. Es ist aus Sicht der Autoren unumstritten, dass sich Abweichungen von der korrekten Erfassung der Eingangsparameter im Zuge der Modellierung nicht gänzlich kompensieren lassen. Die Erfassung der Eingangsparameter ist als mühsamster aber auch wesentlichster Teil in der Analyse-kaskade anzusehen. Im Zuge einer intensiven naturräumlichen Erhebung können zudem zahlreiche Irrtümer, die sich im Zuge der numerischen Bearbeitung einstellen können, grundsätzlich ausgeschlossen werden. Die Erfassung von Vor-



Ort-Parametern sollte den stabilen Sockel der numerischen Analyse darstellen und erfordert ein hohes Maß an Erhebungserfahrung.

#### Analyse von Steinschlagprozessen

Die Anwendung physikalisch-numerischer Modelle stellt in der heutigen Ingenieurspraxis den Standard dar. Heuristische Ausbreitungsmodelle wie zum Beispiel das  $\alpha$ - $\beta$ -Modell oder Energielinienmodelle sind als überholt anzusehen. Anwendungen für lokale Fragestellungen auf kommerzieller und freier Codebasis sind für Lawinen, Muren und Steinschlag in hohem Maße verfügbar. Leistungsfähige physikalische Modelle für regionale Analysen sind hingegen kaum verfügbar. Im Zuge des gegenständlichen Artikels sollen Ansätze für solche, regional anwendbare Modelle gezeigt werden. In diese wurden auch die erforderlichen Funktionalitäten für umfassende Parametervariationen implementiert, da die im Naturraum stattfindenden Prozesse einer hohen Variabilität unterliegen. Dieser Variabilität können Ansätze mit starren modellbeschreibenden Parametern nicht im erforderlichen Maße gerecht werden. Eine unzureichende Abbildung der Wirkräume und insbesondere der Einwirkungsgrößen würde resultieren. Wenngleich auch die Wahl scheinbar deterministischer Verfahren eine Erleichterung bringt, da ein einfacheres Zustandekommen eines Befundes für Nichtexperten ggf. besser zu erfassen ist oder eine bequemere und schnellere Bearbeitung ermöglicht, stellt ein solches Verfahren nicht den Stand der Technik und nicht den Stand der Wissenschaft dar. Nicht zuletzt hat auch in der Normung auf europäischer Ebene mit nationaler Umsetzung ein semiprobabilistischer Bemessungsweg Einzug gehalten (Eurocode 0).

Als genereller Grundsatz gilt, dass die Variationsbreite von Modellparametern mit abnehmender Kenntnis der Detailverhältnisse (im

Bearbeitungsgebiet) zunehmen muss, um eine ausreichende Sicherheit in der Ergebnisdarstellung zu erhalten. Als Konsequenz ist auch die Anzahl der Berechnungsdurchläufe mit zunehmender Variabilität der Modellparameter zu erhöhen, um eine ausreichende Berücksichtigung von unterschiedlichen Eingangsgrößen innerhalb der gewählten Parameterbreite zu erlangen (Abbildung 4 bis Abbildung 9).

Dies betrifft insbesondere Bearbeitungen von Gefahrenhinweiskarten mit geringster Informationsdichte bei den Eingangsparametern, wie sie zum Beispiel vom Bayerischen Landesamt für Geologie, vom Schweizer Bundesamt für Strassen (ASTRA) und vereinzelt auf Länderebene in Österreich durchgeführt werden.

Als einfaches Beispiel kann die Berechnung und Darstellung der Steinschlagausbreitung auf einer Steinschlaghalde mittels des Codes aiRockFall3D (Scheikl et al., 2010) angeführt werden. In Abbildung 4 bis Abbildung 9 werden Ergebnisse von 2D Steinschlagberechnung auf der 3D-Topographie gegenübergestellt. In Abbildung 4 und Abbildung 5 werden die Ergebnisse von je vier Berechnungsdurchgängen dargestellt, die alle mit festen Parametern für die Blockgröße, für die Dämpfung und für die topographischen Daten, jedoch mit 4 variierenden Ablöserichtungen durchgeführt wurden. Die Ablöserichtungen sollen die aus den Trennflächenlagen resultierenden möglichen Startrichtungen repräsentieren. In Abbildung 4 werden die Berechnungen im Sprungmodus und in Abbildung 5 mit erzwungenem Rollen gezeigt. Es ist ersichtlich, dass bereits bei geringer Variation der Ablöserichtung deutlich unterschiedliche Trajektorien, sprich Einwirkungsräume, resultieren. Eine korrekte Darstellung sollte natürlich den gesamten Ablagerungskegel als Wirkraum ausweisen, dabei Rinnen (energetisch stabile Lagen) mit erhöhter und Rücken (energetisch metastabile Lagen) mit geringerer Einwirkungskonzentration.

„Deterministische“ Ansätze erfordern also in der Regel eine nachträgliche, pauschale und prozessspezifische Ausweitung der Wirkräume mittels Filter- und Buffermethoden, insbesondere bei großen Rasterweiten. Als Beispiel für einen solchen Ansatz zur Erstellung von Steinschlaggefahrenhinweiskarten mit generalisiertem Ansatz und 10-x-10m-Raster ist u. a. die Bayerische Steinschlaghinweiskarte anzuführen (Patula, 2009).

Dem „deterministischen“ Ansatz mit „bestimmten Parametern“ wird jener Ansatz gegenübergestellt, der auf einen probabilistischen Ansatz für die Berechnung von Steinschlagprozessen (Scheikl et al., 2010) zurückgeht (Abbildung 6 bis Abbildung 9). Die steinschlagphysikalischen Grundlagen dazu werden in bester Weise in Dorren (2012) dargestellt. Als zusätzliche Funktionalität wurde im verwendeten Code aiRockFall3D eine Geschwindigkeitsabhängigkeit der normalen Dämpfung nach Pfeiffer und Bowen (1989) implementiert.

In den gezeigten Berechnungen (Abbil-

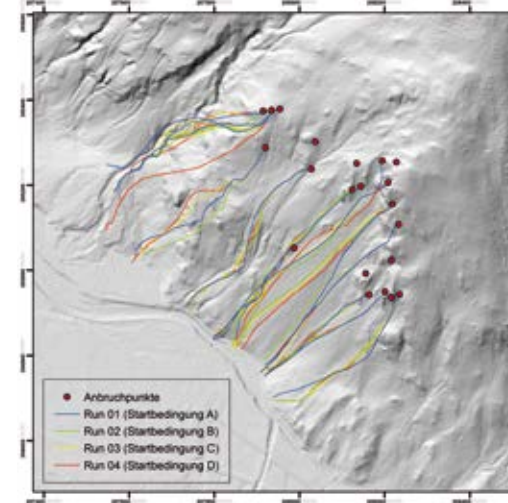


Abb. 4: Ergebnis von vier Berechnungen mit jeweils festen Parametern, aber variierenden Ablösebedingungen ( $\pm 5^\circ$ ) für ausgewählte Anbrüche im Sprungmodus.

Fig. 4: Results of 4-model calculations with fixed parameters but variable conditions for release ( $\pm 5^\circ$ ) for selected trigger events in the bouncing mode

dung 6 bis Abbildung 9) wurden die Startrichtungen um 5 % variiert, die normale und die tangentielle Dämpfung, die Rollreibung sowie die Neigung wurden um 10 % variiert. Die Exposition der Rasterzellen wurde um 30 % für jeden berechneten Block-Bodenkontakt variiert. Die Blockgrößen wurden zwischen 0,004 m<sup>3</sup> und 4,2 m<sup>3</sup> gleich verteilt variiert. Als Ablösezellen wurden jene die über 65° Neigung aufweisen definiert. Abbildung 6 zeigt das Ergebnis mit einer Ablösung je Ablösezone, Abbildung 7 mit 10 Ablösungen, Abbildung 8 mit 100 Ablösungen und Abbildung 9 mit 1000. Die Unterschiede in der Abbildung der steinschlagbelasteten Bereiche stellen sich zwischen 1 und 100 Ablösungen maßgeblich dar. Zwischen 100 und 1000 Ablösungen lassen sich nur mehr in Randbereichen deutliche Abweichungen darstellen (blau und rot eingekreiste Bereiche). In Bereichen mit hoher Steinschlagkonzentration sind zwischen 100 und 1000 Ablösungen je Ablösezone (1 x 1 m) keine maßgeblichen Unterschiede zu erkennen (gelb eingekreister Bereich).

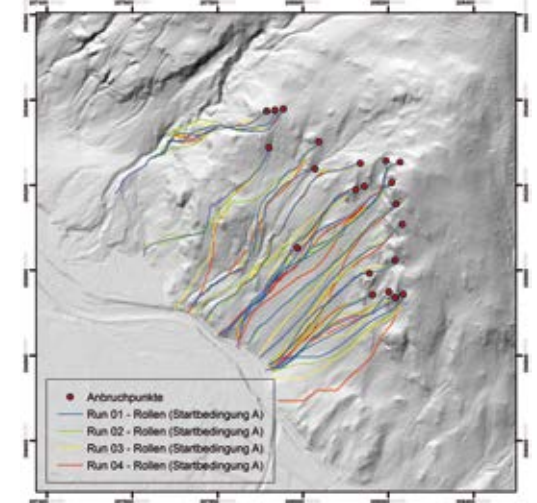


Abb. 5: Ergebnis von vier Berechnungen mit jeweils festen Parametern, aber variierenden Ablösebedingungen ( $\pm 5^\circ$ ) für ausgewählte Anbrüche bei erzwungenem Rollen.

Fig. 5: Results of 4-model calculations with fixed parameters but variable conditions for release ( $\pm 5^\circ$ ) for selected trigger events with constrained rolling

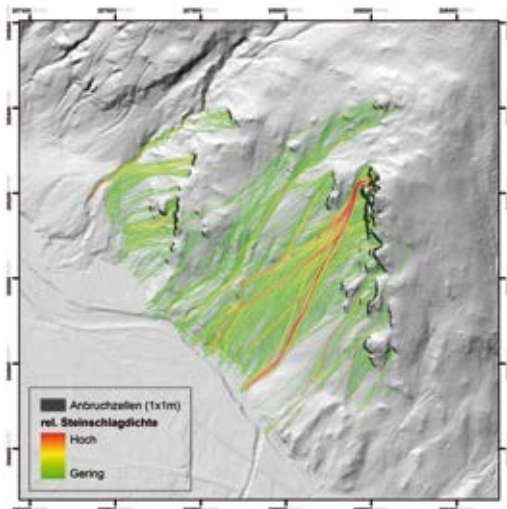


Abb. 6: Ergebnis mit variablen Start-, Gelände- und Blockgrößenparametern bei je einer Ablösung je Ablösezone (1 x 1 m).

Fig. 6: Results of model calculations with variable parameters for release condition, terrain and block size, at 1 triggering event per release grid cell (1 x 1 m)

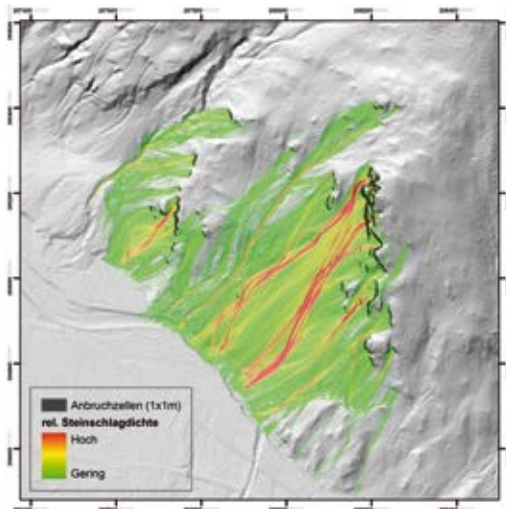


Abb. 7: Ergebnis mit variablen Start-, Gelände- und Blockgrößenparametern bei je 10 Ablösungen je Ablösezone (1 x 1 m).

Fig. 7: Results of model calculations with variable parameters for release condition, terrain and block size, at 10 triggering events per release grid cell (1 x 1 m)

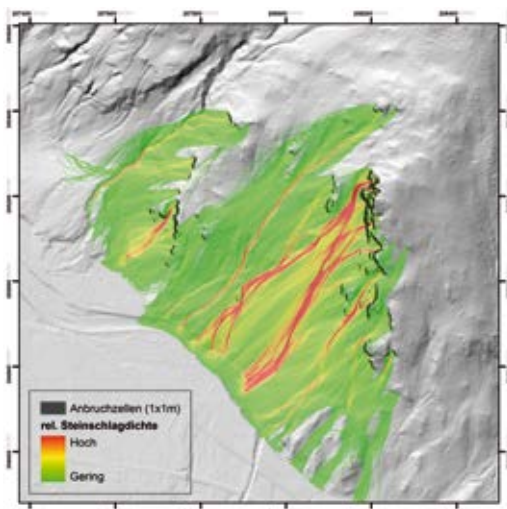


Abb. 8: Ergebnis mit variablen Start-, Gelände- und Blockgrößenparametern bei je 100 Ablösungen je Ablösezone (1 x 1 m).

Fig. 8: Results of model calculations with variable parameters for release condition, terrain and block size, at 100 triggering events per release grid cell (1 x 1 m)

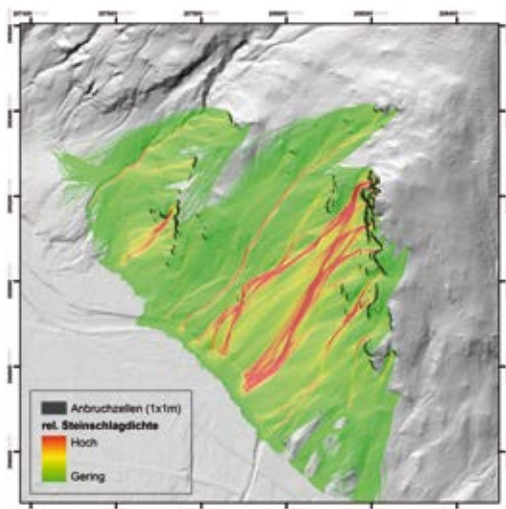


Abb. 9: Results of model calculations with variable parameters for release condition, terrain and block size, at 1000 triggering events per release grid cell (1 x 1 m)

Fig. 9: Ergebnis mit variablen Start-, Gelände- und Blockgrößenparametern bei je 1000 Ablösungen je Ablösezone (1 x 1 m).

## Analyse von Murprozessen

### Rheologie

Die numerisch-physikalische Abbildung von Muren stellt eine wesentlich größere Herausforderung als jene von Steinschlag dar. Muren sind als hochdynamisches Mehrphasengemisch mit im Prozess variierenden inneren Verhältnissen sowohl numerisch als insbesondere physikalisch ungleich komplexer zu beschreiben. Pudasaini et al. (2005), Wang et al. (2004) oder Iverson (1997, 2001, 2004) stellen physikalische Lösungen bzw. Rheologien für die Beschreibung von Ein- und Mehrphasenfluids vor. Der Reibungstherm nach Voellmy (1955) – siehe Gl. (1) –, der auch Eingang in einen kommerziellen Murcode fand, stellt eine pragmatische Alternative dar, die sowohl die trockene Reibung als auch einen Turbulenzparameter beinhaltet.

$$S = \mu \cdot \rho \cdot h \cdot \cos \phi + \left( \frac{\rho \cdot g \cdot u^2}{\xi} \right) \quad \text{Gl. (1)}$$

S ..... Gesamtfleißwiderstand [Pa]

$\rho$  ..... Murdichte [kg/m<sup>3</sup>]

g ..... Erdbeschleunigung [m/s<sup>2</sup>]

$\phi$  ..... Hangneigung [°]

h ..... Fließhöhe [m]

u ..... Fließgeschwindigkeit [m/s]

Eine klare Herangehensweise bei der Parametrisierung von Murrheologien für numerische Berechnungen ist nicht verfügbar, wengleich sich die Eigenschaften des Feststoffes entscheidend auf die Physik von Muren auswirken. Die Auswahl eines passenden Fluidmodells in erster Linie und dessen Parametrisierung in zweiter Linie stellen nach Iverson (1997), Kaitna et al. (2007) oder Iverson et al. (2010) einen wesentlichen Aspekt dar.

Als maßgebliche Einflussgrößen sind

(a) die Korngrößenverteilung der transportierten Grobklastika, (b) das Wasser-Feststoff-Verhältnis und (c) der Anteil von Feinklastika zur Bildung von Basisfluiden mit Binghamrheologie anzuführen. Feinstoffsuspensionen wirken sich wesentlich auf das Fließ- und Ausbreitungsverhalten von Muren aus. Zur korrekten Parametrisierung ist die Charakterisierung der potenziellen Abtragsbereiche erforderlich.

### Modellbeschreibung

Im gegenständlichen Artikel werden Berechnungsbeispiele gezeigt, die mittels des Berechnungswerkzeuges **aiDebrisFlow2D** durchgeführt wurden. Das Werkzeug bietet neben einem Detailberechnungsmodus einen Modus für regionale Einwirkungsanalysen. Dieser Modus basiert auf der synchronen Simulation von Einzelpartikeln, welche ein definiertes Volumen aufweisen. Die Menge an Partikeln kann entsprechend der Ergiebigkeit von Abtragszonen festgelegt werden. Die Bewegungsrichtung der Partikel wird durch eine probabilistische Funktionalität gesteuert, wobei die jeweilige zwischen zwei Zellen errechnete Fließrichtung mit der größten Wahrscheinlichkeit in Richtung des topographischen Gradienten zeigt. Das Modell arbeitet Impuls- bzw. Energie- und Masse-erhaltend.

### Parameterwahl und Beispiel für die Auswirkung

Die in der Literatur angeführten Parameter für murdynamische Berechnungen unter Verwendung einer Voellmy-Rheologie umfassen (a) einen sehr weiten Bereich und sind (b) nur sehr grob an die Erscheinungsform von Muren angelehnt. Eine Zuordnung zu sedimentologischen Parametern, wie etwa zu Kornverteilungstypen in den Liefergebieten, wird in der Literatur nicht angegeben. Das SLF gibt die in Tabelle 1 angeführten Empfeh-



|                  | $\mu$    | $\xi$    |
|------------------|----------|----------|
| Granulare Muren  | 0,05-0,4 | 100-200  |
| Schlammuren      |          | 200-1000 |
| Bespiel Dorfbach | 0,225    | 130      |

Tab. 1: Berechnungsparameter Murfluid (WSL, 2012)

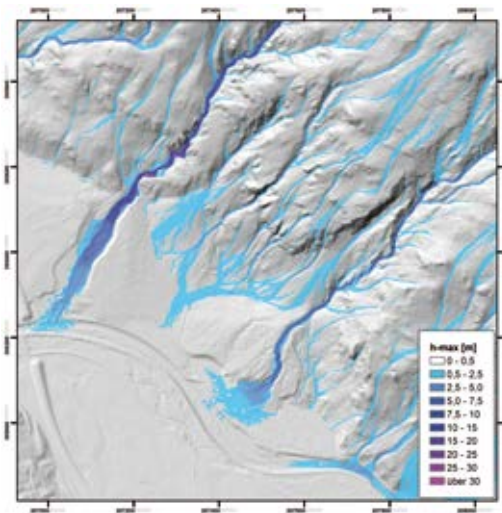
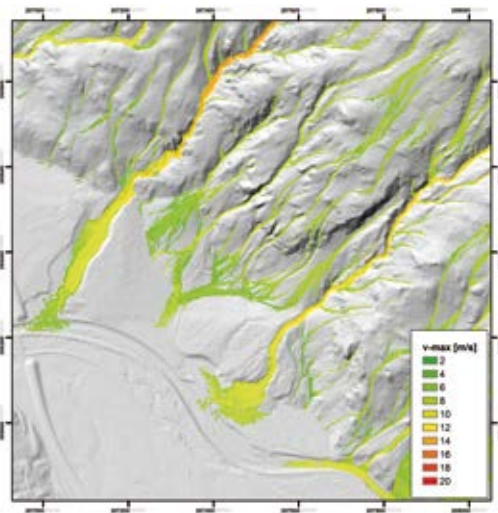
Tab. 1: Parameters for calculation of debris flow fluid (WSL, 2012)

lungen für die Wahl der Reibungs- und Turbulenzparameter an (WSL, 2012).

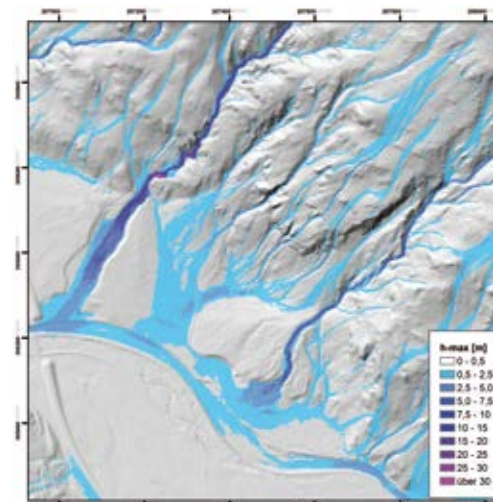
Medina et al. (2008) verwenden für Fallstudien in Einzugsgebieten in den Pyrenäen, welche Marmor, Phyllit und Schiefer des Kambriums und Ordoviziums sowie glaziale Sedimente beinhalten, als Startparameter für  $\mu = 0,065$  und für  $\xi = 100 \text{ m}^2/\text{s}$  bzw.  $400 \text{ m}^2/\text{s}$ . Da diese Parameter für Medina et al. (2008) nicht plausibel erscheinende Ergebnisse hervorbrachten, wurden die Berechnungen mit  $\mu = 0,22$  und  $\xi = 144 \text{ m}^2/\text{s}$  weiter

geführt, also gering turbulent bei verhältnismäßig hoher trockener Reibung von rund  $12,5^\circ$ . Diese Parameter entsprechen in etwa den seitens des SLF postulierten Parametern für die Dorfbachmure.

Im Zuge der gegenständlichen Arbeit wurde für einen beliebigen Ausschnitt im Auserfern zwischen Reutte und der Staatsgrenze im Westen, mit kalkalpinen Einzugsgebieten, eine generelle Parameterstudie unter Verwendung des Murmodells **aiDebrisFlow2D** durchgeführt. Die Zuweisung der Anbruchmächtigkeiten in relevan-

Abb. 10: Max. Fließhöhe,  $\xi = 250/\mu = 0,25$ Fig. 10: Max. flow height,  $\xi = 250/\mu = 0.25$ Abb. 11: Max. Geschwindigkeit,  $\xi = 250/\mu = 0,25$ Fig. 11: Max. flow velocity,  $\xi = 250/\mu = 0.25$ 

ten Ablösebereichen wurde nach dem Ansatz von D'Agostino (1996) vorgenommen. Die vergleichenden Berechnungen sollen zeigen, wie sich bei gleicher gesamt Muranbruchmenge (a) die maximalen Fließhöhen, (b) die maximalen Fließ-

Abb. 12: Max. Fließhöhe,  $\xi = 600/\mu = 0,25$ Fig. 12: Max. flow height,  $\xi = 600/\mu = 0.25$ 

geschwindigkeiten sowie (c) die Einwirkungsbereiche verändern.

Die Ergebnisse zeigen, dass wie zu erwarten und entsprechend der Formulierung von Voellmy (1955) bei hohem Turbulenzparameter

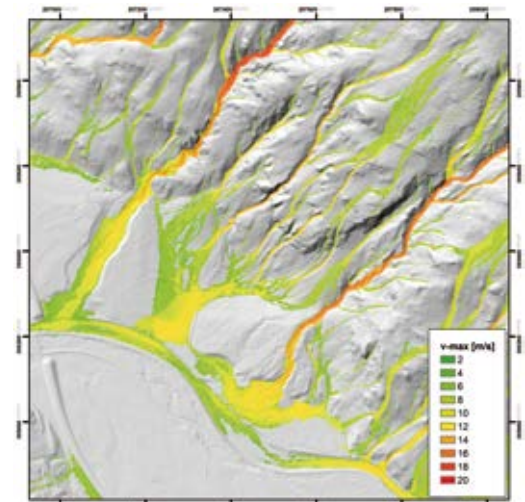
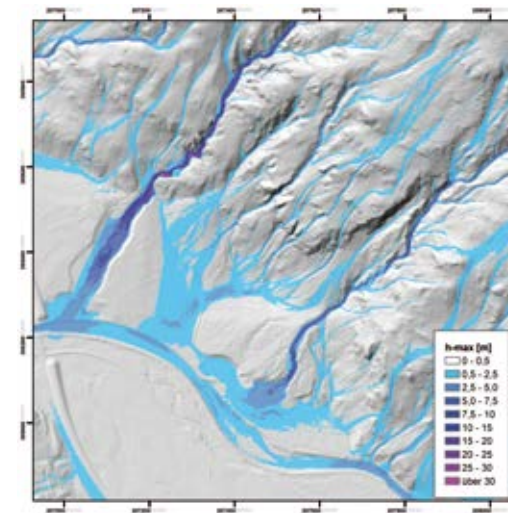
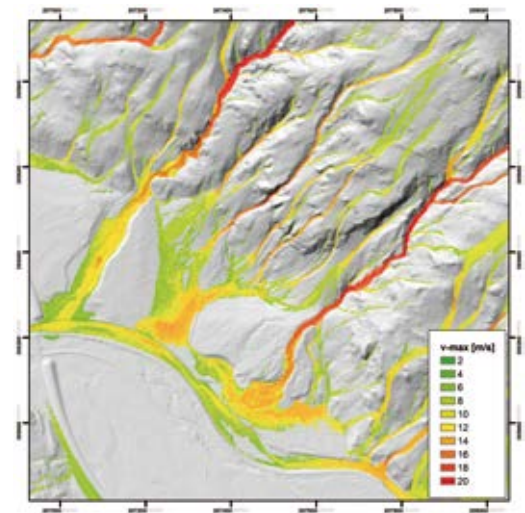
Abb. 13: Max. Geschwindigkeit,  $\xi = 600/\mu = 0,25$ Fig. 13: Max. flow velocity,  $\xi = 600/\mu = 0.25$ Abb. 14: Max. Fließhöhe,  $\xi = 1000/\mu = 0,25$ Fig. 14: Max. flow height,  $\xi = 1000/\mu = 0.25$ Abb. 15: Max. Geschwindigkeit,  $\xi = 1000/\mu = 0,25$ Fig. 15: Max. flow velocity,  $\xi = 1000/\mu = 0.25$





Abb. 16: Regionale Mureinwirkungsanalyse für ein mittleres Szenario für potenziellen Murabfluss im Stanzertal (Sterne in der Karte stehen für dokumentierte Mureignisse).

Fig. 16: Regional analysis of debris flow impact for a medium scenario for potential debris processes in the Stanzertal (Star symbols in the map indicate documented debris flow events)

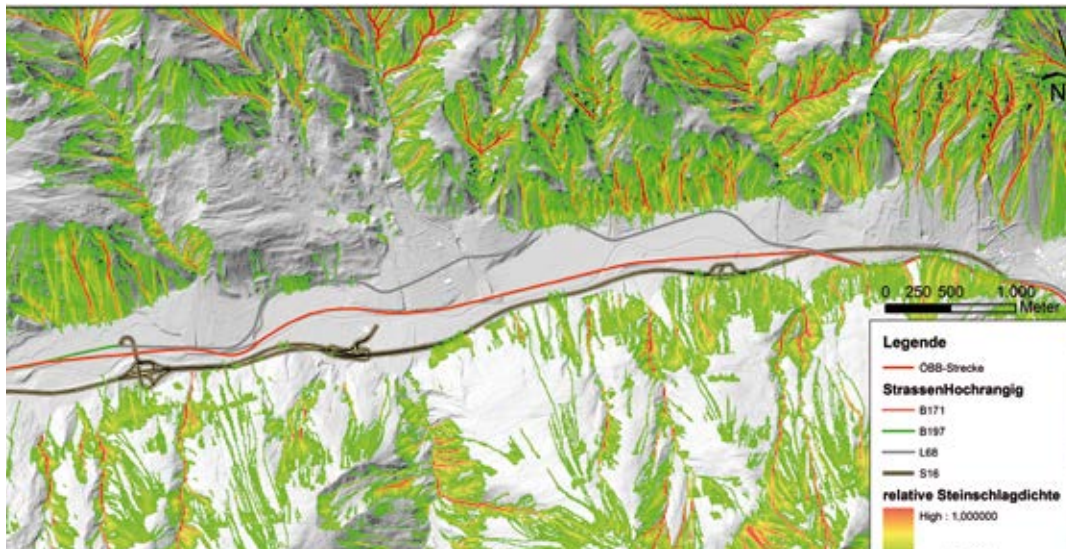


Abb. 17: Regionale Steinschlageinwirkungsanalyse: Blockvolumen  $V = 0,1 - 1 \text{ m}^3$ , Steinschlagdichte, Stanzertal.

Fig. 17: Regional analysis of rock fall impact: block volume  $V = 0,1 - 1 \text{ m}^3$ , rock fall density, Stanzertal

der Gesamtwiderstand bei der Murausbreitung sinkt und insbesondere die Fließgeschwindigkeit zunimmt. Diese Entwicklung ( $\xi = 250$  bis  $\xi = 1000$ ) würde einen zunehmenden Anteil an Feinkornfraktion im Murgemisch abbilden.

### Anwendungsbeispiele

Die oben beschriebenen Ansätze können am Beispiel einer Risikoanalyse bezogen auf potenzielle Mur- und Steinschlageinwirkung auf die Straßen- und Bahninfrastruktur im Stanzertal gezeigt werden, die im Zuge des ETZ-Projektes Paramount durchgeführt wurde.

### Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Ing. Mag. Manfred Scheikl  
Alpinfra consulting + engineering gmbh  
Schillerstrasse 25, 5020 Salzburg  
manfred.scheikl@alpinfra.com

Dr. Jörg Robl  
Fachbereich Geographie und Geologie  
Universität Salzburg  
Hellbrunnerstrasse 34  
A-5020 Salzburg  
Joerg.Robl@sbg.ac.at

### Literatur / References:

- BOUCHUT F., WESTDICKENBERG M. (2004). Gravity driven shallow water models for arbitrary topography. *Communications in Mathematical Sciences* 2 (3), 359–389.
- D'AGOSTINO V. (1996). Analisi quantitativa e qualitativa del trasporto solido torrentizio nei bacini montani de Trentino Orientale [quantitative and qualitative analysis of sediment transport in torrents of mountainous catchments of eastern Trentino], *Scritti dedicati a Giovanni Tournon, Associazione Idrotecnica Italiana, Sezione Liguria Piemonte e Valle d'Aosta* (in Italian).
- DAVIES T. R. H. (1990). Debris flow surges – experimental simulation. *J. Hydrology (N.Z.)* 29(1).

- DORREN L. K. A. (2012). Rockyfor3D (V5.1) enthüllt – Transparente Beschreibung des kompletten 3D-Steinschlagmodells. *ecorisQ Paper* ([www.ecorisq.org](http://www.ecorisq.org)): 32 S.
- HENDRON A. J., PATTON F. D. (1985). The Vaiont slide, a geotechnical analysis based on new geologic observations of the failure surface. *Technical Report GL-85-5*, U.S. Army Corps of Engineers, Washington D. C.
- IVERSON R. M. (1997). The physics of debris flows. *Rev. Geophys.*, 35, 245–296.
- KAITNA R., RICKENMANN D., SCHATZMANN M. (2007). Experimental study on rheological behavior of debris flow material. *Acta Geotech.*, 2, 71–85.
- KUO C. Y., TAI Y. C., BOUCHUT F., MANGENEY A., PELANTI M., CHEN R. F., CHANG K. J. (2009). Simulation of Tsaoling landslide, Taiwan, based on Saint Venant equations over general topography. *Eng. Geol.* 104, 181–189.
- LINIGER M., BIERI D. (2006). A2, Gotthardautobahn, Felssturz Gurnellen vom 31 Mai 2006, Beurteilung und Massnahmen, in: *Pub. Soc. Suisse Mecanique Soles Roches*, 153, 81–86.
- MEDINA V., BATEMAN A., HURLIMANN M. (2008). FLAT-Model: a 2-D finite volume code for debrisflow modeling, application to events occurred in the Eastern Pyrenees. *Int. J. Sediment Res.*, 23, 348–360.
- PATRA A., BAUER A., NICHITA C., PITMAN E., SHERIDAN M., BURSİK M., RUPP B., WEBBER A., STINTON A., NAMIKAWA L. (2005). Parallel adaptive numerical simulation of dry avalanches over natural terrain. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 139 (1–2), 1–21.
- PATULA S. (2009). Erweiterte Gefahrenhinweiskarte und Risikohinweiskarte für Steinschlag am Beispiel des Landkreises Miesbach und Erstellung einer Georisiko-Toolbox zur Automatisierung des Workflows. *Masterarbeit UNIGIS MSc Jahrgang 2007*, Salzburg.
- PFEIFFER T. J., BOWEN T. D. (1989). Computer simulation of rockfalls. *Bulletin of the Association of Engineering Geologists* XXVI(1), 135–46.
- SCHEIKL M., ROBL J., PRASICEK G., MÖLK M. (2010). Implementierung eines Bemessungsvorgangs gemäß EC 0 in 3D-Sturzprozessmodelle, *COGEO 2010*, Salzburg.
- PUDASAINI S. P., WANG Y., HUTTER K. (2005). Rapid motions of free-surface avalanches down curved and twisted channels and their numerical simulation. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 363 (1832), 1551.
- RÉVÉSZ P. (1990). *Random Walk in Random and Non-Random Environments*, World Scientific, Singapore.
- RICKENMANN D., LAIGLE D., MCADELL B., HÜBL J. (2006). Comparison of 2D debris-flow-simulation models with field events. *Comput Geosci* 10(2):241–264.
- SCHEIKL M., POWELL D. (2012). Report of WP 5: Analysis of Economic Losses at the Stanzertal, Investigations on a regional danger analysis within the Alpine Space – Project PARAMOUNT (Proved Accessibility Reliability and security of Alpine transport infrastructure related to mountainous hazards in a changing climate).
- TIEFENTHALER H. (1973). *Innsbrucker geographische Studien. Bd. 1: Natur und Verkehr auf der Arlberg-Westseite*. Hrsg.: F. Fliri und A. Leidlmair. Innsbruck: Geographisches Institut der Universität Innsbruck.
- WSL (2012). *RAMMS User Manual v1.4 Debris Flow*.

JOSEF SCHNEIDER, GABRIELE HARB, GERALD ZENZ

## Spannungsfeld Hochwasserschutz – Wasserkraft in europäischen Einzugsgebieten

### *Interplay Flood Protection – Hydro Power in European Catchments*

#### Zusammenfassung:

Der Hochwasserschutz und die Wasserkraft stehen in einem engen Zusammenhang. So kann der Hochwasserschutz einerseits die Wasserkraftnutzung betreffen. Andererseits ist es so, dass Wasserkraftanlagen so ausgelegt werden, dass der Hochwasserschutz durch die Anlage verbessert wird. Wasserkraftanlagen werden im Entwurf so ausgelegt, dass sie auch zum Hochwasserschutz beitragen, in jedem Falle aber die Hochwassergefahr nicht erhöhen. Dazu dienen vor dem Bau auch detaillierte physikalische Modellversuche. Während des Betriebes der Anlagen ist zu gewährleisten, dass der Hochwasserabfluss ohne unplanmäßiges Überströmen von Bauwerken möglich ist. Generell herrscht gemäß der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie ein Verschlechterungsverbot, insbesondere wenn Dritte davon betroffen sind. Abhängig von Ihrer Speichergöße können Stauanlagen, seien es kleine Speicher an Flusskraftwerken oder große Talsperren in alpinen Regionen, mehr oder weniger gut für die Retention von Hochwasser genutzt werden. Voraussetzungen dafür sind eine koordinierte Betriebsführung und eine gute Prognose für das Hochwasserereignis. Durch die Speichermöglichkeiten wird der Hochwasserscheitel gekappt, was zu geringeren Wasserständen im Unterwasser führt; so können erhebliche Wassermengen in den Stauanlagen zurückgehalten werden. Nach den Hochwasserereignissen werden diese wieder kontrolliert abgeführt. Im Anlagenbereich von Stauanlagen können Dämme oder Flusseintiefungen dem Hochwasserschutz dienen. Anhand verschiedener Beispiele im europäischen Raum soll dieser Beitrag den Zusammenhang zwischen Wasserkraft und Hochwasserschutz aufzeigen.

#### Stichwörter:

Wasserkraft, Hochwasserschutz, Europa, Flüsse, Alpen

#### Abstract:

*Flood protection and hydropower are highly interrelated. Flood protection affects the utilisation of hydro power, as well as influences the layout of the plants to improve the flood protection. In general according to the European Water Framework Directive a prevention of deterioration has to be ensured, especially in case if third party interests are of concern. Depending on the size of reservoirs hydro power plants can be used more or less for retention of floods. The storage enables to cut the peak of floods leading in lower water levels downstream of the dams. Moreover, significant amounts of water can be stored in the reservoirs. After the flood events this water will be released in a controlled way. In the vicinity of the dams, embankments as well as reservoir and bed deepening respectively are able to improve the flood protection. By means of several European examples this paper intends to show the interrelation of hydro power and flood protection.*

#### Keywords:

*Hydro power, flood protection, Europe, rivers, Alps*

#### Einleitung

Naturgemäß gibt es ein Zusammenspiel zwischen Wasserkraft und Hochwasserschutz. Wasserkraftwerke sind dadurch gekennzeichnet, dass ein wichtiger Anlagenteil in Form von Querbauwerken ausgeführt ist, welcher das natürliche Gewässerkontinuum unterbricht und Wasser aufstaut. Bei Laufkraftwerken oder Ausleitungskraftwerken in Tallagen werden dadurch relativ geringe Fallhöhenunterschiede zwischen Oberwasser (Stauhöhe) und Unterwasser (nach den Turbinen) erreicht, die für die Produktion elektrischer Energie genutzt werden. Um ausreichend große elektrische Leistungen erzeugen zu können, werden bei diesen Kraftwerksanlagen verhältnismäßig große Wassermengen abgearbeitet.

Im Gegensatz dazu werden bei Hochdruckanlagen im alpinen Raum große Fallhöhen mit verhältnismäßig geringen Durchflüssen für die Energieproduktion genutzt. Hier wird üblicherweise ein künstlicher Speicher geschaffen, der bis zu mehreren hundert Metern (manchmal über 1.000 Meter) höher als das Kraftwerk liegt.

Wasserkraftwerke können unterschiedliche Einflüsse auf das Hochwasserregime haben. Die Beschleunigung von Hochwasserwellen durch Flusskraftwerke kann einerseits positive wie auch negative Auswirkungen durch eine Verringerung oder eine Erhöhung der Hochwasserspitze auf die unterliegenden Abschnitte haben (Giesecke & Mosonyi, 1998). Ausreichend große Speicherräume können zur Hochwasserentlastung beitragen.

Die Auswirkungen von Flusskraftwerken auf den Hochwasserschutz sind durch die relativ geringen Stauraumvolumina begrenzt. Im Gegensatz dazu beeinflussen Speicherkraftwerke das unterliegende Abflussregime erheblich. Nach Giesecke & Mosonyi (1998) sind die beiden Faktoren Speichervolumen (Quotient aus nutzbarem Speichervolumen und Jahresabflussvolumen in einem hydrologisch mittleren Jahr) sowie die Betriebsstrategie dafür verantwortlich.

Die Speicherräume bei Wasserkraftanlagen eignen sich einerseits hervorragend um Hochwasserspitzen zu kappen und um erhebliche Wassermengen zu speichern, die nach einem Hochwasserereignis wieder abgegeben werden können, andererseits können Speicher



auch durch Schwellbetrieb zu künstlichen Hochwasserereignissen im Unterlauf beitragen. Diese Schwallereignisse können durch Ausgleichsbecken gedämpft werden, falls der Anstieg des Abflusses nicht ausreichend langsam erfolgen kann. In diesem Zusammenhang muss auch auf die abklingende Abflusswelle geachtet werden, da diese ein Trockenfallen gewisser Querschnittsbereiche im Unterwasser bewirken kann und dabei bei zu schnellem Zurückweichen des Wassers ökologische Probleme (Fallenwirkung für Fische in verbleibenden Tümpeln) auftreten können. Im Allgemeinen kann festgehalten werden, dass klassische Speicher wie Jahresspeicher eine ausgleichende Wirkung auf den Abfluss – über das Jahr betrachtet – haben. Im Sommer werden die Abflüsse gesammelt und im Winter, bei geringerem Dargebot wieder abgearbeitet.

Generell herrscht gemäß der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (im Folgenden: EWRL, 2000) ein Verschlechterungsverbot für Fließgewässer, aber auch in Hinblick auf Hochwasserschäden, die durch Bauwerke im Wasser verursacht werden können. Es wurden in der Vergangenheit einige Schadensfälle beobachtet, die im Zusammenhang mit Wasserkraft im Allgemeinen und künstlich errichteten Dämmen bzw. Talsperren im Speziellen stehen. Zu den bekanntesten Schadensfällen zählen Dammbürche und Rutschungen. Durch die sicheren Bauweisen v.a. in entwickelten Ländern kommen diese Ereignisse nur äußerst selten vor. Neben klassischen Bruchzenarien der Sperren selber sind v.a. Rutschungen in Stauseen bzw. Lawineneinstöße der Grund des Überschwappens von erheblichen Wassermengen über die Sperre mit dementsprechend katastrophalen unterwasserseitigen Hochwasserwellen. In Civil Engineers (1996) sind aufgetretene Dammbürche angeführt, wobei Abflussspitzen bis über 60.000 m<sup>3</sup>/s (Teton Dam, Idaho, 1976) dokumentiert sind. Es muss in diesem Zusammenhang

auch auf die Wasserspiegelschwankungen im Stausee geachtet werden, die im Falle eines zu schnellen Absinkens des Wasserspiegels bei ungünstigen geologischen Bedingungen zu plötzlichen Rutschungen der Böschungen in den Stausee führen können. Hier sei das Katastrophenereignis in Vajont (Friaul, Italien) im Jahre 1963 erwähnt, das durch das plötzliche Abrutschen einer Talflanke in den Stausee gekennzeichnet war, welches zu einem massiven Überschwappen über die Betonsperre und einer nachfolgenden Flutwelle führte, die 2000 Todesopfer forderte (<http://www.vajont.net>).

Wasserkraftwerke können jedoch nicht nur positiv oder negativ auf Hochwasser einwirken, umgekehrt können Hochwasserereignisse auch erhebliche Schäden an Wasserkraftanlagen verursachen. Die Schäden der beteiligten Energieversorgungsunternehmen durch das große Hochwassers 2002 im Bereich Kamp/Donau werden z.B. in Habersack et al. (2003, Kapitel 6) genau erfasst und mit etlichen Millionen Euro beziffert. Es entstanden teils massive Schäden an den Kraftwerken, Wehranlagen, Umspannwerken, Messeinrichtungen sowie an ober- und unterliegenden Gewässerabschnitten (Deiche, Änderungen der Querprofile).

Die Europäische Hochwasserrichtlinie (im Folgenden: EHWRL, 2007) verweist in Bezug auf Hochwasserschutz und Wasserkraft lediglich auf die EWRL, in der eindeutige und transparente Verfahren einschließlich der Genehmigung von möglichen Ausnahmen hinsichtlich der Ziele des „guten Zustands“ oder des „Verschlechterungsverbots“ geregelt sind.

Civil Engineers (1996) geben eine prägnante Zusammenfassung über ingenieurmäßige Herangehensweisen bezüglich Hochwasser und Speicher. Dabei werden hydraulische und hydrologische Berechnungsschritte sowie Sicherheitsaspekte näher betrachtet.

## Hochwasserschutz an Flusskraftwerken und Speicherseen

**Flusskraftwerke**, egal ob es sich dabei um Laufkraftwerke oder Ausleitungskraftwerke handelt, sind dadurch gekennzeichnet, dass sie in der Regel ein relativ geringes Stauvolumen im Vergleich zum jährlichen Zufluss aufweisen. Das in den Stausee zufließende Wasser wird standardmäßig direkt durch die Turbinen abgearbeitet und der Stauspiegel im See bleibt konstant. Somit ändert sich der Durchfluss durch die Turbinen mit dem Zufluss in den Stausee. Aus diesem Grund ist die Retentionswirkung dieser Seen üblicherweise gering. Es gibt jedoch auch eine Reihe von Stauseen von Flusskraftwerken, die im Hochwasserfall zumindest teilweise vorab abgestaut werden. Das

heißt, eine gewisse oberste Lamelle des Stausees wird für den Hochwasserschutz genutzt. Je nach Größe der Lamelle (Fläche und Tiefe) kann hier ein gewisses Retentionsvolumen geschaffen werden. Bei rechtzeitigem Abstau kann somit eine Hochwasserwelle gekappt und der Scheitel der Welle (maximaler Durchfluss) für den unterliegenden Bereich entschärft werden. Man bezeichnet diesen Vorgang auch als stehende Retention. Hierbei wird eine Abflusswelle gedämpft und eine zeitliche Verschiebung herbeigeführt. Abbildung 1 zeigt die schematische Darstellung des Retentionsvorgangs in einem See bzw. Stausee. **Die Hochwasserwelle ohne Retention** entspricht der natürlich vorkommenden Abflusswelle, die auch dem Zufluss in einen See entspricht. Hingegen zeigt die grüne Kurve eine Hochwasserwelle

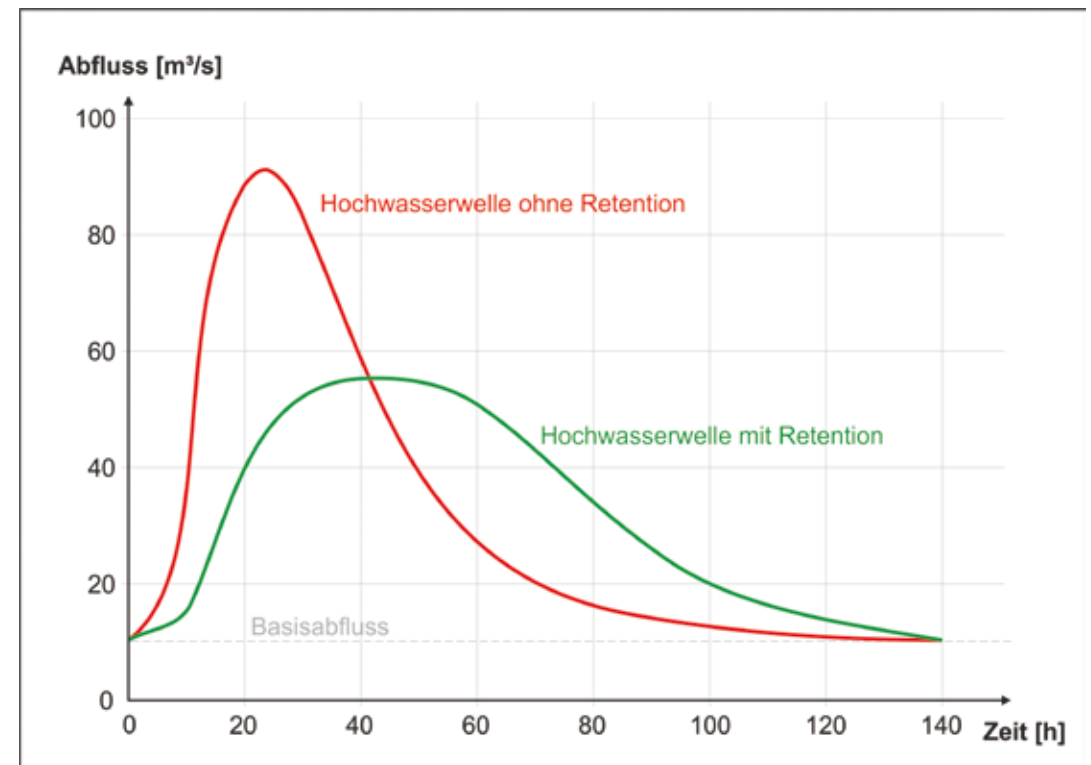


Abb. 1: Hochwasserwellen ohne und mit Retentionswirkung von Wasserkraftwerken.

Fig. 1: Hydrograph without and with retention by hydropower plants.



mit Retention, die auch als Ausfluss aus dem See bzw. Speicher betrachtet werden kann. Es gibt verschiedene Berechnungsverfahren für die Ermittlung des benötigten Rückhaltevolumens wie beispielsweise das Iterationsverfahren oder die Methode nach Puls (Maniak, 2010). Wichtig dafür sind entsprechende Prognosemodelle, die den zu erwartenden Zufluss korrekt vorhersagen können.

Diese Betriebsweise wird von den österreichischen Wasserkraftproduzenten oft angewendet. Damit kann ein aktiver Hochwasserschutz betrieben werden.

**Stauseen** sind auch dadurch gekennzeichnet, dass sie üblicherweise kontinuierlich verlanden. Es findet eine sogenannte Kornsortierung statt, das heißt, dass durch die reduzierten Fließgeschwindigkeiten des in den Stauraum fließenden Wassers und der damit einhergehenden Abnahme der Turbulenzen im obersten Bereich, der so genannten Stauwurzel, die größten Sedimente liegenbleiben. In Richtung zur Talsperre werden üblicherweise immer feinere Sedimente abgelagert. Vor allem die gröberen Sedimente sind nur mehr im Hochwasserfall bei Staulegung remobilisierbar. Das bedeutet jedoch auch, dass sich an diesen Stellen die Sohle kontinuierlich hebt und sich daher die Querschnittsfläche des durchflossenen Bereiches reduziert. Somit kann es im Laufe der Zeit immer leichter zu Ausuferungen und damit zu Überschwemmungen des Vorlandes kommen. Sofern kein aktives Sedimentmanagement betrieben wird, kann dieses Phänomen an Stauräumen von Flusskraftwerken beobachtet werden.

Folgende Maßnahmen können getroffen werden, um Überschwemmungen im Stauwurzelbereich zu reduzieren:

- Ausreichende Spülungen oder Staupegelregelungen im Hochwasserfall – Freihalten der Querschnitte
- Baggerungen

- Erhöhung der Schleppspannungen durch Maßnahmen wie Initialrinnen oder Buhnen

**Alpine Speicher** sind – historisch betrachtet – für eine jährliche Bewirtschaftung ausgelegt; sie weisen relativ geringe mittlere Zuflüsse auf (ATCOLD, 1991). Die Speichervolumina sind so konzipiert, dass über einen jährlichen Ausgleich des Zu- und Abflusses eine optimale energiewirtschaftliche Nutzung im Zusammenwirken mit anderen Kraftwerken gegeben ist. Darüber hinaus kann durch Pumpspeicherung dem raschen Wechsel von Erzeugung und Verbrauch im Netz optimal Rechnung getragen werden. Ein besonders hohes Augenmerk wird den Sicherheitseinrichtungen der Speicher in Hinblick auf den Wasserstand geschenkt. Für Hochwasserereignisse sind die Bauwerke selbst überlastungssicher ausgelegt, wobei hydrologische Prognosen und klar geregelte betriebliche Vorgehensweisen ineinander greifen. Im Extremfall muss aus Sicherheitsgründen über Hochwasserentlastungsanlagen aus dem Speicher Wasser abgegeben werden.

Planmäßig wird nach den örtlichen Möglichkeiten in Speichern ein zusätzliches Volumen für Hochwasserretention bereitgehalten. Die Hochwasserspitze kann so entweder durch natürlichen Zufluss oder durch einen verstärkten Pumpeinsatz reduziert werden. Dies kann unter der Voraussetzung erfolgen, dass im Ereignisfall auch das dafür erforderliche Speichervolumen vorhanden ist. Dafür sorgen einerseits eine vorausschauende Planung bei der Auslegung der Anlagen und andererseits die Behörde mit entsprechenden Anforderungen und Auflagen. Für die dabei entstehenden Kosten sind unterschiedliche Vergütungsmodelle – wie z.B. in der Schweiz – möglich. So tragen Speicherkraftwerke mit großen Speichervolumina wesentlich zu einer höheren Sicherheit gegen Hochwassergefahr in alpinen Regionen bei.

### Beispiele des Zusammenspiels Wasserkraft und Hochwasserschutz

Viele Stauräume in Europa unterliegen einer Mehrfachnutzung, wie z.B. Hochwasserschutz, Bewässerung, Wasserkraftnutzung, Tourismus oder Fischerei. Die Priorität dieser Nutzungen ist von Stauraum zu Stauraum unterschiedlich. Im Folgenden werden Fallbeispiele von Stauanlagen für Wasserkraftwerke beschrieben, die in Zusammenhang mit dem Hochwasserschutz stehen. Teilweise wurden die Daten über diese Anlagen im Rahmen des Süd-Ost Europa Projektes Hydropower (Harb et al., 2012b) erhoben beziehungsweise dem AlpineSpace Projekt Alpreserv (Badura et al., 2008) entnommen.

Fallstudie Stanca Costesti - Rumänien

Viele Stauräume in Rumänien werden neben anderen Nutzungen auch für den Hochwasserschutz verwendet. Daraus ergibt sich aber auch ein Sedimentproblem in den Stauräumen, da in vielen Fällen die Hochwasserwelle mit hoher Sedimentkonzentration zumindest teilweise in den abge-

senkten Stauräumen aufgefangen wird. Durch die niedrigere Fließgeschwindigkeit setzen sich die Sedimente im Stauraum ab und vor allem der Bereich vor der Staumauer ist von Verlandungen betroffen. In den meisten Fällen werden diese Verlandungen ausgebagert oder bei einer Spülung entfernt. Die Baggerung von Sedimenten ist aber meist kostspielig und die Entsorgung des Baggergutes problematisch. Wenn Grundablässe in der Staumauer vorhanden sind, werden daher Hochwasserabflüsse zur Entfernung der Verlandungen vor der Mauer genutzt. Dabei wird der Stauspiegel in den meisten Fällen nicht ganz abgesenkt und ein Teil des sedimentbeladenen Zuflusses durch den Grundablass geschleust.

Der Stanca Costesti Stausee am Fluss Prut an der Grenze zwischen Moldawien und Rumänien hat ein Volumen von 1.465 Millionen m<sup>3</sup> (Abbildung 2). Die Nutzung dieses Stausees erfolgt nach einer fixen Aufteilung.

Die oberste Lamelle mit 665 Mio. m<sup>3</sup> ist für den Hochwasserschutz reserviert. Die verbleibenden 800 Mio. m<sup>3</sup> werden für die Bewässerung von landwirtschaftlichen Flächen genutzt. Aus dem Stauraum werden zusätzlich etwa 10 m<sup>3</sup>/s



Abb. 2:  
Stanca Costesti Stausee in Rumänien  
(Magureanu & Galie, 2012)

Fig. 2:  
Reservoir Stanca Costesti in Romania  
(Magureanu & Galie, 2012)

für die Trinkwasserversorgung der Umgebung und 2,9 m<sup>3</sup>/s als Frischwasser für Fischzuchtanlagen entnommen. Die Restwassermenge beträgt mindestens 5 m<sup>3</sup>/s und wird über eine Restwasserturbine energetisch genutzt. Da kein spezielles Stauvolumen für die Wasserkraftnutzung vorgesehen ist, wird die Leistung des Wasserkraftwerks von 15 MW nur erreicht, wenn der Zufluss höher ist als der Wasserbedarf der anderen Nutzer und zumindest das für die Bewässerung notwendige Stauvolumen vorhanden ist.

Im Falle eines Hochwassers wird der Stauspiegel entsprechend des prognostizierten Zuflusses abgesenkt, um den Retentionsraum zur Verfügung zu stellen. Aufgrund vorhandener Pegelwerte im Oberlauf und von Hochwasserprognosen ist die Absenkung des Stausees über bis zu 6 Tage vor dem Hochwasserereignis möglich. Bei niedrigeren Hochwasserabflüssen erfolgt der Abfluss über die Turbinen und zwei Grundablässe. Bei höheren Zuflüssen und der Erreichung des maximalen Stauspiegels wird der Abfluss zusätzlich über die Hochwasserentlastung abgegeben.

#### Fallstudie Pieve di Cadore

Ein weiteres Beispiel für die Kombination von Hochwasserschutz und Wasserkraft ist der Stauraum von Pieve di Cadore (Italien). Der Stausee befindet sich in der Provinz Belluno in Venetien an der Piave (Abbildung 3). Der Stausee ist bei maximalem Stauziel etwa 9,3 km lang und hat ein ursprüngliches Volumen von 64 Millionen m<sup>3</sup>.

In Italien wird grundsätzlich ein statisches Hochwasserschutzkonzept angewendet, d.h. der Wasserspiegel in den Stauräumen wird in definierten Zeiträumen abgesenkt, um diese Lamelle für den Hochwasserschutz zur Verfügung stellen zu können.

Um die Hochwassergefahr in südlichen Teil der Piave zu senken, wurde ein Teil

des Stauvolumens von Pieve di Cadore für den Hochwasserschutz vorgesehen. Auf Basis der standardisierten Hochwasserwelle wurde die mögliche Hochwasserretention untersucht. Durch die Absenkung des Stauraums kann die Spitze der Hochwasserwelle gekappt und so größere Schäden im Bereich der Unterlieger verhindert werden (Abbildung 5). Aufgrund des statischen Hochwasserschutzkonzepts muss der Wasserspiegel von 15. September bis 30. November auf eine definierte Höhe abgesenkt werden.

Auch der Stauraum von Pieve di Cadore ist mit etwa 17 Mio. m<sup>3</sup> verlandet. Der charakteristische Korndurchmesser nimmt von der Stauwurzel zur Staumauer hin ab. An der Stauwurzel befinden sich massive Kiesanlandungen, die Sedimentdepositionen in der Nähe der Staumauer



Abb. 3: Lage des Pieve di Cadore Stausees (Mancusi et al., 2012)

Fig. 3: Location of reservoir Pieve di Cadore (Mancusi et al., 2012)



Abb.4: Ansicht des Stausees Pieve di Cadore (Quelle: Google Earth)

Fig. 4: View of reservoir Pieve di Cadore (Courtesy: Google Earth)

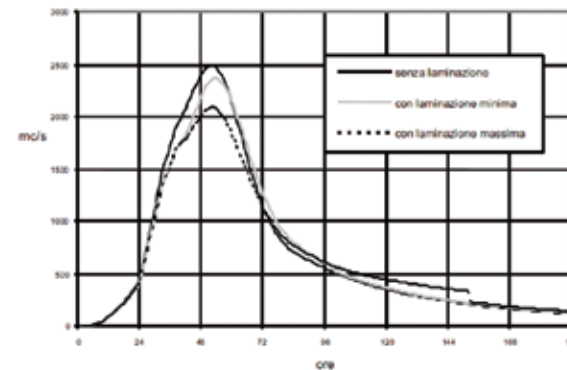


Abb.5: Reduzierung der Hochwasserspitze durch Vorabsenkung im Pieve di Cadore Stausee (Mancusi et al., 2012)

Fig. 5: Reduction of flood peak due to pre-lowering in the reservoir Pieve di Cadore (Mancusi et al., 2012)

sind aus Schluff und Ton. Ein kleiner Teil der Anlandungen wird regelmäßig durch Baggerungen entfernt. Die fortschreitende Verlandung des Stauraums kann aber nur durch weitere Entlandungsmaßnahmen verhindert werden.

#### Fallstudie slowenische Drau

Auch die Stauräume an der Drau in Slowenien werden für den Hochwasserschutz genutzt. Insgesamt gibt es an der slowenischen Drau neun Wasserkraftwerke mit zugehörigen Stauräumen (Abbildung 6). Die ersten sechs Kraftwerke sind Laufkraftwerke während die beiden letzten Kraftwerke Ausleitungskraftwerke sind. Das Volumen in den Stauräumen reicht von 4 – 17 Millionen m<sup>3</sup>.

Der Betrieb der unterschiedlichen Stau-



Abb. 6: Kraftwerkskette an der slowenischen Drau (Steinman et al., 2012)

Fig. 6: Chain of hydro power plants at the Slovenian Drau (Steinman et al., 2012)





Abb. 7: Kraftwerk Ožbalt an der slowenischen Drau (Steinman et al., 2012)

Fig. 7: Hydro power plant Ožbalt located at the Slovenian Drava (Steinman et al., 2012)

räume wird über ein Leitzentrum gesteuert, wo alle Daten der Kraftwerke zusammenlaufen. Auch die Kommunikation mit den Betreibern und Behörden in Österreich als Oberlieger und in Kroatien als Unterlieger im Hochwasserfall ist geregelt.

Das Kraftwerk Ožbalt (Abbildung 7) hat einen Stauraum mit einer Länge von 12,7 km und einem Volumen von 10,5 Mio. m<sup>3</sup>. Im Hochwasserfall kann der Wasserspiegel am Wehr abgesenkt und ein Teil des Stauraumvolumens zur Kappung der Hochwasserspitze verwendet werden.

Fallstudie Bodendorf

Der Stauraum Bodendorf an der oberen Mur (Steiermark) ist dadurch gekennzeichnet, dass es sich um eine Kopfstufe handelt, die große jährliche Verlandungsraten von über 50.000 m<sup>3</sup> bei einem maximalen Gesamtvolumen von etwa 900.000 m<sup>3</sup> aufweist (Badura et al., 2008). Wie schon erwähnt verlanden vor allem im Stauwurzelbereich die größeren Sedimente. Um die Hochwassersicherheit in diesem Bereich zu gewährleisten wurde im Rahmen des Alpreserv-Projektes versucht die Schleppspannung zu erhöhen, indem im

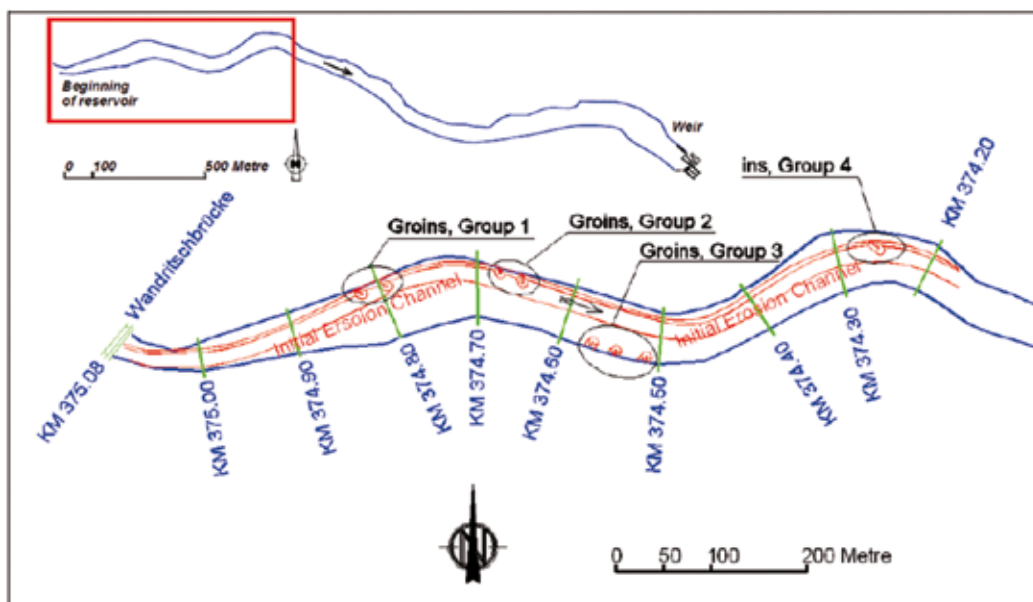


Abb. 8: Maßnahmen im Stauwurzelbereich Bodendorf zur Erhöhung der Schleppspannungen (Badura et al., 2008)

Fig. 8: Measures at the head of the reservoir Bodendorf for increasing the shear stress (Badura et al., 2008)

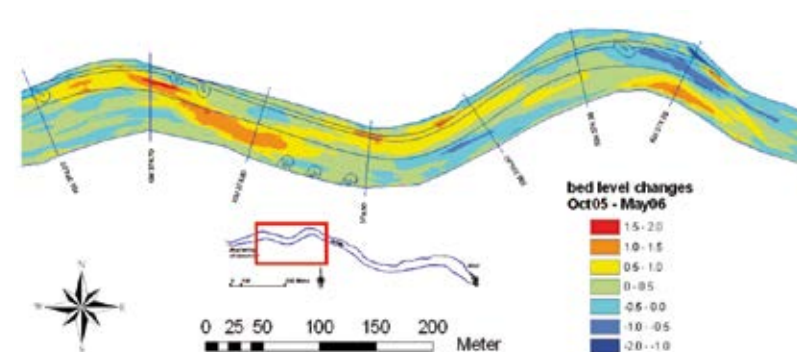


Abb. 9: Differenzenkarte der Sohländerungen vor und nach einer Stauraumspülung (rot: Erosion, blau: Anlandung)

Fig. 9: Comparison of DTMs before and after a flushing event (red: erosion, blue: deposition)

Herbst 2003 eine Initialrinne gebaggert und Buhnen eingebaut wurden. Abbildung 8 zeigt die räumliche Anordnung dieser beiden Maßnahmen im Bereich der Stauwurzel.

In den Sommern 2004, 2006 und 2012 wurden Spülungen des Stauraumes Bodendorf durchgeführt, die es ermöglichten, die Funktionsfähigkeit dieser Maßnahmen zu untersuchen. Mit Hilfe von Echolotvermessungen konnte die räumliche Verteilung der Ent- und Verlandungen erfasst werden. Abbildung 9 zeigt beispielhaft eine Differenzenkarte dieses Bereiches für die Spülung im Jahre 2006. Dabei ist zu erkennen, dass die Buhnen vor allem im oberen Bereich teilweise wirken, die unterwasserseitigen Bereiche um die Buhnen jedoch Verlandungen aufweisen. Hier ist eine Funktionsfähigkeit dieser Maßnahmen nicht zu erkennen. Die gebaggerte Initialrinne war bereits nach kurzer Zeit nicht mehr festzustellen.

Wasserführungsbedingt wurde im Zeitraum 2006 bis 2012 keine weitere Spülung durchgeführt. In diesem Zeitraum kam es im Stauwurzelbereich zu Verlandungen, sodass die Buhnen erst mit der Spülung 2012 wieder zum Teil freigeräumt wurden. Dieses Beispiel zeigt, dass der Einsatz von Buhnen in sensiblen Verlandungsbereichen möglich ist, jedoch darauf geachtet werden muss, dass die Buhnen nicht gänzlich verlanden und ihre Wirkung im Fall einer Spülung nicht vollständig verloren geht.

Fallstudie Leoben

Das Kraftwerk Leoben befindet sich an der Mur im Stadtbereich von Leoben. Es wurde in den Jahren 2003 bis 2006 an der Stelle eines alten Wehres errichtet und hatte ein ursprüngliches Stauvolumen von 360.000 m<sup>3</sup>. Seit der Inbetriebsetzung des Kraftwerkes im Jahr 2007 konnte aufgrund von rechtlichen Rahmenbedingungen keine Spülung des Stauraumes durchgeführt werden. Auf Basis der Sohlgrundaufnahmen mittels Echolot vom März 2010 und Juni 2006 wurde eine Anlandung von etwa 77.000 m<sup>3</sup> ermittelt. Aufgrund der geringen Größe des Stauraumes stellt die Verlandung ein Problem für den Hochwasserschutz dar, da der konsensgemäße Zustand und damit die konsensgemäße Hochwassersicherheit auf Höhe der Stauwurzel nicht mehr gewährleistet sind. Es wurde daher nachträglich ein Wendepiegel, der im Hochwasserfall eine kontrollierte Stauabsenkung einleitet, installiert. Die Wendepiegelregelung und deren Wirkung wurden mit einem numerischen Modell berechnet. Die Ergebnisse stellen sich wie folgt dar. Abbildung 8 zeigt ein Orthofoto des Stauraumes Leoben. Die Stauwurzel befindet sich etwa auf der Höhe der Waasenbrücke.

Mit Hilfe eines numerischen Modells wurde die Hochwassersituation für die verlandete Sohle untersucht, um eine nachhaltige Stabilisie-





Abb. 10: Kraftwerk Leoben an der Mur im Stadtgebiet Leoben (Harb et al., 2012a)

Fig. 10: Hydro power plant Leoben located at the river Mur (Harb et al., 2012a)

nung des Sohl-niveaus zu erreichen. Die Auswertung der Sedimentproben aus dem Stauraum zeigt eine sehr weite Streuung der Kornverteilung von der Stauwurzel ( $d_{90} = 140 \text{ mm}$  und  $d_m = 35 \text{ mm}$ ) bis zum Wehr ( $d_{90} = 1,2 \text{ mm}$  und  $d_m = 0,4 \text{ mm}$ ).

Abbildung 9 zeigt die ermittelten Sohl-schubspannungen für ein  $HQ_1$ . Im linken Bild werden die Sohl-schubspannungen bei Stauziel und im rechten Bild die Sohl-schubspannungen bei einem um 1,5 m abgesenkten Wasserspiegel am Wehr dargestellt. Die Absenkung des Wasserspiegels bewirkt höhere Fließgeschwindigkeiten und dadurch auch höhere Sohl-schubspannungen im Stauraum. Durch die höheren Sohl-schubspannungen kann der Stauraum auch besser entlandet werden. Im Gegensatz dazu zeigt die Simulation mit Haltung Stauziel, dass die Sohl-schubspan-

nungen im vorderen Teil des Stauraums Richtung Wehr hin absinken, was zum Absetzen des mit-transportierten Sediments führt.

Weiters wurde der Sedimenttransport bei einer anlaufenden  $HQ_1$ -Welle bei Stauzielhaltung und bei Abstau um 1.5 m untersucht (Abbildung 10). Die Simulationen zeigten, dass bei einer Absenkung des Wasserspiegels am Wehr die Durch-schleusung des in den Stauraum transportierten Sediments verbessert und zusätzlich Sedimentan-landungen im Stauraum mobilisiert werden können. Für ein nachhaltiges Sedimentmanagement mit der Remobilisierung des angelandeten Sedi-ments ist eine regelmäßige Absenkung des Was-serspiegels am Wehr auch bei kleineren Hoch-wasserwellen notwendig.

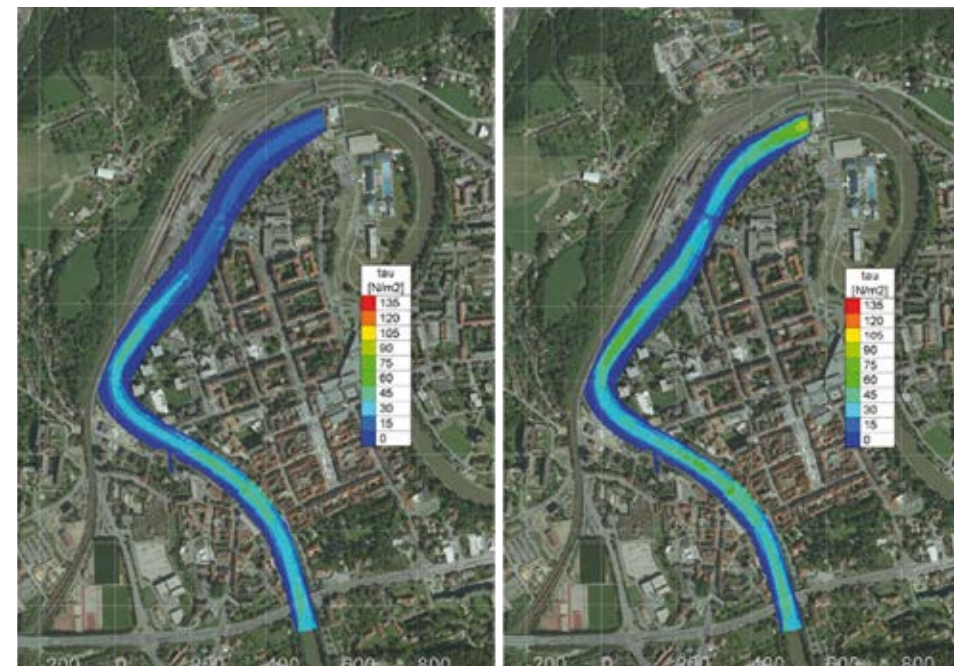


Abb. 11: Vergleich der ermittelten Sohl-schubspannungen  $[N/m^2]$  bei  $HQ_1$ ; links: mit Haltung STZ, rechts: Absenkung am Wehr um 1,5 m (Harb et al., 2012a)

Fig. 11: Comparison of the derived bed shear stresses  $[N/m^2]$  in case of the 1-year flood; left: water level at maximum operation level, right: lowering of the water level of 1.5 m (Harb et al., 2012a)

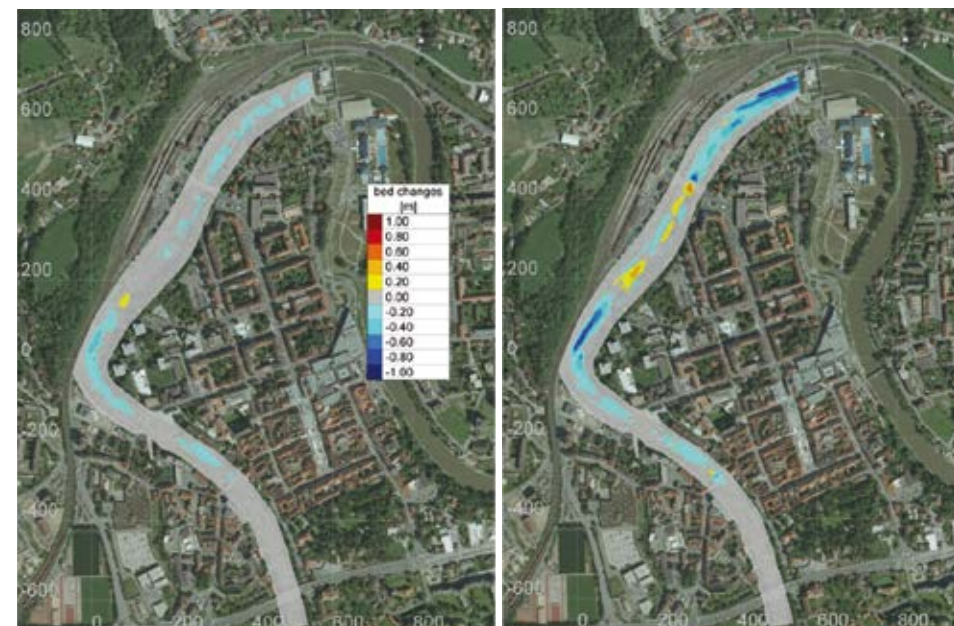


Abb. 12: Vergleich der ermittelten Sohl-länderungen [m] bei  $HQ_1$ ; links: mit Haltung STZ, rechts: Absenkung am Wehr um 1,5 m (Harb et al., 2012a)

Fig. 12: Comparison of the derived bed changes [m] in case of the 1-year flood; left: water level at maximum operation level, right: lowering of the water level of 1.5 m (Harb et al., 2012a)

### Zusammenfassung

Hochwasser und Wasserkraft stehen in einem engen Zusammenhang. Dieser Beitrag beschreibt v.a. die Einflüsse, welche die Wasserkraft auf den

Hochwasserschutz hat. Stauanlagen, sowohl bei Flusskraftwerken als auch bei hochalpinen Speichern können sich bei dementsprechenden Betriebsführungen auf den unterliegenden Bereich positiv auf den Hochwasserschutz auswirken. So können Hochwasserwellen gekappt werden und



teilweise erhebliche Abflussvolumina in den Stauanlagen zwischengespeichert werden. Anhand mehrerer konkreter europäischer Beispiele wird dieser Zusammenhang anschaulich dargestellt.

#### Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Dr. Josef Schneider  
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft,  
TU Graz  
Stremayrgasse 10/II, A – 8010 Graz  
schneider@tugraz.at

DI Gabriele Harb  
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft,  
TU Graz  
Stremayrgasse 10/II, A – 8010 Graz  
gabriele.harb@tugraz.at

Univ.-Prof. DI Dr. Gerald Zenz  
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft,  
TU Graz  
Stremayrgasse 10/II, A – 8010 Graz  
gerald.zenz@tugraz.at

#### Literatur / References:

ATCOLD (1991).  
Dams in Austria. Prepared in commemoration of the seventeenth congress of the international commission on large dams in Vienna, Austrian National Committee on Large Dams.

BADURA H., KNOBLAUCH H., SCHNEIDER J. (2008).  
Pilot Action Bodendorf Reservoir (Austria) ALPRESERV - Pilot Actions and Database, Universität der Bundeswehr München, Volume 5/2008, ISSN 1862-9636.

CIVIL ENGINEERS (1996).  
Floods and reservoir safety. 3rd edition: The institution of civil Engineers, Thomas Telford, London.

DEM - Dravske elektrarne Maribor (2013).  
<http://www.dem.si/eng/hydropowerplantsandgeneration/153> am 20.02.2012

EU Hochwasserrichtlinie (2007).  
RICHTLINIE 2007/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken, Amtsblatt der Europäischen Union.

EU Wasserrahmenrichtlinie (2000).  
RICHTLINIE 2000/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Amtsblatt der Europäischen Union.

GIESECKE J., MOSONYI E. (1998).  
Wasserkraftanlagen, 2. Auflage. Springer Verlag, Berlin - Heidelberg.

HABERSACK H., SCHNEIDER J., GAMERITH B., WASSERMANN G., HÜBL J., PICHLER A., GANAHL E., PREGI O., SHAIGANI S.H., PERFLER R., ERTL T. (2003).  
Schäden und Auswirkungen – Wasserbauten und Kraftwerke in Plattform Hochwasser, Ereignisdokumentation Hochwasser August 2002. Zenar, Universität für Bodenkultur, Wien.

HARB G., DORFMAN C., SCHNEIDER J., HAUN S., BADURA H. (2012a).  
Numerical analysis of sediment transport processes in a reservoir. Proceedings of the 6th International Conference on Fluvial Hydraulics, River Flow 2012, San José, Costa Rica.

HARB G., ZENZ G., BAJCAR T., BRAMBILLA P.C., CESCA M., DANELLI A., GALIE A., GASPARETTO D., KOZELJ D., MAGUREANU R., MANCUSI L., MARRAN S., SACCARDO I., ŠANTL S., STEINMAN F. (2012b).  
Report of the Partner Outcomes concerning Methodologies for optimal Management of Hydropower Reservoir Operation and Flood Risk Prevention, SEE HYDROPOWER – Project.

MAGUREANU R., GALIE A. (2012).  
Romania – Hydropower Reservoir Management. In: Report of the Partner Outcomes concerning Methodologies for optimal Management of Hydropower Reservoir Operation and Flood Risk Prevention, SEE HYDROPOWER – Project.

MANCUSI L., DANELLI A., GASPARETTO D., SACCARDO I., CESCA M. (2012).  
Italy – Hydropower Reservoir Management. In: Report of the Partner Outcomes concerning Methodologies for optimal Management of Hydropower Reservoir Operation and Flood Risk Prevention, SEE HYDROPOWER – Project.

MANIAK U. (2010).  
Hydrologie und Wasserwirtschaft - Eine Einführung für Ingenieure, Springer, Berlin - Heidelberg.

STEINMAN F., ŠANTL S., KOZELJ D., BAJCART. (2012).  
Slovenia – Hydropower Reservoir Management. In: Report of the Partner Outcomes concerning Methodologies for optimal Management of Hydropower Reservoir Operation and Flood Risk Prevention, SEE HYDROPOWER – Project.

## Wenn es darauf ankommt: Messlösungen für alle Fälle

Hochwasser-Rückhaltebecken Monitoringsysteme von OTT



- Aktuelle Erfassung von Zu- und Ablauf, Beckenpegel, Niederschlag und Klappenstellungen
- Infosystem für Beckenverantwortliche und Bevölkerung
- Alarmierung bei Grenzwerten
- Zugriff auf aktuelle Daten übers Internet mit OTT netView ([www.ott.com/netview](http://www.ott.com/netview))
- Langfristige Datensicherheit
- Wartungsfreundlich

m.schinnerl@ott.com  
Tel. +43 (0)7235 88998  
[www.ott-austria.at](http://www.ott-austria.at)



MICHAEL MÖLK, GERNOT STELZER

## Die neue ONR 24810: Stand der Technik im Steinschlagschutz

### *The New Austrian Standard Rule ONR 24810: State of the Art in Rock Fall Protection*

#### Zusammenfassung:

Die ONR 24810: 2013-01-15 „Technischer Steinschlagschutz – Begriffe, Einwirkungen, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandhaltung“ stellt eine umfassende Darstellung des Standes der Technik bei der Planung und Ausführung von Steinschlagschutzmaßnahmen in Österreich dar. Bei der ONR 24810 wurde besonderes Augenmerk auf die Berücksichtigung von bestehenden Eurocodes und Normenwerke genommen. Dahingehend werden Verfahrensweisen für die Erhebung der Eingangsparameter für die Ermittlung der maßgeblichen Einwirkungen mit den hierfür anzusetzenden Teilsicherheitsbeiwerten definiert. Auf der Widerstandsseite werden die anzusetzenden Abminderungsfaktoren der Bauwerkswiderstände für die zu führenden Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise beschrieben. Im Normenwerk wird neben Primärsicherungen (Verhinderung der Ablösung von Steinschlagprozessen) und Sekundärmaßnahmen in der Sturzbahn (Auffangnetze, Galerien, Steinschlagschutzdämme) auch auf die Überwachung und Instandhaltung mit den jeweils anzusetzenden Inspektionsintervallen Bezug genommen.

#### Stichwörter:

Steinschlag, technische Schutzmaßnahme, Steinschlagschutznetz, Überwachung und Instandhaltung

#### Abstract:

*The ONR 24810:2013-01-15 “Technical protection against rock fall – Terms and definitions, effects of actions, design, monitoring and maintenance” represents a comprehensive description of the state of the art for planning and execution of rock fall protection measures in Austria. The ONR 24810 gives special emphasis to a consideration of existing Eurocodes and standards. The standard defines standard procedures for the assessment of input parameters for the relevant actions with the respective partial factors of safety. On the part of the resistance of the mitigation measures, the relevant partial factors of safety for the proof of Ultimate Limit State (ULS) and Serviceability Limit state (SLS) are given. The Austrian standard refers to active measures (preventing rock fall detachment), passive measures in the transition and deposition zone such as net fences, galleries, embankments, as well as to inspection and maintenance with the respective inspection intervals.*

#### Keywords:

*Rock fall, technical protection works, rock fall net fences, inspection and maintenance*

#### Einleitung

Im Rahmen des ÖNORM-Komitees 256 „Schutz vor Naturgefahren“ wurden in den letzten Jahren eine Reihe von neuen Standards im Bereich Wildbachprozesse, Lawinenschutz und Steinschlagschutz erarbeitet und durch das Österreichische Normungsinstitut veröffentlicht.

Der gegenständliche Artikel behandelt insbesondere die Maßnahmentypen Steinschlagschutznetze, die Bemessung von Primärsicherungen (Felssicherungen, Felsvernetzungen etc.) erfolgt gemäß ONR 24810:2013 i. w. in Anlehnung an bestehende Normenwerke (z. B. ÖNORM EN 1537:2010 01 15 – Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Verpressanker). Die Festlegung der maßgeblichen Einwirkungen auf die Primärsicherungen mit den auf die charakteristischen Werte anzusetzenden Teilsicherheitsbeiwerten ist in der ONR geregelt. Die Planung und Bemessung von Steinschlagschutzdämmen ist in Hofmann und Mölk (in diesem Heft) beschrieben.

Bei der Bemessung von Steinschlagschutznetzen wird bei der geotechnischen Nachweisführung der Eurocode 7 umgesetzt. Nachdem mit Dezember 2012 die CE-Zertifizierung nach der Europäischen Technischen Richtlinie ETAG 027:2008 verpflichtend nachzuweisen ist, existieren für die Bestimmung von deren charakteristischen Widerständen umfangreiche Versuchsdaten für jede Bautype, die in Österreich auf den Markt gebracht werden darf.

#### Einwirkungen auf Schutzbauwerke in der Sturzbahn

Bei der Ermittlung der charakteristischen Einwirkungen für den betrachteten Standort des Schutzbauwerkes ungeachtet des Typs des Schutzbauwerkes sind jene Einwirkungen anzugeben, die von den Sturzblöcken verursacht werden, die den geplanten Standort erreichen oder weiter in den Unterhang vordringen (Ergebnisse von Steinschlagsimulationen und Erhebungen zu historischen Ereignissen).

Bei der Festlegung der Bemessungsblockgröße sind die Schadensfolgeklasse (CC,



| Schadensfolgeklasse CC | Merkmale  | Beispiele  |
|------------------------|---|--|
| CC 1                   | Geringe Folgen für Menschenleben und kleine oder vernachlässigbare wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen | Landwirtschaftliche Gebäude ohne regelmäßigen Personenverkehr, wie Scheunen, Gewächshäuser |
| CC 2                   | Mittlere Folgen für Menschenleben, beträchtliche wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen                   | Wohn- und Bürogebäude, öffentliche Gebäude mit mittleren Versagensfolgen, wie Bürogebäude  |
| CC 3                   | Hohe Folgen für Menschenleben oder sehr große wirtschaftliche oder umweltbeeinträchtigende Folgen                               | Tribünen, öffentliche Gebäude mit hohen Versagensfolgen, wie Konzerthallen                 |

Tab. 1: Schadensfolgeklassen nach ÖNORM EN 1990:2003, Anhang B.1

Tab. 1: Consequence classes according to ÖNORM EN 1990:2003, Annex B.1

vgl. Tabelle 1), die Ereignisfrequenz und die Anzahl der vorliegenden potenziellen Sturzblöcke von Bedeutung. Gemäß ONR 24810:2013 sind zwei verschiedene Verfahren in Abhängigkeit vom Schadenspotenzial (Schadensfolgeklasse CC gem. EC 7), von der Anzahl der vorliegenden potenziellen Sturzblöcke und der Ereignisfrequenz zulässig.

#### Verfahren A:

Für die Schadensfolgeklassen CC 2 und CC 3 oder für den Fall, dass in den Ablösebereichen mehr als 100 potenzielle Sturzblöcke vorliegen, ist eine statistische Erfassung der Bemessungsblockgrößen im Ablöse und/oder Ablagerungsgebiet durchzuführen.

| Ereignisfrequenzklasse |           | Ereignishäufigkeit n [1/a]  |
|------------------------|-----------|---|
| EF 4                   | sehr hoch | $n \geq 10$ (> 10 Ereignisse/Jahr)                                  |
| EF 3                   | hoch      | $1 \leq n < 10$ (1 bis 10 Ereignisse/Jahr)                          |
| EF 2                   | gering    | $0,03 \leq n < 1$ (<1 Ereignis/Jahr bis $\leq 1$ Ereignis/30 Jahre) |
| EF 1                   | selten    | $n < 0,03$ (< 1 Ereignis/30 Jahre)                                  |

Tab. 2: Klassifikation von Ereignisfrequenzen

Tab. 2: Classification of event frequencies

#### Verfahren B:

Ein vereinfachter Ansatz (gutachterliche Festlegung) ist in folgenden Fällen zulässig:

- wenn höchstens 100 Kluftkörper in den maßgeblichen potenziellen Ablösebereichen dokumentierbar sind oder
- wenn lediglich die Schadensfolgeklasse CC 1 potenziell betroffen ist oder
- bei Ereignisfrequenzen von EF 1 und EF 2 (< 1 Ereignis/Jahr; gemäß Tabelle 2).

Für lineare Infrastruktureinrichtungen gilt die Ereignisfrequenz jeweils für einen zu definierenden Homogenbereich.

Bemessungsblockgrößen  $V_{BB}$

Basierend auf den Erhebungen im Projektgebiet wird für den jeweiligen Homogenbereich die charakteristische Bemessungsblockgröße  $V_{BB}$  als

| Ereignisfrequenzklasse |           | Fraktile Bemessungsblockgröße |
|------------------------|-----------|-------------------------------|
| EF 4                   | sehr hoch | $V_{98}$                      |
| EF 3                   | hoch      | $V_{97}$                      |
| EF 2                   | gering    | $V_{96}$                      |
| EF 1                   | selten    | $V_{95}$                      |

mit:

- $V_{98}$  das Volumen von 98 % der Blöcke ist kleiner oder gleich  $V_{98}$
- $V_{97}$  das Volumen von 97 % der Blöcke ist kleiner oder gleich  $V_{97}$
- $V_{96}$  das Volumen von 96 % der Blöcke ist kleiner oder gleich  $V_{96}$
- $V_{95}$  das Volumen von 95 % der Blöcke ist kleiner oder gleich  $V_{95}$

Tab.3: Ereignisfrequenzklassen und zugeordnete Bemessungsblock-Fraktile

Tab. 3: Event-frequency classes and respective design-block sizes

Fraktilwert der Blockgrößenverteilung entnommen. Die maßgebliche Bemessungsblockgröße wird in Abhängigkeit von der Ereignisfrequenzklasse EF festgelegt (Tabelle 3).

Ermittlung der charakteristischen Energie und des Bemessungswerts der Energie

Mit dem Bemessungsblock  $V_{xx}$  wird mit einer steinschlagdynamischen Berechnung die charakteristische Einwirkungs-Energieverteilung dieses Bemessungsblockes ermittelt. Der charakteristische Wert der einwirkenden Energie  $T_{E,k}$  wird als 99%-Fraktile ( $T_{99}$ ) der Einwirkungs-Energieverteilung dem Ergebnis der steinschlagdynamischen Berechnung entnommen.

Der Bemessungswert der einwirkenden Energie ergibt sich wie folgt:

$$T_{E,d} = T_{E,k} \times \gamma_{E,kin} \quad \text{Gl. (1)}$$

mit:

$\gamma_{E,kin}$  Teilsicherheitsbeiwert für die Energie-Einwirkung in Abhängigkeit von der Schadensfolgeklasse nach Tabelle 4

$T_{E,d}$  Bemessungswert der Energie  
 $T_{E,k}$  charakteristischer Wert der kinetischen Energie (99%-Fraktile der Einwirkungs-Energieverteilung)

|                  | CC1 | CC2  | CC3  |
|------------------|-----|------|------|
| $\gamma_{E,kin}$ | 1,0 | 1,05 | 1,15 |

Tabelle 4: Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{E,kin}$  für die Energie-Einwirkung für verschiedene SchadensfolgeklassenTab. 4: Partial factor of safety  $\gamma_{E,kin}$  for the action "energy" for various consequence classes

| Auswirkungen auf das Verbaugssystem   | Auswirkungen auf die geschützten Bereiche |  |  |
|---|---|--|--|
|   | hoch                                      | mittel   | gering   |
| dicht besiedelte Gebiete, Siedlungskerne, wichtige Infrastruktureinrichtungen, überregionale Verkehrswege; hohes Personenrisiko |   | locker besiedelte Gebiete, Einzelgebäude, regionale Verkehrswege; mittleres Personenrisiko | Nebengebäude, untergeordnete Infrastruktur, Nebenverkehrswege; geringes Personenrisiko |
| <b>Hoch</b><br>(Auswirkungen auf die gesamte Verbaugung – Serienversagen)   | CC3                                       | CC3  | CC3  |
| <b>Mittel</b>   | CC3                                       | CC3  | CC2  |
| <b>Gering</b><br>(nur lokale Auswirkungen, keine Auswirkung auf das Versagen weiterer Bauwerke)                                 | CC3                                       | CC2  | CC1  |

Tab. 5: Zusammenhang zwischen den Auswirkungen auf die Maßnahmengruppe bzw. den Maßnahmenverband und die geschützten Bereiche bei Versagen eines Bauwerkes und den Schadensfolgeklassen nach ON Regel 24810:2013

Tab. 5: Context of effects on mitigation measures and protected infrastructure in case of failure of one protection measure – considering the consequence classes according to ONR 24810:2013

### Ermittlung des Bemessungswertes der Sprunghöhe $h_{E,d}$

Der charakteristische Wert der Sprunghöhe  $h_{E,k}$  des Bemessungsblockes wird aus Steinschlagsimulationen ermittelt. Als charakteristische Sprunghöhe ist die Höhe der Oberkante des Bemessungsblockes  $h_{95[VBB]}$  definiert.  $h_{95[VBB]}$  ergibt sich aus dem 95%-Fraktile der Sprunghöhenverteilung  $h_{95}$ , bezogen auf die Oberkante des Bemessungsblockes. Die Blockabmessungen ergeben sich aus der Bemessungskubatur ( $V_{BB}$ ). Der Bemessungswert der Sprunghöhe errechnet sich wie folgt:

$$h_{E,d} = h_{E,k} \times \bar{\alpha}_1 \quad \text{Gl. (2)}$$

Es bedeutet:

- $h_{E,d}$  Bemessungswert der Sprunghöhe
- $h_{E,k}$  charakteristischer Wert der Sprunghöhe (als Höhe der Oberkante des Bemessungsblockes  $h_{95[VBB]}$  definiert)
- $\bar{\alpha}_1$  Vergrößerungsfaktor auf den charakteristischen Wert der Sprunghöhe (geometrische Größe) nach Tabelle 6

|                  | CC 1 | CC 2 | CC 3 |
|------------------|------|------|------|
| $\bar{\alpha}_1$ | 1,05 | 1,1  | 1,3  |

Tab. 6: Vergrößerungsfaktor  $\bar{\alpha}_1$  auf die geometrische Größe der Sprunghöhe in Abhängigkeit von den Schadensfolgeklassen

Tab. 6: Multiplier  $\bar{\alpha}_1$  to be applied on the geometrical parameter of jumping height according to the respective consequence class

### Bemessung und Konstruktion von Steinschlagschutznetzen

Allgemeines

Steinschlagschutznetze sind sekundäre Schutzsysteme gegen Steinschlag, die im Bereich der Sturzbahn aufgestellt werden. In Österreich dürfen gem. Baustoffliste ÖE (2009) ab Dezember 2012 nur mehr Steinschlagschutznetze in Umlauf gebracht werden, die eine CE-Zertifizierung gem. ETAG 27 (2008) besitzen.

Gemäß ONR 24810 (2012), Anhang E (informativ) können zusätzlich zum Eignungsnachweis in Form der Europäischen Technischen Zulassung (ETA) Zusatzkriterien gefordert werden, die Festlegungen in Hinblick auf (un)zulässige Schäden und zulässige Öffnungsweiten bei ETA-Versuchen (MEL-Test) in Abhängigkeit von der Schadensfolgeklasse CC beinhalten.

Die Ermittlung der maßgeblichen Einwirkungen erfolgt analog zum voranstehenden Kapitel, die charakteristischen Einwirkungen der Energie und der Sprunghöhe für den maßgeblichen Bemessungsbereich werden im Zuge von physikalischen Computersimulationen ermittelt und festgelegt.

Oberbau

### Bemessungsgröße Widerstand des Bauwerkes: Energie

Für die Bemessung des Widerstandes des Schutznetzes hinsichtlich seiner Energieaufnahmekapazität ist gem. ONR 24810:2013 folgende Bedingung zu beachten:

$$T_{E,d} \leq T_{R,d} \quad \text{Gl. (3)}$$

mit:

$T_{E,d}$  Bemessungswert der Energie, Einwirkung in kJ

$T_{R,d}$  Bemessungswert der Energie, Widerstand in kJ

und

$$R_{E,d} = R_{k,MEL} \cdot Y_{T,R} \quad \text{Gl. (4)}$$

mit:

$R_{k,MEL}$  MEL-Nennwert (MEL: Maximum Energy Level) gemäß ETAG 027:2008, Abschnitt 2.4.3.2

$Y_{T,R}$  Teilsicherheitsbeiwert auf den Widerstand der Schutznetze gemäß Tabelle 7

**Anmerkung:** Dieser Teilsicherheitsbeiwert trägt dem Umstand Rechnung, dass bei den Zulassungsversuchen neben anderen Vereinfachungen (Blockform, keine Rotation ...) nur der günstige Trefferpunkt in der Feldmitte beaufschlagt wird.

|           | CC 1 | CC 2 | CC 3 |
|-----------|------|------|------|
| $Y_{T,R}$ | 1,0  | 1,05 | 1,15 |

Tab. 7: Teilsicherheitsbeiwerte auf die Energieaufnahmefähigkeit (MEL) von Steinschlagschutznetzen laut Zulassung gemäß ETAG 027 in Abhängigkeit von der Schadensfolgeklasse

Tab. 7: Partial factor of safety to be applied on the "Maximum Energy Level" capacity of rock fall protection fences according to the technical approval (ETA) and the respective consequence classes

### Bemessungsgröße Bauwerkshöhe

Bei der Dimensionierung des Schutzsystems muss entsprechend der Baustoffliste ÖE zwingend die Restnutzhöhenklasse A gemäß ETAG 027 nachgewiesen werden.

Die Einwirkung wird mit dem Bemessungswert der Sprunghöhe  $h_d$  des Bemessungs-



blocks gemäß Tabelle 3 bzw. Tabelle 4 ermittelt. Dabei ist folgende Bedingung einzuhalten:

$$h_{E,d} \leq h_{R,d} \quad \text{Gl. (5)}$$

mit:

$h_{E,d}$  Bemessungswert der Sprunghöhe, gemäß Gl. (2), in m

$h_{R,d}$  Bemessungswert der Netzhöhe (Widerstand), in m

$$h_{R,d} = h_{R,k} / \bar{\alpha}_2 \quad \text{Gl. (6)}$$

$h_{R,k}$  charakteristischer Wert (geometrische Größe) der Netzhöhe, gemäß Produktzulassung (Produktkatalog), in m

**Anmerkung:** Reduktionsfaktor für die charakteristische Bauwerkshöhe, gemäß Tabelle 8. Dieser Reduktionsfaktor soll sicherstellen, dass es beim Impact zu keinem Trageiltreffer kommt, da dieser Lastfall nicht durch die Zulassungsprüfung abgedeckt ist.

|                  | CC1 | CC2  | CC3 |
|------------------|-----|------|-----|
| $\bar{\alpha}_2$ | 1,0 | 1,05 | 1,1 |

Tab. 8: Reduktions-Faktor  $\bar{\alpha}_2$  auf die geometrische Größe der Bauwerkshöhe  $h_{R,k}$

Tab. 8: Reduction factors  $\bar{\alpha}_2$  to be applied on the height of the tested net fence  $h_{R,k}$

Der charakteristische Wert der Netzhöhe  $h_{R,k}$  ergibt sich wie folgt:

$$h_{R,k} = [h_N; h_N + 0,5] \text{ wenn } h_N < 4,0 \text{ m} \quad \text{Gl. (7)}$$

$$h_{R,k} = [h_N; h_N + 1,0] \text{ wenn } h_N \geq 4,0 \text{ m} \quad \text{Gl. (8)}$$

mit:

$h_N$  Nominalhöhe des Schutznetzes, gemäß ETAG 027 [in m]

**Anmerkung:** Mit dieser Festlegung wird die in der ETAG 027 definierte zulässige Abweichung der Netzhöhe im Vergleich zur getesteten Nominalhöhe beschrieben. Konkret bedeutet dies, dass Netze, die im Zulassungsversuch eine Nominalhöhe von < 4 m aufweisen, mit einer Toleranz nach oben von 0,5 m geliefert und verwendet werden dürfen. Netze mit Nominalhöhen von  $\geq 4,0$  m dürfen eine Abweichung von bis zu 1,0 m nach oben aufweisen. Eine Reduktion der Netzhöhe im Vergleich zur Zulassung ist **nicht** zulässig.

Fundierung

### Einwirkungen

Im Zuge der Zulassungsprüfung gem. ETAG 027 sind die bei der Prüfung auftretenden Maximalkräfte im Bereich aller charakteristischen Verankerungspunkte zu messen und zu deklarieren. Die an der Scherfuge unterhalb der Stützengrundplatte des Schutzsystems auftretenden Scherkräfte müssen seitens des Herstellers angegeben werden. Die gemessenen Maximalwerte werden als charakteristische Einwirkung auf die Fundierung des jeweiligen Netzsystems angesetzt.

Grundsätzlich werden alle Fundierungen, sowohl die Stützenfundamente als auch die Verankerungen der verschiedenen Abspannungen und Trag- bzw. Bodenseile von Steinschlagschutznetzen, mit Mikropfählen gem. ÖNORM 14199 ausgeführt.

Als Teilsicherheitsbeiwert auf der Einwirkungsseite der Fundierung wird die charakteristische Einwirkung mit dem Faktor  $\gamma_E = 1,5$  beaufschlagt. Damit wird den idealisierten Verhältnissen bei der Zulassungsprüfung Rechnung getragen (symmetrischer, zentraler Treffer im Netz mit entsprechend symmetrischer Kraftverteilung auf die Verankerungspunkte).

### Widerstände

Auf der Widerstandsseite werden für die Mikropfähle die Teilsicherheitsbeiwerte gem. Tabelle 9 (aus: ÖNORM B 1997-1-1:2010, Tabelle 7) angesetzt

| Widerstand                   | Symbol        | Wert |
|------------------------------|---------------|------|
| Spitzendruck                 | $\gamma_b$    | 1,10 |
| Mantelreibung (bei Druck)    | $\gamma_s$    | 1,10 |
| Gesamtwiderstand (bei Druck) | $\gamma_t$    | 1,10 |
| Mantelreibung bei Zug        | $\gamma_{st}$ | 1,15 |

Tab. 9: Teilsicherheitsbeiwerte für die Widerstände von Mikropfählen für alle Bemessungssituationen in Anlehnung an ÖNORM B 1997-1-1:2010, Tabelle 7

Tab. 9: Partial factors of safety for the resistance of micro-piles for all design situations in accordance to ÖNORM B 1997-1-1:2010, table 7

### Tabellenwerte

Die charakteristischen Widerstände von Mikropfählen können einerseits mit Tabellenwerten festgelegt werden, andererseits können Eignungsprüfungen von Mikropfahlssystemen für deren Bestimmung durchgeführt werden.

Bei der Festlegung der charakteristischen Widerstände nach Tabellenwerten (ONR 24810:2013, Anhang B) sind Modellfaktoren gem. Tabelle 10 zu den Tabellenwerten in Abhängigkeit von den betroffenen Schadensfolgeklassen zu berücksichtigen.

### Eignungstest

Werden die Ausziehkräfte der verwendeten Mikropfahlssysteme im jeweiligen Baugrund mittels Eignungstests ermittelt, so ergeben sich die charakteristischen Widerstände aus der Anwendung der Streuungsfaktoren gem. Tabelle 11 und

| Fall  | Symbol       | CC1  | CC2  | CC3 |
|---|--------------|------|------|-----|
| Pfahlwiderstände auf axialen Druck aus statischen Pfahlprobelastungen | $\eta_{P,c}$ | 1,0  | 1,0  | 1,0 |
| Pfahlwiderstände auf axialen Zug aus statischen Pfahlprobelastungen   | $\eta_{P,t}$ | 1,0  | 1,0  | 1,0 |
| Pfahlwiderstände auf axialen Druck                                    | $\eta_{P,c}$ | 1,25 | 1,25 | 1,3 |
| Pfahlwiderstände auf axialen Zug                                      | $\eta_{P,t}$ | 1,25 | 1,25 | 2,5 |

Tab. 10: Modellfaktoren der Widerstände der Fundierung von Steinschlagschutznetzen für verschiedene Schadensfolgeklassen

Tab. 10: Model factors for the resistance of the foundation of rock fall net fences for the respective consequence classes

Gl. 10 bzw. 12 bzw. die Designwiderstände für Zugpfähle aus Gl. (11) und für Druckpfähle aus Gl. (9).

Der Bemessungswert  $R_{c,d}$  bzw.  $R_{t,d}$  aus Pfahlversuchen ergibt sich bei **Druckpfählen** aus

$$R_{c,d} = R_{c,k} / (\gamma_t) \quad \text{Gl. (9)}$$

mit

$$R_{c,k} = \min[(R_{c,m})_{\text{mit}} / \epsilon_1, (R_{c,m})_{\text{min}} / \epsilon_2] \quad \text{Gl. (10)}$$

und bei **Zugpfählen**

$$R_{t,d} = R_{t,k} / (\gamma_{st}) \quad \text{Gl. (11)}$$

mit

$$R_{t,k} = \min[(R_{t,m})_{\text{mit}} / \epsilon_1, (R_{t,m})_{\text{min}} / \epsilon_2] \quad \text{Gl. (12)}$$

Es bedeutet:

$R_{s;k}$  charakteristische Pfahlmantelreibungskraft in  $\text{kN/m}^2$

$R_{t;d}$  Bemessungswert der Pfahlzugkraft in  $\text{kN}$

$F_{t;d}$  Bemessungswert der Einwirkung (Zug) in  $\text{kN}$

$\gamma_s$  Teilsicherheitsbeiwert Mantelreibung (Druck)

$\gamma_t$  Teilsicherheitsbeiwert Gesamtwiderstand (Druck)

$\gamma_{s,t}$  Teilsicherheitsbeiwert Mantelreibung (Zug)

$R_{t;k}$  aus Probelastungen auf Zug gemessene Werte aus dem Minimum von  $(R_{c,m})_{\text{mitt}}/\xi_1$  bzw.  $(R_{c,m})_{\text{min}}/\xi_2$  in  $\text{kN}$

$(R_{t,m})_{\text{mitt}}$  Mittelwert der aus Probelastungen auf Zug gemessenen Werte in  $\text{kN}$

$(R_{t,m})_{\text{min}}$  kleinster Wert von allen Messungen der Zugversuche in  $\text{kN}$

$\xi_1$  Streuungsfaktor für die Pfahlgründungen gem. ÖNORM B 1997-1-1:2007, Abschnitt 4.5, Tabelle 8, in Abhängigkeit von der Anzahl der Versuche  $n$ . Mittelwert des Widerstandes aus den Probelastungen

$\xi_2$  Streuungsfaktor für die Pfahlgründungen gem. ÖNORM B 1997-1-1:2007, Abschnitt 4.5, Tabelle 8, in Abhängigkeit von der Anzahl der Versuche  $n$ . Kleinster Wert des Widerstandes der Probelastungen

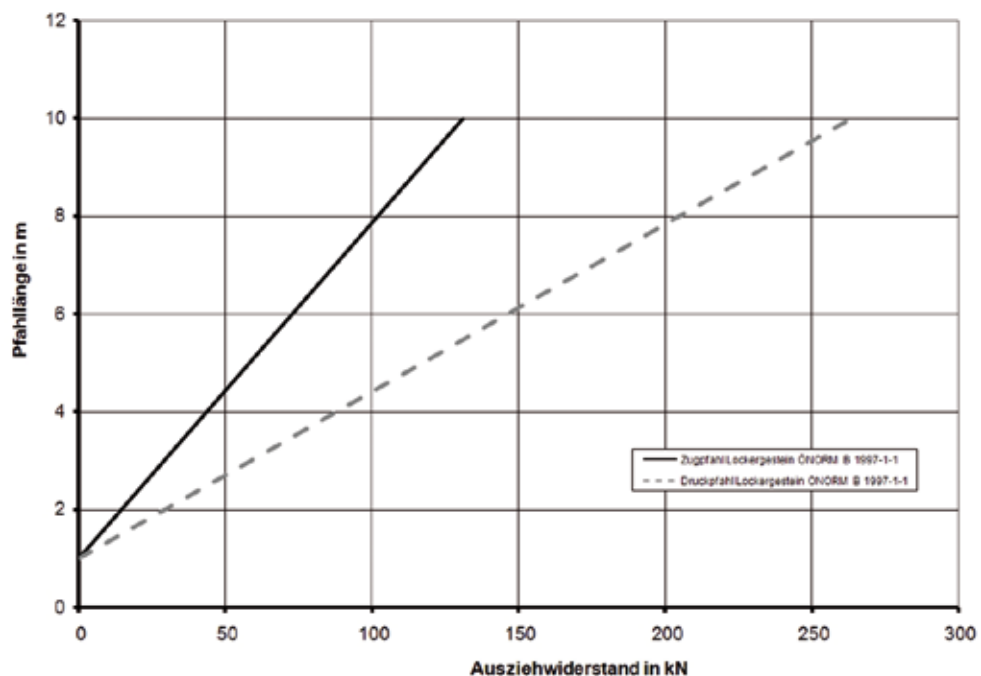


Abb. 1: Vorbemessungsdiagramm für Mikropfähle als Fundamente von Steinschlagschutznetzen in Lockermaterial (strichlierte Linie: Druckpfahl, Linie voll: Zugpfahl)

Fig. 1: Preliminary design chart for micro-piles used as anchorage of rock fall protection nets in soil

| $\xi$ für $n =$ | 1    | 2    | 3    | 4    | $\geq 5$ |
|-----------------|------|------|------|------|----------|
| $\xi_1$         | 1,40 | 1,30 | 1,20 | 1,10 | 1,00     |
| $\xi_2$         | 1,40 | 1,20 | 1,05 | 1,00 | 1,00     |

$n$ : Anzahl der probelasteten Pfähle

Tab. 11: Streuungsfaktoren  $\xi$  zur Ableitung charakteristischer Werte aus statischen Pfahlprobelastungen für alle Bemessungssituationen

Tab. 11: Variation factors  $\xi$  for determination of characteristic resistances from static pull-out tests for all design situations

Für die Eignungsprüfungen bzw. die in der Fundierung eingesetzten Mikropfähle im Allgemeinen sind gem. ONR 24810:2013 bestimmte Rahmenbedingungen in Hinblick auf Mindestabstände der Widerlager der Zugvorrichtung ( $\geq$  fünffacher Bohrdurchmesser), minimale Bohrdurchmesser, Mindestabstände einzelner Mikropfähle, Stahlqualitäten für die Bewehrungselemente der Pfähle, Neigungen und Mindest-Mörtelüberdeckungen definiert.

### Abnahmeprüfungen

Die ONR 24810:2013 sieht Abnahmeprüfungen der für die Fundierung von Steinschlagschutznetzen errichteten Mikropfähle vor. Die Anzahl der Abnahmeprüfungen ist mit je 1 Prüfung je 25 auf Zug belasteter Mikropfähle definiert, mindestens 2 Abnahmetests je Verbauungsreihe sind durchzuführen.

### Konstruktionsregeln

#### Korrosionsschutz

Der Korrosionsschutz der Mikropfähle wird gem. ONR 24810:2013 mittels Abrostungszuschlägen auf den Querschnitt des Bewehrungselements erreicht. Die zu unterstellenden Abrostungsraten werden in Anlehnung an ÖNORM EN 14199:2005, Anhang D, festgelegt.

#### Abstand Schutzbauwerk – Schutzobjekt

Der Mindestabstand wird durch die maximale Auslenkung des Schutzsystems im Rahmen des Maximum-Energy-Level-Tests gem. ETA, vergrößert um einen Sicherheitszuschlag von 20%, mindestens jedoch einen Meter, definiert, um auch bei potenziellen Überlastfällen, bei denen der Schadblick vom Netz dennoch aufgehalten wird, einen ausreichenden Abstand zum Schutzobjekt zu gewährleisten.

#### Reihenlängen ohne Zwischenabspannungen

Aufgrund des Umstandes, dass bei fast allen am Markt angebotenen Systemen die Bremsenlemente zur Dämpfung der Kraftspitzen, die auf die Fundierungen wirken, an den jeweiligen Enden der Verbauungsreihen angeordnet sind, müssen die Maximallängen der Trag-, Boden- und Mittelseile von einer Abspannung zur nächsten begrenzt werden. Die ONR 24810 empfiehlt als Maximalwert der Reihenlänge 60 m.

#### Stützenabstand

Für den tatsächlich gewählten Stützenabstand wird eine maximale Abweichung zu den den Zulassungsprüfungen zugrunde gelegten Stützenabständen von  $\pm 2,0\text{m}$  empfohlen.



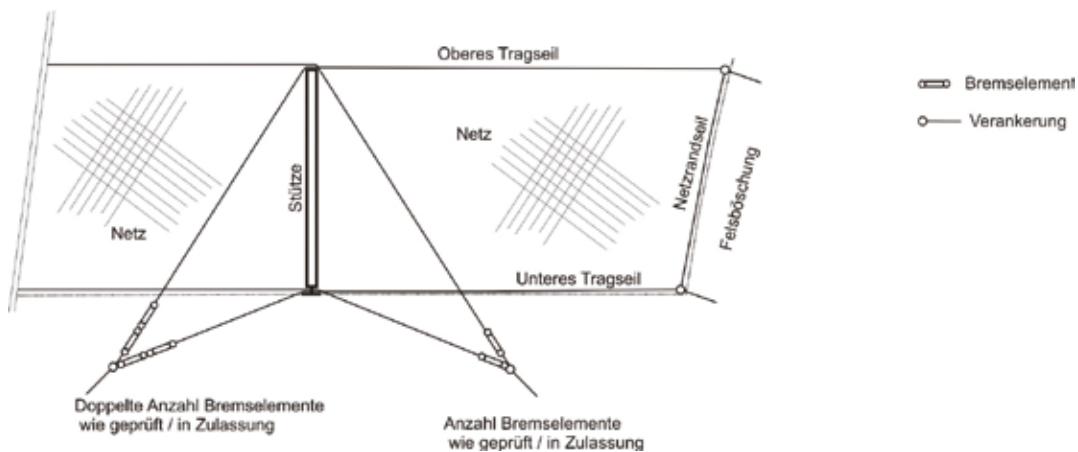


Abb. 2: Felsanschluss als extra abgespanntes Randfeld.

Fig. 2: Direct rock wall connection with independent anchoring of last module

### Randfelder

Aufgrund der Tatsache, dass bei den Zulassungsversuchen gem. ETAG (Prüfung eines Dreifeldsystems mit Impact im Mittelfeld) Randfelder nicht geprüft werden und damit die Energieaufnahmekapazität dieser Randfelder nicht bekannt ist, sollten diese außerhalb des Gefährdungsbereiches liegen.

### Felsanschluss

Felsanschlüsse sind im Einzelfall zu beurteilen. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen Beispiele von Felsanschlüssen von Steinschlagschutznetzen, die sich am Öffnungsgrad im Ereignisfall im Randfeld unterscheiden.

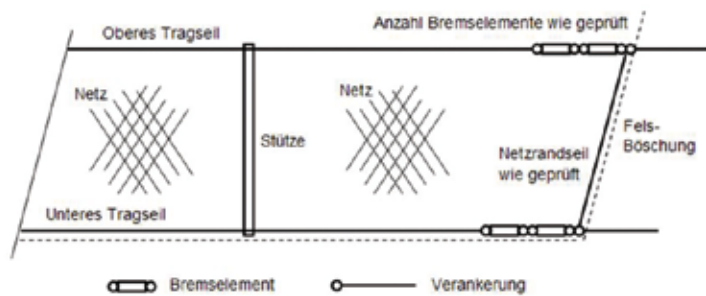


Abb. 3: Felsanschluss.

Fig. 3: Direct rock wall connection

### Sacknetze

Ein Sacknetz dient zur Abdeckung von Tiefenlinien unter dem unteren Tragseil des Hauptnetzes; es ist Teil einer Netzreihe mit zumindest drei Feldern. Die Rinne unterhalb des unteren Tragseiles wird durch ein Netz abgedeckt. Die Tiefenlinie muss mit demselben Netztyp abgedeckt werden, der auch im Hauptfeld verwendet wird. Durch das Sacknetz darf die Funktionalität des Systems nicht beeinträchtigt werden (Verkürzung von Deformationswegen, Blockieren von Bremselementen u. dgl.). Die Abbildungen 4 und 5 zeigen zwei mögliche Ausführungsvarianten.

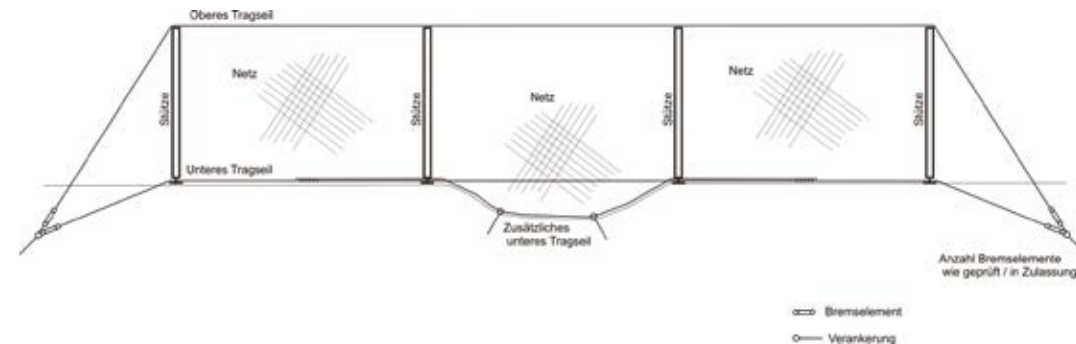


Abb. 4: Sacknetz mit Anbindung an Nachbarfelder und zusätzlichem Tragseil.

Fig. 4: Gully net with additional bearing rope connected to the lower bearing rope in the adjacent modules

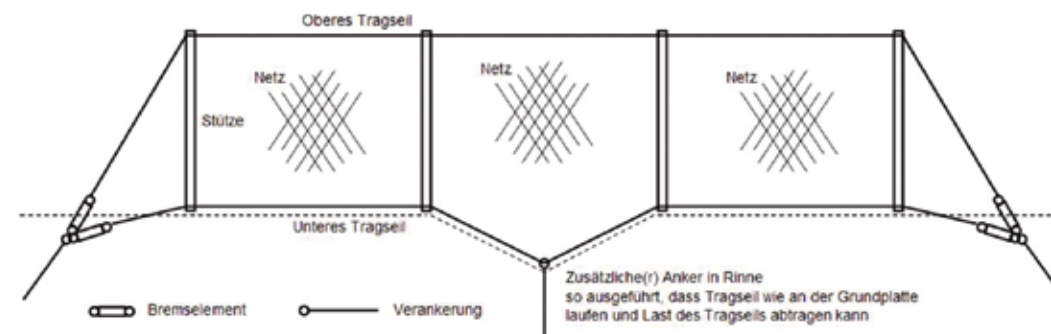


Abb. 5: Sacknetz mit zusätzlicher Verankerung analog zur Grundplatte.

Fig. 5: Gully net with additional anchoring similar to the base plate

## Überwachung und Instandhaltung

### Allgemeines

Im Rahmen der Überwachung und Instandhaltung werden in der ONR 24810 neben der Erstaufnahme der Schutzbauwerke in ein Bauwerkskataster drei unterschiedliche Kontrollinstrumente unterschieden:

- laufende Überwachung (LÜ),
- Kontrolle (K),
- Prüfung (P).

Für diese Instrumente sind jeweils Intervalle vorgesehen, in denen die Schutzbauwerke einer

Überwachung unterzogen werden sollen. Weiters sind Anforderungen an die Qualifikation der Überwachungsorgane formuliert. Die Aktivitäten der Überwachung und damit der Funktionskontrolle der Schutzbauwerke werden in Form von Protokollen dokumentiert.

Gemäß ONR 24810 dient die laufende Überwachung (LÜ) zur augenscheinlichen Feststellung der Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit der Schutzbauwerke durch Ereignisse.

Die Kontrolle (K) des Bauwerkes hat die Erhebung des Erhaltungszustandes des Schutzbauwerkes zum Inhalt. Es müssen der Erhaltungszustand und in weiterer Folge die Funktionstüchtigkeit des Bauwerkes durch Augenschein erhoben werden.

|   | Zustandsstufe                   | Erläuterung   |
|---|---------------------------------|---|
| 1 | sehr guter Erhaltungszustand    | keinerlei Einschränkungen   |
| 2 | guter Erhaltungszustand         | geringe Einschränkungen   |
| 3 | ausreichender Erhaltungszustand | kleinere Mängel   |
| 4 | schlechter Erhaltungszustand    | größere Substanzschädigungen mit Einschränkungen der Funktionstüchtigkeit |
| 5 | Zerstörung (Totalschaden)       | Funktionstüchtigkeit nicht gegeben  |

Tab. 12: Zustandsstufen von Schutzbauwerken

Tab. 12: State of mitigation measures

Die Prüfung (P) hat, ähnlich wie die Kontrolle, einen näheren Aufschluss über den Erhaltungszustand von Schutzbauwerken zu geben. Im Zuge der Prüfung wird der Erhaltungszustand erhoben, dokumentiert und bewertet. Eine Prüfung ist an allen Steinschlagschutzbauwerken, die bei einer Kontrolle nicht eindeutig beurteilt werden können, durchzuführen. Die Prüfung soll näheren Aufschluss über den Erhaltungszustand geben (z. B. bei bewehrter Erde die Prüfung des Zustandes der Geogitter).

In Abhängigkeit von der Schadenfolgeklasse (CC1–CC3) sind die Intervalle der einzelnen Instrumente der Überwachung gemäß ONR 24810:2013, Kapitel 7.3, folgendermaßen festgelegt:

- Laufende Überwachung: diese wird jährlich durchgeführt, in der Schadenfolgeklasse CC1 kann das LÜ-Intervall verlängert werden. Bei Installation eines kontinuierlichen Monitoringsystems (automatische Registrierung von Ereignissen) kann die LÜ entfallen.
- Die Kontrolle erfolgt bei Bauwerken der CC3 in Intervallen von höchstens 5 Jahren, bei CC 2 mindestens alle 7 Jahre und bei CC1 mindestens alle 10 Jahre.

Eine Prüfung wird an allen Schutzbauwerken durchgeführt, die im Zuge einer Kontrolle nicht eindeutig beurteilt werden können bzw. wenn es aufgrund von Ergebnissen von LÜ oder K Hinweise auf eine eingeschränkte Funktionstauglichkeit gibt.

Es werden 5 Zustandsstufen bei der Beurteilung der Funktionalität der Schutzbauwerke unterschieden:

Überwachung und Instandhaltung von Steinschlagschutznetzen

#### Allgemeines

Bei allen Instrumenten der Überwachung von Steinschlagschutznetzen sind die Angaben in den Wartungshandbüchern der Hersteller der Schutzsysteme zu beachten.

Im Rahmen der laufenden Überwachung wird die Funktionstauglichkeit der Schutzsysteme durch Augenschein vorgenommen. Dabei werden die Bremsselemente, Verformungen der Netze, Sturzschuttansammlungen in den Netzen etc. kontrolliert. Bei der Kontrolle wird zudem besonderes Augenmerk auf die Korrosion der Bauteile und den Zustand der Fundamente gelegt.

Eine Prüfung von Steinschlagschutznetzen kann Beprobungen der Baustoffe mit anschließenden Labortests, Zugversuche an Fundierungen etc. beinhalten.

#### Zustandsstufen von Steinschlagschutznetzen

Steinschlagschutznetze sind im Zuge der Überwachung und Kontrolle, nach ONR 24810:2013, Tabelle 21, in eine Zustandsstufe (Tabelle 12 bzw. Tabelle 13) einzuteilen.

| Zustandsstufe | Tragsicherheit <sup>a</sup> | Gebrauchstauglichkeit <sup>b</sup> | Zeithorizont für das Ergreifen von Maßnahmen | Beispiele für Steinschlagschutznetze  |
|---------------|-----------------------------|------------------------------------|--|---|
| 1             | gegeben                     | gegeben                            | langfristig                                  | – keine Schäden erkennbar   |
| 2             | gegeben                     | gegeben                            | langfristig                                  | – evtl. leichte Abnutzungserscheinungen,<br>– leichte Korrosion   |
| 3             | gegeben                     | gegeben                            | mittelfristig                                | – plastisch verformte Netze,<br>– bei sichtbar verformten Bremsselementen Beurteilung durch Experten oder Austausch   |
| 4             | eingeschränkt               | sehr eingeschränkt                 | kurzfristig                                  | – freigelegte Verankerungen, geknickte Mikropfahlanverankerung,<br>– deformierte Stützen,<br>– stark verformte Bremsselemente,<br>– verminderte Nominalhöhe,<br>– Seilrisse, zerstörte Schäkel, Seilklemmen,<br>– gezogene Zugpfähle,<br>– Hinterfüllung des Netzes,<br>– gebrochene Schweißnähte |
| 5             | nicht gegeben               | nicht gegeben                      |  | – vollständige Zerstörung   |

<sup>a</sup> zum Aufnahmezeitpunkt (= Sicherheit gegenüber dem Erreichen des Grenzzustandes der Tragfähigkeit, Verlust der Gesamtstabilität des Stützwerkes).

<sup>b</sup> zum Aufnahmezeitpunkt (= Funktionstüchtigkeit des Schutzbauwerkes).

Tab. 13: Zuordnung der Zustandsstufen für die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Steinschlagschutznetzen zum Aufnahmezeitpunkt und Zeithorizont für das Auftreten von Folgeschäden gemäß ONR 24810:2013

Tab. 13: State of mitigation measures for ULS and SLS safety of rock-fall net fences at the time of the inspection and time-frame for the occurrence of subsequent damage according to ONR 24810:2013



**Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:**

Mag. Michael Mölk  
 Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und  
 Lawinerverbauung, Geologische Stelle  
 Liebeneggstr. 11, 6020 Innsbruck, Österreich  
 michael.moelk@die-wildbach.at

Dipl. Ing. Dr. mont. Gernot Stelzer  
 Trumer Schutzbauten  
 Weißenbach 106, A-5431 Kuchl, Österreich  
 g.stelzer@trumerschutzbauten.com

**Literatur / References:**

BAUSTOFFLISTE ÖE.  
 Verordnung des Österr. Inst. f. Bautechnik (OIB), mit der die Verordnung  
 über die Baustoffliste ÖE (4. Ausgabe der Baustoffliste ÖE) geändert wird  
 (1. Novelle zur Baustoffliste ÖE) OIB-095.2-041/09. Wien. 2009.

EBGEO (2010).  
 Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit  
 Bewehrungseinlagen aus Geokunststoffen. Deutsche Gesellschaft für Geo-  
 Technik e. V. (DGGT), Arbeitskreis 5.2.; Fassung vom Januar 2010.

ETAG 027.  
 Leitlinie (ETAG) für Bausätze für Steinschlagschnitznetze. Ausgabe Februar  
 2008. Dt. Fassung: Id. Nr. OIB-467-021/09. Hrsg.: Österr. Inst. f. Bautech-  
 nik. EOTA (European Organisation for Technical Approvals). Brussels 2008.

HOFMANN R., MÖLK M. (2012).  
 Bemessungsvorschlag für Steinschlagschutzdämme. Geotechnik 35, Heft  
 1, Verlag Ernst & Sohn Berlin.

HOFMANN R., MÖLK M. (2013).  
 Steinschlagschutzdämme: Einwirkungen, Modellversuche und Bemessungsmodell nach ONR 24810, Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz, Heft 171, Juni 2013.

HOFMANN R., MÖLK M., VOLLMERT L. (2012).  
 Steinschlagschutzdämme – Bemessungsmodell und Ausführung. Deutsche  
 Baugrundtagung Mainz.

MÖLK M., HOFMANN, R. (2011).  
 The Austrian Standard ONR 24810: Design of rock-fall protection meas-  
 ures - partial factor of safety-approach and best practice for the design of  
 rock-fall embankments. Proceedings interdisciplinary workshop on rockfall  
 protection ROCEXS, Innsbruck.

ONR 24810:2013-01-15.  
 Technischer Steinschlagschutz – Begriffe, Einwirkungen, Bemessung und  
 konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandhaltung., Aus-  
 gabe datum: 2013-01-15.

ÖNORM 14199.  
 Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) –  
 Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle)

ÖNORM B 1997-1-1 Eurocode 7 - Entwurf, Berechnung und Bemessung  
 in der Geotechnik - Teil 1.  
 Allgemeine Regeln - Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1997-1 und  
 nationale Ergänzungen.



## Engineering a better solution

Genießen Sie die Schönheit der Berglandschaft in Ruhe und Sicherheit mit Lawinen- und Steinschlagschutz-Lösungen von Maccaferri. Seit fast 140 Jahren werden Maccaferri Systeme auf der ganzen Welt eingesetzt, um gefährdete Infrastrukturen effizient zu schützen. Diese Technologie steht Resort-Eigentümern und -Betreibern zur Verfügung, um Sachwerte und Menschenleben vor Lawinen und Steinschlag zu schützen. Maccaferri Schnee-Zäune, Murgang-Barrieren, Steinschlagschutznetze und dynamische Steinschlagbarrieren sichern nicht nur Wintersportorte zu jeder Jahreszeit. Maccaferri Lösungen sind zuverlässig, kostengünstig effektiv, einfach zu installieren, langlebig und harmonisieren in ästhetischer Weise mit der natürlichen Umgebung.

# MACCAFERRI

[www.maccaferri.de](http://www.maccaferri.de)



Snow fences and nets in action



CORINNA WENDELER, AXEL VOLKWEIN, BERNHARD BIEDERMANN

## Eine flexible Steinschlaggalerie im Hochenergiebereich als Variante zu einer Betongalerie oder Tunnellösung – Bemessung und Anwendungsbeispiel

### *A Flexible Rock Fall Gallery in the High-Energy Zone as an Alternative to Concrete Galleries or Tunnels – Design and Application*

#### Zusammenfassung:

Seit mehr als 25 Jahren werden flexible Ringnetz-Barrieren zum Schutz vor Steinschlag projektiert. Die Systeme entsprechen dem Stand der Technik und finden sich in Schweizer und europäischen Richtlinien wieder. Betongalerien zum Schutz von Infrastrukturen wie Straßen und Eisenbahnen vor Steinschlag und Lawinen werden seit Jahrzehnten erstellt. Einen neuen Ansatz stellt nun die Verwendung flexibler Schutzbauwerke als Steinschlaggalerie dar, wobei im Fallbeispiel Pontis Süd die Variante einer Betongalerie ersetzt wird. Wir stellen den genauen Projektablauf von der ersten Simulation bis hin zur Ausführung und Installation vor.

#### Stichwörter:

Steinschlaggalerie, flexible Schutzsysteme, Pontis, numerische Simulation, Val d'Anniviers

#### Abstract:

*Flexible net barriers for rock fall protection have been designed for more than 25 years. This protection system corresponds to the state of the art and is based on Swiss as well as European guidelines. Similarly, galleries made of (reinforced) concrete are designed to protect infrastructure, such as roads or railways, from rock fall and avalanches. The application of flexible protection works for rock fall galleries is a new approach and, in the example of Pontis South, used as an alternative to a concrete gallery. This paper presents the course of planning, from the numerical simulation for the design to the construction of the protection work.*

#### Keywords:

*Rock fall gallery, flexible protection systems, Pontis, numerical simulation, Val d'Anniviers*

#### Einleitung

Entlang der exponierten Kantonsstraße ins Val d'Anniviers im Wallis/Schweiz treten regelmäßig Steinschlagereignisse auf. Bereits mehrere hundert Meter flexibler Verbauungen wurden hier installiert, um einen bestmöglichen Schutz der Straße zu gewährleisten.

An der Aus- und Einfahrt eines bestehenden alten Tunnelportals, dem sich eine sehr steile

Felswand anschließt (Abb. 1), zeigten sich ernst zu nehmende Gefahren. Alle zehn Jahre ist in diesem Abschnitt mit größeren Steinschlagereignissen bis zu 2000 kJ zu rechnen, wesentlich häufiger mit kleineren Ereignissen. Verschiedene Studien in der Vorprojektsphase ergaben, dass eine flexible Galerieverbauung an diesem Standort die preisgünstigere Alternative zu einer Tunnelverlängerung mit einer Betongalerie oder einer Straßenverlegung ist.



Abb. 1:  
Die steile Felswand oberhalb der Tunneleinfahrt Pontis Süd (Wallis/Schweiz).

Fig. 1:  
The steep rock face above the tunnel entrance Pontis South (Valais/Switzerland)



## Sonderlösung in kürzester Zeit

Bereits im Jahr 2006 wurde das Schutzdefizit an der Straße ins Val d'Anniviers deutlich. Das Ingenieurbüro Nivalp begann mit der Ausarbeitung einer flexiblen Galeriedachlösung für ein 1000-kJ-Steinschlagereignis. Eine zusätzliche Variante war eine Verlegung der Straße und der Bau eines verlängerten Tunnelportals. Für die weitere Zukunft ist die Variante der Straßenverlegung noch nicht ganz verworfen, dennoch musste kurzfristig eine Lösung gefunden werden.

Neuere Untersuchungen und Simulationen im Jahre 2008 ergaben eine deutlich größere maßgebende Energie der zu erwartenden Steinschlagereignisse. Es ist in diesem Straßenabschnitt mit nahezu 2000 kJ zu rechnen. Die Steingröße von 1 bis 2,5 m<sup>3</sup> bei einer Fallhöhe > 100 m ergeben die maßgebende Energie von  $E = 2000$  kJ

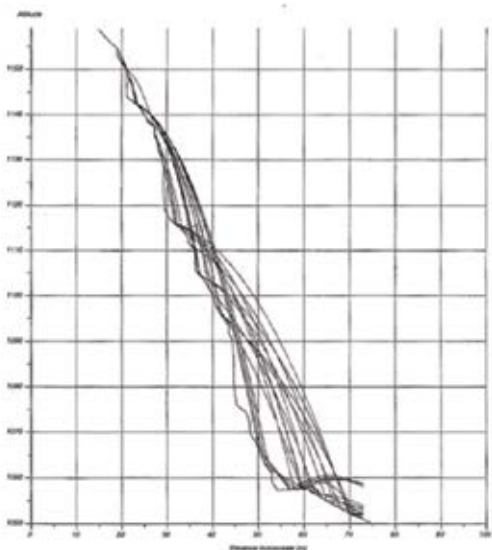


Abb. 2: Simulation des zu erwartenden Steinschlags: Steingröße: 1,0–2,5 m<sup>3</sup>, Fallhöhe: > 100 m, maßgebende Energie:  $E = 2'000$  kJ.

Fig. 2: Simulation of the expected rock fall: block size: 1.0 – 2.5 m<sup>3</sup>, drop height: >100 m, representative energy:  $E = 2'000$  kJ

(Abb. 2). Die bisher projektierte, flexible 1000-kJ-Galerie wurde von der Technikabteilung der Geobrug AG daraufhin überprüft und an das neue Schutzziel angepasst.

Den Ingenieuren war schnell bewusst, dass 2000 kJ eine neuartige Herausforderung für eine flexible Galerieverbauung sein würden, denn die größten flexiblen Galerien waren bisher nur auf ein Viertel dieser Energie konzipiert worden (z.B. 500-kJ-Galerie „Elsigbachgraben“, Kanton Bern/Schweiz und Mositunnel, Kanton Schwyz/Schweiz). Im Weiteren kam erschwerend eine zusätzlich geplante Straßenverbreiterung hinzu, die der Planung Sorgen bereitete. Es musste mit Spannweiten von bis zu 11 m frei ausragenden Stützen gerechnet werden, wodurch erhebliche Stützenkräfte und Stabilitätsprobleme zu erwarten waren.

Als Standard wurden alle flexiblen Steinschlagverbauungen vorgängig entweder nach der Schweizer (Gerber, 2001/2006) oder nach der neuen EU-Richtlinie (EOTA, 2008) in 1:1-Feldversuchen getestet. Da es sich aber hier um eine Sonderlösung handelt, konnten in dem kurzen Projektierungszeitraum keine 1:1-Tests durchgeführt werden. Im Februar 2010 wurde das Projekt stichfest, die Ausschreibung und Vergabe der Baumeisterarbeiten waren vollendet. Binnen sechs Wochen musste das gesamte „Engineering“ zu diesem Projekt von der Simulation über die Statik bis hin zu den Zeichnungen für die Materialproduktion erstellt werden. Gleichzeitig begannen Nivalp und die Bauunternehmung mit der Felsäuberung und der genauen Geländevermessung. Erst nach der endgültigen Felsräumung war eine genaue Bestimmung der Galeriegeometrie möglich. Deshalb kam es während der Projektierung fortlaufend zu Änderungen. Eine Straßensperrung für die Montagearbeiten war jeweils nur tagsüber möglich, nachts musste die ganze Baustelleneinrichtung wieder entfernt werden.

## Gut geplant ist halb gebaut

Das projektierte System ist vergleichbar mit einem großen Dach, das die Straße überspannt. Über zwei Stützenreihen und dazwischen verlaufende Tragseile wird das eingesetzte Ringnetz gehalten.

Durch die zwei Stützenreihen ergeben sich zwei Dach-Abschnitte mit unterschiedlicher Neigung talwärts. Der erste Abschnitt beginnt an der Felswand und endet ungefähr über dem bergseitigen Straßenrand. Daran schließt sich der zweite Abschnitt an, der die Straße überspannt.

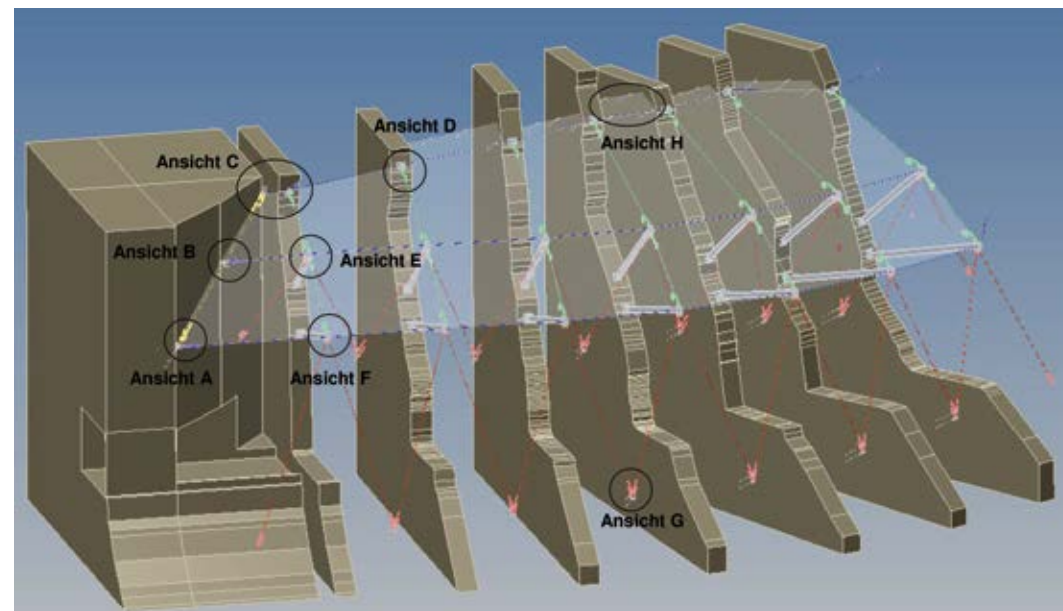


Abb. 3: 3D-Modell des Tragsystems ohne Ringnetz im CAD.

Fig. 3: 3-D-model of the supporting system without ring net in CAD

| Steinschlagereignis | Einschlagort                       | Schneelast                  | Tab. 1:<br>Maßgebende Lastfälle zur Dimensionierung der flexiblen Galerieverbauung |
|---------------------|------------------------------------|-----------------------------|--|
| 2000 kJ             | Unteres Mittelfeld                 |                             |  |
| 2000 kJ             | Oberes Mittelfeld                  |                             | Tab. 1:<br>Relevant load case for the design of flexible net galleries.            |
| 2000 kJ             | Unteres Randfeld                   | 100 % (4kN/m <sup>2</sup> ) |  |
| –                   | –                                  |                             |  |
| 2000 kJ             | Unteres Mittelfeld                 | 33 % Schneelast             |  |
| 2000 kJ             | Treffer eines mittleren Tragseiles |                             |  |
| 2000 kJ             | Vertikalseil im unteren Mittelfeld |                             |  |
| 2000 kJ             | Stützentreffer unten Mitte         |                             |  |

Das ganze Tragsystem musste mit Computersimulationen entsprechend bemessen werden, da es keine Großfeldversuche gab. Simuliert wurde eine dreifeldrige Verbauung mit den größten Abmessungen, wie sie bei der projektierten Barriere auftreten.

Mit Schnee muss auf 1000 m.ü.M auch gerechnet werden und es war wichtig zu prüfen, ob durch die Schneebelastung im Winter z.B. in Folge aktivierter Energieabsorber kein weiterer Wartungsaufwand für den Bauherrn entsteht (Margreth, 2007).

FARO Simulationen (Volkwein, 2004) wurden für ein dreifeldriges Schutzsystem mit den Maximalabmessungen der projektierten Barriere durchgeführt (Abb. 4 und 5).

Zudem wurden noch Sonderlastfälle wie Stützen- oder Tragseiltreffer gerechnet (Tabelle 1). Aus der Simulation der einzelnen Lastfälle können die entsprechenden Extremlasten aller Kom-

ponenten inklusive der Stützen bestimmt und das Tragsystem kann ausreichend dimensioniert werden. In einem 3D-CAD-Modell wurden die Geometrie überprüft und die Werkstattpläne erstellt (Abb. 3). Zeitgleich wurden die erforderlichen Verankerungen bemessen und die Anker auf Platz geliefert.

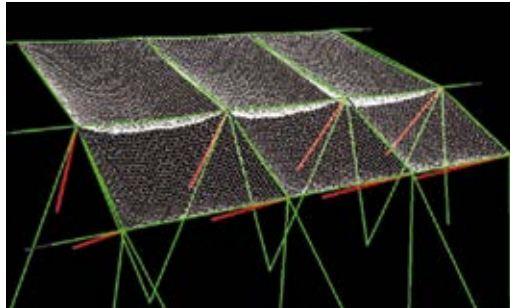


Abb. 4: Simuliertes Tragsystem der Galerieverbauung unter Eigengewicht der Ringnetze.

Fig. 4: Simulated supporting system of the gallery protection work under the action of net weight of the ring nets

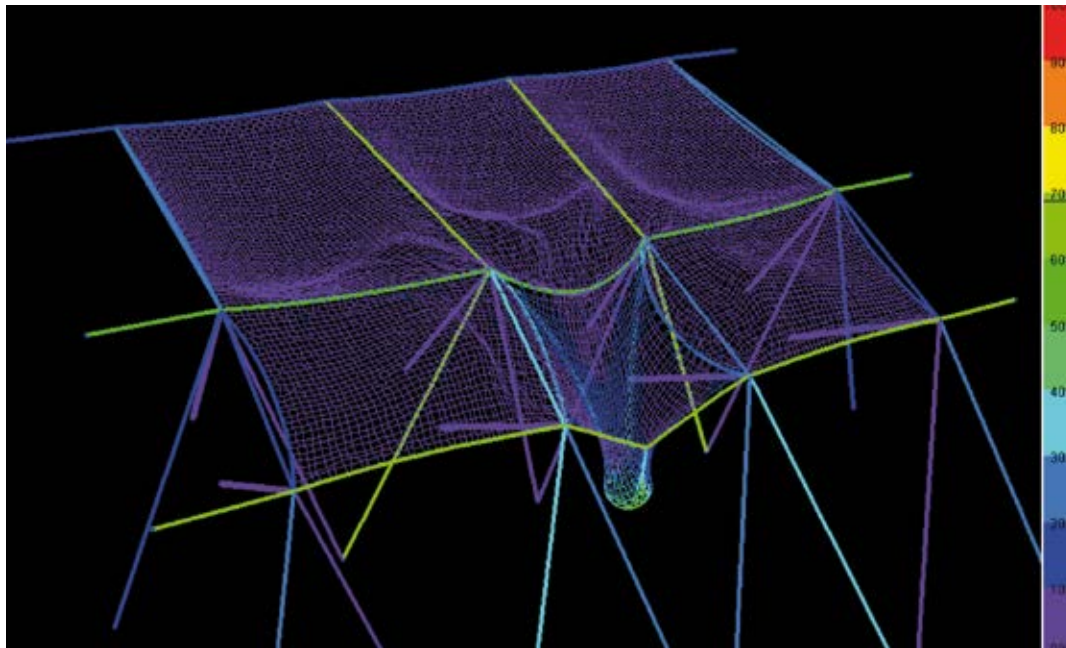


Abb. 5: Lastfall Mittelfeldtreffer 2000 kJ.

Fig. 5: Load case hit by a block on the middle field, 2000 kJ

### Bauausführung

Nach der Felsräumung begannen die Bohrarbeiten für die Stützenverankerungen und die Seilverankerungen. Die Ankerpunkte der Seile wurden mit bis zu 6 m langen Seilankern erstellt, wohingegen die Stützengrundplatten mit GEWI-Stäben verankert wurden. Es galt Ankerkräfte von bis zu 350 kN in dem oberflächlich teilweise stark verwitterten Fels abzutragen.

Nach dem Aushärten des Ankermörtels wurden die Stützen mit dem Hubkran gestellt. Die größte 11 m lange Stütze war nicht nur für den Transport auf der engen, kurvenreichen Straße eine Herausforderung, sondern auch bei der Montage, denn ihr Gesamtgewicht lag bei 1,7 t. Alle Stützen wurden mit den entsprechenden bergseitigen Seilen in die richtige Neigung gebracht, bevor die horizontal verlaufenden Tragseile montiert wurden. Zuletzt wurden die V-Abspannungen talwärts installiert. Die meisten Montagearbeiten wurden in mehr als 10 m Höhe über dem Straßenniveau durchgeführt (Abb. 6), eine stete Sicherung war zwingend erforderlich. Zu guter Letzt erfolgte der Zuschnitt der Netzflächen nach dem

im CAD erstellten Netzplan aus der dreidimensionalen Abwicklung. Die Ringnetze wurden feldweise montiert und anschließend noch mit einem Zweit- und Drittgeflecht abgedeckt, sodass auch kleinere Steine zurückgehalten werden.

Nach zwei Monaten intensiver Montagearbeit und einer gesamten Projektdauer von 3,5 Monaten war das Portal fertiggestellt, sodass die Straße dem Verkehr wieder übergeben werden konnte (Abb. 7). Stolz präsentierte der Kanton Wallis das Projekt als eine neue Errungenschaft, durch das rund 4 Mio. Franken gespart werden konnten. Das gesamte Bauwerk inklusive den Installationsarbeiten lag bei Gesamtkosten von 1,1 Mio. Franken, wohingegen die Tunnelerweiterung mit einer Betongalerie voraussichtlich rund 5 Mio. Franken gekostet hätte.

### Wartung und Unterhalt

Während des ersten Jahres nach der Installation musste das Galeriedach kleinere Steinschläge und Schutt aus der Felswand oberhalb zurückhalten (Abb. 8). Während feinkörniges Material vom Sekundärgeflecht zurückgehalten wird und in re-



Abb. 6: Montage der Ringnetze.

Fig. 6: Installation of the ring nets





Abb. 7:  
Fertig gestelltes und für  
den Verkehr freigegebenes  
Galeriedach Pontis Süd.

Fig. 7:  
Completed flexible net  
gallery Pontis South with  
road opened to traffic

gelmäßigen Abständen zu beräumen ist, können Steine mittlerer Größe vom Netz ohne Beschädigungen oder gar Unterhalt am System talseitig abgelenkt werden („selbstreinigend“). Größere Blöcke bis zur Maximalenergie von 2000 kJ müssen vom Unterhaltsteam und der Straßenbauverwaltung nach einem Ereignis beräumt werden. Bei stärkerer plastisch-elastischer Deformation der Ringnetze oder Bremsenlemente müssen diese ausgetauscht werden.

### Zusammenfassung

Steinschlaggalerien mit Ringnetzen sind eine kostengünstige Variante zu Tunnelverlängerungen oder tunnelähnlichen Betonkonstruktionen. Aufgrund der flexiblen Ringnetze ist das System in der Lage Energien bis zu 2000 kJ zu absorbieren. Durch Finite-Element-Simulationen, die speziell auf das Projekt angepasst wurden, konnten die erforderlichen Nachweise erbracht werden. Verschiedene Szenarien wie z.B. Mittelfeldtreffer, Stützentreffer und Schneelast wurden untersucht. Die Planung und Umsetzung dieses neuen Verbauungstyps musste in kürzester Zeit und mit größter Präzision durchgeführt werden. 3D-Mod-



Abb. 8: Installiertes Schutzsystem im ersten Jahr nach der Wiedereröffnung der Straße.

Fig. 8: Flexible net gallery one year after re-opening the road

delle der Felsböschung haben es ermöglicht, das Schutzsystem zu entwickeln und im CAD an die Gegebenheiten anzupassen.

### Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Corinna Wendeler  
Geobrugg AG Geohazard Solutions  
Aachstrasse 11, CH-8590 Romanshorn, Schweiz  
corinna.wendeler@geobrugg.com

Axel Volkwein  
WSL, Eidg. Forschungsanstalt für Wald,  
Schnee und Landschaft, CH-8903 Birmensdorf  
volkwein@wsl.ch

Bernard Biedermann  
Nivalp SA, Etudes Forêt et Environnement,  
CH-1971 Grimisuat, Schweiz  
biedermann@nivalp.ch

### Literatur / References:

- GERBER W. (2001/2006).  
Richtlinie über die Typenprüfung von Schutznetzen gegen Steinschlag,  
Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.
- VOLKWEIN A. (2004).  
Numerische Simulation von flexiblen Steinschlagschutzsystemen. Diss. ETH  
Zürich, 2004, IBK-Bericht 289, vdf Hochschulverlag AG, ISBN 3-7281-2986-0F
- MARGRETH S. (2007).  
Lawinenverbau im Anbruchgebiet. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern,  
WSL Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF.
- ETAG 027 (2008).  
Guideline for European Technical Approval of Falling Rock Protection Kits,  
<http://www.eota.eu/>, last access: 16/06/09, 53 pp.

## Mensch und Infrastruktur vor Hangmuren schützen

In nicht kanalisiert Hängen schützen flexible  
Hangmuren-Barrieren vor oberflächennahen  
Rutschungen:

- leichte Bauweise
- einfache Installation
- Funktion in umfangreichen Grossfeldversuchen  
nachgewiesen
- projektspezifisch dimensionierbar mit FARO  
Simulation
- Rutschen im gleichen Streckenabschnitt werden mit  
flexiblen Murgang-Barrieren gesichert

Kontaktieren Sie unsere Spezialisten:  
[info@geobrugg.com](mailto:info@geobrugg.com)



**Geobrugg Austria Ges.m.b.H.**  
Geohazard Solutions  
Innsbrucker Bundesstrasse 126, A-5020 Salzburg  
Tel. +43 664 91 542 91 • Fax +43 662 825 435  
[www.geobrugg.com](http://www.geobrugg.com) • [info@geobrugg.com](mailto:info@geobrugg.com)



Triebener Bundesstrasse, Österreich  
Bildquelle: Mag. Rapp, Amt der Steiermärkischen Landesregierung FA- Straßenerhaltungsdienst

**ROBERT HOFMANN, MICHAEL MÖLK**

## Steinschlagschutzdämme: Einwirkungen, Modellversuche und Bemessungsmodell nach ONR 24810

### *Rockfall protection embankments: Actions, model-tests and design approach according to ONR 24810*

#### Zusammenfassung:

Die ONR 24810: 2013-01-15 „Technischer Steinschlagschutz – Begriffe, Einwirkungen, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandhaltung“ umfasst neben einer Darstellung des Standes der Technik bei der Planung und Ausführung von Steinschlagschutzmaßnahmen in Österreich auch die Planung und Bemessung von Steinschlagschutzdämmen. Bei der ONR 24810 wurde besonderes Augenmerk auf die Berücksichtigung von bestehenden Eurocodes und Normenwerke genommen. Auf der Widerstandseite werden die hier anzusetzenden Abminderungsfaktoren der Bauwerkswiderstände für die zu führenden Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise beschrieben. Im Normenwerk wird neben Primärsicherungen (Verhinderung der Ablösung von Steinschlagprozessen) und Sekundärmaßnahmen in der Sturzbahn (Auffangnetze, Galerien, Steinschlagschutzdämme) auch auf die Überwachung und Instandhaltung mit den jeweils anzusetzenden Inspektionsintervallen Bezug genommen.

#### Stichwörter:

Steinschlag, technische Schutzmaßnahme, Steinschlagschutzdamm, Normung

#### Abstract:

*The ONR 24810:2013-01-15 “Technical protection against rockfall – Terms and definitions, effects of actions, design, monitoring and maintenance” represents a comprehensive description of the state of the art for planning and execution of rockfall protection measures in Austria, including rockfall protection embankments. With the ONR 24810 special emphasis was given to a consideration of existing Eurocodes and other standards. Standard procedures for the assessment of input parameters for the relevant actions with the respective partial factors of safety are defined in the standard. On the part of the resistance of the mitigation measures the relevant partial factors of safety for the proof of Ultimate Limit State (ULS) and Serviceability Limit State (SLS) are given. The Austrian standard refers to active measures (preventing rockfall detachment), passive measures in the transition and deposition zone such as net fences, galleries, embankments as well as to inspection and maintenance with the respective inspection intervals.*

#### Keywords:

*Rockfall, technical protection works, embankments, standardisation*

#### Einleitung

Im Rahmen des ÖNORM-Komitees 256 „Schutz vor Naturgefahren“ wurden in den letzten Jahren eine Reihe von neuen Standards im Bereich Wildbach-, Lawinen- und Steinschlagschutz erarbeitet und durch das Österreichische Normungsinstitut (ASI) veröffentlicht. Der gegenständlichen Artikel behandelt insbesondere die Planung und Bemessung von Steinschlagschutzdämmen. Auf die Planung und Bemessung von primären Schutzmaßnahmen und Steinschlagschutznetzen wird in Mölk und Stelzer (2013) (in diesem Heft) eingegangen.

Bei der Bemessung von Schutzdämmen wird bei der geotechnischen Nachweisführung der Eurocode 7 umgesetzt. Dabei wird die Forderung von einem Sicherheitsniveau, welches z. B. bei Dämmen als Funktion der Belastungszeit (Einwirkungszeit), des Bauwerksstandortes und den gemäß Eurocode akzeptablen Versagenswahrscheinlichkeiten berücksichtigt.

In der Vergangenheit wurden bei hohen

Designenergien häufig Schutzdämme errichtet und unterstellt, dass bei entsprechender Ausführung der Dämme eine ausreichende Tragfähigkeit für diese Lastfälle gegeben sei. Steinschlagschutzdämme werden in jenen Fällen bevorzugt gebaut, in denen die Hanggeometrie und der zur Verfügung stehende Platz ein solches Bauwerk zulassen. Gegenüber Steinschlagschutznetzen, deren Energieaufnahmefähigkeit derzeit mit 8000 kJ begrenzt ist, weisen Dämme insbesondere Vorteile in Hinblick auf die Lebensdauer, die Baukosten und – abhängig von der Konstruktion – die Energieaufnahmefähigkeit auf. Zur Beschreibung des durch einen dynamischen Stoß verursachten Bruchkörpers in Dämmen und für die Festlegung eines Bemessungsansatzes wurden Modellversuche (Hofmann und Mölk, 2011 bis 2013) mit reinen Erddämmen, bewehrten Erddämmen und Erddämmen mit Steinschichtung durchgeführt. Ziel der Modellversuche war die Untersuchung der Auswirkungen von Steinschlägen auf Dämme unterschiedlicher Bautypen und die Ableitung eines Bemessungskonzeptes.



| Bauwerksabmessungen     | Bauwerkshöhe *) |          |        |
|-------------------------|-----------------|----------|--------|
|                         | 0 – 5 m         | 5 – 10 m | > 10 m |
| Geotechnische Kategorie | GK 1            | GK 2     | GK 3   |

\*) gemessen in vertikaler Richtung ab dem talseitigem Dammfuß

Tab. 1: Empfehlung für die Wahl der Geotechnischen Kategorie (GK), ohne Berücksichtigung der Baugrundverhältnisse

Tab. 1: Recommendations for the choice of the geotechnical category, without consideration of the underground conditions

### Einwirkungen auf Schutzbauwerke in der Sturzbahn von Steinschlägen

Bei der Ermittlung der charakteristischen Einwirkungen für den betrachteten Standort des Schutzbauwerks ungeachtet des Typs des Schutzbauwerkes sind jene Einwirkungen anzugeben, die von den Sturzblöcken verursacht werden, die den geplanten Standort erreichen oder weiter in den Unterhang vordringen. Die Einwirkungen werden mit Hilfe von Steinschlagsimulationen und Erhebungen zu historischen Ereignissen ermittelt. Eine detaillierte Beschreibung der Erfassung der relevanten Einwirkungen auf den zu planenden Schutzbauwerk ist in Mölk und Stelzer (2013) (in diesem Heft) zu finden.

### Bemessung und Konstruktion von Steinschlagschutzdämmen

#### Baugrunderkundung

Essentielle Voraussetzung für die Errichtung eines Dammbauwerks ist die Erkundung des Baugrundes. Die Planung und Betreuung der Baugrunderkundung erfolgt durch einen geologischen und geotechnischen Sachverständigen auf Basis der ÖNORM B 1997-2:2012. Dabei ist die Festle-

gung der Geotechnischen Kategorie (GK) von Bedeutung (Tabelle 1). Die Wahl der geotechnischen Kategorie ist eine Funktion von Baugrundverhältnissen, Bauwerkshöhe und Bauwerkstyp. Steinschlagschutzdämme sind definitionsgemäß Schlüsselbauwerke, das sind jene Schutzbauten, deren Versagen große Auswirkungen auf das Verbauungssystem bzw. den zu schützenden Bereich haben. Die Festlegung der Geotechnischen Kategorie erfolgt durch einen Sachverständigen für Geotechnik.

Einwirkungen mit besonderer Relevanz für Erddämme

#### Allgemeines

Als Einwirkungen mit Relevanz für Schutzdämme können u.a. genannt werden:

- Eigengewicht
- Spannungen aus dem Baugrund
- Wasserdruck
- Strömungsdruck
- Verkehrslast
- Dynamische Einwirkung durch Lawinen, Steinschlag, Massenstürze, Muren, Baumschlag etc.
- Belastung aus kriechenden, rutschenden oder sich setzenden Bodenmassen

Im nationalen Anwendungsdokument zum Eurocode 7 der ÖNORM B 1997-1-1 sind für den

| LF/GZ | BS | Eigengewicht<br>Strömungsdrücke<br>Spannungen aus<br>dem Baugrund | Stein-<br>schlag | Verkehrs-<br>Lasten | Muren | Hoch-<br>wasser | Lawinen | Massen-<br>stürze | Erdb-<br>beben |
|-------|----|---|------------------|---------------------|-------|-----------------|---------|-------------------|----------------|
| 1/1   | 1  | x   |                  | x                   |       |                 |         |                   |                |
| 2/1   | 2  | x*)   |                  | x*)                 |       |                 |         |                   |                |
| 3/2   | 3  | x   | x                |                     |       |                 |         |                   |                |
| 4/1   | 3  | x   |                  |                     | x     |                 |         |                   |                |
| 5/1   | 3  | x   |                  |                     |       | x               |         |                   |                |
| 6/1   | 3  | x   |                  |                     |       |                 | x       |                   |                |
| 7/1   | 3  | x   |                  |                     |       |                 |         | x                 |                |
| 8/1   | 3  | x   |                  |                     |       |                 |         |                   | (x)**          |

LF ..... Lastfall  
 GZ ..... Grenzzustand gemäß Kapitel „Bemessung von Steinschlagschutzdämmen“  
 BS ..... Bemessungssituation  
 \*) Bauzustand  
 \*\*) im Einzelfall zu entscheiden

Tab. 2: Grundlegende Bemessungssituationen für Steinschlagschutzdämme

Tab. 2: Basic design situations for rockfall protection embankments

Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit die Bemessungssituationen (BS) für geotechnische Berechnungen definiert:

- BS 1: ständige Bemessungssituation
- BS 2: vorübergehende Bemessungssituation
- BS 3: außergewöhnliche Bemessungssituation

Die Einwirkungen aus Eigengewicht, Strömungsdrücken, Verkehrslasten und Spannungen aus dem Baugrund sind für die Bemessungssituation BS 1 nachzuweisen. Einwirkungen aus Lawinen, Massenstürze, Muren, unbeabsichtigter Einstau durch Hochwasser und Baumschlag sind für Steinschlagschutzdämme in der Regel für die Bemessungssituationen BS 3 nachzuweisen.

Da die maximale Beanspruchung aus dem Bemessungsereignis Steinschlag nur über eine kurze Zeitspanne wirksam ist, wird eine lokale Überbeanspruchung als zumutbar angenommen. Auf Basis dieser Randbedingungen scheint es sinnvoll, die charakteristischen Bodenkennwerte auf diese kurzzeitige aber hohe Stoßbeanspruchung festzulegen.

Die Einwirkung aus dem Bemessungsereignis Steinschlag wird mit der Bemessungssituation 3 nachgewiesen. Beispielhaft sind wesentliche nachzuweisende Bemessungssituationen in Tabelle 2 angeführt. Welche verschiedenen Lastfälle zu einer Bemessungssituation zusammengefasst werden, ist projektspezifisch festzulegen.

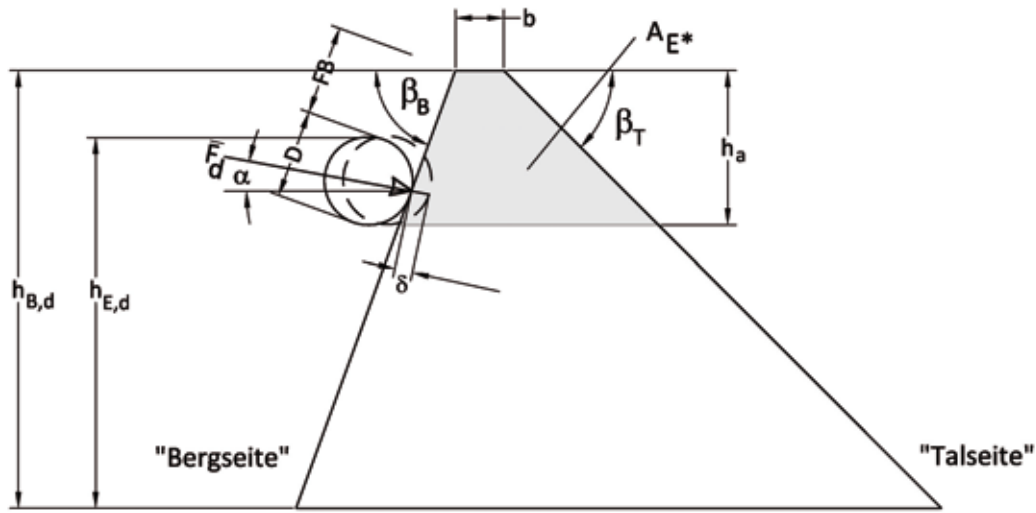


Abb. 1: Definition des Trefferwinkels

Fig. 1: Definition of the impact-angle

### Trefferwinkel

Der Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit für die Bemessungssituation BS 3 - Bemessungsenergie ist gemäß ONR 24810:2013, Kapitel 6.3.4, unter Berücksichtigung eines Trefferwinkels auf Grundlage des Ereignisses aus der Steinschlagsimulation zu führen (Abbildung 1: Winkel  $\alpha$ ).

### Bautypen von Steinschlagschutzdämmen

#### Allgemeines

Steinschlagschutzdämme können gemäß ONR 24810:2013, Kapitel 6.3.5.1 als reine Erddämme, Erddämme mit Steinschichtung an einer oder beiden Dammböschungen und als mit Geokunststoffen bewehrte Erddämme ausgeführt werden. Dabei wird den Bautypen mit einer Steilböschung (Erddämme mit Steinschichtung und mit Geokunststoff bewehrte Konstruktionen) auf Grund der besseren Wirksamkeit für Steinschläge (hinsichtlich Überspringen und Überrollen) der Vorzug

gegeben. Neben der Rückhaltewirkung kann ein großer Teil der Bewegungsenergie von Steinschlägen durch Deformation des Dammkörpers umgewandelt werden. Der Dammkörper wird bei dem Bemessungsereignis im Bereich der Einschlagstelle stark verdichtet, gleichzeitig kann die Dammkrone nach oben verschoben werden.

#### Reine Erddämme

Bei reinen Erddämmen ist die Böschungsneigung durch den Scherwiderstand des Schüttmaterials begrenzt. In der Regel sind, je nach Qualität des Dammschüttmaterials, maximale Böschungsneigungen von 2:3 und 4:5 standsicher herstellbar. Diese Böschungsneigungen sind jedoch für die Gebrauchstauglichkeit des Steinschlagschutzdamms (Überrollsicherheit beim Bemessungsereignis) sehr ungünstig und erfordern demnach ein großes Freibord. Der beim Stoß „aktivierte Dammkörper“ erreicht etwa eine maximale Breite des 5 – 6 fachen Bemessungsblockdurchmessers in Richtung der Dammachse.

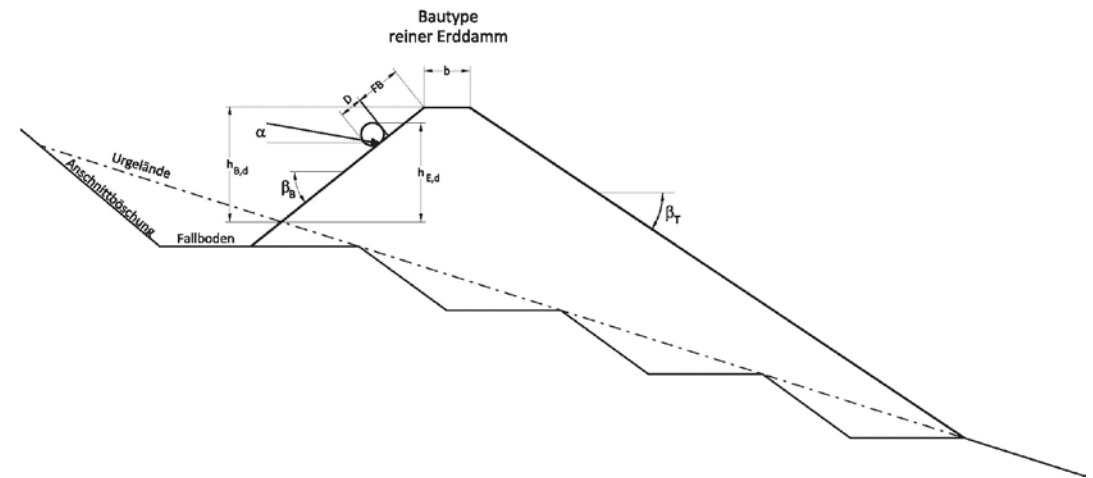


Abb. 2: Erddamm

Fig. 2: Rockfall embankment, construction in soil

Eine Alternative stellen „reine Erddämme“ dar, die jedoch eine Sicherung der bergseitigen Böschung mit Geokunststoffen aufweisen. Zwar müssen diese Dämme nicht nach den Konstruktionsvorgaben wie bei bewehrten Dämmen errichtet und bemessen werden, aber eine Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit (in Hinblick auf ein „Überrollen“ des Dammes) und somit eine Reduktion des Freibordes kann dadurch erreicht werden.

#### Bewehrte Dämme

Der Vorteil eines mit Geokunststoffen bewehrten Dammbauwerks liegt in der steilen Ausführung der bergseitigen Böschung (Überrollsicherheit beim Bemessungsereignis), in der hohen aufnehmbaren Bemessungsenergie sowie in den Tragreserven. Konstruktionen mit Geokunststoffen ergeben durchwegs eine deutlich größere Querverteilung (Einflussbreite) der Einwirkung beim Impact, als dies bei reinen Erddämmen der Fall ist. Aus Modellversuchen kann eine Einflussbreite, die zumindest dem 8-bis 9-fachen Bemessungs-

blockdurchmessers in Dammachse entspricht, abgeschätzt werden.

Bei schlanken Konstruktionen mit berg- und talseitigen Böschungsneigungen von 70° bzw. 60° ist ein höheres elastisches Verhalten als bei reinen Erddämmen zu erwarten, welches auch bei Modellversuchen nachgewiesen werden konnte. (Hofmann und Mölk, 2012)

Je schlanker die Konstruktion umso größer ist bei gleichbleibender Einwirkung auf Grund des Stoßes der Bruchkörper auf der talseitigen Böschung des Dammes. Deshalb sollte eine Geogitterkonstruktion zumindest im schlanken, oberen Dammbereich auch auf der talseitigen Böschung ausgeführt werden, um ein örtliches Versagen möglichst zu verhindern.

Mit Geogitter bewehrte Dämme haben ein ausgeprägtes elastoplastisches Verhalten. Dieser Umstand dürfte auf die positiven dynamischen Dämpfungseigenschaften des bewehrten Erdkörpers im Vergleich mit reinen Erddämmen bzw. Erddämmen mit Steinschichtungen zurückzuführen sein. Bei der Bemessung des Dammes führt



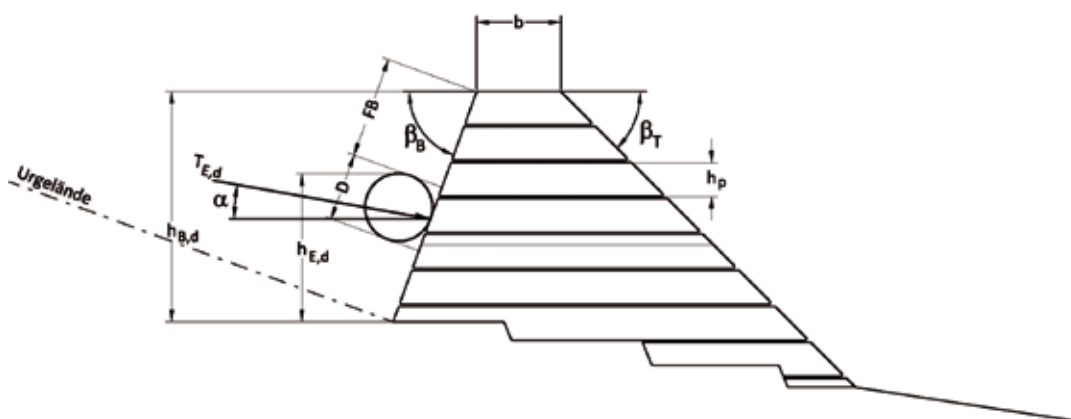


Abb. 3: Damm mit Bewehrung (Geotextilien)

Fig. 3: Rockfall embankment with geotextile-reinforcement

dies bei den bewehrten Konstruktionen im Allgemeinen zu einer geringeren statischen Ersatzkraft bei gleichzeitig größerer Querverteilung.

Erddämme mit Steinschichtungen

Erddämme mit Steinschichtung ermöglichen die Herstellung einer steilen bergseitigen Böschung

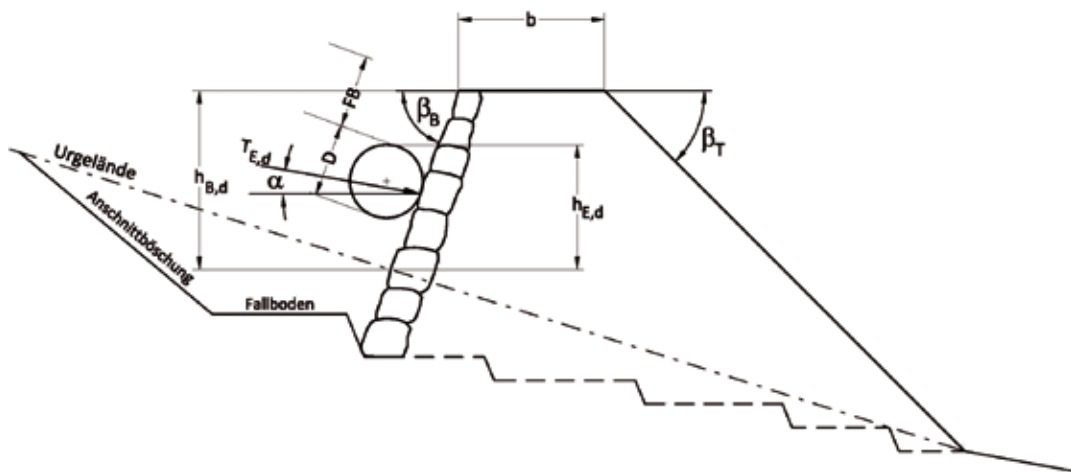


Abb.4: Erddamm mit Steinschichtung

Fig. 4: Rockfall embankment, hillside slope with riprap

bei gleichzeitiger Verringerung des Freibords und eine Erhöhung der Tragfähigkeit gegen Stein-schlag. Der aktivierte Dammkörper erreicht die maximale Breite des 5-bis 6-fachen Bemessungs-blockdurchmessers.

## Bemessung von Steinschlagschutzdämmen

Allgemeines

Beim Grenzzustand der Tragfähigkeit GZ 1 sind Versagensmechanismen nachzuweisen, die den Untergrund und den Damm betreffen. Die Beobachtungen an durch Stein-schlag beanspruchten Dammkonstruktionen legen die Vermutung nahe, dass für einen rechnerischen Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit GZ 2 für das Bemessungsereignis Stein-schlag die charakteristischen Bodenkennwerte beim kurzzeitigen Stoß höher sein müssen als die gebräuchlichen statischen Kennwerte. Dies ist jedoch noch im Einzelfall, falls erforderlich, zu bestätigen. Die Berechnungen können auch mit mobilisierten Schwerwiderständen (Abbildung 5) erfolgen. Eine Berechnungsmethode kann erst nach Abschluss weiterer Untersuchungen angegeben werden.

Der Nachweis des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit ist – mit Ausnahme des Freibordes – für das Bemessungsereignis Stein-schlag nicht erforderlich.

Angaben für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

### Für alle Bautypen

- Der Dammkörper wird im Bereich des Impacts stark verdichtet, gleichzeitig wird die Dammkrone nach oben verschoben.
- Je schlanker die Konstruktion ist, umso größer ist der Bruchkörper auf der talseitigen Böschung des Dammes.
- Beim Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Modellversuche ist deutlich das ausgeprägtere elastoplastische Verhalten der mit Geogitter bewehrten Dämme gegenüber jenem der reinen Erddämme erkennbar.

### Für reine Erddämme

- Für reine Erddämme kann angegeben werden, dass ein Freibord von zumindest einem 2-fachen Blockdurchmesser  $D$  erforderlich ist.
- Der aktivierte Dammkörper erreicht eine maximale Breite des 5-bis 6-fachen Blockdurchmessers.

### Für Dämme mit

#### Steinschichtung ohne Geokunststoffe

- Bei einer Böschungsneigung  $\geq 50^\circ$  ist ein Freibord von mindestens dem 1-fachen Blockdurchmesser  $D$  erforderlich.

### Erkenntnisse aus

#### Modellversuchen mit Geokunststoffen

- Die Modellversuche mit den Geokunststoffen ergaben durchweg eine deutlich größere Querverteilung (Einflussbreite) der Verschiebungen. Aus den Messungen und den Bildern einer Hochgeschwindigkeitskamera kann eine Einflussbreite von zumindest dem 8- bis 9-fachen Blockdurchmesser  $D$  abgeschätzt werden.
- Es wurden auch sehr schlanke Konstruktionen mit berg- und talseitigen Böschungsneigungen von  $70^\circ$  bzw.  $60^\circ$  untersucht. Hier konnte ein noch auffälligeres elastisches Verhalten als bei reinen Erddämmen beobachtet werden.
- Gleichzeitig ist jedoch ein deutlich größerer Freibord als bei Erddämmen mit Steinschichtungen erforderlich. Auf der sicheren Seite liegt ein Freibord bei Geogitter-Konstruktionen mit dem 1,5-fachen Blockdurchmesser  $D$ .
- Bei Dämmen mit einer Böschungsneigung von  $70^\circ$  kann das Freibord auf den 1-fachen Bemessungsblockdurchmesser  $D$  reduziert werden.

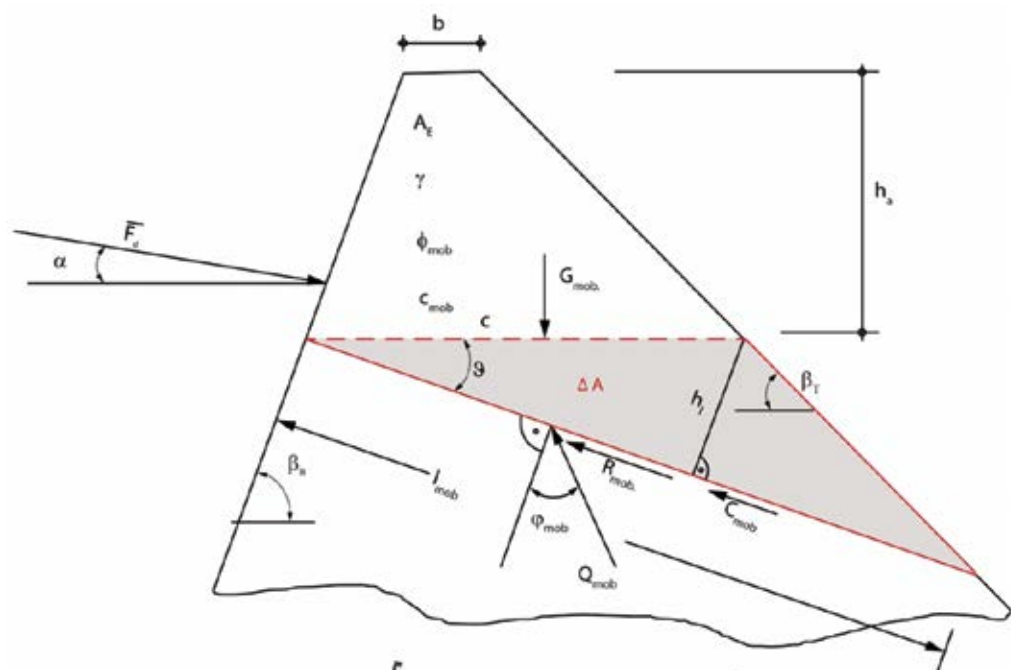


Abb. 5: Bemessung mit mobilisierten Scherwiderständen

Fig. 5: Design with mobilized shear resistances

Bemessungsmodell für den Grenzzustand der Tragfähigkeit von Steinschlagschutzdämmen - Bemessungsereignis Steinschlag GZ 2

### Grundlagen

Aus Modellversuchen wurde ein charakteristischer Versagenskörper für die verschiedenen Konstruktionen abgeleitet. Ein wesentlicher und

konsistenter Parameter war die aktivierte Breite des Erddammes in Querrichtung des Stoßes. Das Grundkonzept des vorgeschlagenen Bemessungskonzeptes ist es, aus der bezogenen Größe  $E^*$  eine dimensionslose Beziehung zwischen Eindringtiefe und Kronenbreite ( $\delta/b$ ) abzuleiten (Hofmann & Mölk, 2012).

Bei den Modellversuchen wurden die Größe und Form des von der Kugel erzeugten

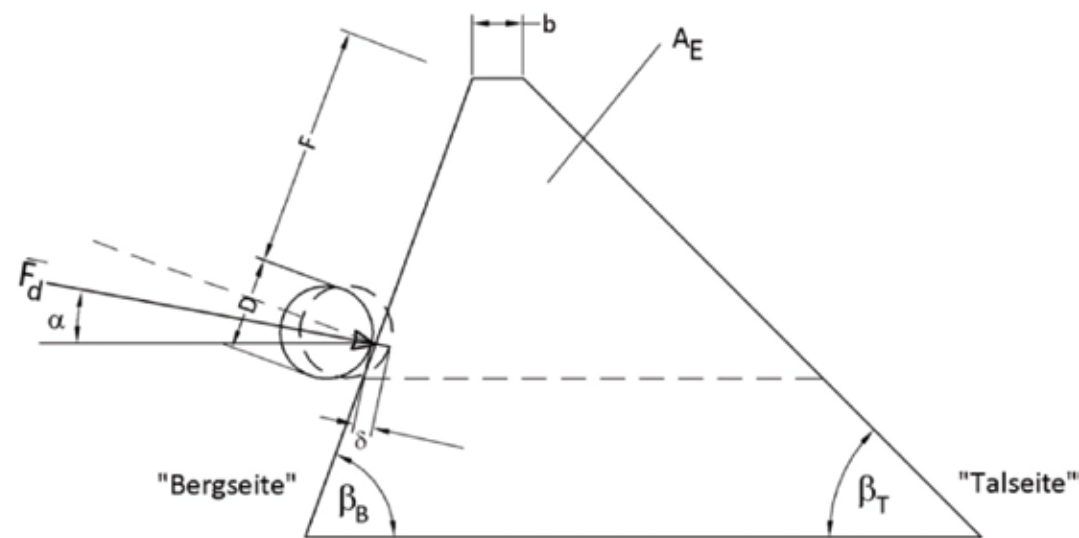
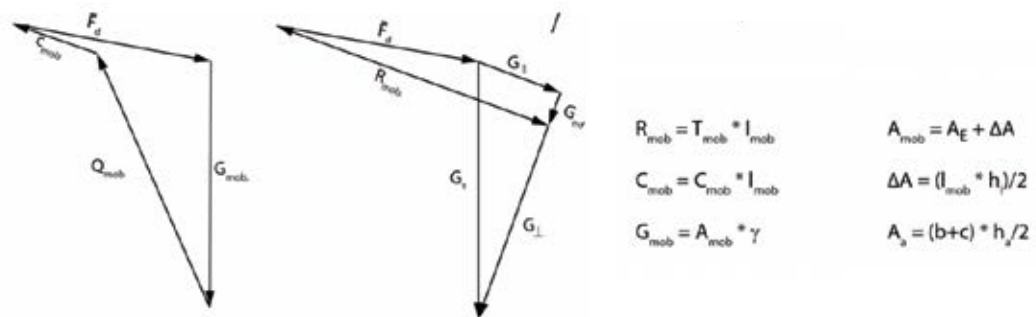


Abb. 6: System Damm

Fig. 6: System rockfall embankment

Bruchkörpers erfasst. Mit Hilfe der dimensionslosen Auswertung der Versuchsergebnisse wurden Diagramme erstellt, um eine Übertragung der Ergebnisse auf die Großausführung zu ermöglichen. Für die Auswertung wurde ein aktivierter Erdkörper im Bereich der Dammkrone (Abbildung 6) definiert. Eine dimensionslose Darstellung der Ergebnisse ist in Abbildung 7 dargestellt. Es wurde die bezogene Energie  $E^*$  eingeführt und in Beziehung zur dimensionslosen Größe  $\delta/b$  dargestellt, wobei  $\delta$  die Eindringtiefe der Kugel in den Damm und  $b$  die Kronenbreite ist. Es werden folgende Größen eingeführt:

$$E^* = E / (\gamma \cdot A_a \cdot D \cdot h_a) [-] \quad \text{Gl. (1)}$$

$$E = \frac{m \cdot v^2}{2} \text{ [Joule]} \quad \text{Gl. (2)}$$

$$\gamma = \rho \cdot g \text{ [N/m}^3\text{]} \quad \text{Gl. (3)}$$

$$A_a = \frac{(b+c)}{2} \cdot h_a \text{ [m}^2\text{]} \text{ (aktivierte Fläche)} \quad \text{Gl. (4)}$$

mit:

$E^*$  .... bezogene Energie

$m$  .... Masse der Kugel [in kg]

$v$  .... Geschwindigkeit der Kugel ( $v_1, v_2, v_3$ ) [in m/s]

$\rho$  .... Dichte des Bodens [kg/m<sup>3</sup>]

$g$  .... Erdbeschleunigung [m/s<sup>2</sup>]

$D$  .... Kugeldurchmesser [m]

$h_a$  .... aktivierte Höhe [m]

$b$  .... Kronenbreite [m]

### Aktivierter Bruchkörper

Quer zur Stoßrichtung ergibt sich die Größe des aktivierten Bruchkörpers in Abhängigkeit von der Art der Dammkonstruktion. Während bei unbewehrten Dämmen (Dämme mit und ohne Steinschichtung) eine Breite des Bruchkörpers von zumindest dem 5- bis 6-fachen Blockdurchmesser angegeben werden kann, erhöht sich diese Breite bei bewehrten Konstruktionen auf mindestens den 8- bis 9-fachen Blockdurchmesser.



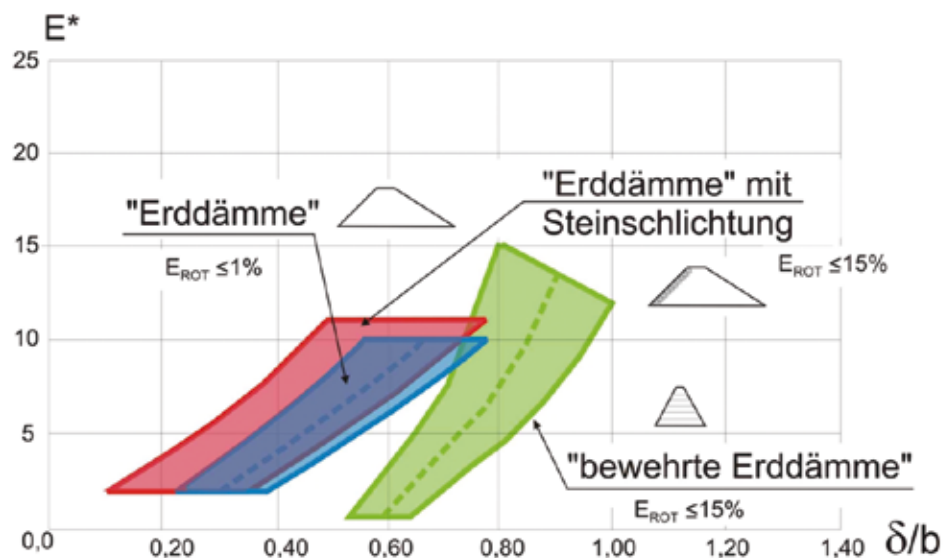


Abb. 7: Abschätzung der Eindringtiefe - Vergleich der verschiedenen Konstruktionen

Fig. 7: Assessment of inundation at impact comparison of different construction types

### Abschätzung der statischen Ersatzkraft

Eine Abschätzung der statischen Ersatzkraft erfolgt über die Gleichung (5) unter der Annahme eines zunächst linear ansteigenden und dann linear abfallenden Kraftverlaufes und eines linear abfallenden Geschwindigkeitsverlaufes nach Hofmann&Mölk (2012). Die statische Ersatzkraft wird in weiterer Folge auf die mitwirkende/aktivierte Dammbreite verteilt.

$$F = v^2 \cdot m / \delta \quad \text{Gl. (5)}$$

$$F = \frac{2 \cdot v \cdot m}{\Delta t} \quad \text{Gl. (6)}$$

$$\Delta t = \frac{2 \cdot \delta}{v} \quad \text{Gl. (7)}$$

$$\delta = (0,8 \div 0,85) \cdot m \cdot v^2 / F \quad \text{Gl. (8)}$$

Bemessungsgrundlagen von geokunststoffbewehrten Steinschlagschutzdämmen

### Konstruktion

Die Bemessung geokunststoffbewehrter Steinschlagschutzdämme erfolgt unter Beachtung der allgemeinen Regeln zur Bemessung von Erdbauwerken EBGEO (2010) und, soweit vorhanden, der nationalen Vorgaben zu den Bemessungslasten bzw. deren Ermittlung, den maßgebenden Lastkombinationen und den dabei zu berücksichtigenden Teilsicherheitsbeiwerten bzw. Bauteilabminderungen (ÖNORM B 1997-1-1). Für die spezifische Bemessung der Geokunststoffe bzw. der bewehrten Erdbauwerke ist die EBGEO (2010) heranzuziehen, in der abgestimmt auf den Eurocode 7 Bemessungsregeln und Rechenverfahren für mit Geokunststofflagen bewehrte Erdkörper angegeben werden.

Die Summe der maximalen rechnerischen Zugkraft aller Bewehrungselemente sollte so gewählt werden, dass sehr schlanke Konstruktion vermieden werden.

Die Geogitter-Struktur mit den erforderlichen Überlappungen der einzelnen Bahnen in Richtung der Dammachse ist anzugeben. Zur Bestimmung der Überlappungen stehen drei Möglichkeiten zur Auswahl:

1. Bemessung der Überlappungen nach EBGEO (2010). Dies kann dazu führen, dass eine Bewehrungslage auch in der Querrichtung verlegt werden muss.
2. Bewehrungsbahnen in der Querrichtung verlegen.
3. Versuche zur Abschätzung der Querdehnung der Bewehrungslage. Mit dieser abgeschätzten/ermittelten Querdehnung kann eine Bemessung nach EBGEO (2010) erfolgen.
4. Überlappungen in der Größenordnung von 1,0 m bis 1,5 m können in der Regel als wirtschaftlich betrachtet werden.

### Allgemeine Empfehlungen zur Nachweisführung

Bei der Bemessung ist das Bauwerk zunächst auf Eigenlasten und ggf. Verkehrslasten im Grenzzustand der Tragfähigkeit GZ 1 (Bruch im Dammkörper und Untergrund) nach Kapitel 6.4.5.3 der ONR 24810:2013 zu bemessen. Als Widerstand der Bewehrung wird deren Bemessungsfestigkeit  $R_{B,d}$  nach EBGEO (2010) als Schnittgröße z.B. bei Gleitkreisberechnungen angesetzt.

Die Bemessungsfestigkeit des Geokunststoffes  $R_{B,d}$  wird aus der Kurzzeitfestigkeit  $R_{B,k0}$  durch Division mit den Abminderungsfaktoren  $A_1$  bis  $A_5$  berechnet und mit dem Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  für den Materialwiderstand belegt (Gleichung 9). Die Abminderungsfaktoren be-

rücksichtigen hierbei Einflüsse aus Kriechen ( $A_1$ ), Beschädigung der Geokunststoffe bei Transport, Einbau und Verdichtung ( $A_2$ ), aus Fugen, Nähten und Anschlüssen ( $A_3$ ), Umgebungseinflüsse wie z. B. Witterung, Chemikalien, Mikroorganismen ( $A_4$ ) sowie Einflüsse aus vorwiegend dynamischen Einwirkungen ( $A_5$ ).

$$R_{B,d} = R_{B,k0} / [A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot A_5] \cdot \gamma_M \quad \text{Gl. (9)}$$

Mit:

- $R_{B,k0}$  charakteristischer Wert der Kurzzeitfestigkeit des Geokunststoffes
- $A_1$  Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Kriechdehnung bzw. des Zeitstandsverhaltens
- $A_2$  Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung einer möglichen Beschädigung bei Einbau und Transport und Verdichtung
- $A_3$  Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Verarbeitung (Nahtstellen, Anschlüsse, Verbindungen)
- $A_4$  Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung von Umgebungseinflüssen (Witterungsbeständigkeit, Beständigkeit gegen Chemikalien, Mikroorganismen, Tiere)
- $A_5$  Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung des Einflusses von dynamischen Einwirkungen

Der Teilsicherheitsbeiwert für den Materialwiderstand ist je nach Bemessungssituation (BS) zu  $\gamma_M = 1,4$  (BS1) bzw.  $\gamma_M = 1,3$  (BS2) anzusetzen. Die Abminderungsfaktoren sind produktspezifisch zu ermitteln und durch Prüfberichte zu belegen.

Der Lagenabstand der Geokunststoffe sollte in der Ausführung auf  $h_p \leq 0,8$  m begrenzt werden. Auf Grund des derzeitigen Wissenstandes muss die Bewehrung bis zum Vorliegen von

weiteren Untersuchungen auf die Produktgruppe der Geogitter eingegrenzt werden.

Im Bereich der obersten Dammhälfte sollte der Lagenabstand der Geogitter in einer Größenordnung von  $h_p = 0,3$  m bis 0,8 m liegen.

**Nachweis Grenzzustand der Tragfähigkeit GZ 2**

Ergänzend ist der Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit GZ 2 (Bruch nur im Dammkörper) für den Ereignisfall Steinschlag zu führen, bei dem für die Bemessung dynamische Bodenkennwerte angesetzt werden dürfen. Für Einwirkungen aus Steinschlag und ähnlichen kurzzeitigen Lasten darf dabei nach Einschätzung der Autoren ohne Abminderung der Zugfestigkeit infolge konstanter Beanspruchungen und den daraus resultierenden Kriecheffekten polymerer Bewehrungen gerechnet werden ( $A_1 = 1,0$ ). Bis zum Vorliegen abgesicherter Werte für Einwirkungen aus dynamischen Lasten aus Verformungen infolge von Steinschlag ist der Abminderungsfaktor für Einbaubeschädigung bzw. Beschädigung infolge Steinschlageinwirkung zu mindestens  $A_2 \geq 1,5$  zu setzen. Dieser erfasst nur Beschädigungen, die innerhalb des bewehrten Erdbauwerkes durch Einbaubeschädigungen und Beschädigungen aus großen elastischen Verformungen der Konstrukti-

on zu erwarten sind; Beschädigungen der Außenhaut werden über diesen Faktor nicht erfasst und bedürfen ggf. einer lokalen Sanierung. Einwirkungen infolge von Umgebungseinflüssen ( $A_3$ ) sind analog zum statischen Fall zu berücksichtigen. Der Teilsicherheitsbeiwert für den Materialwiderstand des Geokunststoffes wird in diesem Fall mit  $\gamma_M = 1,1$  vorgeschlagen.

**Bemessung**

Der jeweils größere Wert des erforderlichen charakteristischen Materialwiderstandes der Bewehrung aus dem Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit GZ 1 (Bruch im Dammkörper und Untergrund) nach Kapitel 6.4.5.3 der ONR 24810:2013 und dem Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit GZ 2 (Bruch nur im Dammkörper; Ereignisfall Steinschlag; Bemessung mit dynamischen Bodenkennwerten) wird maßgebend.

Zur Festlegung der charakteristischen Kurzzeitzugfestigkeit der Bewehrung sind die in Tabelle 3 angegebenen Werte für die Bemessungsfestigkeit  $R_{B,d}$  und die Bemessungsdehnsteifigkeit  $J_d$  mit den o.g. Abminderungsbeiwerten in Abhängigkeit des Nachweisverfahrens zu dividieren.

Überlappungen in Dammlängsachse

| Bewehrung                                      | Geogitter                |                  |
|--|--------------------------|------------------|
| Bemessungsfestigkeit der Bewehrung $R_{B,d}$   | quer zur Dammlängsachse: | $\geq 225$ kN/m  |
|  | in Dammlängsachse:       | $\geq 125$ kN/m  |
| Bemessungswert der Dehnsteifigkeit $J_{d@5\%}$ | quer zur Dammlängsachse: | $\geq 4500$ kN/m |
|  | in Dammlängsachse:       | $\geq 2500$ kN/m |

Tab. 3: Anforderungswerte an Geogitter für bewehrte Steinschlagschutzdämme

Tab. 3: Requirements for geotextiles in rockfall embankments

sind nach EBGEO (2010) nachzuweisen, wobei bei Vorliegen von Erfahrungswerten aus Modellversuchen die zu erwartende Ausnutzung der Festigkeiten in Dammmquerrichtung berücksichtigt werden darf. Der Bemessungswert der Dehnsteifigkeit bei 5% Dehnung  $J_{d@5\%} = R_{B,d} / 0,05$  ist in jedem Fall einzuhalten, um die Querverteilung der Lasten in Bauwerkslängsachse sicherzustellen.

Die Anforderungswerte an geogitterbewehrte Steinschlagschutzdämme sind damit wie in Tabelle 3 zusammengestellt definiert.

**Gestaltung der Konstruktionen**

Neben der statischen Bemessung der Konstruktionen kommt bei Steinschlagschutzdämmen der konstruktiven Durchbildung wesentliche Bedeutung zu. Steinschlagereignisse führen zwangsläufig zu Beschädigungen und Abnutzungen des Facings (bergseitige Böschungfläche). Das Facing sollte daher nach Möglichkeit die statisch tragende Substanz der Außenhaut des bewehrten Erdkörpers effektiv schützen, wartungsarm und im Idealfall revisionierbar sein, um lokale Schäden nachbessern zu können.

Die statistische Verteilung der Einwirkungsgrößen der Steinschlagereignisse ist für die lokale Situation zu ermitteln, wobei im Regelfall die häufig auftretenden Ereignisse sowohl vom Durchmesser als auch von der kinetischen Energie begrenzt bleiben. Steinschichtungen, aber auch Gabionenkonstruktionen können die mechanische oberflächliche Beschädigung des tragenden Dammkörpers durch eine ausreichende Robustheit stark begrenzen.

Werden Steinschlagschutzdämme als bewehrte Erdkörper mit steilen Flanken ausgeführt, muss der bewehrte Erdkörper in Umschlagtechnik durch die Ausbildung von Polsterlagen hergestellt werden, um die statische Verankerungskraft der

einzelnen Bewehrungslagen im Randbereich sicherzustellen. Den Schutz der Konstruktion gegen UV-Einwirkungen und Anprall sollte ein Facing übernehmen. Die Schalendicke, das Flächengewicht der Schutzlage sowie die Qualität der Stahlelemente sind dabei auf die zu erwartenden Beanspruchungen auszulegen.

Durch die zweischalige Ausführung mit Trennung zwischen statisch tragendem System und Außenhaut kann die Konstruktion schlanker ausgeführt werden als klassische Gabionen und ist damit neben den technischen Vorteilen häufig wirtschaftlich interessant.

**Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:**

Priv. Doz. Dipl. Ing. Dr. Robert Hofmann  
 Universitätsdozent am Institut für Geotechnik der Technischen Universität Wien  
 Ziviltechnikerbüro Dr. Hofmann  
 Hochstraße 17, A-2380 Perchtoldsdorf  
 hofmann.geotechnik@aon.at

Mag. Michael Mölk  
 Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Geologische Stelle  
 Liebeneggstr. 11, A-6020 Innsbruck  
 michael.moelk@die-wildbach.at

**Literatur / References:**

EBGEO (2010). Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungseinlagen aus Geokunststoffen. Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e. V. (DGGT), Arbeitskreis 5.2., Fassung vom Januar 2010.

ONR 24810 (2013). Technischer Steinschlagschutz – Begriffe, Einwirkungen, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandhaltung. Ausgabedatum: 2013-01-15.



ÖNORM B 1997-1-1:  
Eurocode 7 - Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln - Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1997-1 und nationale Ergänzungen.

HOFMANN R., MÖLK, M. (2012).  
Bemessungsvorschlag für Steinschlagschutzdämme. Geotechnik 35, Heft 1, Verlag Ernst & Sohn Berlin.

MÖLK M., HOFMANN R. (2011).  
The Austrian Standard ONR 24810: Design of rock-fall protection measures - partial factor of safety-approach and best practice for the design of rock-fall embankments. Proceedings of the Interdisciplinary Workshop on Rockfall protection (ROCEXS), Innsbruck.

HOFMANN R., MÖLK M., VOLLMERT L. (2012).  
Steinschlagschutzdämme – Bemessungsmodell und Ausführung. Deutsche Baugrundtagung Mainz.

ETAG 027 (2008).  
Leitlinie (ETAG) für Bausätze für Steinschlagschutznetze (Ausgabe Februar 2008). Dt. Fassung: Id. Nr. OIB-467-021/09. Hrsg.: Österreichisches Institut für Bautechnik (OBI). EOTA (European Organisation for Technical Approvals). Brussels 2008.

BAUSTOFFLISTE ÖE (2009).  
Verordnung des Österreichischen Institut für Bautechnik (OBI), mit der die Verordnung über die Baustoffliste ÖE (4. Ausgabe der Baustoffliste ÖE) geändert wird (1. Novelle zur Baustoffliste ÖE) OIB-095.2-041/09.

ÖNORM EN 14199 (2012).  
Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle) (2012-06-15).

MÖLK M., STELZER G. (2013).  
Die neue ONR 24810: Stand der Technik im Steinschlagschutz. Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz, Heft 171, Juni 2013 (in diesem Heft).

HOFMANN R., MÖLK M. (2011 bis 2013).  
Berichte über Modellversuche mit Steinschlagschutzdämmen. unveröffentlicht.



Ingenieurkonsulent • Ingenieurbüro  
Forst- und Holzwirtschaft  
Wildbach- und Lawinenschutz  
Kulturtechnik und Wasserwirtschaft

**DIPL. ING. THOMAS PERZ** [www.perzplan.at](http://www.perzplan.at)

2630 Ternitz Franz Dinholdstraße 41 Tel: +43 2630 35105  
8600 Bruck/Mur Roseggerstraße 24 Tel: +43 3862 52818  
3100 St. Pölten Bahnhofplatz 17 Tel: +43 2742 37726

# Der Schutz gegen Steinschlag



## Schutzdämme mit **NAUE m<sup>3</sup> Systemen**

Secugrid® Geogitter  
bewehrte Steilböschungssysteme  
und Stützkonstruktionen



Geotechnik mit Geokunststoffen

NAUE GmbH & Co. KG • Gewerbestrasse 2 • 32339 Espelkamp-Fiestel • Deutschland  
Telefon +49 5743 41-0 • Fax +49 5743 41-240 • [www.naue.com](http://www.naue.com) • [info@naue.com](mailto:info@naue.com)

JÜRGEN SUDA, MANFRED SCHEIKL, THOMAS TARTAROTTI

## Anwendung des Einwirkungsmodelles der ONR 24801 für Muren am Beispiel Jaidhausgraben

### *Use of the debris flow action modell according to ONR 24801 using the example of torrent Jaidhausgraben*

#### Zusammenfassung:

Seit einigen Jahren wird am Österreichischen Normungsinstitut an Richtlinien zur Bemessung und Konstruktion von Schutzbauwerken der Wildbachverbauung gearbeitet. Seit Jänner 2013 liegt nun auch die ONR 24801 für Einwirkungen auf Wildbachschutzbauwerke im Entwurf vor. Im folgenden Artikel wird die Vorgehensweise bei der Bemessung eines Schutzbauwerkes auf einen Murgang unter Anwendung der ONR 24801 und ONR 24802 dargestellt.

#### Stichwörter:

Murmodell, ONR 24801, Wildbachsperrren, Bemessung, Mureinwirkung

#### Abstract:

For several years standards concerning the dimensioning and design of protection structures for torrent control are elaborated at the Austrian standards institute. In January 2013 the ONR 24801 – action on structures – was finished as a draft version. The following article shows the application of the ONR 24801 together with ONR 24802 for the assessment of a protection structure.

#### Keywords:

Debris flow model, ONR 24801, torrent dam, dimensioning, debris flow impact

#### Einleitung

Der Bruch einer Straßenböschung im Bereich des orographisch rechten Einhangs des Jaidhausgraben (Gemeinde Hinterstoder, Bezirk Kirchdorf an der Krems, Oberösterreich) mit einem Volumen von rund 1.500 m<sup>3</sup> führte im März 2012 zur Verklauung des Gerinnes und zur Entstehung einer Mure. Im Zuge des Ereignisses kam es zur Zerstörung eines bedeutenden Abschnittes der Mautstraße Hutterer Höß (Abbildung 2) sowie zur maßgeblichen Gefährdung einzelner Gebäude sowie der L557, als einzige Zufahrtsmöglichkeit nach Hinterstoder.

Als Grundlage zur Untersuchung von Varianten sowie zur Bemessung der gewählten Verbauungsvariante wurden geologisch-geotechnische Erhebungen im Einzugsgebiet sowie im Gründungsbereich der geplanten Bauwerke durchgeführt. Zur Ableitung der Bemessungsgrö-

ßen gemäß ONR 24801 wurden murdynamische Berechnungen durchgeführt. Dazu wurde das Murmodell aiDebrisFlow3D eingesetzt. Als Ergebnis mehrerer Varianten für mögliche Schutzmaßnahmen soll am Grabenausgang (hm 6,75) eine Geschiebedosiersperre mit einem Geschiebe- bzw. Murretentionsbecken zur Ausführung kommen. Dieses Bauwerk soll weitere Murgänge und stark geschiebeführende Hochwässer, die bis in den Siedlungsraum von Hinterstoder vordringen können, auffangen.

Im Folgenden Artikel wird die Vorgehensweise zur Bemessung der Geschieberückhaltesperre nach ONR 24802 und ONR 24801 (Entwurf) gezeigt.

#### Einzugsgebiet und Bemessungsereignis

Der Jaidhausgraben, ein rechtsufriger Zubringer zur Steyr am Ortseingang von Hinterstoder mit ei-

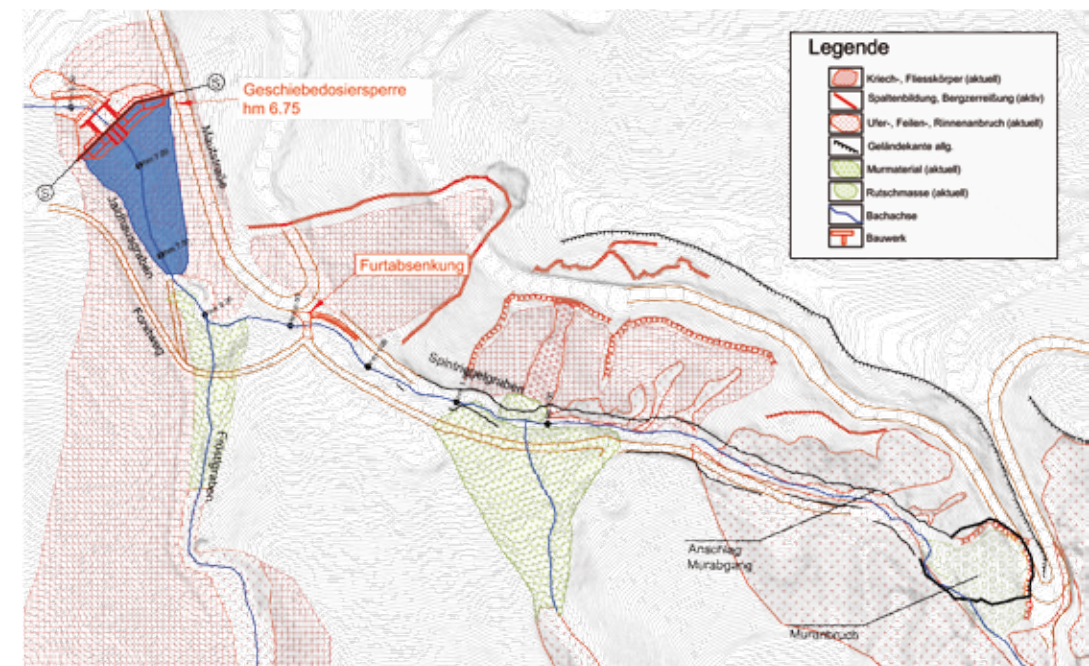


Abb. 1: Karte der geomorphologischen Prozesse und der Schutzmaßnahmen.

Fig. 1: Map with geomorphologic processes and protection measures.





Abb. 2: Links: Muranbruch, Hangrutschung als auslösendes Ereignis. Rechts: Situation im Graben.

Fig. 2: Left: slope failure causing a debris flow. Right: situation in the torrent below.

ner Bachlänge von 2500 m und drei Quellgräben (Jaidhausgraben, Spintriegelgraben, Fröstlgraben), wird als murfähiger bzw. als stark geschiebeführender Wildbach beschrieben. Als Geschiebeherde treten in erster Linie Rutschmassen in leicht ero-

dierbarem verwitterungsfähigem Grundgestein auf.

Für den Entwurf und die Bemessung der Geschiebedosiersperre wurden zwei Bemessungsereignisse (Definition laut ONR 24800, Abschnitt 4.5.3.4) definiert. Im Regelfall ist im

| Teileinzugsgebiet | A                  | BHQ <sub>w</sub> <sup>1)</sup> | IF <sup>2)</sup> | BHQ <sub>wg</sub> <sup>2)</sup> | IF <sup>2)</sup> | BHQ <sub>ws</sub> <sup>2)</sup> | V <sub>w</sub> <sup>4)</sup> | V <sub>g</sub> <sup>5)</sup> | V <sub>s</sub> <sup>6)</sup> |
|-------------------|--------------------|--------------------------------|------------------|---------------------------------|------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                   | [km <sup>2</sup> ] | m <sup>3</sup> /s              |                  | [m <sup>3</sup> /s]             |                  | [m <sup>3</sup> /s]             | m <sup>3</sup>               | [m <sup>3</sup> ]            | [m <sup>3</sup> ]            |
| TEZ bis hm 6,75   | 1,9                | 16                             | 1,4              | 22,6                            | 5                | 80,0                            | 27.000                       | 5.500                        | 10.800                       |
| Fröstlgraben      | 1,14               | 11,9                           | 1,4              | 16,7                            | 5                | 59,5                            | 18.500                       | 3.700                        | 7.400                        |
| Spintriegelgraben | 0,73               | 9,1                            | 1,4              | 12,7                            | 5                | 45,5                            | 13.500                       | 2.700                        | 5.400                        |

1) nach Wundt

2) Werte für Bemessungsereignis „Fluviatilen Feststofftransport“

3) Werte für Bemessungsereignis „Murgang“

4) Abflussfracht gemäß SCS für NS100,20min

5) Geschiebefracht des BHQ<sub>wg</sub> bei 20% Geschiebeanteil

6) Murfracht des BHQ<sub>ws</sub> bei 40% Geschiebeanteil

Tab. 1: Bemessungswerte der Abflüsse, Wasser- und Geschiebefrachten der Teileinzugsgebiete des Jaidhausgrabens

Tab. 1: Characteristic values and design values of the torrent processes

Jaidhausgraben fluviatiler Feststofftransport (laut ONR 24800, Abschnitt 4.3.3.4.12) als Bemessungsereignis vorherrschend. Bei höheren Mobilisierungsraten treten Murgänge (laut ONR 24800, Abschnitt 4.3.3.5.1) auf.

Die Bemessungswerte für den Reinwasserabfluss  $BHW_w$  wurden mittels SCS Verfahren für ein 100-jährliches Niederschlagsereignis berechnet und anhand des reduzierten Wundfaktors ( $f_w = 11$ ) verifiziert. Die Abflussfrachten ( $V_w$ ) wurden den Ergebnissen des SCS-Verfahrens entnommen. Die Bemessungsabflüsse für den fluviatilen Feststofftransport  $BHW_{wg}$  und den Murgang  $BHW_{ws}$  werden laut ONR 24802, Abschnitt 12.2 über einen Intensitätsfaktor IF (siehe ONR 24802, Tabelle 3) aus den Reinwasserabflüssen  $BHQ_w$  errechnet. Die Werte sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

### Bauwerksentwurf

Aufgrund der festgelegten Bemessungsereignisse ist das Bauwerk auf die Funktion Dosierung, Filterung, Energieumwandlung und Retention (Definition laut ONR 24800, Tabelle 6) auszulegen. Für das Bemessungsereignis „fluviatiler Feststofftransport“ (inklusive Wildholzeintrag) müssen größere Geschiebemengen (Dosierung, Retention) und Wildholz (Filterung) zurückgehalten werden. Um diesen Funktionen Rechnung zu tragen, wurde eine großdolige Sperre mit Filteraufsatz (Wildholzrechen) entworfen (siehe Abbildung 3). Für das Bemessungsereignis „Murgang“ wurde die Großdolige Sperre um eine Mittelscheibe (Murteller) erweitert. Murgänge geringeren Ausmaßes werden von der Rechenkonstruktion aufgefangen und zur Ablagerung gezwungen, bei größeren Mureinwirkungen versagt der Rechen und das Bauwerk wirkt als Murbrecher.

Die Sperre weist bis zur Abflusssektionsunterkante eine Höhe von 9,2 m über Sohle auf.

Die Hochwasserentlastung wird als Trapezprofil ausgeführt. Die Sperrenplatte wird luftseitig durch zwei Vorfeldwangen unterstützt, wasserseitig wird ein Stahlrechen auf Rostwangen und einem Mittelpfeiler aus Stahlbeton vorgesetzt. Die Sperrenplatte besitzt im Bereich der Abflusssektion einen durchgehenden Kopfbalken, dadurch entsteht eine offene, kronengeschlossene Sperre (Großdolensperre). Da am Bauwerksstandort Haselgebirge ansteht, ist das gesamte Bauwerk auf die gleiche Gründungstiefe fundiert um zu hohe Setzungs-/Hebungsdifferenzen zu vermeiden.

Die Sperre besteht aus 4 durch Bauwerksfugen getrennte Blöcke. Block B bis D sind in Stahlbeton (Sperrenplatte mit biegesteif angeschlossene Bodenplatte) ausgeführt. Diese Blöcke werden mit einer Betonfestigkeitsklasse C25/30 B3 ausgeführt. Der Beton der Bodenplatte wird mit sulfatbeständigem Zement hergestellt, da im Gründungsbereich Haselgebirge ansteht. Über die Spundwand in Block A wird der rechte Flügel in die Hänge eingebunden. Beim Block C sind die Sperrenplatte und die Vorfeldwangen auf einer gemeinsamen Platte fundiert. Am Ende der Vorfeldwangen ist eine Vorsperre angeordnet. Der rechte Sperrenflügel mit einer Länge von insgesamt ca. 30,5 m wird nach ca. 14,5 m um ca. 30° nach Ost geschwenkt und bis zur Mautstraße fortgeführt. Der linke Flügel weist eine Länge von ca. 20,4 m auf und ist wie Block B durch eine Bewegungsfuge vom zentralen Block C getrennt. Die Sperrenflügel werden luftseitig bis zur Oberkante der Vorfeldwangen mittels Erddamm eingeschüttet. Wasserseitig wird die Sperrenplatte bis zu den Rostwangen mit einer 1:1 geneigten Böschung eingeschüttet. Die steilere Böschung soll die Auffangwirkung optimieren, der Erdkörper die Drücke aus den seitlichen Murstößen reduzieren.

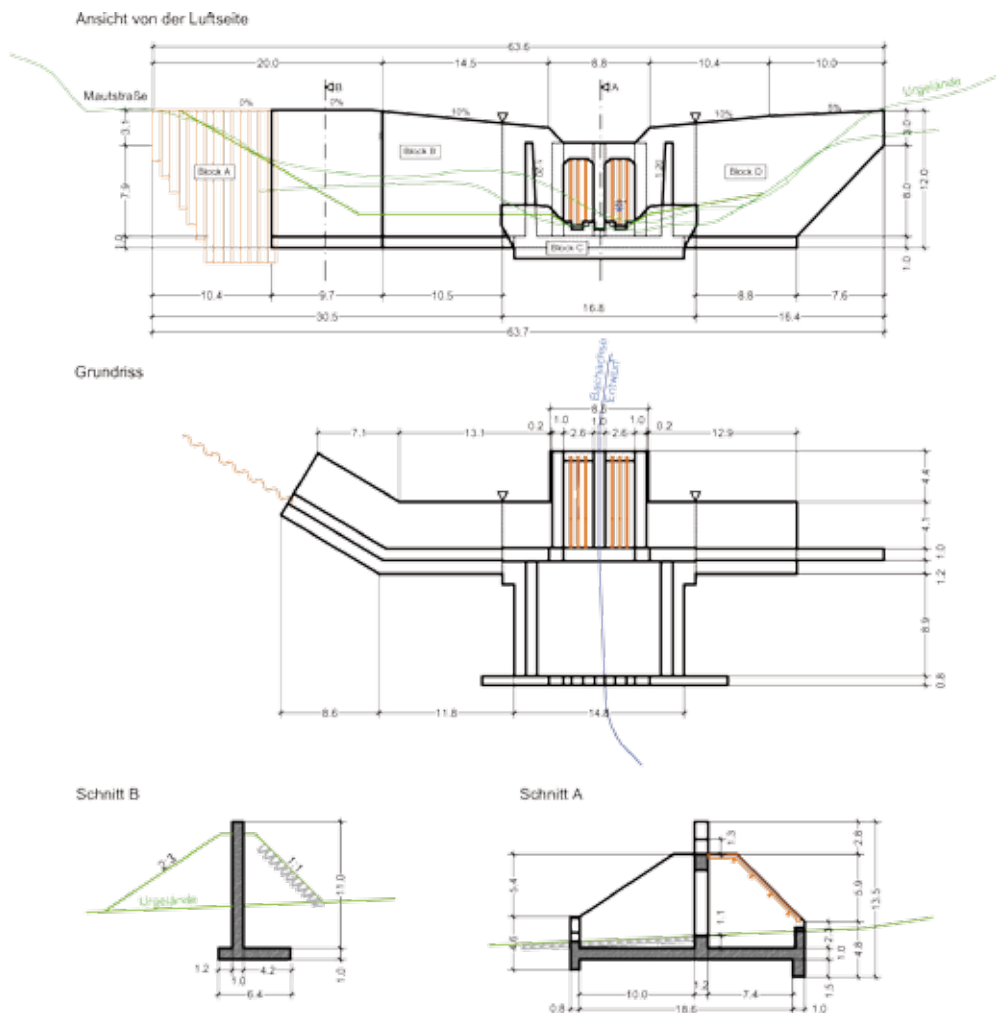


Abb. 3: Grundriss, Ansicht, Schnitt der Dosiersperre.

Fig. 3: Ground view, front view and cross section of the dam.

**Prozessmodell Murgang**

**Modellbeschreibung**

Um den beschriebenen rheologisch/numerischen Anforderungen gerecht zu werden, wurde in dem für die Einwirkungsberechnung verwendeten

Murberechnungswerkzeug aiDebrisFlow3D (siehe auch Scheikl, Robl, 2013; in diesem Heft) unterschiedliche Rheologien vorgesehen. Dazu werden für Ein- und Mehrphasenfluids u.a. von Pudasaini et al. (2005) oder Iverson (1997) physikalische Grundlagen vorgestellt. Eine weitere rheologische und praktische Lösung bietet der Reibungstherm nach Voellmy (1955), der auch in kommerziellen Murcodes Eingang gefunden hat.

Im gegenständlich beschriebenen Projekt wurden zwei Ansätze verfolgt:

- Numerische Voranalyse: Für eine generelle Prozessanalyse wurden die synchrone Simulation von Einzelpartikeln mit einem definierten Volumen durchgeführt. Die Bewegungsrichtung der Partikel wird durch einen „Random Walk“-Algorithmus (Révész, 1990) mit Nebenbedingungen gesteuert. Der Fließweg zeigt mit der größten Wahrscheinlichkeit in Richtung des topographischen Gradienten. Aufgrund der synchronen Simulation wird die zeitlich und räumlich variable Fließhöhe ebenso berücksichtigt wie die Impulse der Einzelpartikel innerhalb einer Rechenzelle.
- Detailanalyse: Diese basiert auf einem hydraulischen Modell zur Beschreibung von Fließprozessen auf der 3D-Topo-

graphie, basierend auf der numerischen Lösung der nicht linearen konservativen Form der Flachwassergleichungen (Saint-Venant-Gleichungen).

**Parameterwahl und Ergebnis**

Im Zuge der numerischen Muranalyse wurde ein Voellmy-Fluid verwendet und ein Wasser/Feststoff Verhältnis (W/F-Wert) von rund 1 gewählt, was vorwiegend hinsichtlich der Dichte des zugrundegelegten Fluids und in Folge für den Impuls- sowie Energieinhalt und der Ableitung von Einwirkungsgrößen von Bedeutung ist. Die Wahl eines verhältnismäßig niedrigen Fluidreibungswinkels von rund 7° basiert auf den im Graben anzutreffenden hohen Anteilen an bindigen Verwitterungsprodukten des Haselgebirges sowie der Werfener Schichten. Der Parameter für die trockene Reibung und die Turbulenz von 500 m/s<sup>2</sup> wurde im Zuge einer

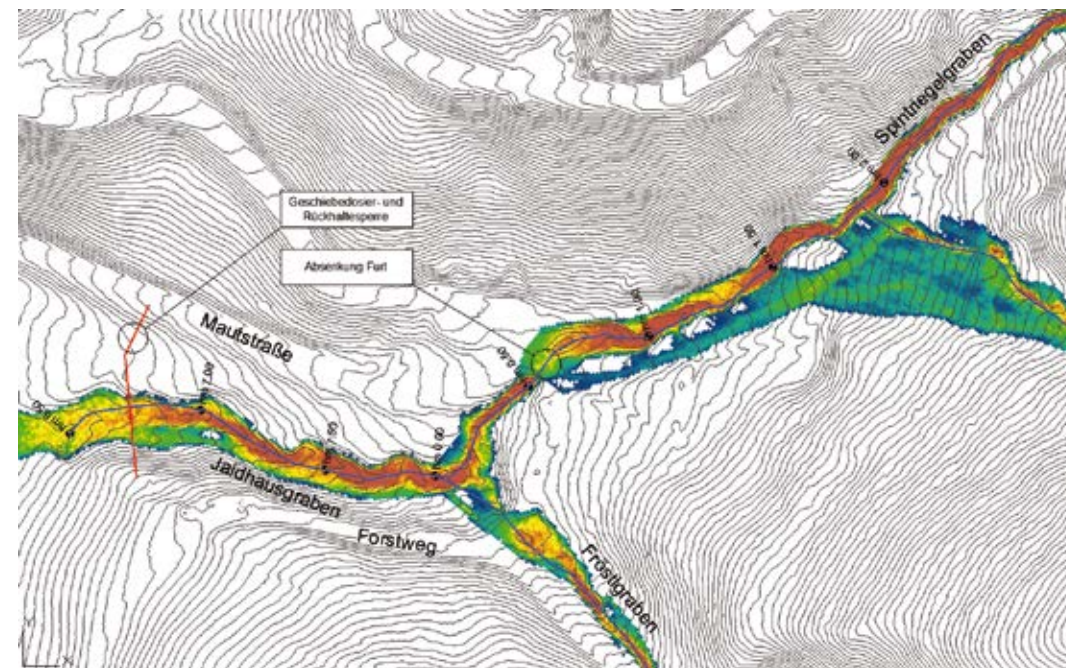


Abb. 4: Maximale Abflusstiefen  $h_{max}$

Fig. 4: maximum flow depths  $h_{max}$



Rückrechnung samt Parameterstudie konkretisiert. Die Parameter liegen in jenem Rahmen, der seitens der SLF sowie Medina et al. (2008) für Murberechnungen aufgespannt wird.

Es wurden die maximalen Abflusstiefen, die maximalen Fließgeschwindigkeiten sowie die Ablagerungen berechnet. Die Wahl der für die Bemessung relevanten Geschiebeherde bzw. Murablösebereiche wurde im Zuge einer Sensitivitätsanalyse getroffen. Das ungünstigste Ereignis wurde für die Ableitung der Einwirkungsgrößen gewählt. Abbildung 4 zeigt die errechneten maximalen Abflusstiefen im Verlauf des Grabens, die unter Zugrundelegung einer Voellmy-Rheologie („trockener“ Reibungsbeiwert  $\tan \phi = 0,12$ ; für den Turbulenzparameter  $\xi = 500 \text{ m/s}^2$ ) resultieren. Für den Standort der Geschiebedosiersperre bei  $h_m = 6,75$  ergab die Simulation eine maximale Geschwindigkeit von  $v = 7 \text{ m/s}$  und eine Abflusstiefe von  $h = 2,5 \text{ m}$ .

| Parameter laut ONR 24801, Abschnitt 9.3.1                       | Variable  | Rechenwertwert                      |
|---|-----------|-------------------------------------|
| maßgeblicher Bemessungsprozess                                  | -         | Murgang (schlammig) <sup>1)</sup>   |
| Abflussfläche der Mure im charakteristischen Gerinnequerschnitt | $A_{QM}$  | $27 \text{ m}^2$ <sup>3)</sup>      |
| Abflusstiefe im charakteristischen Gerinnequerschnitt           | $h_f$     | $2,5 \text{ m}$ <sup>2)</sup>       |
| Geschwindigkeit der Mure  | $v$       | $7 \text{ m/s}$ <sup>2)</sup>       |
| Dichte des murartigen Verlagerungsprozesses                     | $\rho_M$  | $2000 \text{ kg/m}^3$ <sup>1)</sup> |
| dynamische Höhe zur Ermittlung der dynamischen Belastungsbreite | $h_{dyn}$ | $3,4 \text{ m}$ <sup>1)</sup>       |

- 1) gutachterlich festgelegt
- 2) aus der Simulation entnommen
- 3) grafisch am bestehenden Profil bestimmt

Tab. 2: An der Schnittstelle bzw. am charakteristischen Gerinnequerschnitt definierte Parameter.

Tab. 2: Defined parameters at the characteristic cross section.

## Grundlagen für die Bemessung

Der Entwurf und die Bemessung des Bauwerkes im Jaidhausgraben erfolgten auf Basis der ONR 24802. Die Einwirkungen wurden nach ONR 24801 ermittelt. Die erforderlichen Parameter zur Berechnung der Einwirkungen am Bauwerk wurden aus dem zuvor beschriebenen Prozessmodell „Murgang“ entnommen.

Eingangsparameter für das Einwirkungsmodell Murgang

Die Schnittstelle und der charakteristische Gerinnequerschnitt werden in der Achse des zukünftigen Bauwerkes angenommen (Abbildung 1). Die an der Schnittstelle (S) und am charakteristischen Gerinnequerschnitt definierten Parameter sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die Definition erfolgte laut ONR 24801, Abschnitt 9.3.1. Die Dichte der Mure wurde innerhalb der angegebenen

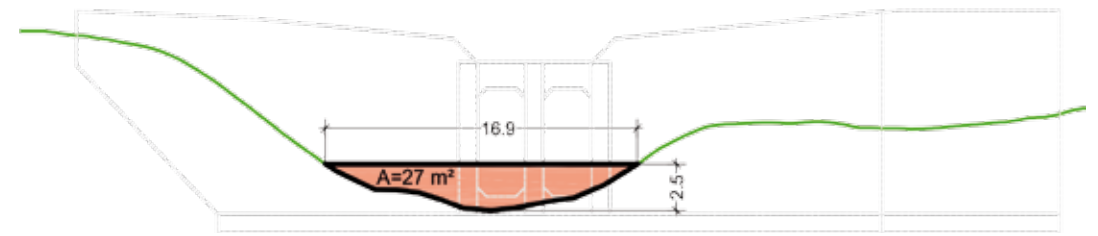


Abb. 5: Charakteristischer Gerinnequerschnitt und Fließhöhe der Mure.

Fig. 5: Characteristic torrent cross section and flow depth.

Grenzen der ONR 24801, Tabelle 6 gutachterlich festgelegt. Die Geschwindigkeit und die Abflusstiefe im charakteristischen Querschnitt wurden der Simulation entnommen. Die Geschwindigkeit liegt innerhalb der Grenzen der ONR 24801, Tabelle 6. Die Abflussfläche der Mure wurde über die Fließhöhe grafisch am charakteristischen Gerinnequerschnitt bestimmt (Abbildung 5). Abschließend wurde die dynamische Höhe unter Berücksichtigung einer sinnvollen Bauwerksgeometrie (besonders Abflussection) auf der sicheren

Seite liegend festgelegt. Es wurden die vorgegeben Grenzen der ONR 24801, Abschnitt 9.3.2.1a eingehalten.

Untergrundverhältnisse und Bodenkennwerte

Untergrundverhältnisse und Bodenkennwerte wurden anhand der geologischen Karte, geologischer Kartierungen vor Ort und eines Baggerschurfes am Sperrenstandort festgelegt. Die ausgehobene Aufstandsfläche des Bauwerkes wurde

|  | Wichte (unter Auftrieb) | Reibungswinkel | Kohäsion             | Steifemodul vertikal |
|--|-------------------------|----------------|----------------------|----------------------|
|  | [kN/m <sup>3</sup> ]    | [°]            | [kN/m <sup>2</sup> ] | [MN/m <sup>3</sup> ] |
| Bachsohle bis 3 m Tiefe                          | 19,5 (9,5)              | 28             | 5                    | -                    |
| Bachsohle ab 3 m Tiefe (Baugrund <sup>1)</sup> ) | 21 (11)                 | 33             | 10                   | 30                   |
| Verlandung <sup>2)</sup>                         | 19,5 (9,5)              | 28             | 5                    | -                    |
| Schüttung <sup>3)</sup>                          | 22 (12)                 | 35             | 0                    | -                    |

- 1) Boden unterhalb der Fundamentsohle
- 2) Material, das sich aus dem Prozess im Bereich des Rechens und im Retentionsbecken abgelagert.
- 3) Material luft- und wasserseitig im Bereich der Flügel

Tab. 3: Festgelegte Bodenkennwerte und Steifigkeiten für die Bemessung des Bauwerkes

Tab. 3: Soil parameters and stiffness for the assessment of structures.

vor den Betonierarbeiten geotechnisch begutachtet und an einigen Stellen mittels Bodenaustausch verbessert, um die in der Bemessung angesetzten Steifigkeiten des Baugrundes zu erreichen. Die Bemessung des Bauwerkes erfolgte auf Basis der Parameter und Bodenkennwerte aus Tabelle 4.

Bauwerkskategorie

Laut ONR 24802, Abschnitt 10 ist die Geschiebedosiersperre aufgrund des Funktionstyps Dosierung und Retention als Schlüsselbauwerk einzustufen. Die Bauwerkskategorie definiert für die Bemessung die Höhe der Teilsicherheitsbeiwerte. Diese sind in der ONR 24802, Abschnitt 20.3 und Anhang G angegeben.

**Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit**

Normative Grundlagen

Die Bemessung im GZT wurde auf Basis folgender Normen durchgeführt: ONR 24802: 2011-01-01, ENTWURF ONR 24801: 2012-12-01, ÖNORM B

1997-1-1: 2010 03 15, ÖNORM B 4434: 1993-01-01, ÖNORM B 4435-2: 1999-10-01, ÖNORM EN 1992-1-1: 2005-11-01, ÖNORM B 1992-1-1: 2007-02-01.

Lastfälle, Einwirkungskombinationen und Bemessungssituationen

Laut ONR 24802, Tabelle 10 ist das Bauwerk im Jaidhausgraben entsprechend der zugeordneten Funktionen auf die Einwirkungskombinationen in Tabelle 4 zu bemessen.

Basierend auf den Ausführungen im Kapitel „Bauwerksentwurf“ wurde das Tragwerk der Sperre auf Murgänge (EK G) bemessen. Die Rechenkonstruktion aus Stahl wird für den Fluviatilen Feststofftransport (EK A und EK F) dimensioniert. Für alle Nachweise wurden Sohlwasserdrücke berücksichtigt.

Für die äußere Standsicherheit von Block C sind die Einwirkungskombinationen A und E mit der EK G abgedeckt. Anstelle der Einwirkkombination I wird dort EK K verwendet. Aufgrund des Ansatzes der Murdrücke für den ungünstigsten

| Funktionstyp                   | Bemessungssituation                         |          |            |
|--------------------------------|---|----------|------------|
|                                | BS1   | BS2      | BS3        |
|                                | Einwirkungskombinationen (EK) <sup>1)</sup> |          |            |
| Retention                      | A oder B                                    | E oder F | M, N, O, P |
| Dosierung                      |   |          |            |
| Filterung                      |   |          |            |
| Energieumwandlung (Murbrecher) | A oder B, G oder H                          | I oder J |            |

1) Definition der Einwirkungskombinationen laut ONR 24802, Abschnitt 16

Tab. 4: Für die Bemessung der Geschiebedosiersperre Jaidhausgraben relevante Einwirkungskombinationen.

Tab. 4: Relevant combinations of actions.

Fall (von der Unterkante Abflusssektion nach unten) ist eine gesonderte Untersuchung einer Teilfüllung des Retentionsbeckens nicht erforderlich. Zur Bemessung der Flügelbereiche des Murbrechers ist die EK K zu untersuchen. Basierend auf diesen Ausführungen wurden mit den Lastfällen in Tabelle 5 vier Einwirkungskombinationen gebildet und der Bemessungssituation 1 und 2 zugeordnet:

**Bemessungssituation 1:**

EK 1 (Bauwerk frei stehend ohne Prozessbeanspruchung): Das Bauwerk steht frei. Auf die Massivbauteile wirken die Erddrücke aus den Hängen und der luft- und wasserseitigen Anschüttungen.

$$EK1 = 1,35 \cdot LF1 + 1,35 \cdot LF5 + 1,35 \cdot LF6 \quad \text{Gl. (1)}$$

EK 2 (Bauwerk frei stehend, Murgang auf die Abflusssektion - Regelfall): Das Bauwerk steht frei und wird im Bereich der Abflusssektion durch einen Murgang beansprucht. Auf die übrigen Sperrenteile wirken die Erddrücke aus den Anschüttungen. Diese Einwirkungskombination entspricht der EK G. Aufgrund der vorhandenen Bauwerksgeometrie und der Funktion des Bauwerkes wird diese EK in folgende Untereinwirkungskombinationen zerlegt:

EK2a: Murgang wirkt auf den Rechen. Die Auflasten aus dem Murgang auf die Gründungsplatte werden berücksichtigt. Die wasserseitigen Hinterfüllungen werden als Erddruck angesetzt.

$$EK2a = 1,35 \cdot LF1 + 1,50 \cdot LF2a + 1,35 \cdot LF5 + 1,35 \cdot LF6 \quad \text{Gl. (2)}$$

EK2b: Murgang wirkt direkt auf die Sperrenplatte im Bereich der Abflusssektion (ein Versagen des Rechens wird vorausgesetzt). Die Auflasten aus dem Murgang auf die Gründungsplatte werden

berücksichtigt. Die wasserseitigen Hinterfüllungen werden als Erddruck angesetzt.

$$EK2b = 1,35 \cdot LF1 + 1,50 \cdot LF2b + 1,35 \cdot LF5 + 1,35 \cdot LF6 \quad \text{Gl. (3)}$$

EK 3 (Bauwerk frei stehend, Murgang jeweils auf den rechten oder linken Flügel): das Bauwerk steht frei und wird einmal im Bereich des linken (Block B - EK3a) und einmal des rechten (Block D - EK 3b) Flügels durch einen Murgang beansprucht. Der dynamische Murdruck wird durch die Hinterfüllung der Flügel reduziert.

$$EK3a = 1,35 \cdot LF1 + 1,50 \cdot LF2c + 1,35 \cdot LF5 + 1,35 \cdot LF6 \quad \text{Gl. (4)}$$

$$EK3b = 1,35 \cdot LF1 + 1,50 \cdot LF2d + 1,35 \cdot LF5 + 1,35 \cdot LF6 \quad \text{Gl. (5)}$$

**Bemessungssituation 2:**

EK 4 (Bauwerk bis Unterkante Abflusssektion verlandet, Murgang auf die oberen Flügelbereiche): Bis zur Unterkante der Abflusssektion wirkt ein Erdruhedruck (wassergesättigt, Wichte unter Auftrieb). Der Murgang wirkt auf die frei stehenden Flügelbereiche oberhalb der Verlandung. Auf die Sperrenplatte wird ungünstig der volle Wasserdruck angesetzt. In der Sohlfläche wirkt ein Sohlwasserdruck. Die Auflasten aus dem Murgang auf den Verlandungskörper werden bei der Erddruckberechnung berücksichtigt. Diese Einwirkungskombination entspricht der EK K.

$$EK4 = 1,20 \cdot LF1 + 1,30 \cdot LF3 + 1,20 \cdot LF4 + 1,20 \cdot LF6 \quad \text{Gl. (6)}$$

EK 5 (Bauwerk bis Unterkante Abflusssektion verlandet, Rechen verklaut): Bis zur Unterkante der Abflusssektion wirkt ein Erdruhedruck (wassergesättigt, Wichte unter Auftrieb). Auf den Rechen wirkt die Auflast der Verlandung.

$$EK5 = 1,20 \cdot LF1 + 1,20 \cdot LF4 + 1,20 \cdot LF6 + 1,20 \cdot LF7 \quad \text{Gl. (7)}$$



## Lastfälle

**Überblick**

Um die Einwirkungskombinationen des vorherigen Kapitels bilden zu können wurden die in Tabelle 5 zusammengefassten Lastfälle definiert. Die Lastfälle sind schematisch in Abbildung 6 dargestellt.

Im Folgenden wird auf die Ermittlung der Einwirkungen für die Lastfälle 2a, 2b und 3 eingegangen. Da die Breite des Bauwerkes die dreifache Breite der dynamischen Belastungsfläche übersteigt, sind laut ONR 24801, Abschnitt 9.3.3

gesonderte Lastfälle (LF2c, d) für die Seitenteile (hier Block B und D) zu untersuchen.

Im Folgenden wird nur auf die Ermittlung der Einwirkungen für die Lastfälle 2a, 2b und 3 eingegangen. Für die Lastfälle 2c und 2d wurde ein reduzierter dynamischer Murdruck angesetzt, da die Flügel wasserseitig eingeschüttet sind. Zur Ermittlung dieser reduzierten Drücke siehe Suda (2012).

**LF2 – Murgang und Wasserdrücke bei freistehendem Bauwerk**

Hier werden für die Bemessung in den STR Grenzzuständen die Einwirkungskombinationen EK2a und EK2b unterschieden.

| Lastfälle   | Unterlastfälle  |
|---|---|
| LF1 – Eigengewicht  |   |
| LF2 – Murgang und Wasserdrücke bei freistehendem Bauwerk  | LF2a – Murgang auf Block C - wirkt auf den Rechen und die Stirnseite der Scheiben |
|   | LF2b – Murgang auf Block C - wirkt direkt auf die Sperrenplatte                   |
|   | LF2c – Murgang auf Block B  |
|   | LF2d – Murgang auf Block D  |
| LF3 – Murgang bei vollständiger Verlandung  |   |
| LF4 – Erd- und Wasserdrücke auf der Wasserseite bei BHQ und vollständiger Verlandung            |   |
| LF5 – wasserseitige Erddrücke bei freistehendem Bauwerk   |   |
| LF6 – maximal mögliche ungünstige Erd- und Wasserdrücke auf die Vorfeldwangen und die Vorsperre |   |
| LF7 – Verklaster Rechen   |   |

Tab 5: Lastfälle und Unterlastfälle.

Tab. 5: Load-cases and sub load-cases.

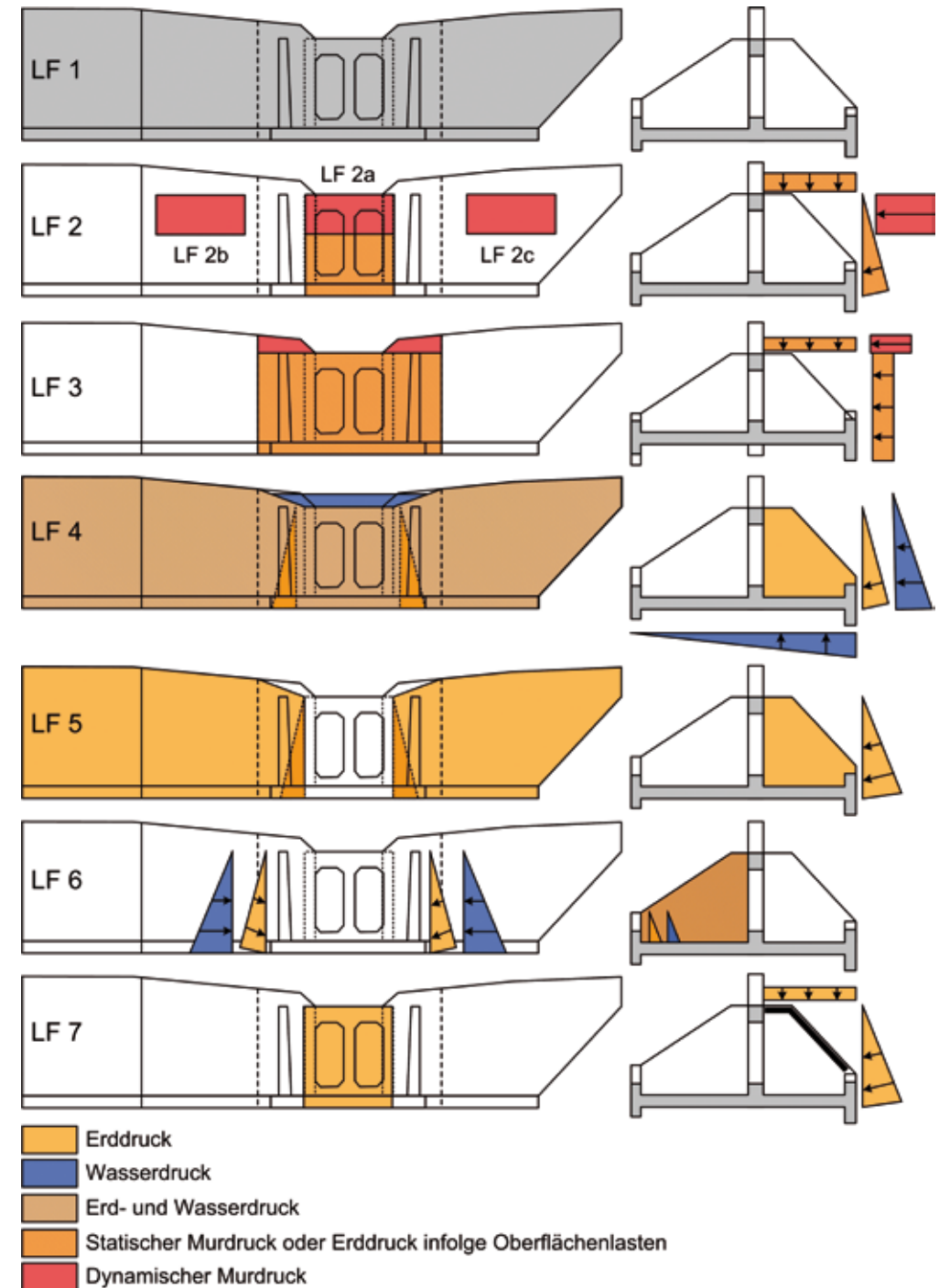


Abb. 6: Darstellung der Lastfälle (Symbolbilder).

Fig. 6: Load-cases.

**Dynamischer Murdruck:**

Die resultierende dynamische Kraft aus dem Murgang  $P_M$  ergibt sich laut ONR 24801, Abschnitt 9.3.3.2 nach Gl. (8), der daraus berechnete Murdruck nach Gl. (9). Der dynamische Murdruck wird vereinfacht als Gleichlast über die gesamte dynamische Belastungsfläche angesetzt.

$$P_M = (\rho_M \cdot A_{G, \text{dyn}} \cdot v^2) \cdot 10^{-3} = 2000 \cdot 27 \cdot 7^2 \cdot 10^{-3} = 2646 \text{ kN} \quad \text{Gl. (8)}$$

$$EK5 = 1,20 \cdot LF1 + 1,20 \cdot LF4 + 1,20 \cdot LF6 + 1,20 \cdot LF7 \quad \text{Gl. (9)}$$

Die dynamische Belastungsbreite ergibt sich laut ONR 24801, Abschnitt 9.3.2.1b mit den Werten aus Tabelle 2 zu:

$$b_{\text{dyn}} = \frac{A_{G, \text{dyn}}}{h_{\text{dyn}}} = \frac{27}{3,4} = 8 \text{ m} \quad \text{mit } A_{G, \text{dyn}} = A_{\text{MUR}} = 27 \text{ m}^2 \quad \text{Gl. (10)}$$

**Statischer Murdruck:**

Der statische Murdruck  $p_{st}$  ergibt sich laut ONR 24801, Abschnitt 9.3.3.1 nach Gl. (8), die daraus berechnete resultierende Kraft nach Gl. (9). Der statische Murdruck wird als Dreieckslast über die statische Belastungsfläche angesetzt. Diese ergibt sich aus Abbildung 7.

$$p_{st} = (\rho_M \cdot g \cdot h_{st}) \cdot 10^{-3} = 2000 \cdot 9,81 \cdot 9,17 \cdot 10^{-3} = 180 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Gl. (11)}$$

**Murauflast:**

Der Murauflast auf die wasserseitige Fundamentplatte ergibt sich aus Gl. (8), die daraus berechnete resultierende Kraft nach Gl. (9). Der statische Murdruck wird als Dreieckslast über die statische Belastungsfläche angesetzt. Diese ergibt sich aus Abbildung 7.

$$p_a = (\rho_M \cdot g \cdot h_a) \cdot 10^{-3} = 2000 \cdot 9,81 \cdot 8,17 \cdot 10^{-3} = 160 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Gl. (12)}$$

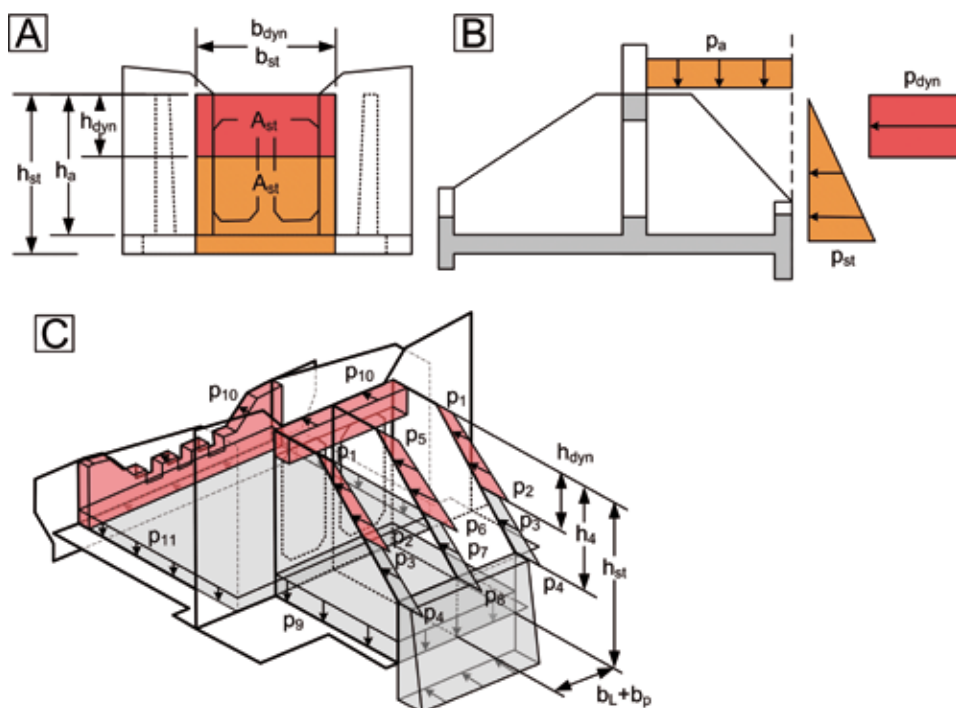


Abb. 7: LF2 - Generelles Lastbild: (A) Wasserseitige Ansicht von Block C; (B) Schnitt durch die Abflussektion; (C) Schrägriss des Blockes C (Höhe der Lasten  $p_i$  in Tabelle 6)

Fig. 7: Loadcase 2 (values  $p_i$  according to Table 6)

**Generelles Lastbild:**

Der statische und dynamische Murdruck wird laut ONR 24801, Abschnitt 9.4.2.1 auf das Bauwerk angesetzt. Die dynamische Belastungsfläche wird von der Abflussektionsunterkante nach unten hin angeordnet. Der statische Murdruck wird von Abflussektionsunterkante bis zur Fundamentunterkante angesetzt. Er wird ungünstig über die gesamte Breite des Blockes C angesetzt. Auf die seitlichen Blöcke B und D wird wasserseitig ein Erdruhedruck angesetzt.

**LF2a – Murgang wirkt auf den Rechen und die Stirnseite der Scheiben**

Die Mure prallt auf die Rechenkonstruktion, welche die vollflächigen Drücke auf die Rostwangen und den Mittelpfeiler weiterleitet. Die weitergeleiteten Kräfte werden vereinfacht als Linienlasten auf die Scheiben angesetzt.

Die Drücke auf die Scheiben errechnen sich aus der mitwirkenden Breite der Rechenkonstruktion. Der lichte Abstand  $b_l$  zwischen den Scheiben beträgt 2,6 m, die Scheiben besitzen eine Stärke  $b_p$  von 1 m (siehe Abbildung 3). Damit ergeben sich die dynamischen Linienlasten

| Druck    | Bezeichnung   | Werte für LF2a | Werte für LF2b                                |
|----------|---|----------------|---|
| $p_1$    | Linienlast auf die Stirnseite der Rostwange oben        | 225,4 kN/m     | 196,0 kN/m                                    |
| $p_2$    | Linienlast auf die Stirnseite der Rostwange Mitte 1     | 378,9 kN/m     | 329,5 kN/m                                    |
| $p_3$    | Linienlast auf die Stirnseite der Rostwange Mitte 2     | 153,5 kN/m     | 133,5 kN/m                                    |
| $p_4$    | Linienlast auf die Stirnseite der Rostwange unten       | 265,5 kN/m     | 230,8 kN/m                                    |
| $p_5$    | Linienlast auf die Stirnseite der Mittelscheibe oben    | 352,8 kN/m     | 294,0 kN/m                                    |
| $p_6$    | Linienlast auf die Stirnseite der Mittelscheibe Mitte 1 | 593,1 kN/m     | 494,2 kN/m                                    |
| $p_7$    | Linienlast auf die Stirnseite der Mittelscheibe Mitte 2 | 240,3 kN/m     | 200,2 kN/m                                    |
| $p_8$    | Linienlast auf die Stirnseite der Mittelscheibe unten   | 415,5 kN/m     | 346,2 kN/m                                    |
| $p_9$    | Flächenlast auf die Bodenplatte wasserseitig            | 0              | $P_9 = p_a = 160 \text{ kN/m}^2$              |
| $p_{10}$ | Flächenlast auf den Kopfbalken und die Vorsperre        | 0              | $P_{10} = p_{\text{dyn}} = 98 \text{ kN/m}^2$ |
| $p_{11}$ | Flächenlast auf die Bodenplatte luftseitig              | 0              | $P_{11} = 20 \cdot 3,4 = 68 \text{ kN/m}^2$   |

Tab 6: Charakteristische Werte der Lasten für die Lastfälle 2a und 2b.

Tab. 6: Characteristic values of loads for loadcase 2a and 2b.



(Gleichlast) auf die Mittelscheibe nach Gl. (13) und die Rostwangen nach Gl. (14). Die Linienlasten aus dem statischen Murdruck (Dreieckslast) berechnen sich analog über Gl. (15) und Gl. (16).

$$EK5 = 1,20 \cdot LF1 + 1,20 \cdot LF4 + 1,20 \cdot LF6 + 1,20 \cdot LF7 \quad \text{Gl. (13)}$$

$$p_{dyn,rost} = p_{dyn} \cdot \left( p_r + \frac{b_r}{2} \right) = 98 \cdot \left( 1 + \frac{2,6}{2} \right) = 225,4 \text{ kN/m} \quad \text{Gl. (14)}$$

$$p_{dyn,mit} = p_{dyn} \cdot \left( p_r + 2 \cdot \frac{b_r}{2} \right) = 180 \cdot \left( 1 + 2 \cdot \frac{2,6}{2} \right) = 648 \text{ kN/m} \quad \text{Gl. (15)}$$

$$p_{r,mit} = p_{dyn} \cdot \left( p_r + \frac{b_r}{2} \right) = 180 \cdot \left( 1 + \frac{2,6}{2} \right) = 414 \text{ kN/m} \quad \text{Gl. (16)}$$

Daraus ergeben sich folgende Drücke auf die Stirnseite der Rostwangen:

$$p_1 = p_{dyn,rost} = 225,4 \text{ kN/m} \quad \text{Gl. (17)}$$

$$p_2 = p_{dyn,mit} + p_{r,mit,3} = 225,4 + 153,5 = 378,9 \text{ kN/m} \quad \text{Gl. (18)}$$

$$p_3 = p_{dyn,mit} = \frac{p_{dyn,mit}}{h_a} \cdot h_{dyn} = \frac{414}{9,17} \cdot 3,4 = 153,5 \text{ kN/m} \quad \text{Gl. (19)}$$

$$p_4 = p_{dyn,mit} = \frac{p_{dyn,mit}}{h_a} \cdot b_r = \frac{414}{9,17} \cdot 5,88 = 265,5 \text{ kN/m mit } h_1 = 5,88 \text{ m} \quad \text{Gl. (20)}$$

Die Ermittlung der restlichen Drücke erfolgt analog. Alle angesetzten Drücke sind in Tabelle 6 zusammengestellt.

### LF2b – Murgang wirkt direkt auf die Sperrenplatte

Die Murdrücke wirken auf die Stirnseite der Rostwangen und des Murteilers und auf den Kopfbalken der Sperrenplatte. Weiters wird die Vorsperre durch Murdrücke beansprucht (Abbildung 7). Die Drücke auf die Scheiben werden laut ONR 24801, Abschnitt 9.4.2.1 angesetzt. Da der lichte Abstand  $b_L$  zwischen den Scheiben 2,6 m beträgt werden die Linienlasten auf die Stirnseiten der Scheiben mit einer mitwirkenden Breite  $b_e$  von 1 m angesetzt (Regel für  $b_L > 2\text{m}$ ). Damit ergeben sich die dynamischen Linienlasten (Gleichlast) auf die Mittelscheibe nach Gl. (21) und die Rostwan-

gen nach Gl. (22). Die Linienlasten aus dem statischen Murdruck (Dreieckslast) berechnen sich analog über Gl. (24) und Gl. (25).

$$p_{dyn,mit} = p_{dyn} \cdot (p_r + 2 \cdot b_r) = 98 \cdot (1 + 2 \cdot 1) = 294 \text{ kN/m} \quad \text{Gl. (21)}$$

$$p_{dyn,rost} = p_{dyn} \cdot (p_r + b_r) = 98 \cdot (1 + 1) = 196 \text{ kN/m} \quad \text{Gl. (22)}$$

$$p_{dyn,mit} = p_{dyn} \cdot (p_r + 2 \cdot b_r) = 180 \cdot (1 + 2 \cdot 1) = 540 \text{ kN/m} \quad \text{Gl. (23)}$$

$$p_{r,mit} = p_{dyn} \cdot (p_r + b_r) = 180 \cdot (1 + 1) = 360 \text{ kN/m} \quad \text{Gl. (24)}$$

Die Mittelscheibe ist zusätzlich und gleichzeitig wirkend auf eine seitliche Einwirkung, in der Höhe des 0,3-fachen dynamischen Murdruckes zu bemessen. Diese seitliche Flächenlast ist einseitig normal auf die Scheibenebene wirkend anzusetzen.

$$p_{dyn,sei} = 0,3 \cdot p_{dyn} = 0,3 \cdot 98 = 29,4 \text{ kN/m} \quad \text{Gl. (25)}$$

### LF3 – Murgang bei vollständiger Verlandung

Hier wird davon ausgegangen, dass ein Murgang über die vollständig verlandete Sperre abgeht. Es wirken dynamische Drücke auf die Bereiche neben der Abflusssektion (oberhalb der Verlandungsoberfläche) und die Vorsperre. Weiters wirken ein durch die Oberflächenlasten erhöhter Erdruck und eine Auflast.

#### Generelles Lastbild:

Der statische und dynamische Murdruck wird laut ONR 24801, Abschnitt 9.4.2.2 auf das Bauwerk angesetzt. Die dynamische Belastungsfläche wird von der Abflusssektionsunterkante nach oben hin angeordnet. Die dynamische Höhe am Bauwerk wird mit 2 m angesetzt. Der statische Murdruck wird von der Oberfläche des Murganges aus angesetzt. Ab der Oberkante der Verlandung wirkt im Abflussbereich der Mure ein Anteil des Erdruhedrucks infolge Oberflächenlasten. Auf die seitlichen Blöcke B und D wird wasserseitig ein Erdruhedruck angesetzt.

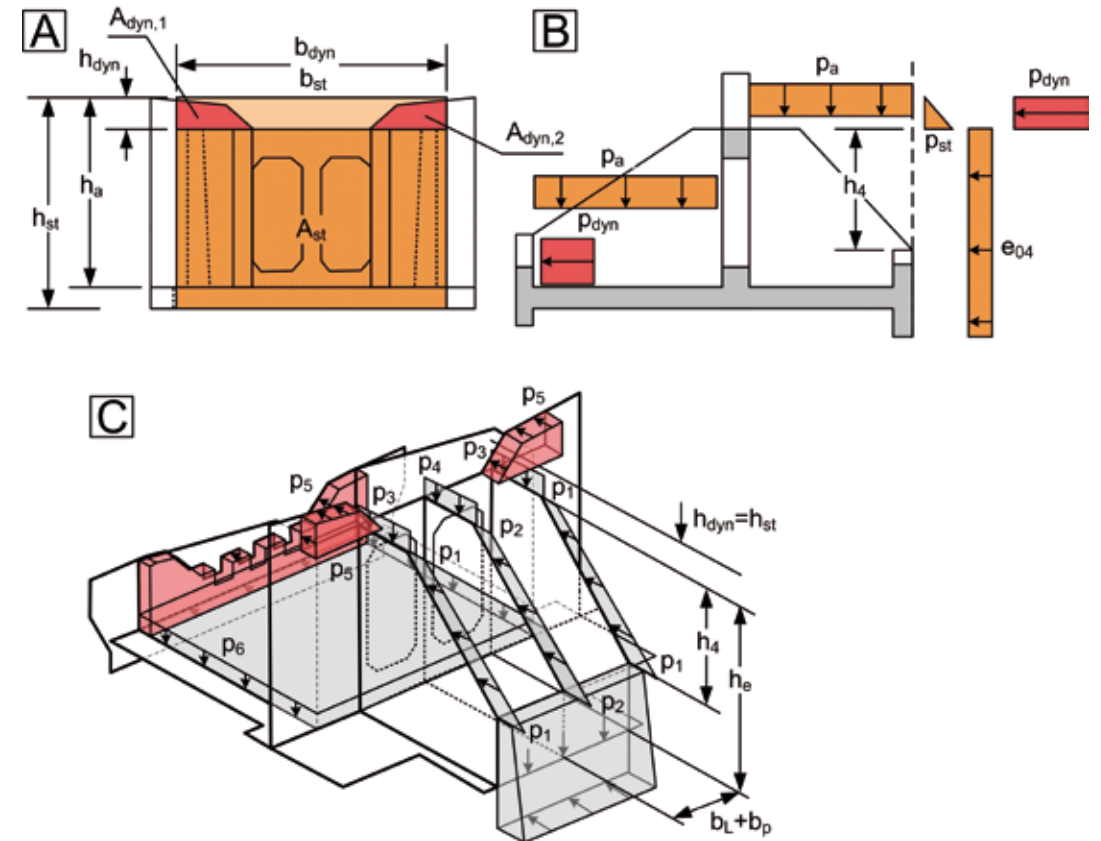


Abb. 8: LF3 - Generelles Lastbild: (A) Wassereitige Ansicht von Block C; (B) Schnitt durch die Abflusssektion; (C) Schrägriss des Blockes C (Höhe der Lasten  $p_i$  in Tabelle 6)

Fig. 8: Loadcase 3 (values  $p_i$  according to Table 7)

| Druck | Bezeichnung  | Werte für LF3          |
|-------|--|------------------------|
| $p_1$ | Linienlast infolge Erddruck durch Auflast auf die Stirnseite der Rostwange     | 47,8 kN/m              |
| $p_2$ | Linienlast infolge Erddruck durch Auflast auf die Stirnseite der Mittelscheibe | 74,8 kN/m              |
| $p_3$ | Linienlast auf die Stirnseite der Rostwange infolge Auflast                    | 90,2 kN/m              |
| $p_4$ | Linienlast auf die Stirnseite der Mittelscheibe infolge Auflast                | 141,1 kN/m             |
| $p_5$ | Flächenlast infolge dynamischen Murdruckes                                     | 32 kN/m <sup>2</sup>   |
| $p_6$ | Flächenlast infolge Auflast der Mure   | 39,2 kN/m <sup>2</sup> |

Tab. 7: Charakteristische Werte der Lasten für den Lastfall 3

Tab. 7: Characteristical values for Loadcase 3

**Dynamischer Murdruck:**

Aus der dynamischen Höhe ergibt sich eine Belastungsbreite von:

$$b_{dyn} = \frac{A_{dyn}}{b_{dyn}} = \frac{27}{2} = 13,5m \quad \text{Gl. (26)}$$

Es wird angenommen, dass die Mure symmetrisch die Abflusseksection trifft. Ein Teil der Mure wird an den oberen Flügeln gestaut ( $A_{dyn1}$  und  $A_{dyn2}$ ), der andere fließt über die Abflusseksection ab und erzeugt keine Drücke auf das Bauwerk. Bei der Berechnung der dynamischen Murkraft auf die Flügelbereiche wird davon ausgegangen, dass sich die Fließgeschwindigkeit  $v$  durch die deutlich flachere Verlandung auf 4 m/s reduziert.

$$p_{st} = 1/2 \rho_{st} \cdot A_{dyn} \cdot v^2 \cdot 10^{-3} = 2000 \cdot 4,2 \cdot 4^2 \cdot 10^{-3} = 134,4kN \quad \text{Gl. (27)}$$

Daraus ergibt sich der dynamische Murdruck mit 32 kN/m<sup>2</sup>.

Die statische Komponente an der Unterseite der Abflusseksection ergibt sich zu:

$$p_{st} = (\rho_{st} \cdot g \cdot h_4) \cdot 10^{-3} = 2000 \cdot 9,81 \cdot 2,0 \cdot 10^{-3} = 39,2kN/m^2 \quad \text{Gl. (28)}$$

Der zusätzliche charakteristische Erddruck  $e_{0,k}$  durch die Auflast aus dem Murgang  $p_{st}$  für die Höhe  $h_4$  berechnet sich wie folgt (wirkt normal auf die vertikale Schnittfläche):

$$e_{0,k} = p_{st} \cdot K_{\eta} = 39,2 \cdot 0,53 = 20,8kN/m^2 \quad \text{Gl. (29)}$$

Der Ruhedruckbeiwert  $K_0$  ergibt sich bei horizontalem Gelände nach ÖNORM B 4434:1993, Gl. 28 zu:

$$K_0 = 1 - \sin \varphi = 1 - \sin 28 = 0,53 \quad \text{Gl. (30)}$$

Die restlichen Erddrücke berechnen sich analog. Der Rechen wird als vollständig verklaut ange-

nommen. Die Flächenlasten des Rechens werden auf die Stirnseiten der Scheiben übertragen. Die Linienlasten berechnen sich wie folgt:

$$p_{st,ext} = p_{st} \cdot (b_2 + 2 \cdot b_1) = 39,2 \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{2,6}{2}\right) = 141,1kN/m \quad \text{Gl. (31)}$$

$$p_{st,int} = p_{st} \cdot (b_2 + b_1) = 39,2 \cdot \left(1 + \frac{2,6}{2}\right) = 90,2kN/m \quad \text{Gl. (32)}$$

$$p_{st,ext} = e_{0,k} \cdot (b_2 + 2 \cdot b_1) = 20,8 \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{2,6}{2}\right) = 74,9kN/m \quad \text{Gl. (33)}$$

$$p_{st,int} = e_{0,k} \cdot (b_2 + b_1) = 20,8 \cdot \left(1 + \frac{2,6}{2}\right) = 47,8kN/m \quad \text{Gl. (34)}$$

Nachweise der GEO, HYD und UPL Grenzzustände

Die Bemessung der äußeren Standsicherheit erfolgt getrennt für jeden Block. Die Blöcke B und D wurden als Winkelstützwand mit der Software GeoSoft Stützbauwerke berechnet. Für diese Blöcke wurden die Muren über EK3a und EK3b berücksichtigt.

Der Mittelteil Block C wurde mit einer erweiterten Version des Bemessungsbehelfes für kronenoffene Wildbachsperren berechnet. Im Folgenden sind die Ergebnisse des Blockes C für die EK2 und 4 dargestellt. Beim Nachweis der GEO und HYD Grenzzustände wurde keine Unterscheidung zwischen EK2a und b vorgenommen, da die resultierenden Kräfte und Momente in der Sohlfläche gleich groß sind.

Die Nachweise wurden auf Basis der Bodenkennwerte aus Tabelle 3 geführt. Als Baugrund unter der Bodenplatte wurde die Schicht „Bachsohle ab 3 m Tiefe“ angenommen. In den GEO Grenzzuständen wurde ein Kipp-, Gleit- und Grundbruchnachweis geführt. Weiters wurde der Auftrieb (UPL Grenzzustand) untersucht.

Nachweise in den STR-Grenzzuständen

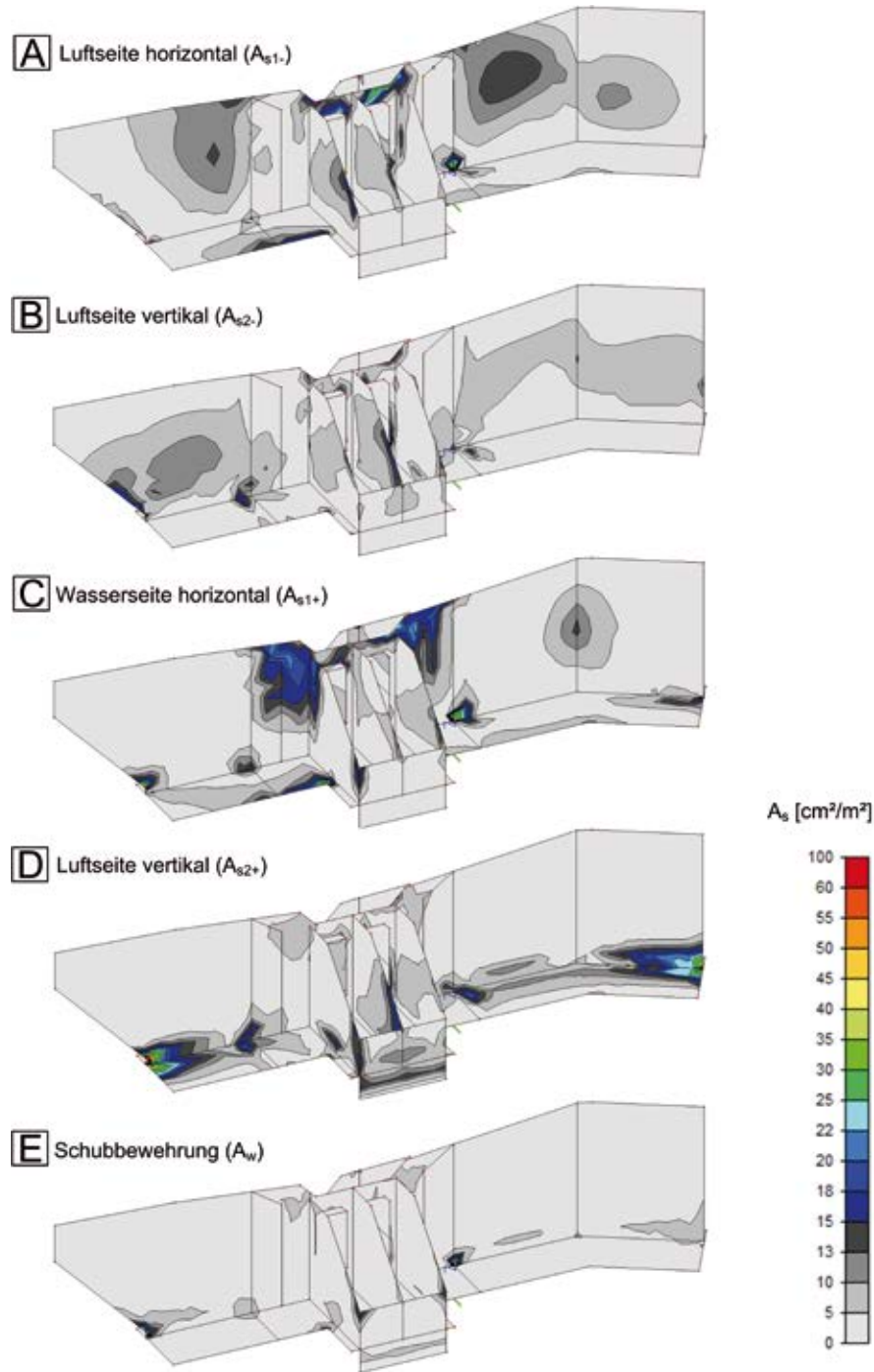
Die Bemessung der inneren Standsicherheit (STR Grenzzustände) erfolgt für die gesamte Sper-

|  | EK2       | EK4       |
|--|-----------|-----------|
| <b>Horizontale Widerstände</b>   |           |           |
| Widerstand an den Flanken  | 0         |           |
| Widerstand an der Luftseite  | 3200 kN   | 1934 kN   |
| Summe der horizontalen Widerstände   | 3200 kN   | 1934 kN   |
| Summe der horizontalen Einwirkungen  | -16837 kN | -11202 kN |
| <b>Günstige vertikale Einwirkungen</b>   |           |           |
| Auflast auf die Fundamentplatte  | 19065 kN  | 101020 kN |
| Vertikale Erddrücke  | 0         | 14135 kN  |
| Summe vertikale E  | 19065 kN  | 24255 kN  |
| <b>Nachweise</b>   |           |           |
| GEO - Kippen   | 0,21      | 0,30      |
| GEO - Gleiten  | 1,00      | 0,53      |
| GEO - Mechanischer Grundbruch  | 0,19      | 0,10      |
| HYD - Hydraulischer Grundbruch   | 0,78      | 0,52      |
| UPL - Auftriebsbruch   | 0,60      | 0,50      |
| Tab. 8: Ausgewählte Kräfte und Ergebnisse der Bemessung in den GEO, HYD und UPL Grenzzuständen für Block C |           |           |
| Tab. 8: reacting forces and results for GEO, HYD and UPL limit states for Block C                          |           |           |

re mittels eines FE – Software (SCIA ENGINEER 2012). Der Nachweis der inneren Standsicherheit erfolgt nach ÖNORM EN 1992-1-1 und ÖNORM B 1992-1-1 unter Berücksichtigung der nationalen Grundbaunormen und der ONR 24802. Bei der Bemessung wurde die erforderliche Biege- und Querkraftbewehrung ermittelt. Als Beton wurde ein C25/30 B3 und als Betonsahl ein B550 verwendet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 9 zusammengestellt.

Der Grenzzustand der Gebrauchstaug-

lichkeit – Rissbreitenbeschränkung wird durch die Anordnung einer oberflächlichen Netzbewehrung nach ONR 24802, Abschnitt 21.2.2.7 berücksichtigt. Dabei ergeben sich für 1 m starke Platten eine Bewehrung von 10 cm/m und für 80 cm starke Platten 8 cm<sup>2</sup>/m pro Seite und Verlegerichtung. Für die Bewehrung wurde eine Grundbewehrung von d20/25 gewählt. Dies ergibt eine Bewehrungsfläche je Verlegerichtung von 12,6 cm<sup>2</sup>/m. Höhere erforderliche Bewehrungsflächen werden mittels Zulagen abgedeckt.



Ab. 9: Erforderliche Bewehrung in den GZT. Dargestellt ist die Umhüllende aus allen Einwirkungskombinationen (Bilder entnommen aus SCIA ENGINEER 2012)

Fig. 9: Requested reinforcement

### Zusammenfassung

Die Vorgaben der ONR 24801 konnten gut in die Praxis umgesetzt werden. Die Schnittstellen zwischen ONR 24801 und ONR 24802 haben gut funktioniert. Die Ermittlung der Parameter aus einem Prozessmodell und die Übergabe an das Einwirkungsmodell konnte optimal durchgeführt werden.

Der schlagende Nachweis für die äußere Standsicherheit war der Gleitnachweis bei freistehendem Bauwerk und Beanspruchung durch einen Murgang (EK 2). Die sich daraus ergebenden Bauwerksgeometrien, besonders Geometrie der Bodenplatte, lagen in bei diesen Bauwerken üblichen Bereichen.

Die aus der ONR 24801 vorgegeben Einwirkungen konnten für die innere Standsicherheit gut in Linien und Flächenlasten aufgeteilt werden. Aus der Bemessung ergaben sich folgende Beton und Bewehrungsmengen:

- Bauwerk: Jaidhausgraben Bauwerk 2
- Funktionstyp 1 laut ONR 24800: Geschiebedosiersperre
- Funktionstyp 2 laut ONR 24800: Energieumwandlung
- Konstruktionstyp laut ONR 24800: aufgelöstes Tragwerk
- Betonvolumen: 1266,5 m<sup>3</sup>
- Bewehrung: 78047 kg
- Bewehrungsgrad: 61,62 kg/m<sup>3</sup> Beton

Der errechnete Bewehrungsgrad liegt ebenfalls im Bereich des Üblichen bei Bauwerken dieses Konstruktions- und Funktionstyps.

Die ONR 24801 hat sich als realitätsnahe und praktikable Grundlage für die Bemessung von Sperrbauwerken auf Einwirkungen durch Wildbachprozesse (Hochwasser, Feststofftransport, Murgänge) erwiesen. Im Zuge dieses Projektes

wurden keine Unstimmigkeiten für die praktische Anwendung der Normenentwurfes festgestellt. Nach Durchführung des vorgeschriebenen Stellungnahmeverfahrens wird die ONR 24801 voraussichtlich im Mai 2013 in Kraft gesetzt werden.

### Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Dr. DDI Jürgen SUDA  
alpinfra consulting + engineering gmbh  
Lützwogasse 14  
1140 Wien  
juergen.suda@gmail.com

Ing. Mag. Manfred SCHEIKL  
alpinfra consulting + engineering gmbh  
Schillerstraße 25 / Stiege Süd / 1. Stock  
5020 Salzburg  
manfred.scheikl@alpinfra.com

DI Thomas TARTAROTTI  
Gebietsbauleitung Steyr-Ennsgebiet  
Garnisonstraße 14, 4560 Kirchdorf a.d. Krems  
thomas.tartarotti@die-wildbach.at

### Literatur / References:

IVERSON R. M. (1997). The physics of debris flows, Rev. Geophys., 35, 245–296.

KAITNA R., RICKENMANN D., SCHATZMANN M. (2007). Experimental study on rheological behaviour of debris flow material, Acta Geotech., 2, 71–85.

MEDINA V., BATEMAN A., HURLIMANN M. (2008). FLAT-Model: a 2-D finite volume code for debrisflow modeling, application to events occurred in the Eastern Pyrenees. Int. J. Sediment Res., 23, 348–360.

PUDASAINI S. P., WANG Y., HUTTER K., (2005). Rapid motions of free-surface avalanches down curved and twisted channels and their numerical simulation. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences 363 (1832), 1551.

RÉVÉSZ P. (1990). Random Walk in Random and Non-Random Environments. World Scientific, Singapore.

RICKENMANN D., LAIGLE D., MCADELL B., HÜBL J. (2006). Comparison of 2D debris-flow-simulation models with field events. Comput Geosci 10(2):241–264.

SCHEIKL M. (2012). Jaidhausgraben 2012 – Projekt für Einzelmaßnahmen: Geologischer/Geotechnischer Ad-hoc-Bericht, 14.8.2012.



SUDA J. (2012).  
Jaidhausgraben 2012 – Detailplanung: Statischer Bericht - Nachweise der konstruktiven Grenzzustände – STR (Innere Standsicherheit), 26. September 2012.

SUDA J. (2012).  
Jaidhausgraben 2012 – Projekt für Einzelmaßnahmen: Prozessbezogene Gebrauchstauglichkeit, Äußere Standsicherheit, 3. 9. 2012.

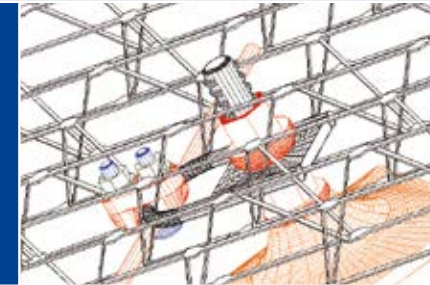
ON – Institut (Hrsg.) (2009).  
ONR 24800 – Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Begriffe und ihre Definition sowie Klassifizierung, Ausgabe: 2009-02-15.

ON – Institut (Hrsg.) (2010).  
ONR 24802 – Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Projektierung, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Ausgabe: 2011-01-01.

ON – Institut (Hrsg.) (2013).  
ENTWURF ONR 24801 – Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Statische und dynamische Einwirkungen, Ausgabe: 2013-01-01.

## 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



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  
+43(1) 96 901 78  
office@unidata.at  
www.unidata.at

unidata  
geo  
design



TRUMER  
Schutzbauten  
GmbH

- 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

HELMUT CZERNY, THOMAS EISTERT

## Planung und Bemessung von Speicherbecken für künstliche Beschneigung und andere Nutzungen (Leitfaden)

### *Design and assessment of reservoirs for artificial snow production and other applications (guideline)*

#### Zusammenfassung:

Beschneigungsspeicher sind für die Produktion künstlichen Schnees für den Wintertourismus von entscheidender Bedeutung. Auf Grund ihrer meist sehr exponierten Lage und ihres Speichervolumens werden an ihre Stand- und Betriebssicherheit hohe Anforderungen gestellt, das heißt sie müssen sehr konservativ bemessen, nach den höchsten Qualitätsstandards ausgeführt und mittels repräsentativer Verhaltensparameter intensiv überwacht werden. Dafür ist qualifiziertes und mit den Stauanlagen vertrautes Personal erforderlich (Stauanlagenwärter, Stauanlagenverantwortliche), das durch spezifische Schulungskurse auf ihre verantwortungsvolle Tätigkeit vorbereitet wird. Neben den Bestimmungen des Wasserrechtsgesetzes und den einschlägigen Beschlüssen der Staubeckenkommission wurde im Mai 2011 ein Leitfaden in Kraft gesetzt, der die Anforderungen an Speicher für Beschneigungszwecke aber auch andere Nutzungen festschreibt (Bewilligungsverfahren, Wiederverleihungsverfahren) und damit einen österreichweit einheitlichen Standard definiert.

#### Stichwörter:

Beschneigungsspeicherbecken, Sicherheit, Bemessung, Überwachung

#### Abstract:

*Reservoirs for artificial snow production play a key role for winter tourism. In consequence of their often very exposed site and large reservoir capacity particular requirements are put on their stability against collapse and operational safety. That means in effect that reservoirs have to be designed very conservatively, constructed in accordance with the highest quality standards and intensively monitored according to representative criteria of behaviour. At site inspections are carried out by qualified staffs (dam attendant, dam safety engineer) which are well educated and familiar with the reservoir and the appurtenant structures. Specific courses are provided to prepare the staff in the optimal manner for their responsible function. Besides the regulations of the Austrian Water Law and the decisions of the Austrian Commission on Dams in 2011 a guideline was brought into effect for external use, which stipulates the requirements on reservoirs for artificial snow production and other applications (approval procedure, procedure for the renewal of the permit) and constitutes thereby a uniform standard valid throughout Austria.*

#### Keywords:

*Reservoir for artificial snow production, safety, assessment, inspection*

#### Einleitung

Um die Schneesicherheit im Wintertourismus auch in schneearmen Winterperioden zu gewährleisten, müssen kurze Kälteperioden zum Aufbringen von ausreichend großen Kunstschneemengen genutzt werden. Dafür sind große Wasserspeicher zur Wasserbevorratung erforderlich, da Wasserentnahmen zu dieser Zeit auf Grund der geringen Wasserführung in den Vorflutern kaum möglich sind.

Diese Wasserspeicher werden mittlerweile nach Möglichkeit in den obersten Bergregionen platziert, dem zu Folge ist ihr eigenes Einzugsgebiet im Regelfall sehr klein. Der zusätzliche Wasserinhalt kann mit geringeren Förderleistungen in Zeiten günstiger Energiepreise aus tieferen Regionen hochgepumpt werden. Je nach Bedarf (Grundbeschneigung im Frühwinter, Nachbeschneigung nach Warmwettereinbruch, etc.)

steht das gespeicherte Wasser für die Beschneigung zur Verfügung.

Da diesen Beschneigungsspeichern auf Grund ihrer exponierten topographischen Lage, ihres Speichervolumens und ihrer Bauwerkshöhe ein hohes Gefährdungspotential innewohnt, hat der Gesetzesgeber wie im Interesse der öffentlichen Sicherheit im Wasserrechtsgesetz 1959 (im Folgenden: WRG) ein besonderes Bewilligungs- und Überwachungsregime festgelegt.

Um die technischen Voraussetzungen und Randbedingungen bei der Errichtung von Speicherbecken österreichweit einheitlich zu gestalten, wurde in den Jahren 2008 bis 2010 ein Leitfaden für das wasserrechtliche Behördenverfahren von Beschneigungsspeichern erarbeitet. Dabei sind alle fachlichen und alle rechtlichen Belange für das Bewilligungsverfahren (Errichtung von Neuanlagen) aber auch im Wiederverleihungsverfahren (neuerliche Bewilligung von bestehenden Anlagen) enthalten.





Abb. 1: Beschneungsspeicher

Fig. 1: Reservoir for artificial snow production

Bei der Erstellung dieses Leitfadens unter Federführung von Dipl.-Ing. Thomas Eistert, Land Salzburg – Wasserwirtschaft waren alle mit Beschneungsspeichern befassten Bundesländer, die Wildbach- und Lawinenverbauung – vertreten durch Dipl.-Ing. Christoph Skolaut, die Geschäftsführung der Staubeckenkommission, der Fachverband der Seilbahnen (Wirtschaftskammer) und die Bundeskammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten eingebunden.

Die technischen Inhalte betreffend Speicherbecken und Anlagentechnik wurden durch Herrn Univ.-Prof. Dr. Tschernutter (TU Wien) bzw. Herrn Dipl.-Ing. Dr. Wechsler (Ingenieurkonsulent für Maschinenbau) erstellt. Der Fachbereich Geologie/Geotechnik wurde in einem eigenen Fachausschuss behandelt, der Fachbereich Gewässerökologie wurde unter der Federführung von Dr. Andreas Unterweger, Land Salzburg – Wasserwirtschaft erarbeitet. Die recht-

lichen Ausführungen im Leitfaden wurden durch Herrn MR i.R. Dr. Oberleitner (ehemals einschlägiger Gruppenleiter im heutigen Lebensministerium) verfasst.

### Hintergrund

Zu Beginn der Entwicklung der künstlichen Beschneigung von Schipisten wurden Speicher in tieferen Lagen und mit geringem Inhalt – vergleichbar mit kleinen Fischteichen oder Landschaftsteichen – errichtet. Die Dichtung erfolgte oftmals mit mineralischen Materialien (Lehmschlag, aufbereitetes Erdmaterial) oder mit Teichfolien. In den seltensten Fällen wurden diese Dichtungen vor mechanischen Einwirkungen (Eis, Steine) oder UV-Strahlung (bei Folien relevant) durch Beschüttung geschützt. Um die Aushubkubaturen zu minimieren und möglichst viel Speichervolumen unterzubringen, wurden von den,

zum Teil in der Planung dieser Speichern weniger versierten Projektanten die im Erdbau üblichen Dammböschungsneigungen gewählt, die jedoch für den Staudammbau zu steil und vom Aufbau her nicht adäquat waren.

Da im Laufe der Entwicklung die Speichervolumina und Dammhöhen der Speicher anstiegen und immer exponiertere topographische Lage gewählt wurde („immer größere Speichervolumen, möglichst weit oben“), erstellten die Bundesländer Arbeitspapiere zur Abstimmung der Vorgehensweisen der Behörden und Sachverständigen.

Wie bereits erwähnt, weisen Beschneungsspeicher in fast allen Fällen ein hohes Gefährdungspotential auf. Aus diesem Grund wurde 2007 unter der Leitung der Österreichischen Staubeckenkommission beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft ein Leitfaden betreffend die Mindestanforderungen an Stauanlagenverantwortliche von „Kleinen Stauanlagen“ (auch: Beschneungsspeicher) erstellt. Darin wird auf Basis des WRG auch für kleinere Stauanlagen (max. Höhe über Gründungssohle < 15 m oder Speichervolumen < 500.000 m<sup>3</sup>) ein für die Sicherheit verantwortliche, fachlich qualifizierte Person samt Stellvertreter (vgl. WRG: „Talsperrenverantwortlicher“) gefordert. Dessen Qualifikation, Pflichten und Rechte sind in Abhängigkeit eines von der Stauanlage ausgehenden erheblichen oder geringen Gefährdungspotentials festgelegt (vgl. Zuordnungsmatrix in diesem Leitfaden, in Abhängigkeit von Überflutungshöhe und Strömungsgeschwindigkeit).

Auf diese Fragen, sowie auf andere sicherheitstechnische, ökologische und verfahrensrelevante Erfordernisse, wird im „Leitfaden für das wasserrechtliche Behördenverfahren betreffend Beschneungsspeicher“ eingegangen (Band 1: Bewilligung und Überprüfung von Neuanlagen; Band 2: Wiederverleihungsverfahren, wieder-

kehrende Überprüfung, Vorkehrungen bei Erlöschung). (Amt der Salzburger Landesregierung, 2011) Der Inhalt des Leitfadens ermöglicht eine umfassende Orientierung für Planer, Betreiber, Behörden und Sachverständige.

Es wird darauf hingewiesen, dass der gegenständliche Leitfaden die grundsätzlichen Anforderungen an alle Arten von Speicherbecken definiert, unabhängig von der Art der Wassernutzung (nicht nur Beschneungsspeicher).

### Band 1:

#### Bewilligung und Überprüfung von Neuanlagen

Die wesentlichen Inhalte dieses Leitfadens in Hinblick auf die Beschneungsspeicher werden im Folgenden überblicksmäßig dargestellt.

Wasserrechtliche Bewilligung – Errichtung, Betrieb, Überwachung

### Allgemeines

In diesem Abschnitt werden neben einer Abgrenzung des Behandlungsgegenstandes die wasserrechtlichen Bestimmungen für Bau, Betrieb und Überwachung von Stauanlagen kurz umrissen, zusätzlich werden relevante Begriffe (Große/Kleine Stauanlagen, Bestimmung der maßgebenden Sperrhöhe, Gefährdungspotential) definiert und erläutert.

### Geologie und Geotechnik

Die bisher für Beschneungsspeicherbecken durchgeführten geologischen und geotechnischen Voruntersuchungen wiesen höchst unterschiedliche Qualität auf. Projektwerber mussten auf Grund des Fehlens bzw. von unzureichender Erhebung solcher Grundlagen häufig schon in der Bewilligungsphase zeitliche Verzögerungen in Kauf nehmen (z. B. keine Möglichkeit von Untersuchungen in der Winterjahreszeit).



Um diese Defizite zu verbessern, sind in diesem Abschnitt Hinweise zu folgenden Fragen enthalten:

- Warum sind geotechnische Voruntersuchungen von „grundlegender“ Bedeutung?
- Welche Methoden gibt es?
- Wann sind z.B. Schürfe ausreichend, wann sind jedenfalls Erkundungsbohrungen erforderlich? Welche geophysikalischen Untersuchungsmethoden gibt es?
- Welche bodenphysikalischen Kennwerte müssen in den Projekten jedenfalls angegeben bzw. müssen dafür erhoben werden (mit Bezug auf die einschlägigen Normen)?
- Welche Anforderungen müssen Projekte in diesem Zusammenhang jedenfalls erfüllen?

### Konstruktion, Aufbau und Abdichtung von Speicherbecken

In diesem Abschnitt werden die grundsätzlich bei Speicherbecken möglichen, konstruktiven Lösungen übersichtsartig vorgestellt und die für das Funktionieren einer Dammkonstruktion wesentlichen Konstruktionsmerkmale erläutert (z.B. Dammaufbau, Dichtungsarten, Anforderungen an

Schüttungsmaterial/ Drainagen/ Dammneigungen/ Kronenbreite/ Anschlüsse zwischen Damm-schüttung und Betonbauwerken).

Zur Abdichtung von Beschneigungsspeichern werden in den meisten Fällen Oberflächen-dichtungen aus Folien verwendet, diesem Thema wird daher im Folgenden erhöhte Bedeutung geschenkt.

Wesentlich erscheint, dass dem Konstrukteur bewusst ist, dass diese dünnen Folien hohen Belastungen ausgesetzt sind und daher an den Einbau und die Überwachung hohe Anforderungen gestellt werden wie z. B.:

- flache wasserseitige Böschungneigungen, mit Überschüttung max. 1:2
- entsprechend vorbereiteter Untergrund mit ausreichend bemessenen Schutzvliesen unterhalb und oberhalb der Folie
- Es dürfen nur Folien mit entsprechendem Qualitätsnachweis verwendet werden: heute werden fast ausschließlich PEHD-Folien verwendet, Folienstärke je nach Wassertiefe, mindestens 2,0 mm, im Regelfall 2,5 mm.
- Für den Standsicherheitsnachweis der Dichtung (Übertragung der Schubspannungen) muss der gesamte Dichtungs-

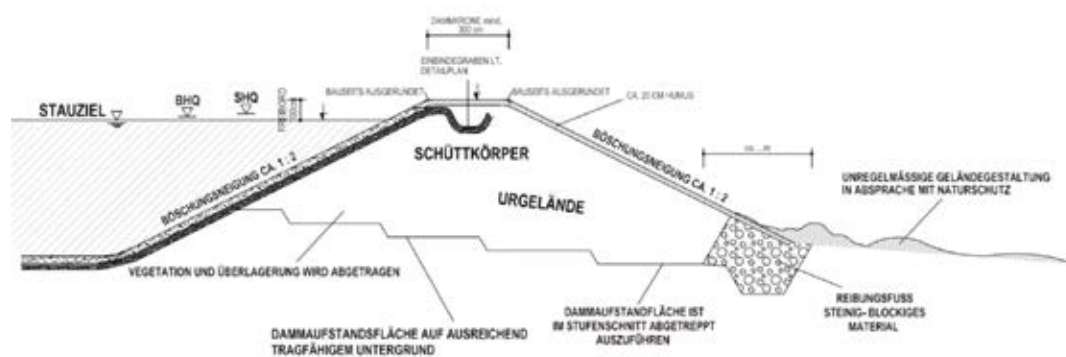


Abb. 2: Dammregelquerschnitt

Fig. 2: Typical dam cross section

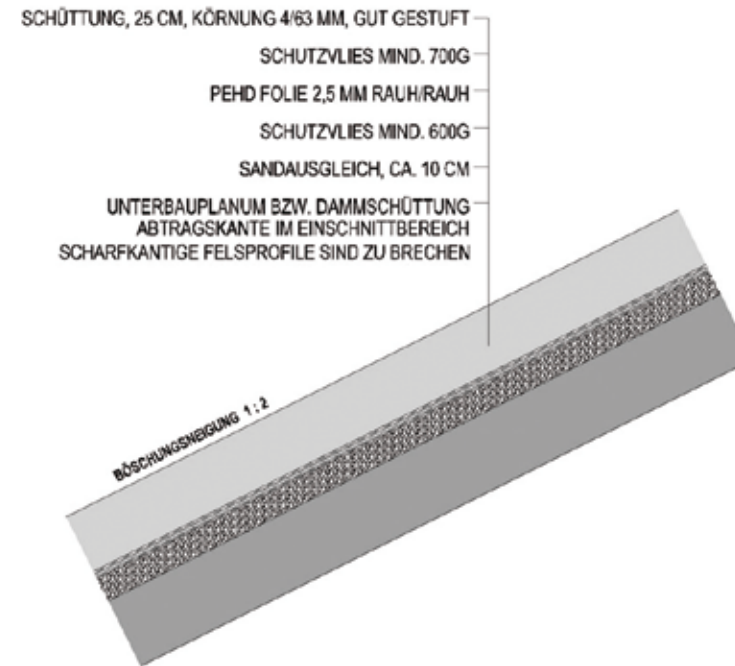


Abb. 3: Böschungsaufbau mit Dichtung (© Tschernutter)

Fig. 3: Upstream slope construction – Cross section

aufbau (samt Beschüttung) betrachtet werden: Drainageschicht/Vlies/Folie/Vlies/Beschüttung (Abbildung 3).

- Beschüttung: Schutz der Dichtungsfolie vor Angriff durch UV-Strahlung (beschleunigte Alterung) sowie mechanische Einwirkung durch Eisschollen und Stabilität gegen Wellenschlag.
- getrennte Drainagekreise für Böschungsbereiche und Sohle, natürliche Wasserzutritte beim Bau getrennt ableiten (keine Vermischung von Quellen und allfälligen Sickerwässern), Drainagen für Videokamera kontrollierbar ausführen (entspr. Durchmesser, keine zu engen Ausrundungen, an Böschung hochziehen – Zugänglichkeit beachten)
- besonderes Augenmerk verdienen:
  - Verlegetechnik und Schweißnahtprüfung (Doppelschweißnaht mit Prüfkanal: Luftdruckprüfung)
  - Dichtanschluss an Betonbauwerke; hoher Wasserdruckbereich: keine Klemmkonstruktionen → im Betonbauwerk eingelegte PEHD-Profile und doppelt ausgeführten Schweißnahtanschlüssen mit 2-lagiger Dichtung; niedriger Wasserdruckbereich (nähe Wasseroberfläche): doppelte Klemmleistenanschlüsse zulässig; eigene Bauwerksdrainage
  - Flachwasserzonen mit verstärkter Dichtung und eigener Drainage
  - Beschüttung von unten nach oben „aufbauen“, sonst mögliches Abgleiten der Schüttung nach wenigen Stauzyklen
  - Achtung beim Versetzen von größeren Steinen in Wasserwechselzone – mögliches Abrutschen und Aufreißen der Folie (z. B. eigene Berme als Aufstandsfläche, ausreichende Bettung zum Schutz der Dichtung und gegebenenfalls verstärkte Folie).

Für den Einsatz von Asphaltbetondichtungen liegen reiche Erfahrungen von großen Stauanlagen vor, jedoch werden sie bei den relativ kleinen Beschneiungsbecken aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und der Fertigungstechnik (z. B. bei kleinen Ausrundungsradien) selten eingebaut. (Details zu dieser Dichtungsart können den 2013 neu erscheinenden „Richtlinien für Asphaltwasserbau, Teil A“ des Verbandes Österreich Energie entnommen werden.)

Mineralische Oberflächendichtungen sowie Homogendämme sind für neue Beschneiungsbecken praktisch nicht mehr zulässig, ebenso ist die Verwendung von Bentonitdichtungsmatten nicht geeignet.

#### Standsicherheits- und Verformungsnachweise

Bezüglich der erforderlichen rechnerischen Standsicherheitsuntersuchung wird auf die einschlägigen Richtlinien der Staubeckenkommission verwiesen (Standsicherheit von Staudämmen, Erdbebenrichtlinie), aber auch auf ÖNORM EN 1990, B 4433 (Böschungsbruchberechnung) und bezüglich Nachweis der Grundbruchsicherheit auf ÖNORM B 4435-2. Dazu ist anzumerken,



Abb. 4: Folienschweißgerät

Fig. 4: Membrane welding equipment

dass die Richtlinien (Lastfallklassen, Einwirkungen) noch nach dem alten und bisher bewährten, globalen Sicherheitskonzept aufgebaut sind. Eine Anpassung an den Eurocode wurde bereits in Angriff genommen, bis zum Abschluss dieser Anpassung können die genannten Regelwerke angewendet werden.

Besonders hingewiesen wird auf den Lastfall „Dichtungsbruch“, der auch für den Fall eines lokalen Folienversagens ausreichende Sicherheiten ergeben muss. Das bedeutet, dass bei Erkennen eines massiven Sickerwasseranstieges (automatisierte Fernüberwachung) ausreichend Zeit für eine „Notabsenkung“ ohne Dammversagen vorhanden sein muss.

#### Betriebseinrichtungen

- **Hochwasserentlastung:**

Die Ermittlung der maßgebenden Bemessungshochwasserwerte (Bemessungshochwasser „BHQ“, Sicherheitshochwasser „SHQ“) ist gemäß „Leitfaden zum Nachweis der Hochwassersicherheit von Talsperren“ (Staubeckenkommission, TU Wien, 2009) durchzuführen.



Abb. 5: Luftdruckprüfung der Doppelnah (© Tschernutter)

Fig. 5: Air pressure check of the double seam

Grundsätzlich ist für Neuanlagen eine detaillierte Ermittlung vorzunehmen. Das sogenannte „abgekürzte Verfahren“ ist nur für die Überprüfung von bestehenden Stauanlagen zulässig.

Für kleine Einzugsgebiete (bis 1 km<sup>2</sup>) ist im Regelfall die Ermittlung der Hochwasserbemessungswerte nach vereinfachten detaillierten Verfahren (Einzugsflächenermittlung mit Abflussbeiwerten) in Abstimmung mit dem Hydrografischen Dienst zweckmäßig.

**Bemessungshochwasser „BHQ“:** Das BHQ wird hydrologisch als Abflusereignis mit einem Wiederkehrintervall von ca. 5000 Jahren definiert; es muss für das Bauwerk schadlos abgeführt werden können (Lastfallklasse: II). Die Abfuhr muss nur über die Hochwasserentlastung alleine möglich sein.

**Sicherheitshochwasser „SHQ“:** Das SHQ wird hydrologisch als „vermutlich größtes Hochwasser“ definiert, bei dessen Abfuhr dürfen begrenzte Schäden auftreten, die globale Standsicherheit der Stauanlage muss gewährleistet sein (Lastfallklasse: III). Zusätzlich zur Hochwas-

serentlastung darf zur Abfuhr gem. n:1 Bedingung, z. B. bei 2 vorhandenen Ablass- bzw. Entnahmeeinrichtungen, die leistungsschwächere mit herangezogen werden.

Zu den sich daraus ergebenden Wasserspiegeln (= Überstau) muss noch der durch Wind (wenn keine meteorologische Daten vorhanden sind, ist mit  $w_{10}=30$  m/s zu rechnen) verursachte Wellenaufbau hinzugerechnet werden (Ermittlung gemäß DVWK Merkblatt 246/1997).

Im Lastfall BHQ und SHQ darf der errechnete Freibord (Überstau und Wellenfreibord) die sog. Sicherheitskote (dies entspricht der Oberkante Dichtung) nicht überschreiten. Im Regelfall ist der Lastfall SHQ maßgebend, bei BHQ ergibt sich dabei eine zusätzliche Sicherheitsfreibordreserve.

Unabhängig von den rechnerischen Nachweisen ist von der Überfallkote der Hochwasserentlastung bis zur Dammkrone ein Mindestabstand von 1 m einzuhalten.

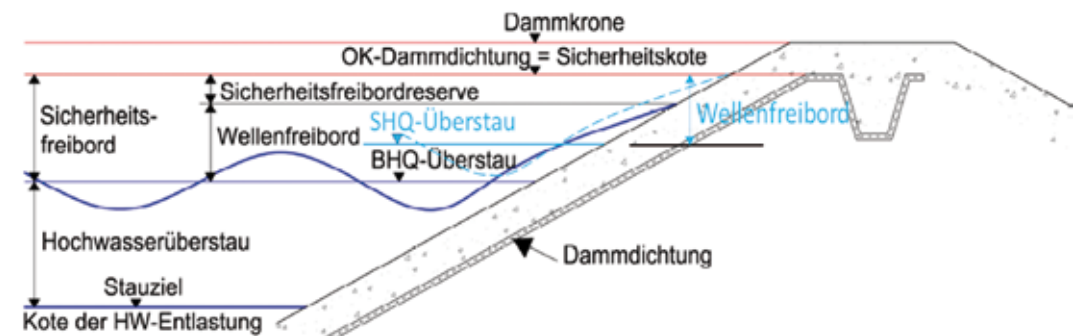


Abb. 6: Hochwasserbemessung – Systemskizze (© Tschernutter)

Fig. 6: Flood assessment - Systematic sketch

• **Grundablass:**

Für die rasche Absenkung im Gefahrenfall muss die Leistungsfähigkeit des Grundablasses so ausgelegt sein, dass eine Absenkung des Speichers (bis zum erosionsstabilen Untergrund) innerhalb von 72 Stunden möglich ist. Betreffend Zuverlässigkeit des Abschließens des Grundablasses sind 2 hintereinander liegende, jederzeit verfügbare Verschlüsse erforderlich (im Regelfall händischer Antrieb, gegebenenfalls motorischer Antrieb mit abgesicherter Energieversorgung).

Vor Einmündung in den Vorfluter (häufig Wildbäche) ist für eine entsprechende Energieumwandlung zu sorgen, das ausreichende Abfuhrvermögen des Vorfluters ist in diesen Fällen mit den örtlichen Dienststellen der Wildbach- und Lawinerverbauung abzuklären.

Bei der Bemessung ist insbesondere auf eine setzungsfreie Lagerung von Einlaufbauwerk, anschließender Rohrleitung und Einmündung in die Schieberkammer zu achten (jedenfalls Kontrolldrainagen für all diese Bauwerke erforderlich). Bei der Dimensionierung sind auch die Horizontalkräfte auf die Schieberkammer zu berücksichtigen (eventuelles Ausziehen aus den Rohrmuffen). Neben der zwangsfreien Durchführung der Rohre in die Schieberkammer ist auch der Abtragung der Rohrumlenkräfte und Abtragung der Verschlussdeckelkräfte (z.B. Grundablassverschlüsse) besonderes Augenmerk zu schenken.

Die Funktionstauglichkeit ist in einer Vollerprobung nachzuweisen (sorgfältige Dokumentation: grobsinnliche Wahrnehmungen, Antriebskräfte, usw.).

**Anlagenüberwachung**

Neben visuellen Überwachungsrundgängen durch entsprechend geschultes und mit der Anlage vertrautes Personal – bei höheren Staulagen im wöchentlichen bis 14-tägigen Intervall – ist die messtechnische Erfassung von aussagekräftigen Verhaltensparametern Stand der Technik, wie z.B. die Messung des Stauspiegel, selektive Sickerwassererfassung, die Beobachtung der Porenwasserdrücke und Verformungsmessungen. Für Parameter wie den Stauspiegel und die Sickerwassererfassung, die eine laufende Beobachtung erfordern, ist eine Fernübertragung zu einer dauernd besetzten und entscheidungsbefugten Stelle unerlässlich (Stauanlagenverantwortlicher bzw. sein Stellvertreter).

Dabei sind jedenfalls folgende Anforderungen zu erfüllen:

- Redundante Erfassung des Stauspiegels mit Meldung bei Hochstaulagen (z.B. Anspringen der Hochwasserentlastung, unerwarteter Überstau), damit auch Absicherung gegen Pumpen in den vollen Speicher und Erfassung einer unerwarteten Stauspiegelabsenkung ohne Entnahme
- Sickerwasser – Dauerregistrierung mit Fernübertragung und unabhängigem Grenzwertmelder
- Ausfallüberwachung aller Geber und Übertragungsleitungen
- Abgesicherte Energieversorgung der Mess- und Übertragungseinrichtungen (z. B. Pufferbatterie)

Folgende Verformungsmessungen sind denkbar:

- geodätische Erfassung von charakteristischen Profilen des Dammes, Dammkrone, evtl. „verdächtige“ Punkte im nahen Umfeld
- Hangbeobachtung mittels Inklinometer (Erfassung der Horizontalbewegung in verschiedenen Tiefen)



Abb. 7: Messwehr für Sickerwassererfassung (© Eistert)

Fig. 7: Equipment for seepage-measurement

Der Ersteinstau ist unter besonders intensiver Beobachtung (Betriebs- und Überwachungsprogramm) durchzuführen (Einstau in Stufen, dichte Messintervalle, erhöhte Bereitschaft).

Vor diesem ersten Aufstau muss jedenfalls eine mit dem Stauanlagenverantwortlichen abgestimmte Betriebsordnung vorliegen, die von der zuständigen Bewilligungsbehörde zu genehmigen ist. Betreffend deren Inhalt wird auf das Handbuch „Betrieb und Überwachung von kleinen Stauanlagen mit längerdauernder Staubelastung“ (BMLFUW, 2009) verwiesen.

Neben einer konservativen Bemessung aller Anlagenteile und einer ausgewogenen Überwachung stellt die Festlegung von Notfallstrategien das dritte Standbein der Stauanlagensicherheit dar. Das bedeutet, dass unter Betrachtung von Bruchszenarien Flutwellenabflüsse ermittelt werden, an die dann in Abhängigkeit von Überflutungshöhe und -geschwindigkeit in den Unterliegerbereichen Alarmpläne zur frühzeitigen Alarmierung der Öffentlichkeit gekoppelt werden.

**Gewässerökologie:**

In diesem Abschnitt werden die möglichen Lebensräume im Zusammenhang mit Beschneigungsbecken betrachtet, mögliche Ausgleichsmaßnahmen aufgezeigt und Mindestanforderungen definiert.

Behördliche Bewilligung – Anlagentechnik

Dieser Abschnitt umfasst das Gebiet von der Wasserentnahme bis zum Speicherbecken (Ermittlung des Wasserbedarfes, Wasserbelastung der Schneeflächen und Ableitungssysteme, gewässerökologische Aspekte von Wasserentnahmen, Bemessung der Wasserleistung, Schneeerzeuger und Systemwahl, Anforderungen an die Wasserqualität für die Beschneigung, Anlagentechnische Komponenten der Beschneigungsanlage, Anforderungen an die Anlagentechnik einschließlich Aspekte der Wildbach- und Lawinerverbauung, Maschinenbautechnik, Elektrotechnik) und ist nicht das Kernthema dieses Beitrages, es wird daher auf den Leitfaden verwiesen.



Einreichprojekte für Bewilligungsverfahren

Unter diesem Punkt werden die wichtigsten Bestandteile und Inhalte eines Vorprojektes und eines Einreichprojektes für das Bewilligungsverfahren angeführt (Allgemeines, technischer Bericht, Beilagen, Pläne).

Kollaudierungsoperare für Überprüfungsverfahren

In diesem Abschnitt werden die für das wasserrechtliche Überprüfungsverfahren erforderlichen Unterlagen aufgezählt, die in Forderungen aus der Bewilligung ihre Deckung finden müssen (zusätzlich explizites Anführen von Änderungen gegenüber dem Bewilligungsprojekt bzw. –bescheid).

Der Band 1 enthält weiters Literaturangaben, wichtigen Internet Links und Beispielen für konstruktive Lösungen.

### **Band 2: Wiederverleihungsverfahren, wiederkehrende Überprüfung, Vorkehrungen bei Erlöschung**

Grundphilosophie

Frühestens 5 Jahre und spätestens 6 Monate vor Ablauf der Konsensdauer von verliehenen Wasserrechten für bestehende Speicherteiche kann um Wiederverleihung angesucht werden. Rechtlich gesehen entspricht diese Wiederverleihung einer neuerlichen Bewilligung, bei der der Stand der Technik erfüllt werden muss (d.h. die Anpassungsmaßnahmen müssen vor der Wiederverleihung gesetzt werden). Da generell in den Anfangszeiten des Speicherbeckenbaues wenig Erfahrung mit dem Langzeitverhalten von Folien vorhanden war, wurde von den Bewilligungsbehörden nur eine kurze Konsensdauer vergeben.

Grundsätzlich sollte ein bestehendes Speicherbecken, so fern es bisher ein einwand-

freies Verhalten gezeigt hat, im Rahmen dieses Wiederverleihungsverfahrens durch unzumutbare Auflagen in seinem Bestand nicht gefährdet werden. Wesentliche, im öffentlichen Interesse der Sicherheit liegende Anforderungen sind jedoch jedenfalls zu erfüllen (z. B. Standsicherheit, Hochwassersicherheit, Anforderungen an das Dichtungsmaterial, Einsetzung des Talsperrenverantwortlichen bzw. Stauanlagenverantwortlichen sowie Sperrenwärters, Erstellung von Sicherheitsberichten, Überprüfungsmöglichkeiten der Dichtigkeit, jedenfalls zu erfassende Messwerte, Fernübertragung, Erreichbarkeiten).

Im Band 2 wird auch immer wieder auf Vereinfachungen für Stauanlagen mit geringem Gefährdungspotential eingegangen.

Dokumentation des Bestandes

Nach Aufnahme des Ist-Zustandes aus Sicht der Geologie, Geotechnik, Wildbach- und Lawinenvorbauung, Gewässerökologie, Wasserbautechnik und Dammbautechnik werden allfällige Defizite gegenüber den Anforderungen bei einer Neubewilligung offensichtlich.

Grundsätzliche Anforderungen für Wiederverleihung

#### **Dammbautechnische Anforderungen**

- Standsicherheitsnachweise gemäß aktuellen Richtlinien der Staubeckenkommission
- Luftseitige Böschungen: nur Strauchbewuchs im untersten Drittel (Achtung auf Drainagen/Wurzeln, Beobachtbarkeit des Dammes)
- Wasserseitige Böschungen:
  - Zustandskontrolle der Abdichtung durch Probenahme an Verdachtsflächen und Analyse (Asphaltbeton, Folien), je nach Zustand - Konsensdauer

oder befristete Erneuerung festlegen,

- Überdeckung der Folie jedenfalls anstreben,
- Einleitungsgerinne befestigen (Schutz von Folie und Beschüttung).

#### **Wasserbautechnische Anforderungen**

- Hochwasserentlastung:
  - Hochwasserentlastung jedenfalls erforderlich, Nachrüstung gemäß den konstruktiven Anforderungen für Neuanlagen (dicht und erosionsicher)
  - Ermittlung des BHQ und SHQ gemäß Leitfaden der Staubeckenkommission (abgekürztes Verfahren möglich, im Regelfall jedoch nach dem vereinfachten detaillierten Verfahren in Abstimmung mit dem Hydrografischen Dienst zweckmäßig)
  - Die sich ergebenden Wasserstände und der Wellenauflauf dürfen in begründeten Fällen die Dichtungsoberkante in einem festgelegten Ausmaß überschreiten (Materialeigenschaften des Kronenaufbaus, Dammschüttmaterial, etc.)

• Grundablass:

- Wenn die Entleerung in 3 – 4 Tagen nicht möglich ist, kann im Einzelfall und unter bestimmten Voraussetzungen auch die Beschneigungsleitung mit herangezogen werden (einfache Manipulation, jederzeitige Zugänglichkeit und Einsatzbereitschaft).
- 2 hintereinander liegende Verschlüsse: Betriebsverschluss – voll regulierfähig, Reserveverschluss – zumindest notschlusstauglich (einfache Manipulation, jederzeitige Zugänglichkeit und Einsatzbereitschaft muss gesichert sein).
- Grundablasserprobung mit voller Wassermenge und entsprechender Dokumentation
- Stauspiegelerfassung: Nachrüsten gemäß den Anforderungen für Neuanlagen
- Messeinrichtungen:
  - Stauspiegelerfassung
  - Standrohre oder Piezometer in Verdachtsbereichen
  - Inklinometer in Verdachtsbereichen



Abb. 8:  
Grundablassverschlüsse

Fig. 8:  
Bottom outlet gates



Abb. 9:  
Grundablassvollerprobung  
(© Tschernutter)

Fig. 9:  
Full range testing of bottom  
outlet

- Dichtheitsprüfungen durch Wasserspiegelbeobachtungen über bestimmte Zeit,
- Falls keine Beckendrainagen zur Beobachtung eventueller Sickerwässer vorhanden sind: häufigere Dichtheitsprüfungen
- Sickerwassererfassung: Nachrüstung gemäß den Anforderungen für Neuanlagen
- Energieanspeisung gemäß den Anforderungen für Neuanlagen
- Verformungsmessungen sind jedenfalls rechtzeitig vor der Wiederverleihung nachzurüsten
- Überwachungspersonal, Betriebsordnung, Überwachungsprogramm und Flutwellenabschätzung gemäß den Anforderungen für Neuanlagen
- Allfällige Anpassungen in Bezug auf die Wasserrahmenrichtlinie

Sonstige Inhalte des Leitfadens – Band 2

Auch betreffend Anlagentechnik werden in Band 2 einige in Bezug auf den Bestand erforderliche Maßnahmen (z. B. Dichtheitskontrollen bzw. Druckproben von Behältern und Rohrleitungen) festgeschrieben. Weiters werden die Anforderungen an die Einreichprojekte im Wiederverleihungsverfahren (technischer Bericht, Pläne, Beilagen) aus Sicht der einzelnen Fachgebiete angeführt. Im Kapitel „Wiederkehrende Überprüfungen“ sind noch einmal die gemäß WRG, gegenständlichem Leitfaden und Leitfäden bzw. Beschlüssen der Staubeckenkommission erforderlichen Überprüfungen zusammengefasst. Der letzte Abschnitt „Vorkehrungen bei Erlöschen von Wasserrechten“ gibt einen Ausblick auf die bei Erlöschen eines Wasserrechtes zur Nutzung eines Speicherbeckens erforderlich werdenden Maßnahmen (einschließlich Anlagentechnik).

## Bezugsquellen für den Leitfaden

Der Leitfaden (Band 1 und 2) kann in gedruckter Form beim Amt der Salzburger Landesregierung, Fachabteilung Wasserwirtschaft (Kontaktperson: Katrin Hotter, Tel. 0662/8042-4497, Email: katrin.hotter@salzburg.gv.at) bezogen oder im Internet unter [http://www.salzburg.gv.at/leitfaden\\_beschneigungsanlagen](http://www.salzburg.gv.at/leitfaden_beschneigungsanlagen) heruntergeladen werden.

## Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Dipl.-Ing. Helmut Czerny  
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,  
Umwelt und Wasserwirtschaft  
Abteilung VII 4 – Technische Belange  
der Wasserwirtschaft  
Staubeckenkommission  
Marxergasse 2, 1030 Wien  
helmut.czerny@lebensministerium.at

Dipl.-Ing. Thomas Eistert  
Amt der Salzburger Landesregierung  
Fachabteilung Wasserwirtschaft  
Michael-Pacher-Straße 36, 5010 Salzburg  
thomas.eistert@salzburg.gv.at

## Literatur / References:

AMT DER SALZBURGER LANDESREGIERUNG – Wasserwirtschaft (2011). Beschneigungsanlagen, Leitfaden für das wasserrechtliche Behördenverfahren, Band 1: Bewilligung und Überprüfung von Neuanlagen.

AMT DER SALZBURGER LANDESREGIERUNG – Wasserwirtschaft (2011). Beschneigungsanlagen, Leitfaden für das wasserrechtliche Behördenverfahren, Band 2: Wiederverleihungsverfahren, Wiederkehrende Überprüfung, Vorkehrungen bei Erlöschung.

BUNDESMINISTERIUM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Staubeckenkommission und Technische Universität Wien (2009). Handbuch: Leitfaden zum Nachweis der Hochwassersicherheit von Talsperrn.


BUNDESMINISTERIUM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Staubeckenkommission (2009). Handbuch: Betrieb und Überwachung von „Kleinen Stauanlagen“ mit länger dauernden Staubelastungen.

BUNDESMINISTERIUM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Staubeckenkommission (2009). Mindestanforderungen an den Stauanlagenverantwortlichen von „Kleinen Stauanlagen“.

BUNDESMINISTERIUM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Staubeckenkommission und Technische Universität Wien (2009). Handbuch: Leitfaden zum Nachweis der Hochwassersicherheit von Talsperrn.

BUNDESMINISTERIUM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Staubeckenkommission (2009). Handbuch: Betrieb und Überwachung von „Kleinen Stauanlagen“ mit länger dauernden Staubelastungen.

BUNDESMINISTERIUM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Staubeckenkommission (2009). Mindestanforderungen an den Stauanlagenverantwortlichen von „Kleinen Stauanlagen“.



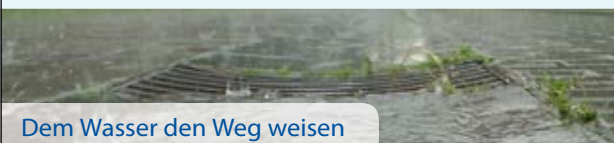
Fließgewässern Raum geben



Wasser berechenbar machen



Dem Wasser den Weg weisen



|  |  |
|--|--|
| <p><b>Arbeitsbereiche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Hydraulik / Hydrologie</li> <li>■ Hochwasserschutz</li> <li>■ Gewässerentwicklung</li> <li>■ Umweltingformatik / GIS</li> </ul> | <p><b>Software-Produkte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ HYDRO_AS-2D</li> <li>■ NASIM</li> <li>■ Jabron</li> <li>■ Delft-FEWS</li> </ul> |
|--|--|

[www.hydrotec.de](http://www.hydrotec.de)

SIEGFRIED SAUERMOSER, ANDREAS REITERER

## Der neue Lawinenerlass des BMVIT 2011: Anwendung in der Praxis, Fallbeispiel

### *Avalanche Safety in Ski Areas, the New Austrian Regulation*

#### Zusammenfassung:

Die Lawinensicherheit in Schigebieten wird in Österreich durch den Lawinenerlass des BMVIT geregelt. Dieser Erlass wurde im Jahre 1975 nach zwei schweren Lawineneignissen in Schigebieten herausgegeben und bis zum Jahre 2011 mehrfach modifiziert und angepasst. Im Jahre 2011 wurde der Lawinenerlass komplett überarbeitet und modernen Erfordernissen angepasst. (Fritz, 2013, in diesem Heft) Der wesentliche Inhalt bezieht sich analog zu Regelungen im Gewerberecht auf die Anlagensicherheit und Betriebssicherheit und auf die Erreichung eines hohen Sicherheitsniveaus insbesondere in Bereichen, in denen sich viele Personen aufhalten. Eine ergänzende Praxisempfehlung, welche von einer Expertengruppe des BMLFUW erarbeitet wurde, sollte die einheitliche Anwendung des Erlasses durch die Gutachter der Wildbach- und Lawinenverbauung sicherstellen und erleichtern.

#### Stichwörter:

Lawinenerlass, Lawinensicherheit, Schigebiet

#### Abstract:

*Avalanche safety in Austrian skiing areas is regulated by the avalanche decree of the BMVIT (Federal Ministry for Transport, Innovation and Technology). This decree was issued in 1975 following two severe avalanche events and was modified and adjusted numerous times leading up to 2011 (Fritz, 2013, in this journal). The avalanche decree was completely revised in 2011 to be compliant with modern requirements. Analogous to the case in commercial law, the decree's principal contents relates to facility safety and operating safety, as well as to ensuring a high level of safety especially in such areas where a large number of people congregate. An additional practical recommendation, which was authored by a panel of experts of the BMLFUW (Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management), is intended to guarantee and ease the uniform application of this decree.*

#### Keywords:

*Avalanche decree, avalanche safety, skiing area*

#### Einleitung

Am 21. Dezember 1974 ereignete sich in Kitzbühel im Schigebiet Hahnenkamm kurz nach 14 Uhr eine schwere Lawinenkatastrophe. Eine Gruppe von Schifahrern wurde von einem Schneebrett erfasst und verschüttet. Dabei starben 13 Personen. Am 31.12.1974 ging eine Lawine im Schigebiet von Gaschurn/Bezirk Bludenz auf die Talstation des Nova-Schleppliftes ab. Es gab 12 Todesopfer. Diese beiden Unfälle im Einzugsgebiet von Schiliften waren die Auslöser für die Erstellung des ersten Lawinenerlasses im Jahre 1975, der die Lawinensicherheit in Schigebieten in Österreich regeln sollte. Bis zu diesem Zeitpunkt war man sich der Lawinenproblematik weniger bewusst, welche durch die zunehmende Erschließung von Schigebieten entstand.

#### Geschichtliche Entwicklung des Lawinenerlasses

Der erste Lawinenerlass vom Jänner 1975 (Bundesministerium für Verkehr/Zl. EB 6403/8-II/3-1975 vom 22. Jänner 1975) regelte grundsätzlich

die Teilnahme eines Sachverständigen für Lawinensicherheit beim Konzessions-, Bau- und Betriebsbewilligungsverfahren. Bis zu diesem Zeitpunkt war es oft nicht üblich, Sachverständige für Lawinensicherheit bei den Genehmigungsverfahren einzuladen.

Dieser Erlass stellte fest, dass neben der Erreichung der ständigen Lawinensicherheit für die Anlage selber als Voraussetzung für die Erteilung einer Konzession das Vorhandensein einer ständig lawinensicheren Schiabfahrt Bedingung war. Dem Seilbahnunternehmen eine derartige Schiabfahrt im Bauverfahren als Auflage vorzuschreiben, war der Seilbahnbehörde mangels Zuständigkeit für Schiabfahrten nicht möglich.

Für Schlepplifte, welche nach der Gewerbeordnung von den jeweiligen Bundesländern genehmigt wurden, erging eine ähnliche Regelung. Der Punkt II.2 des Erlasses regelt die Genehmigung neuer Schlepplifte. Darin wird festgestellt:

*„...Bei Genehmigung neuer Schlepplifte ist nicht nur auf die Lawinensicherheit der Schleppliftanlagen samt Stationsbereichen selbst, sondern – als Voraussetzung für die Genehmigung des Schleppliftes – auch auf das Vorhandensein*



*mindestens einer, der Förderanlage des Schleppliftes entsprechende, ständig lawinensichere Schiabfahrt Bedacht zu nehmen. Wird glaubhaft gemacht, dass diese Voraussetzung bis zur Inbetriebnahme des Schleppliftes vorliegen wird, so ist eine Betriebsbewilligung gemäß § 78 Abs. 2 der Gewerbeordnung 1973 erforderlich. Diesfalls muss zum Zeitpunkt der Betriebsbewilligung mindestens eine sichere Schiabfahrt im vorangeführten Sinne vorhanden sein.“*

Die Problematik bei der Behandlung von bereits bestehenden Anlagen führte zu einem weiteren Lawinenerlass im September 1975 (Bundesministerium für Verkehr Zl. EB 6403/31-II/3-1975 vom 9.9.1975), in dem die Herstellung der Lawinensicherheit von bereits vor dem Jänner 1975 errichteten Anlagen geregelt wurde. Dabei wurde festgestellt, dass für die Sanierung und (lawinenfachliche) Behebung von Missständen sämtliche Maßnahmen in Betracht kommen, die aufgrund der konkreten Verhältnisse des Einzelfalles zur Verhinderung der Lawinengefahr zielführend erscheinen. Der zweite Lawinenerlass präzisiert die notwendigen Maßnahmen des ersten Erlasses betreffend Anlagen mit Errichtungszeitpunkt vor Jänner 1975 und enthält keine Bestimmung, dass etwa Maßnahmen organisatorischer Art ausgeschlossen wären.

Der zweite Lawinenerlass schränkt die Anwendung von temporären Maßnahmen insofern ein, als festgestellt wird, dass die Schließung einer Anlage bei Lawinengefahr für sich alleine keine ausreichende Maßnahme ist und diese zumindest an flankierende Maßnahmen wie das Vorhandensein einer Lawinenkommission gebunden ist.

Im Jahre 1996 erfuhr der Lawinenerlass eine weitere Neuerung. Mit Erlass des Bundesministeriums für Wissenschaft, Verkehr und Kunst (Zl. 238961/4-II/3-1996 vom 1.7.1996) wurden die lawinenfachliche Behandlung von Ersatzan-

lagen und Umbauten geregelt. Wiederum wurden jene Anlagen behandelt, welche vor dem 22.1.1975 errichtet worden waren. Grundsätzlich galt auch für diese Anlagen die Forderung nach permanenter Lawinensicherheit der Anlage und auch einer zugehörigen Abfahrt. Allerdings ließ sich diese permanente Sicherheit im Nachhinein nicht immer herstellen, weshalb ein Ausnahmeverfahren definiert wurde, im Rahmen dessen von einer Kommission das Abweichen des Grundsatzes der permanenten Lawinensicherheit geprüft werden musste. Die Möglichkeit für das Abgehen von der Forderung der permanenten Lawinensicherheit war allerdings nur dann gegeben, wenn *„...das Zusammenwirken der im Einzelnen festzulegenden Maßnahmen jenes Maß an deutlicher Verbesserung der Lawinensicherheit der Anlage, der Schiabfahrt/en, erforderlichenfalls auch des sonst erschlossenen Schigebietes und der Parkplätze im Bereich der Zubringeranlage/n erwarten lässt, mit dem nachvollziehbar auch bei höherer Förderleistung ein überproportionaler Sicherheitszuwachs gegenüber dem Status quo verbunden ist.“*

Im Rahmen des Lawinenerlasses vom 1. März 2004 (BMVIT GZ.238961/3-II/Sch3-2004) wurde diese Regelung noch auf Ergänzungsanlagen ausgeweitet. Als solche wurden Anlagen innerhalb eines bestehenden Schigebietes definiert, für die Genehmigung dieser Anlagen konnte man im Rahmen einer Ausnahmegenehmigung durch eine Kommission von den Forderungen des permanenten Lawinenschutzes abrücken, ebenfalls unter der Voraussetzung eines überproportionalen Sicherheitsgewinnes.

#### **Lawinenerlass 1975–2004: Praktische Anwendung**

Folgende Probleme waren mit der praktischen Anwendung der Lawinenerlässe 1975–2004 verbunden:

Es war in keinem der Erlässe ein Bemessungsereignis definiert. Die Forderung der „ständigen Lawinensicherheit“ und nach der „Maximierung der Lawinensicherheit“ hat bei den Sachverständigen zu unterschiedlichen Interpretationen geführt. Kaum jemand kann im alpinen Naturraum die absolute Lawinensicherheit feststellen, wie dies von den Gutachtern verlangt wurde.

Die permanent sichere oder gesicherte Abfahrt wurde gelegentlich nur angelegt, um dem Erlass Genüge zu tun. Der lawinentechnische Sachverständige hatte zu prüfen, ob eine derartige Abfahrt vorhanden ist, und hatte nicht zu prüfen, ob jene Abfahrt, welche am meisten benutzt wird, lawinensicher ist. In der Praxis kam es somit vor, dass die permanent lawinensichere Abfahrt jene war, die am wenigsten benutzt wurde. Aufwendige Landschaftseingriffe und Verbauungen zum Schutze kaum genutzter „sicherer“ Schiabfahrten stießen nicht nur beim Natur- und Landschaftsschutz, sondern auch bei der Bevölkerung auf Unverständnis. Manchmal wurden „Zubringerbahnen“ errichtet, um die Notwendigkeit einer lawinensicheren Schiabfahrt zu umgehen, obwohl auf diesen Bahnen keine Talbeförderungen üblich waren.

Die ständige Lawinensicherheit einer Abfahrt stellt in der Praxis keinen sicherheitstechnischen oder wirtschaftlichen Vorteil dar. Eine Aufstiegsanlage kann erst dann in Betrieb gehen, wenn der von der Anlage erreichbare, organisierte Schiraum zu Gänze gegen Lawinen gesichert ist.

Die Beurteilung eines „überproportionalen“ Sicherheitsgewinnes bei Ersatz- und Ergänzungsanlagen stieß auf viele Schwierigkeiten, da dieser nicht so einfach quantifizierbar war. Vor allem bei der Errichtung von Ergänzungsanlagen war es schwer zu erklären, warum durch die Errichtung einer zusätzlichen Anlage ein überproportionaler Sicherheitsgewinn entstehen sollte. Gelegentlich wurden Alibimaßnahmen definiert, um dieser Forderung gerecht zu werden.

Die praktische Anwendung der Lawinenerlässe ergaben unterschiedliche Sicherheitsniveaus bei Neuanlagen gegenüber Ergänzungs- oder Ersatzanlagen. Wenn man auf einer temporär gesicherten Ergänzungsanlage sicher war – und das war die klare Forderung der Behörde –, warum war dann auch für eine Neuanlage die Anwendung von temporären Maßnahmen nicht zulässig.

Die Technologien der temporären Lawinenschutzmethoden haben sich in den letzten Jahren deutlich verbessert und sind in Einzelfällen jenen des permanenten Lawinenschutzes manchmal sogar vorzuziehen.

Folgende Entwicklungen sind anzuführen:

- deutlich verbesserte meteorologische Vorhersagemodelle;
- deutlich verbesserte Beobachtungs- und Messeinrichtungen in den Schigebieten;
- verbesserte Analysemethoden von kritischen Lawinensituationen mittels praxiserprobten „Nearest-Neighbor“-Modellen (NXD-SLF etc.);
- deutlich verbesserte Methoden der künstlichen Lawinenauslösung durch Methoden der Fernauslösung und Überschneedeckensprengung. Es stehen derzeit für die künstliche Lawinenauslösung eine Vielzahl praxiserprobter Systeme zur Verfügung;
- verbesserte Methoden der Detektion von Auslöseergebnissen mittels Doppler-Radar oder Infrarot usw.;
- hohes Ausbildungsniveau der zuständigen Lawinenkommissionen.

#### **Lawinenerlass 2011**

Auf rechtlichen Details des Lawinenerlasses 2011 wird im Rahmen dieses Berichtes nicht eingegangen (siehe dazu Fritz, 2013, in diesem Heft). Die wesentlichen Änderungen im Lawinenerlass 2011

aus lawinenfachlicher Sicht gegenüber seinen Vorgängern sind:

- Definition eines Bemessungsereignisses, das jenem der Gefahrenzonenplanung der Wildbach- und Lawinerverbauung entspricht;
- klare Trennung in Anlagen- und Betriebs-sicherheit und Zulassung von temporären Schutzmaßnahmen zur Herstellung der Betriebsicherheit;
- intensivierte Bearbeitung der Stationsbereiche analog zur Bearbeitung von Gebäuden inkl. Umfeld im Rahmen der Gefahrenzonenplanung;
- keine generelle Unterscheidung zwischen Ergänzungs-, Ersatz- oder Neuanlage von Anlagen. Allerdings können Ersatzanlagen wie bisher in einem Ausnahmeverfahren auch mit Stationsgebäuden in Roten Zonen errichtet werden, wenn dadurch die Lawinensicherheit insgesamt verbessert wird;
- keine generelle Forderung nach einer permanent gesicherten Schipiste, sondern Begutachtung einer der Anlage zu-rechenbare Hauptpiste:
- die Anlagensicherheit von Stationsgebäuden in gelben Lawinengefahrenzonen kann auch durch Maßnahmen am Objekt (z.B. verstärkte Wände) hergestellt werden.

**Leitfaden für die Anwendung des Lawinenerlasses durch die Sachverständigen der Wildbach- und Lawinerverbauung**

Um eine einheitliche Anwendung und Interpretation des Lawinenerlasses durch die Sachverständigen des Forsttechnischen Dienstes zu gewährleisten, wird für die Prüfung des Lawinen-

schutzkonzeptes ein Vorgehen nach dem „Leitfaden für die Anwendung des Lawinenerlasses durch die SV der Wildbach- und Lawinerverbauung“ empfohlen. Auch für die Planer der Anlage ist es von Vorteil, die einheitlichen Qualitätsansprüche der Sachverständigen zu kennen und bereits in die Planung einfließen zu lassen.

Einleitend wird darin erinnert, dass bereits beim Ansuchen um eine Konzessionserteilung ein Lawinenschutzkonzept als Vorgriff auf einen Sicherheitsbericht gem. § 60 SeilbG (2003) eingereicht werden muss. Wenn kein Konzept vorliegt, kann durch den Sachverständigen keine Beurteilung durchgeführt werden.

Neben weiteren erklärenden verwaltungsrelevanten Vereinheitlichungen enthält der Leitfaden vor allem einen Arbeitsbehelf für die lawinensichere Beurteilung von Seilbahnen, in dem auf die relevanten Bestimmungen der ÖNORM-Regeln ONR 24805 und ONR 24806 eingegangen wird und eine Checkliste für die Eignung der künstlichen Lawinenauslösung bei der Beurteilung von Sicherungsmaßnahmen.

**Anwendungsbeispiele für den Lawinenerlass 2011**

Bereits mehrere Verfahren wurden von der Seilbahnbehörde nach dem Erlass 2011 abgewickelt. Darunter befinden sich so umfangreiche Verfahren wie der Schigebietszusammenschluss Kappl – St. Anton, der unter den Bestimmungen des alten Erlasses nicht möglich gewesen wäre. Als derzeit aktuelles Praxisbeispiel aus dem Bundesland Tirol ist die Vesilbahn im Schigebiet Ischgl beschrieben. Die generellen Erfahrungen sind bisher zumindest aus der Sicht der Sachverständigen der WLV gut, eine Evaluierung des Erlasses und Diskussion all-fälliger Änderungsnotwendigkeiten wurde mit der Seilbahnbehörde noch nicht durchgeführt.

Beispiel Pitz val Gronda, Schigebiet Ischgl

Die Begutachtung des Lawinenschutzkonzeptes im Rahmen des Konzessionsverfahrens durch die Sachverständigen der WLV ergab folgendes Ergebnis (Auszug aus dem Sachverständigengutachten mit Hinweisen auf die Unterschiede zum alten Lawinenerlass):

**A) Anlagensicherheit:**

Die geplanten Standorte von Tal- und Bergstation wurden als von Natur aus ständig lawinensicher eingestuft. Eine Kartierung der Stationsbereiche und dessen Umfeld analog zur Gefahrenzonenplanung (gemäß dem § 8, Abs. 2, lit. C und §11 Forstgesetz 1975) ist daher nicht erforderlich.

Die Bahntrasse ist abschnittsweise von Lawineneinwirkungen betroffen. Dies betrifft auch die Stütze 1. Im Rahmen der Erstellung des Lawinenschutzkonzeptes wurden die zu erwartenden Kräfte am Stützenstandort ermittelt. An der Stütze selbst sind konstruktive Maßnahmen vorgesehen, die eine Beschädigung wirksam verhindern. Die Berechnungen der auftretenden Stützenkräfte entsprechen den einschlägigen Normen.

Die Seilführung der geplanten Anlage ist so gewählt, dass ein die Funktionsfähigkeit beeinträchtigender Kraftangriff nicht zu erwarten ist. Im oberen Drittel der geplanten Anlage quert das Tragseil so nahe an möglichen Anbruchgebieten von Lawinen, dass eine Staublawinenbildung mit Lasteinwirkungen auf das Tragseil ausgeschlossen werden kann.

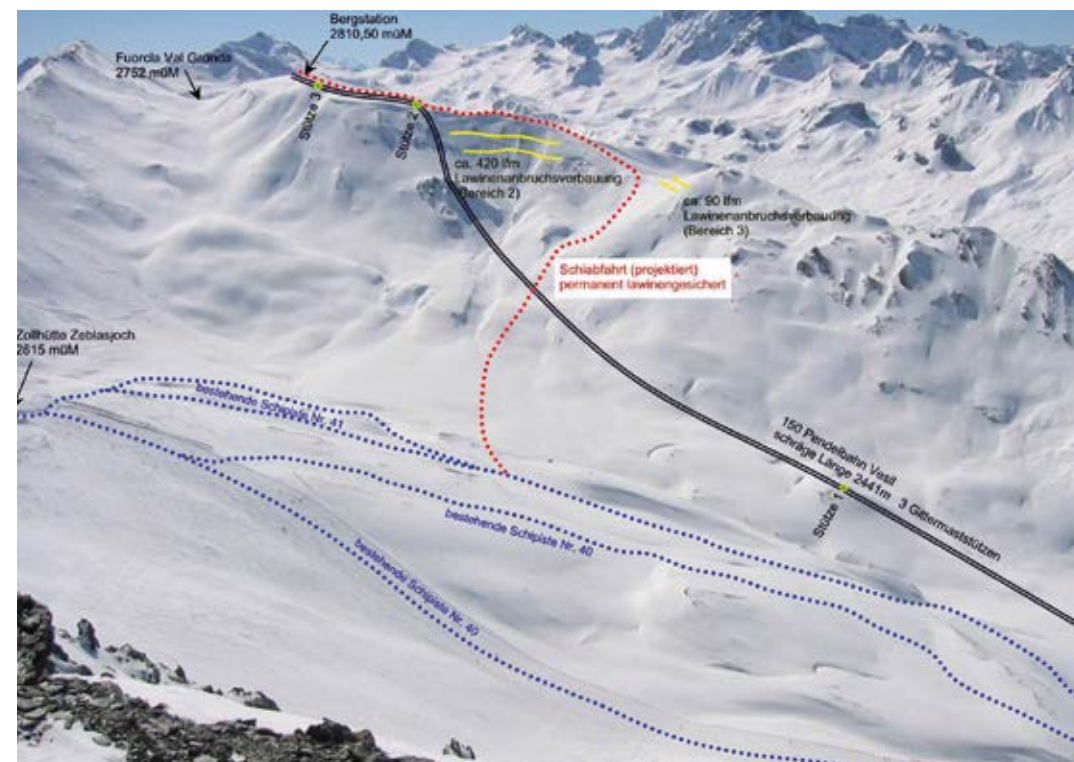


Abb. 1: Vesilbahn mit Markierung (rote Punkte) der ständig lawinensicheren Abfahrt nach den Erfordernissen des Lawinenerlasses 1975/2004.

Fig. 1: Vesil cable car with the descent permanently secured against avalanches, in compliance with the avalanche decree of 1975/2004, marked in red dots



## B) Betriebssicherheit:

Im Rahmen der Beurteilung eines sicheren Betriebes war auf die lawinensichere Erreichbarkeit der Anlage einzugehen, welche in dem gegenständlichen Falle meistens gegeben ist. Die geplante Anlage liegt geographisch am Ende der zu sichernden Bereiche und ist aufgrund der Entlegenheit für den Schibetrieb von untergeordneter Bedeutung, sodass sie im Zweifelsfall geschlossen bleiben kann bzw. erst nach Herstellung von lawinensicheren Bedingungen für den Zutritt geöffnet wird.

Die unmittelbaren Zu- und Abgangsbereiche der Stationen liegen außerhalb von Lawinengefahrenzonen.

Die der neuen Seilbahn zugeordnete Schipiste ist abschnittsweise von Lawinen bedroht. Die Auslauflängen und Ausbreitung von Lawinen wurden in einer Gefahrenkarte unter Zugrundelegung des Bemessungsereignisses dargestellt (Abb. 2). Gemäß Checkliste für den Einsatz von künstlicher Lawinenauslösung ist das Ge-

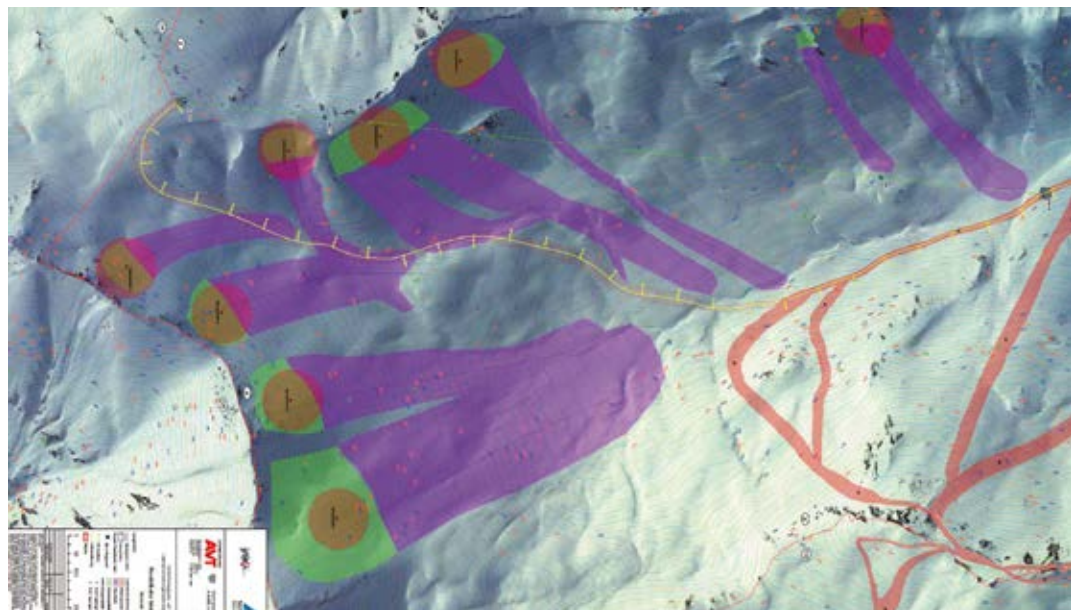


Abb. 2: Darstellung der Lawinensituation im Sinne einer Gefahrenkarte für die Schigebietsenerweiterung Vesilbahn, Schigebiet Ischgl

Fig. 2: Depiction of the avalanche situation for the purpose of a hazard map to be used in extending the ski area accessed by the Vesil cable car, Ischgl ski area

lände gut für diese Sicherungsmethode geeignet. Ausschlusskriterien sind keine vorhanden. In den Lawinenanbruchgebieten wurden von der Antragstellerin insgesamt 8 Anlagen zur künstlichen Lawinenauslösung geplant.

Die Errichtung einer permanent lawinensicheren Abfahrt kann somit entfallen. Diese wäre nur mit unverhältnismäßig großen Schwierigkeiten zu errichten gewesen und hätte entlang eines Gratrückens geführt werden müssen. Der Abschnitt der Piste in den Talboden hätte mit ca. 500 lfm Schneebrücken gesichert werden müssen. Die Hauptabfahrt wäre trotzdem jene gewesen, welche nun mit künstlicher Lawinenauslösung gesichert wird und welche nach den Bestimmungen des neuen Erlasses auch Gegenstand der Beurteilung durch den Sachverständigen ist.

Im Rahmen der Beurteilung der Betriebssicherheit war auch auf die lawinensichere Bergung einzugehen, welche aber hier nicht erläutert werden muss.

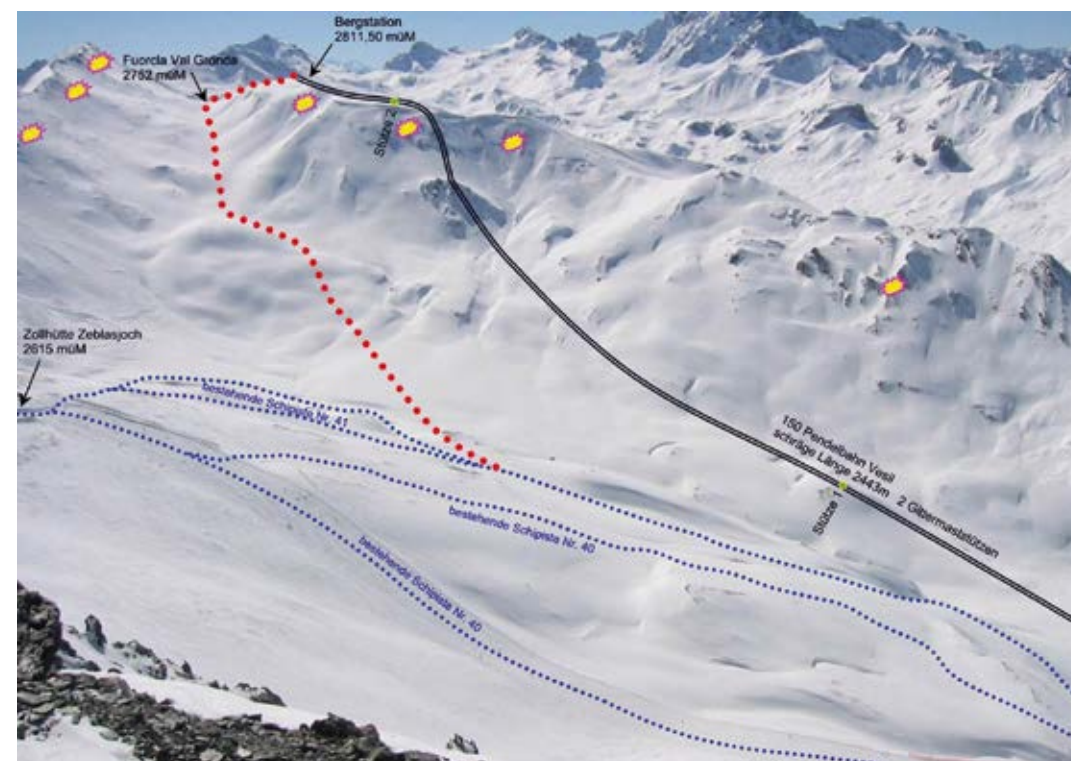


Abb. 3: Vesilbahn mit temporär gesicherter Abfahrt nach den Bestimmungen des Lawinenerlasses 2011; die Errichtung der schitechnisch nicht attraktiven und schwierig zu bauenden permanent lawinengesicherten Abfahrt entlang des Grates kann entfallen.

Fig. 3: Vesil cable car with the temporarily secured descent, in compliance with the avalanche decree of 2011; the erection of the permanently avalanche-secured descent along the ridge, which constitutes a construction challenge and is not an attractive option from a skiing point of view, may be omitted.

### Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Dipl.-Ing. Siegfried Sauer Moser  
Forsttechnischer Dienst für Wildbach und  
Lawinenverbauung; Sektion Tirol  
A-6020 Innsbruck; Liebeneggstraße 11  
siegfried.sauermoser@die-wildbach.at

Dipl.-Ing. Andreas Reiterer  
Forsttechnischer Dienst für Wildbach und  
Lawinenverbauung; Sektion Vorarlberg  
A-6900 Bregenz; Rheinstraße 32/5  
andreas.reiterer@die-wildbach.at

### Literatur / References:

BGBL 103/2003 und BGBL Nr. 12/2011;  
Seilbahngesetz 2003 (in der Fassung 2011)

BMLFUW (2011).  
Lawinenerlass 2011; Leitfaden für die Sachverständigen des  
Forsttechnischen Dienstes; BMLFUW (unveröffentlicht)

BMVIT (2011).  
Lawinenerlass 2011; GZ.BMVIT 238.961/0006-IV/Sch3/2011  
vom 12.9.2011

BMVIT (2004).  
Lawinenerlass 2004; GZ.BMVIT 238961/3-II/Sch3-2004  
vom 1. März 2004



ARNOLD KOGLNIG, SIEGFRIED SAUERMOSEK

## Sicherung von Straßen mit künstlicher Lawinenauslösung (Pilotprojekt Großtallawine)

### *Protection of Roads by Means of Artificial Avalanche Control*

#### Zusammenfassung:

Die Silvretta-Straße B188 ist die Hauptverkehrsader durch das Paznauntal und die einzige Zufahrtstraße für die Gemeinden See, Kappl, Ischgl und Galtür und deren Skigebiete. Aufgrund der zahlreichen Lawenstriche haben in den letzten Jahren verschiedene Abschnitte der Straße regelmäßig gesperrt werden müssen. Da der Wintertourismus die wichtigste Einnahmequelle der Region ist und die Versorgung des Tales gewährleistet werden muss, sollten die Sperrzeiten der Straße so gering wie möglich gehalten werden, gleichzeitig muss aber auch die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer gewährleistet sein. Im Zuge eines Pilotprojektes wurde ein Sicherheitskonzept mit Sprengmasten für die künstliche Auslösung von Lawinen und ein Radar für die Lawinendetektion ausgearbeitet, um eine der Schlüsselstellen der B188 abzusichern. Zum ersten Mal wurden innerhalb dieses Pilotprojektes sogenannte „temporäre Maßnahmen“ (künstliche Auslösung, Detektion) für die Sicherung einer Landesstraße in Österreich eingesetzt.

#### Stichwörter:

Lawinen, künstliche Auslösung, Monitoring

#### Abstract:

The Austrian state road Silvretta Strasse B188 is located in the avalanche-exposed Paznaun Valley. Several sections of the road have to be closed regularly due to high avalanche risk. As the main economic activity of the Paznaun Valley is winter tourism and the Silvretta Strasse B 188 is a very important transport link, closing times of the B188 are very expensive for the region since the villages of See, Kappl, Ischgl and Galtür and their ski resorts are dependent on it. Therefore, seven avalanche towers and a radar unit were installed for the protection of one key section of this road, endangered by two avalanche tracks. For the first time, so-called "temporary measures" (artificial release, detection) were implemented for road protection in Austria.

#### Keywords:

Avalanches, artificial release, monitoring

#### Einleitung

Die Großtal- und die Hoher-Zug-Lawine sind große Tallawinen im Paznauntal, welche die Silvretta-Straße B188 westlich von Ischgl gefährden (Abb.1). Im langjährigen Durchschnitt wird jede zehnte Wintersaison die Landesstraße B188 durch diese Lawinen verschüttet. Neben der B188 wird die Langlaufloipe, die Gemeindestraße sowie ein markierter Winterwanderweg von diesen Tallawinen bedroht.

Technisch wäre ein permanenter Lawinenschutz der Gemeindestraße, der Langlaufloipe, der B188 sowie des ortsnahen Siedlungsbereichs durch Stützverbauungen im Anbruchgebiet möglich. Eine bauliche Behebung der Lawinengefahr durch Straßentunnel (Unterflurtrassen) kann aufgrund der topografischen Verhältnisse nur für die B188 realisiert werden. Beide Varianten sind mit sehr hohen Kosten verbunden und daher wurden diese Verbauungen aus wirtschaftlichen Gründen bis dato nicht durchgeführt, obwohl es seitens der Gemeinden Ischgl und Galtür wiederholte Verbauungspläne gab.

Da die Umsetzung von permanentem La-

winenschutz somit in vertretbarer Zeit nicht realistisch ist, wurde die Möglichkeit des temporären Lawinenschutzes durch kontrollierte künstliche Lawinenauslösung angedacht. Eine Verordnung (GZ 3-17281/4 vom 01.12.2011) der Bezirkshauptmannschaft Landeck (Abteilung Verkehr und Sicherheit) ermöglicht durch Straßensperren der B188 künstliche Lawinenauslösungen im Bereich Großtal- und Hoher-Zug-Lawine. Die Verordnung basiert auf § 44a Abs. 1 StVO („Vorbereitende Verkehrsmaßnahme“) und beschreibt den Ablauf verkehrsregelnder Maßnahmen bei einer Notwendigkeit zur Absprengung der vorgeannten Lawinen. Daher wurde diese Verordnung später auch als Grundlage für das Einsatzkonzept zur Sicherung der B188 herangezogen.

Um Erfahrungen mit künstlicher Auslösung zu sammeln, wurden in den Wintern 09/10 und 10/11 von der Gemeinde Ischgl Lawinensprengungen vom Hubschrauber aus durchgeführt. Besonders im Winter 09/10 konnten häufig Kleinlawinen ausgelöst und eine Verbesserung der Gefahrensituation für die B188 erreicht werden. Der Winter 10/11 war aufgrund seiner geringen Schneemengen nicht aussagekräftig.

Die Erfahrungen der beiden Testwin-



Abb. 1: Überblick Lawinenzüge Großtal und Hoher Zug. Anbruchgebiet (blau), Sturzbahn (gelb) und Ablagerungsbereich (rot) sind markiert. Die gefährdete Silvretta-Straße B188 sowie die Ortschaft Ischgl sind gekennzeichnet. (Quelle Foto: Google Earth©).

Fig. 1: Overview of Großtal and Hoher Zug avalanches. Starting zones (blue), track (yellow) and run-out zone (red) are indicated. The endangered Silvretta Strasse B188 as well as the village of Ischgl are marked (Source: Google Earth©).

ter haben gezeigt, dass die Organisation der Lawinensprengung entsprechend der Verordnung möglich ist und eine Reduktion der Sperrzeiten durch künstliche Auslösung von Lawinen erreicht werden konnte.

### Charakteristik der Lawineneinzugsgebiete Großtal und Hoher Zug

Das hauptsächlich nach Südosten exponierte, kesselförmige Anbruchgebiet der Großtal-Lawine (Abb. 1 und 2) erstreckt sich über eine Fläche

von ca. 16 ha und liegt auf einer Seehöhe von 2100 m bis ca. 2400 m. Die durchschnittliche Neigung des Anbruchgebietes liegt zwischen 30° und 35°. Oberhalb des Anbruchgebietes verflacht das Gelände und geht in das Madleinkar über, bevor es endgültig aufsteilt und die Kammlinie des Madleinkopfes zum Lattenkopf bildet. Lawinen aus diesem Bereich sind extrem selten, aber auch nicht gänzlich auszuschließen, Diese Tatsache macht die Abdeckung des Anbruchgebietes mit Stützwerten schwierig, da auch der oberste Hangbereich als verbauungsnotwendig anzuse-

hen wäre. Die Gefahrenbeurteilung ist aufgrund der kesselförmigen Ausbildung des Anbruchgebietes, welches deutlich im Lee zu hauptsächlich auftretenden Nordwest-Nordwinden liegt, schwierig und die Schneedeckenverteilung variiert deutlich mit der vorherrschenden Hauptwindrichtung. Aufgrund dieser Schwierigkeit – auch der Nichteinsehbarkeit bei schlechtem Wetter – kam es in der Vergangenheit auch zu vereinzelt Fehleinschätzungen, die im Jahr 1994 durch die Verschüttung der B188 bei geöffneter Straße dokumentiert sind.

Die Sturzbahn der Großtallawine reicht von ca. SH 2100 m bis auf die Talsohle bei SH 1360m. Diese ist kanalisiert und erst am Talboden des Paznauntals kommt es zu einer schwemmgel-förmigen Ausbreitung der Lawine, wobei im tal-läueren Bereich der Weiler Paznaun durch einen Lawinenablenkdamm geschützt ist.

Mit einer ca. 10-jährigen Frequenz erreicht die Großtallawine die B 188, welche ca. 100 m vom Hangfuß entfernt ist, die Gemeindestraße direkt am Hangfuß wird nahezu jährlich von Lawinen erreicht.

Die Anbruchgebiete der Hohen-Zug-Lawine befinden sich auf der gegenüberliegenden Talseite und diese sind gegen Norden exponiert. Die beiden Anbruchgebiete liegen an den Nordhängen des Tschamatschkopfes zwischen SH 2100 m und ca. SH 1900 m. Die vergleichsweise kleinen länglichen Anbruchgebiete in seichten Geländemulden sind nur ca. 1.5 ha und 3 ha groß. Die Sturzbahn in einer leichten Kanalisierung reicht ebenfalls bis zum Talboden auf SH 1360 m und die unmittelbar am Hangfuß geführte B 188 ist davon in einem ca. 10-jährigen Intervall von dieser Lawine gefährdet. Eine Einwehung dieser Anbruchgebiete findet vor allem bei Westwinden, welche entlang der Talflanken streichen, statt. Ebenfalls können Süd- bis Südwestwinde eine starke Schneeverfrachtung über den auf SH 2479 m

(Rauher Kopf) bis zum Tschatschkopf (SH 2145 m) verlaufenden Geländerücken verursachen.

### Künstliche Auslösung mit Sprengmasten

Auf Basis der oben beschriebenen Grundlagen und Erfahrungen beschloss die Landesstraßenverwaltung Tirol gemeinsam mit der Gemeinde Ischgl, in Zusammenarbeit mit der Wildbach- und Lawinenverbauung Tirol, fix installierte Anlagen zur künstlichen Auslösung von Lawinen zu errichten. Dadurch sollte das Restrisiko auf ein akzeptierbares Maß reduziert werden und die künstliche Auslösung sicherer, schneller und einfacher werden.

Infolge dessen musste als erstes die Wahl der Sprengpunkte bzw. die Art der fix installierten Anlagen festgelegt werden. Ideale Sprengstandorte sind solche mit geringerer Stabilität, d. h. jene Standorte mit hoher Wahrscheinlichkeit für einen Initialbruch (Gubler et al., 2011). In Anbetracht der Tatsache, dass solche Standorte nicht präzise ausfindig gemacht werden können, muss das gesamte potenzielle Anrissgebiet durch die Wirkungsradien der einzelnen Sprenganlagen abgedeckt sein. Um dies auf eine ökonomische Art und Weise mit einer minimalen Ladungs- bzw. Anlagenanzahl zu realisieren, sollte man Sprengmethoden mit größtmöglichen Wirkungsradien bevorzugen und die Sicherungsarbeiten an jenen Orten beginnen, welche erfahrungsgemäß eine schwache natürliche Stabilität aufweisen. Aus praktischen Erfahrungen (z.B. Stoffel, 2013), aber auch aufgrund von wissenschaftlichen Studien (Gubler, 1977) ist bekannt, dass Sprengungen über der Schneedecke mit Sprengstoffen mit hoher Detonationsgeschwindigkeit die besten Resultate erzielen und die höchste Prozentzahl positiver Sprengungen erreicht wird.

Aufgrund des großen Wirkungsbereiches der 5-kg-Sprengstoff-Ladungen ( $r = 130$  m) (Gubler, 1983; Stoffel, 2001) fiel die Systemwahl auf



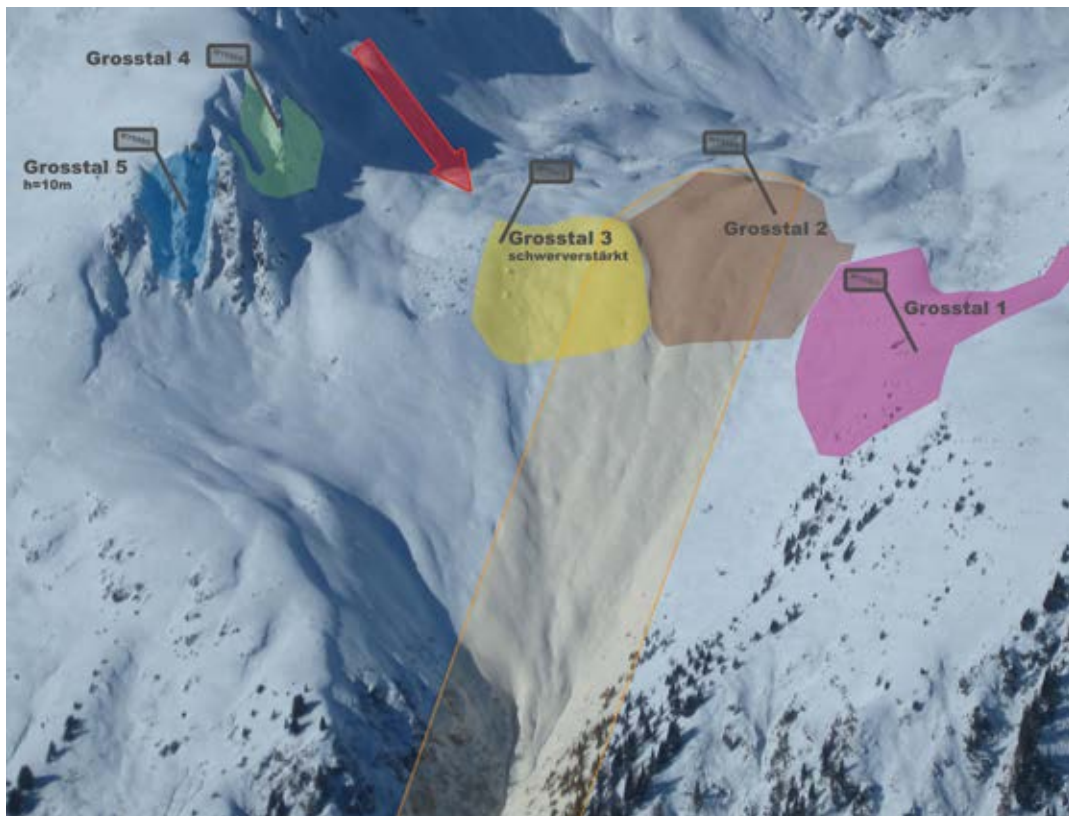


Abb. 2: Übersicht Anbruchgebiet Großtal-Lawine. Die Standpunkte der Masten und die ungefähren Wirkungsbereiche ( $r = 130$  m) sind markiert. Der rote Pfeil markiert die mögliche Lawinengefahr für Sprengmast 3 aus dem Bereich Madleinspitze, daher schwerverstärkte Ausführung mit zweitem Fundament. Sprengmast 5 wurde um 2 m höher gemacht ( $h = 10$  m). In orange ist der Überwachungsbereich (Breite ca. 160 m) des Radar markiert. (Bitte beachten Sie, dass die Ansicht durch die Luftaufnahme verzerrt ist.)

Fig. 2: Overview of the Großtal avalanche starting zone. The location of the avalanche towers and roughly the effective range are indicated. The red arrow marks possible avalanche danger for tower 3 from the area of Madleinspitze, therefore it is a reinforced version with a second foundation. Tower 5 is 2 m higher ( $h = 10$  m). The orange area marks the monitored zone of the avalanche radar.

den Wyssen-Lawinsprengmast LS12-5. Diese Entscheidung wurde auch von den positiven Erfahrungen (Installation und Handhabung, geringe Ausfallquoten) der Silvretta Seilbahn AG, welche verschiedenste Systeme im Skigebiet betreibt, unterstützt. Weitere technische Details zum Wyssen-Lawinsprengmasten können in Gubler et al. (2002) gefunden werden.

Abbildung 2 gibt einen Überblick über das Anbruchgebiet der Großtal-Lawine und die Position der Sprengmasten. Um sowohl den gesamten Kesselbereich mit seinen großen, offenen Flächen als auch die potenziell gefährlichen Rin-

nen im Westen abzudecken, wurde eine Stückzahl von fünf Sprengmasten gewählt. Im Bereich der Sprengmasten 1 bis 3 sind weite, große Flächen vorhanden und die Druckwelle der Detonation kann sich gut ausbreiten.

Beim Standort Großtal 3 wurde eine schwerverstärkte Version des Masten mit zweitem Fundament gewählt, damit er etwaigen dynamischen Lawinenkräften von oberhalb, aus dem Bereich Madleinspitze widerstehen kann. Die Sprengmasten 4 und 5 befinden sich im Felsgelände am westlichen Rand des Anbruchgebietes. Die Masten wurden bewusst auf Geländerücken ge-

setzt, damit sich die Druckwelle zu beiden Seiten in die Mulden ausbreiten kann. Zusätzlich wurde beim Standort 5 ein höherer Mast gewählt ( $h = 10$  m), um eine bessere „Einsehbarkeit“ und somit Wirkung der Druckwelle in die seitlichen Rinnen zu haben.

Abbildung 3 zeigt die Standorte der Sprengmasten im Bereich Hoher Zug. Im Bereich Hoher Zug 1 war die Standortwahl schwierig, wollte man doch sowohl den oberen flacheren Teil als auch den unteren steileren Teil im Wirkungsbereich eines Sprengmasten haben.

Mit den betroffenen Grundstückeigentümern sowohl im Anbruchgebiet, wo die Sprengmasten installiert wurden, als auch im Ablagebereich der Lawinen wurden Verhandlungen

geführt und Vereinbarungen über Schadenersatzzahlungen getroffen. Prinzipiell werden durch die frühzeitige, künstliche Auslösung von Lawinen auftretende Schäden minimiert, da damit zu rechnen ist, dass dadurch die Lawinen in kleinerem Ausmaß abgehen. Überdies ist das Land Tirol gegen Schäden, welche aufgrund künstlicher Lawinenauslösung entstehen, versichert.

Für die Abschätzung der Schneehöhen und die Bestimmung des optimalen Sprengzeitpunktes steht der Lawinenkommission eine Wetterstation im östlich der Großtal-Lawine gelegenen Pischgraben zur Verfügung. Die Wetterdaten und in Folge die Maßnahmen werden mit der nahegelegenen Lawinenkommission des Skigebietes (Silvretta Seilbahn AG) abgestimmt.

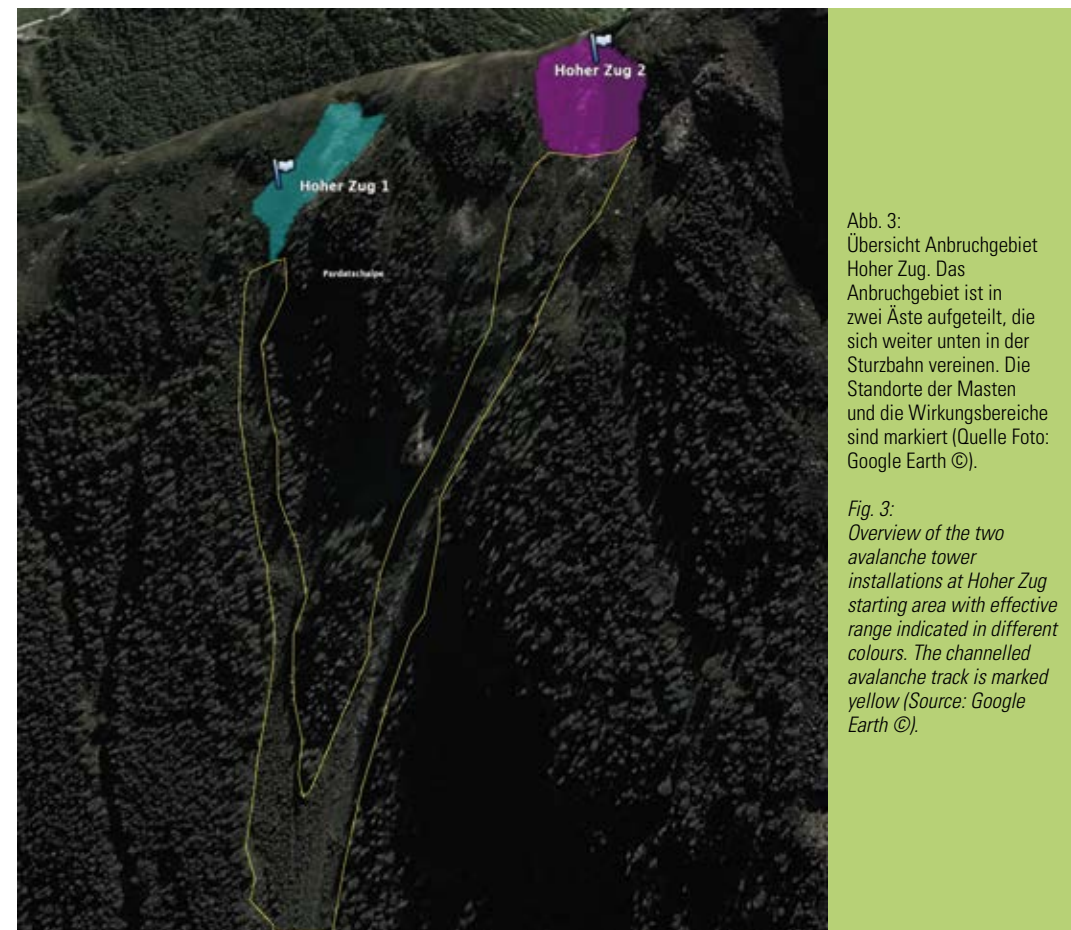


Abb. 3: Übersicht Anbruchgebiet Hoher Zug. Das Anbruchgebiet ist in zwei Äste aufgeteilt, die sich weiter unten in der Sturzbahn vereinen. Die Standorte der Masten und die Wirkungsbereiche sind markiert (Quelle Foto: Google Earth ©).

Fig. 3: Overview of the two avalanche tower installations at Hoher Zug starting area with effective range indicated in different colours. The channelled avalanche track is marked yellow (Source: Google Earth ©).



## Lawinenradar

Zusätzlich zu den Sprengmasten wurde für die Überwachung des Bereiches Großtal-Lawine ein Radargerät installiert (Abb. 4). Das Radargerät überwacht permanent einen vordefinierten Bereich des Anbruchgebietes und kann so Lawinenabgänge detektieren. In Kombination mit künstlicher Auslösung ermöglicht das Radar die Verifikation des Sprengerfolges. Die Information, ob eine Lawine ausgelöst werden konnte, zusammen mit einer groben Abschätzung der Größe kann vor allem bei schlechtem Wetter und schlechter Sicht der Lawinenkommission ihre Arbeit erleichtern.

Das Lawinenradar ermöglicht zudem noch die Detektion von spontaner Lawinenaktivität und hilft mit dieser Information der Lawinenkommission bei der Einschätzung des lokalen Lawinenrisikos.

Das Lawinenradar basiert auf dem Prinzip des sogenannten „Pulsed Doppler Radar“; dabei werden elektromagnetische Wellen (Mikrowellen) abgestrahlt, die dann wieder von der Lawinenfront reflektiert werden und zurück zum Radar kommen. Diese Wellen haben eine bestimmte Frequenz (10.2 GHz), damit ist man im sogenannten X-Band-Bereich (8 GHz bis 12 GHz) mit Wellenlängen um die 3 cm. Die Wellenlänge ist physikalisch gesehen der kleinste Abstand zweier Punkte gleicher Phase einer Welle und gibt bei der Anwendung für Monitoring-Zwecke Auskunft über die Auflösung des Radars. Das heißt, mit einer Frequenz von 10.2 GHz kann das Radar Teilchen mit einer minimalen Größe von ca. 3 cm detektieren. Störeinflüsse durch Niederschlag (Regen, Schnee) mit einer kleineren Partikelgröße werden daher minimiert. Wetterradar haben zum Beispiel eine weitaus höhere Frequenz (>18 GHz) und können so kleinere Partikel (Niederschlag, Wolken) im mm-Bereich oder kleiner messen.

Das Lawinenradar misst Geschwindigkeiten durch Ermittlung der Frequenzverschiebung verursacht durch den Doppler-Effekt – ähnlich des allseits bekannten Radars zur Geschwindigkeitsmessung für die Verkehrsüberwachung – und erfasst somit eine Lawine erst, wenn sie in Bewegung ist. Das Radar kann Lawinenaktivität bis zu einer Distanz von 2 km und Geschwindigkeiten von 1 km/h bis 300 km/h detektieren. Bei einer Entfernung von 2 km beträgt die Breite des überwachten Streifens



Abb. 4: Das Lawinenradar, installiert am Tennisplatz der Gemeinde Ischgl mit Blick auf die Großtal-Lawine. Stromversorgung mit Kabel und Internetanbindung mit Mobilfunknetz. Zum Schutz vor Schnee wurde nachträglich noch ein Dach über die Antenne an den Mast geschraubt.

Fig. 4: The avalanche radar device installed down in the valley facing the Großtal avalanche track.

ca. 160 m, man kann somit meist nur einen Teil des Anbruchgebietes oder wie hier im Falle der Großtal-Lawine die Sturzbahn überwachen. Des Weiteren kann der Überwachungsbereich (Sturzbahn der Lawine) in verschiedene Abschnitte, sogenannte „Range Gates“, unterteilt werden (Abb. 5). Diese Technik erlaubt es, Abschnitte („Range Gates“) aus der automatischen Alarmanalyse auszuschließen, sollten diese die Ursache für Fehlalarme sein. Sollte zum Beispiel eine Piste den Überwachungsbereich queren und man erhält Fehlalarme aus diesem Abschnitt, kann man ihn aus der Alarmanalyse ausschließen, das Radar ist dann quasi blind für diesen Bereich. Mehr Informationen über das Doppler-Radar finden sich in Gauer et al. (2007) und Rammer et al. (2007).

Sollte das reflektierte Signal einen vordefinierten Schwellenwert überschreiten, wird ein Alarm abgesetzt. Dieses Alarmsignal wird per SMS und E-Mail an die Mitglieder der Lawinen-

kommission verschickt. Zusätzlich kann mithilfe einer Software auf dem Sprengcomputer während der Sprengung auf einem „Live Viewer“ eine Visualisierung der Radardaten angesehen und der Sprengerfolg so parallel überwacht werden.

Der Schwellenwert für den automatischen Alarm wird bei einer Neuinstallation aus Erfahrungswerten abgeschätzt und dann mit der Zeit an die Gegebenheiten (Störsignale, etc.) des Standortes angepasst. Um die Schwellenwerte optimal festlegen zu können und eine verlässliche Detektion zu erhalten, werden ca. einen Monat Daten und 3 bis 4 aufgenommene Lawinenabgänge benötigt.

Zusätzlich zu dem während des Pilotprojektes Großtal-Lawine installierten Radars wurden im Herbst 2012 noch zwei weitere Radargeräte aufgestellt (Kaunertal-Straßensicherung, St. Anton-Pistensicherung). Erfahrungen über längere Zeit mit mehreren Geräten an verschiedenen

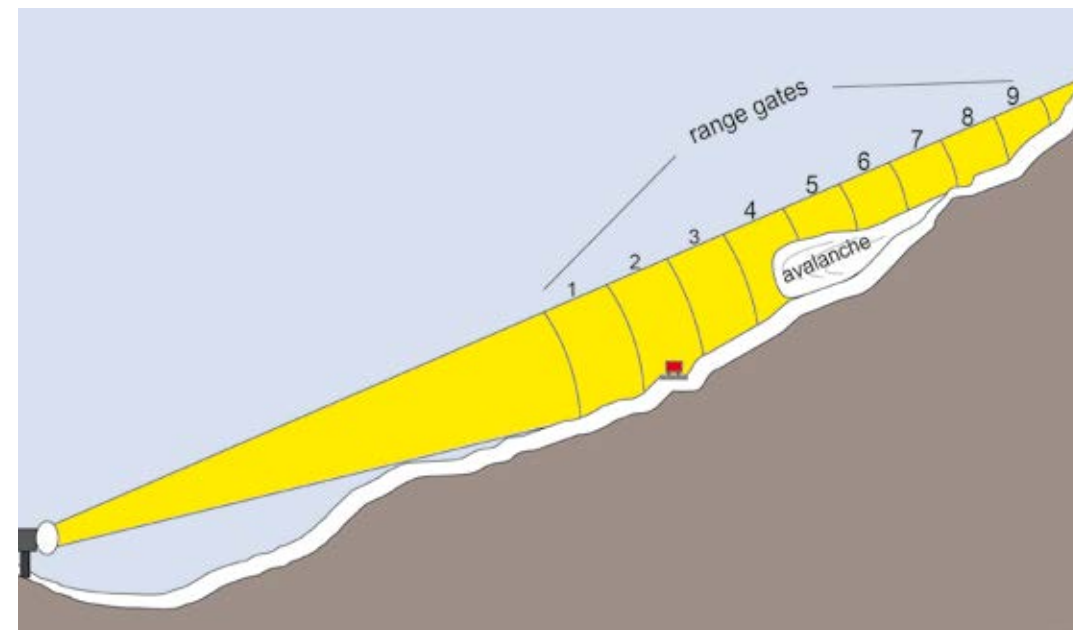


Abb. 5: Das Radar unterteilt den Überwachungsbereich in verschiedene Abschnitte, sogenannte „Range Gates“ (z.B. 1-9). Dadurch kann man bestimmte Abschnitte ausblenden, sollten hier Störquellen sein, die Fehlalarme verursachen.

Fig. 5: The radar offers the possibility of dividing the monitored area into different sections, so called „Range Gates“, which as a result only allows some of the sections to be used for signal analysis.

Standorten werden zeigen, ob sich die positiven Erfahrungen aus dem ersten Winter bestätigen.

### Wahl des Sprengzeitpunktes

Ob es zur Auslösung einer Lawine kommt, ist stark vom Sprengzeitpunkt abhängig (Stoffel, 2013). Lawinensicherungsarbeiten sollten, wenn immer möglich, während oder unmittelbar nach Großschneefällen oder starker Schneeverfrachtung durchgeführt werden, bevor die natürliche Schneedeckenstabilität ansteigt (Gubler et al., 2011). Wenn die Lawinengröße (Auslaufdistanz) kritisch ist und limitiert werden soll, müssen Lawinensicherungsarbeiten zwingend bereits während der Niederschlags- oder Verfrachtungsphase durchgeführt werden, zumindest in den steileren Partien der Anrissgebiete.

Werden aber andererseits Sprengungen in flacheren Anrissgebieten ( $< 35^\circ$ ) bereits nach sehr kleinen Neuschneemengen durchgeführt, steigt die Möglichkeit einer negativen Sprengung rapide an und es sinkt unter Umständen die Wahrscheinlichkeit, dass durch spätere Sprengversuche Lawinen ausgelöst werden. Die negativen Sprengungen zum früheren Zeitpunkt können, zumindest lokal, die Festigkeit der Schwachschicht erhöhen (durch forcierte Setzung).

Sobald die Auslaufdistanz einzelner Lawinen kritisch werden könnte, muss der Zeitpunkt für die anstehenden Sicherungsarbeiten sehr sorgfältig gewählt werden. Sprengt man zu früh, führt dies zu einem negativen Sprengresultat, sprengt man zu spät, werden zu große Lawinen ausgelöst. Grundsätzlich ist es mit fix installierten Anlagen möglich, steile Hänge während Großschneefällen mehrere Male zu entladen. Man darf aber nie davon ausgehen, dass stark geladene Hänge, mit kleineren Sprengladungen oder einer unterschiedlichen Ladungspositionierung, portionweise ausgelöst werden könnten. Sobald die

Bruchfortpflanzung eingesetzt hat, hängt sie in der Regel nicht mehr von ihrer Initialisierung ab (Gubler, 1977).

Hänge mit extremen Strahlungsbedingungen (südexponierte Hänge) sollten vor Hängen ohne nennenswerte Strahlungseinflüsse ausgelöst werden. Die Strahlung beschleunigt die abbauende Umwandlung als auch die Setzung der oberflächennahen Schicht (Schneebrett). Diese Vorgänge verursachen eine Abnahme der Festigkeit für eine begrenzte Zeit, erhöhen jedoch nachträglich die Steifigkeit der Schicht, ohne die Schwachschicht zu beeinflussen. Deshalb sind die Bedingungen für einen Initialbruch und einsetzende Bruchfortpflanzung besser, bevor die Festigkeit des Schneebretts (infolge Setzung) und allenfalls auch der Schwachschicht zunimmt.

Die Erfahrungen der letzten 15 Jahre haben gezeigt, dass mit Sprengensätzen auch Nassschneelawinen ausgelöst werden können (Stoffel, 2013). Bei Nassschnee ist der Wirkungsradius in der Regel aber stark eingeschränkt (meist nur auf eine ausgedehnte Kraterzone beschränkt). Generell ist zu sagen, dass Nassschnee aufgrund der gesinterten Struktur und dem kurzen Zeitraum der Instabilität, nicht sehr leicht auszulösen ist (Johnson, 1980). Daher ist der richtige Sprengzeitpunkt sehr schwierig zu bestimmen, da sich die Stabilität in einer nassen Schneedecke viel schneller ändert, als in einer trockenen Schneedecke. Erfahrungen haben gezeigt, dass die Erfolgswahrscheinlichkeit zur Auslösung von Nassschneelawinen am größten ist, wenn die Sprengungen kurz nachdem die höchsten Temperaturen erreicht wurden und die Abkühlung nach Sonnenuntergang wieder einsetzt, ausgeführt werden.

### Restrisiko nach Sprengarbeiten

Bei Arbeiten mit temporären Maßnahmen, wie künstlicher Auslösung von Lawinen, verbleibt im-

mer ein gewisses Restrisiko spontaner Lawinenabgänge, welches im Folgenden diskutiert wird. Sobald in einem Anbruchgebiet eine großflächige Lawine ausgelöst wurde, können Anrissgebiet, entsprechende Sturzbahn und Auslaufgebiet als sicher eingestuft werden. Normalerweise sind ausgeprägte Wetteränderungen notwendig, um die Stabilität der verbleibenden Schneedecke im Anrissgebiet zu verkleinern und dadurch das Gefahrenpotenzial erneut ansteigen zu lassen. Zu beachten sind allenfalls Ablagerungen in der Sturzbahn, die bei einer Erwärmung erneut mobilisiert werden könnten.

Wenn im potenziellen Anrissgebiet keine nennenswerten Lawinen mithilfe künstlicher Lawinensicherungsmethoden ausgelöst werden konnten, kann die Sprengung als positiver Stabilitätstest interpretiert werden, falls folgende Regeln nach Gubler et al. (2011) berücksichtigt wurden:

- Das komplette potenzielle Anrissgebiet muss mit den Wirkungsradien der einzelnen Anlagen abgedeckt sein.
- Reduzierte Wirkungsradien durch von der Druckwelle abgeschattete Hangbereiche müssen berücksichtigt werden.
- Die Sprengung darf nur für trockene Schneedecken als Stabilitätstest interpretiert werden.
- Die Detonation muss aufgrund des Knalls von einer Person oder einer elektronischen Messung verifiziert werden.
- Nach negativen Sprengresultaten sollte in der Regel eine Zeitspanne von 15 Minuten in Fällen mit hoher Schneetemperatur und eine Stunde in Fällen tieferer Temperaturen abgewartet werden, bevor das Gebiet als gesichert eingestuft werden kann (Zeit für die mechanische Relaxation der Schneedecke).

Falls keine Lawinen ausgelöst werden konnten (negatives Resultat) aber obenstehende Grundsät-

ze sorgfältig beachtet wurden, kann das Restrisiko für einen unvorhergesehenen Lawinenabgang in vielen Fällen dennoch als klein eingeschätzt werden. Die kontinuierliche Beurteilung der Entwicklung der Schnee- und Wetterverhältnisse ist jedoch unerlässlich, um einen möglichen Gefahrenanstieg frühzeitig zu erkennen.

Bei Lawinensicherung mittels künstlicher Auslösung muss auch das Risiko von Sekundärlawinen, d.h. Lawinen die infolge einer abgehenden Lawine zusätzlich anbrechen, berücksichtigt werden. Das Auftreten ist unter anderem von der Schneedeckenstabilität, der Topographie oder der Ausbreitung seismischer Wellen im Boden abhängig (Stoffel, 2001). Eine umfassende Zusammenfassung zum Thema Sekundärlawinen findet sich in Stoffel et al. (2012).

### Zusammenfassung

Der Winter 2011/2012 war durch hohe Schneefälle in Österreich gekennzeichnet und daher konnten gute Erfahrungen mit dem temporären Sicherungskonzept bei der B188 gesammelt werden.

Neben der bereits erwähnten Standortwahl und der Wahl der Anlage zeigte sich, dass ein weiterer Schlüsselpunkt bei der Arbeit mit Systemen zur künstlichen Auslösung ein gut geplantes Sicherheitskonzept ist. Es besteht aus: i.) Definition für minimale und maximal Neuschneehöhen für den Betrieb der Anlagen, ii.) bei Sprengungen zu benachrichtigende Personen (LWK, Polizei, Gemeinde, Anrainer, etc.), iii.) Definition der gefährdeten Bereiche, Position der Absperrposten und iv.) Definition des verbleibenden Restrisikos und der Notfall-Maßnahmen. Wie bei allen Anlagen und Maschinen hängt das Ergebnis nicht nur vom Gerät selbst, sondern vor allem auch von der Erfahrung der Person ab, die sie bedient. Besonders bei der künstlichen Auslösung von Lawinen ist die Lawinenkommission gefordert, um



den richtigen Zeitpunkt der Sprengung festzulegen, damit der bestmögliche Auslöseerfolg erzielt wird.

Im Rahmen des Pilotprojektes Großtal-Lawine zeigte sich, dass eine aktive Bewirtschaftung des Anbruchgebietes mithilfe von Sprengmasten unter bestimmten Rahmenbedingungen eine Alternative zu permanenten Verbauungen ist.

Sowohl die Gemeinde Ischgl als auch die Landesstraßenverwaltung Tirol zeigen sich zufrieden mit den Sicherungserfolgen bei der Großtal- und Hoher-Zug-Lawine. Obwohl die Lawinensituation vor allem in den ersten Jänner-Wochen 2012 kritisch war und die Silvretta-Straße B 188 an mehreren Tagen gesperrt werden musste, war eine Sperre des Straßenbereiches, welcher von der Großtal-Lawine gefährdet war, nicht notwendig. Dies ist vor allem für die Gemeinde Ischgl wichtig, da der Ortsteil Mathon somit leichter erreichbar ist. Ebenso ist die Gemeinde Galtür auch in kritischer Zeit leichter von Ischgl aus zu erreichen. Seit der Installation der Sprengmasten musste der betroffene Straßenabschnitt der B188 nicht mehr aufgrund akuter Lawinengefahr der genannten Lawinen gesperrt werden.

Die Erfahrungen dieses Projektes haben gezeigt, dass es in den Bundesländern klare Vorgehenskonzepte bei der Sicherung von Straßen durch künstliche Lawinenauslösung braucht. Dabei sind Fragen des Betreibers der Anlage, dessen Qualifikation, der allfälligen Schadensabgeltung etc. rechtlich sauber zu klären. Dabei müssen auch klare Ausschließungsgründe definiert werden, welche aufzeigen unter welchen Rahmenbedingungen künstliche Lawinenauslösung nicht in Frage kommt. Derzeit werden in Tirol diesbezügliche Richtlinien erstellt und voraussichtlich im Jahre 2013 in Kraft gesetzt werden.

#### **Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:**

DI DI Dr. Arnold Kogelnig  
Wyssen Austria GmbH  
Höttinger Au 81, 6020 Innsbruck  
arnold@wyssen.com

HR DI Siegfried Sauer Moser  
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung  
Sektion Tirol  
Liebeneggstrasse 11, 6020 Innsbruck  
siegfried.sauermoser@die-wildbach.at

#### **Literatur / References:**

GAUER P., KERN M., KRISTENSEN K., LIED K., RAMMER L. AND SCHREIBER H. (2007).  
On pulsed Doppler radar measurements of avalanches and their implication to avalanche dynamics, *Cold Regions Science and Technology*, 50, 55-71

GUBLER H. (1977).  
Artificial release of avalanches by explosives. *J. of Glaciol.* Vol 19, Nr. 81, 419 - 429.

GUBLER H. (1983).  
Künstliche Auslösung von Lawinen durch Sprengungen, *Mitteilung SLF*, Nr. 36.

GUBLER H. and WYSSEN S. (2002).  
Artificial release of avalanches using the remote controlled Wyssen Avalanche Tower, *Proceedings: International Snow Science Workshop*, Penticton, British Columbia.

GUBLER H., WYSSEN S. und KOGELNIG A. (2011).  
Leitfaden künstliche Lawinenauslösung; *wyssen avalanche control AG*, Reichenbach (unveröffentlicht).

JOHNSON J. (1980).  
A model for snow-slab failure under conditions of dynamic loading. *Journal of Glaciology*, Vol. 26, No. 94, 245-254.

RAMMER L., KERN M., GRUBER U. and TIEFENBACHER F. (2007).  
Comparison of avalanche-velocity measurements by means of pulsed Doppler radar, continuous wave radar and optical methods. *Cold Regions Science and Technology*, 50, 35-54.

STOFFEL L. (2001).  
Künstliche Lawinenauslösung. *Praxishilfe*. 2. überarbeitete Auflage. Mitt. Eidgenoss. Inst. Schnee- Lawinenforsch. Nr. 53, 66 Seiten.

STOFFEL L. und MARGRETH S. (2012).  
Beurteilung von Sekundärlawinen bei künstlicher Lawinenauslösung. *Anleitung für die Praxis*. Bundesamt für Umwelt, Bern. *Umwelt-Wissen* Nr. 1222: 62 S.

STOFFEL L. (2013).  
Vergleich der Sprengmethoden: Gazex, Lawinenwächter / -mast Inauen-Schätti, Wyssen Sprengmast, Avalancheur. Davos, WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF. Schweizerische Interessengemeinschaft Lawinenwarnsysteme SILS, Münster. 17 S.

Künstliche Lawinenauslösung, unsere Kernkompetenz  
[www.wyssen.com](http://www.wyssen.com)



**wyssen avalanche control**

ARTHUR VOGL

## Künstliche Lawinenauslösung oberhalb von Verkehrswegen und Siedlungen: Fallbeispiel Burgbach-Lawinen

### *Artificial Triggering of Avalanches above Settlements and Traffic Routes: Example of Burgbach Avalanches*

#### Zusammenfassung:

Die künstliche Lawinenauslösung kam lange Zeit nur zur Sicherung innerhalb von Schigebieten zum Einsatz. 1993 wurde das erste Mal in Österreich dadurch eine Privatstraße geschützt. Diese Privatstraße führte von Sölden zum Ötztaler Gletscherschigebiet. 1996 folgte die Arlberg-Passstraße als erste öffentliche Straße. Aufgrund wirtschaftlicher Überlegungen wurde von der Wildbach- und Lawinerverbauung Tirol, Gebietsbauleitung Oberes Inntal, erstmalig ein Schutzkonzept ausgearbeitet, welches neben Direktschutzmaßnahmen im unmittelbaren Siedlungsbereich auch eine künstliche Lawinenauslösung oberhalb davon beinhaltet. Im folgenden Beitrag wird anhand dieses konkreten Fallbeispiels versucht, die Durchführbarkeit einer solchen Schutzmaßnahme zu durchleuchten.

#### Stichwörter:

Künstliche Lawinenauslösung, temporäre Schutzmaßnahmen, Sicherheitsanalyse, Schutzkonzept

#### Abstract:

For a long time, artificial avalanche release was used only in ski areas. In Austria a private road was protected for the first time in 1993. The private road leads from Sölden to the Ötztal glacier ski area. In 1996 the first public road – the Arlberg Passstraße – followed. Due to economic considerations, a protection concept was worked out by the Austrian Service for Torrent and Avalanche Control, which includes not only direct protection measures in the settlement area but also an artificial avalanche release above it. The following article attempts to use this case study to investigate the feasibility of such a protective measure.

#### Keywords:

Artificial triggering, temporary protective measures, security analysis, protection concept

#### Einleitung

In Österreich wurde bereits 1993 die Privatstraße ins Ötztaler Gletscherschigebiet mittels fixer Anlagen zur künstlichen Lawinenauslösung gesichert. Es folgten mehrere Anlagen zur künstlichen Lawinenauslösung, die jedoch nur private Verkehrswege betrafen, bis im Jahr 1996 ein Gas-Zündrohr zur Sicherung der Arlberg-Passstraße hinzukam. Seit damals wird die Jungbrunnentobel-Lawine in

St. Anton erfolgreich mittels künstlicher Lawinenauslösung entschärft. Seither musste die Arlberg-Passstraße aufgrund der Jungbrunnentobel-Lawine nie mehr gesperrt werden. Im Vergleich zu permanenten Schutzmaßnahmen wie einer Anbruchverbauung oder einer Lawingalerie ist die künstliche Lawinenauslösung aufgrund der Kosten eine erstzunehmende Alternative.

Im gegenständlichen Fallbeispiel der Burgbach-Lawinen in der Gemeinde St. Leonhard im Pitztal kommt die Methode der künstlichen





Lawinenauslösung direkt mit der Sicherung des Siedlungsraumes in Berührung. Der Siedlungsraum unterhalb der Burgbach-Lawinen soll mittels Lawinenleitdämmen gesichert werden. Dabei geht unmittelbar einher, dass die Pitztalstraße L 16 einer größeren Gefährdung ausgesetzt wird. Dies ergibt sich aus der Tatsache, dass Lawinen, die sich bisher im oberen Bereich des Ablagerungsgebietes ausbreiten konnten, nunmehr aufgrund der kanalisierenden Wirkung der Ablenkverbauung weiter und häufiger Richtung Landesstraße vorstoßen können.

Im Wirkungsbereich der Burgbach-Lawinen muss das Schutzziel für den Siedlungsbereich beziehungsweise die Landesstraße unterschiedlich bewertet werden. Während der Siedlungsraum durch permanente Schutzmaßnahmen vor einem 150-jährigen Bemessungsereignis gesichert wird, wird der Bereich der Landesstraße mithilfe künstlicher Lawinenauslösung vor häufigen nicht vorhersehbaren Lawinen geschützt.



Abb. 2: Lawinenabgang vom 01.04.2009, ca. 11:00 Uhr, auf die offene Pitztalstraße L 16.

Fig. 2: The avalanche on 01 April 2009, 11 am, on the open L 16 Pitztalstraße.

### Gefahrensituation und Schadenspotenzial

Die Burgbach-Lawinen haben ein insgesamt 8,8 ha großes Anbruchgebiet nordöstlich des Kitzmörders (2435 m SH). Gefährdet sind die Weiler Burg und Moosbruck (Abb. 1), die zwischen Zaunhof und Hairlach in St. Leonhard im Pitztal liegen. Laut Gefahrenzonenplan, der im Jahr 2005 ministeriell genehmigt wurde, befinden sich insgesamt sieben Wohngebäude und 350m der Pitztalstraße L 16 im Gefahrenbereich dieser Lawinen.

Bei einem Ereignis am 1.4.2009 wurde die für den Verkehr geöffnete Landesstraße auf 50 m bis zu 9 m hoch verschüttet (Abb. 2). Glücklicherweise befanden sich zum Zeitpunkt des Abgangs keine Personen im Gefahrenbereich. Die Pitztalstraße stellt die einzige durchgehende Verbindung ins Innerpitztal dar und ist aufgrund der Schigebiete im hinteren Talbereich stark frequentiert.

### Schutzkonzept

Als Schutzziel wurde die Sicherung der Weiler Burg und von Moosbruck vor dem Fließanteil einer 150-jährigen Bemessungslawine definiert. Da eine klassische Anbruchverbauung aufgrund der wirtschaftlichen Kennzahlen nicht realisierbar ist, musste ein alternatives Schutzkonzept ange-dacht werden. Dabei stellte sich im Zuge einer Variantenstudie heraus, dass die Stützverbauung im Vergleich zu den kombinierten Maßnahmen (Leitdämme samt künstlicher Lawinenauslösung) ca. das 5-Fache kosten würde.

Demnach sollen die bestehenden Siedlungen Burg und Moosbruck im Rahmen eines Projektes der Wildbach- und Lawinenverbauung durch Lawinenleitdämme bzw. Lawinenleitmauern vor dem Fließanteil von Lawinen geschützt

werden. Da jedoch Dritte, in diesem Fall die Landesstraße, bei einer Umsetzung dieser Objektschutzmaßnahmen verstärkt gefährdet wären, muss auch die Sicherung der Pitztalstraße L 16 in das Schutzkonzept integriert werden.

Aufgrund der Kosten sowie der Abzweigung einer Gemeindestraße ist eine Lawinengalerie nicht realisierbar. Ziel dieser künstlichen Lawinenauslösung ist es, durch kontinuierliche Auslösungen die Anbruchgebiete so weit zu entleeren, dass ein Vorstoß von spontanen Lawinen bis zur Pitztalstraße L 16 ausgeschlossen werden kann.

### Schutzmaßnahmen

Für die Umsetzung des oben angeführten Schutzkonzeptes sind die in Tabelle 1 angeführten Maßnahmen vorgesehen.

| Bereich            | Maßnahme   | Beschreibung   |
|--------------------|--|--|
| Moosbruck          | Lawinenleitmauer                                       | Länge ca. 60m bei einer Wirkungshöhe von mindestens 7,0m; Neigung lawinenseitig mindestens 70°   |
| Burg               | Lawinenleitmauer bzw. Lawinenleitdamm (SÜD)            | Länge ca. 100m bei einer Wirkungshöhe von mindestens 7,0m; Neigung lawinenseitig mindestens 70°  |
|                    | Lawinenleitdamm (NORD)                                 | Länge ca. 53m bei einer Wirkungshöhe zwischen 8,0 und 9,5m; Neigung lawinenseitig mindestens 70° |
| Pitztalstraße L 16 | Drei Auslösepunkte für die künstliche Lawinenauslösung | System GAZEX oder WYSSEN-Sprengmast  |
|                    | Lawinendetektionsanlage                                | Radar mit zwei Antennen  |
|                    | Wetterstation  | Anlage nach den Kriterien des Lawinenwarndienstes Tirol  |

Tab. 1: Übersicht Schutzmaßnahmen

Tab. 1: Overview of the protection measure

Ob die zwei Anbruchgebiete der inneren und äußeren Burgbach-Lawine für eine künstliche Lawinenauslösung geeignet sind, wurde anhand der Kriterientabelle zur Anwendbarkeit der künstlichen Lawinenauslösungen oberhalb von Siedlungen (BAFU, 2009) untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass aufgrund der Lawinencharakteristik und der Situierung des Siedlungsraumes im oberen Randbereich des Ablagerungsgebietes günstige

Voraussetzungen für eine künstliche Lawinenauslösung gegeben sind.

Auch die Wahrscheinlichkeit von möglichen Sekundärlawinen im Bereich der südlich angrenzenden Karbach-Lawine wurde beurteilt. Da die Exposition der verschiedenen Anbruchgebiete stark variiert und der trennende Rücken aufgrund der Hauptwinde meist abgeblasen ist, ist eine sekundäre Auslösung der Karbach-Lawine sehr un-

FORSTTECHNISCHER DIENST FÜR WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG

### Lawinensicherung BURGBACH-LAWINEN

1. Prognose:  % Auslöseerfolg

2. Verantwortlicher:  Datum:  Ifd. Nr.:   
Zeit:

3. Schneehöhenzuwachs Mauchelealm:  
Periode:  Zuwachs:  cm  
(Zeitraum: Winter/Sommer/Tag/Nacht)

4. Schneehöhe Anbruchgebiet:  cm  
(Höhe über Meer/über GEL)

5. Wind Richtung:  Geschw.:  km/h Max. Böe:  km/h

6. Schneehöhe Pegel Anbruchgebiet:  
Schneehöhenzuwachs lt. Schneepegel  cm

7. Detektion Radarfunktion überprüfen  OK  NEIN  
Sicht ins gesamte Einzugsgebiet  JA  NEIN

8. Schneehöhe Dammvorfeld  
Moosbruck  cm  
Burg (innerer Damm)  cm  
Burg (äußerer Damm)  cm

9. Warnschilder mit Blinklicht  
Rehwald  JA  NEIN  
Burg  JA  NEIN  
Moosbruck  JA  NEIN

10. Information  
Revierjäger 1 erreicht  JA  NEIN  
Anrainer 1 erreicht  JA  NEIN  
Anrainer 2 erreicht  JA  NEIN  
Anrainer 3 erreicht  JA  NEIN

11. Straßensperren  
Landesstraße taleinwärts  JA  NEIN WER:  WANN:   
Landesstraße talaußwärts  JA  NEIN WER:  WANN:   
Zufahrt Burg  JA  NEIN WER:  WANN:   
Zufahrt Moosbruck  JA  NEIN WER:  WANN:   
Abfahrt Rehwald  JA  NEIN WER:  WANN:

**AUSLÖSUNG** **NUR WENN KEIN STOP KRITERIUM VORHANDEN IST!!** WER:  ZEIT:

12. Auslöseerfolg: Anlage 1  JA  TEILWEISE  NEIN  UNBEKANNT  
Anlage 2  JA  TEILWEISE  NEIN  UNBEKANNT  
Anlage 3  JA  TEILWEISE  NEIN  UNBEKANNT

13. Straßensperre aufheben  
Frühster Zeitpunkt = Zeitpunkt Sprengung + min. 30min.:   
Zeitpunkt Aufhebung Straßensperre:   
Landesstraße taleinwärts  JA  NEIN Hauszufahrten  JA  NEIN  
Landesstraße talaußwärts  JA  NEIN Zufahrt Rehwald  JA  NEIN

Tab. 2:  
Durchführungsroutine  
künstliche  
Lawinenauslösung

Tab. 2:  
Procedure for the  
artificial triggering of  
avalanches

wahrscheinlich. Zudem wurde zum Schutz vor der Karbach-Lawine oberhalb des Weiler Bodens bereits ein Lawinleitdamm errichtet. Dieser würde auch die sekundär ausgelöste Karbach-Lawine ablenken.

### Die künstliche Lawinenauslösung

Die temporäre Sicherung der Pitztalstraße L 16 kann in drei Aufgabenbereiche gegliedert werden:

1. Die Lawinenprognose basierend auf dem „Nearest-Neighbor“-Prinzip. Mittels Verknüpfung von vergangenen Ereignissen, die in eine Datenbank eingepflegt werden, kann aufgrund aktueller Wetter- und Schneeverhältnisse bei entsprechender Datenmenge auf die Wahrscheinlichkeit eines Auslöseerfolges geschlossen werden. Jedoch kann diese Prognose erst nach Eingabe einer entsprechenden Datenmenge angewendet werden.
2. Eine Durchführungsroutine in tabellarischer Form (Tab. 2) regelt den Ablauf einer künstlichen Lawinenauslösung. Dabei müssen Kriterien erfüllt sein, um eine künstliche Lawinenauslösung erst durchführen zu können.
3. Dokumentation aller Ergebnisse mittels LWDKIP (automatisches Protokollierungstool der Lawinenkommissionen).

### Rechtlicher Rahmen

Laut Tiroler Lawinenkommissionengesetz (Gesetz vom 10. Oktober 1991 über die Lawinenkommission in den Gemeinden – Änderung LGBl. Nr. 111/2001) beschränkt sich der Aufgabenbereich der Kommissionen auf die Beurteilung der Lawinensituation. Diese kann im Auftrag der jeweiligen Straßenpolizeibehörde im Zusammenhang mit der Erlassung und der Aufhebung von Ver-

kehrsverboten und Verkehrsbeschränkungen, insbesondere von Straßensperren, durchgeführt werden. Daher ist die künstliche Lawinenauslösung zur Sicherung von Verkehrsflächen keine Aufgabe der Lawinenkommission. Jedoch kann der Bürgermeister zur Abwendung einer drohenden Katastrophe eine künstliche Lawinenauslösung anordnen. Dies bedeutet, dass ein hoheitlicher Auftrag besteht und daher an Stelle der persönlichen Haftung die Amtshaftung nach dem Amtshaftungsgesetz tritt. Zu klären ist jedoch noch, ob es sich aus juristischer Sicht bei der künstlichen Lawinenauslösung um eine Abwendung einer drohenden Katastrophe handelt.

Rechtlich befindet man sich bei der künstlichen Lawinenauslösung oberhalb von Verkehrswegen und Siedlungen noch im Pionierstadium. Es besteht jedoch die Hoffnung, dass zumindest in Tirol durch die in Ausarbeitung befindliche Landesrichtlinie „Künstliche Lawinenauslösung oberhalb von Verkehrswegen“ der rechtliche Rahmen eindeutig und unmissverständlich festgelegt werden kann.

### Ausblick

In den letzten Jahrzehnten wurden Lawinen meist mithilfe von Anbruchverbauungen, ergänzenden Verwehungsverbauungen und Hochlagenaufrostungen sowie Dämmen und Mauern sowie Galerien gesichert. Parallel dazu kam vor allem in den Schigebieten die künstliche Lawinenauslösung zum Einsatz. Neben den dabei erzielten Erfolgen stellen auch die Kosten einen wesentlichen Aspekt dar. In Zeiten immer knapper werdender öffentliche Mittel ist es die Aufgabe der Wildbach- und Lawinenverbauung, sich mit der Thematik der künstlichen Lawinenauslösung auseinander zu setzen bzw. deren Einsatz als Alternative zu den herkömmlichen Lawinenschutzmaßnahmen zu prüfen. Voraussetzung für einen



derartigen Einsatz ist jedoch, dass die Gefährdung der Unterlieger durch eine künstliche Auslösung von Lawinen ausgeschlossen werden kann oder das verbleibende Restrisiko auf ein in alpinen Bereichen übliches Maß reduziert wird. Dies kann beispielsweise mithilfe eines, dem Stand der Technik entsprechenden Lawinenschutzkonzeptes gewährleistet werden. In diesem Konzept müssen Lawinenschutzmaßnahmen (permanente und temporäre Maßnahmen) in ihrer Wirkung dargestellt und bewertet werden.

**Anschrift des Verfassers / Author's address:**

DI Arthur Vogl  
Wildbach und Lawinerverbauung,  
Gebietsbauleitung Oberes Inntal  
Langgasse 88, A-6460 Imst  
arthur.vogl@die-wildbach.at

**Literatur / References:**

STOFFEL L., MARGRETH S. (2009).  
Künstliche Lawinenauslösung oberhalb von Siedlungen. Teil 5.4 und Anhang A9 zu Teil 5 des «Handbuch NFA im Umweltbereich». Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde an Gesuchsteller. Bundesamt für Umwelt, Bern: 15 S.



## Temporärer Lawinenschutz

DI Peter Dirninger | Snow Control GmbH | Grabenweg 68 | Penthouse Office 12 | 6020 Innsbruck  
tel.: +43 664/88620791 | mail: peter@snow-control.at | web: www.snow-control.at

# moser – jaritz + partner

**Moser-Jaritz+Partner Ziviltechniker GmbH**  
Ingenieurkonsultanten  
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

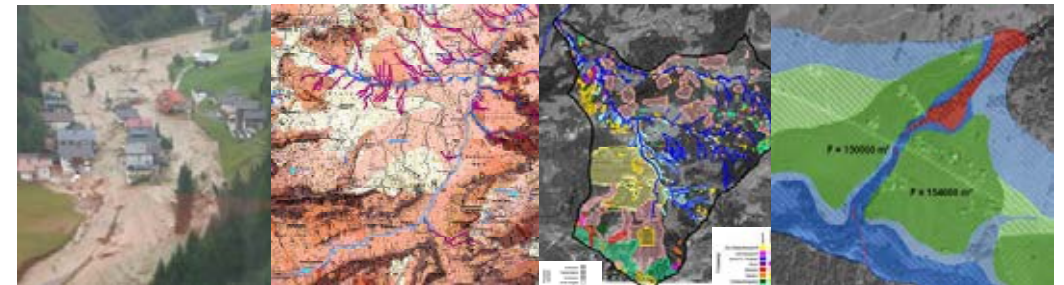
**i.n.n.** | **naturraum - management**  
ingenieurgesellschaft  
geoinformatik  
geotechnik  
risk-management recht

**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**



MICHAEL BRAUNER, HANS JÖRG LAIMER, CHRISTIAN RACHOY, GÜNTHER KUNDELA

## Naturgefahren-Warnsysteme zur Sicherung von Verkehrsanlagen der ÖBB Infrastruktur AG

### *Warning Systems to Protect Rail Transport Facilities for the ÖBB Infrastruktur AG against Natural Hazards*

#### Zusammenfassung:

Überwachungssysteme gegen Naturgefahren, wie Monitoring-, Warn- und Prognosesysteme, haben als Alternative zu technischen Schutzmaßnahmen für einen Bahninfrastrukturbetreiber eine stark zunehmende Bedeutung. Der Bahnbetrieb stellt spezielle Anforderungen an diese Anlagen, welche beispielhaft an drei erprobten Einrichtungen, dem Wetterwarn- und Prognosesystem *infra:wetter* sowie den beiden geotechnischen Monitoring- sowie Warnsystemen *Dürnstein* und *Spitz/Donau*, erläutert werden. Abschließend werden Aspekte zu Wirtschaftlichkeitsüberlegungen sowie wünschenswerter Weiterentwicklung technischer wie konzeptueller Art diskutiert.

#### Stichwörter:

Überwachungssystem, Frühwarnung, Wetterprognose, Geotechnik, Naturgefahr

#### Abstract:

*For railway infrastructure managers, surveillance systems for natural hazards, such as monitoring, warning, and forecasting systems, are of increasing importance as an alternative to technical protection measures. Rail operations place additional demands on these systems, which is explained on three proven systems: the weather warning and forecast system *infra:wetter* and the two geotechnical monitoring and warning systems, *Dürnstein* and *Spitz/Danube*. Finally, aspects of economic considerations and desirable further developments, in technical and conceptual contexts, are discussed.*

#### Keywords:

*Monitoring system, early warning, weather, geotechnical hazard, natural hazard*

#### Einleitung

Überwachungssysteme haben für den sicheren Bahnbetrieb traditionell eine hohe Bedeutung. So wird innerhalb des ÖBB-Schienennetzes an über 100 Stellen eine permanente Zugüberwachung durchgeführt (Schöberl et al., 2005) und durch laufende Messwagenfahrten der Zustand des Schienennetzes überwacht, um gegebenenfalls Instandsetzungsmaßnahmen einleiten zu können (Holzfeind et al., 2008).

Im Bahnbereich ist die Anwendung von Naturgefahren-Warnsystemen vergleichsweise neu. Ihre Bedeutung ist aufgrund ihrer geringen Investitionskosten, ihrer schnellen Einsatzmöglichkeiten und Flexibilität stark zunehmend. So wurde im Sommer 2012 im Streckenabschnitt Rottenmann – Trieben nach einem Murenabgang ein Radarpegel als Sofortmaßnahme installiert. Innerhalb der folgenden vier Monate detektierte dieser Pegel im Zusammenwirken mit dem Wetterwarnsystem zwei nachfolgende Murgänge rechtzeitig. Die Streckensperre durch die Bereitschaftsmannschaft konnte rechtzeitig erfolgen. Analysiert man die Streckenunterbrechungen durch Naturgefareneinwirkung der letzten 20

Jahre, so erkennt man, dass die Prozessgruppen in der Reihenfolge Hochwässer/Murgänge/Steinschlag sowie Felsstürze vor Sturm/Windbruch vor Lawinen für das Streckennetz schadensverursachend werden und hier Überwachungssysteme eingesetzt werden können.

Bis dato hat sich keine einheitliche Einteilung der betrachteten Warn- oder Überwachungssysteme durchgesetzt. Rudolf-Miklau (2009) schlägt die Einteilung in (1) Monitoring-, (2) Prognose- und (3) Warn- bzw. (4) Frühwarnsysteme entsprechend ihres zeitlichen Betrachtungshorizonts vor, welcher in diesem Artikel gefolgt wird.

#### **Bedeutung der Überwachungssysteme für Bahninfrastrukturbetreiber**

Das Schutzkonzept der ÖBB Infrastruktur AG sieht vor, dass technische Schutzmaßnahmen aus mittel- bis langfristiger Sicht jedenfalls die erste Option darstellen. Für die folgenden Situationen können jedoch Überwachungssysteme eine Alternative zu technischen Schutzmaßnahmen sein:

- a) nach einem Ereignis als Sofortmaßnahme bis zur Wiederherstellung der Sicherheit,
- b) zur Absicherung gegen Ereignisse über dem Bemessungsniveau,



- c) als Absicherung gegen Ereignisse schwer zu bestimmender Bemessungsniveaus oder multikausaler Problemstellungen,
- d) zur Unterstützung des Streckenbetriebsdienstes zur effizienten Instandsetzung,
- e) zur unterstützenden Entscheidungsgrundlage für organisatorische Maßnahmen des Streckenbetriebsdienstes/der Lawinenkommission zur Sicherung sowie zur Instandhaltung.

Für die angeführten Situationen sind die entscheidenden Vorteile der Überwachungssysteme in der geringen Anfangsinvestition, der vergleichsweise schnellen Realisierbarkeit und dem beschränkten Bewilligungsaufwand zu sehen (Hattenberger et al., 2008).

#### Anforderungen an ein Naturgefahren-Überwachungssystem aus Sicht eines Bahninfrastrukturbetreibers

Bei der ÖBB Infrastruktur AG finden (a) punktuell, (b) linienhaft sowie (c) flächig messende Sensorsysteme Anwendung, welche den Naturgefahrenprozess am (i) Entstehungsort sowie im (ii) Gefährdungsbereich der Bahn detektieren können.

Während punktuell oder flächig messende Sensoren weit verbreitet sind, sind die in Entwicklung befindlichen linienhaft messenden Sensorsysteme (HF-Radar, an Schienen- oder Sichtkorridor gebunden) vorteilhaft, da sie entlang der Strecke oder einer Schutzverbauung eine lückenlose Überwachung ermöglichen. Steht eine Frühwarnung bedingt durch zu geringe Vorwarnzeit nicht im Vordergrund, so wird die Messung im Gefährdungsbereich der Bahn (Gleisbereich) bevorzugt. Sie hat den Vorteil, dass Mess- oder Interpretationsunsicherheiten entlang der Prozessstrategie ausgeschaltet werden und durch die räumliche Nähe zur Gleisanlage eine einfache Instandhaltung möglich ist.

Neben den bekannten Anforderungen an Überwachungssysteme wie eigenständige Energieversorgung, Unempfindlichkeit gegen Witterung oder sparsamer Energieverbrauch bei ausreichender Messauflösung, werden für die Bahn aus betrieblich-technischer Sicht die folgenden Kriterien für das Design des Überwachungssystems zusätzlich schlagend:

Da in dem hochverfügbarem ÖBB-Fernwirkdatennetz der Datenverkehr auf ein Minimum zu beschränken ist, muss mit Schwellenwertlogik, basierend auf einfachen jedoch präzise funktionierenden Entscheidungsalgorithmen, gearbeitet werden. Es kann daher nur die Warn-/Alarmauslösung bzw. eine Fehlermeldung über das Fernwirknetz weitergeleitet werden. Die laufende Messdatenhaltung kann durch redundante Datenübermittlung, z.B. mittels GPRS erfolgen. Die Entscheidung zur Warn-/Alarmauslösung, beispielsweise durch Schwellenwertlogik, muss lokal z.B. im Messdatenlogger durchgeführt werden.

Innerhalb der durch Signale abgesicherten Streckenblöcke fährt ein Zug aufgrund des langen Bremswegs nicht auf Sicht. Ein Anhalten des Zuges ist daher nicht ohne Weiteres möglich. Die notwendige Vorwarnzeit ergibt sich aus der Länge dieser Streckenblöcke unter Abzug des Bremswegs. Es muss daher mit Vorwarnzeiten von typischerweise bis zu 10 Minuten gerechnet werden.

Aufgrund der dezentralen Struktur der Betriebsführungszentralen (BFZ) ist eine zentrale Abarbeitung eingehender Warn-/Alarmmeldungen nicht möglich. Sie müssen durch die Zugdisponenten der zuständigen BFZ abgearbeitet werden. Zur Wahrung der Sicherheit sind darüber hinaus sämtliche betrieblichen Meldungsvorgänge stark reglementiert und vordefiniert. Daher müssen eingehende Warn-/Alarmmeldungen weitgehend automatisiert und ohne Interpretationsspielraum auch durch Nicht-Experten abzuarbeiten sein.

#### Operationell erprobte Überwachungssysteme

Aktuell sind 10 geotechnisch-geologische Überwachungssysteme, zwei Muren-/Hochwasser-Frühwarnsysteme sowie das Prognose- und Warnsystem *infra:wetter*, in Betrieb. Während Frühwarnsysteme für Hochwasserabfluss in Wildbächen vorwiegend auf berührungslosen Pegeln basieren, werden für die Detektion von Muren- oder Geschiebeereignissen Sensornetze eingebaut. Als Vorteil wird bei diesen Systemen die einfache und nachweisbare Schwellenwertlogik sowie die Stabilität und Wartungsarmut gesehen. Da für die beiden Frühwarnsysteme momentan noch keine bahninternen Ereignisse vorhanden sind, werden im Folgenden das bewährte Prognose- und Überwachungssystem *infra:wetter* und zwei praxiserprobte und in den Bahnbetrieb eingebundene Felssturzüberwachungssysteme vorgestellt.

#### Prognose- und Warnsystem *infra:wetter*

Allgemeines

Im Jahr 2006 wurde das ÖBB-Wetterinformationssystem *infra:wetter* ins Leben gerufen. Dieses österreichweite, flächendeckende Wetterwarnsystem ermöglicht eine zeitgerechte, standardisierte, nachvollziehbare und streckenbezogene Warnung vor Extremwetterereignissen. Zusätzlich unterstützt das *infra:wetter*-Portal die Optimierung der Ressourcensteuerung des ÖBB-Winterdienstes und versorgt die bahninternen Lawinenkommissionen mit meteorologischen Informationen.

Das Wetterinformationssystem wird von einem externen Wetterdienst betrieben, der die Programmierung und technische Betreuung des *infra:wetter*-Portals übernimmt. Aufbau und Struktur des Wetterinformationssystems sind in Abbildung 1 ersichtlich.

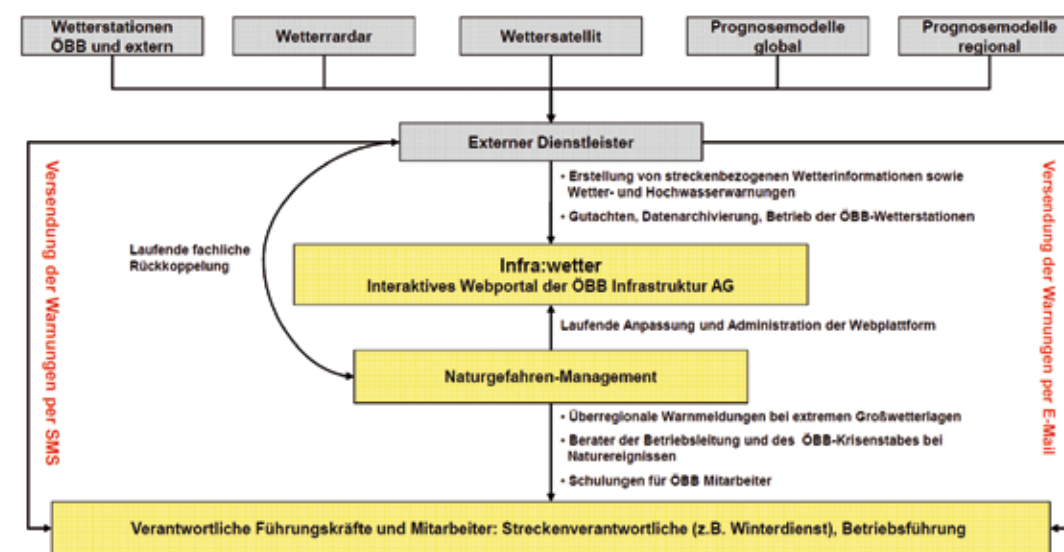


Abb. 1: Struktur des Prognose- und Warnsystems *infra:wetter*

Fig. 1: Structure of the *infra:wetter* forecast and warning system

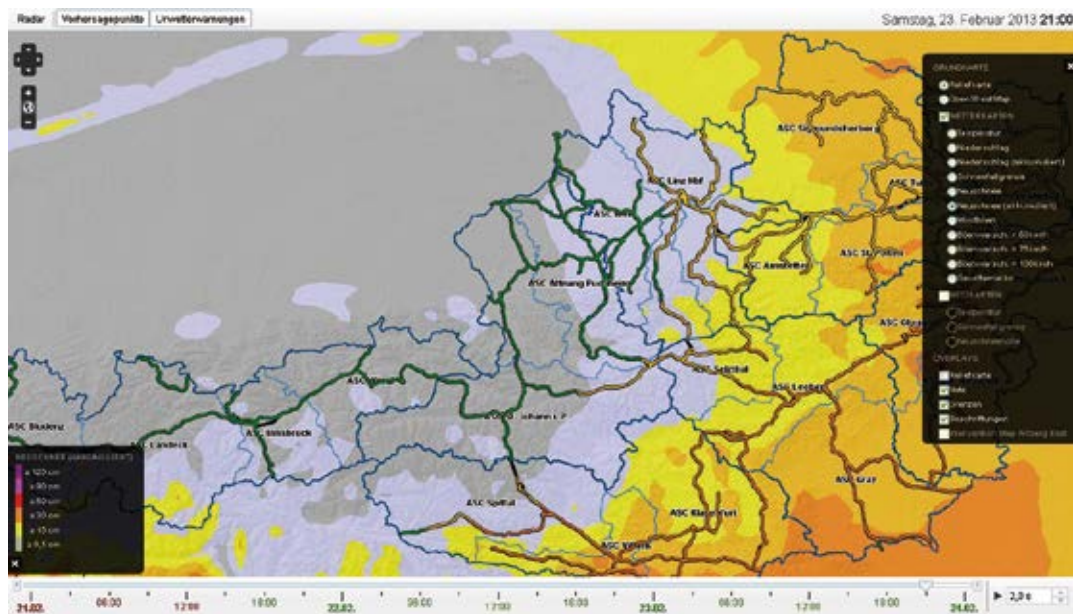


Abb. 2: Darstellung der 3-Tages-Neuschneesummen im infra:wetter-Portal

Fig. 2: Display of the 3-day accumulated snow height in the infra:wetter portal

Das mit dem Relaunch Ende 2012 neu überarbeitete infra:wetter-Portal bietet eine vielseitige, dynamische Ansicht verschiedener meteorologischer Parameter, wie Temperatur, Niederschlag, Schneefallgrenze, Neuschnee, Windböen, sowie eine Darstellung des Gewitterrisikos und aktueller

Wetterradar-daten. Die Unwetterwarnungen werden zusätzlich streckenbezogen durch Einfärbung der Streckenabschnitte dargestellt. Eine Liste zeigt sämtliche aktive Wetterwarnungen, über die man auf der Karte direkt zum jeweiligen Warnpunkt navigieren kann. Im neuen System findet eine



Abb. 3: Übersicht über die Anzahl an Wetterwarnungen zwischen 2006 und 2012

Fig. 3: Overview on number of weather warnings between 2006 and 2012

GIS-basierte Darstellung Anwendung, die die flexible Einbindung weiterer Karten ermöglicht sowie eine dynamische Ansicht erheblich erleichtert. Abbildung 2 zeigt eine Wetterprognose für die österreichweiten 3-Tages-Neuschneesummen.

Seit dem Start des ÖBB-Wetterinformationssystems im Jahr 2006 wurden bereits mehr als 175.000 Wetterwarnungen ausgesandt, davon knapp 50.000 Warnungen vor Extremwittersituationen. Insgesamt nutzen bereits mehr als 1.000 User aus verschiedenen ÖBB-internen Organisationseinheiten das infra:wetter-System. Abbildung 3 gibt eine Übersicht über die ausgesandten Wetterwarnungen von 2006 bis 2012 für insgesamt 240 Warnpunkte.

#### Methodik

Der Wetterwarndienst baut bei den Wettermodellen und den Prognosen auf ein sehr dichtes Messnetz innerhalb und außerhalb Österreichs auf. Die ÖBB Infrastruktur AG verfügt über zwölf eigene Hochgebirgsstationen sowie 15 Basisstationen. Des Weiteren greift der Wetterdienst auf die etwa 250 staatlichen Wetterstationen zurück und hat außerdem Zugriff auf mehrere Stationen im Ausland (Schweiz, Tschechien, Italien etc.).

Das infra:wetter-System beruht auf drei Verfahrensstufen:

- Die erste Stufe bilden die Wettermodelle des Wetterdienstes. Diese berechnen Vorhersagediagramme für den Großraum Österreich (und über dessen Grenzen hinaus) sowie einzelne Punktvorhersagen für spezielle Bereiche. Hierbei handelt es sich um Mittelfristprognosen mit einer Vorhersagedauer von drei bis sieben Tagen. Diese Stufe hat die geringste Priorität, da es in diesem Schritt noch keine Prüfung der Simulationsergebnisse durch den Meteorologen gibt.

- Die zweite Stufe stellt die Wettervorhersage durch den ausgebildeten Meteorologen dar. Dieser erstellt für die ÖBB Infrastruktur AG eine Regionalprognose. Ein besonderes Augenmerk liegt bei diesen Vorhersagen auch auf Sonderinformationen wie Neuschneelage, Glatteisgefahr sowie Schneeverwehungen. Ebenso wird das allgemeine Hochwasserrisiko abgeschätzt, sowie die Entwicklung von großräumigen Tiefdruckgebieten, die zu Stürmen führen können, berücksichtigt. Auch bei dieser Stufe handelt es sich um Mittelfristprognosen mit einer Vorhersagedauer von bis zu drei Tagen. Die Priorität liegt hierbei schon höher als bei Stufe eins, da tägliche Updates durch den Meteorologen vorgenommen werden.

- Die dritte und letzte Stufe bildet die Unwetterzentrale des Wetterdienstes. Hier werden die entsprechenden Unwetterwarnungen, die per SMS und E-Mail an die ÖBB ausgesandt werden, von der Unwetterzentrale in Wien erstellt und von speziell dafür geschulten Meteorologen geprüft. Diese Punktvorhersagen werden dann je nach individuellem Benutzerwunsch per SMS bzw. per E-Mail ausgesandt, sowie als Warnungen direkt im infra:wetter-Portal dargestellt. Bei dieser Stufe handelt es sich nun um eine Kurzfristprognose, die dank der laufenden Kontrolle durch den Meteorologen die höchste Priorität hat.

Dieses komplexe Wettersystem bietet somit eine Unterstützung und Entscheidungshilfe bei der täglichen Vorausplanung in den Regionen. Die Punktvorhersagen für die einzelnen Bahnhöfe, der regionale Wettertext sowie die regionalen Schnee- und Hochwasserinformationen bilden die Grundlage für Maßnahmenentscheidung vor



Ort. Sollten grobe Abweichungen zwischen den Punktprognosen und den Regionalprognosen auftauchen, sind die von den Meteorologen geprüften Prognosetexte und Vorhersagen zu bevorzugen. Somit lassen sich Fehler in den Berechnungsmodellen weitestgehend ausschließen, rückwirkend kontrollieren und somit ausbessern.

Wetterwarnungen, Sonderinformationen

Für die Unwetterwarnungen existieren je nach Wetterphänomen unterschiedliche Warnschwellen. Die Warnschwellen richten sich vorrangig nach der Intensität des Ereignisses. Solange keine Warnung aktiv ist, gilt die Warnstufe Grün. Die Stufe Gelb gilt als Vorwarnung vor Wetterlagen, die sich eventuell zu kritischen Situationen entwickeln können. Hier sind jedoch sowohl der genaue Zeitpunkt sowie die Intensität des Unwetterereignisses noch mit großen Unsicherheiten behaftet. Die nächsthöhere Stufe ist Orange, hier wird bereits von einem markanten Wetter gesprochen. Die Stufe Rot warnt vor akuten Unwettererscheinungen, bei denen häufig organisatorische Maßnahmen getroffen werden müssen. Die höchste Warnstufe ist Violett, hier ist von sehr heftigen Unwettern die Rede und es besteht dringender Handlungsbedarf.

Zusätzlich zu den üblichen Unwetterkategorien wie Schneefall, Starkregen, Sturm etc. bietet das neue *infra:wetter*-Portal Sonderinformationen. Hierbei handelt es sich um eine Ausweisung der Waldbrandgefahr für bestimmte Strecken, eine Hochwasserprognose für die einzelnen Bundesländer und für spezielle Gefahrenstellen (z.B. Baustellen in Überflutungsbereichen) und eine Verlinkung zu den Lawinenwarndiensten der Länder. Außerdem bietet das Portal die

Möglichkeit zur Eingabe von Neuschneehöhen an definierten Messpunkten durch die Mitarbeiter vor Ort. Somit ist nicht nur eine aktuelle Information über die tatsächlichen Schneesverhältnisse möglich, sondern auch eine Überprüfung und ggf. Verbesserung der prognostizierten Werte. Weiters wird an der Entwicklung eines Prognosesystems für Wildbacheinzugsgebiete gearbeitet. Als letzte Sonderinformation werden Sturmwarnungen gesondert angeführt.

Bisherige Erfahrungen mit dem Prognose- und Warnsystem *Infra:Wetter*

Das Prognose- und Warnsystem *infra:wetter* bietet umfassende, detaillierte Wetterprognosen auf verschiedensten Ebenen. Die versendeten Wetterwarnungen führen in vielen Fällen zur Generierung von technischen oder organisatorischen Maßnahmen. So wird beispielsweise die gesamte Schneeräumung mithilfe der prognostizierten Schneefallintensitäten und Windprognosen gesteuert. Die Prognosen sind Teil eines Warnsystems zum Schutz vor Naturgefahren, die Benutzer können sowohl die regionalen Wettervorhersagen als auch die Unwetterprognosen auf ihre individuellen Bedürfnisse abstimmen. Die Prognosemodelle stützen sich auf eine Vielzahl von Wetterstationen. In den kommenden Jahren wird dieses umfassende Messnetz durch ÖBB-eigene Wetterstationen vor allem in Hochgebirgslagen kontinuierlich erweitert werden, was die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Wettermodelle noch steigern wird. Trotz der hohen Genauigkeit der Wetterprognosen bleibt die rechtzeitige und kleinräumige Warnung vor konvektiven Niederschlägen eine Herausforderung. An einer Optimierung der Gewitterwarnungen wird intensiv gearbeitet.

## Geotechnisches Monitoring/Geotechnische Warnsysteme

Allgemeines

Bei großen Massenbewegungen entlang der ÖBB-Strecken gehen technische Schutzmaßnahmen immer mit der Implementierung von Monitoringsystemen einher. Vor allem die Sanierung von Felsstürzen und tiefgreifenden Rutschungen erfordert umfangreiche Baumaßnahmen, wobei temporäres Monitoring meist als Sofortmaßnahme bis zur Wiederherstellung der Streckenverfügbarkeit zu betrachten ist. Ist eine bautechnische Lösung nicht möglich bzw. finanziell oder politisch nicht durchsetzbar, so kann ein temporäres Monitoring zu einem permanenten weiterentwickelt werden. Mit der Überwachung zweier Felsstürze an der Donauuferbahn, welche mittlerweile von der NÖVOG betrieben wird, werden Beispiele für beide Monitoring-Varianten gebracht. Die Felsstürze von Spitz a. D. und Dürnstein zählen zu den größten Sturzereignissen in Österreich, die sich auch unmittelbar auf die Verkehrsinfrastruktur auswirkten (Laimer et al., 2012).

Felssturz Dürnstein – temporäres Monitoring-/Warnsystem

Nach dem Dürnsteiner Felssturz (Volumen 11.000 - 15.000 m<sup>3</sup>) im Juli 2009 waren umfangreiche Maßnahmen zur raschen Wiederinbetriebnahme und langfristigen Sicherung der zerstörten Bahnlinie Krems – Grein erforderlich. Ein felsmechanisches Gutachten zeigte, dass auch nach dem Ereignis von einer Gefährdung für die parallel verlaufende Bahnstrecke bzw. Bundesstraße auszugehen war. Das dreiphasige Sanierungsprojekt sah die Errichtung eines Monitoringsystemes vor,

in dessen Schutz ein Damm mit Fallboden errichtet und schließlich der absturzgefährdete Felsgrat abgetragen und der Fallboden vollständig geräumt werden sollte. Das Monitoring sollte nicht nur den sicheren Baustellenbetrieb, sondern nach Fertigstellung des Schutzdammes auch die Wiederaufnahme des Bahnbetriebes ermöglichen. Eine detaillierte Darstellung des Sicherheitsmanagementplans für die Bauphasen 1 und 2 (Installation Monitoring und Dammbau) findet sich bei Müllegger et al. (2011).

In der Abbruchwand wurden Verschiebungsmessungen an potenziell absturzgefährdeten Großluftkörpern durchgeführt, wobei sechs Fissurometer und ein geodätisches Messprogramm zum Einsatz kamen. Progressive Brüche im Gebirge sollten von vier Geophonen registriert werden. Da bei früheren Fels- und Blockstürzen das Versagensereignis immer mit stärkeren Niederschlägen einherging, wurde am Wandfuß zusätzlich ein Pluviometer installiert. Mit Ausnahme der in regelmäßigen Intervallen erfolgenden 3D-Verschiebungsmessung wurden sämtliche Parameter permanent gemessen und online übertragen.

Für den Sicherheitsmanagementplan musste ein Alarmschema erstellt werden, in welchem neben dem Grenzwert der Absolutverschiebung der Fissurometer auch ein Verschiebungszuwachs in einem Vergleichszeitraum bzw. eine kritische Niederschlagsmenge pro Zeiteinheit als Warnkriterien definiert wurden.

Bei Grenzwertüberschreitungen wurde über ein Übertragungsgerät (Telenot) automatisch akustischer Alarm ausgelöst, der das sofortige Verlassen des Gefahrenbereichs anzeigte. Die Benachrichtigung der Projektverantwortlichen und der Landeswarnzentrale erfolgte über SMS. Dieses Alarmschema wurde auch nach Wiederauf-

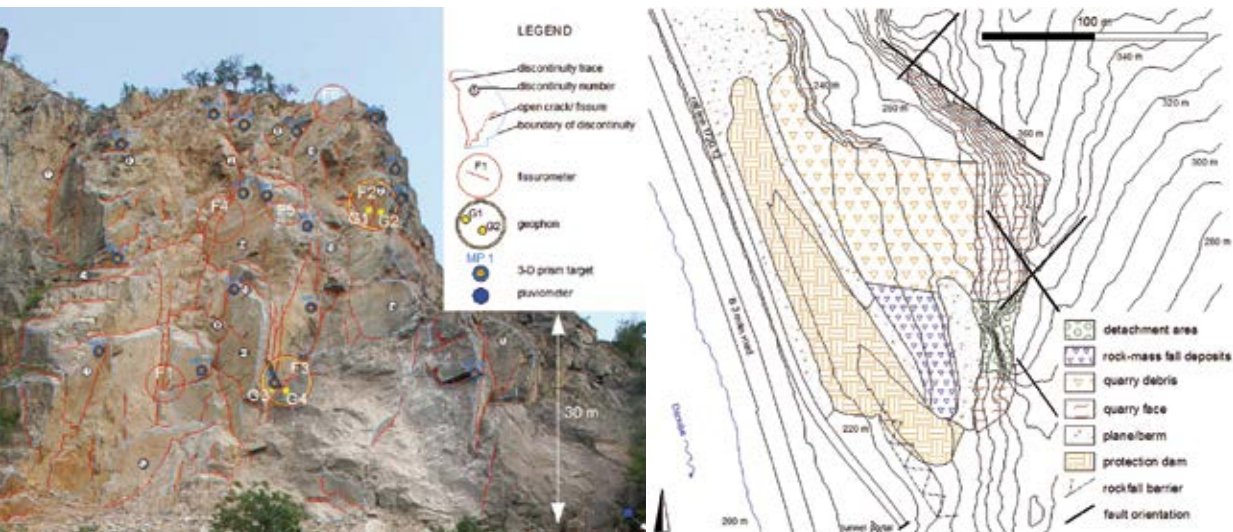


Abb. 4: Dürnstein, Monitoringsystem für die Bauphase 2 (Dammbau) und Situationskizze

Fig. 4: Dürnstein, monitoring during construction phase 2 (dam building) and site plan

nahme des Bahnbetriebs, d. h. nach der Dammfertigstellung, beibehalten, sodass die zuständige Fahrdienstleitung nach der Alarmierung eine Streckensperre verhängen konnte. Im Gegensatz zur bergnahe verlaufenden Bahntrasse war die Bundesstraße durch den Schutzdamm bereits gut geschützt, sodass nach der Alarmierung zwar eine Kontrolle durch den Landesgeologen, aber keine Straßensperre erfolgen musste.

Da in der Bauphase 3 (Felsabtrag und Räumen des Sturzraumes) dieses Überwachungssystem nicht mehr zur Verfügung stand – es wurde durch eine Sprengung teils zerstört, teils auch rückgebaut –, musste ein neues System installiert werden. Es wurden unterschiedliche Radar-Systeme (IBIS, TU Darmstadt, SSR Fa. Ground Probe und SAR Fa. Ellegi srl) sowie ein Messsystem mit Laser-Totalstationen (Leica TM30 0.5) als mögliche Varianten geprüft. Der vielfach praxiserprobten koordinativen Messung einzelner Punkte mittels Theodolit wurde schließlich der Vorzug gegenüber der nur flächenhaften Radar-Distanzmessung gegeben.

Bei der Grenzwertfestlegung konnte auf die Ergebnisse und Beobachtungen des Monitorings der Bauphasen 1 und 2 aufgebaut werden. Im Zuge dieser Messungen wurde an einem Großluftkörper über einen Zeitraum von etwa einem Jahr eine maximale Gesamtverschiebung von 7 mm gemessen, ohne dass es zu einem Absturz kam. Weiters zeigte die Verschiebungskurve einen signifikanten Zusammenhang mit Starkniederschlagsereignissen, wobei die Verschiebungen jeweils mit einer Verzögerung von mehreren Stunden bis 2 Tagen zum Niederschlagsereignis auftraten. Daraus wurde der Schluss gezogen, dass ein potenzielles, großmaßstäbliches Versagen in der Felswand über einen längeren Zeitraum (Stunden bis Tage) vorausgehende Verschiebungen in der Größenordnung von Zentimetern voraussetzt und nicht spontan auftritt. Es konnte somit davon ausgegangen werden, dass ein bevorstehender Felssturz bei einer Genauigkeit des Monitoringsystems im Bereich von Millimetern und der Dauer eines Messzyklus von Minuten bis Stunden rechtzeitig erkannt werden konnte und ausreichend

Reaktionszeit zur Evakuierung des Gefahrenbereichs bestand.

Die automatische Alarmmeldung erfolgte in Bauphase 3 nur mehr an die fachkundige Bauleitung vor Ort, die eine sofortige Evakuierung des Gefahrenbereichs über optische und akustische Signale veranlassen konnte. Aufgrund des Betreiberwechsels von der ÖBB zur NÖVOG fand während des Abtrags kein regelmäßiger Zugverkehr statt, sodass alarmbedingte Gleissperren ausgeschlossen werden konnten. Mit Fertigstellung der Abtrags- und Räumarbeiten wurde das Monitoring schließlich eingestellt.

Felsgleitung Spitz – Permanentes Monitoring-/Warnsystem

Die 2002 in Spitz an der Donau abgegangene Felsgleitung (Volumen 60.000 - 90.000 m<sup>3</sup>) wird permanent überwacht und vom geologischen Landesdienst betreut. Ursprünglich bestand das Monitoring-System aus drei Fissurometern, drei Geophonen und einem mit einer Alarmvorrichtung ausgestatteten Steinschlagschutznetz, welche an eine Ampelanlage gekoppelt waren. Nach der Zerstörung der Geophone durch Blitzschlag wur-



Abb. 5: Spitz, Situationskizze mit Monitoringsystem

Fig. 5: Spitz, site plan with monitoring system

den diese 2008 ebenfalls von einem vollautomatischen Theodoliten (Georoboter) ersetzt, welcher Bewegungen in sieben potenziellen Ablösebereichen mit insgesamt 32 Messpositionen und 5 Referenzpunkten überwacht. Nach über einem Jahr Probetrieb und der Festlegung des Grenzwertes wurde der Georoboter 2010 mit einer Alarmsteuerung ausgestattet und diese mit der Ampelanlage verbunden. Die Alarmierung erfolgt systembedingt erst, wenn fünf aufeinander folgende Messungen den Grenzwert überschreiten, also nach zehn Stunden. Das ist aus fachlicher Sicht ausreichend Zeit zur Ankündigung eines Großereignisses.

Bisherige Erfahrungen mit geotechnischen Monitoring- und Warnsystemen

Voraussetzung für die Anwendung des beschriebenen Monitoringsystems ist einerseits eine ausreichende Kenntnis des Gebirgsverhaltens und damit der Grenzen innerhalb derer sich ein mögliches, großmaßstäbliches Versagen ereignet. Andererseits muss eine Veränderung im Gebirgsverhalten rechtzeitig erkennbar sein, um noch die Möglichkeit zur Intervention zu haben. Warnun-



gen für Steinschläge und kleinere Blockstürze sind mit diesen Systemen daher nicht möglich.

Die Überwachungssysteme haben ihren Zweck bislang zufriedenstellend erfüllt. In Dürnstein war das Monitoring Grundvoraussetzung für einen sicheren Baustellenbetrieb. Darüber hinaus lieferten die Messdaten wertvolle Erkenntnisse über den Auslösemechanismus des Felssturzes, sodass die Messergebnisse auch die Entscheidungsgrundlage für die kontrollierte Sprengung eines 1000 m<sup>3</sup> großen Kluftkörpers vor dem Beginn der eigentlichen Abtragsarbeiten waren. In Spitz, wo die Realisierung eines geplanten Sanierungsabbaus unwahrscheinlich ist, ermöglicht das Monitoring das sichere Passieren des potenziellen Felssturzgebietes.

Bei beiden Systemen kam es aber auch zu Ausfällen und Fehlalarmen. So fielen bei beiden Systemen die Geophone frühzeitig durch Blitzschlag aus. Beim temporären Monitoring in Dürnstein erfolgte der Datentransfer kabelgebunden, was das System anfällig gegenüber Störungen durch Spannungsschwankungen, z. B. infolge Kabelbruch oder Witterungseinflüssen machte. In Spitz führten starker Schneefall und dichter Nebel zu Störfällen des Messroboters. Da dieser auch keine unterbrechungsfreie Stromversorgung hatte, lösten Spannungsabfälle nach dem Anschluss an das Alarmsystem einige Fehlalarme aus. Weitreichende Folgen aus Fehlalarmen (z. B. Aufrechterhaltung einer Gleissperre nach erfolgter Entwarnung, lange Wartezeiten bei Sperren) können nur vermieden werden, wenn im Alarmplan die Aufgabe jedes Beteiligten genau geregelt ist und so schnell gegengesteuert werden kann. Zu niedrig angesetzte Grenzwerte ziehen mehr Alarme bzw. Fehlalarme und in Folge mehr Streckensperren mit sich, sodass das Vertrauen der Verkehrsteilnehmer in das Monitoring allmählich schwindet und die Ampelsignale schließlich missachtet werden.

Die Kosten für beide Systeme können mit jeweils € 200.000 angegeben werden.

### Diskussion und Ausblick

Der Einsatz von Überwachungssystemen wird bei der ÖBB Infrastruktur AG zukünftig weiter ansteigen, da eine Vollverbauung sämtlicher naturgefahrenrelevanter Streckenabschnitte als unwirtschaftlich erscheint. Unterschiedliche Streckenränge und Streckenauslastungen werden zukünftig auch unterschiedliche Schutzstrategien erforderlich machen, wobei Überwachungssysteme vor allem im niederrangigen Streckennetz wachsende Bedeutung erlangen werden. Das Ziel bleibt natürlich die Gewährleistung der Sicherheit auf allen Strecken.

Die für den Systemvergleich zwischen Schutzbauwerk und Überwachungssystem wichtigen Grundlagen für eine Gesamtkostenrechnung fehlen bisher. Hier mangelt es neben der bereits angesprochenen Modularisierung auch an Erfahrungen bei dem zu erwartenden Lebenszyklus der Hardware wie auch der Softwarearchitektur.

So verschieden die zu überwachenden Prozesse und Schutzbauwerke sind, so verschiedenartig sind auch die aktuell zur Verfügung stehenden Überwachungssysteme, die heute noch fast ausschließlich experimentellen Charakter haben. Es handelt sich oft um im wissenschaftlich/universitären Umfeld entwickelte Sonderlösungen, für die sich bisher mit Ausnahme weniger Industriestandards kaum Standards hinsichtlich Datenstruktur, Datenübertragung, Datenübergabe etabliert haben. Bahnintern stellen das Zusammenführen der unterschiedlichen Systeme und vor allem deren direkte Einbindung in den betrieblichen Ablauf die größten Herausforderungen dar. Durch die Schaffung einer standardisierten Systemarchitektur und die Konfektionierung

der einzelnen Systemkomponenten könnte eine wünschenswerte, standardisierte Beschreibbarkeit erreicht werden. Eine weite Verbreitung sowie ein besserer Stand der Technik wären die Folge, was größere Rechtssicherheit im Ereignisfall mit sich bringen könnte. Hier setzt das Forschungsprojekt VIF2011 an, welches aktuell unter Finanzierung zwischen FFG, ASFINAG und ÖBB durchgeführt wird. Erste Ergebnisse sind 2014 zu erwarten.

### Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Dr. DI Michael Brauner  
Integriertes Streckenmanagement | ITCA |  
Fachbereich Geotechnik und Unterbau  
ÖBB Infrastruktur AG  
1020 Wien, Nordbahnstrasse 50  
michael.brauner@oebb.at

Dr. Mag. Hans Jörg Laimer  
Integriertes Streckenmanagement | ITCA |  
Fachbereich Geotechnik und Unterbau  
ÖBB Infrastruktur AG  
5020 Salzburg, Weiserstraße 9  
hans-joerg.laimer@oebb.at

DI Christian Rachoy  
Integriertes Streckenmanagement | ITCA |  
Fachbereich Naturgefahrenmanagement  
ÖBB Infrastruktur AG  
1020 Wien, Nordbahnstrasse 50  
christian.rachoy@oebb.at

DI Günther Kundela  
Integriertes Streckenmanagement | ITCA |  
Fachbereich Naturgefahrenmanagement  
ÖBB Infrastruktur AG  
1020 Wien, Nordbahnstrasse 50  
guenther.kundela@oebb.at

### Literatur / References:

EisbG (1957):  
Eisenbahngesetz 1957 in der geltenden Fassung.

HATTENBERGER W., WÖLLIK A. (2008).  
(Naturgefahren-)Mess- und Frühwarnsysteme: Einzelne rechtliche Aspekte. Baurechtliche Blätter 11: 89–101.

HOLZFEIND J., HUMMITZSCH R. (2008).  
Qualitätsverhalten von Gleisen. ZEVrail-Zeitschrift für das gesamte System Bahn 6-7: 212-225.

LAIMER H. J., MÜLLEGGER M. (2012).  
Geomorphological and geotechnical causes of anthropogenically induced rock-mass falls in the Wachau-Danube Valley (Bohemian Massif, Lower Austria). Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography 94 (1): 157 – 174.

MÜLLEGGER M., LENZ G., LAIMER H. J. (2011).  
Geotechnical monitoring as key safety management element at the Dürnstein/Wachau landslide. Geomechanics and Tunneling 4 (5): 414 – 422.

RUDOLF-MIKLAU F. (2009).  
Naturgefahren-Management in Österreich Vorsorge-Bewältigung-Information. LexisNexis Verlag: 252.

SCHÖBERL A., KARNER J. (2005).  
Optimierungspotentiale bei der Stationierung von Heißläuferortungsanlagen. ETR-Eisenbahntechnische Rundschau 54 (12): 805-80.

## KÖNIGSKLASSE DER METEOROLOGIE

SEIT MEHR ALS  
8 JAHREN ZUVERLÄSSIGE  
UNWETTERWARNUNGEN  
FÜR ÖSTERREICH!

### Österreichische Unwetterzentrale

- Rund um die Uhr Erreichbarkeit, 365 Tage im Jahr!
- Eigens ausgebildete Meteorologen
- Georeferenzierte Warnungen per SMS und E-Mail
- Eigene Blitzortungssysteme & dynamische Wettermodelle
- Real-Time Informationsportale für Katastrophenschutz

**Infos unter: [www.uwz.at](http://www.uwz.at)**

Ein Service der  
UBIMET GmbH, 1200 Wien  
Dresdner Straße 82  
[www.ubimet.at](http://www.ubimet.at)



KARL HAGEN, PETER ANDRECS, FRANZ SCHMID

## Erste Erfahrungen mit dem CDT (Communication and Decision Support Tool)

### *First Experiences with the CDT (Communication and Decision Support Tool)*

#### Zusammenfassung:

Im Rahmen des Naturgefahrenmanagements werden häufig raumrelevante Maßnahmen getroffen. Bei der Entscheidungsfindung müssen Experten Unterlagen zusammenstellen, aufbereiten und sowohl miteinander als auch mit Entscheidungsträgern und zunehmend auch mit den Betroffenen diskutieren. Zu diesem Zweck wurde am BFW ein Communication and Decision Support Tool (CDT) entwickelt und erstmals in der Praxis erprobt. Dabei zeigte sich, dass es auf die Fragen nach möglichen Anwendern, Einsatzbereichen, den Zielsetzungen sowie dem Umgang mit den gewonnenen Ergebnissen aufgrund der unterschiedlichen Einsatzbereiche keine allgemein gültigen Antworten gibt. Grundsätzlich fand bei den Praktikern der WLV der kommunikative Aspekt und die strukturierte Aufbereitung des komplexen Wirkungsgefüges von Naturgefahrenprozessen Anklang. Für notwendige Verbesserungen des Ansatzes in Richtung Praxistauglichkeit sind weitere Anwendungen und die Erfahrungen potenzieller Anwender notwendig.

#### Stichwörter:

Risikokommunikation, Entscheidungsfindung, CDT

#### Abstract:

*In the context of natural hazard management, measures often effect spatial planning. For decision-making, the role of the experts is to collect information, to prepare and to discuss this with other experts, with decision makers and, increasingly, with persons concerned. For this reason a Communication and Decision Support Tool (CDT) was developed at the BFW which has now been implemented for the first time. It turns out that there are no common valid answers to questions regarding potential users, operational area, the purpose of the approach and how to deal with the results because of the different application areas. Generally the communicative aspect and the well-structured preparation of the complex natural hazard systems appealed to the practitioners of torrent and avalanche control. Further improvement of the approach to user demands requires more applications in practise and the know-how of the potential users.*

#### Keywords:

*Risk communication, decision support, CDT*

#### Einleitung

In den letzten Jahren ist – nicht zuletzt im Zuge der Diskussionen um den Klimawandel und dessen (möglichen) Auswirkungen auf unseren Lebensraum – der Themenbereich Naturgefahren immer mehr in die Öffentlichkeit gerückt. Von weiten Teilen der Bevölkerung werden Maßnahmen und Beschränkungen im Rahmen des Naturgefahrenmanagements im Zuge dieser Diskussion zunehmend hinterfragt bzw. immer seltener kommentarlos akzeptiert. Dem heutigen Gesellschaftsbild entsprechend wollen Betroffene in Entscheidungsfindungsprozesse eingebunden werden, um ihre eigenen Interessen vertreten zu können. Diesem legitimen Wunsch steht jedoch im Rahmen des Naturgefahrenmanagements die Tatsache des zunehmend fehlenden Bezugs der Bevölkerung zum Naturraum und seinem komplexen Wirkungsgefüge gegenüber. Die strukturelle Urbanisierung hat Österreich erfasst und sie kommt auch zunehmend in den „Köpfen“ der Bevölkerung an (NBZ, 2009; Moser, 2004).

Neben den, durch verschiedene Standpunkte begründeten Interessenkonflikten, kommt es im Nutzungs- und Risikodialog auch zu Kommunikationsproblemen. Experten stehen vor dem Problem, Naturgefahrenprozesse und deren Auswirkungen Personen vermitteln zu müssen, die zu dieser Thematik wenig Bezug haben. Für „Nichtexperten“ ist es gleichzeitig aufgrund der Komplexität von Naturgefahrenprozessen schwierig, entsprechende Ergebnisse und Entscheidungen nachvollziehen zu können.

Diese Entwicklungen erfordern neue bzw. adaptierte Instrumente und Zugänge im Rahmen des Risikomanagements. Basis aller Entscheidungen ist dabei eine funktionierende Kommunikation zwischen den involvierten Personen und Parteien.

Am BFW wurde deshalb im Rahmen des ETZ-Projektes PARAMOUNT ein Ansatz auf Basis bestehender Arbeiten weiterentwickelt. PARAMOUNT wird im Rahmen des Alpine-Space-Programmes durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) kofinanziert.





Abb. 1:  
„Tücken der  
Kommunikation“

Fig. 1:  
"Perfidies of  
communication"

Das CDT (Communication and Decision Support Tool) ermöglicht die Versachlichung emotional geführter Diskussionen um raumrelevante Entscheidungen in Bezug auf Naturgefahren. Grundgedanke ist, dass Informationen strukturiert und nachvollziehbar aufbereitet werden. Dadurch sollen Entscheidungsträgern grundlegende Zusammenhänge und Wirkungsgrößen so vermittelt werden, dass sie im Entscheidungsprozess unterstützt werden.

Mittels des CDT können Betroffene auch besser in den Entscheidungsprozess einbezogen werden und dessen Nachvollziehbarkeit kann die Akzeptanz erhöhen.

Darüber hinaus können Änderungen von Rahmenbedingungen (etwa durch Nutzungsänderungen oder veränderte klimatische Faktoren) im regionalen Maßstab hinsichtlich ihrer Bedeutung auf die verschiedenen Prozesstypen tendenziell abgeschätzt werden. Konkret soll das CDT

1. die Planung der Raumordnung auf regionaler (strategischer) Ebene unterstützen (strategic decision support),

2. bei lokalen, raumrelevanten Planungen Hilfestellung im Entscheidungsprozess bieten, indem es eine gemeinsame Kommunikationsbasis als Ausgangspunkt der Diskussionen bietet (communication),
3. bei fachfernen, interessierten Gruppen und/oder Akteuren, die in potenziell gefährdeten Bereichen planend tätig sind (z.B. Architekten), ein grundlegendes Verständnis der Wirkungszusammenhänge von Naturgefahrenprozessen vermitteln (education) und
4. auf regionaler Ebene Abschätzungen zu den Auswirkungen veränderter Rahmenbedingungen (Klimawandel, Flächennutzung) ermöglichen, um zukünftige Gefahrenherde zu erkennen (estimation).

Nachfolgend werden Möglichkeiten und erste Erfahrungen der praktischen Anwendung des Verfahrens erörtert, nicht zuletzt um über das erhoffte Feedback potenzieller Anwender dem Ziel eines praxistauglichen Hilfsmittels einen (oder mehrere Schritte) näher zu kommen.

Die Entwicklung und Bewertung der Einflussgrößen sind in dem Artikel: „Methodik zur Bewertung von Naturgefahrenprozessen“ bei Andrecs und Hagen (2012) beschrieben. Im Folgenden wird die Anwendung des CDT für die Gemeinde Gasen (ST) gezeigt, wo dieser Ansatz im Frühjahr 2011 im Rahmen des Alpine-Space-Projektes CLISP (Climate Change Adaptation by Spatial Planning in the Alpine Space, WP6: Zeidler, 2011) mit dem Schwerpunkt Raumplanung vorgestellt wurde. Das Gemeindegebiet von Gasen wurde 2005 durch Rutschungsereignisse schwer in Mitleidenschaft gezogen (Andrecs et al., 2007). Dank einer umfassenden Ereignisdokumentation (überwie-

gend spontane Rutschungen im Lockersediment) und darauf aufbauenden Projekten existieren für diesen Bereich sehr gute Datengrundlagen (Tilch et al., 2011; Hagen et al., 2011).

### Anwendungsbeispiel

Die Struktur von Rutschungsparametern und deren von Experten im Zuge der Online-Umfrage 2011 gewichteten Relevanzen zeigt Tabelle 1. Dabei wurde die Geländegeometrie (Geländeneigung) als wichtigster Faktor für das Entstehen von Rutschungen angesehen, gefolgt von den Materialeigenschaften. Beide Parameter beschreiben



Abb. 2:  
Offensichtlicher  
Einfluss des  
Straßen- und  
Wegebaues auf die  
Auslösung von  
Rutschungen

Fig. 2:  
Obvious effect of road  
construction measures  
on the triggering of  
landslides

| Bedeutung Faktor (%)                              | Bedeutung Faktor (%) | Einflussgröße (Summe 100 %) | Bedeutung Einflgr. (%)                            | Parameter  | Bewertung-Parameter                               | Parameter absolut |
|---|----------------------|-----------------------------|---|--|---|-------------------|
| Hydrolog. Fakt.                                   | 35,4                 | Niederschlag (flüssig)      | 66,5  | Niederschlagsintensität (im Ereignisfall)                | 17  | 4,1               |
|   |                      |                             |   | Niederschlagssumme (im Ereignisfall)                     | 41  | 9,6               |
|   |                      |                             |   | Niederschlagsverteilung (zeitl., räuml. im Ereignisfall) | 10  | 2,2               |
|   |                      |                             |   | Vorniederschläge (Tage vor dem Ereignis)                 | 25  | 5,9               |
|   |                      |                             |   | Saisonale Niederschlagsmengen                            | 7   | 1,7               |
|   |                      |                             |   | Sonstiges  | 0   | 0,0               |
|   | Schneesmelze         | 26,2                        | Schneemenge (Wasseräquivalent)                    | 62   | 5,7   |                   |
|   |                      |                             | Abschmelzgeschwindigkeit                          | 38   | 3,5   |                   |
|   |                      |                             | Sonstiges   | 0  | 0,0   |                   |
|   | andere Wetterparam.  | 7,3                         | Lufttemperatur (Schneefallgrenze,...)             | 84   | 2,2   |                   |
|   |                      |                             | Sonstiges   | 16   | 0,4   |                   |
|   | Gebietspez. Fakt.    | 28,1                        | Interzeption                                      | 8,5  | Landnutzung - Vegetation (Land-, Forstwirtschaft) | 42                |
| Landnutzung - bebautes Gebiet (Infrastruktur,...) |                      |                             |   |  | 37  | 0,9               |
| Standortseigenschaften/Wuchspotenzial             |                      |                             |   |  | 18  | 0,4               |
| Wind (im Ereignisfall)                            |                      |                             |   |  | 4   | 0,1               |
| Sonstiges   |                      |                             |   |  | 0   | 0,0               |
| Infiltration                                      |                      |                             | 28,5  | Landnutzung - Vegetation (Land-, Forstwirtschaft)        | 20  | 1,6               |
|   |                      |                             |   | Landnutzung - bebautes Gebiet (Infrastruktur,...)        | 24  | 1,9               |
|   |                      |                             |   | Lithologie (Lockermaterial inkl. Auflage)                | 35  | 2,8               |
|   |                      |                             |   | Geländemorphologie                                       | 13  | 1,1               |
|   |                      |                             |   | Bodentemperatur (Frost)                                  | 8   | 0,7               |
| Sonstiges   |                      | 0                           | 0,0   |  |   |                   |
| Wasserhaushalt/ Speicher                          |                      | 30,4                        | Landnutzung - Vegetation (Land-, Forstwirtschaft) | 16   | 1,3   |                   |
|   |                      |                             | Landnutzung - bebautes Gebiet (Infrastruktur,...) | 16   | 1,4   |                   |

Tab. 1: Bewertung der Bedeutung von Einflussfaktoren, -größen und -parametern sowie die auf dieser Basis ermittelte absolute Relevanz von Einzelparametern für (spontane) Rutschungen

| Bedeutung Faktor (%)                                  | Bedeutung Faktor (%)                              | Einflussgröße (Summe 100 %)                           | Bedeutung Einflgr. (%)                    | Parameter                                 | Bewertung-Parameter | Parameter absolut |
|---|---|---|---|---|---------------------|-------------------|
| Prozessfakt.  | 36,5  | Erschütterungen                                       | 4,6                                       | Geologie                                  | 19                  | 1,6               |
|   |   |   |   | Lithologie (Lockermaterial inkl. Auflage) | 32                  | 2,7               |
|   |   |   |   | beitragende EZ-Gebietsfläche              | 18                  | 1,5               |
|   |   |   |   | Sonstiges                                 | 0                   | 0,0               |
|   |   | Schwerkraft/Reibung                                   | 28,1                                      | Erdbeben - Magnitude                      | 43                  | 0,6               |
|   |   |   |   | Erdbeben - Frequenz                       | 15                  | 0,2               |
|   |   |   |   | Anthropogen verursachte Erschütterungen   | 18                  | 0,2               |
|   |   | Geländemorphologie                                    | 44,6                                      | Sonstiges                                 | 25                  | 0,3               |
|   |   |   |   | Geländeneigung                            | 26                  | 2,0               |
|   |   |   |   | Geländemorphologie                        | 11                  | 0,8               |
|   | Materialeigenschaften                             |   |   | 30  | 2,4                 |                   |
|   | Geologie (Grundgestein, Streichen, Fallen...)     |   |   | 22  | 1,7                 |                   |
|   | Landnutzung - Vegetation (Land-, Forstwirtschaft) |   |   | 6   | 0,4                 |                   |
|   | Landnutzung - bebautes Gebiet (Infrastruktur,...) |   |   | 7   | 0,5                 |                   |
|   | Sonstiges   | 0   | 0,0                                       |   |                     |                   |
|   | Materialverhalten                                 | 55,4  | Geländegeometrie (Längs- und Querprofile) | 73  | 11,9                |                   |
|   |   |   | Oberflächenrauigkeit (Fließwiderstand)    | 27  | 4,4                 |                   |
| Sonstiges   |   |   | 0   | 0,0                                       |                     |                   |
| Materialeigenschaften                                 |   |   | 48  | 9,8                                       |                     |                   |
| Materialmenge   |   |   | 18  | 3,7                                       |                     |                   |
| Lockermaterial - Mobilisierbarkeit (Transportbereich) | 21  | Lockermaterial - Mobilisierbarkeit (Transportbereich) | 21  | 4,3                                       |                     |                   |
|   |   | Vegetation (Bremsseffekte)                            | 12  | 2,5                                       |                     |                   |
| Sonstiges   | 0   | 0,0   |   |   |                     |                   |
| Kontrolle   |   |   |   |   |                     | 100,0             |

Tab. 1: Assessment of the relevance of influencing factors, values and parameters and the absolute relevance of single parameters in the case of (spontaneous) landslides that was calculated on this basis



die Grunddisposition von Standorten. Dahinter reihten sich direkt ereignisauslösende Faktoren wie z.B. Niederschlagssummen. Auffällig ist, dass der Landnutzung bei dieser Umfrage insgesamt (sowohl Vegetation als auch bauliche Nutzung) vergleichsweise geringe Bedeutung beigemessen wurde (Andreus und Hagen, 2011).

Dieser erste Bewertungsvorschlag, der auf den durchschnittlichen Ergebnissen der Einzelbewertungen der Experten für den gesamten Alpenraum beruht (Andreus und Hagen, 2012) soll den Ausgangspunkt für eine fachlich strukturierte Diskussion bilden. Regionale und lokale Besonderheiten, die von dem Bewertungsvorschlag abweichen, sollen von den Experten bzw. Teilnehmern im Entscheidungsprozess aufgezeigt, begründet und gegebenenfalls berücksichtigt werden.

Im Rahmen des CLISP-Workshops wurde für den Bereich Gasen von den anwesenden Experten und Betroffenen übereinstimmend festgestellt, dass bauliche Maßnahmen (insbesondere Straßen- und Wegebau) im Gemeindegebiet von Gasen sehr hohen Einfluss auf die Entstehung von Rutschungen haben (Abb. 2).

Diese Aussage stützte sich auf Beobachtungen der Betroffenen, Dokumentationen und Datenanalysen des Ereignisses 2005. Die Bewertung der Bedeutung baulicher Maßnahmen ähnlich jener der Materialeigenschaften scheint daher angebracht. Analysen, die im Projekt AdaptSlide durchgeführt wurden, zeigten außerdem auch die deutlich stabilisierende Wirkung des Waldes, die in diesem Bereich über den vorgeschlagenen Werten (Tab. 1) liegt (Tilch et al., 2011). Die Bedeutung von Schneemengen für die Rutschungsauslösung wurde für den Raum Gasen hingegen als geringer als im Vorschlag angeführt bewertet.

Als grundsätzliche raumplanerische Aussage lässt sich daraus ableiten, dass im Gebiet um Gasen bei der Errichtung von Böschungen

(Straßen, Wegen etc.) mit besonderer (höherer) Sorgfalt auf die Stabilität des Untergrundes bzw. der zu querenden Hänge geachtet werden muss. Für die Maßnahmenplanung wiederum ist interessant, dass durch Aufforstungen gefährdeter Bereiche die Rutschungsdisposition deutlich verringert werden kann.

Zum Thema Klimawandel und dessen Wirkung auf Rutschungen lässt sich erkennen, dass die Temperatur als die einzige, sich derzeit nachweislich ändernde Größe auf den Rutschungsprozess geringen Einfluss hat. Geänderte Temperaturen alleine werden also zu keiner nennenswerten Änderung der Gefährdung durch Rutschungen führen. Im Vergleich zu anderen Prozessen wie z.B. Hochwasser oder Lawine (Andreus und Hagen, 2011) ist auch der Einfluss hydrologischer Faktoren insgesamt etwas geringer. Entsprechende Änderungen sollten sich daher bei Rutschungsprozessen vergleichsweise weniger stark auswirken als bei den zuvor genannten Prozessen.

In der Anwendung zeigte sich, dass die Parameterstruktur grundsätzlich für die Diskussion einzelner Wirkungsgrößen und der Auswirkung von Veränderungen derselben auf den Prozess gut geeignet ist. Trotz der vereinfachten Aufbereitung sind fachliche Laien aber mit den Fragestellungen im Bewertungsprozess teilweise überfordert. Entsprechende Grundkenntnisse sind in dieser Phase der Anwendung erforderlich.

Eine der Stärken des Ansatzes liegt in der Nachvollziehbarkeit der darauf basierenden Entscheidungen. Sie sind in dieser Form auch einer „breiteren Öffentlichkeit“ kommunizierbar. Diskussionen können von der emotionalen Ebene hin zu einer sachlichen Debatte geführt werden. Grundsätzlich werden durch den transparenten Bewertungsvorgang Ergebnisse, auch wenn diese den eigenen Interessen entgegenlaufen, eher akzeptiert. Dies gilt aber nicht 1:1 für die auf dieser

Basis abgeleiteten Maßnahmen – hier zeigt sich, dass weiterer Kommunikations- und Diskussionsbedarf besteht.

## Diskussion

Das CDT war ursprünglich als Hilfsmittel für Entscheidungsträger konzipiert, die raumrelevante, strategische Entscheidungen in von Naturgefahren betroffenen Bereichen treffen müssen. Dabei stand primär die Frage nach Bereichen verstärkter Gefährdung aufgrund sich ändernder Rahmenbedingungen (Klimawandel, Flächennutzung) im Vordergrund. Auch zu Fragen der Aktualität bzw. Dringlichkeit der Revision bestehender Pläne sollte das CDT Hilfestellung geben. Durch den Aufbau des „Tools“ und den augenscheinlich hohen Bedarf nach verbesserter Kommunikation im Planungsstadium bzw. bei Änderungen bestehender Pläne wurde die kommunikationsfördernde Komponente des Ansatzes zu einem weiteren Schwerpunkt ausgebaut.

Während das „theoretische Gerüst“ der Parameterstruktur und -bewertung grundsätzlich fertig gestellt ist (Adaptionen sind immer möglich), bestehen in der Erfahrung mit der praktischen Anwendbarkeit noch Defizite. Diese sollen in weiteren Praxistests mit potenziellen Anwendern verringert werden. Konkret sind folgende Fragen zu verifizieren:

- Wann soll das CDT zum Einsatz kommen?
- Wo bzw. in welchen Fällen scheint ein Einsatz sinnvoll/hilfreich?
- Wer sind die potenziellen Anwender?
- Wie kann die Implementation erfolgen (Ablauf)?

## Wann:

Das CDT ist im Risikokreislauf im Bereich der Vorbeugung bzw. Prävention anzusiedeln (Abb. 3). Es steht am Beginn von Planungen, insbesondere von regionalen Raumplanungen strategischer

Art, sowie im Planungsprozess (auch auf lokaler Ebene) als Diskussionsbasis zwischen Experten und Entscheidungsträgern. Es unterstützt die Präsentation von Planentwürfen in der Öffentlichkeit. Darüber hinaus hilft es einen allfälligen Änderungsbedarf bestehender Unterlagen aufzuzeigen und nachvollziehbar zu begründen bzw. mit Betroffenen zu diskutieren (z.B. GZP-Revision). Das CDT kann in der öffentlichen Diskussion um den Klimawandel und die (vermuteten) Auswirkungen auf verschiedene Naturgefahrenprozesse einen nachvollziehbaren und „objektiveren“ Zugang zu der Thematik vermitteln.

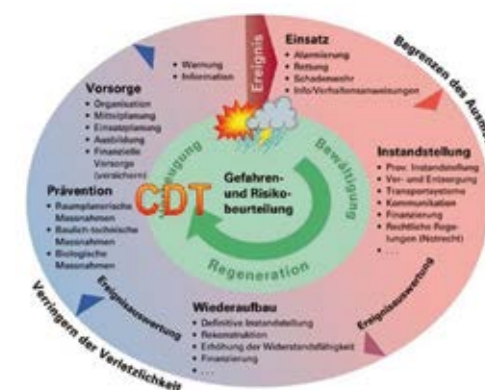


Abb. 3.: Position des CDT im Risikokreislauf (Quelle: naturgefahren.at, bearbeitet)

Fig. 3: Position of the CDT in the circle of risk (source: naturgefahren.at, modified)

## Wo:

Grundsätzlich ist das CDT ein Werkzeug der regionalen Raumplanung, das besonders für die Erstellung von Entwicklungskonzepten Hilfestellung bietet. Die Darstellung der Naturgefahrenprozesse über gewichtete Einflussgrößen hilft bei der Feststellung bestehender oder sich entwickelnder (potenzieller) Gefahrenherde, die Teile intensiver Gefahren- und Risikoanalysen sein sollten. Für die lokale Planung (und damit insbesondere für die Gefahrenzonenplanung) ist der Einsatz des CDT dort sinnvoll, wo großes Interesse bzw. auch

Skepsis seitens der beteiligten Bevölkerung einen erhöhten Kommunikationsbedarf erfordert. Auch ein Einsatz im Bildungsbereich zur Vermittlung grundlegenden Wissens um den Naturraum mit seinen inhärenten Gefahren ist denkbar.

**Wer:**

Die Gruppe möglicher Anwender ist entsprechend der variierenden Stellung von an raumrelevanten Entscheidungsprozessen involvierten Personen und Institutionen breit gestreut bzw. beim derzeitigen Erfahrungsstand schwer zu definieren. Grundsätzlich richtet sich das CDT in seiner Eigenschaft als „decision support tool“ an die Vertreter der regionalen Raumplanung bzw. an mit raumrelevanten Entscheidungen im Bereich der Naturgefahrenprozesse Wildbach (Hochwasser, Mure), Rutschung, Steinschlag und Lawine betraute Institutionen und Personen. Im Bereich der WLV bietet sich das CDT bei der Gefahrenzonenplanung an. Dies sowohl für die Kommunikation mit anderen Experten und Entscheidungsträgern im Planungsprozess als auch mit Betroffenen und Gemeinden primär im Entwurfsstadium.

Da mittels des CDT komplexe Naturgefahrenprozesse vereinfacht dargestellt und vermittelt werden können, kann es auch als Hilfsmittel im Zuge von Lehr- und Weiterbildungsveranstaltungen angewendet werden. Akteuren, die in gefährdeten Bereichen planend tätig sind, ohne selbst Experten für Naturgefahren zu sein (z.B. Architekten), kann damit vergleichsweise einfach ein grundlegendes Verständnis von Ursachen und Wirkungen bei den verschiedenen Naturgefahrenprozessen vermittelt werden.

**Wie:**

Die entsprechenden Erfahrungen sind hier noch bescheiden. Nach bisherigen Erkenntnissen scheint es zielführend, den Bewertungsprozess zwischen Experten und Entscheidungsträgern

(kleine Runde) vom Kommunikationsprozess mit Betroffenen (große Runde) zu trennen. Vorläufig ist eine Moderation durch die an der Entwicklung Beteiligten (BFW) sinnvoll, nicht zuletzt, um auf Basis des Feedbacks Adaptionen zu ermöglichen. Bei entsprechender Erfahrung der Akteure könnte diese Moderation in Folge auch von anderen übernommen werden.

Ob und wie das CDT in die jeweiligen Entscheidungsprozesse einzubinden ist, kann erst nach weiteren praktischen Erfahrungen von den Anwendern und Entscheidungsträgern bestimmt werden.

**Conclusio**

Das CDT stellt grundlegende Zusammenhänge und Wirkungsgrößen von Naturgefahrenprozessen strukturiert, nachvollziehbar und nach Relevanz gewichtet dar. Dadurch kann es bei der Naturgefahrenbewertung als Startpunkt und Diskussionsbasis für Experten verschiedener Bereiche und als Kommunikationsbasis zwischen Experten und Entscheidungsträgern dienen. Insbesondere wird auch eine grobe Abschätzung von Auswirkungen veränderter Rahmenbedingungen (Klimawandel, Flächennutzung) auf regionaler Ebene erleichtert. Künftige potenzielle Gefahrenherde können abgeschätzt und bestehende Planunterlagen hinsichtlich ihrer Aktualität beurteilt werden. Auch als Kommunikationshilfe (z.B. bei Änderungen von Gefahrenzonenplänen) mit fachfernen, interessierten Gruppen und/oder Akteuren und für Belange der Weiterbildung scheint der Einsatz sinnvoll.

Im Rahmen der ersten Praxisanwendungen des Ansatzes fand das für das CDT entwickelte Beurteilungsverfahren (Aufgliederung von komplexen Naturgefahrenprozessen in einzelne Einflussparameter und deren Bewertung) weitgehende Akzeptanz. Kritik- und Streitpunkte stellten

jedoch die Konsequenzen dar, die als Folge der gefundenen Entwicklungen im Raum standen. In diesem Zusammenhang ist im Verantwortungsbereich der WLV die Änderung von Gefahrenzonen und der damit verbundenen Auswirkungen ein „heißes Eisen“ (Stichwort: Eigentumsrechte).

Von den betroffenen Experten der Raumplanung und der WLV wurde auch angeführt, dass Überlegungen zu möglichen veränderten Gefährdungen implizit auch die Frage nach der Qualität bzw. Gültigkeit bestehender Unterlagen enthalten. Das spiegelt die bestehenden Schwierigkeiten im Umgang mit Unsicherheiten bzw. Änderungen (statische Planungsunterlagen versus eine sich dynamisch entwickelnde Landschaft) wider. Die praktische Administrierbarkeit solcher Unsicherheiten bzw. Veränderungen ist ein grundlegendes Problem, zu dem auch das CDT keine direkte Hilfestellung anbieten kann. Fragen nach der Aktualität von Planunterlagen bei veränderten Rahmenbedingungen können jedoch nicht durch das Ignorieren dieser Änderungen aus der Welt geschaffen werden. Die im CDT-Bewertungsverfahren nachvollziehbar aufgezeigten Änderungspotenziale sind daher als nützliche Zusatzinformation für Experten gedacht.

Für die täglichen Belange der Praktiker im Bereich der WLV wurde besonders dem „kommunikativen Aspekt“ des Ansatzes Interesse entgegen gebracht. Positiv bewertet wurde, dass die bewusst einfach gehaltene Methode die Kommunikation unter Experten aber auch mit „interessierten Laien“ deutlich verbessern kann. Der Ansatz erleichtert strukturierte Diskussionen über konkrete Teilbereiche der Naturgefahrenbewertung.

Da der Ansatz hinsichtlich seiner praktischen Anwendung sicher noch nicht ausgereift ist, sind die Autoren für Vorschläge zu weiteren Anwendungen bzw. ein entsprechendes Feedback dankbar.

**Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:**

DI Karl Hagen  
 DI Dr. Peter Andrecs  
 BFW – Bundesforschungszentrum für Wald  
 Institut für Naturgefahren  
 Hauptstr. 7, 1140 Wien  
 karl.hagen@bfw.gv.at  
 peter.andreacs@bfw.gv.at

DI Franz Schmid  
 Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,  
 Umwelt und Wasserwirtschaft  
 Abteilung IV/5 – Wildbach- und Lawinenverbauung  
 Marxergasse 2, 1030 Wien  
 franz.schmid@lebensministerium.at

**Literatur / References:**

ANDRECS P., HAGEN K. (2011).  
 Ergebnisse der Expertenbefragung des BFW im Rahmen des Alpinespace Projektes PARAMount, [http://bfw.ac.at/050/pdf/paramount\\_expertenbefragung\\_111122\\_dt.pdf](http://bfw.ac.at/050/pdf/paramount_expertenbefragung_111122_dt.pdf)

ANDRECS, P., HAGEN, K., LANG, E., STARY U., GARTNER K., HERZBERGER E., RIEDEL F. & HAIDEN, T. (2007).  
 Dokumentation und Analyse der Schadensereignisse 2005 in den Gemeinden Gasen und Haslau (Steiermark). BFW-Dokumentation; Schriftenreihe des Bundesforschungs- und Ausbildungszentrums für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Wien, Nr. 6, S 75, CLISP: <http://www.clisp.eu/content/>

HAGEN K., TILCH N., PROSKE H. PISTOTNIK G., SCHWARZ L., AUST G., FROMM R., HERZBERGER E., KLEBINDER K., PERZL F., BAUER C., KRONBERGER B., KLEB U., GRANICA K., HAIDEN T. (2011).  
 Zusammenfassung –Endbericht: Modellierung von Rutschungsdispositionen und Prozessbereichen – Prozessspezifische Bewertung von Datengrundlagen, Methoden und Ergebnissen für das Gemeindegebiet von Gasen und Haslau, (AdaptSlide), <http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=8935>  
 Naturgefahren.at (Stand 2011) : <http://www.naturgefahren.at/imagecatalogue/imageview/70085/?SectionIDOverride=531>

NBZ (Neue Bewegung für die Zukunft, 2009).  
 Österreichs Städte in Zahlen (2009) [http://www.nbz-online.at/index.php?option=com\\_content&task=view&id=234&Itemid=67](http://www.nbz-online.at/index.php?option=com_content&task=view&id=234&Itemid=67)

MOSER C. (2004).  
 Skizzen einer geistigen Urbanisierung, in: Österreichisches Jahrbuch für Politik 2004, Oldenbourg, S 547-560

PARAMount: <http://www.paramount-project.eu/>

TILCH N., HAGEN K., PROSKE H. PISTOTNIK G., SCHWARZ L., AUST G., FROMM R., HERZBERGER E., KLEBINDER K., PERZL F., BAUER C., KRONBERGER B., KLEB U., GRANICA K., HAIDEN T. (2011).  
 Modelling of Landslide Susceptibility and affected Areas – Process-specific Validation of Databases, Methods and Results for the Communities of Gasen and Haslau, (AdaptSlide – Endreport), <http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=8935>

ZEIDLER A. (2011).  
 CLISP - Climate Change Adaptation by Spatial Planning in the Alpine Space, WP 6 Risk Governance & Risk Communication - SYNTHESIS REPORT; [www.clisp.eu/content/sites/default/files/WP6%20Synthesis\\_Report\\_Final\\_0.pdf](http://www.clisp.eu/content/sites/default/files/WP6%20Synthesis_Report_Final_0.pdf).



JULIA EISL, JOHANNES HÜBL

## Die Wildbachereignisse 2012

### *Torrential Events 2012 – A Review*

#### Zusammenfassung:

Im folgenden Artikel werden die Wildbachereignisse des Jahres 2012 zusammengefasst. Der Bericht bietet einen Überblick über alle Ereignisse, die im digitalen Wildbach- und Lawinenkataster erfasst wurden. Insgesamt wurden im Jahr 2012 337 Wildbachereignisse dokumentiert, die meisten in den Sommermonaten Juni und Juli. Vor allem der Prozess fluviatiler Feststofftransport war mit einem Anteil von 65% stark vertreten. Bezogen auf die Intensitäten wurden im Beobachtungszeitraum 62 starke und 81 extreme Ereignisse verzeichnet. Vergleicht man die einzelnen Bundesländer, war die Anzahl der Ereignisse in der Steiermark am höchsten.

#### Stichwörter:

Ereignisdokumentation, Wildbach, Jahresrückblick

#### Abstract:

*The following article presents a review of torrential events in Austria in the year 2012. All events, which are compiled in a specific database – the digital torrent and avalanche register, are examined. In total, 337 events in torrential catchments in the period of 2012 were documented. Most of them took place in summer, especially in June and July. Concerning the flow process type, fluvial sediment transport was determined in 65% of cases. Speaking of intensities of the events, 62 strong as well as 81 extreme events were recorded. In terms of federal states of Austria, Styria was most affected.*

#### Keywords:

*Event documentation, torrents, review*

#### Einleitung

Die Dokumentation von Wildbachereignissen ist ein wesentlicher Bestandteil eines integralen Risikomanagements, hilft die abgelaufenen Prozesse besser zu verstehen und künftige Gefährdungen zu vermeiden. Die Tatsache, dass nur ein Bruchteil österreichischer Wildbacheinzugsgebiete durch Messstationen „unter Beobachtung“ steht, macht eine qualitativ hochwertige Ereignisdokumentation unabdingbar. Die Plausibilisierung von Modellen zur Gefahrenanalyse stellt hierbei einen wichtigen Faktor dar. Während im Wasserbau-Sektor im Moment an einem Leitfaden zur Ereignisdokumentation gearbeitet wird, ist die Methodik der Ereignisdokumentation für Wildbachereignisse bereits weit fortgeschritten, erfuhr sie doch immerwährende Verbesserungen und Nachbearbeitungen. Von den MitarbeiterInnen der Dienstzweige muss auf eine durchgängige Methode und homogene Datenaufnahmen geachtet werden, um die Produktion von Fehlern in der Auswertung zu vermeiden.

Der folgende Artikel bildet einen Überblick über die im Jahr 2012 dokumentierten „Wasser“-Ereignisse sowie die Niederschlags-

situation in den häufig betroffenen Sommermonaten Juni bis August auf Basis des Datensatzes im WLK. Die betrachteten Ereignisse sind jene, die stark von Wasser als Transport- und Auslösemedium geprägt sind. Nach ONR 24800 werden die in Wildbacheinzugsgebieten vorkommenden Verlagerungsprozesse in folgende vier Gruppen unterteilt: Hochwasser, fluviatiler Feststofftransport, murartiger Feststofftransport sowie Murgang. Dazu kommt noch Oberflächenabfluss, welcher den gerinnelosen Abfluss eines Wildbacheinzugsgebietes berücksichtigt.

#### Niederschlag

Der Juni 2012 war insgesamt sehr regnerisch, in weiten Teilen des Bundesgebietes überschritt der Niederschlag das langjährige Mittel. Am Alpenostrand erreichten die Niederschlagsmengen allerdings nur etwa 40 bis 75% der mittleren Werte. In Oberösterreich, großen Teilen Niederösterreichs, der Obersteiermark sowie in Tirol und Vorarlberg wurden ~150% des mittleren Niederschlages gemessen. Die höchsten Werte erreichte die Station Alberschwende (Vorarlberg) mit 323 mm im gesamten Monat. Starkregenereignisse mit Gewittern prägten den Juni. An einigen Niederschlagsstatio-

nen wurden erhebliche Niederschlagsintensitäten gemessen, so z.B. am Präbichl in der Steiermark, wo 60 mm in drei Stunden bzw. 90 mm innerhalb von 11 Stunden registriert wurden.

Auch im Juli 2012 wurden extreme Niederschlagssummen gemessen. In einigen Regionen von Kärnten und der Steiermark sowie von Salzburg, Niederösterreich und dem Burgenland wurden neue Juli-Rekorde aufgestellt. Der Süden und Osten Österreichs wies im Juli die zwei- bis dreifache Niederschlagsmenge auf. Die Station Präbichl (Steiermark) erreichte wie schon im Juni sehr hohe Werte. Die Monatssumme von 461 mm an dieser Station wird statistisch gesehen nur alle 50 Jahre erreicht. Im Juli waren vor allem Starkregen mit Gewittern von Bedeutung. An 41 der 266 Wetterstationen der ZAMG wurde mindestens einmal in diesem Monat ein Tagessummenwert von > 50 mm erreicht. In Deutschlandsberg (Steiermark) betrug die Niederschlagsintensität 68 mm/2 Stunden. Dieser Wert entspricht der Hälfte des mittleren Monatsniederschlags. In einigen Regionen wie im nördlichen Vorarlberg, im Außerfern und im Innviertel erreichten die Niederschlagsmengen nur ~ 60% des langjährigen Mittels.

Im August wurde in Vorarlberg, in großen Teilen Nord- und Osttirols sowie in Teilen des Mühl- und Waldviertels das langjährige Mittel um 25 bis 75% überschritten. Während die Süd- und Oststeiermark, das Burgenland und das Wein- und Industrieviertel unter dem Durchschnitt lagen, war der Rest des Bundesgebietes von durchschnittlichen Niederschlagsmengen betroffen.

(Quelle: www.zamg.ac.at)

### Ereignisse 2012

Im Jahr 2012 wurden vom Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung österreichweit 337 Ereignisse dokumentiert, die der Prozessart Wasser zuzuordnen sind. 65% der erhobenen Ereignisse entfallen auf den Prozess fluviatiler Feststofftransport, 12% auf Hochwasser und 13% auf murartigen Feststofftransport. 9% der Ereignisse wurden als Murgänge klassifiziert, 1% als Oberflächenabfluss (Abbildung 1).

Am häufigsten von Wildbachereignissen betroffen war das Bundesland Steiermark mit insgesamt 127 Ereignissen, gefolgt von Kärnten (68 Ereignisse) und Tirol (67 Ereignisse). Auf das

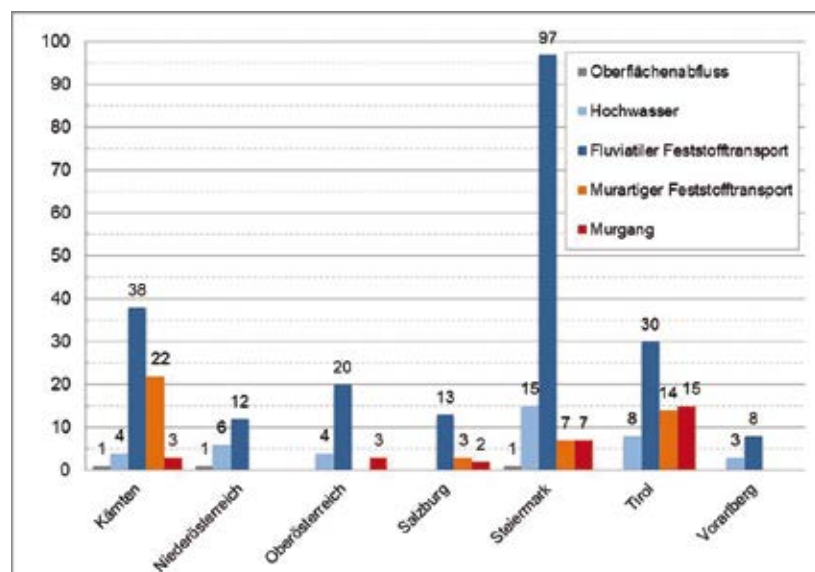


Abb. 1:  
Anzahl der Ereignisse nach  
Prozessart und Bundesland.

Fig. 1:  
Events organised by flow  
process and federal state

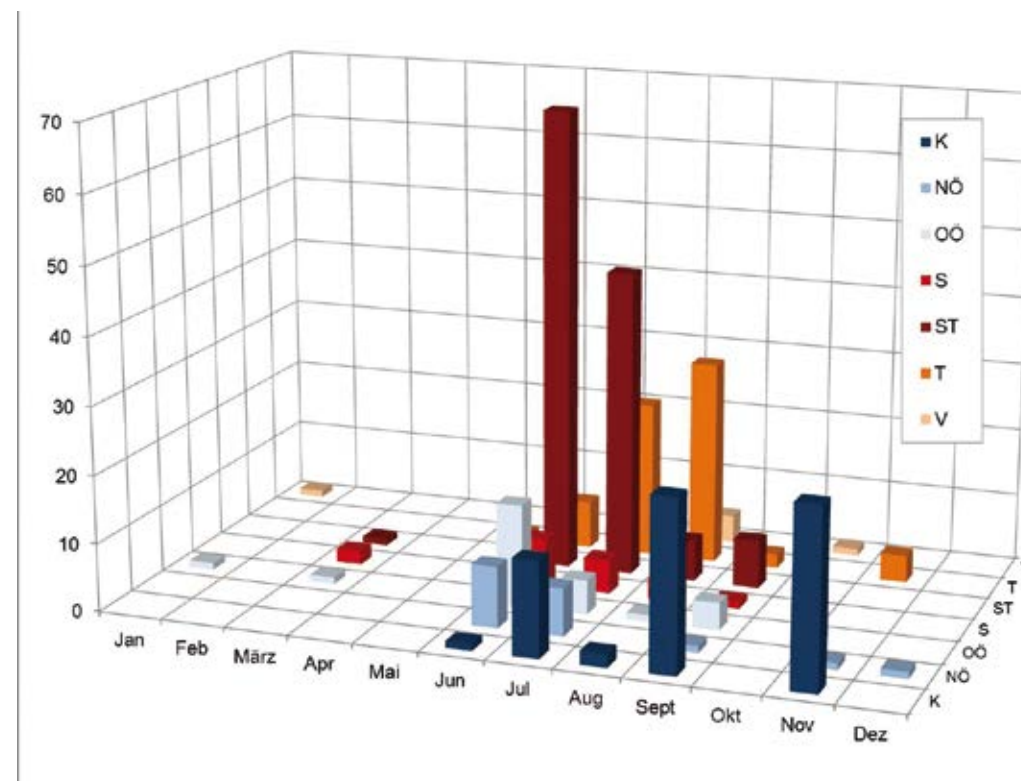


Abb. 2: Verteilung der Ereignisse nach Monat und Bundesland

Fig. 2: Torrential events organised by month and federal state

Bundesland Oberösterreich entfallen 27 Ereignisse. In Niederösterreich wurden 19 Ereignisse dokumentiert, in Salzburg 18 und in Vorarlberg 11. In den Bundesländern Burgenland und Wien wurden im Jahr 2012 keine Wildbachereignisse dokumentiert.

Die meisten Murgänge gab es in Tirol (15), in der Steiermark wurden 7 Murgänge und in Kärnten und Oberösterreich jeweils 3 Murgänge dokumentiert. In Salzburg wurden 2 Murgänge aufgenommen.

Von Anfang Jänner bis Ende Mai 2012 wurden in Summe lediglich 7 Ereignisse dokumentiert. Die Ereignisse 2012 häufen sich in den Sommermonaten Juni (108) und Juli (104). In den Monaten August und September wurden im Vergleich zu den Vormonaten nur mehr die Hälfte der

Ereignisse erfasst (45 bzw. 40). Auch im November 2012 gab es noch insgesamt 31 Ereignisse, davon 19 fluviale und 7 murartige Feststofftransporte. Einen Überblick über die Ereignisse im Jahresverlauf je Bundesland liefert Abbildung 2. Hierbei sind alle Prozessgruppen zusammengefasst.

### Auslösekriterien

Insgesamt wurden 80% der Ereignisse 2012 durch Starkregen ausgelöst, davon waren ~ 72% Starkregen ohne Hagel und ~ 28% Starkregen mit Hagel. In die Kategorie Starkregen ohne Hagel fallen außerdem 2 fluviale sowie ein murartiger Feststofftransport, welche durch Starkregen in Kombination mit Schneeschmelze ausgelöst wurden. Langanhaltender Regen war in ~ 19% aller Fälle



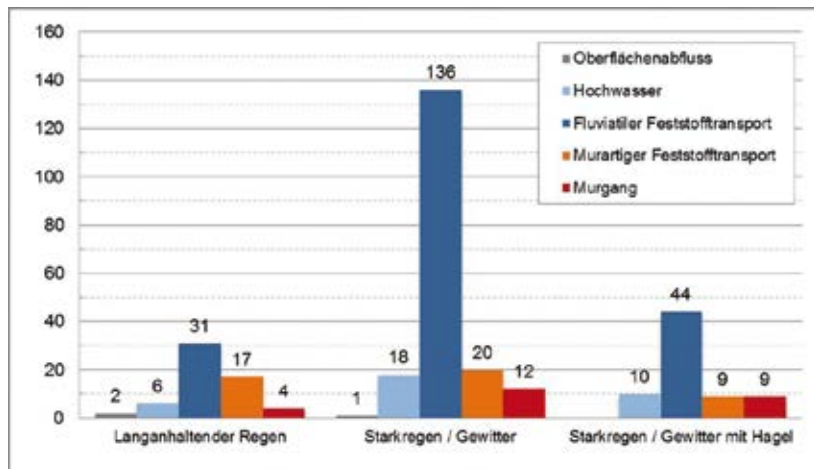


Abb. 3:  
Auslöser für  
Wildbachereignisse 2012.

Fig. 3:  
Precipitation triggers for  
torrential events in 2012

Auslöser für Wildbachereignisse, von insgesamt 60 Ereignissen waren hier 17 von Schneeschmelze beeinflusst. 3 Murgänge wurden zudem durch Schneeschmelze ohne beträchtliche Niederschläge herbeigeführt. Betrachtet man lediglich die dokumentierten murartigen Feststofftransporte wurden ~ 37% durch langanhaltenden Regen und ~ 63% durch Starkregen verursacht (Abbildung 3).

### Intensitäten

Die Einteilung von Ereignissen in Intensitätsklassen erfolgt in vier Gruppen: gering – S, mittel – M, stark – L und extrem – XL. Kriterien zur Bewertung sind einerseits die flächige Ausbreitung (Flächenausmaß), andererseits die mittlere Abfluss-, Ablagerungshöhe oder Erosionstiefe im Schadensraum (Abbildung 4).

Das Jahr 2012 war geprägt von Extremereignissen. In Summe wurden 81 Ereignisse mit extremer Intensität bewertet. Davon waren mehr als die Hälfte dem Prozess fluvialer Feststofftransport zuzuordnen.

Starke Intensitäten wurde in 62 Fällen dokumentiert, mittlere Intensitäten traten bei 55 Ereignissen und geringe bei 17 auf. Etwa einem Drittel des Gesamtdatensatzes wurde leider keine

Intensität zugewiesen. Diese Datensätze können folglich in keine weiterführende Analyse eingebunden werden.

Abbildung 3 bietet einen Überblick über die räumliche Verteilung der Intensitätsklassen. Demnach entfällt der Großteil der Extremereignisse auf das Bundesland Steiermark (55), gefolgt von Kärnten (11) und Tirol (10). Die Verteilung der starken Ereignisse folgen demselben Schema: in der Steiermark mit 26, Tirol mit 17 und Kärnten mit 13 Ereignissen.

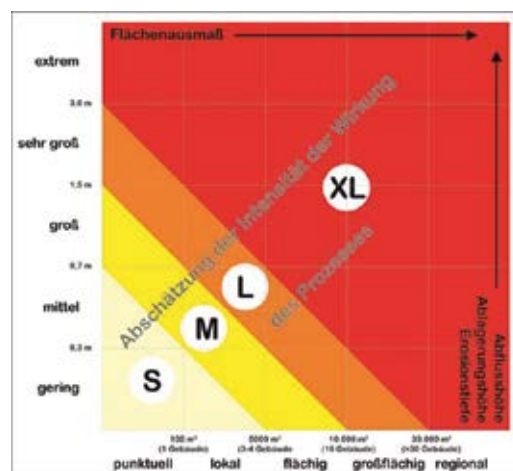


Abb. 4: Abschätzung der Prozessintensität

Fig. 4: Estimation of process – intensity

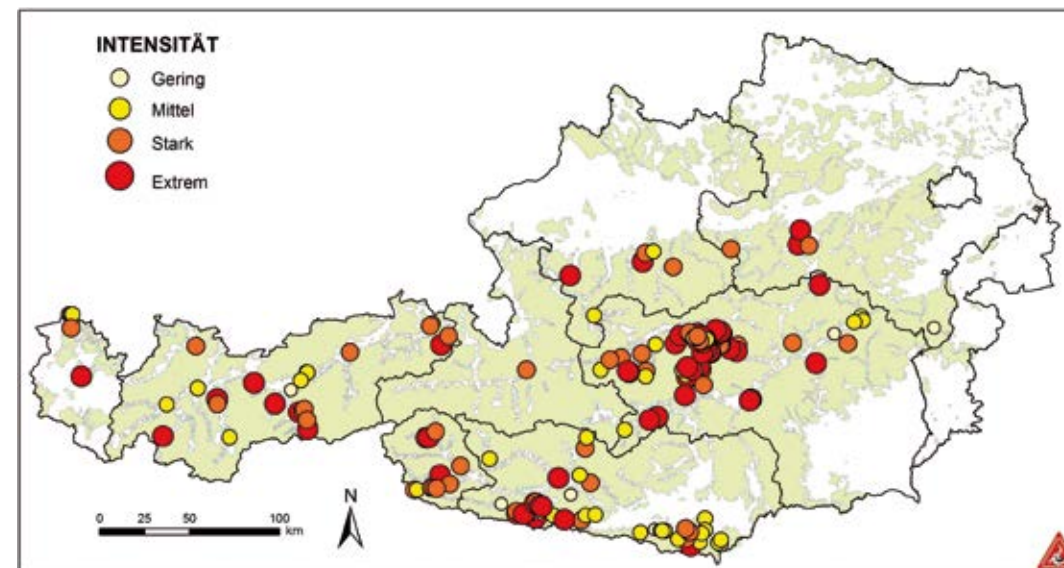


Abb. 5: Räumliche Verteilung der Intensitätsklassen.

Fig. 5: Spatial distribution of intensities

### Schadereignisse

Die Aufschlüsselung der Schäden erfolgt nicht nach Einzelobjekten, sondern nach Ereignissen, infolge derer Schäden in bestimmten Kategorien verursacht wurden. Die meisten Schadereignisse

durch Wildbäche 2012 beeinträchtigte Straßenanlagen (29 Ereignisse), woran vor allem die Prozesse fluvialer sowie murartiger Feststofftransport maßgebend waren. Die Anzahl der Ereignisse mit Gebäudeschäden belief sich auf 28 Ereignisse und umfasst vor allem Schäden durch fluvialen Feststofftransport (64%).

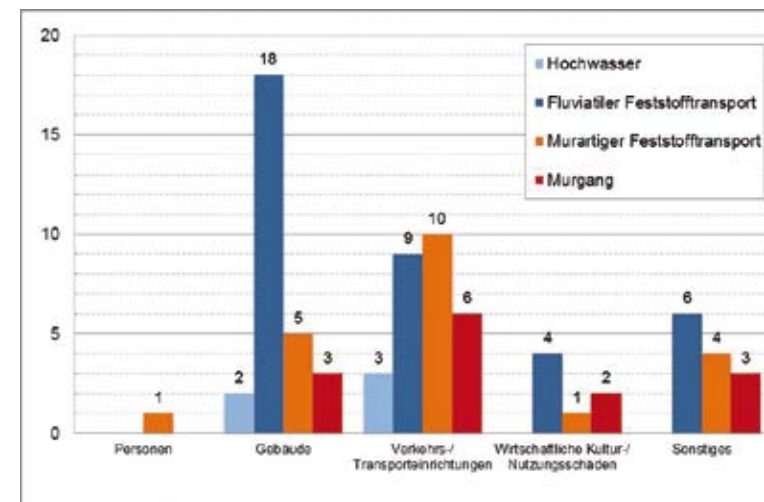


Abb. 6:  
Anzahl der Schäden  
nach Kategorie und  
Prozessart

Fig. 6:  
Number of damages  
by category and  
process type

Eine genauere Aufschlüsselung der Schäden findet sich in Tabelle 1. Demnach entfallen die Hälfte der Ereignisse mit Gebäudeschäden auf private Wohn- und Nebengebäude. Bezogen auf Straßenanlagen waren vor allem Gemeindestraßen betroffen.

| Kategorie/Nutzung                                 | HW | FF | MF | M |
|---|----|----|----|---|
| <b>Personen</b>                                   |    |    |    |   |
| Personen in Fahrzeugen/Transportmitteln           |    |    | 1  |   |
| <b>Gebäude</b>                                    |    |    |    |   |
| Fremdenverkehr                                    |    | 2  |    |   |
| Private Wohn- und Nebengebäude                    | 2  | 9  | 2  | 1 |
| Öffentliche Gebäude                               |    | 2  |    |   |
| Verkehr/Versorgung/Gewerbe/Industrie              |    | 3  | 2  |   |
| Land-/forstwirtschaftliche Gebäude                |    | 2  | 1  | 1 |
| Sonstige  |    |    |    | 1 |
| <b>Straßenanlagen</b>                             |    |    |    |   |
| Gemeindestraßen                                   | 2  | 8  | 5  | 4 |
| Landesstraße B                                    |    | 1  | 3  | 1 |
| Landesstraße L                                    | 1  | 1  | 2  |   |
| <b>Wirtschaftliche Kultur-/Nutzungsschäden</b>    |    |    |    |   |
| Landwirtschaftliche Nutzung                       |    | 3  | 1  | 1 |
| Touristische Nutzung                              |    |    |    | 1 |
| Sonstige wirtschaftliche Kultur-/ Nutzungsschäden |    | 1  |    |   |
| <b>Sonstiges</b>                                  |    |    |    |   |
| Sonstiges   |    | 6  | 4  | 3 |

Tab. 1: Anzahl der Schäden nach Schadenskategorie und Prozessart  
(HW = Hochwasser, FF = fluvialer Feststofftransport, MF = murartiger Feststofftransport, M = Murgang)

Tab. 1: Number of damages by categories and process types  
(HW = water flood, FF = fluvial sediment transport, MF = debris flood, M = debris flow)

### Schlussfolgerungen

Wie eingangs bereits erwähnt ist es vor allem wichtig auf die immense Bedeutung der Ereignisdokumentation hinzuweisen. Da für Wildbäche kaum Messwerte vorliegen muss in vielen Fällen

auf bekannte Ereignisse zurückgegriffen werden, um etwa Rückschlüsse für Bemessungsaufgaben ziehen zu können. Voraussetzung für die Ereignisdatenauswertung ist einerseits, dass die Daten vollständig vorhanden sind, andererseits dass die Qualität derselben hoch ist. Nur so kann eine aussagekräftige Analyse durchgeführt werden. Außerdem ist es entscheidend auf eine durchgängige Methodik zu achten, vor allem was die wichtigsten Klassifizierungsmerkmale wie z.B. die Prozessart betrifft. Diese sind nach den vier Hauptprozessarten einzuteilen. Wenn auch die Zuordnung nicht immer eindeutig ist, muss man sich auf eine einheitliche Bezeichnung verständigen. Auch wenn der Zeitaufwand höher ist, sollte dies stets im Hinterkopf behalten werden.

### Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Julia Eisl  
Institut für Alpine Naturgefahren,  
Department Bautechnik und Naturgefahren  
Universität für Bodenkultur Wien  
Peter Jordan Straße 82, 1190 Wien  
julia.eisl@boku.ac.at

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

### Literatur / References:

HÜBL J., EISL J., TADLER R. (2012).  
Ereignisdokumentation 2012. Jahresrückblick der Ereignisse; IAN Report 150, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur-Wien.  
<http://www.lebensministerium.at/forst/schutz-naturgefahren/wildbach-lawinen/Erdok-2012.html>.

JANU S., MOSER M., MEHLHORN S. (2013).  
Ereignisdokumentation und Analyse des Ereignisses vom 21. Juli 2012 in St. Lorenzen – Abschlussbericht; Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung (unveröffentlicht).



**GEOGNOS BERTLE**  
Technische Geologie ZT GmbH



Kronengasse 6 A-6780 Schruns office@geologie-bertle.at

Geländekartierungen - Beratung Gefahrenzonen - Stabilitätsberechnungen - 2D/3D Steinschlagsimulationen

STEFAN JANU, MARKUS MOSER, SUSANNE MEHLHORN

## Ereignisdokumentation und Analyse des Ereignisses vom 21. Juli 2012 in St. Lorenzen (Steiermark)

### *Documentation and analysis of the debris flow event on the 21st July 2012 of St. Lorenzen (Styria)*

#### Zusammenfassung:

Eine extreme Häufung von großteils sehr kleinräumigen Starkniederschlagsereignissen führte von Juni bis August 2012 fast in der gesamten Steiermark zu Hochwasserereignissen, die in vielen Fällen mit großen Schäden verbunden waren. Das extremste Ereignis fand am 21. Juli 2012 in St. Lorenzen (Gemeinde Trieben) im Paltental statt. Am Lorenzerbach kam es zu einem Murenabgang, der in der Ortschaft St. Lorenzen zu großen Schäden an Gebäuden und Infrastruktureinrichtungen führte. Im Zuge einer sehr ausführlichen Ereignisdokumentation und Ereignisanalyse wurde versucht den außergewöhnlichen Prozessverlauf und dessen zerstörende Auswirkungen im zentralen Ortsbereich nachzuvollziehen und zu rekonstruieren.

#### Stichwörter:

Lorenzerbach, Murgang, Ereignisdokumentation, Ereignisanalyse

#### Abstract:

*From June to August 2012 an extreme accumulation of heavy rainfall events, mostly of small spatial extent, caused floods in many parts of province of Styria. In many cases these flooding events caused great damages. The worst of these events hit the village of St. Lorenzen in the municipality Trieben. In the torrent chatchment Lorenzerbach a debris flow event occurred on the 21st of July, causing catastrophic damage to residential buildings and other infrastructural facilities in the residential area. The aim of the very detailed documentation and -analysis of the event was to reconstruct the extreme process sequence which resulted in the damaging effects on the densely populated build-up area of St. Lorenzen.*

#### Keywords:

*Lorenzer torrent, debris flow, event documentation, event analysis*

#### Dokumentation des Murgangs vom 21. Juli 2012

##### Allgemeine Beschreibung des Einzugsgebietes

Am Lorenzerbach kam es in den Morgenstunden des 21. Juli 2012 zu einem Murengang, der in der Ortschaft von St. Lorenzen im Paltental (Gemeinde Trieben, Bezirk Liezen, Steiermark; 47° 29' 40" N, 14° 27' 16" E) zu katastrophalen Schäden an Gebäuden und Infrastruktureinrichtungen führte.

Das Einzugsgebiet des Lorenzerbaches hat eine Fläche von 5,84 km<sup>2</sup> und liegt zur Gänze im Kompetenzbereich des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung. Es gehört in naturräumlicher Hinsicht zu den Rottenmanner Tauern. Das Gebiet befindet sich im Oberostalpin und wird im Nordteil durch Metabasite, z.T. graphitführende Schiefer, Phyllite und Karbonatgesteine der Grauwackenzone (Veitscher- und Norische-Decke) aufgebaut. Im Südteil schließt das Silvretta-Seckau-Deckensystem mit Gneisen



Abb. 1:  
Ortsgebiet von  
St. Lorenzen nach  
Murenabgang vom  
21. Juli 2012

Fig. 1:  
Residential area of  
St. Lorenzen after the  
debris flow event of  
21<sup>st</sup> July 2012



(Bösenstein-Pletzen-Decke) und Serpentiniten (Gaal Schuppenzone) mit auflagernden Phylliten und Quarziten (Rannach-Formation) an. Diese tektonische Abfolge wurde im Zuge der kreidezeitlichen Deckenstapelung angelegt und durch die Neogene Pöls-Störung beeinflusst und verschuppt.

Im ministeriell genehmigten Gefahrenzonenplan (2009) ist für den Lorenzerbach ein 150-jährlicher Bemessungsabfluss von  $34 \text{ m}^3/\text{s}$  und eine Geschiebefracht von  $20.000 \text{ m}^3$  unterstellt worden. Aufgrund der starken Gefährdung und des Bachcharakters (stark geschiebeführend bis murfähig) sind große Teile der Ortschaft als „Rote Gefahrenzone“, der übrige Teil des Schwemmkegels wurde fast zur Gänze als „Gelbe Gefahrenzone“ ausgewiesen.

Im Lorenzerbach wurden seitens des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und

Lawinenverbauung in der Vergangenheit eine große Anzahl von Schutzmaßnahmen durchgeführt, die vom Ereignis stark in Mitleidenschaft gezogen wurden, jedoch wesentlich größere Schäden im Ortsbereich verhindert haben. Die Schutzmaßnahmen umfassen eine durchgehende Ortsregulierung, 54 Konsolidierungssperren und 28 Grundschrillen sowie eine Geschiebedosiersperre im Lorenzerbach und dessen Zubringer.

Meteorologie und Niederschlag

Das Niederschlagsereignis begann am 19.07.2012 um 14:00 Uhr UTC und endete am 21.07.2012 um 05:30 Uhr UTC. Durch die Wetterradarauswertung (INCA-Analyse) ergibt sich für den Lorenzerbach ein mittlerer Gebietsniederschlag von 148 mm in diesem Zeitraum.

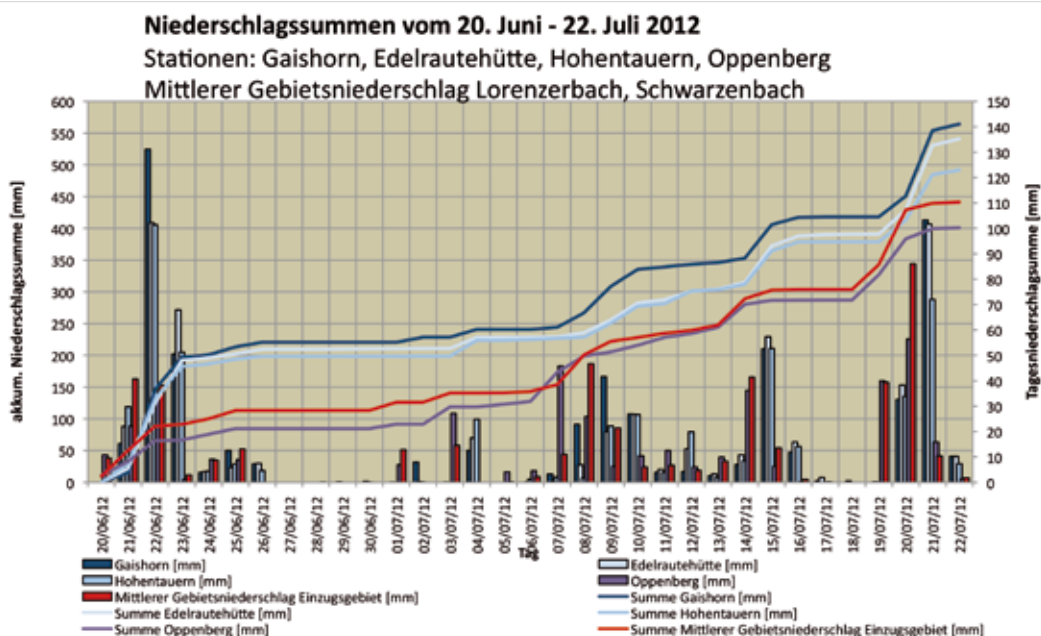


Abb. 2: Niederschlagsverlauf vom 20. Juni bis 21. Juli 2012 der einzelnen Niederschlagsstationen; rote Linie: Mittlerer Gebietsniederschlag im Einzugsgebiet Lorenzerbach und Schwarzenbach (INCA- Daten).

Fig. 2: Precipitation series from 20th June to 21st July 2012 of the precipitation measuring stations; red line: mean areal precipitation in the catchment areas of the torrents Lorenzerbach and Schwarzenbach (INCA- data).

| Einzugsgebiet | Niederschlagssumme [mm]   |            |         |         |              |            |         |         |              |                          |         |         |              |
|---------------|---------------------------|------------|---------|---------|--------------|------------|---------|---------|--------------|--------------------------|---------|---------|--------------|
|               | Fläche [km <sup>2</sup> ] | Juni 2012  |         |         |              | Juli 2012  |         |         |              | 20. Juni - 22. Juli 2012 |         |         |              |
|               |                           | Mittelwert | Maximum | Minimum | Jährlichkeit | Mittelwert | Maximum | Minimum | Jährlichkeit | Mittelwert               | Maximum | Minimum | Jährlichkeit |
| Lorenzerbach  | 5,84                      | 212        | 217     | 208     | 3 - 4        | 358        | 376     | 352     | >300         | 428                      | 437     | 423     | >300         |
| Schwarzenbach | 10,82                     | 228        | 244     | 205     | 5 - 6        | 383        | 419     | 352     | >300         | 451                      | 484     | 416     | >300         |
| Triebenbach   | 113,29                    | 256        | 308     | 196     | 10 - 20      | 414        | 512     | 347     | >300         | 493                      | 598     | 411     | >300         |

Tab. 1: Mittlere, maximale und minimale Niederschlagssummen (INCA- Daten) und Jährlichkeit der Monate Juni, Juli und im Zeitraum vom 20. Juni bis 22. Juli 2012 der Einzugsgebiete Lorenzerbach, Schwarzenbach und Triebenbach.

Tab. 1: Mean, maximal and minimal total precipitation rates (INCA- data) and return periods of the months of June, July and the period of 20th June to 22nd July 2012 of the catchment areas Lorenzerbach, Schwarzenbach and Triebenbach.

Die höchste 15-Minutenrate wurde am 19. Juli im Einzugsgebiet gemessen und erreichte punktuell knapp  $40,4 \text{ mm}/15 \text{ min}$ . Vom Vortag des Ereignisses um 14:00 Uhr UTC bis kurz nach dem Ereignis ist eine Niederschlagssumme von  $96 \text{ mm}$  im Einzugsgebiet des Lorenzerbaches registriert worden.

Die katastrophalen Auswirkungen des Ereignisses sind nicht nur durch die intensiven Niederschläge direkt vor der Ereignisnacht entstanden, sondern sind in Kombination mit den hohen Niederschlägen in den vorangegangenen Wochen (Vorbereitung: Bodensättigung) zu erklären.

Im Zeitraum vom 20. Juni bis 23. Juli 2012 ist im Einzugsgebiet des Lorenzerbaches ein mittlerer Gebietsniederschlag von ca.  $430 \text{ mm}$  aus der INCA-Analyse ermittelt worden (Abbildung 2). Solche Niederschlagssummen sind für diese Bereiche seit es Aufzeichnungen gibt noch nie gemessen worden. Nach extremwertstatistischer Berechnungen können die Niederschlagssummen im Juli bzw. vom 20. Juni bis 21. Juli mit einer Jährlichkeit von  $>300$  angegeben werden (Tabelle 1).

Die erste Unwetterhäufung trat im Zeitraum zwischen 20. und 23. Juni auf, die in zahlreichen benachbarten Einzugsgebieten zum Teil zu

großen Schäden führte. Für das Einzugsgebiet des Lorenzerbaches beträgt für diesen Zeitraum vom 21. bis 23. Juni der mittlere Gebietsniederschlag  $165 \text{ mm}$ . Der Hauptniederschlag war in 6 Stunden mit ca.  $100 \text{ mm}$  zu verzeichnen. Am 23. Juni kam es am Lorenzerbach das erste Mal zu Überschwemmungen im Bereich der Bundesstraße.

Aufgrund dieser enormen Niederschlagsbelastungen über mehrere Wochen wurden sämtliche vorhandenen Grund- und Hangwasserspeicher aufgefüllt. Dies führte im Juni schon zu einer Aktivierung von flachgründigen Fließ- und Rutschvorgängen in der Schluchtstrecke, deren Einhängen eine sehr lange progressive Hangentwicklungsgeschichte haben.

Beschreibung des Ereignisses

Der dominante Prozessstyp des Ereignisses war ein schlammartiger Murgang. Als Auslöser dieses Murganges sind vermutlich eine Vielzahl von zum Teil mächtigen Rutschungen im Mittellauf, die auch zu mehreren Verkläuerungen führten und schließlich einen Verkläuerungsbruch im Hauptbach verursacht haben, verantwortlich.

Die Intensität des Ereignisses vom 21. Juli

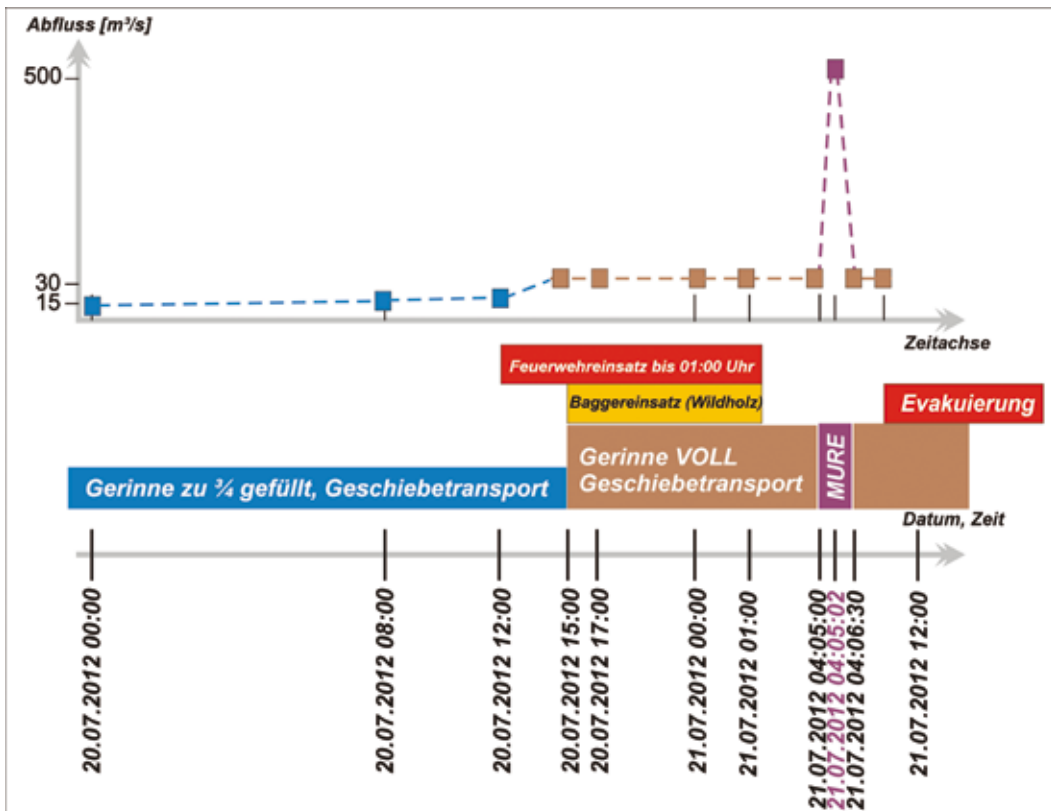


Abb. 3: Ereignisverlauf vom 20.07.2012 bis zum Murgang am 21.07.2012 um 04:05 Uhr MEZ (schematische Darstellung).

Fig.3: Course of the debris flow event from 20th July 2012 to 21st July 2012 (schematic figure).

in St. Lorenzen ist aufgrund der Abfluss- und Ablagerungshöhen sowie der großen Ablagerungsfläche als „extrem“ zu bewerten. Insgesamt waren durch das Ereignis am Lorenzerbach 78 Gebäude betroffen; es wurden 17 Gebäude zerstört, 26 Gebäude schwer und 35 Gebäude leicht beschädigt.

Bereits in der Nacht vom 19. auf den 20. Juli führte der Lorenzerbach viel Wasser. Der Abfluss wurde als „stark geschiebeführend“ beschrieben, das Gerinne konnte den Abfluss mit Geschiebeführung gerade noch schadlos abführen. Am Nachmittag des 20. Juli um 15:00 Uhr MEZ betrug nach durchgeführter Rückrechnung der Abfluss im Gerinne ca. 30 m³/s. Dieser Abfluss mit Geschiebe und Wildholz blieb bis zum Murgang um 04:05 Uhr MEZ am 21. Juli nahe-

zu konstant. Ab ca. 04:05 Uhr trat die Murwelle mit einem rückgerechneten Spitzenabfluss von ca. 500 m³/s auf. Dieser Murgang dauerte „nur“ ca. 1,5 Minuten, der Bach war nach ca. 10 Minuten wieder in seinem ursprünglichen Bachbett. Die schematische Darstellung des Ereignisverlaufes ist in Abbildung 3 dargestellt.

Dokumentation Schwemmkegel und Gerinnestrecke

Nach dem Ereignis wurden im Schwemmkegelbereich als Grundlage für eine weitere Analyse Kartierungen durchgeführt. Diese beinhalteten die punktuelle Aufnahme von Anschlagmarken und Ablagerungshöhen sowie eine Kartierung der Überflutungs- bzw. Ablagerungsfläche nach Pro-

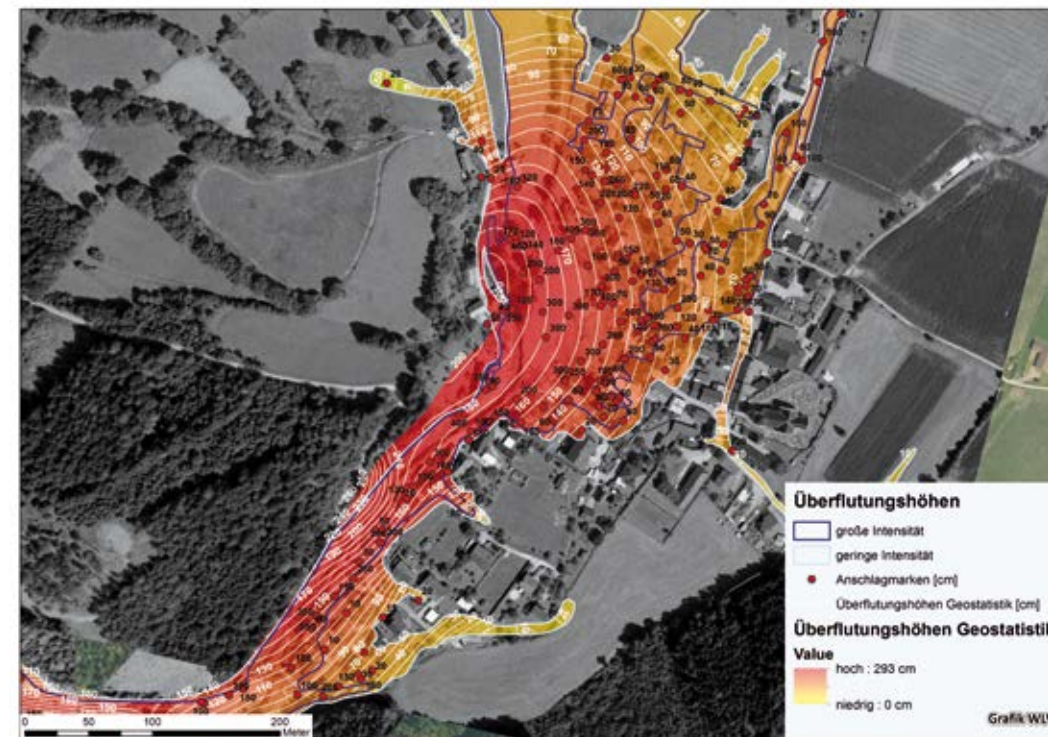


Abb.4: Ereigniskartierung auf dem Schwemmkegel im Ortsbereich von St. Lorenzen.

Fig. 4: Mapping of the intensity of the debris flow event of the alluvial fan area of St. Lorenzen.

zessintensitäten. Die Intensitäten des Ereignisses wurden flächig vom gesamten Schwemmkegel kartiert. Die Einteilung erfolgte in 2 Klassen in Anlehnung an die Kriterien der Gefahrenzonenplanung sowie der Intensität der aufgetretenen Schäden:

Dabei entsprechen Bereiche großer Intensität Bereichen mit großen Überflutungshöhen und Geschiebeablagerungen (Abbildung 4: dunkelblaue Polylinie) sowie jenen Bereichen, wo Gebäude oder Gebäudeteile zerstört wurden bzw. schwere Schäden auftraten. In Bereichen geringer Intensität sind nur kleine Überflutungshöhen und Geschiebeablagerungen (Abbildung 4: hellblaue Polylinie) kartiert worden und nur geringe Schäden an Gebäuden und Infrastruktureinrichtungen entstanden.

Aufgrund der aufgenommenen Anschlagmarken wurde die Fließhöhe des Ereignisses flächig mittels geostatistischer Berechnung rekonstruiert. Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse der oben beschriebenen Kartierungen.

Vom Schwemmkegelhals aufwärts wurden insgesamt 37 Durchflussprofile aufgenommen. Im Oberlauf bis zur obersten Verklauungsstelle betragen die Durchflussquerschnitte ca. 15 m². Ab der obersten Verklauungsstelle bis zum Schwemmkegelhals wurden Durchflussquerschnitte von ca. 65 – 90 m², vereinzelt über 100 m² gemessen.

Kurz nach dem Ereignis wurde eine Laserscanbefliegung vom gesamten Einzugsgebiet durchgeführt. In Kombination mit einem vorhandenen Laserscan des Jahres 2011 konnte ein





Abb 5: Geschiebebilanzierung aus dem Differenzenmodell in m³ [Rot: negative Werte = Erosion; Blau: positive Werte = Ablagerung]

Fig. 5: Bedload balance derived from the deviation model in m³ [red: negative values = erosion; blue: positive values = deposition]

Differenzenmodell (Abbildung 5) erstellt werden. Dadurch war es möglich eine Geschiebemassenbilanzierung für diesen Zeitraum für das gesamte Einzugsgebiet zu erstellen, wobei die Hauptgeschiebemobilisierung sicherlich ab dem 20. Juni 2012 (erste Unwetterserie) bzw. vor allem zum Zeitpunkt des eigentlichen Ereignisses stattgefunden hat. Das Geschiebefrachtdiagramm (Abbildung 6) zeigt, dass ca. 123.000 m³ Geschiebe aus dem gesamten Einzugsgebiet mobilisiert bzw. erodiert worden sind. Es belegt ebenfalls, dass mit Beginn der oberen Querverbauungen (Konsolidierungssperren) ein weiteres Eintiefen des Hauptgrabens verhindert wurde. Danach fand eine weitere Geschiebemobilisierung hauptsächlich durch Seitenerosion im Hauptgraben und den Zubringern sowie durch Rutschungen statt.

Auf dem gesamten Schwemmkegel von

hm 23,5 bis hm 0 (außerhalb des Gerinnes) wurden beim Ereignis am 21. Juli und am 23. Juni (geringere Ablagerungen unterhalb Bundesstraße) rund 58.000 m³ Geschiebe sedimentiert. Direkt im Ortsbereich oberhalb der Bundesstraße wurden beim Murenereignis (hm 11,0 – 23,5) ca. 30.000 m³ an Geschiebe abgelagert.

### Analyse des Ereignisses

#### Methodik der Ereignisanalyse

Durch die sehr ausführliche Dokumentation des Ereignisses wurde versucht den extremen Prozessablauf mit den schadensbringenden Auswirkungen im Ortsbereich von St. Lorenzen zu rekonstruieren.

Die Murenganglinie, die Geschiebefracht

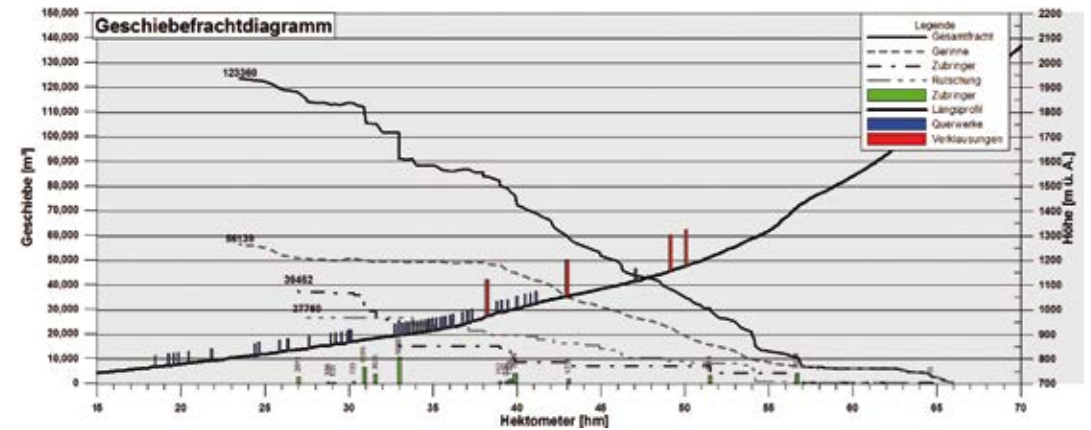


Abb 6: Geschiebefrachtdiagramm für das Einzugsgebiet Lorenzertbach; Ergebnisse aus dem Differenzenmodell.

Fig. 6: Transported bedload volume of the catchment Lorenzertbach, derived from the deviation model.

bzw. der Geschiebeanteil konnten aus den dokumentierten Daten ermittelt werden. Im Zuge der Ereignisanalyse wurde versucht den Verlauf des Ereignisprozesses nachzuvollziehen und den Murgang 1-dimensional und 2-dimensional zu simulieren. Die Ergebnisse der Abflusshöhen, Fließgeschwindigkeiten und Stoßdrücke konnten anhand der guten Dokumentation plausibilisiert werden.

Die rheologische und sedimentologische Analyse des Murenmaterials wurde vom Institut für Alpine Naturgefahren der Universität für Bodenkultur Wien durchgeführt. Die rheologischen Kennwerte des Murenmaterials wurden mittels Rheometer, Rampe und Förderband ermittelt. Das Murmaterial zeigt einen hohen Anteil der Kies- (62%) und Sandfraktion (24%), einen geringen Schluffanteil (6%), sowie eine kaum vorhandene Tonfraktion (< 1%). Die Werte der volumetrische Sedimentkonzentration ( $c_v$ ) weisen einen Mittelwert von 0,578 auf. Die mittlere Dichte [ $\rho$ ] des Materials wurde mit 1980 kg/m³ bestimmt. Die ermittelten rheologischen Parameter weisen eine extrem niedere Grenzschubspannung auf, die sich durch Beobachtungen im Feld (flache Ablagerungen) und einer geringen Tonfraktion (< 1%) belegen lässt.

#### Hydraulische Simulation

### 1- dimensionale Rekonstruktion der Geschwindigkeiten und dynamischen Stoßdrücke

Nach den durchgeführten Geschwindigkeitsberechnungen (konventionelle Formeln Rekonstruktion von Murengeschwindigkeiten: Mittlere Murengeschwindigkeit nach Julien, 2010; 2-Parameter Modell nach Perla, 1980 und Rickenmann, 1990) lagen die Geschwindigkeiten der Mure im Mittellauf durchschnittlich (hm 18 bis 35) zwischen 11 und 16 m/s, am Schwemmkegelhalbs beim Eintreffen in den Ortskern bei 9 m/s (Abbildung 7, links).

Die dynamische Stoßbeanspruchung errechnet sich aus der Geschwindigkeit  $v$ , der Dichte des Murmaterials  $\rho$  und einem empirischen Druckkoeffizienten ( $c = 2$  für feinkörnige bzw.  $c = 4$  für grobblockige Murgänge, nach Egli, 2005):

$$p_{BEM} = c \cdot \rho \cdot v^2 \quad \text{Gl. (1)}$$

### 2- dimensionale Simulation des Mureereignisses

Die 2-dimensionalen Simulationen des Mureereignisses wurden mit dem Programm FLO-2D,



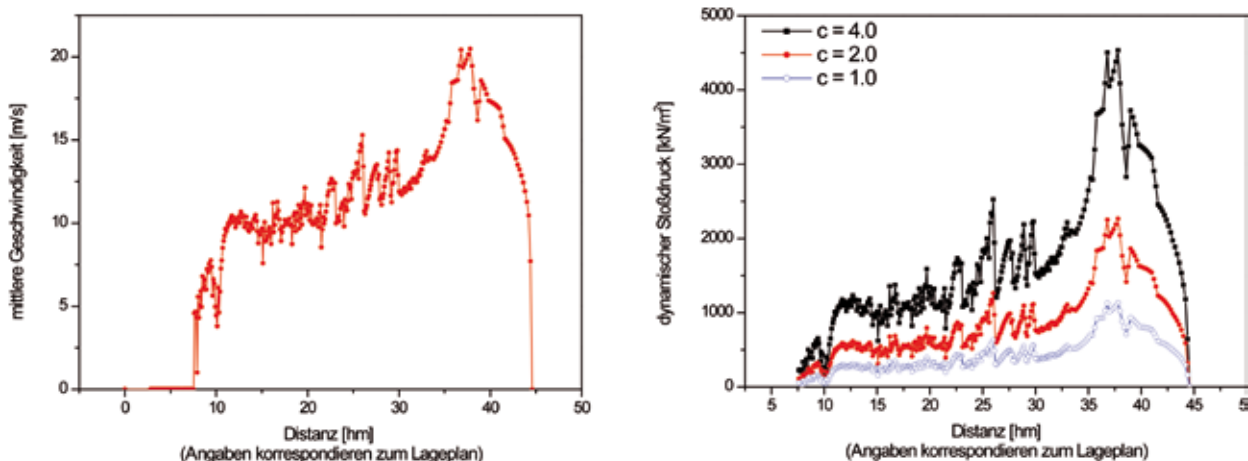


Abb. 7: Geschwindigkeitsverlauf (links) und dynamischer Murenstoßdruck (rechts) entlang der Längsachse, ausgehend vom Entstehungsort des Murgangs bei hm 44,50 bis hm 0,00 (Berechnung erfolgte nach dem 2-Parameter Modell).

Fig. 7: Course of velocity (left) and dynamic pressure (right) along the longitudinal axis, from hm 44.50 to hm 0.00 (calculation with the 2-parameter model).

welches auch für die Simulation von Murgängen geeignet ist, durchgeführt. Der Murgang wird in diesem Modell als homogene Flüssigkeit (Ansatz nach Bingham mit turbulentem Reibungsterm) betrachtet und die rheologischen Parameter im Labor

für verschiedene Wasseranteile ermittelt. Als Eingangswert ist eine definierte Wasser-Murganglinie festzulegen. Die Berechnung erfolgt 2-dimensional ohne bewegliche Sohle. Als Ergebnis wird je Rasterelement die Fließtiefe, Fließgeschdig-

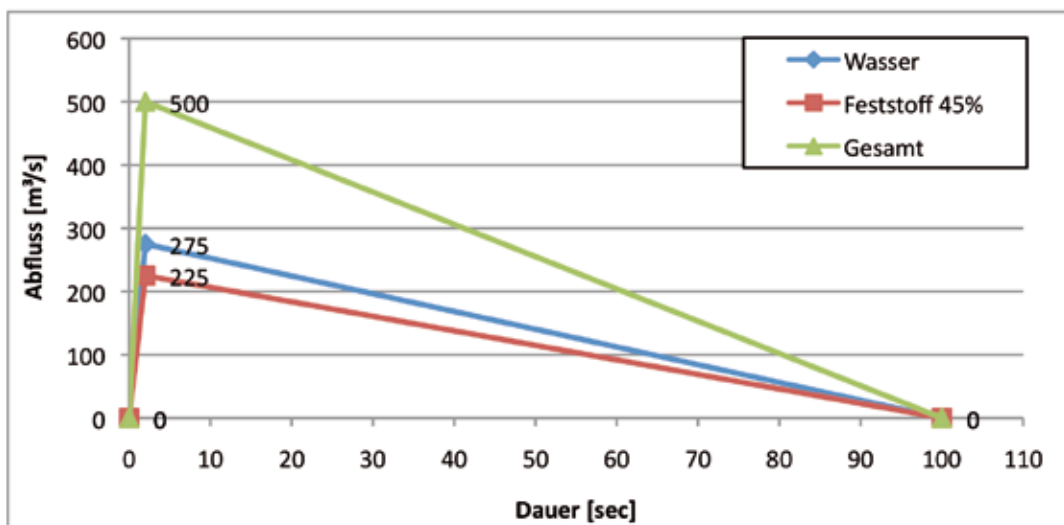


Abb. 8: Murganglinie für die FLO- 2D- Simulation.

Fig. 8: Debris flow hydrograph for the FLO-2D simulation.

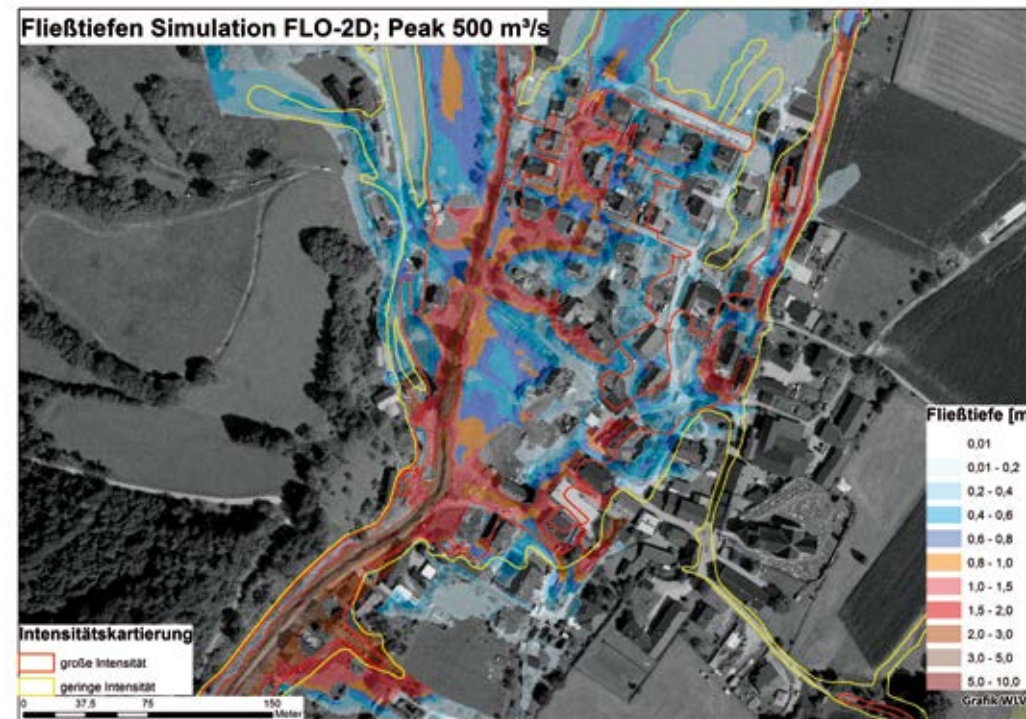


Abb. 9: Simulierte Fließtiefen mit FLO-2D im Vergleich zur Intensitätskartierung des Ereignisses: rote Polylinie = hohe Intensität, gelbe Polylinie = Überflutungsgrenze.

Fig. 9: Simulated flow depths with FLO-2D compared to the map of the event intensity: red polyline = high intensity, yellow polyline = boundary of the flooded area.

keit sowie der dynamischer Druck je Zeitschritt berechnet. Als Eingabeparameter werden ein digitales Geländemodell, die Gerinnegeometrie, die rheologischen Eigenschaften des Feststoff-Wasser-Gemisches sowie ein Hydrograph benötigt.

Die Abflussspitze und -dauer der Murganglinie wurde aufgrund der Prozessanalyse und Zeugenbefragungen auf 500 – 800 m³/s in 100 Sekunden geschätzt, wobei die beste Übereinstimmung mit der Kartierung mit einem Peak von 500 m³/s erzielt wurde.

Die 2d-Simulationsergebnisse weisen entlang der Gerinne-Längsachse eine sehr gute Übereinstimmung mit den 1-dimensionalen rekonstruierten Geschwindigkeiten und Drücken auf. Im Vergleich mit der Schwemmkegelkartierung zeigt sich, dass die Hauptstoßrichtungen der

Mure gut wiedergegeben werden. Im Bereich des Ortskernes sind die simulierten Überflutungshöhen bzw. Energiehöhen tendenziell geringfügig niedriger als die kartierten bzw. geostatistisch ermittelten Abflusshöhen. In diesem Bereich standen an vorderster Front einige Stallgebäude, die von der Murwelle zerstört wurden. Für die Simulation wurden sämtliche Gebäude als permanenter Widerstand angenommen, die vermutlich die Abweichungen in diesem Bereich begründen. In den Randbereichen geht die Simulation tendenziell zu weit, wobei die Wassertiefen der Simulation in den meisten dieser Bereiche nur mehr einige Zentimeter betragen. Hier kommt auch der Einfluss von bestehenden Einfriedungen (Zäunen, Mauern etc.) zum Tragen, die nicht alle in das Geländemodell eingearbeitet werden konnten.

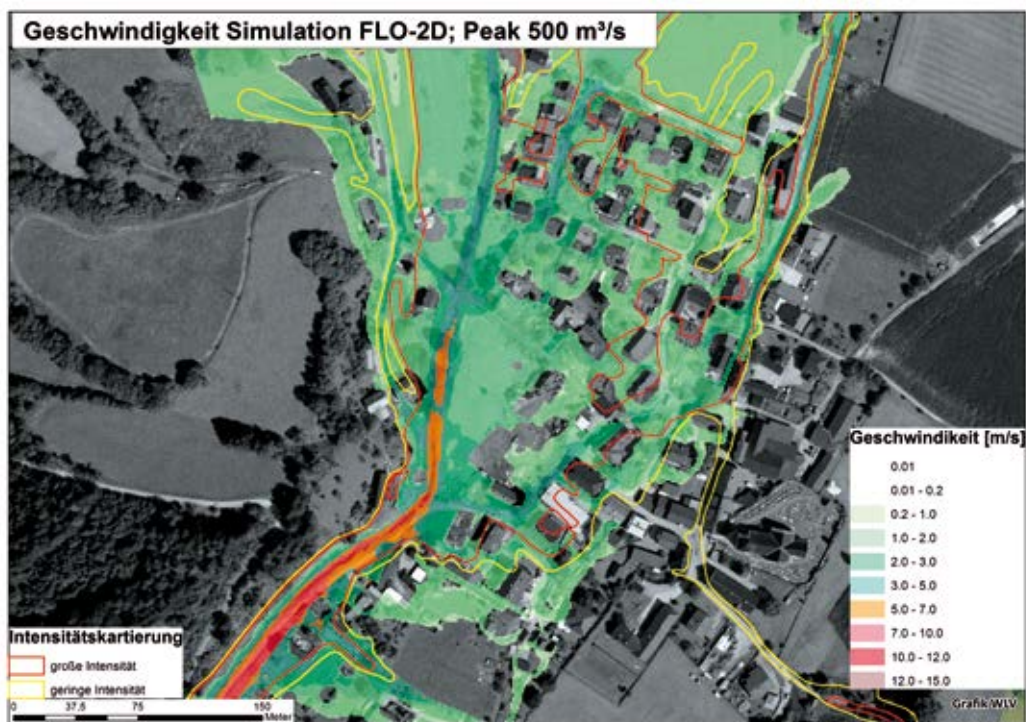


Abb. 10: 2-dimensional simulierte Fließgeschwindigkeiten mit FLO-2D im Vergleich zu 2D-Intensitätskartierung des Ereignisses: rote Polylinie = hohe Intensität, gelbe Polylinie = Überflutungsgrenze.

Fig. 10: Simulated flow velocities with FLO-2D compared to the map of the event intensity: red polyline = high intensity, yellow polyline = boundary of the flooded area.

## Zusammenfassung

Auslöser des schlammartigen Murenereignisses von St. Lorenzen am 21. Juli 2012 war eine Kombination aus den intensiven Niederschlägen in den vorangegangenen Wochen (Vorberegnung) und dem Starkregen in der Ereignisnacht. Die gemessenen und rückgerechneten Niederschlagssummen ergeben sehr hohe Gebietsniederschläge, die seit der Aufzeichnung der Niederschlagsdaten im Ereignisgebiet noch nie gemessen wurden. Diese andauernden, extremen Niederschlagsmengen führten zu einer völligen Verfüllung der Grund- und Hangwasserspeicher und zur Aktivierung von Fließ- und Rutschvorgängen in der Schluchtstre-

cke. Da eindeutige Spuren für die Ereignisauslösung nicht rekonstruiert werden konnten, muss die Ursache in einer Kombination von mächtigen Rutschungen im Mittellauf, die auch zu mehreren Verkläuerungen und einem Verkläuerungsbruch im Hauptbach selbst führten, vermutet werden.

Beginnend von einer detaillierten Rekonstruktion des Niederschlagsgeschehens unter Verwendung neuester Methoden (z. B. Auswertung und Analyse der Wetterradardaten), einer Prozesskartierung unterstützt durch eine Geschiebebilanzierung mittels Differenzenmodell (Vergleich von Laserscan-Geländemodellen vor und nach dem Ereignis), einer Dokumentation der Ablagerungshöhen, der Schäden und der maßgeblichen Prozesse im Schwemmkegelbereich, der Auwer-

tung von Zeugenaussagen und stummer Zeugen sowie einer Rückrechnung des Murgangs mittels numerischer Simulation (Flo-2D) wurde versucht das Ereignis nach dem Stand der Technik zu rekonstruieren.

Die dabei gewonnenen Erkenntnisse dienten als Grundlage für die Planungen der umfangreichen zusätzlichen Schutzmaßnahmen im Zuge des Schutzprojektes für die Ortschaft St. Lorenzen. Die Maßnahmen beinhalten Bauwerke zur Energiereduktion von Murgängen, Ausfiltrierung von Wildholz und Ablagerung von Geschiebe mittels Filterbauwerken. Mit der Umsetzung wurde unmittelbar nach dem Ereignis begonnen.

## Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Stefan Janu  
 Fachbereich Wildbachprozesse  
 Wildbach- und Lawinenverbauung  
 GBL Steiermark Nord  
 Schönaustraße 50, 8940 Liezen  
 stefan.janu@die-wildbach.at

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

Dipl.-Geogr. Susanne Mehlhorn  
 Fachbereich Wildbachprozesse  
 Institut für Alpine Naturgefahren  
 Universität für Bodenkultur Wien  
 Peter Jordan Straße 82, 1190 Wien  
 BMLFUW, Abt. IV/5  
 Marxergasse 2, 1030 Wien  
 susanne.mehlhorn@die-wildbach.at

## Literatur / References:

- EGLI T. (2005). Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren, St. Gallen, Verband Kantonaler Feuerversicherungen, AEA.
- FISCHELSCHWEIGER M. (2012). Geschwindigkeitsberechnungen des Murenabgangs im Lorenzerbach, Ereignis am 21. Juni 2012. Gutachten beauftragt vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (unveröffentlicht).
- HÜBL J., EISL J., CHIARI M., ORNETSMÜLLER C., SCHRAML K., BRAITO S., HEIDGER C. (2012). Ereignisdokumentation Lorenzerbach, IAN Report 150, Band 1, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur Wien (unveröffentlicht).
- HÜBL J., EISL J., TADLER R. (2012). Ereignisdokumentation 2012. Jahresrückblick der Ereignisse. IAN Report 150, Band 2, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur Wien. <http://www.lebensministerium.at/forst/schutz-naturgefahren/wildbach-lawinen/Erdok-2012.html>.
- KAITNA R., HOLSWORTH L., MALGAZHAR D. (2012). Material/ Rheologie Lorenzerbach. IAN Report 150, Band 3, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur Wien (unveröffentlicht).
- Janu S., Moser M., Mehlhorn S. (2013). Ereignisdokumentation und Analyse des Ereignisses vom 21. Juli 2012 in St. Lorenzen – Abschlussbericht. Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Fachbereich Wildbachprozesse (unveröffentlicht).
- JULIEN P. Y., ASCE M., PARIS A. (2010). Mean Velocity of Mudflows and Debris Flows. Journal of Hydraulic Engineering 136, 676-679.
- PERLA R., CHENG T.T. AND MCCLUNG D. (1980). A two parameter model of snow avalanches motion. Journal of Glaciology 26, 197-208.
- RICKENMANN D. (1990). Bedload transport capacity of slurry flows at steep slopes. Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich Bd. 103.
- TILCH N., MELZNER S., LOTTER M., WALLNER S., IGLSEDER C. (2012). Bericht über den Assistenzinsatz im Rahmen der Katastrophe Lorenzergraben/Schwarzenbach Juli/August 2012 (Trieben/Oststeiermark). Geologische Bundesanstalt (unveröffentlicht).
- PODESSER A., RIEDER H., PEHSL C. (2012). Gewitterserie ab Mitte Juni 2012 in der Steiermark. Mitteilungen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik vom 8.8.2012; [http://www.zamg.ac.at/cms/de/dokumente/wetter/news/20120808\\_unwetter\\_Juni\\_Juli\\_August\\_2012.pdf](http://www.zamg.ac.at/cms/de/dokumente/wetter/news/20120808_unwetter_Juni_Juli_August_2012.pdf)
- RIEDER H. (2012). Meteorologische Auskunft über die Niederschlagssummen am 21.06.2012 und 21.07.2012 für verschiedene Einzugsgebiete (GRZ 156/12, GRZ 181/12). Gutachten beauftragt vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (unveröffentlicht).



HANSPETER PUSSNIG

## Ereignisdokumentation des Murgangs im Firschnitzbach am 04. August 2012 in Virgen (Tirol)

### *Documentation of the debris flow event Firschnitzbach (4th of August 2012)*

#### Zusammenfassung:

Am 04.08.2012 fanden zwei Murgänge im Firschnitzbach in Virgen / Osttirol statt. Ausgelöst wurden die Murgänge durch zwei Starkregenereignisse mit sehr hohen Niederschlagsintensitäten mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von mehr als 100 Jahren. Die Murgänge verfrachteten insgesamt 70.000 m<sup>3</sup> an Feststoffen in 39 Murschüben. Oberhalb des verbauten Bereiches konnten Abflussspitzen von über 250 m<sup>3</sup>/s ermittelt werden. Der Firschnitzbach gilt als verbauter Wildbach mit einer Geschieberetentionssperre und der Unterlaufregulierung. Da das Ereignis jedoch weit jenseits eines sogenannten Bemessungsereignisses lag, war der Retentionsraum der Sperre bald verfüllt und im Bereich der Unterlaufregulierung gab es Überbordungen. Dessen ungeachtet konnten die Schutzbauwerke eine Katastrophe verhindern.

#### Stichwörter:

Extremereignis, Murgang, Wildbachverbauungsmaßnahmen, Wiederkehrwahrscheinlichkeit, Firschnitzbach

#### Abstract:

*On the 04.08.2012 a mud flow event occurred in Virgen in Eastern Tyrol. The mud flow was caused by heavy rainfalls with an intensity of a return period greater than 100 years. During the mud flow event, about 70.000 m<sup>3</sup> bedload was transported in 39 surges. In the upper reaches of the torrent control structures peak discharges of more than 250 m<sup>3</sup>/s were back-calculated. In the catchment of the Firschnitzbach torrent control structures like check dams and a training structure in the residential area of the alluvial fan exist. The constructions are made of concrete and stone. Since the mud flow event was much larger than the so called design event, the retention volume of the check dam was filled up fast and the downstream training structure in the village was overtopped. Nevertheless the existing torrent control structures could prevent a catastrophe.*

#### Keywords:

*Extrem event, debris flow, torrent control structures, return period, Firschnitzbach*

#### Einleitung

Der gegenständliche Bericht gibt einen Überblick über den Murgang in Virgen am 04.08.2012. Zuerst wird eine Beschreibung des Einzugsgebietes (EZG) und der relevanten EZG-parameter vorgenommen, danach wird die Bemessung beschrieben. Erst im Mai 2012 wurde das Einzugsgebiet Firschnitzbach hydrologisch bemessen. Grund für die aktuelle Bemessung war die Planung eines Lawinenverbauungsprojektes, das einen Lawinenauffangdamm mit einer integrierten Geschiebedosiersperre vorsieht. Es entsteht die Möglichkeit einen Vergleich anzustellen, wie einerseits seitens der planenden Dienststelle der Wildbach- und Lawinenverbauung die theoretische Bemessung funktioniert und wie andererseits ein realistisches Ereignis abläuft. Nach der Beschreibung des Ereignisses vom August wird somit eine Reflexion vorgenommen.

#### Beschreibung des Wildbacheinzugsgebietes Firschnitzbach

Der Firschnitzbach liegt in der Gemeinde Virgen (Osttirol) und ist ein linksufriger Zubringer der Isel (Abbildung 1). Das hydrographische EZG hat eine Größe von 4,9 km<sup>2</sup>, eine längliche Form im Sammelgebiet und in der Schluchtstrecke. Der Schwemmkegel ist ausgeprägt und hat die Isel nach Süden hin verdrängt. Auf dem Schwemmkegel befindet sich der Ortskern von Virgen. Das EZG ist südexponiert und erstreckt sich von der Mittereggspitze mit einer Seehöhe von 3.044 m.ü.A. bis zum Vorfluter Isel bei einer Seehöhe von 1.090 m.ü.A. Das Pauschalgefälle beträgt 38 % (21°), die Melton Zahl beträgt 0,85.

Aus geologischer Sicht sind im EZG Grund- und Seitenmörane sowie Hangschutt und Grobblockwerk auf Kalkglimmerschiefer, dunkler Phyllit mit Kalkglimmerschiefer, Prasinit und

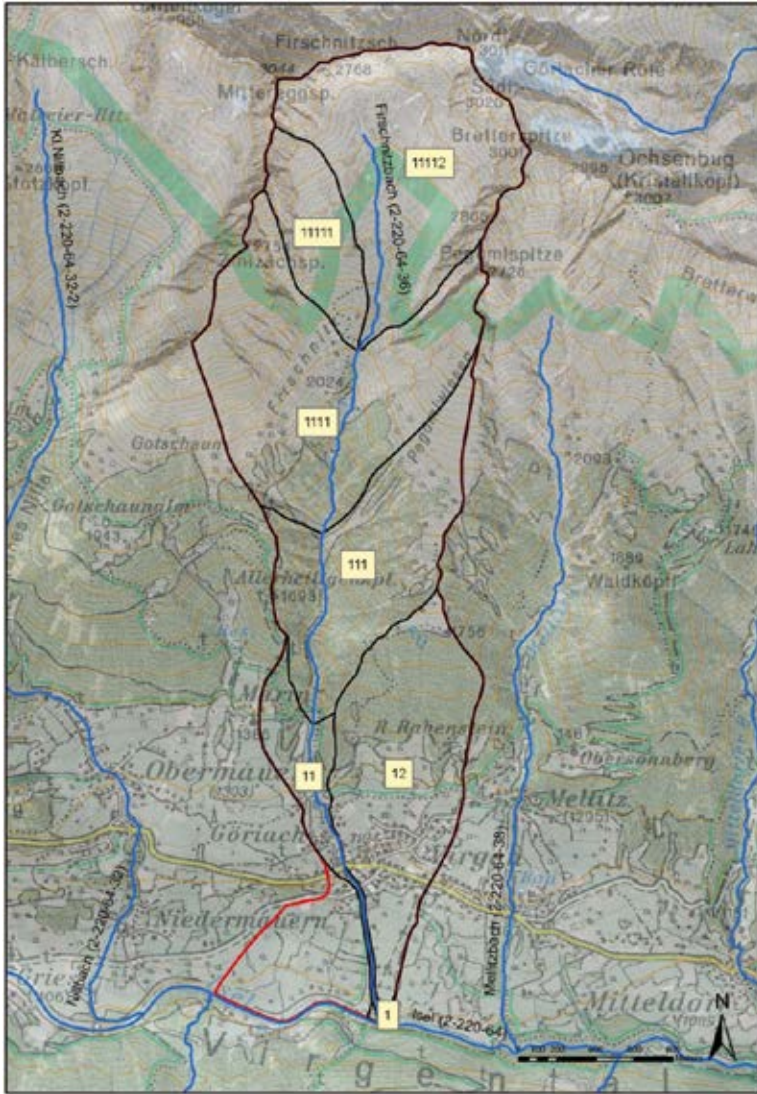


Abb. 1:  
Übersichtskarte  
Einzugsgebiet des  
Firschnitzbaches

Fig. 1:  
Catchment  
Firschnitzbach  
(overview map)

Chloritschiefer für die Geschiebebildung relevant. Aus pedologischer Sicht sind hauptsächlich Ranker, Rendsinen und Braunerdeböden zu identifizieren. Für die Beschreibung der Landnutzung wurden 12 Realraumtypen verortet. Das EZG ist zu einem Viertel mit Nadelwald bestockt, 38 % entfallen auf Felsbereiche mit Lockergestein, 27 % der Fläche sind alpine Rasen und in geringerer Seehöhe Grünlandflächen, die restlichen 10 % entfallen unter anderem auf offene Bebauung und ländliche Siedlung im Schwemmkegel-

bereich. Hydrologisch betrachtet kann gesagt werden, dass ca. die Hälfte der Fläche (Wald, alpine Rasen, Grünland) ein hydrologisch gutes Verhalten aufweist, die andere Hälfte jedoch mit hohen Abflussraten bei entsprechendem Niederschlag reagiert (geringe Infiltrationsleistung des Bodens und geringe Interzeptionsleistung des Bewuchses). Den einzelnen Realraumtypen wurden je nach Vorkommen bzw. nach geologischem und pedologischem Untergrund Abflussbeiwertklassen und Rauigkeitsklassen zugeteilt. Dies dient

dazu, quantifizierte Parameter als Beschreibung des EZGs in das Niederschlags-Abfluss-Modell (NA-Modell) zu integrieren.

Für NA-Modell des Firschnitzbaches wurden weiters 7 Teileinzugsgebiete (TEZG) mit hydrologisch ähnlichem Verhalten identifiziert und verortet. Für die Beschreibung des EZG wurden Realraumtypen/TEZG mit den relevanten Abflussbeiwerten, den Rauigkeitsklassen und den CN-Werten benötigt.

### Abflussmodellierung

Die Abflussfracht ergibt bei Unterstellung eines 12-stündigen Niederschlagsereignisses (Bemessungsniederschlag) mit vollkommener Überregung  $97.000 \text{ m}^3$ . Der Hochwasserscheitel  $HQ_{150}$  Reinwasser des gesamten EZG ergibt  $30,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Im Bereich der Geschieberetentionssperre ergibt sich ein  $HQ_{100}$  Reinwasser von  $26,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Es handelt sich um Reinwasserabfluss, der aufgrund der erheblichen Geschiebefracht nicht als Bemessungsereignis verwendet werden kann.

Die dem Projekt unterstellte Geschiebefracht des Firschnitzbaches beträgt ca.  $83.000 \text{ m}^3$  und resultiert aus Sohl- und Ufererosion sowie punktuellen Geschiebeeinstößen. Das Geschiebepotential beträgt über  $100.000 \text{ m}^3$ . Die Schwemmholzfracht beträgt ca.  $60 \text{ m}^3$  und stammt primär aus unterkolkten Fichten im Uferbereich.

Der Firschnitzbach gilt im Bereich des Schwemmkegelgerinnes sowie in der Schluchtstrecke als verbauter Wildbach. Am Schwemmkegel wurden Ufermauern und Sohlsicherungsmaßnahmen ausgeführt. In der Schluchtstrecke befindet sich eine funktionsfähige Geschieberetentionssperre, ausgeführt als Bogensperre. Das Bauwerk befindet sich bei hm 18,3. Das Retentionsvolumen der Sperre beträgt ca.  $25.000 \text{ m}^3$ , wodurch ein Teil des Geschiebes und das

Schwemmholz hier zurückgehalten werden. Somit verbleibt noch eine Geschiebefracht von ca.  $58.000 \text{ m}^3$ , welche über das Schwemmkegelgerinne abgeführt werden muss. Die volumetrische Feststoffkonzentration ergibt 40 %, woraus sich ein Intensitätsfaktor von 1,73 ergibt.

Im Zuge der hydrologischen Bemessung des Firschnitzbaches im Mai 2012 wurde festgestellt, dass für weitere Baumaßnahmen im EZG ein Murgang mit einem Spitzenabfluss von  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  unterstellt wird.

### Ereignischronik und Verbauung des Firschnitzbaches

Aus der Chronik sind zahlreiche historische Murrereignisse im Firschnitzbach bekannt, hier eine Auswahl:

- 23.07.1820: Murgang, Widum (Pfarrhaus) beschädigt, 3 Häuser beschädigt, 7 Mühlen, die Wasserleitung, alle Brücken über den Firschnitzbach zerstört, die übrigen 9 Mühlen stark beschädigt, Vermurung der landwirtschaftlichen Flächen bis zur Isel hin.
- 1889: Murgang; 2 Häuser zerstört, mehrere Häuser beschädigt.
- 09.08.1945: Murgang beschädigte 2 Wohnhäuser, 5 Wohnhäuser waren stark gefährdet, 10 Brücken und 5 Mühlen wurden zerstört, 7,6 ha Wiesen und Weiden wurden vermur.
- 13.08.1946: Grobgeschiebe drang bis zu den Häusern vor; Häuser im Dorfbereich wurden unterwaschen.
- 17.07.1950: Murgang nach Starkregen mit einer Dauer von 15 – 20 Minuten. Mehrere Wohnhäuser gefährdet, Brücke bei Gendarmerieposten beschädigt, darunter wurden 4 Brücken zerstört, Wasserleitungen, Wege und Verbauten



wurden zerstört, 0,30 ha Wiesen wurden vermut.

- 30.07.1953: Bachausbruch oberhalb der Landesstraße, wobei die Landesstraßenbrücke und 4 weitere Brücken zerstört wurden; auch Vermurungen im Ortsbereich, wodurch einige Häuser gefährdet waren, einzustürzen.
- 07.08.1970: Ein Murgang im Bereich der neu errichteten Unterlaufregulierung bei der Pfarrbrücke (unter Landesstraßenbrücke) überbordete, wodurch erhebliche Schäden an Gebäuden und Infrastruktur entstanden. Daraufhin wurden Ufermauern erhöht und die Geschieberetentionsperre samt Vorsperre erbaut.

Die häufigen Murgänge machten eine Verbauung des Firschnitzbaches zum Schutz von Virgen erforderlich. In den Jahren 1954 bis 1966 wurden die Ufermauern mit Grundswellen errichtet. 1971 wurden beidufig Ufermauererhöhungen vorgenommen. Diese Unterlaufregulierung kann schadlos einen Spitzenabfluss von 60 m<sup>3</sup>/s abführen. In den Jahren 1974 – 1975 wurde die Bogenperre bei hm 18,3 errichtet. Bei dieser handelt es sich um eine kronengeschlossene Schlitzperre (Schlitzdolensperre) aus Beton. Der dahinterliegende Geschieberetentionsbereich fasst eine Kubatur von 25.000 m<sup>3</sup> bei einem Verlandungsgefälle von 10 %.

#### Dokumentation des Murereignisses vom 4. August 2012

##### Allgemeine Beschreibung

Am 04.08.2012 wurde ein Teil des EZG Firschnitzbach zweimal überregnet, woraus 2 Murgänge resultierten.

Der erste Murgang startete um 16:30 und dauerte ca. 40 min. Der erste Starkregen, der den ersten Murgang auslöste, hatte eine Überregnungsfläche von knapp 1 km<sup>2</sup> mit einer sehr hohen Intensität. Die 12 Murschübe des ersten Murganges reichten aus, um einen großen Teil des Retentionsraums der Geschieberetentionsperre von ca. 15.000 m<sup>3</sup> zu verfüllen. Grobgeschiebe wurde retentiert, kleinere Korngrößen wurden in den Murschüben über die Unterlaufregulierung abgeführt. Beim ersten Murgang wurden ca. 30.000 m<sup>3</sup> Feststoffe mobilisiert und es kam bereits zu Überbordungen im Bereich der Unterlaufregulierung.

Der zweite Murgang startete um 18:10 und dauerte ca. 50 min. Der zweite Starkregen, der den zweiten Murgang auslöste, hatte abermals eine Überregnungsfläche von lediglich knapp 1 km<sup>2</sup> und eine sehr hohe Intensität. Dem 2. Ereignis gingen zwei länger andauernde Murschübe voraus, die einen höheren Wassergehalt aufwiesen. Es ist anzunehmen, dass sich das Grobgeschiebe der zwei Schübe im Geschieberetentionsbecken ablagerte, bis dieses verfüllt war. Danach folgten 27 Murschübe, die unretentiert im und außerhalb des verbauten Schwemmkegelgerinnes abfließen. Der 2. Murgang verfrachtete ca. 40.000 m<sup>3</sup> Feststoffe. Hagel war beim ersten Ereignis bloß in der Gipfelregion zu erkennen. Beim zweiten Ereignis erstreckte sich der Hagel von der Gipfelregion bis zum Übergang in die Schluchtstrecke.

Die auf Grundlage von Referenzprofilen und videobasierter Geschwindigkeitsabschätzung resultierenden Spitzenabflüsse reichten von 80 m<sup>3</sup>/s im Bereich der Unterlaufregulierung bis zu 250 m<sup>3</sup>/s oberhalb der Geschieberetentionsperre. Die durch das gesamte Ereignis verlagerte Feststofffracht betrug ca. 70.000 m<sup>3</sup>. Die in der Murmatrix gebundene Wasserfracht betrug ca. 23.000 m<sup>3</sup>.

##### Niederschlag

Laut Auskunft der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZMAG) Innsbruck nahmen die Gewitter, die den Norden Osttirols am 04.08.2012 betrafen, ihren Ursprung in Südtirol im Bereich Bruneck-Kronplatz, verstärkten sich auf ihrer Zugbahn Richtung Osttirol in der Rieserfernergruppe und erreichten als starke Gewitter mit Starkregen, Hagel und Sturmböen den Bereich des Virgentales. Sehr wahrscheinlich führte die topographische Hebung der Gewitterzellen an der Virger Nordseite zu einer weiteren lokalen Verstärkung der Zellen. Nach dem Überqueren des Alpenhauptkammes wurde eine deutliche Abschwächung der Gewitterzellen im Bereich Pinzgau registriert.

Seitens der ZAMG wurde aufgrund von Radardaten versucht eine Niederschlagsrekonstruktion vorzunehmen, jedoch ist der Bereich der Osttiroler Tauern nur bedingt von den österreichischen Radarsystemen sowie von Radaranlagen der Nachbarregionen einzusehen, bloß hochreichende Niederschlagssysteme wie Gewitter können erfasst werden. Es muss davon ausgegangen

werden, dass sowohl die umliegenden Messungen als auch der in tiefen Lagen durch die Abschattung fehlende Einblick der Radargeräte die tatsächlich gefallenen Niederschlagsmengen unterschätzten.

Im Einzugsgebiet des Firschnitzbaches kam es am Nachmittag des 04.08.2012 zu mehreren Niederschlagsereignissen, von denen zumindest zwei als heftige Gewitterereignisse in kurzen Abständen hintereinander folgten. Der Zeitraum zog sich von ca. 14:30 Uhr bis 18:00 Uhr MEZ. Die jeweils verursachten Niederschlagsmengen lagen in der Größenordnung zwischen 15 und 30 mm. Nach Norden hin fielen größere Mengen an Regen als direkt über Virgen.

Seitens der ZAMG wird nachdrücklich darauf hingewiesen, dass aus den Radardaten und der abgeleiteten INCA-Analyse die kleinräumigen Spitzen der Niederschlagsmengen nicht exakt reproduziert werden können. Eine punktuelle Überschreitung der maximalen Kurzzeitniederschläge ist wahrscheinlich. Bezüglich der Wiederkehrwahrscheinlichkeit des Niederschlagsereignisses wird seitens der ZAMG darauf verwiesen, dass es sich wahrscheinlich um die Größenordnung eines über 100-jährlichen Ereignisses handelte.

|                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Spitzenabfluss                   | 80 – 250 m <sup>3</sup> /s     |
| theor. Spitzenabfluss Reinwasser | 20 – 63 m <sup>3</sup> /s      |
| Wasserfracht                     | 23.000 – 35.000 m <sup>3</sup> |
| Feststofffracht                  | 70.000 m <sup>3</sup>          |
| Anlaufzeit                       | 10 – 15 min                    |
| Vol. Feststoffkonzentration / IF | 75 % / 4                       |
| Dichte                           | 2.100 kg/m <sup>3</sup>        |

Tab. 1: Eckdaten des Ereignisses vom 4. August 2012

Tab. 1: Facts of the event on the 4th August 2012

| Regendauer | Messstelle Prägraten a.Gr. | WKZ [Jahr] | Messstelle Felbertauerntunnel-Südportal | WKZ (nach Matri i.O.) |
|------------|----------------------------|------------|---|-----------------------|
| 5 Minuten  | 7,2 mm                     | 18,6 J.    | 11,5 mm                                 | >> 100 J.             |
| 10 Minuten | 8,1 mm                     | 3,7 J.     | 19,6 mm                                 | >> 100 J.             |
| 15 Minuten | 8,9 mm                     | 2,1 J.     | 22,2 mm                                 | >> 100 J.             |
| 20 Minuten | 12,6 mm                    | 4,2 J.     | 22,6 mm                                 | >> 100 J.             |
| 30 Minuten | 17,1 mm                    | 6,3 J.     | 23,1 mm                                 | > 100 J.              |
| 45 Minuten | 18,5 mm                    | 3,9 J.     | 24,7 mm                                 | 55 J.                 |
| 60 Minuten | 18,7 mm                    | 2,6 J.     | 24,9 mm                                 | 23 J.                 |
| 90 Minuten | 25,5 mm                    | 4,9 J.     | 26,9 mm                                 | 14 J.                 |

Tab. 2: Auswertungen der Messstellen Prägraten und Felbertauern Südportal (Quelle: HD TIROL)

Tab. 2: Analysis of the rain gauges Prägraten and Felbertauern Südportal (HD TIROL)

Seitens des Hydrographischen Dienstes Tirol wurde eine Auswertung von relevanten Niederschlagsmessstationen vorgenommen, um eine Beschreibung des Niederschlagsereignisses vom 04.08.2012 im EZG Firschnitzbach vorzunehmen. Die verwendeten Niederschlagsmessstationen liegen in Prägraten a. G. und beim Felbertauern-Südportal. Aufgrund des Starkregens mit sehr kurzer Dauerstufe sind die 5-Minuten-Summen von Interesse.

In Tabelle 2 wird ersichtlich, dass die Station Prägraten eine 5-Minuten-Summe (Beginn 16:55) von 7,2 mm ergibt. Die Wiederkehrzeit dieses Niederschlages beträgt rd. 19 Jahre. Vergleicht man die aufgezeichneten Kurzzeitniederschläge der Station Felbertauern-Südportal mit der vorliegenden Regenhöhen-Statistik der Messstelle Matri i. O., so liegen im Dauerstufenbereich von 5 Minuten bis 20 Minuten die geschätzten Wiederkehrzeiten weit über 100 Jahre.

Da aus dem EZG des Firschnitzbaches keine Messungen vorliegen, mussten die in der weiteren Umgebung des EZG Firschnitzbach liegenden

Messstationen Prägraten und Felbertauern-Südportal verwendet werden. Die Einschätzung der Wiederkehrzeit erfolgte an Hand von Datenkollektiven, die bis 1978 zurückreichen (> 30 Jahre) und an Hand von gemessenen und im Rahmen von ÖKOSTRA statistisch ausgewerteten Niederschlagsereignissen.

Während an der Messstelle Prägraten a. G. in 60 Minuten bis zu 18,7 mm und am Felbertauerntunnel-Südportal bis zu 24,9 mm gemessen wurden, sind in Waidring im gleichen Zeitraum 57,6 mm gefallen (Faktor 2 bis  $\geq 3!$ ). Aufgrund dieser belegbaren Streubreite der Niederschlagsintensitäten sind auch die im oberen Einzugsgebiet des Firschnitzbaches aufgetretenen Niederschlagsintensitäten, welche zur Auslösung des Murganges geführt haben, kaum zu beziffern.

Das Zentrum des Starkniederschlages liegt nach den vorläufigen INCA-Analysen nordöstlich des Oberlaufes vom Firschnitzbach, weit abseits der im vorliegenden Bericht angeführten Niederschlagsmessstellen. Diese Stationen dürf-

ten daher nicht annähernd so stark überregnet worden sein wie das obere Einzugsgebiet (Sammelgebiet). Jedenfalls sind die an den genannten (Tal-)Stationen ermittelten Niederschlagsintensität-



Abb. 2: Überregnung des EZG vor und während des Ereignisses vom 4.8.2012.

Fig. 2: Rainfall area of the catchment prior and during the event on the 4th August 2012. Abfluss

ten im Kurzzeitbereich als seltene bis sehr seltene Ereignisse >> 100 Jahre einzustufen. Es darf daher angenommen werden, dass der im Oberlauf des Firschnitzbaches aufgetretene Starkregen ebenfalls als ein ähnlich seltenes Ereignis einzustufen ist. Seitens des HD Tirol wird darauf hingewiesen, dass die im vorliegenden Auszug aus dem Bericht angeführten Niederschlagssummen den Status von Rohdaten haben.

Aufgrund von sprechenden und stummen Zeugen wurde eine stark überregnete Fläche von ca. 1 km<sup>2</sup> verortet (Abbildung 2). Der erste Starkniederschlag, der für den ersten Murgang mitverantwortlich war, dauerte ca. 30 min. Der zweite Starkniederschlag, der für den zweiten Murgang mitverantwortlich ist, dauerte ca. 45 min. Bei Unterstellung, dass etwa die Hälfte des Niederschlages zum Abfluss beiträgt (lt. NA-Modellierung) ergibt sich ein Niederschlagsvolumen von ca. 50.000 m<sup>3</sup>. Betrachtet man den kleinen stark überregneten Teil des EZG und unterstellt die Überregnung von 50.000 m<sup>3</sup>, ergibt sich eine Wiederkehrwahrscheinlichkeit des Niederschlages von über 5.000 Jahren. Auch der Abfluss von 250 m<sup>3</sup>/s oberhalb der Geschieberetentionssperre entspricht derselben Jährlichkeit.

#### Abfluss

Die beobachteten Abflussgeschwindigkeiten reichen je nach Feststoffanteil der Murschübe und Gerinneabschnitt von 4 m/s bis zu 8 m/s. Der Spitzenabfluss des Ereignisses betrug zwischen 80 m<sup>3</sup>/s und 250 m<sup>3</sup>/s und liegt damit bei einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von >> 100 Jahren. Beide Murgänge zusammen dauerten 1,5 Stunden.

Abbildung 3 bis 5 zeigen dokumentierte Durchflussprofile des Mureignisses vom 4.8. 2012, aus denen der maximale Abfluss der Murschübe ermittelt werden konnte.



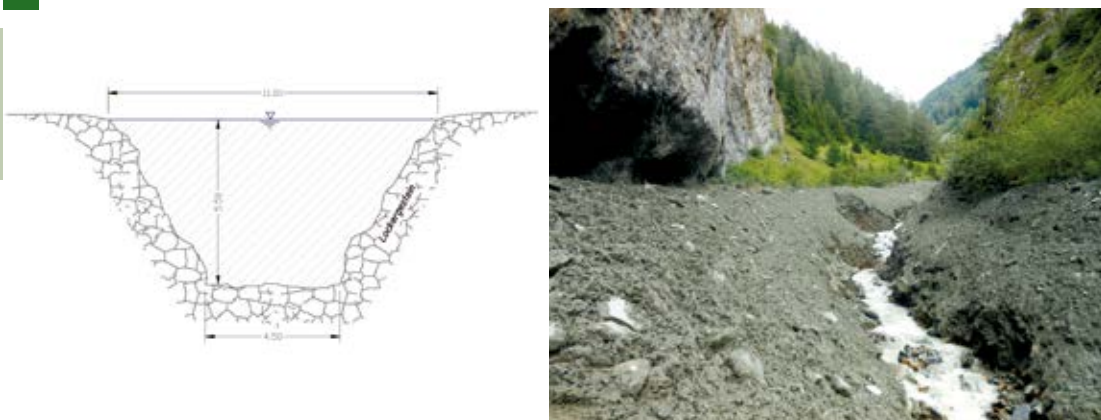


Abb. 3: Profil bei hm 20 oberhalb der Geschieberetentionssperre (bachaufwärts schauend).

Fig.3: Cross section at hm 20, upstream of the check dam.

|                    |                       |  |
|--------------------|-----------------------|--|
| Querschnittsfläche | 43 m <sup>2</sup>     | berechnet lt. Abfluss Anschlagmarken   |
| Neigung            | 25 %                  | gemessen                               |
| Geschwindigkeit    | 6 bis 8 m/s           | berechnet lt. Strickler und Rickenmann |
| Abfluss            | 250 m <sup>3</sup> /s | berechnet lt. Kontinuitätsgleichung    |
| Prozess            | Murgang               | lt. ONR 24800                          |



Abb. 4: Profil am Schluchtausgang bei hm 11,5 oberhalb der Unterlaufregulierung (bachaufwärts schauende).

Fig. 4: Cross Section at hm 11,5 upstream the training structure.

|                    |                       |  |
|--------------------|-----------------------|--|
| Querschnittsfläche | 27 m <sup>2</sup>     | berechnet lt. Abfluss Anschlagmarken   |
| Neigung            | 20 %                  | gemessen                               |
| Geschwindigkeit    | 4 m/s                 | berechnet lt. Strickler und Rickenmann |
| Abfluss            | 100 m <sup>3</sup> /s | berechnet lt. Kontinuitätsgleichung    |
| Prozess            | Murgang               | lt. ONR 24800                          |

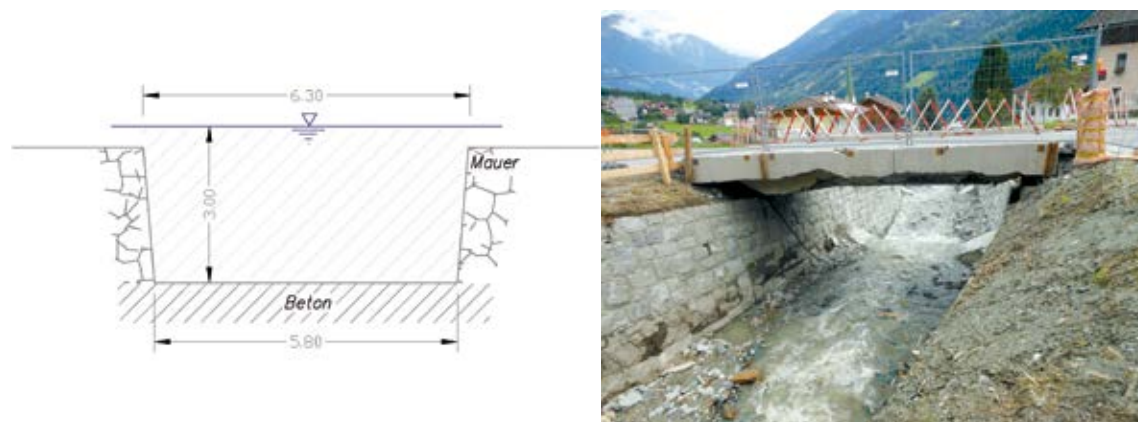


Abb. 5: Regelprofil der Unterlaufregulierung von hm 5,3 bis hm 11,3 (bachabwärts schauend)

Fig. 5: Design cross section of the training structure from hm 5,3 to hm 11,3

|                    |                              |   |
|--------------------|------------------------------|---|
| Querschnittsfläche | 18 m <sup>2</sup>            | berechnet lt. Abfluss Anschlagmarken                                |
| Neigung            | 17 %                         | gemessen  |
| Geschwindigkeit    | 4,5 bis 8 m/s                | videobasierte Abschätzung – Geschwindigkeit je nach Feststoffanteil |
| Abfluss            | 80 bis 140 m <sup>3</sup> /s | berechnet lt. Kontinuitätsgleichung                                 |
| Prozess            | Murgang                      | lt. ONR 24801   |

Ein weiterer und wichtiger Hinweis auf die hohe Jährlichkeit des Ereignisses ist die Lage der Gebäude am Schwemmkegel des Firschnitzbaches. So besteht das Widum (Pfarrhaus) seit dem Jahr 1500 rechtsufrig in unmittelbarer Nähe des Baches. Im Jahre 1820 wurde das Widum durch einen Mur-

gang beschädigt. Das Widum überdauerte knapp 500 Jahre neben einem unverbauten Wildbach und wurde durch das Ereignis 1820 (unverbauter Zustand) und beim rezenten Ereignis beschädigt. Vor dieser Zeit und danach ist kein weiterer Schaden durch den Firschnitzbach erfolgt, was einer Jähr-

lichkeit von zumindest 200 Jahren entspricht. Wäre das rezente Ereignis im unverbauten Firschnitzbach eingetreten, wäre das Widum wohl völlig zerstört worden. Weitere historische Gebäude, wie das Gemeindehaus bestehen seit dem Jahre 1746 und das Gebäude „Panzl“ seit 1720. Diese Anlagen haben über 200 Jahre schadlos neben dem unverbauten Wildbach überdauert. Alle Schäden, die in historischer Zeit an den Gebäuden am Schwemmkegel

des Firschnitzbaches entstanden sind, hätten durch die rezente Verbauung des Wildbaches weitestgehend verhindert werden können.

**Feststoffe**

Die gesamte mobilisierte Feststofffracht von 70.000 m<sup>3</sup> verteilte sich auf die obere Sammelstrecke, die untere Sammelstrecke, die Schlucht-

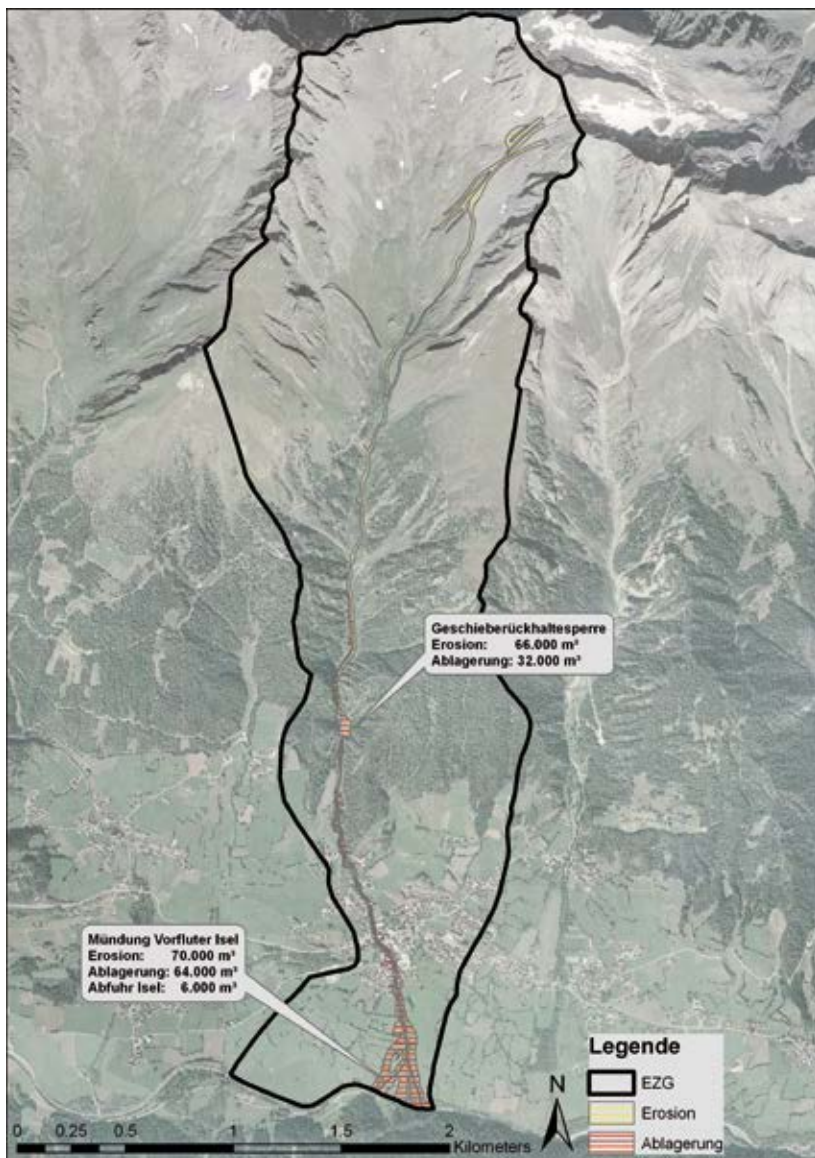


Abb. 6: Feststofferosion und -ablagerung während dem Ereignis vom 4. 8. 2012.

Fig. 6: Erosion and deposition of bedload during the event on 4<sup>th</sup> August 2012.

strecke und den Schwemmkegel (Abbildung 6 und 7). Anzumerken ist, dass sich im Bachverlauf keine Umlagerungstrecke befindet, wodurch das gesamte Geschiebe bis in den Wirkungsraum am Schwemmkegel vordringen kann.

Die Geschiebefracht stammt ausschließlich von Sohl- und Ufererosion des leicht erodierbaren Moränenmaterials und von Stauraumsedimenten (Feilanbruch), es konnten keine punktuellen Geschiebeeinstöße (Rutschungen) erkannt werden. Das Murmaterial entspricht folgender Bodenart: Kies, stark schluffig, stark sandig, steinig, gering blockig, gering tonig.

Das Feststoffvolumen wurde durch Verortung der Ablagerungsbereiche und Messung der Ablagerungshöhen pro Homogenbereich ermittelt. Die Feststoffablagerung beträgt 7.000 m<sup>3</sup> etwas oberhalb der Geschieberetentionsperre,

im eigentlichen Verlandungsraum der Sperre zwischen hm 18,3 und hm 19,3 wurden 25.000 m<sup>3</sup> abgelagert. Zwischen der Geschieberetentionsperre bei hm 18,3 und der Unterlaufregulierung bei hm 11,3 wurden 5.500 m<sup>3</sup> abgelagert. Im Bereich der Unterlaufverbauung (Ufermauern mit Grundschwellen) von hm 5,3 bis hm 11,3 wurden 4.200 m<sup>3</sup> abgelagert. Unterhalb des verbauten Schwemmkegelgerinnes erfolgte der Bachausbruch, wodurch eine flächige Feststoffablagerung passierte. Hier wurden auf einer Fläche von 4,75 ha 22.300 m<sup>3</sup> Geschiebe abgelagert. 6.000 m<sup>3</sup> Geschiebe wurden vom Vorfluter Isel abgeführt. Es ergibt sich eine Gesamtgeschiebefracht von 70.000 m<sup>3</sup>, wobei 64.000 m<sup>3</sup> im EZG des Firschnitzbaches abgelagert wurden (Abbildung 6 und 7).

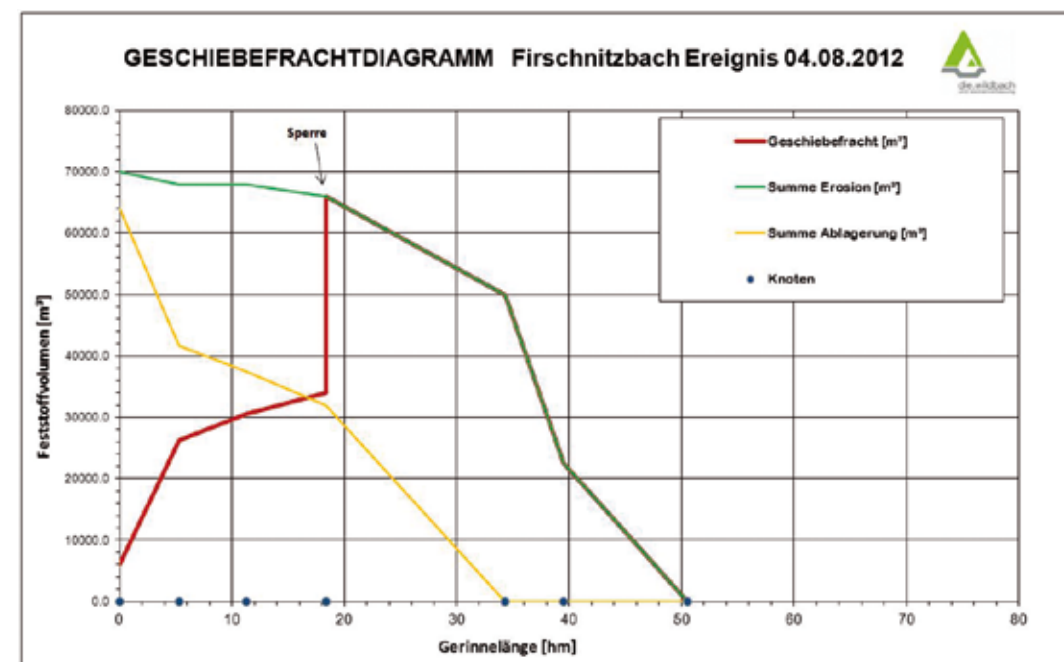


Abb. 7: Geschiebefrachtdiagramm des Murgangs vom 4.8.2012.

Fig. 7: Diagram of the bedload transport during the mud flow on 4th August 2012.





Abb. 8: Sohl- und Ufererosion bei hm 34,6 im unteren Sammelgebiet (bachaufwärts schauend)

Fig. 8: Bank erosion hm 34,6 in the lower source area



Abb. 9: Sohl- und Ufererosion bei hm 44,7 im oberen Sammelgebiet (bachaufwärts schauend)

Fig. 9: Bank erosion hm 44,7 in the upper source area



Abb. 10: Geschieberückhaltebecken hm 18,3: Ablagerung von 25.000 m³ Geschiebe (bachabwärts schauend)

Fig. 10: Debris retention dam hm 18,3: deposition of 25.000m³ sediment



Abb. 11: Beginn der flächigen Ablagerung unterhalb der Unterlaufregulierung zwischen hm 0,0 und hm 5,3

Fig. 11: Beginning of the deposition area downstream the training structure between hm 0,0 und hm 5,3

Verlagerungsprozess Murgang

Um den maßgeblichen Verlagerungsprozess des Ereignisses zu definieren wurde die volumetrische Feststoffkonzentration simuliert. Es wurde repräsentatives Murmaterial gesammelt und getrocknet. 30 l Murmaterial wurden solange mit Wasser vermischt, bis sich eine Konsistenz ähnlich der der Murschübe einstellte. Die Konsistenz der Murschübe ist auf zahlreichen Videoaufzeichnungen ersichtlich. Die Vermengung des Wasser-Feststoffgemisches erfolgte in einer Betonmischmaschine (Tabelle 3).

Zur Rückrechnung des Feststoff- bzw. Wassergehaltes wird das „mittlere“ Wasser-Feststoffgemisch von 1:3 unterstellt. Das bedeutet, dass die Murgänge zu ¼ aus Wasser und zu ¾ aus Feststoffe bestanden. Dem geringen Wassergehalt der Murschübe wird auch dahingehend Ausdruck verliehen, dass bei den abgelagerten Murlappen nur teilweise Spuren von abfließendem Wasser ersichtlich waren. Durch den hohen Schluffanteil der Schübe war das Wasser fest in der Matrix gebunden.

Aufgrund der Verortung und Ablagerungshöhenbestimmung der Feststoffablagerungen ist bekannt, dass 70.000 m³ Feststoffe mobilisiert und abgelagert wurden. Diese 70.000 m³

| Feststoff [l] | Wasser [l] | Bemerkung   |
|---------------|------------|---|
| 30            | 8          | sehr steife Mure, klebt seitlich, setzt sich nicht ab                   |
|               | 9          | es bildet sich ein Planum, flüssiger, klebt noch seitlich               |
|               | 10         | matrixgestützt, auch Grobkomponenten wie Steine in der Matrix           |
|               | 11         | Grobgeschiebe >= Kies setzt sich ab, Matrix entmischt sich, nass        |
|               | 12         | sehr nass, starke Entmischung, >= Sand setzt sich ab, nicht realistisch |

Tab. 3: Rekonstruktion des volumetrischen Feststoff- bzw. Wassergehaltes

Tab. 3: Reconstruction of the contain of bedload respectively water in the mud flow

entsprechen einem Anteil von ¾ des Gemisches. Das Wasser im Gemisch entspricht somit 23.300 m³ (¼), was eine Gesamtkubatur von 93.3000 m³ ergibt. Die daraus errechnete volumetrische Feststoffkonzentration ergibt den Wert 0,75 (0,71 bis 0,78). Daraus ergibt sich ein Intensitätsfaktor von 4,0 (3,5 bis 4,3). Die Dichte des Murganges betrug 2.100 kg/m³ (Abbildung 8). Bei Unterstellung des Spitzenabflusses der Murschübe im verbauten Schwemmkegelgerinne von 80 m³/s handelte es sich um einen theoretischen Reinwasserspitzenabfluss von 20 m³/s.

Die zwei Murgänge bestanden aus 39 Murschüben. Der durchschnittliche Murschub dauerte ca. 1,5 min und transportierte ein Wasser- Feststoffgemisch von je ca. 1.800 m³. Die Anlaufzeit betrug zwischen 10 und 15 Minuten. Die nach dem ersten Murgang (12 Murschübe) verfüllte Geschieberetentionssperre bewirkte beim nachfolgenden zweiten Murgang eine fließende Retention. So tauchten die Schübe an der Stauwurzel ein, wodurch ein Impuls übertragen wurde, der zu einem schwallweisen Überborden der Überfallsektion des sich bereits abgelagertem Geschiebes bewirkte.

Es war beinahe kein Schwemmholz am

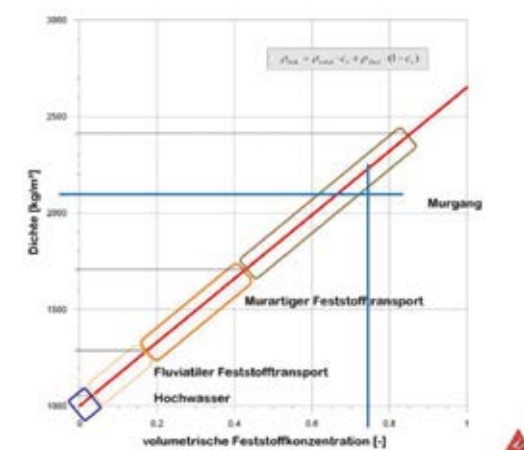


Abb. 12: Die Dichte des Murganges im Verhältnis zur volumetrischen Feststoffkonzentration (ONR 24800)

Fig.12: The density of the mudflow in comparison to the volumetric bedload concentration (ONR 24800)

Ereignis beteiligt. Der Hauptgrund dafür liegt in der in Osttirol sehr gut funktionierenden Wildbachbetreuung durch Wald- und Wildbachaufseher.

Schäden

Beim Ereignis am 04.08.2012 wurden insgesamt 24 Wohngebäude beschädigt, davon ein öffentliches Gebäude und ein Fremdenverkehrsbetrieb. Weiters wurden 1 Gewerbebetrieb, 2 Wirtschafts-



Abb. 13a,b: Murschub im Ortsgebiet von Virgen

Fig. 13a,b: mud flow event in the residential area of Virgen

gebäude und 4 Schuppen beschädigt. 3 Schuppen wurden zerstört. Im Bereich der Infrastruktur wurden 2 Holzbrücken und 3 Stege zerstört, 3 Gemeindestraßenbrücken aus Beton und 1 Landesstraßenbrücke aus Beton beschädigt. Es wurden 140 m Gemeindestraßen zerstört und 930 m beschädigt. Die Straßenunterbrechung dauerte 2 Tage an. Die Landesstraße war nach 1 Tag wieder befahrbar. Insgesamt wurden 7,8 ha Fläche durch Geschiebeablagerung beaufschlagt. Von den landwirtschaftlichen Gründen am unteren Schwemmkegel waren hiervon 4,8 ha betroffen.

Im Bereich der Schutzbauten im Firschnitzbach sind lediglich einige Fugen der Ufermauern erodiert und einige Grundschwellen wurden im Bereich der Kronen beschädigt. Die Geschieberetentionssperre hat bis auf eine ausgeschlagene Kante die anströmenden Murgänge weitgehend schadlos überstanden. Damit zeigt sich die volle Wirkung der bestehenden Schutzmaßnahmen.

### Reflexion

Die in der hydrologischen Analyse vom Mai 2012 unterstellte Geschiebefracht von 83.000 m<sup>3</sup> ist eine gute Annäherung an das rezente Ereignis

(70.000 m<sup>3</sup>). So wurde erkannt, dass das Moränenmaterial leicht erodierbar ist und sich der Bach im Hochwasserfall weit eintieft. Nicht erkannt wurden die sich im Sammelgebiet befindlichen Staumaterialien. Die unterstellten punktuellen Geschiebeeinstöße haben nicht stattgefunden. Im EZG konnte nach dem Ereignis keine Rutschung erkannt werden. Im Zuge der Geschiebebilanzierung im Mai 2012 wurde den Runsen im oberen Sammelgebiet (nicht dauernd wasserführend) bloß eine geringe Geschiebefracht von ca. 5.000 m<sup>3</sup> unterstellt. Im Zuge des rezenten Ereignisses wurden hier jedoch 22.500 m<sup>3</sup> Geschiebe erodiert. Da das EZG über keine Umlagerungsstrecke verfügt, konnte auch das im oberen Sammelgebiet erodierten Feststoffvolumen bis zum raumrelevanten Bereich vordringen.

Die unterstellte Schwemmholzfracht war keine realistische Einschätzung. Dank des funktionierenden Wildbachbetreuungs-konzeptes liegt äußerst wenig Wildholz im EZG vor. Wäre Schwemmholz am Ereignis beteiligt gewesen, hätten Verklausungen bei den Betonbrücken zu frühzeitigen und massiven Bachausbrüchen geführt.

Das Verlandungsgefälle im Geschieberetentionsraum betrug knapp 10 %. Bei der Be-

messung von Geschiebeablagerungsbecken sollte darauf Rücksicht genommen werden, den Verlandungswinkel grundsätzlich < 10 % zu wählen.

Die volumetrische Feststoffkonzentration wurde bei der theoretischen Betrachtung mit einem Intensitätsfaktor von 1,7 beschrieben. Beim rezenten Ereignis war die Feststoffkonzentration mit 75 % (Intensitätsfaktor 4!) sehr viel höher.

Die Überregnung des 4,9 km<sup>2</sup> großen EZG betrug knapp 1 km<sup>2</sup>. Unterstellt man denselben Niederschlag auf ein ebenso großes und laut Abflussbeiwerten und Bodenparameter vergleichbares EZG (1 km<sup>2</sup>) wären Spitzenabflüsse zu erwarten, welche ein Vielfaches der „erlaubten“ Hochwasserspitze laut Bemessungskonzept ergäben. Es stellt sich die Frage, wie die „angepasste“ Verbauung eines kleinen EZG dann wirken bzw. schadlos bleiben soll. Vor allem stellt sich die Frage, wie die dort in den Gefahrenzonen befindlichen Menschen und Objekte ein solches Extremereignis überstehen sollen?

Es kann festgestellt werden, dass das Verbauungskonzept des Firschnitzbachs als sehr wirksam zu beurteilen ist. Die Geschieberetentionssperre hält eine Geschiebefracht von 25.000 m<sup>3</sup> zurück und das verbaute Schwemmkegelgerinne führt einen Spitzenabfluss von 60 m<sup>3</sup> ab. Somit kann ein Bemessungsereignis schadlos abgeführt werden. Da der Murgang vom 04.08.2012 als Extremereignis zu werten ist, dessen Wiederkehrwahrscheinlichkeit weit über dem Bemessungsereignis liegt, haben entlang des verbauten Schwemmkegelgerinnes Bachausbrüche stattgefunden. Der dadurch entstandene materielle Schaden ist zwar groß, jedoch gab es keinerlei Personenschäden.

Da der derzeitige Verbauungsstand ein Bemessungsereignis schadlos abführen kann, und der Erhaltungszustand der Schutzbauwerke als gut zu beurteilen ist, sind grundsätzlich keine zusätz-

lichen Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung von Virgen vor Murgängen des Firschnitzbachs erforderlich. Derzeit ist ein Lawinenverbauungsprojekt in Ausarbeitung, das einen Schutz der Virgener Bevölkerung vor der Firschnitzbach Lawine bringen soll. Hierbei wird eine Adaptierung vorgenommen, die zusätzlich Schutz vor Wildbachprozessen erbringen soll.

### Anschrift der Verfasserin / Author's address:

DI Hanspeter Pussnig  
Wildbach- und Lawinenverbauung  
Gebietsbauleitung Osttirol  
Kärntnerstraße 90, 9900 Lienz  
hanspeter.pussnig@die-wildbach.at

### Literatur / References:

- BMLFUW (2009). eHYD, Abteilung VII/3 – Wasserhaushalt URL: [http://gis.lebensministerium.at/ehyd/frames/autologin.php?gui\\_id=eHYD](http://gis.lebensministerium.at/ehyd/frames/autologin.php?gui_id=eHYD) (Letzter Abruf : 15.05.2012)
- GATTERMAYR W. (2012). Vorläufige Niederschlagsinformation zu Murgang am 04.08.2012 am Firschnitzbach in Virgen/Osttirol. Dokumentation des HD Tirol.
- HÜBL J. (2009). Ereignisdokumentation Prozesse: Wasser, Universitätskurs Ereignisdokumentation. Hrsg.: Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur, Wien.
- HÜBL J. (2009). Hochwässer in Wildbacheinzugsgebieten. Wiener Mitteilungen, Band 216, 45 – 59.
- MARKART G., KOHL B., SOTIER B., SCHAUER T., BUNZA G., STERN R. (2004). Provisorische Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen. BFW – Dokumentation, 89 S.
- ON – Institut (Hrsg.) (2009). ONR 24800 – Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Begriffe und ihre Definition sowie Klassifizierung, Ausgabe: 2009-02-15.
- ON – Institut (Hrsg.) (2013). ENTWURF ONR 24801 – Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Statische und dynamische Einwirkungen, Ausgabe: 2013-01-01.
- SEGER M. (2003). Landinformationssystem Österreich, Studienblätter. Institut für Geographie und Regionalforschung, Universität Klagenfurt.
- ZINGERLE CH., LANG J. (2012). Dokumentation der synoptischen Situation der Mure am Firschnitzbach, Virgen, Osttirol vom 04.08.2012. Dokumentation der ZAMG.



ROBERT VANEK, GERHARD KOCH

## Felssturz an der A9 Pyhrnautobahn, Wald/Schoberpass (Steiermark): Ereignisanalyse und Sicherheitsmanagement

### *Rockfall Hazard on the A9 Pyhrn Motorway near Wald/Schoberpass – Geotechnical Failure Analysis and Safety Management*

#### Zusammenfassung:

Entlang der A9 Pyhrnautobahn nahe Wald/Schoberpass (Steiermark), ereignete sich Ende Juli 2012 ein Felssturz. Weitere im Ablösebereich verbliebende Felsmassen stellten eine latente Gefährdung für den darunter gelegenen Bereich im Talboden einschließlich der A9 Pyhrnautobahn dar. Nach der Umsetzung von Sofortmaßnahmen wurde umgehend ein Sicherheitsmanagementplan erarbeitet, der bis zur Herstellung baulicher Schutzmaßnahmen konsequent umgesetzt wurde. Wesentlicher Bestandteil des Sicherheitsmanagements war eine laufende geotechnische Beurteilung der Versagenswahrscheinlichkeit basierend auf den Messergebnissen eines geodätischen Monitoringsystems. Eine differenzierte Betrachtung unterschiedlicher geotechnischer Versagensszenarien ermöglichte eine gezielte räumliche und zeitliche Sperre von aktuellen Gefährdungsbereichen.

#### Stichwörter:

Felssturzgefahr, Pyhrnautobahn, geotechnische Ereignisanalyse, Sicherheitsmanagement

#### Abstract:

At the end of July 2012, a rockfall event took place on the A9 Pyhrn motorway, near the small Austrian town of Wald/Schoberpass (Styria). Rock mass that remained in the rockslide area represented a latent risk for both the valley area lying below the rockfall as well as the A9 Pyhrn motorway. After the immediate implementation of primary safety measures, a safety management plan was established which was followed until construction-related safety measures were carried out. The continuous geotechnical assessment of the failure probability, carried out by means of a geodetic monitoring system, was an essential part of safety management. A differentiated consideration of various geotechnical failure scenarios allowed for the systematic closure of potentially dangerous locations in terms of both area and duration.

#### Keywords:

Rockfall hazard, Pyhrn motorway, geotechnical failure analysis, safety management

#### Ereignis

Am 23. Juli 2012 – zwei Tage nach intensiven Niederschlägen in der Obersteiermark, die u.a. zum Murenereignis in St. Lorenzen bei Trieben (Janu et al., 2012; in diesem Heft) führten – wurde an der Pyhrnautobahn im Bereich Wald/Schoberpass zwischen den Tunnel Wald und dem Tunnel

Pretallerkogel ein Felssturzereignis registriert. Anrainer, die das Ereignis beobachteten, setzten die ASFINAG telefonisch davon in Kenntnis, dass sich aus der Hangflanke nördlich der Autobahn größere Felsbereiche abgelöst hatten. Eine umgehende Begehung der Lokalität zeigte, dass sich aus einer Felsstufe rund 160 Höhenmeter über dem Tal- bzw. Autobahnniveau eine Kubatur von mehreren 100 m<sup>3</sup> gelöst hatte (Abbildung 1). Der Großteil

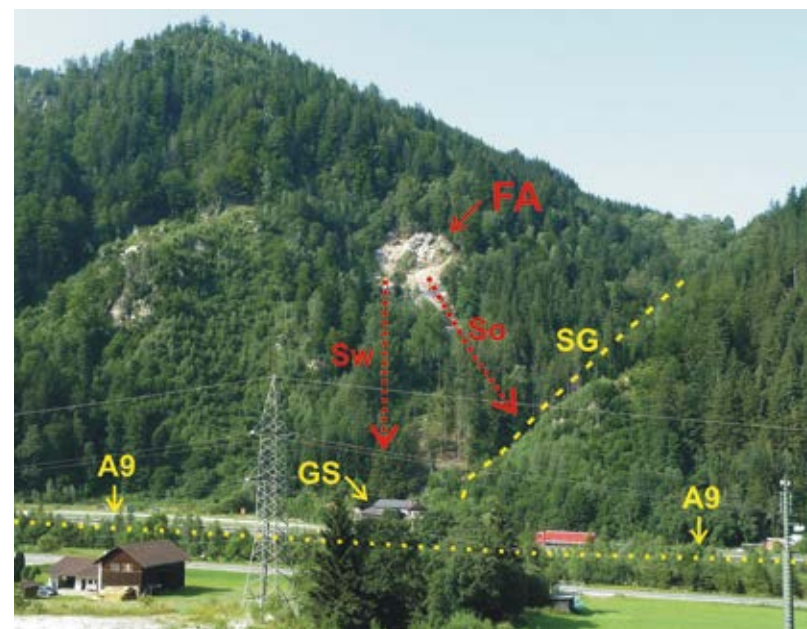


Abb. 1:  
Übersichtsfoto Felssturz  
Wald am Schoberpass:  
FA...Felsabbruchbereich;  
Sw, So... westliche und  
östliche Sturzbahn;  
SG... Seitengraben;  
GS...Gebäude des  
privaten Sägewerks;  
A9...Pyhrnautobahn.

Fig. 1:  
Rock fall near the village  
of Wald am Schoberpass,  
overview map;  
FA...rockfall release area;  
Sw, So... western and  
eastern rockfall path;  
SG...lateral ditch;  
GS...privately owned  
sawmill building;  
A9...Pyhrn motorway.



der abgelösten Felsmassen wurde im Hangbereich unterhalb des Felsabbruches in Form von zungenförmigen Blockschutthalden abgelagert. Einzelne Blöcke bis zu mehreren Metern Durchmesser jedoch bis nahe an die Tallagen durch. Die Wirtschaftsgebäude eines Sägewerks am Hangfuß sowie die Autobahn – wenige Zehnermeter vom Hangfuß entfernt im Talboden gelegen – wurden von den Steinschlägen dieses Ereignisses jedoch nicht erreicht.

### Sofortmaßnahmen und Monitoring

Im Zuge der geologischen Erstbegutachtung wurde festgestellt, dass sich der Felssturz als Teilbereich einer größeren, offenbar episodisch bewegten Felsmasse gelöst hatte. Im Ablösebereich der Felsstufe wurden weitere absturzgefährdete Massen identifiziert, wobei insbesondere für einen Großblock ein akutes Absturzpotezial angenommen wurde. Der Großblock wies eine Kubatur von rd. 40 m<sup>3</sup> auf und war bereits wenige Meter

aus dem frischen Abriss herausgerutscht (Abbildung 2). Unter Berücksichtigung der Blockgröße, der Blockgeometrie, der möglichen initialen Sturzhöhe und der generellen Hangneigung wurde eine akute Gefährdung der Autobahn abgeleitet und eine umgehende Sperre der A9 sowie des gefährdeten Areals im Talboden veranlasst.

Am Folgetag des Felssturzereignisses wurde der absturzgefährdete Großblock von einer Fachfirma gesprengt. Der Block wurde durch eine hohe Anzahl von Sprenglöchern stark zerkleinert, sodass im Zuge der Sprengung keine Felsbrocken den Talboden erreichten. Nach einer händischen Beräumung loser Felsteile im Ablösebereich war die akute Gefährdung der Autobahn gebannt. Nach der Festlegung weiterer Beobachtungsmaßnahmen und unter Berücksichtigung der günstigen Wetterprognose konnte die Autobahn noch am selben Tag wieder für den Betrieb freigegeben werden.

Zur Überwachung der Situation im Abbruchbereich und eventueller weiterer Be-



Abb. 2: Detailansicht des Abbruchbereichs; 1...Großblock, entfernt mittels Sprengung am 24.07.2012; 2...Felsbereich, der am 26.07.2012 versagte. Blaue Kreise...Position der geodätischen Messpunkte (Bildbreite rd. 55 m).

Fig. 2: Detailed map of rockfall area; 1...large rock mass, blasted on 2012/07/24; 2...rock failure that occurred on 2012/07/26. Blue circles...Position of geodetic reading points (screen width: approx. 55m).

wegungen wurde umgehend ein geodätisches Permanentmonitoring installiert. Das Beobachtungssystem bestehend aus einem automatischen Theodoliten (Messroboter) im Talboden und 17 geodätischen Messprismen im Felsabbruchbereich wurde für zeitlich hochauflösende Messreihen in Intervallen von 15 min eingerichtet und ging zwei Tage nach dem Felssturzereignis in Betrieb.

### Gefahrenanalyse

Der Felssturz ereignete sich aus einer rd. 30 m hohen Felsstufe aus quarzreichen Serizitschie-

fern der permoskythischen „Rannachserie“. Der aktuelle Ablösebereich war an der Vorderseite einer größeren bewegten Felsmasse gelegen (Abbildung 3). Etwa 5 bis 15 m bergseitig der Abbruchwand konnten frische offene Spalten dokumentiert werden, die jüngste Bewegungen mit Verschiebungsbeträgen in der Größenordnung von mehreren Dezimetern belegen. Die Spalten folgten einem morphologischen Nackentälchen, das auf erhebliche Bewegungen der Felsmasse bereits vor dem aktuellen Ereignis hinweist. Die Kubatur der gesamten bewegten Felsmasse liegt in der Größenordnung von mehreren 1000 m<sup>3</sup>. Die

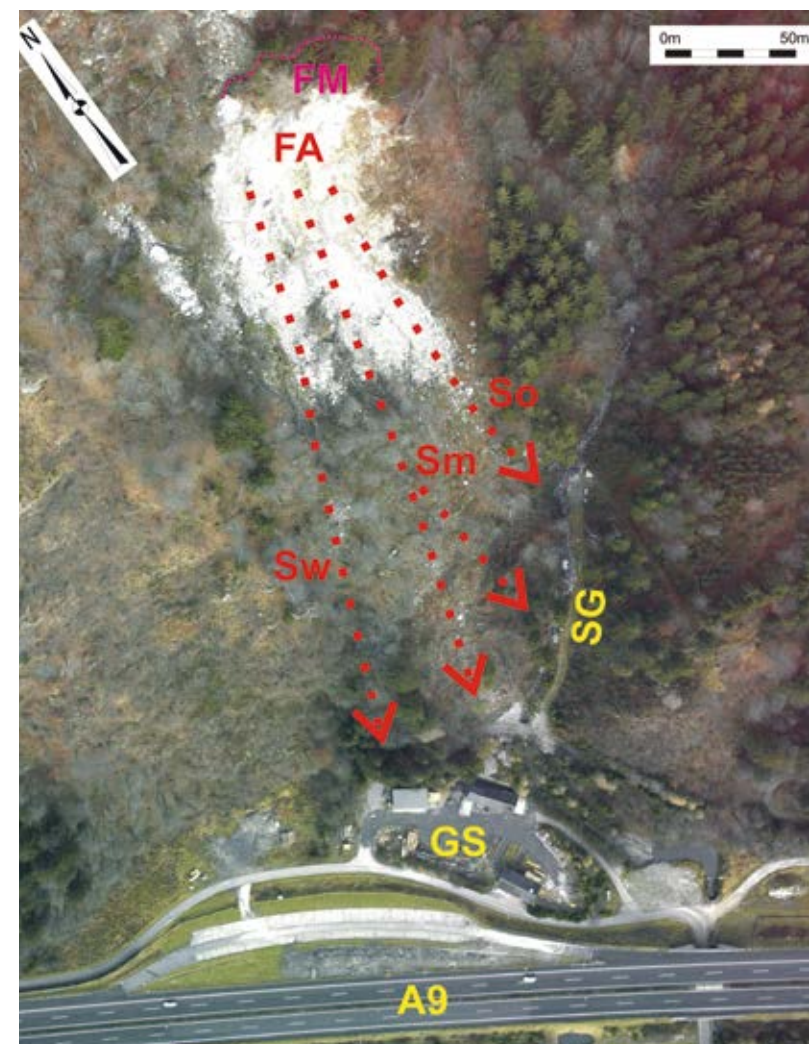


Abb. 3: Luftbildaufnahme vom November 2012 (Quelle: Energie Burgenland Geoservice GmbH); FM...bewegte Felsmasse; FA...Felsabbruchbereich; Sw, Sm, So...westliche, mittlere und östliche Sturzbahn; SG... Seitengraben; GS... Gebäude des privaten Sägewerks; A9... Pyhrnautobahn. Frische Felsblöcke im Seitengraben sind als helle Flecken erkennbar.

Fig. 3: Aerial photograph made in November 2012 (source: Energie Burgenland Geoservice GmbH); FM...moved rock mass; FA...rockfall release area; Sw, Sm, So...western, middle and eastern rock fall path; SG...lateral ditch; GS...privately owned sawmill building; A9...Pyhrn motorway. Bright spots indicate new rock blocks.



Felsmasse ist intern durch offene Klüfte in Teilchollen und Blöcke zerlegt. Das Felssturzereignis vom 23.07.2012 erfasste lediglich den vordersten Bereich der bewegten Felsmasse.

Die Ergebnisse des Monitorings zeigen, dass die Felsmasse im Beobachtungszeitraum von rd. 3,5 Monaten weitere Bewegungen von rd. 7 bis 18 cm erfuhr (Abbildung 4). Ein Messpunkt im westlichen (linken) Abbruchbereich erbrachte eine Gesamtverschiebung von über 50 cm. Die Verschiebungsvektoren weisen Neigungen zwischen 28° und 47° auf und indizieren in Falllinie hangauswärts gerichtete Bewegungen der Felsmasse.

Die Messdaten zeigten weitgehend kontinuierliche Bewegungen mit einzelnen sprung-

haften Anstiegen der Verschiebungsraten. Die Beschleunigungen lassen sich zweifelsfrei mit stärkeren Niederschlagsereignissen korrelieren. Kontinuierliche Bewegungen in der Größenordnung von 0,5 bis 1 cm pro Woche erwiesen sich im Beobachtungszeitraum als „Normalverhalten“ der Felsmasse. Starkniederschläge führten episodisch zu erhöhten Bewegungsraten, die bis zu 3 cm pro Tag erreichten. Dabei lässt sich jeweils eine kurze Phase (wenige Stunden) der Beschleunigung und eine längere Phase des Rückganges der Bewegungsraten (über mehrere Tage) beobachten. Der Verlauf der Messkurven verdeutlicht, dass die Felsmasse unmittelbar nach dem Felssturz vom 23.07.2012 deutlich erhöhte Bewegungsraten zeigte. Ein ursächlicher Zusam-

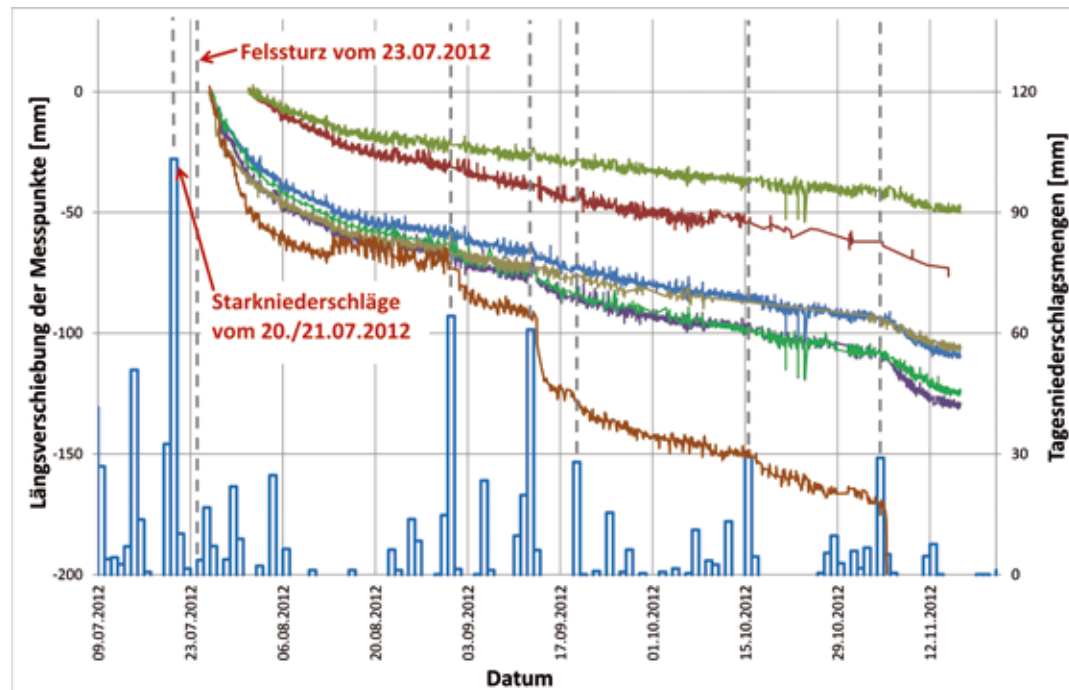


Abb. 4: Ergebnisse der geodätischen Verschiebungsmessungen (Längsverschiebung der Messpunkte im Westbereich des Felsabbruchs) und Niederschlagsdaten (Tagessummen) der Messstelle Gaishorn. Es zeigt sich eine gute Korrelation von Niederschlagsereignissen und Bewegungszunahmen in der Felsmasse (vertikale Strichlinien).

Fig. 4: Results of geodetic displacement measurements (longitudinal displacement of geodetic reading points in the western rock fall area) and precipitation data (daily amounts) from the measuring station at Gaishorn. There is a clear correlation between precipitation events and increased movement of the rock mass (vertical dashed lines).

menang des Felssturzes mit den Niederschlagsereignissen vom 20./21.07.2012 wird dadurch als nachgewiesen erachtet.

Der aktuelle Abbruchbereich wie auch die gesamte Felsmasse lassen sich morphologisch in einen westlichen (linken) und einen östlichen (rechten) Bereich untergliedern. Infolge der bombierten Ausformung des darunterliegenden Hanges sind den beiden Bereichen unterschiedliche Sturzbahnen von Felsablösungen bzw. Steinschlägen zuzuordnen (Abbildung 1 und 3). Während Steinschläge aus dem östlichen Bereich eine Sturzbahn in Richtung des Seitengraben einnehmen, verläuft die Falllinie des westlichen Bereiches direkt in Richtung Talboden, wo sich die Gebäude eines privaten Sägewerks sowie die Autobahn befinden.

Eventuelle weitere Felssturz- und Steinschlagereignisse waren insbesondere in Zeiträumen unmittelbar nach stärkeren Niederschlagsereignissen zu erwarten. Basierend auf den morphologischen und geologischen Gegebenheiten der Felsmasse erschien ein Versagen von Einzelblöcken oder von Teilbereichen der Felsmasse – ähnlich dem Ereignis vom 23.07.2012 – möglich. Ein unvermitteltes gesamtheitliches Versagen der Felsmasse wurde jedoch für unwahrscheinlich erachtet.

### Sicherheitsmanagement

Durch ein mögliches Versagen von Teilbereichen der bewegten Felsmasse war weiterhin ein Gefährdungspotenzial für die Autobahn gegeben. Es wurde daher unmittelbar nach dem Ereignis vom 23.07.2012 ein Sicherheitsmanagementplan erarbeitet, nach dem bis zur Errichtung von baulichen Steinschlagschutzmaßnahmen vorgegangen werden sollte. Ziel des Sicherheitsmanagementplans war die Sicherheit des Autobahnbetriebes bei gleichzeitig höchstmöglicher Verfügbarkeit

zu gewährleisten. Zusätzlich zur Autobahn wurde das gesamte potenziell gefährdete Areal im Talboden (Gebäude eines gelegentlich betriebenen privaten Sägewerks, Gemeindestrasse, Seitengraben) in den Sicherheitsmanagementplan aufgenommen.

Wesentlicher Teil des Sicherheitsmanagementplans war die laufend aktuelle Beurteilung der Stabilität der Felsmasse, um im Falle eines möglichen bevorstehenden Versagens entsprechende Maßnahmen kurzfristig einleiten zu können. Zur geotechnischen Beurteilung der Stabilität bzw. der Versagenswahrscheinlichkeit wurden Warnkriterien definiert (Abbildung 5). Neben der ständigen Verfolgung der Niederschlagsprognose sowie regelmäßigen Ortsbegehungen kam dem geodätischen Permanentmonitoring eine zentrale Bedeutung zu. An das Monitoringsystem wurde ein automatisches Warnsystem gekoppelt, das bei Warnwertüberschreitungen per SMS Warnmeldungen an die zuständigen Projektbeteiligten versenden konnte. Warnwerte wurden hinsichtlich der Verschiebungszuwächse sowie der Gesamtverschiebungsbeträge der einzelnen Messpunkte definiert. Als Warnwert für die Verschiebungszuwächse erwies sich eine Bewegungszunahme auf 10 mm/24 h als sinnvoll. Für die Gesamtverschiebungen wurden Warnwerte messpunktspezifisch festgelegt und periodisch fortgeschrieben.

Im Falle einer Warnwertüberschreitung und einer entsprechenden Warnmeldung per SMS sah der Sicherheitsmanagementplan eine unverzügliche Sichtung und Prüfung der Messdaten vor. Diagrammdarstellungen der aktuellen Messdaten wurden ebenfalls automatisiert generiert und waren für die Projektbeteiligten über einen Server jederzeit abrufbar. Basierend auf den zur Verfügung stehenden Informationen erfolgte eine Beurteilung der geotechnischen Situation und – im Falle eines möglichen bevorstehenden

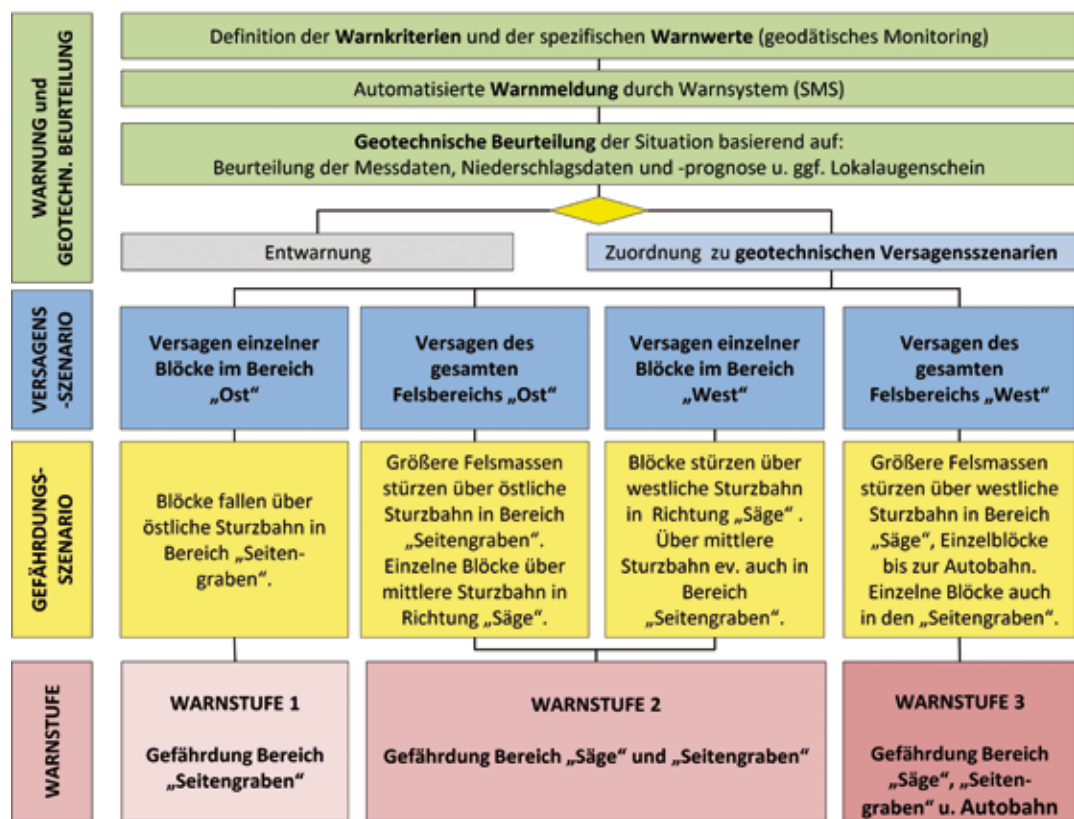


Abb. 5: Grundzüge des Sicherheitsmanagementplans mit geotechnischen Versagensszenarien, Gefährdungsszenarien und zugehörigen Warnstufen.

Fig. 5: Main features of the safety management plan including geotechnical failure scenarios as well as danger scenarios and related alarm levels.

Ereignisses – die Zuordnung zu einem geotechnischen Versagensszenario. Es wurden vier Versagensszenarien und damit verbundene Gefährdungsszenarien vordefiniert (Abbildung 5), die im Bedarfsfall verfeinert und präzisiert werden sollten. Die Unterscheidung der vier Szenarien erfolgte insbesondere unter Berücksichtigung der erwarteten Sturzbahn sowie der Kubatur des versagensgefährdeten Felsbereichs.

Für die unmittelbar am Hangfuß gelegenen Bereiche (Sägewerk und Seitengraben) stellte bereits eine Ablösung einzelner Felsblöcke eine Gefährdung dar. Eine Gefährdung der

mehrere Zehnermeter vom Hangfuß entfernten Autobahn war hingegen erst bei einem Versagen größerer Felskubaturen im Westbereich der Felsmasse gegeben.

Den Versagens- und Gefährdungsszenarien wurden drei Warnstufen zugeordnet. Bei Warnstufe 1 und 2 wurde eine Sperre der unmittelbar am Hangfuß gelegenen Bereiche über die Behörde (Gemeinde) veranlasst. Warnstufe 3 sah zusätzlich eine Sperre der Autobahn durch die ASFINAG vor. Ein Ausrufen der Warnstufe 3 wurde jedoch im Bearbeitungszeitraum nicht erforderlich.

## Anwendung des Sicherheitsmanagementplans - Beispiel

Am 26. Juli 2012, drei Tage nach dem Erstereignis, wurde mit Hilfe des bereits installierten Monitoringsystems eine markante Zunahme der Bewegungsrate von zwei Messpunkten registriert. Die Messpunkte befanden sich auf einem rd. 50 m<sup>3</sup> großen Felsbereich nahe der Oberkante der Felsmasse (Abbildung 2). Der betroffene Felsbereich war von mittelsteilen, aus der Wand fallenden Harnischflächen unterschritten und von teils geöffneten Klutflächen durchtrennt. Seit der Inbetriebnahme der messtechnischen Überwachung am Vortrag ließ der Felsbereich signifikant höhere Bewegungsraten als die umliegenden Messpunkte erkennen. Ab dem Morgen des 26. Juli zeigte sich ein weiterer Anstieg der Bewegungsrate (Abbildung 6). Aus geotechnischer Sicht erschien ein kurzfristiges „Versagen von Blöcken im Bereich Ost“ wahrscheinlich. Bei einem Versagen wurde ein Sturz der Blöcke über die östliche Sturzbahn in den „Bereich Seitengraben“ erwartet. Eine Gefährdung der Autobahn wurde als nicht gegeben beurteilt.

Die Sperre des Gefahrenbereichs „Seitengraben“ war zum gegebenen Zeitpunkt noch als Folge des Erstereignisses aufrecht und musste somit nicht gesondert veranlasst werden. Zusätzlich wurde eine telefonische Warnung der Anrainer und Grundeigentümer vorgenommen.

Um 19:40 h erfolgte der Absturz des Felsbereichs. Der Felsbereich zerkleinerte sich in bis zu mehrere m<sup>3</sup> große Einzelblöcke, die die prognostizierte östliche Sturzbahn nahmen. Ein Block von rund 5 m<sup>3</sup> schlug auf dem Gemeindegeweg im „Seitengraben“ ein. Die Steinschläge ereigneten sich innerhalb des gemäß Sicherheitsmanagementplan gesperrten Bereichs. Die im Betrieb befindliche Autobahn war nicht gefährdet.

## Erfahrungen

Der Sicherheitsmanagementplan erwies sich als praktikables Instrument zur Gewährleistung der Sicherheit in einer potenziellen Gefährdungssituation. Eine differenzierte Betrachtung von geotechnischen Versagensszenarien ermöglichte eine Identifizierung und Unterscheidung von Gefährdungsbereichen. Darauf aufbauend konnten Sicherheitsmaßnahmen gezielt und kurzfristig in die Wege geleitet und umgesetzt werden.

Die Beobachtungen des gegenständlichen Ereignisses belegen, dass bei Felssturzerereignissen in Felsmassen mit vermeintlich spröden Materialeigenschaften ein Versagen nicht unvermittelt eintritt, sondern sich durch eine Phase der Bewegungsbeschleunigung vorankündigt. Diese Phase der Bewegungszunahme kann für die Prognose eines möglichen Versagens sowie für die Beurteilung der aktuellen Gefährdungssituation genutzt werden. Voraussetzung hierfür ist eine zeitlich hochauflösende und hinreichend genaue messtechnische Überwachung des versagensgefährdeten Bereichs.

Im gegenständlichen Fall wurde ein geodätisches Messsystem mit installierten Messprismen eingesetzt. Mittels Messroboter und GSM-Datenübertragung konnten Messungen in 10 bis 15 minütigen Intervallen durchgeführt und den Projektbeteiligten zu Verfügung gestellt werden. Über die gegebene Messdistanz von rd. 400 m zwischen Theodolit und Messpunkten konnten eine hinreichende Mess- und Wiederholungsgenauigkeit erreicht werden. Einzelne Messausreißer sowie Messausfälle durch Nebeneinfall führten vereinzelt zu Fehlwarnmeldungen, stellten jedoch keine wesentliche Beeinträchtigung der Systemfunktion dar.

Entscheidende Bedeutung kommt bei der eingesetzten Methode der Positionierung der



Messpunkte innerhalb des versagensgefährdeten Bereichs zu. Neben einer hohen Dichte an Messpunkten ist vor allem eine sorgfältige, auf geotechnischen Versagensmodellen beruhende Auswahl der Messpunktpositionen essentiell.

Zur Interpretation der Daten ist eine ständige, zeitnah durchzuführende fachlich fundierte Beurteilung der geotechnischen Situation bzw. etwaiger Änderungen unerlässlich. Dies setzt eine hohe Verfügbarkeit und durchgängige Bereitschaft des betreuenden Fachpersonals voraus.

Darüber hinaus zeigte sich, dass klar definierte Abläufe und Zuständigkeiten („wer ist wann wofür verantwortlich“) unabdingbare Bestandteile eines erfolgreich umsetzbaren Sicherheitsmanagementplans sind.

#### Status quo und Ausblick

Im Herbst 2012 wurden bauliche Steinschlagenschutzmaßnahmen gesetzt. Basierend auf den Vorgaben der zu diesem Zeitpunkt bereits als Entwurf vorliegenden ONR 24810 (Technischer Steinschlagschutz – Neuerscheinung 15.01.2013) wurden Steinschlagmodellierungen durchgeführt sowie Schutzmaßnahmen bemessen und geplant. Nach einer Variantenstudie von unterschiedlichen Steinschlagnetz- und Schutzdammvarianten kam eine Dammkonstruktion zur Ausführung, die die Autobahn vor zukünftigen Steinschlagereignissen aus dem aktuellen Felssturzgebiet schützt.

Beobachtungen aus den vergangenen Jahren zeigen, dass sich im rd. 1 km langen Autobahnabschnitt zwischen dem Tunnel Wald und dem Tunnel Pretallerkogel wiederholt Massenbewegungen ereigneten. Die gegenständlichen wie auch ältere geologische Untersuchungen liefern Hinweise, dass große Hangbereiche von talzuschubsähnlichen Bewegungen erfasst sind. Darin befindliche kompaktere Felsbereiche sind als Fels-

köpfe und -stufen morphologisch herausgeformt. Latente bzw. episodische Bewegungen können dabei zu einer fortschreitenden Gefügauflockerung führen und ein Potenzial für Felsablosungen mit sich bringen.

Zur genaueren Erfassung der geologischen Gegebenheiten und zur Beurteilung etwaiger weiterer Gefährdungspotenziale werden gegenwärtig vertiefte Untersuchungen im angeführten Hangbereich durchgeführt. Die Untersuchungen umfassen eine hochauflösende Laserscanaufnahme der Morphologie, detaillierte geologische Geländearbeiten sowie periodische Messungen an einem erweiterten geodätischen Messpunktnetz. Basierend auf den Untersuchungsergebnissen sollen etwaige Bereiche mit Versagens- und Gefährdungspotenzial frühzeitig erkannt und vorab Schutzmaßnahmen ergriffen werden. Somit kann die Sicherheit des Autobahnbetriebes auch in Zukunft gewährleistet werden.

#### Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Mag. Robert Vanek  
3G Gruppe Geotechnik ZT GmbH  
Triesterstrasse 478a, 8055 Graz  
vanek@3-g.at

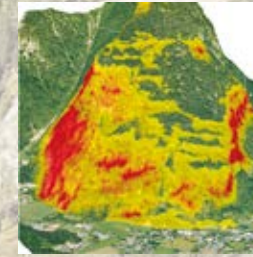
Mag. Gerhard Koch  
ASFINAG Bau Management GmbH  
Fuchsenfeldweg 71, 8074 Graz-Raaba  
gerhard.koch@asfinag.at

#### Literatur / References:

ONR 24810 (2013).  
Technischer Steinschlagschutz - Begriffe, Einwirkungen, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandhaltung. Austrian Standards Institute, Wien.

## AN DER SCHNITTSTELLE VON NATUR UND TECHNIK

### Erkundung und Modellierung von Massenbewegungen sowie Planung von Schutzbauten



**GEOCONSULT**

Stammhaus:

Hölzlstraße 5 · A-5071 Wals bei Salzburg · Österreich

Tel. 0662-65 9 65-0 · Fax 0662-65 9 65-10

E-mail: [office@geoconsult.eu](mailto:office@geoconsult.eu) · <http://www.geoconsult.eu>

## Felssicherung und Steinschlagschutz weltweit



- Hang- u. Böschungssicherung
- Steinschlagschutz
- Rockfall-Software
- Felsbau
- Wasserbau
- Naturschutz
- Tunnelbau
- Brückenbau
- Umwelttechnik
- Beweissicherung
- Ingenieurgeologie
- Hydrogeologie
- Geotechnik
- Spezialtiefbau
- Sachverständige
- Altbergbau



**DR. SPANG**

Ingenieurgesellschaft für Bauwesen,  
Geologie und Umwelttechnik mbH

Seit über 30 Jahren Ihr Partner bei Begutachtung,  
Erkundung, Planung und Überwachung in der Geotechnik

Westfalenstr. 5-9, 58454 Witten, (02302) 914 020  
[www.dr-spang.de](http://www.dr-spang.de) [zentrale@dr-spang.de](mailto:zentrale@dr-spang.de)  
Esslingen - Freiberg - Nürnberg - Naumburg - Witten

[www.dr-spang.de](http://www.dr-spang.de)  
[www.rockfall.org](http://www.rockfall.org)

STANIMIR KOSTADINOV, RATKO RISTIĆ

## Erosion and Torrent Control Works in Serbia

### *Erosionsschutz und Wildbachverbauung in Serbien*

#### Abstract

In Serbia due to natural conditions and anthropogenic factors soil erosion of different intensity exists all over the country. Organised work on erosion and torrent control in Serbia started in 1907 with works on protection of the railway Belgrade - Skopje - Athens in Grdelica gorge. The extent of performed anti-erosion works in the first hundred years is great but not sufficient because it is necessary to perform a larger scope of works on protection of existing and future water reservoirs. Serbia has experts and specialized companies for performing those important works, but currently, there are no financial resources. This article intends to give a short overview of the work of the Erosion and Torrent Control in Serbia.

#### Keywords

Erosion, torrential floods, torrent control works

#### Zusammenfassung

Hervorgerufen durch die natürliche Beschaffenheit des Landes und durch anthropogene Faktoren treten Bodenerosionsprozesse in ganz Serbien auf. Koordinierte Maßnahmen für Erosionsschutz und Wildbachverbauung begannen in Serbien im Jahre 1907 mit der Errichtung von Schutzmaßnahmen für die Bahnstrecke Belgrad – Skopje – Athen im Grdelica Tal. In den letzten hundert Jahren sind sehr viele Erosionsschutzmaßnahmen errichtet worden. Diese sind aber nicht ausreichend, da existierende und zukünftige Wasserspeicher im größeren Umfang geschützt werden müssen. In Serbien gibt es zwar genügend Experten und spezialisierte Unternehmen, die diese wichtige Aufgabe übernehmen könnten, doch fehlen derzeit die finanziellen Mittel für die Umsetzung. Dieser Beitrag soll einen kurzen Überblick über die Aufgaben des Dienstes für Erosionsschutz und Wildbachverbauung in Serbien geben.

#### Stichwörter

Erosionsschutz, Wildbachverbauung, Verbauungsmaßnahmen

#### Introduction

Among natural hazards with serious risks for people and their activities, torrential (flash) floods are the most common hazard in Serbia (Ristić and Nikić, 2007), and the most significant regarding huge material damage and loss of human lives. The frequency of these events, their intensity and diffusion, in the whole country (Figure 1), make them a permanent threat with severe consequences to environmental, economic and social spheres. These natural hazards have caused the death of more than 70 people in the last 60 years and a material damage estimated at more than 8 billion euros (Ristić et al., 2012).

The climate, along with the specific characteristics of the relief, distinctions of the soil and vegetation cover, severe erosion processes and social-economic conditions resulted in the frequent occurrence of torrential floods. Torrential floods are the consequences of intensive erosion processes in the watershed. Erosion processes of different categories of destruction are present

practically in all the territory of Serbia. Excessive, intensive and medium erosion processes (Category I, II and III of erosion intensity by Gavrilović (1972)) cover 35% of the territory of Serbia (IWRMJČ, 2001).

A torrential (flash) flood represents a sudden appearance of maximal discharge in a torrent bed with a high concentration of sediment. In extreme cases, the two-phase fluid flows out from the torrent bed, with enormous destructive energy.

A torrential watershed is a hydrographic entity which involves the beds of the mainstream and its tributaries, and the gravitating surfaces with erosion processes at a certain level of intensity. The attribute "torrential" refers to any watershed with a sudden appearance of maximal discharge with a high concentration of sediment, regardless of the size and category of the stream (Ristić and Malošević, 2011). More than 12.000 torrential watersheds were registered in Serbia on the basis of an investigation carried out from 1930 to 1996 (Kostadinov, 2007).





Fig. 1: Spatial disposition of the most destructive torrential floods in Serbia from 1950 to 2010  
 (● - material damage and loss of human lives;  
 ● - material damage) (Source: Ristic et al., 2012).

Abb. 1: Räumliche Verteilung der Wildbachereignisse in Serbien der Jahre 1950 bis 2010  
 (● - Sachschäden und Todesfälle;  
 ● - Sachschäden) (Quelle: Ristic et al., 2012).

The fundamental property of torrent streams is a direct link among phenomena in the watershed and in the stream. The processes taking place within the watershed are directly and nearly simultaneously manifested in the hydrograph network. The most important ones are the surface runoff and the soil erosion processes, the product of which (water and sediment) enter the watershed hydrographic network and continue their movement as a two-phase fluid. Since the intensive precipitation in a watershed represents

the main cause of both processes, the genesis of flood waters and the large masses of eroded sediment are simultaneous. This is why the largest part of the yearly inflow of water and sediment takes place in torrential floods. Therefore, the character of torrent streams sediment and hydrological regime is torrential.

The torrential character of hydrological regime is manifested in two ways: by a large range of yearly discharge and by a short duration of flood waters. The discharge ratio of flow and flood waters is of the order of magnitude 1:1000. The duration of flood waters is only few days a year, i.e. 1 – 5 % of the total yearly duration.

#### Short history of Erosion and Torrent Control in Serbia

The exact start of the works on erosion and torrent control in Serbia was not recorded. Nevertheless 1907 is considered to be the beginning even though sporadic works were performed even earlier than that. In that year, after heavy rainfall, torrential floods occurred in Grdelica gorge (south-east Serbia) which caused a halt of road and railway traffic in the gorge. Those two traffic routes are the main connection of Central Europe and Greece (Athens) via Belgrade and Skopje. Initial works were performed in torrential streams which posed a threat to the railway road Belgrade - Skopje - Athens by the railway company (Kostadinov, 2007). The works consisted of the construction of check dams and short regulation of the streams in the zone of intersection with the railway. Significant torrent control works in the torrential stream of the Kalimanska River whose floods often caused catastrophic damages to Vladičin Han and the international railway road started in 1927. Torrent correction in the town was performed and a system of 39 check dams in the torrent bed as well as 189 dry laid masonry small check dams in the gullies was constructed. Biological

works were also conducted in the watershed: afforestation, orchard planting, grassing, and pasture melioration. Performed erosion control works in the watershed and the Kalimanska River bed had a significant effect making this torrential stream to be an example of successful torrent control (Kostadinov and Marković, 1996).

Until 1930 torrent control service was the part of the Hydrotechnical Department of the Ministry of Construction. In 1930 the Law on Torrent Control in Kingdom of Yugoslavia was enacted which envisaged an independent service for torrent control within the Ministry of Forestry, Mining, and Governor's Administration. Up to the war in 1941, the works were mainly conducted for railway protection purposes. (Kostadinov et al., 1999).

The year 1948 was a milestone in many ways. Due to heavy rain that year, many torrential streams were activated in Grdelica gorge and their catastrophic floods caused great damage primarily to two international traffic routes, railway and road. Traffic of the Belgrade - Skopje - Athens railway was stopped and the road was closed for almost a month. Due to great damages caused by erosion and torrential floods, in 1949 the Government of the People's Republic of Serbia reaches a special Decision on immediate tasks on regeneration and afforestation of areas endangered by erosion and torrents. The decision marks six endangered areas, among which Grdelica gorge was marked as priority. A Special Field Section was formed the same year

| Stage        | Period    | Masonry             |                                  | Biological works  |                      |
|--------------|-----------|---------------------|----------------------------------|-------------------|----------------------|
|              |           | Total               | Annual average                   | Total             | Annual average       |
|              |           | m <sup>3</sup>      | m <sup>3</sup> year <sup>1</sup> | ha                | ha year <sup>1</sup> |
| I            | 1907-1940 | 56.194,00           | 1.652,80                         | 575,50            | 16,90                |
| II           | 1941-1944 | 1.301,00            | 325,20                           | 5,00              | 1,25                 |
| III          | 1945-1954 | 56.774,00           | 5.677,40                         | 457,00            | 45,70                |
| IV           | 1955-1966 | 386.334,00          | 32.194,50                        | 16.008,00         | 1.334,00             |
| V            | 1967-1977 | 476.505,00          | 43.318,64                        | 16.194,00         | 1.472,18             |
| VI           | 1978-1988 | 421.234,00          | 38.294,00                        | 55.011,00         | 5.001,00             |
| VII          | 1989-1991 | 84.557,00           | 28.185,67                        | 10.810,00         | 3.603,33             |
| VIII         | 1992-2000 | 7.085,30            | 787,25                           | 9.328,60          | 1.036,51             |
| IX           | 2001-2006 | 11.672,40           | 1.945,40                         | 12.598,20         | 2.099,70             |
| <b>TOTAL</b> |           | <b>1.501.656,70</b> | <b>15.016,57</b>                 | <b>120.987,30</b> | <b>1.209,87</b>      |

Tab. 1: Erosion and torrent control works in Serbia in the period 1907-2006. (Source: Kostadinov, 2007)

Tab. 1: Erosionsschutz- und Wildbachverbauungsmaßnahmen in Serbien von 1907 – 2006.

and its task was to prepare a multiannual program for the protection of Grdelica gorge. The Section performed the extensive program under the title "Preliminary Melioration Base of the Priority Area of Grdelica Gorge". Preliminary solution was approved but due to lack of finances, only small part was implemented.

The Republic Committee for the Soil Protection against Erosion in the Area of Grdelica Gorge and Vranje Valley was formed in 1951. The Committee worked on provision enactment and on forming field sections for torrent control and soil erosion protection. In 1953, the Section was formed in Vladičin Han and extensive works on torrent control in Grdelica Gorge and Vranje depression started. Several Republic Institutes from Belgrade were engaged and they prepared the "General Layout for Regulation of Grdelica Gorge and Vranje Valley" in 1956. Also in 1955, the first counseling on scientific grounds of torrential control was held in the Serbian Academy of Sciences and Arts (SANU). (Kostadinov et al., 1999).

The majority of works in this field, primarily in Grdelica gorge and Vranje depression, were performed in the 1950s for purposes of the protection of the aforementioned traffic routes. The intensity of works is later on reduced in order to be significantly increased in 1977 and 1978 when significant resources for the works were obtained from the Loan for motorway and water management in 1977.

The scope of anti-erosion works was again reduced in 1990, and was practically stopped from 1991 to 2000 due to general economic crises caused by the breakup of SFR Yugoslavia and wars fought in the area and finally by NATO bombing of FR Yugoslavia in 1999. Therefore, only symbolic funds were invested in anti-erosion works from 1991 to 2000.

Table 1 shows total quantities of works

carried out in Serbia. All the works in the tables have been classified in two groups:

- Masonry, including all the construction engineering works made of concrete and stone masonry in the channel-transverse (sills and check dams) and longitudinal structures (corrections of torrent bed in the lower part)
- Biological works, including all the areas where biological works were carried out in the watershed, such as afforestation, reclamation, grassing, establishment of orchards, shelterbelts, wattles, coppice reclamation, terracing contour farming, etc.

During this period Prof. S. Rosić conceived the "torrent extinguishing"-system, in which the main components are a special dams with a filter system "for the separation of water from the sediment", named by the author "settling basins" (filtration check dams) in Serbia. Their use in the regulation of torrent channels showed a series of advantages regarding the efficiency compared to classical torrent-control check dams (Kostadinov, 1995).

The share of certain categories of water erosion intensity, i.e. erosion intensity in stream channel and in watershed, according to Gavrilović's classification, has been analyzed based on erosion map prepared by Gavrilović's method (Gavrilović, 1972) (Table 2).

Sediment transport related to gross erosion (total erosion production), is also considerable. The total average annual gross erosion in Serbia amounts to 37.249.975,0 m<sup>3</sup>, i.e. the specific annual gross erosion amounts to 421,57 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> while the annual sediment transport is 9.350.765,0 m<sup>3</sup> and the specific annual sediment transport is 105,80 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>. If the annual gross erosion is turned into equivalent hectares with a 20 cm layer of soil, it can be concluded that every year 20.525 ha are endangered. (Đorđević and Jovanovski, 1987).

| Category     | Erosion Processes Intensity | Area            |            | Tab. 2: Distribution of Water Erosion Processes in Serbia (Source: Water Resources Management Basic Plan of Serbia, 2001) |
|--------------|-----------------------------|-----------------|------------|---|
|              |                             | km <sup>2</sup> | %          |   |
| I            | Excessive Erosion           | 2.888,0         | 3,27       | Tab. 2: Intensitäten der Erosionsprozesse durch Wasser in Serbien.  |
| II           | Intensive Erosion           | 9.138,0         | 10,34      |   |
| III          | Medium Erosion              | 19.386,0        | 21,94      |   |
| IV           | Weak Erosion                | 43.914,0        | 49,78      |   |
| V            | Very weak Erosion           | 13.035,0        | 14,75      |   |
| <b>Total</b> |                             | <b>88.361,0</b> | <b>100</b> |   |

#### Necessity for works on controlling torrents and soil protection from erosion in the future

Erosion and Torrent Control Works—ETCW performed in Serbia, had significant positive effects especially in the period from 1960 to 1990. The performed works have, above all, considerably reduced the erosion intensity and improved the ecosystem condition in the erosive areas. Apart from that, ETCW have considerably reduced sediment transport by reducing sediment production, in most areas of hydrographic network in Serbia. From the point of view of Water Management, this effect is of considerable importance because it reduces the endangerment of water management structures from silting (first of all water reservoirs).

Especially significant is the effect of ETCW on the protection of settlements and traffic networks. Controlling the major number of torrents in settlements areas has been performed. As for the road protection, the most appropriate examples are the ones in Grdelicka Gorge through which Juzna Morava flows and Ibarska Gorge. At river basins and torrent tributaries of these gorges a great number of ETCW has been

performed which provided a totally satisfactory traffic security level for the national roads. In the period from 1907 - 2006 a significant scope of works has been constructed:

- Masonry works (barriers, debris retention) 1.501.656,70 m<sup>3</sup>
- Biological works (afforesting, grassing, and other) 120.987,30 ha (Table 1).

Even though the results are very positive the condition of soil erosion in Serbia is still not satisfactory and was getting worse during the past years.

Bearing in mind the current condition of soil erosion and torrents in Serbia, it becomes clear that there cannot be any discussion about economic development and society in global if that problem is not solved with more efficiency than it has been dealt with in the last 22 years (bearing also in mind the economic crisis in the country). The magnitude of the problems is mirrored in the following facts:

1. For further development of our economy, it is necessary to consolidate and improve agricultural production (crop husbandry, animal husbandry, fruit-growing). Where there are medium to heavy erosion processes in highland regions of Serbia



(which is 75 % of the total territory in Serbia) it is not possible. It diminishes the advantage in production processes (healthy food) and gaining profit from the export.

2. The Spatial Plan and the Water Resources Management Basic Plan of Serbia clearly stated the problem of erosion and torrents. Specifically it is obvious that the problem of water supply in Serbia could only be resolved by building numerous water reservoirs, because Serbia is poor in water resources. Therefore it is clearly stated in these two documents that it is crucial for Serbia's further development to protect the existing water reservoirs and the new 33 ones to be constructed from silting and sediment pollution. In the forthcoming years, the water becomes the key factor in human survival, and water and soil (alongside with air) remain the resources vital for further human kind development. According to Water Resources Management Basic Plan of Serbia (2001) it is necessary to perform the following erosion and torrent control works only to protect the existing and the new water reservoirs

- Construction (masonry) works 1.690.000,00 m<sup>3</sup>
- Biological works 204.000,00 ha

That means that a greater scope of erosion control works needs to be performed than it has been done for the last 100 years. And that is only for the protection of water reservoirs. The most endangered soil is in the highlands where the most intensive processes of erosion occur (category I - III) with more than 12.000 torrents. In these areas about 2.000.000 ha are covered with forest and the largest part of 1.350.000 ha is planned for afforestation up to 2050

for the purpose of achieving an optimum forest coverage of 41%. About 30% - 40% of the land planned for afforestation by the Spatial Plan of Serbia is caught by the erosions of category I - III and therefore the afforestation could not be performed without serious erosion control works. It is impossible to fulfill the long term goal (maintenance of the existing forests and turning 1.350.000 ha of barren lands into new forests) without planning serious erosion control, biotechnical and technical works on the torrent basins.

3. The urgent necessity for erosion control and torrent works for the protection of settlements, traffic lines, energy and industrial plants and other important structures, both for economy and society in global still remains. The attention should also be paid to the control of erosion at economy land and its reduction to a tolerable degree.
4. Apart from that, due to forthcoming climate changes the increased necessity for erosion control works, torrent control and terrain melioration may appear in the near future, because erosion and torrents will become an even bigger social problem which will seriously endanger economy, forestry and water management. Based on the research results and numerous discussions worldwide, the influence of global climate changes and other dynamic changes in the environment (which could be equally if not more important) has been pointed out. Soil degradation is not so much mentioned as global climate changes, but it could have much worse consequences.

All this will have a direct and indirect influence on the intensifying and spreading of all kinds of

erosion processes. That way the sheet erosion will considerably spread to all its forms because of the increased susceptibility to soil erosion. The decrease of total precipitation and higher climate contrasts will lead to an increase of areas which are potentially endangered by deep erosions primarily because of the aggravation of infiltration ability and the loss of general macro porosity. The construction of erosion control and biological protection as well as all forms of natural and artificial revival of vegetation, will be considerably hindered and expensive.

#### **Contemporary strategy for torrent control in Serbia**

Bearing in mind the mountainous landscape of Serbia and the number of torrential streams which cause great damage to economy and society, the solution to the problems caused by erosion and torrential streams should be considered in two interwoven wholes:

- Defense from torrential floods and protection of properties and human lives from destructive influence of the natural forces (torrent control);
- Erosion control on the agricultural lands (soil and water conservation).

The goal of the first task is to solve serious problems of property and human lives protection from torrents which can occur any time in watersheds affected by intensive erosion processes. It is often very urgent to perform this kind of works, but they also need to be planned in advance and in accordance with the agreed strategy for long term solutions concerning this problem. This problem is solved by torrent control. In order to perform that task it is necessary to anticipate not only the works in the basin but also comprehensive biological and bio-technical works in the watersheds. Therefore, it is more correct to use

the term "management of torrential watersheds" rather than "torrent control". These works help protect traffic lines, settlements or industrial facilities from torrential floods. Retaining cross structures protect water reservoirs from siltation.

The second task mainly refers to agricultural fields and apart from erosion protection it also has the goal to preserve soil and production organisation following the principles of sustainable land management –SLM. These works also prevent sediment movement from the slopes (and other materials alongside) which protects water from either mechanical or chemical pollution and at the same time also prevents silting of water reservoirs by suspended sediment.

To solve the problems of erosion and torrential floods, it is necessary to apply complex solutions in the future by using an integral system for torrential watershed management. The final goal of torrential watershed management is in achieving maximum security, avoiding or decreasing losses and damages (Hattinger, 1986).

The integrated system presents an optimal combination of the civil engineering, biological and bioengineering works as well as the administrative measures, all in the function of soil protection from the erosion and from the torrential floods, with the improvement of the quality of life in the treated watershed. Such a system is before all deeply humane, ecologically appropriate with the maximum fitting into the environment (as one of the requirements of the modern times).

#### **Conclusion**

The natural conditions and the anthropogenic factor in Serbia are the reasons why erosive processes of different intensity occur practically on the whole territory of Serbia. As a result,

torrents and their often devastating floods occur. Soil erosion and torrential floods present a huge problem which is basically the limiting factor of the economic and social development of Serbia.

Organised work on erosion and torrent control started in 1907. In the first hundred years (up to 2006) financial investment in erosion and torrent control works varied and thus the construction of protection measures varied.

Even though significant results were achieved and significant activities in erosion and torrent control works were conducted, the problem of erosion and torrential floods in Serbia cannot be regarded as solved. In order to solve this problem successfully, basic preconditions must be fulfilled: financial funds, legal regulations, experts and work force. Currently, the problem arises from the small financial funding and inadequate legal regulations.

#### **Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:**

Prof. Stanimir Kostadinov  
University of Belgrade, Faculty of Forestry  
Kneza Visaslava 1  
11000 Belgrade, Serbia  
stanimir.kostadinov@sfb.bg.ac.rs

Prof. Ratko Ristić  
University of Belgrade, Faculty of Forestry  
Kneza Visaslava 1  
11000 Belgrade, Serbia  
ratko.ristic@sfb.bg.ac.rs

#### **Literatur / References:**

- DORĐEVIĆ M., JOVANOVIĆ S. (1987).  
Erozija zemljišta u SFR Jugoslaviji, Zbornik radova sa Prvog jugoslovenskog simpozijuma o uređenju bujica i zaštiti zemljišta od erozije. Lepenski Vir, 20-21 maj 1987, 11-24.
- GAVRILLOVIĆ S. (1972).  
Engineering of Torrents and Erosion. Journal of Construction (Special Issue). Belgrade, Yugoslavia, 1-292.
- HATTINGER H. (1986).  
Proposals for an Integrated Protection against Torrents; Contribution to Research on Torrent Erosion and Avalanches (7). IUFRO Subject Group S1.04 – 000, Wien, 363-373.
- INSTITUTE FOR WATER RESOURCES MANAGEMENT „Jaroslav Černi“ (2001).  
Water Resources Management Basic Plan of Serbia (WRMBPS), Ministry of Agriculture, Forestry and Water Resources Management, Belgrade.
- KOSTADINOV S. (1995).  
Analysis of the Effects of Classical and Filtration Check Dams in the Torrents of Serbia. Proceedings of the XXVI IECA Conference, Feb. 28th - March 3rd 1995, Atlanta, 111-124.
- KOSTADINOV S., MARKOVIĆ S. (1996).  
Soil Erosion and Effects of Erosion Control Works in the Torrential Drainage Basins of Southeast Serbia. IAHS Publication no 236, Wallingford, 321-332.
- KOSTADINOV S. (1996).  
Check Dams in the Torrent Control Practice in Serbia: Former and Present Experiences and Future Perspectives. Proceedings of IECA Conference XXVII: "Erosion Control Technology Bringing it Home". Feb. 27-March 1, 1996, Seattle Washington, USA, 507-522.
- KOSTADINOV S., MARKOVIĆ S., ZLATIC M., STOJKOV N., MILOŠEVIĆ-SICKINGER S. (1996).  
Effect of Vegetative Cover on the Distribution and Intensity of Water Erosion in the Watershed. International Symposium - INTERPRAEVENT 1996 - Garmisch - Partenkirchen, Tagungspublikation, Band. 1, 225-234.
- KOSTADINOV S., (2003).  
Erosion and Torrent Control in Mountainous Regions of Serbia. Keynote paper. Proceedings of International Year of Mountainous Conference: »Natural and Socio-Economic Effects of Erosion Control in Mountainous Regions«. Faculty of Forestry of Belgrade University. WASWC and Center for Ecology and Sustainable Development, Belgrade, 33-56.
- KOSTADINOV S., ZLATIC M., RANKOVIĆ N. (1999).  
Soil and Water Conservation Policies in Yugoslavia. Monograph: "Soil and Water Conservation Policies and Programs: Successes and Failures". (Eds.) Ted L. Napier, Silvana M. Napier and Jiri Tvrdon. SWCS Ankeny. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington DC. 423-441.
- KOSTADINOV S. (2007).  
Erosion and torrent control in Serbia: hundred years of experiences. International Conference: Erosion and Torrent Control as a Factor in Sustainable River Basin Management. Belgrade, Serbia, 25-27 September 2007, Proceedings (CD).
- RISTIĆ R., NIKIĆ Z. (2007).  
Sustainability of the System for Water Supply in Serbia from the aspect of Erosion Hazard. Journal for Water Resources Management: 225-227, 47-57.
- RISTIĆ R., KOSTADINOV S., ABOLMASO, B., DRAGIĆEVIĆ S., TRIVAN G., RADIĆ B., TRIFUNOVIĆ M., RADOSAVLJEVIĆ Z. (2012).  
Torrential floods and town and country planning in Serbia. Natural Hazards and Earth System Sciences (ISSN: 1561-8633), No. 1, Vol. 12, 23-35 (DOI: 10.5194/nhess-12-23-2012).
- RISTIĆ R., MALOŠEVIĆ D. (2011).  
Torrent hydrology. University of Belgrade Faculty of Forestry, Belgrade, Serbia, 221 pp.



#### **Ingenieurbüro für Bauwesen**

Pirker & Visotschnig ZT GmbH  
Beethovenstraße 22, 8010 Graz  
Telefon (+43) 316 32 24 08  
Fax (+43) 316 23 24 08 9  
office@pirker-visotschnig.at  
www.pirker-visotschnig.at

Tragwerksplanung  
Verkehrsplanung  
Aussschreibung  
Bauaufsicht und Bau KG  
Statisch-konstruktive Prüfung  
Schutzwasserbauten



## **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>



**Wildbach- und  
Lawinenverbauung**



**Hochwasserschutz  
Renaturierungen**



**Schipistenbau  
Speicherteiche**



**Ziviltechnikerbüro  
Dipl.-Ing. Rainer Russ**  
Ing.Konsulent für Holz- und Forstwirtschaft, Wildbach- und Lawinenverbauung

A-4863 Seewalchen / Attersee, Julius-Wimmer-Str. 9  
A-1050 Wien, Obere Amtshausgasse 45/10  
Tel.: 0664 – 3929827; Web: [www.russ-zt.at](http://www.russ-zt.at)



**NADA DRAGOVIĆ, RATKO RISTIĆ**

## Institutional Organisation and Financing of Works for the Protection of Soil from Erosion and Torrent Control in Serbia: Current Problems and Possible Solutions

### *Organisation und Finanzierung des Erosionsschutzes und der Wildbachverbauung in Serbien: Aktuelle Probleme und potenzielle Lösungen*

#### Abstract

In its 105-year long tradition Erosion and Torrent Control (ETC) in Serbia have gone through many different forms of organisation, in the different legislative solutions. Until mid 1960's this area was generally organised within the field of forestry, but since then, organisation of works, financing and legislation have been within the field of water resources management. Current problems of protection from torrential floods are: insufficient funding, undefined ownership structure of companies that are in the system of water resources management and inadequate solutions created after the enactment of the 2010 Water Law.

#### Keywords:

Erosion and torrent control, legislation, water resources management enterprises

#### Zusammenfassung

In den 105 Jahren seit Bestehen des Dienstes für Erosionsschutz und Wildbachverbauung in Serbien ist dieser immer wieder auf unterschiedlichste Weise organisiert worden. Ursprünglich in der Forstwirtschaft angesiedelt gehört der Dienst für Erosionsschutz und Wildbachverbauung seit Mitte der 1960er Jahre zur Wasserwirtschaft. Die derzeit größten Probleme bezüglich des Schutzes vor Wildbachgefahren in Serbien ergeben sich aus den unzureichenden Finanzierungsmöglichkeiten, den ungeklärten Eigentumsverhältnissen der Unternehmungen in der Wasserwirtschaft sowie der ineffizienten Umsetzung des Wassergesetzes von 2010.

#### Stichwörter:

Erosionsschutz und Wildbachverbauung, Gesetzgebung, Wasserwirtschaftsunternehmen

#### Introduction

From 1907 till the present day, works on Erosion and Torrent Control (ETC) in Serbia have been carried out incessantly with more or less intensity. The period from 1955 to 1966 is the time of the most dynamic performance with considerable funding, engagement of a large number of experts, good technical equipment and application of new technologies. After this period and up to 1978 the amount of bio-technical works in torrent watersheds has been reduced and the amount of engineering and technical works in the lower parts of watersheds with the aim to protect the inhabited areas has been increased. From the early 1980's till the present day, the intensity of works on ETC has been decreasing to the point of reaching its minimum in the last decade of the twentieth century.

Financial investment in works for protection against erosion and torrential (flash) floods has been dependent on the level of economic development of Serbia, but also often on political decisions and decision-makers' perception of the importance of this issue. As

all segments of the economy were undergoing transformation caused by the changes in political and social order, so was the organisation of ETC services carried out in various ways. By the mid 70-ies of XXth century ETC area was organised within the field of forestry. After that period, it was entirely transferred to the field of water resources management, in terms of organisation and finance. All these changes were the result of changes in ETC legislation.

Preconditions for implementation of the applicable Basic Plan of Water Resources Management of Serbia (IWRMJČ, 2001), for the period until 2021, which defines the measures and works in the field of ETC are: organisational structure of water resources management with clearly defined responsibilities, a permanent source of funding and changes in legislation. In addition to redefining and change of the structure of ownership in companies operating in the field of ETC, it is necessary to involve stakeholders in this area defined by different laws (Water Law, OG, 30/2010a; Law on Forests, OG, 30/2010b; Law on Agricultural Land, OG, 41/2009a; Law on Environmental Protection, OG, 72/2009b; Law on Planning and Construction, OG, 64/2010c)

### Historical review of the institutional organisation of Erosion and Torrent Control in Serbia

The ETC works at the beginning of the twentieth century were carried out by the service within the Railway Administration which was later transformed into the Department of Torrent Control within the General Directorate for Water of the Ministry of Agriculture and Water. The Department of Torrent Control was separated from the General Directorate for Water in the 1930's and added to the Ministry of Forests and Mining. A „forest-technical department for torrent control" was established within the above mentioned Ministry.



Fig. 1: Regulation of Nisava River, East Serbia.

Abb. 1: Die Regulierung des Nisava Flusses, Ost Serbien.

The period from 1927-1930 is characterised by the intensification of ETC works. In 1927, the Department of Torrent Control was transferred from the Directorate General for Water and it was affiliated with the Ministry of Forestry and Mining. According to the 1930 Law on Protection from Erosion and Torrent Control, the first temporary service called "Forest-technical department of torrent control" was established as part of the Ministry of Forestry and Mining.

The following distinctive period occurred after World War II. During 1945, The Department of Torrent Control was part of the Department of Afforestation and Torrents. After several organisational changes it became



Fig. 2: Check dam in Vlasina river watershed, South Serbia.

Abb. 2: Sperre im Einzugsgebiet des Vlasina Flusses, Süd Serbien.

the Administration for Torrent Control and Construction of the Ministry of Forestry in 1950. In 1948, an enterprise named "Torrents" was established in Niš and it was for the first time that an enterprise was dealing with both design and execution. A significant transformation of this enterprise occurred in the 1954-1957 period, when nine District sections for torrent control, mainly named „Erosion", were organised. At that time, major investors in ETC works, apart from the republic, districts and municipalities, were also the Directorate for Road Construction and Directorate for Railways.

On the basis of the 1967 Water Law the existing regional ETC sections were reorganised as Socially Owned Water Resources Management

Enterprises (SOWRME). Some of these companies still exist with an unmodified form of ownership. Companies covered the territory of watersheds of major rivers (Jevtić et al., 1992).

On the basis of a historical review it can be concluded that the area of ETC was institutionally both within the fields of forestry, in the period from 1930 to 1965, and in the field of water resources management, from 1967 to the present day. Today, some experts think that the area of ETC should be placed within environmental protection, which can be supported by many reasons. It is even more important to institutionally strengthen the position of the ETC area, because efficient soil and water resources management is a precondition for the economic development of Serbia.



### Serbian and Yugoslav legislation in the field of Erosion and Torrent Control

Until 1930, in the Kingdom of Yugoslavia there were no regulations or legislation in the field of ETC. However, Erosion and Torrent Control Works (ETCW) were performed during that period on the basis of the existing regulations from the period of Austria-Hungary, the Kingdom of Serbia and the Kingdom of Montenegro (Kostadinov et al., 1999). "The Law on Torrent Control" was passed in 1930. It was the first law which provided the definitions of torrent and watershed, as well as some system resolutions of torrential control financing. The first regulation after the Second World War was passed in 1952, and it was named "The Law on the Protection of Soil from leaching and rockslides in the region of Grdelička Gorge and Vranjska Valley". A step further was "The Law on Erosion and Torrent Control" passed in 1954, which enabled the execution of erosion control works on the land threatened by erosion, irrespective of the ownership of the land.

In the 1965-1978 period no specific laws regarding the issues of ETC were brought, and all issues were partially regulated by other laws including, "The Water Law" (1967, 1975); "The Law on Agricultural Land Use" (1965, 1974); "The Law on Capital Construction" (1973); "The Law on Forests" (1974); "The Railway Law" (1975); "The Law on Security in Railway Traffic" (1977); "The Mining Law" (1978). "The Water Law" passed in 1975 was the most complete legal regulation regarding ETC. Some of its particularly interesting provisions stipulated that any large scale works (dams, roads, etc.) could not be performed without previous projects and special funds provided for ETC (by "self-managing communities of interest", following the principles of solidarity and mutual assistance). The structures for ETC were classified as protective structures and put in line with

other water resources management structures, i.e. classified as water resources management activities of special social interest.

Erosion and torrent control problems were dealt with in later Water Laws, passed in 1989 and 1991 (OG-The Official Gazette of the Republic of Serbia, No. 46/1991) and 2010 (OG, No. 30/2010a). It can be argued that, in comparison with the previous Water Laws, the latest Laws, especially "The Water Law" passed in 2010, represents a step backwards. Namely, the issues of ETC are mentioned in only a few articles. The regulations of the law regarding ETC are enforced and applied by municipal authorities, which often have no organisational or financial capacities to execute the Law.

### The present form of institutional organisation of Erosion and Torrent Control in Serbia

The area of ETC is institutionally organised through many forms, such as state administration, companies and education. The main precondition for a timely and adequate ETC is presence of this issue in state institutions, as well as efficient functioning of administration, including adequate financial support.

At the republic level, the area of ETC is under the authority of the Ministry of Agriculture, Forestry and Water Resources Management and at the provincial level it is under the authority of the Provincial Ministry of Agriculture, Forestry and Water Resources Management. At the local level the area of ETC is generally placed within the Department of Urban Development and Utility Services, where responsible officers deal with the area of agriculture, forestry and water resources management, as well as with the issues of ETC (municipal administration). Some municipalities have formed Secretariats for Environmental Protection covering the area of ETC.

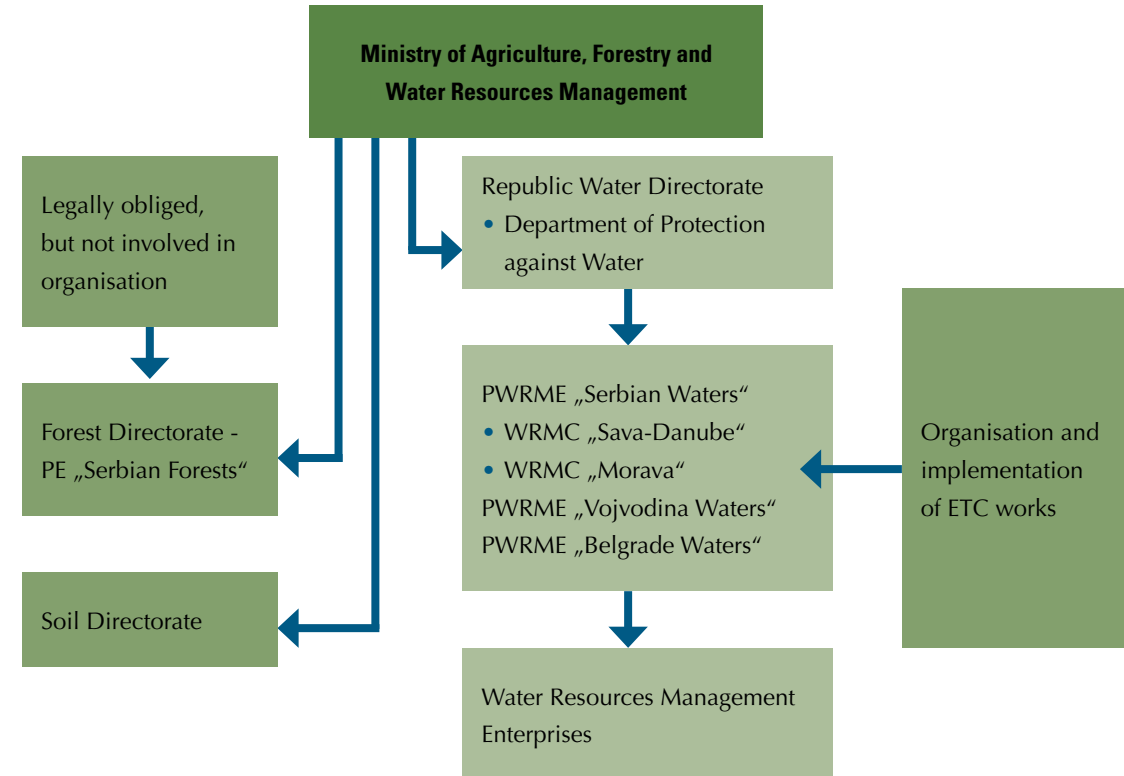


Fig. 3: The scheme of institutions authorised to implement ETCWs.

Abb. 3: Schema der verantwortlichen Institutionen für Erosionsschutz und Wildbachverbauung.

ETC is under the authority of the Department of Protection from Water within the Republic Directorate for Water of the Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management (OG, 2005) and the Department of Protection from Water.

Operational organisation of ETC is organised within three basic territorial segments: the Public Water Resources Management Enterprise (PWRME) „Serbian Waters“ (founded in 1996) which is responsible for the area of Serbia without Autonomous Province (AP) Vojvodina and the administrative area of Belgrade, PWRME "Vojvodina Waters" (founded in 2002) responsible for the area of AP Vojvodina and PWRME "Belgrade Waters" (founded in 2008) responsible for the administrative area

of Belgrade. The main activities of these Public Water Resources Management enterprises are: water resources management, water protection and protection from water. A specially defined activity carried out by these public water resources management enterprises is organisation and implementation of ETC measures. PWRME "Serbian Waters" realizes its activities through the Water Resources Management Center (WRMC) "Sava-Danube" with headquarters in Belgrade and the WRMC "Morava" with headquarters in Niš, which carry out their activities through local water resources management enterprises. The PWRME "Vojvodina Waters" has no smaller organisational units and its activities are carried out directly through local water resources management enterprises (Dragović, 2007).

A total of 29 companies are registered as water resources management enterprises within the flood control system of Serbia. In the process of privatisation all enterprises in Serbia were supposed to change their type of ownership from social to state or private ownership. Several water resources management enterprises have completed the process of privatisation, of which a small number have undergone successful privatisation, and for most of them, the privatisation was unsuccessful. Currently, four of these water resources management enterprises are in the process of restructuring, and the other 25 stopped the process of privatisation in order to reach permanent and sustainable solutions. In the cases of privatisation of an enterprise whose capital is owned by one or more persons, the main activity of the company (water resources management) before privatisation cannot be guaranteed after privatisation, because the owners' major motive is profit. ETC is not a profitable area, and given



Fig. 4: Territorial distribution of water resources management enterprises in Serbia.

Abb. 4: Räumliche Verteilung der Wasserwirtschaftsunternehmen in Serbien.

**Water resources management enterprises**

| Number of enterprises | Number of employees | Capital structure   | state                               | note   |
|-----------------------|---------------------|---|-------------------------------------|--|
| 25                    | 1631                | Social capital 100%   | Privatisation stopped (26.06.2012.) | The subject of privatisation applied to the Republic Directorate for Property to determine the share of state ownership in their means used. |
| 4                     | 227                 | Privatisation Agency 50-76%, Equity fund 0.5-6%, Shares of private individuals 20-50% | Decision on restructuring           | Breach of contract on the sales of capital by method of public auction   |

Source: Water Directorate of the Ministry of Agriculture, Forestry and Water Resources Management, 2012

Tab. 1: Number of water resources management enterprises by ownership structure and current state.

Tab. 1: Anzahl der Wasserwirtschaftsunternehmen nach Eigentümerstruktur und aktuellem Status.

| Area of financing  | The value of investments in mill. € |       |       |       |       |
|--|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|  | 2006                                | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  |
| Maintenance of facilities for flood control                                  | 7,824                               | 7,425 | 8,025 | 5,273 | 6,495 |
| • Regular maintenance  | 7,028                               | 6,930 | 7,132 | 4,680 | 5,846 |
| • Investment maintenance   | 0,796                               | 0,495 | 0,823 | 0,593 | 0,649 |
| Upgrading, reconstruction and rehabilitation of facilities for flood control | 6,193                               | 4,618 | 2,948 | 2,257 | 2,713 |
| • construction, upgrading and reconstruction                                 | 5,553                               | 4,011 | 1,982 | 1,564 | 2,031 |
| • Reparation   | 0,660                               | 0,606 | 0,967 | 0,693 | 0,682 |
| Execution of anti erosion works  | 1,351                               | 1,223 | 1,128 | 0,532 | 0,462 |
| • Biological works   | 0,791                               | 0,807 | 0,768 | 0,206 | 0,275 |
| • Biotechnical works   | 0,015                               | 0,073 | -     | -     | -     |
| • Construction works   | 0,355                               | 0,208 | 0,349 | 0,326 | 0,187 |
| • Investment maintenance   | 0,190                               | 0,135 | 0,011 | -     | -     |

Source: Annual financial report of PWRME "Serbian Waters"

Tab. 2: Funds invested in ETC works in the period 2006-2010.

Tab. 2: In Erosionsschutz und Wildbachverbauung investierte Mittel der Periode 2006 – 2010.

that it is very important from different aspects (environmental, economic, social), it should be organised through government institutions and agencies, with state capital dominating the ownership structure.

Socially-owned Water Resources Management Enterprises (SOWRME) are in the process of transformation of ownership structure and public water resources management enterprises are facing privatisation. Since Serbia is still in the process of transition, this procedure should be approached with great care. Water and land resources are a national asset and the state has to manage them with due responsibility.

**Financing**

Major investors in ETCWs in the period from after World War II until 1967 were: the Ministry of Forestry (Directorate of torrent control), regional and local authorities, the Directorate for the Construction of roads and railways.

A Republic Fund for the financing of ETCWs, which was significantly higher than in the previous period, was formed according to the 1967 Water Law. According to this Law, the area of ETC financing i.e. its institutional organisation was completely transferred to the field of water resources management.



The most significant investor in ETCWs in Serbia is the PWRME "Serbian Waters". There are no concepts developed in the field of agriculture for sustainable use of land on slopes with the erosion control function.

Water resources management facilities and other resources of the PWRME "Serbian Waters" are owned by the state. The funds for financing water resources management, protection of soil against erosion and torrent control are provided in accordance with the Water Law and the Budget Law from:

- the budget funds of the Republic of Serbia through the Water Directorate of the Ministry of Agriculture, Forestry and Water Resources Management,
- the revenue of the public water resources management enterprises from: compensation for drainage, irrigation fees, fees for the use of water facilities,
- funds from fees for water use and water protection fee.

The PWRME "Serbian Forests" performs afforestation, but not with the emphasis on ETC. The Directorate for Forests (within the Ministry of Agriculture, Forests and Water Resources Management) treats the problem of erosion control as a minor issue. The PWRME "Serbian Waters" has jurisdiction over all water streams in a territory of 55,953 km<sup>2</sup> and "Serbian Forests" manage 19,083 km<sup>2</sup> (9,057 km<sup>2</sup> of state forests and 10,026 km<sup>2</sup> of private forests). However, there are no examples of joint activity in the protection from erosion and torrential floods. Paradoxically, although the above three areas belong to the same ministry, there is no cooperation among them on a horizontal level in issues of ETC. Even though large hydropower systems are highly vulnerable to the deposition of eroded material during torrential floods, the Ministry of Infrastructure and Energetics does not recognise the need for erosion and torrent control.

During the 2006-2010 period a reduction in the financing of ETCWs could be observed (Table 2). During 2011 and 2012 the majority of facilities, especially the ones for the regulation of torrential flows, were not maintained, and new facilities were not built. Irregular maintenance of facilities increases the risk of torrential floods with disastrous consequences. Lack of funding is currently the biggest problem of Serbian water resources management in the field of ETC.

### Conclusions and recommendations

Effective protection from torrential floods requires coordinated work in the fields of water resources management, forestry, agriculture, energetics, environmental protection and local economic development.

By the mid 60-ies of XXth century, ETC belonged to the field of forestry in terms of organisation and finance, and since then it has been in the field of water resources management. After the enactment of the Water Law in 1967, the Law on Torrent Control (1930) was no longer applicable, which considerably reduced the attention paid to ETC. Each new Water Law further reduced the importance of ETC, and in the last Water Law (OG, 2010a), the regulation of this issue was reduced to a few articles and the financing of works became the responsibility of local governments (municipalities). Reduced financing of works has resulted in the lack of maintenance of the facilities, as well as the lack of new facilities, which leads to a high risk of future flash floods. In addition to the above, a significant problem is the ambiguous status of enterprises dealing with ETC. The solution to this problem is the initiative of the state to participate more in the organisational and ownership structure of water resources management enterprises, in such a way that the existing water resources

management enterprises become state-owned companies. Investment in this field must be much higher in the future. Otherwise, the costs resulting from damages caused by mismanagement will be several times higher. The applicable Water Law should undergo some changes, and the financing of ETC works should involve certain institutions determined by some other laws (Forest and Land Directorates of the Ministry of Agriculture, Forestry and Water Resources Management, Department of Environmental Protection, Division for Emergency Situations of the Ministry of Internal Affairs, etc.).

### Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Prof. Nada Dragović  
University of Belgrade, Faculty of Forestry  
Kneza Viseslava 1  
11000 Belgrade, Serbia  
nada.dragovic@sfb.bg.ac.rs

Prof. Ratko Ristić  
University of Belgrade, Faculty of Forestry  
Kneza Viseslava 1  
11000 Belgrade, Serbia  
ratko.ristic@sfb.bg.ac.rs

### Literatur / References:

- DRAGOVIĆ, N. (1999). Erfahrung hinsichtlich der Nachhaltigkeit technischer und forstbiologischer Maßnahmen in serbischen Wildbacheinzugsgebieten, Zeitschrift für Wildbach, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz "Wildbach- und Lawinenverbau", Heft 139, August 1999, S. 65-80, Villach, Austria.
- DRAGOVIĆ N., MICOVSKIĆ D. (2002). Analysis of Development of Enterprises for Erosion and Torrent Control and Future Prospects, Proceedings of the International Conference «Natural and Socio-Economic Effects of Erosion Control in Mountainous Regions», Edited by Zlatić M., Kostadinov S., Dragović N., Faculty of Forestry University of Belgrade, p.p.465-475, Belgrade/Vruijci Spa.
- DRAGOVIĆ N., ZLATIĆ M., PETKOVIĆ S. (2007). Comparative Analysis of Institutional Organization of Erosion and Torrent Control in Serbia and Same EU Countries, Conference Proceedings „Erosion and Torrent Control as a Factor in Sustainable River Basin Management“- marking 100 years of experience with erosion and torrent control in Serbia, on CD, p.p. 1-10, publisher Faculty of Forestry University of Belgrade, Belgrade, ISBN: 978-86-80439-07-5.
- INSTITUTE FOR WATER RESOURCES MANAGEMENT „Jaroslav Černi“ (2001). Water Resources Management Basic Plan of Serbia (WRMBPS), Ministry of Agriculture, Forestry and Water Resources Management, Belgrade, 369 pp.
- JEVTIĆ LJ., KOSTADINOV S., ZLATIĆ M., VUČIČEVIĆ D., MILOJEVIĆ V. (1992). Uređenje bujica i zaštita od erozije, Poglavlje u monografiji: Šumarstvo i prerada drveta u Srbiji kroz vekove, Savez inženjera i tehničara šumarstva i industrije za preradu drveta Srbije, Beograd, 245-270.
- OFFICIAL GAZETTE OF REPUBLIC OF SERBIA (1991). Water Law, No. 46, Belgrade, Serbia.
- OFFICIAL GAZETTE OF REPUBLIC OF SERBIA (2005). The Law on State Administration, No. 79, Belgrade, Serbia.
- OFFICIAL GAZETTE OF REPUBLIC OF SERBIA (2009a). Law on Agricultural Land, No. 41, Belgrade, Serbia.
- OFFICIAL GAZETTE OF REPUBLIC OF SERBIA (2009b). Law on Environmental Protection, No. 72, Belgrade, Serbia.
- OFFICIAL GAZETTE OF REPUBLIC OF SERBIA (2010a). Water Law, No. 30, Belgrade, Serbia.
- OFFICIAL GAZETTE OF REPUBLIC OF SERBIA (2010b). Law on Forests, No. 30, Belgrade, Serbia.
- OFFICIAL GAZETTE OF REPUBLIC OF SERBIA (2010c). Law on Planning and Construction, No. 64, Belgrade, Serbia.
- RISTIĆ R., KOSTADINOV S., ABOLMASOV B., DRAGIČEVIĆ S., TRIVAN G., RADIĆ B., TRIFUNOVIĆ M., RADOSAVLJEVIĆ Z. (2012): Torrential floods and town and country planning in Serbia, Natural Hazards and Earth System Sciences (ISSN: 1561-8633), No. 1, Vol. 12, pg. 23-35 (DOI: 10.5194/nhess-12-23-2012).
- ZLATIĆ M., KOSTADINOV S., DRAGOVIĆ N., DOŽIĆ S. (2002). Privatisation of Erosion Control Works and Possibilities of Cooperation on Restituted Land. Proceedings of the International Conference "Privatisation in Forestry", Volume II, Faculty of Forestry Belgrade University- Serbia and Institut für Forstökonomie, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg-Germany. pp. 165-177, Belgrade.

MILUTIN STEFANOVIĆ, ZORAN GAVRILOVIĆ, MILETA MILOJEVIĆ, IRINA MILOVANOVIĆ, JELENA ČOTRIĆ

## Rain Intensity as Main Input in Real Time Torrent Flood Defense System in Serbia

### *Niederschlagsintensität als primärer Parameter für ein Echtzeit-Hochwasserschutzsystem in Serbien*

#### Abstract

In the frame of the Project MONITOR II - Practical Use of MONITORing in Natural Disaster Management, the aim of the Serbian participation is the implementation of a monitoring system for the flood management. It will be for the first time in Serbia to introduce contemporary monitoring system of flood events in real time for torrent streams. For this project we selected Topčiderska River basin as a pilot stream for two reasons. The first are the specific hydrological characteristics of the Topčiderska River, which are common for all torrent streams, are related to the intensive dynamics of flood events. The very fast appearance of high water after the intensive rainfall in the watershed imposes an appropriate approach for the flood control. The second reason is the fact that this river, is on the Belgrade territory.

#### Keywords

Torrent flood, flood control, monitoring

#### Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes MONITOR II wird seitens der serbischen Projektpartner versucht ein Monitoringsystem als Unterstützung für das Hochwassermanagement zu entwickeln. Hierfür werden erstmals in Serbien moderne Echtzeit-Monitoringsysteme in Wildbächen eingesetzt. Für dieses Projekt wurde als Pilotgebiet das Einzugsgebiet des Topčiderska ausgewählt, zum einen aufgrund der charakteristischen Wildbacheigenschaften des Gewässers zum anderen aufgrund der Bedeutung für die Stadt Belgrad. Der sehr schnelle Anstieg des Wasserstandes nach einem intensiven Niederschlagsereignis im Einzugsgebiet erfordert einen geeigneten Ansatz für Vorwarnung und Hochwasserschutz.

#### Stichwörter

Wildbacheignisse, Hochwasserschutz, Monitoring

#### Introduction

Torrent floods are caused by heavy rains that last from 1 to 5 hours and are characterised by a torrential flow regime and a great destructive power, endangering traffic corridors, infrastructure systems and urban areas. These are constructions of high value and high urban density. That is why damages are proportionally high, with the inevitable loss of life.

Analyses of historical flood waves have shown that rainfall events which occur in the upper parts of the catchment are the most dangerous for torrential floods. Data and analysis from the year 1985 best illustrate the effect of rainfall intensity on the formation of torrent floods. Figure 1 presents a comparative view of hydrographs and pluviographs for a three day period. It is clearly visible that during August 27th, 80mm of rainfall was registered with a ranging intensity of 2 to 4

mm/hr. This rainfall event did not cause a rapid runoff, rather a slight increase of discharge. On August 28th, a strong and intense storm occurred with a rainfall intensity of 100-120mm over a time period of only two hours. Registered rainfall intensities in all of the rainfall measuring gauges ranged from 50 to 80 mm/hr. In the comparative view, the rise in the hydrograph that shortly after the heavy rainfall is clearly seen. (Stefanović et al., 2011; 2012)

#### Torrent Flood Monitoring on the Topčiderska River

Certainly, systems for rainfall and discharge monitoring that record observed data have been around for a while. Today these devices are computerised and offer a whole new dimension of monitoring, tracking and forecast of torrential floods in real time. The development of modern measuring equipment has significantly improved the functionality of measuring equipment, as well as the



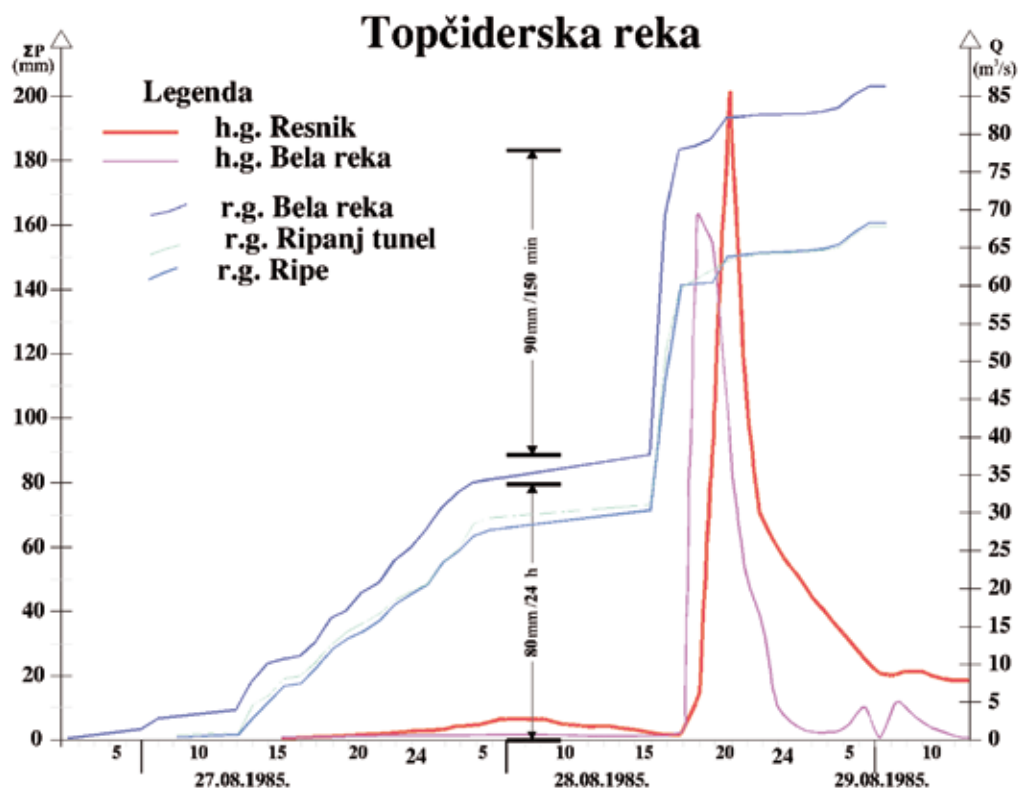


Fig. 1: Comparative view of hydrographs and pluviographs from 27th to 29th August 1985.

Abb. 1: Niederschlagssummen und Abflussganglinien vom 27. bis 29. August 1985.

transfer of measured data to end users. Unlike previous monitoring systems which transmit data to functionally separate centers (meteorological, hydrological, water management and others) with inevitable delays, modern monitoring systems transmit data to all centers directly, as well as to the staff in charge of the equipment.

As Topčiderska River is a torrential river with numerous occurrences of torrential floods, a system has been put in place to monitor rainfall and discharge, as a pilot basin where the system of active forecast of torrent floods and protection from such will be developed. Topčiderska River is a torrential river that originates in the nearby hills and its torrential floods equally threaten rural are-

as and highly urbanised central areas of Belgrade (Gavrilović et al., 2010).

For this reason, the upper part of the catchment was equipped with two automated rain gauges, while the middle part of the catchment was equipped with two automated water level gauges. All four devices are equipped with a communication system that regularly sends monitored data (Figure 2)

Each device has been assigned a criterion for alarming staff in charge when a critical situation has been observed. The first communication system for sending data and alarms was performed via SMS messages, but it was subsequently replaced with an internet-based communication.

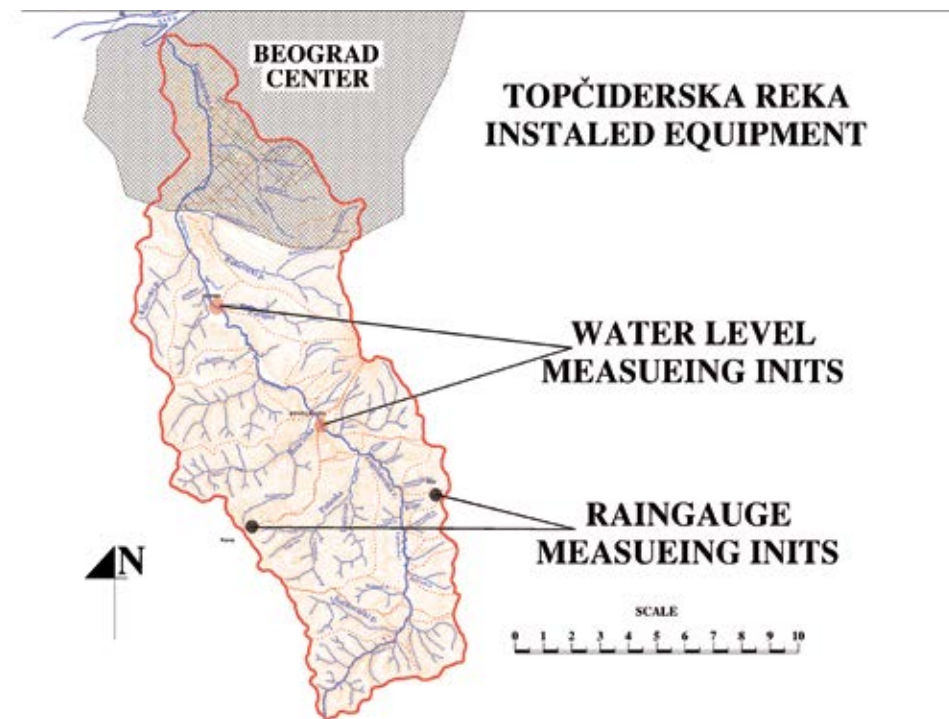


Fig. 2: Topčiderska River watershed and measuring units position.

Abb. 2: Messstellen im Einzugsgebiet Topčiderska

During the design process for the described system for active defense from torrential floods, a possibility that some of the elements of the system might be out of order was anticipated. This system is a collection of technical devices that are operating in extreme conditions during a storm event, therefore it is expected that parts of the system might be periodically interrupted or damaged.

When all the parts of the system are working properly, this is the order in which information is sent to the staff in charge:

1. The meteorological radar center informs of a rain cloud that is headed towards the catchment. This information is sent at least one hour before rainfall begins. (Figure 3)

2. Automated rain gauges send the alarm when the rainfall intensity reaches alarm levels. According to the amount and duration of rainfall that were set in advance, the alarm for active defense from torrential floods is activated. The torrential flood wave is formed approximately two hours after the beginning of the rainfall.
3. Automated water level gauges are placed upstream from vulnerable buildings. When a sudden rise of water level occurs on the upstream gauge, the flood wave travels approximately two hours to the downstream gauge, from where it needs another two hours to arrive to the vulnerable area (houses, warehouses, industrial complexes etc.).

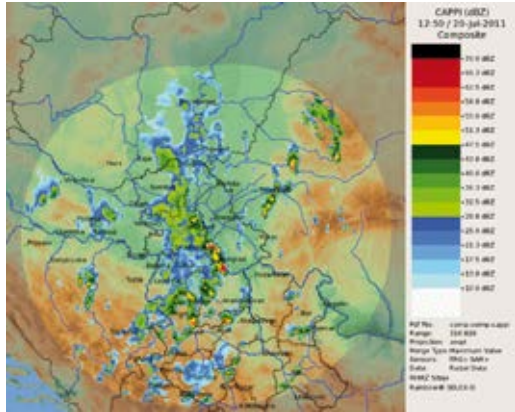


Fig. 3: The meteorological situation is permanently monitored using the meteorological radar system.

Abb. 3: Ständiges Monitoring der meteorologischen Situation durch ein Radarsystem.

Provided that the entire system functions properly, it is clear that the staff in charge for defense from torrential floods have more than five hours lead time to evacuate vulnerable citizens, livestock and mobile properties. This requires also a well-prepared plan and trained personnel and population.

The first year of real-time monitoring improved the basic postulates about the great impact of rain intensity for creating a torrent flood. Figure 4 shows that a 15 minute intensive rainstorm creates a torrent flood wave. The delay between rain and flood wave is about two hours (Stefanović et al., 2012).

It is well known that a low intensity of rainfall consists of raindrops of small diameter

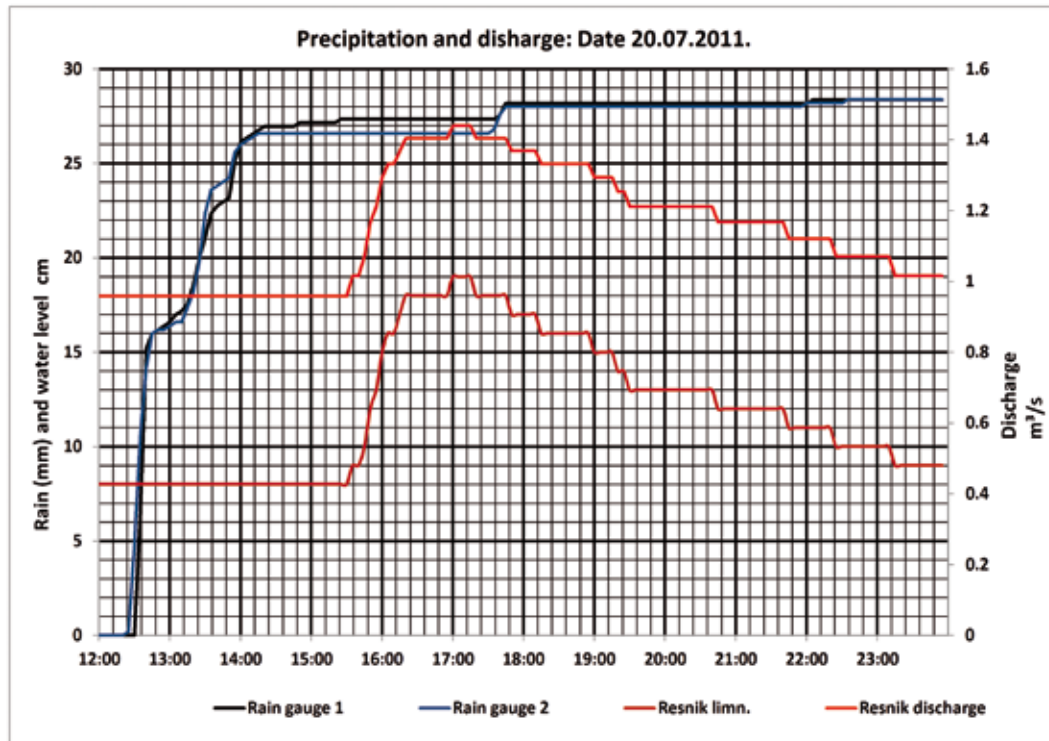


Fig. 4: Real-time recorded data from installed equipment (Test bed Topčiderska river).

Abb. 4: In Echtzeit aufgezeichnete Daten der installierten Messsysteme (im Testgebiet Topčider).

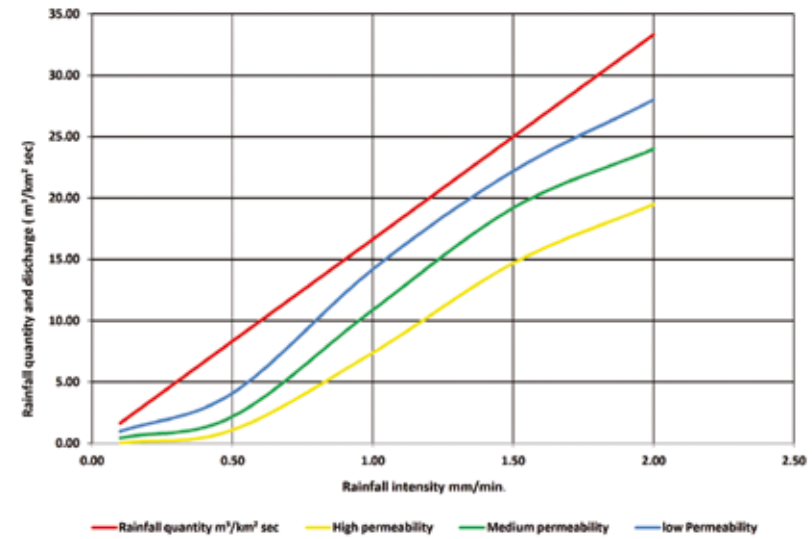


Fig. 5: Discharge as a function of rainfall intensity, for different terrain characteristics.

Abb. 5: Oberflächenabfluss im Verhältnis zur Niederschlagsintensität, je nach Untergrund.

### TEST-BED TOPČIDERSKA REKA Threshold map of the rainfall intensities

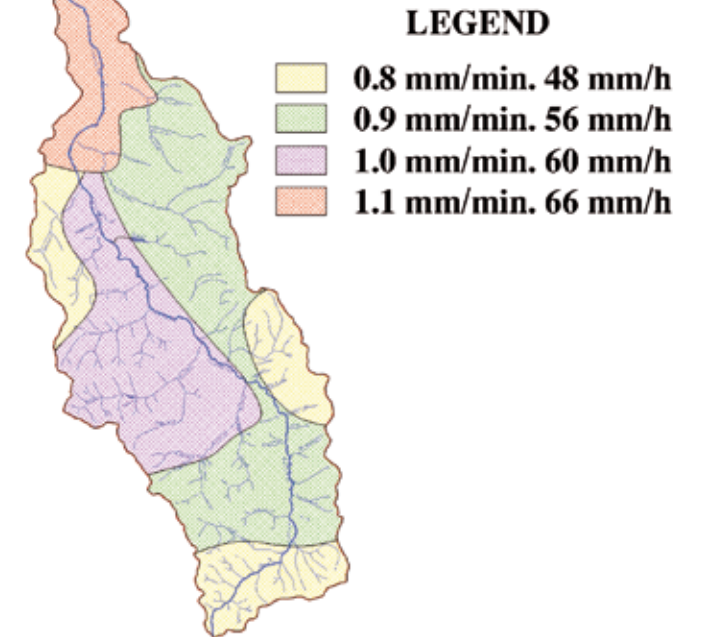


Fig. 6: Predefined threshold map of dangerous rainfall intensities of the test-bed Topčiderska river.

Abb. 6: Karte der Grenzwerte für potentiell gefährliche Niederschlagsintensitäten im Testgebiet Topčider.



and low downward velocities. These drops do not have significant impact energy and are mostly capillary bound to the soil. These drops generate runoff only on terrain that is nearly impermeable. On the other hand, high velocity rainfall is characterised by raindrops of large diameter and high velocities, which have significant impact energy. Every impact of such raindrops causes deterioration of the soil, as well as the creation of turbulent conditions for runoff and infiltration (Stefanović et al., 2011).

Long-term investigation of erosion intensity depending on rain intensity, help us to find basics relations between rainfall intensity and discharge for different terrain characteristics which is shown on Figure 5. Using this methodology, a map of threshold rainfall intensities can be made that would serve as a basis for meteorological radar centers to know precisely which rainfall amount and intensity is alarming for a specific area (Figure 6).

## Conclusion

The advancement of monitoring, analytical and forecasting systems in meteorology can provide a lot of data to all professions. When it comes to forecasting torrent floods, a significant amount of data is needed that has to be prepared beforehand.

The short onset of the atmospheric processes that lead to the generation of torrent flood waves devalues the forecast systems that are based on observed flows, because while more precise, they require at least a couple of hours, which are of great importance for torrent flood defense.

Pre-defined criteria of threshold rainfall intensities for the generation of torrent floods are a basis for meteorological radar centers for an advance warning, resulting in an addition of several hours for the preparation of defenses.

## Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Milutin Stefanović  
Institute for Development of Water Resources  
"Jaroslav Černi" LTD  
Department for torrent and erosion control  
Jaroslava Černog street 80  
11226 Belgrade, Serbia  
milutin.stefanovic@jcerni.co.rs

Zoran Gavrilović  
Institute for Development of Water Resources  
"Jaroslav Černi" LTD  
Department for torrent and erosion control  
Jaroslava Černog street 80  
11226 Belgrade, Serbia  
zoran.gavrilovic@jcerni.co.rs

Mileta Milojević  
Institute for Development of Water Resources  
"Jaroslav Černi" LTD  
Department for torrent and erosion control  
Jaroslava Černog street 80  
11226 Belgrade, Serbia  
mileta.milujevic@jcerni.co.rs

Irina Milovanović  
Institute for Development of Water Resources  
"Jaroslav Černi" LTD  
Department for torrent and erosion control  
Jaroslava Černog street 80  
11226 Belgrade, Serbia  
irina.milovanovic@jcerni.co.rs

Jelena Čotrić  
Institute for Development of Water Resources  
"Jaroslav Černi" LTD  
Department for torrent and erosion control  
Jaroslava Černog street 80  
11226 Belgrade, Serbia  
jelena.cotric@jcerni.co.rs

## Literatur / References:

- STEFANOVIĆ M., GAVRILOVIĆ Z., KOCIĆ Z. (2010). Methodology for assessment of threat and development of a General Plan for Disaster Management at the Local Level, Belgrade, USAID, 6-8.
- MILOVANOVIC I., STEFANOVIĆ M., GAVRILOVIĆ Z. (2010). Real time monitoring of torrent floods on the Topčiderska River, YUINFO 2010, Kopaonik, 5-9.
- GAVRILOVIĆ Z., STEFANOVIĆ M., MILOJEVIĆ M. (2010). Study of torrential floods observations in Topčiderska river. Institute "Jaroslav Černi", Belgrade.
- STEFANOVIĆ M., GAVRILOVIĆ Z., MILOVANOVIC I., ZLATANOVIĆ N., MILOJEVIĆ M. (2011). Determining criteria for monitoring torrential rains. 13th Plinius Conference on Mediterranean Storms - Disasters and Climate Change: Know to Adapt, Programme Book, 7-8 September 2011, Savona, 43.

STEFANOVIĆ M., MILOVANOVIC I., ČOTRIĆ J. (2011). Application of Torrent Flood Monitoring in Real Time in Serbia. International Symposium UFRIM „Urban Flood Risk Management – Approaches to enhance resilience of communities“. Zenz G., Hornich R. (Eds.). Topic B – Flood Forecasting, Warning Systems and other Non-Structural Measures, 21-23 September 2011, Graz, Austria, ISBN 978-3-85125-173-9. Publisher: Graz University of Technology, 171 – 176.

STEFANOVIĆ M., GAVRILOVIĆ Z., ZLATANOVIĆ N. (2012). Torrential Flood Monitoring and Real Time Alerting System in Serbia in Support of the Activation of Contingency Procedures, "MONITOR II - Practical Use of MONITORing in Natural Disaster Management - Final Conference, Innsbruck, Austria. Proceedings 44-50, [http://www.monitor2.org/downloads/MONITORII\\_FC\\_conference%20proceedings.pdf](http://www.monitor2.org/downloads/MONITORII_FC_conference%20proceedings.pdf).

**Geolith Consult**

Graz:  
W.-Goldschmidt-G. 35/5  
A-8042 Graz  
Tel.: 0316 890 327

Deutschlandsberg:  
Limberg 1, Schloss Limberg  
A-8541 Schwanberg  
Tel.: 03467 8291 20

**Geologie & Geotechnik**

BAUGEOLGIE GEOTECHNIK HYDROGEOLOGIE ROHSTOFFGEOLOGIE UMWELTGEOLOGIE  
BAUPLATZBEURTEILUNG BODENGUTACHTEN HANGRUTSCHUNGEN GRÜNDUNGEN VERSICKERUNGEN

[www.geolith.at](http://www.geolith.at)

WASSER- UND GRUNDBAU, STATIK, BAULEITUNG UND PLANUNG

STÄATLICH BEFUGTER UND BEEIDETER  
ZIVILINGENIEUR FÜR DAS BAUWESEN

**INGENIEURBÜRO TSCHERNUTTER**  
Univ.-Prof. DI Dr. Peter Tschernutter  
FABRIKSTEIG 10/11, 9500 VILLACH  
TEL. 04242-23113, FAX. 23113-3, e-Mail: [office@zt-tschernutter.at](mailto:office@zt-tschernutter.at)

Rückhaltebecken Buchbachl  
Dosierringe Vorderberg

Gebhard Neumayr

## Gerinneaufweitung und naturnahe Wildbachverbauung am Beispiel der Urslau (Stadtgemeinde Saalfelden und Maria Alm)

Vorrangiges Ziel der Wildbach- und Lawinenverbauung ist der Schutz von Menschenleben und Sachwerten, nichtsdestotrotz ist es ein besonderes Anliegen, dass im Zuge der Umsetzung von Schutzmaßnahmen, soweit es von der Sicherheit her vertretbar ist, ökologische und fischereibiologische Verbesserungsmaßnahmen durchgeführt werden. Ein besonderes Beispiel der Vereinbarkeit von Technik und Ökologie ist das aktuelle Projekt Urslau (Stadtgemeinde Saalfelden und Maria Alm, Bezirk Zell am See). Das Projekt beinhaltet Maßnahmen zur Vergrößerung des Durchflussquerschnittes, zur Geschiebewarderung und zur Geschiebebindung. Insbesondere im Bereich des Ortszentrums von Saalfelden besteht das Problem, dass der vorhandene Durchflussquerschnitt zu gering ist, dass es auf Grund der enormen Geschiebemengen aus den Seitenzubringern in Maria Alm (bedingt durch das geringe Gefälle der Urslau: ca. 0,4%) zu Auflandungen kommt und dass weiters die Wildholzführung zu Verklausungen im Bereich von Brückenbauwerken führen kann.

Folgende Maßnahmen wurden (werden) zur naturnahen Gestaltung des Projektes ergriffen:

1. Ausfischen: Gerade bei so umfangreichen Schutzmaßnahmen ist es ein großes Anliegen, wenn die vom Fischereiberechtigten aufgebauten Fischbestände rechtzeitig vor Baubeginn ausgefischt und nach Vorgabe des Fischereiberechtigten in anderen Gewässern ausgebracht werden.
2. Fischbestandsaufnahme: Im Zuge der Befischung ist es von Bedeutung, dass eine Fischbestandsaufnahme und eine entsprechende Auswertung hinsichtlich Artenverteilung und Biomassenverteilung von einer fachkundigen Person durchgeführt werden. Die Fischbestandsaufnahmen sind für einen möglichen späteren Vergleich nach erfolgter Umsetzung der Maßnahmen der WLW sehr wertvoll, insbesondere auch in Hinblick auf das Bemühen hinsichtlich einer fischereibiologischen Verbesserung.

3. Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit: Auf Grund der topographischen Verhältnisse wird es sicher nicht in allen Wildbächen möglich sein, Absturzbauwerke zu beseitigen. In der Urslau besteht die Möglichkeit, sämtliche Absturzbauwerke (1,1 und 2,6 m Höhe) beginnend mit dem Querbauwerk unmittelbar oberhalb der Mündung in die Saalach abzusenken und die Urslau sohlgleich auszuführen. Dadurch wird die Urslau von der Mündung bis Maria Alm wieder fischpassierbar und „ökologisch durchgängig“.
4. Ausführung der Bauarbeiten „im Trockenen“: Wenn es die örtlichen Verhältnisse zulassen, wird eine Wasserhaltung (durch Spundwände, Rinnen etc.) errichtet. Die Wasserhaltung ist einerseits für Unterfangungsarbeiten bei Grobsteinschichtungen wesentlich, andererseits kann auch eine Trübung des Wassers, die bei Nassbaggerungen im Bachbett entsteht, bestmöglich vermieden werden.
5. Schonung der vorhandenen Vegetation: Durch eine umsichtige Planung und Ausführung ist es im Ortsbereich der Stadtgemeinde Saalfelden gelungen den größten Teil der vorhandenen Bäume zu belassen. Die Bäume sind nicht nur ein wesentliches Gestaltungselement, sondern bewirken auch eine Beschattung und einen Nahrungseintrag für das Fischgewässer.
6. Errichtung eines Altarms und einer Biotopfläche: Im Zuge umfangreicher Gespräche und Verhandlungen mit den Grundbesitzern ist es gelungen, in Mitten des Stadtgebietes von Saalfelden eine mehrere tausend Quadratmeter große Fläche als Überflutungsfläche, Biotopfläche und als Altarm zu gestalten.
7. Zugang für Fischer: Im Zuge der Umsetzung der Schutzmaßnahmen wurden für Fischer Zu- und Abgangsmöglichkeiten zu schaffen. Weiters wurde bei der Gestaltung des Niederwasserquerschnittes mit Doppelpprofil Augenmerk darauf gelegt, dass auch das Doppelpprofil relativ leicht von Fischern begangen werden kann.



Abb. 1: Naturnah gestalteter (abgesenkter und aufgeweiteter) Abschnitt der Urslau in Schinking. Fischermeister Stefan Magg (© Bernhard Pfeffer)

Fig. 1: Ecologically designed (elevated and enlarged) river bed in the Urslau torrent near Schinking. Fisherman at work.

8. Struktur- und Laufentwicklung: Im Zuge der Gerinnegestaltung wurde versucht, soweit es in Hinblick auf die Sicherheit der unmittelbar angrenzenden Wohnhäuser her möglich war, eine Strukturgestaltung für den Nieder- und Mittelwasserbereich umzusetzen. Neben Ausbuchtungen, Nischen und Fischsteinen wurde auch für die Abschnitte, die auf Grund der Begrenztheit des Platzes (Wohnhäuser unmittelbar an der Böschungsoberkante) nur mit einer Ufermauer gesichert werden konnten, Rauigkeiten eingebaut.

Die Urslau stellt ein gutes Beispiel für die zunehmende Bedeutung einer ökologischen und landschaftsangepassten Fließgewässergestaltung bei Hochwasserschutzprojekten

insbesondere auch im Siedlungsraum dar. Allerdings müsse auch die Grenzen der naturnahen Gestaltung hinsichtlich der räumlich geengten Situation und der Priorität der Sicherheit beachtet werden.

### Anschrift des Verfassers

Dipl.-Ing. Gebhard Neumayr  
Forsttechnischer Dienst für  
Wildbach- und Lawinenverbauung  
Gebietsbauleitung Pinzgau  
Schmittenstrasse 16  
5700 Zell am See  
gebhard.neumayr@die-wildbach.at



Markus Mayerl, Thomas Sausgruber

## Hochwasserrückhaltebecken Kaiserrau, Lichtmessbach, Gemeinde Admont

Der Lichtmessbach befindet sich im Ortszentrum von Admont und das Gerinne ist für die Abfuhr des Bemessungshochwassers bei Weitem zu klein. Nach den verheerenden Hochwässern von 1851 und 1885 wurde daher bereits im Jahr 1886 von der „K.K. Forsttechnischen Abteilung für Wildbachverbauung, Section Linz“ ein generelles Projekt ausgearbeitet, das als Gegenmaßnahme unter anderem ein Wasserreservoir auf der Kaiserrau vorsah. Die Detailplanung für das Retentionsbecken erfolgte im Verbauungsprojekt 1996, das in den letzten Jahren an den Stand der Technik angepasst wurde.

Durch einen 12 m hohen Erddamm mit Lehmdichtung und Spundwänden als Untergrundabdichtung wird ein Retentionsvolumen vom 178.000 m<sup>3</sup> gebildet. Die Hochwasserspitze wird beim Beckenstandort von 37 auf 7,5 m<sup>3</sup>/s reduziert, was nicht nur dazu führt, dass der Reinwasserabfluss im Ortsgebiet von Admont im Gerinne abgeführt werden kann, sondern auch die Geschiebebildung in der Grabenstrecke zwischen Kaiserrau und Admont reduziert wird.

Mit dem SCS-Verfahren (Niederschlags-Abfluss-Modell HEC.HMS) wurde die Hydrologie neu berechnet. Als Ausgangsdaten wurden dabei eHyd-Bemessungswerte verwendet. Es wurden 5 Szenarien betrachtet und das Becken auf die für den Beckenstandort ungünstigste Betrachtung (Szenario 5: 100-jährlicher 3-StundenNS im hintersten TEG) dimensioniert.

Der Unterlauf im Ortszentrum Admont wurde vermessen (Längsprofil und maßgebliche Querprofile max. 20 m Abstand) und die hydraulische Hochwasserabfuhrkapazität des Gerinnes mittels HEC.RAS nachgerechnet.

Besonderes Augenmerk wurde auf die Untergrundverhältnisse gelegt, da im Bereich des Damms aufgrund der schlechten Bodenverhältnisse (Torfeinlagerungen) ein Bodenaustausch notwendig ist. Zudem ist das Becken aus hydrologischer Sicht an einer Wasserscheide situiert und erste Untersuchungen ließen vermuten, dass zumindest ein Teil des Grundwasserstromes Richtung Hallwegbach abfließt. Da sowohl am Hallwegbach als auch

am Lichtmessbach Kraftwerke betrieben werden, musste abgeklärt werden, ob es durch die Baumaßnahmen zu etwaigen Veränderungen, v.a. in Bezug auf das Wasserdargebot für die Kraftwerke kommt.

Im Bereich des Bauwerks steht eine heterogene Abfolge aus glaziofluvialen Sedimenten an: grobkörnige Mur- und Schwemmfächersedimente des Kaiseraubaches wechseln mit feinkörnigen Ablagerungen und Torfbildungen. Im Westen lagert dieser Sequenz eine würmeiszeitliche Grundmoräne auf. Unterhalb der Lockersedimentabfolge finden sich Phyllite und -schiefer der Grauwackenzone.

Aus der Genese der beschriebenen Lockersedimente und aus geomorphologischen Aspekten war anzunehmen, dass in der geologischen Vergangenheit das obere Einzugsgebiet der Kaiserrau nicht so wie heute nach Norden, sondern Richtung Südwesten ins Palten-Liesing-Tal entwässerte.

Zur Erkundung und Quantifizierung des unterirdischen Abflussregimes wurde daher ein Erkundungs- und Untersuchungsprogramm durchgeführt. Dieses bestand aus 3 Kernbohrungen, In-situ-Bohrlochversuchen und Laborversuchen zur Ermittlung der Durchlässigkeiten der Lockermaterialien und des Felsuntergrunds. Parallel dazu erfolgten Abflussmessungen sowie die Untersuchung der Wasser auf Chemismus und stabile Sauerstoffisotope.

Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen jetzt die unterirdische Verbindung zwischen Kaiseraubach und Hallwegbach. Mithilfe des erläuterten Untersuchungsprogramms konnten die unterirdischen Abflüsse quantifiziert werden. Das Bauwerk kann nunmehr in Bau und Ausführung so angepasst werden, dass keine negativen Auswirkungen auf die Kraftwerke zu erwarten sind. Um dennoch etwaige hydrogeologische Änderungen durch die Baumaßnahmen rechtzeitig erkennen zu können, wird mithilfe der zu Grundwassermessstellen ausgebauten Kernbohrungen, Abflussmessungen und Laboruntersuchungen zum Wasserchemismus ein Beweissicherungsprogramm durchgeführt.

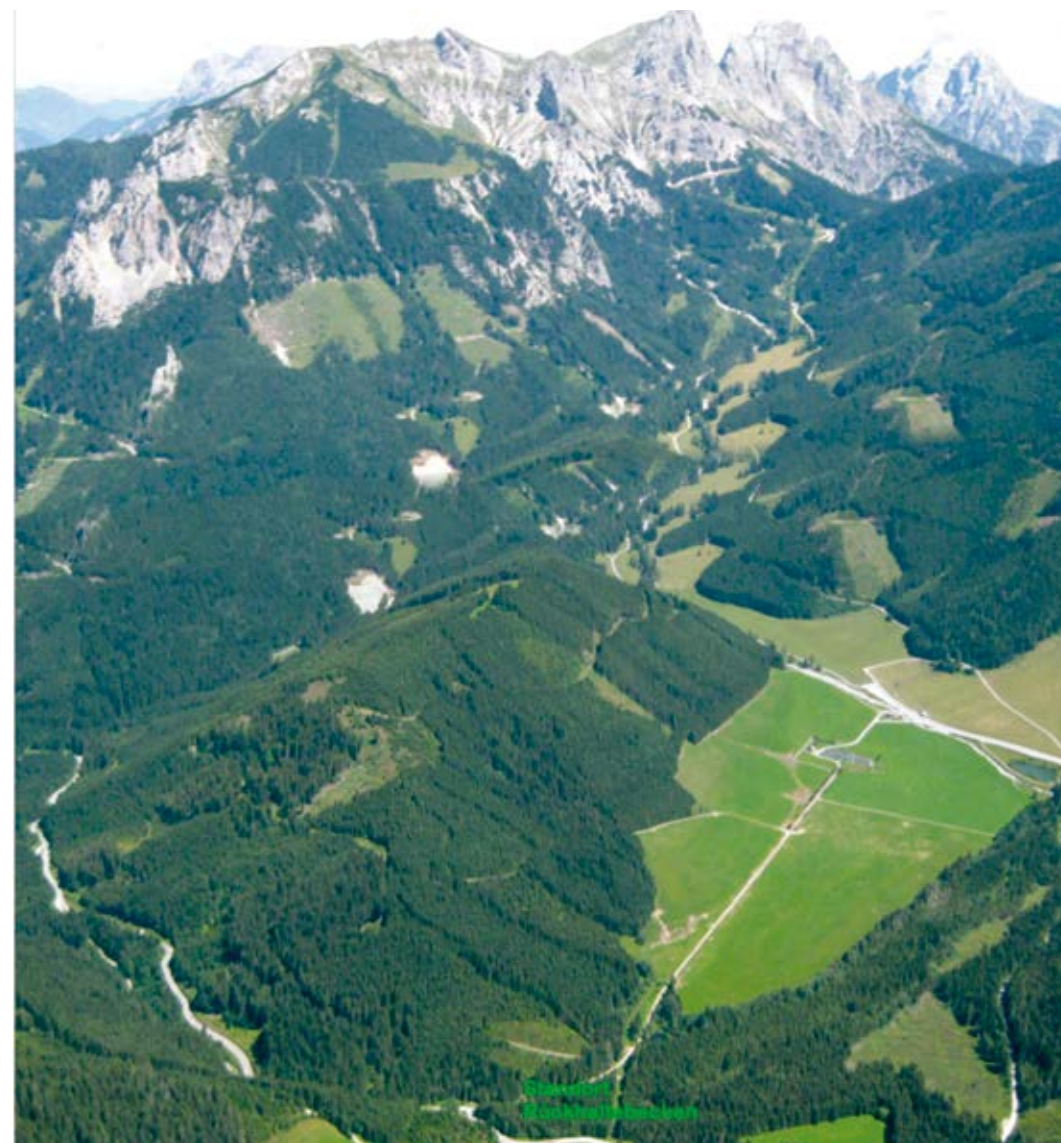


Abb. 1: Übersicht über die Kaiserrau.  
Fig. 1: Overview from Kaiserrau.

### Anschrift der Verfasser

Dipl. Ing. Markus Mayerl  
Wildbach- und Lawinerverbauung,  
Steiermark Nord  
Schönaustrasse 50, 8940 Liezen  
markus.mayerl@die-wildbach.at

Ing. Mag. Dr. techn. Thomas Sausgruber  
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und  
Lawinerverbauung, Geologische Stelle  
Liebeneggstraße 11, 6020 Innsbruck  
thomas.sausgruber@die-wildbach.at

Michael Posch

## Bogensperre im Stubenbach (Pfunds, Tirol)

Anlass der Errichtung der Bogensperre im Mittellauf des Stubenbachs (Gemeinde Pfunds) waren die verheerenden Murgänge am 22. August 2005, welche den Ortsteil Stuben stark verwüsteten.

Die Bogensperre im Mittellauf, welche als wichtigstes Glied in der Schutzkette am Stubenbach zu sehen ist, erforderte in ihrer Konzeption und Planung, sowie in deren Ausführung höchsten Standard. Dies zeigte sich im Zuge des gesetzlich vorgesehenen Verfahrens durch die Staubeckenkommission, sowie der zwingend geforderten Vorgaben der verschiedensten Normen. Nachdem alle behördlichen Bewilligungen zur Errichtung des Bauwerkes vorlagen, konnte nach mehrjährigen Vorarbeiten im Frühling 2012 mit den eigentlichen Bauarbeiten begonnen werden. Auf Grund der äußerst beengten Platzverhältnisse – der Sperrenstandort befindet sich in einer engen Schluchtstrecke – konnten nur eine begrenzte Baustelleninfrastruktur geschaffen werden. Erschwerend war auch die Tatsache, dass der Stubenbach mit seiner unkontrollierbaren Wasserführung direkt durch das Bauvorhaben abgeleitet werden musste. Dieser Umstand führte im Zuge der Schneeschmelze und Starkniederschlägen mehrmals zu Unterbrechungen infolge von kleineren Vermurungen im Baustellenbereich.

Auf Grund des beständigen Wetters im Frühjahr und Sommer 2012 konnten jedoch die Arbeiten zügig vorangetrieben werden, sodass mit wachsender Höhe des Sperrenbauwerkes dessen Funktionalität zum Schutze der Ortschaft Pfunds laufend erhöht werden konnte. Die erste Bewährungsprobe erfuhr das zu zwei Drittel fertiggestellte Bauwerk Anfang September bei einem Unwetter, welches durch Hagelniederschlag im Einzugsgebiet Murgängen auslöste

und der Verlandungsraum der Sperre mit ca. 20.000 m<sup>3</sup> Material verfüllt wurde. Das im Unterlauf befindliche und durch diese Murgänge ebenfalls voll verfüllte Geschiebeablagerungsbecken am Schwemmkegel hätte diese Menge nicht mehr aufnehmen können, sodass hier ernster Schaden abgewehrt werden konnte. Die dabei entstandene Arbeitsunterbrechung konnte jedoch eine Fertigstellung nur hinauszögern, sodass mit Ende November die Betonierarbeiten abgeschlossen werden konnten. Bei einer Bauwerkshöhe von 29,50 m und einer Kronenlänge von ca. 50 m wurden 1.840 m<sup>3</sup> Beton und 135 t Bewehrungsstahl verbaut.

Als Restarbeiten sind noch die Fertigstellung der Stahlkonstruktion hinter den Dolen, sowie das Verpressen der Auflagerfugen, durchzuführen. Mit einem Abschluss dieses außergewöhnlichen Bauvorhabens ist 2013 zu rechnen.



Abb. 1: Bogensperre in Stahlbeton.  
Fig. 1: Arched dam out of reinforced concrete

### Anschrift des Verfassers

Ing. Michael Posch  
Gebietsbauleitung Oberes Inntal  
Langgasse 88, 6460 Imst  
michael.posch@die-wildbach.at

Andreas Kaufmann

## Verordnung zur Gefahrenzonenplanung gemäß § 42a WRG 1959

Mit der Wasserrechtsgesetz-Novelle 2011 wurde festgelegt, dass insbesondere für Gebiete mit potenziell signifikantem Hochwasserrisiko Gefahrenzonenplanungen zu erstellen sind (§ 42a Abs 2 WRG 1959). Im Rahmen des Hochwasserrisikomanagements kommt den Gefahrenzonenplanungen eine Doppelfunktion zu. Sie sind einerseits Maßnahmen zur Verringerung hochwasserbedingter nachteiliger Folgen und stellen andererseits eine planerische Grundlage für die Erstellung des Hochwasserrisikomanagementplans dar.

Der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft wird demnächst eine Verordnung (WRG-GZPV) über Inhalt, Form und Ausgestaltung der Gefahrenzonenplanungen erlassen. Die Erarbeitung dieser Verordnung orientierte sich am Vorbild der Verordnung über Gefahrenzonenpläne der Wildbach- und Lawinerverbauung und hatte den Anspruch, Bewährtes aus diesem Fachbereich, der Bundeswasserbauverwaltung und der wasserwirtschaftlichen Planung zu übernehmen und weiter zu entwickeln.

Die Gefahrenzonenplanungen sind als schutzwasserwirtschaftliche Fachgutachten zu verstehen, denen erst durch eine entsprechende Berücksichtigung durch andere Planungsträger (wie etwa die Raumplanung) auch rechtliche Verbindlichkeit zukommen kann.

Den ersten Schritt der Gefahrenzonenplanung bildet die Erhebung der Planungsgrundlagen, die zur Durchführung der darauf folgenden Abflussuntersuchung nötig sind. Neben den hydrologischen Verhältnissen und der Erhebung des Feststoffhaushalts im Einzugsgebiet fließen hier auch dokumentierte Hochwasserereignisse ein. Die darauf aufbauende Abflussuntersuchung, welche bisher in erster Linie als hydrodynamische numerische Abflussmodellierung verstanden wurde, wird in der WRG-GZPV als Bestimmung und Abbildung von charakteristischen Hochwasserprozessen definiert. Hochwasserprozesse umfassen hier sowohl rein hydrodynamische Abflussvorgänge wie ausgedehnte, eher statische Überflutungen mit stellenweise großen Wassertiefen, dynamische Überschwemmungen oder Aufstauereffekte bei Engstellen, als auch mit dem Abflussvorgang einhergehende Feststoffprozesse und hydromorphologische Prozesse

wie Sedimentablagerungen, Erosionen, Gewässerumlagerungen, Nachböschungen, Dammbürche usw. Es sind Prozessszenarien für die drei Wiederkehrwahrscheinlichkeiten gemäß § 55k Abs 2 WRG 1959 (30-, 100-, 300-jährlich) zu untersuchen, wobei ein Bemessungsereignis die Summe aller charakteristischen Hochwasserprozesse inklusive Prozessszenarien beinhaltet, die derselben Wahrscheinlichkeit zugeordnet werden können.

Auf Basis der Abflussuntersuchung ist eine Bewertung von Flächen, die von charakteristischen Hochwasserprozessen betroffen sind, vorzunehmen:

- Rote und gelbe Gefahrenzonen sind aufgrund der Gefährdung durch ein mittleres Bemessungsereignis (100-jährlich) auszuweisen. Die Kriterien hierfür wurden im Wesentlichen aus der bestehenden BWV-GZP-Richtlinie übernommen.
  - Gelb oder rot schraffierte Zonen ergeben sich aufgrund der Gefährdung durch das Bemessungsereignis niedriger Wahrscheinlichkeit (300-jährlich), wobei die rote Schraffur auf vorhandenes Restrisiko im Wirkungsbereich von Schutzanlagen hinweisen soll.
  - Flächen, die für den Hochwasserabfluss bedeutsam sind oder ein wesentliches Potenzial für den Rückhalt von Hochwasser aufweisen, sind als rot-gelb schraffierte Funktionsbereiche auszuweisen. Zur Beurteilung sind alle drei Bemessungsereignisse heranzuziehen.
  - Die Ausweisung von blauen Funktionsbereichen dient der Kennzeichnung von Flächen, die für geplante spätere schutzwasserwirtschaftliche Maßnahmen benötigt werden.
- Die Vorgehensweise der Veröffentlichung ist bereits in § 42a Abs 3 WRG 1959 beschrieben und daher nicht in der WRG-GZPV enthalten. Konkretere Details werden einem Durchführungserlass zu entnehmen sein, wo auch die Zusammenarbeit zwischen Bund und Länder geregelt sein wird.

### Anschrift des Verfassers

DI Andreas Kaufmann  
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,  
Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung VII/5  
Marxergasse 2, 1030 Wien  
andreas.kaufmann@lebensministerium.at



Siegfried Sauermoser

## UNIS – The University Centre in Svalbard

### Erlebnis Spitzbergen, 78° Nördliche Breite (www.unis.no)

Der Autor hatte schon zum dritten Mal Gelegenheit, im Rahmen des Universitätslehrganges „Arctic Infrastructure in a Changing Climate“ österreichisches Know-how anzubieten und vorzutragen. In einer Reihe von Vorträgen gemeinsam mit anderen Referenten aus verschiedensten Teilen Skandinaviens, der Schweiz und Kanada werden im Rahmen dieses Kurses die wichtigsten Grundlagen im Umgang mit Naturgefahren gelehrt. Vom Autor wurden Vorträge über Grundlagen der Lawinen- und Wildbachverbauung angeboten. Auch die Gefahrenzonenplanung konnte in einem internationalen Vergleich dargestellt werden. Von Schweizer Kollegen wurde das Simulationsmodell RAMMS vorgestellt, von norwegischen Geologen das Colorado Rockfall Simulation Program (CRSP). Der Kurs wurde von 30 Studenten verschiedenster Nationalitäten besucht und kann als Teil verschiedener Masterprogramme gebucht werden. (10 ECTS, 40 Stunden, 10 Übungen, drei Tage Exkursionen)

Die Lernziele des Kurses sind im Original des Studienganges wiedergegeben:

- Be able to understand weather-related geological processes and geotechnical aspects connected to the planning, design and protection of infrastructures as buildings, roads, bridges and pipelines in a changing Arctic climate.
- Knowledge of the impact of climate change on infrastructures in the Arctic, and how to solve this expected issue.
- Understanding of the influence of climate change on natural disasters such as snow avalanches and slides in rock and soils.
- Knowledge of how to take natural hazards into consideration in areal planning, and how to protect infrastructures as buildings, roads, pipelines etc. against snow avalanches and slides.
- Knowledge of design of buildings and roads in snow drift areas.

Der Hauptort von Spitzbergen ist Longyearbügen, eine Siedlung mit ca. 3000 Einwohnern, in dem auch das Universitätszentrum situiert ist. Es werden verschiedenste

Kurse in den unterschiedlichsten Bereichen angeboten. Arctic Biology, Arctic Geology, Arctic Geophysics und Arctic Technology sind die Hauptbereiche, die vor allem unter den Bedrohungen des Klimawandels betrachtet und gelehrt werden.

Sichtbar ist die Erwärmung in den arktischen Regionen vor allem durch das Auftauen des Permafrostes. Dies ist für die Infrastruktur mittelfristig katastrophal, da alle Gebäude in Spitzbergen mit Pfählen auf Permafrost fundiert sind. Wenn dieser auftaut, senken sich auch die Gebäude, was teilweise bereits passiert.

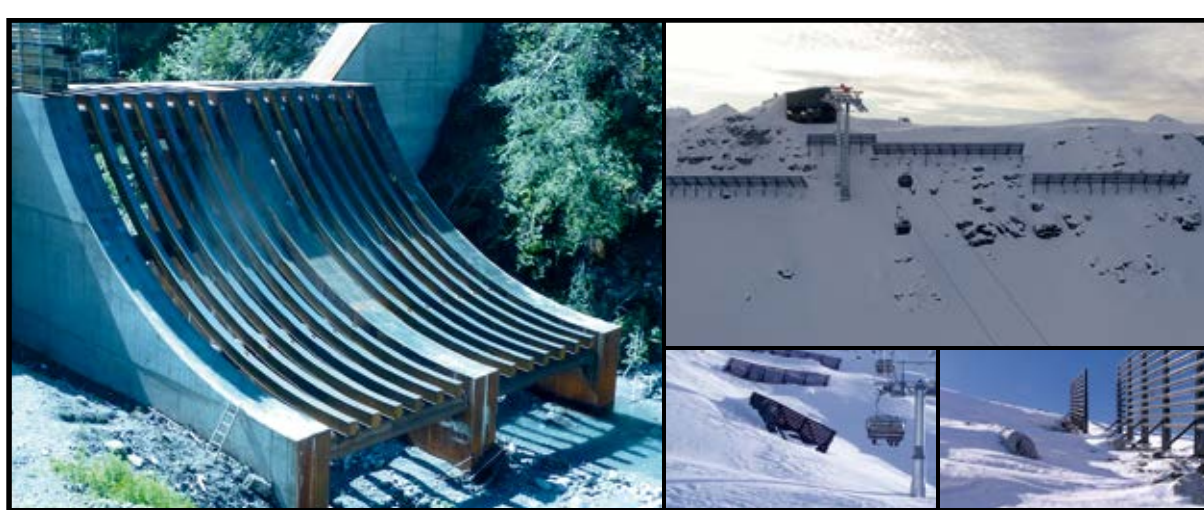
Longyearbügen ist eine alte Bergbausiedlung und wurde vom Amerikaner Longyear im Jahre 1906 gegründet. Viele Norweger leben dort für einige Jahre mit ihren Familien, wenn sie im Bergbau tätig sind, da sie starke steuerliche Begünstigungen erfahren und gut verdienen. Spitzbergen ist internationales Gebiet und wurde durch den Spitzbergenvertrag (Svalbardtraktaten 1920) unter norwegische Verwaltung gestellt. Neben Longyearbügen gibt es noch die russische Siedlung Barentsburg und die verlassene russische Bergbausiedlung Pyramiden, welche im Rahmen des Kurses besucht wurde.



Abb. 1: Blick auf Longyearbügen mit dem UNIS ca. in der Bildmitte  
Fig. 1: View to Longyearbügen with UNIS in the centre of the picture

#### Anschrift der Verfasser

Dipl.Ing Siegfried Sauermoser  
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Tirol  
Liebeneggstrasse 11, 6020 INNSBRUCK  
siegfried.sauermoser@die-wildbach.at



## Mair Wilfried GmbH

I-39030 St. Lorenzen

www.mairwilfried.it · info@mairwilfried.it

Stahlschneebrücken, Tribschneewände, Ablenkkräfte  
Schutzbauten gegen Wildbachgefahren

Bohrtechnik für **Umwelt** und **Energie**



➔ Bohrraupen



#### Unsere Kompetenzen

- Bohrtechnik
- Ankertechnik
- Lawinenverbau
- Fundamentstabilisierung
- Böschungssicherung

www.morath.eu

Hubert Zeindl, Thomas Frandl, Rudolf Schmidt

## Monitoring an Verkehrswegen – 2 Beispiele

Seit einigen Jahren besteht im Bereich der Wildbach- und Lawinerverbauung ein eigener Fachbereich „Mess- und Warnsysteme“, der zukünftig zum Fachbereich „Monitoring“ ausgebaut werden soll. Nachfolgend werden zwei aktuelle Projekte zur Überwachung von latenten Naturgefahrenprozessen mit thematischem Bezug zu Verkehrswegen vorgestellt.

### Felssturz Ingelsberg (Bad Hofgastein)

Der Felssturz liegt oberhalb des Siedlungsgebietes und der Verkehrswege (Gemeinde- und Landesstrasse) des nördlichen Ortsteiles von Bad Hofgastein und war in der Vergangenheit, im Zeitraum von Starkniederschlägen, immer wieder aktiv, zuletzt im Juli 2012, was die Evakuierung eines im Hangbereich liegenden Bauernhofes und die Ausarbeitung eines Alarmplans für den Siedlungsbereich am Hangfuß zur Folge hatte. 2010 wurde als Sofortmaßnahme das Mobile Sicherheits-Einsatzsystem (MOSES) installiert. Die Daten zweier Fissurometer wurden mittels solarversorgtem Datenlogger aufgezeichnet und konnten per Modem jederzeit online abgefragt werden. Im Mai 2012 wurde schließlich ein dauerhaftes Monitoringsystem installiert, das im August 2012 durch Online-Überwachungskameras ergänzt wurde. Das installierte Kluftmessungs-Monitoring erfolgt durch vier angebrachte Fissurometer. Die gemessenen Bewegungsdaten werden vom Datenlogger aufgezeichnet und im Intervall von 10 min an den Online-Messdatenserver übertragen. Zusätzlich wird bei Messwertüberschreitung eine Alarmierung per SMS versandt. Die Daten werden seitens der zuständigen Bauleitung der WLV und des Landesgeologischen Dienstes Salzburgs überwacht und ausgewertet. Eine Evaluierung des Systems erfolgt im Rahmen einer Diplomarbeit an der TU Graz.

### Mässtobel (Gargellen)

2001 wurde seitens der WLV, Bauleitung Bludenz und der Landesstraßenverwaltung Vorarlberg ein umfangreiches Mess- und Warnsystem der Fa. Sommer installiert. Zur besseren Überwachung des Anrissgebietes wurde im Sommer 2003 durch die WLV ein zweites Messstreckenkontroll- und Inclinometermesssystem installiert.

Geophone in der Sturzbahn sind mit einer Ampelanlage an der L 192 kurzgeschaltet. Sprechen diese an, wird die Ampel auf Rot geschaltet und der Verkehr von und nach Gargellen ist nur mehr über eine Umfahrungsstrasse möglich. Nach anfänglichen Problemen durch Fehlalarme hat sich das System sehr gut eingespielt und wird regelmäßig überwacht und gewartet. Seit 23.09.2005 vermisst das Landesvermessungsamt Vorarlberg die Hangbewegung Mässtobel anhand 9 fixierter Punkte in regelmäßigen Abständen. Es haben bereits 14 Folge-messungen stattgefunden.

Da in letzter Zeit praktisch keine Alarmmeldungen erfolgten, stellt gerade die weitere laufende Betreuung ohne das "Feedback" aktueller Ereignisse eine besondere Herausforderung dar. Die Einbettung in messtechnische Organisationen und eine kontinuierliche Betreuung sind dafür essentiell.

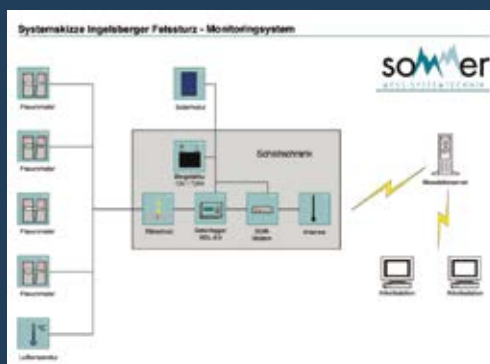


Abb. 1: Systemskizze Monitoringsystem Ingelsberger Felssturz  
Fig. 1: Chart of the monitoring system

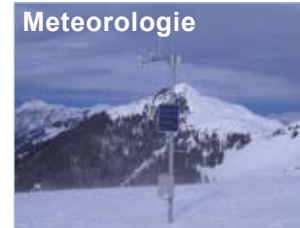
### Anschrift der Verfasser

Ing. Hubert Zeindl, DI Thomas Frandl, Dr. Rudolf Schmidt  
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung  
Fachbereich Monitoring und Messtechnik  
hubert.zeindl@die-wildbach.at  
thomas.frandl@die-wildbach.at  
rudolf.schmidt@die-wildbach.at

Hydrologie



Meteorologie



Geologie



Für *temporäre Maßnahmen* oder  
*dauerhafte Überwachung*  
bieten wir Ihnen die **Komplettlösung** aus einer Hand!

NEU - NEU - NEU - NEU



» RQ-24 «  
Berührungslose  
Abflussmessung  
mit Radar-  
technologie

sommer  
MESS-SYSTEMTECHNIK

Sommer Mess-Systemtechnik

Straßenhäuser 27, A-6842 Koblach  
Tel: +43-5523-55989  
Email: office@sommer.at  
Internet: www.sommer.at

Spezielsensorik · Beratung · Planung  
Anlagenbau · Systemintegration



Anton Gwercher

## Breitlehner-Lawine – Fertigstellung einer extremen Lawinenverbauung

Das Anbruchgebiet der Breitlehner-Lawine beträgt 247 ha und liegt im Lee der NW-Winde auf dem Südhang des Ostgipfels der Hohen Munde (Gemeinde Telfs). Der oberste Teil (2.600 m) besteht aus Hangbereichen mit 70 – 130 % Neigungen, unterhalb schließen senkrechte Felswände aus Wettersteinkalk und Hauptdolomit an. Die Lawinenbahn ist zwischen 2.200 m und 1.200 m SH von zahlreichen Wandstufen geprägt und trifft nach 1.000 m Höhenunterschied auf die Verebnung „Breitlahn“. Der Übergang ist abrupt und hier kommt es zu einer starken Aufwirbelung der Großlawinen. Fließlawinen erreichen auch bei Großereignissen den Siedlungsraum nicht, nur Staublawinen wirken bis in den Siedlungsraum und gefährden den Ortsteil Sagl. Der GZP weist für dieses Gebiet 64 Wohngebäude in der Roten und 71 Wohngebäude in der Gelben Gefahrenzone aus.

Im Jahre 2003 wurde von der WLW ein Verbauprojekt mit 5 Varianten ausgearbeitet und vom BM-LFUW genehmigt. Aus Gründen des Landschaftsschutzes hat man sich für die Errichtung einer Anbruchverbauung mittels Schneenetzen entschieden. Auf Grund der Größe und Besonderheit des Projektes wurde im Rahmen des Genehmigungsverfahrens eine wissenschaftliche Begleitung (Verwendung verschiedener Netztypen, Ankerversuche, Korrosionsuntersuchungen) der durchzuführenden Maßnahmen vorgeschrieben. Wie Variantenuntersuchungen zeigten, kann das Projektziel nur mit einer Anbruchverbauung am Gipfelhang sowie die Errichtung einer Triebsschneeanlage (Verwehungsverbauung) am Gipfelplateau erreicht werden.

Im Jahr 2013 sollen die umfangreichen Verbaumaßnahmen nun ihren Abschluss finden. Nach Abschluss der Verbauung umfasst die Verbauungsfläche 4,5 ha, die mit Schneenetzen mit einer Verbauungslänge von ca. 2,1 km mit Werkshöhen von DK 4,0 und 4,5/2,5/1,1 der Typen Geobrug, Isofer, El-Montagne und Trumer abgesichert wurde. Zusätzlich zur Anbruchverbauung wurde zur Verminderung der Schneeverfrachtung in

das Anbruchgebiet eine 300 m lange Triebsschneeanlage in Stahl mit 5 versetzten Zäunen mit Höhen von 3 – 6 m am Gipfelplateau errichtet, welcher sich auch bisher sehr bewährt hat. Die Kosten je lfm Schneenetze betragen im Schnitt € 820,-/lfm, die Kosten der Verankerung auf drei Ebenen € 560,-/Stück. Die Triebsschneeanlage verursachte Kosten von € 630,-/lfm. Verwendet wurden überwiegend Dreiecksnetze, aber auch Rechtecknetze. Die Fundierungstiefen bewegen sich zwischen 2 und 4 m (überwiegend Fels). Vor Beginn der Fundierungen wurden Zugversuche durchgeführt und die Fundierungen in weiterer Folge normgemäß hergestellt. Bis zur Fertigstellung werden ca. 6,5 km Bohrlöcher (DN 90 mm) gebohrt werden. Für die Bohrungen wurde eine luftbetriebene Lafette verwendet, welche sich auf Grund ihres geringen Gewichtes im schwierigen Gelände bewährt hat. Die Triebsschneeanlage wurde zur Minderung der Triebsschneeverfrachtungen in den Leebereich des Anbruchgebiets errichtet.

Die Bauzeit auf dieser Höhenlage (2.600 m) war pro Jahr auf max. 4 Monate beschränkt. Dementsprechend konnten umgerechnet pro Arbeitstag nur 7 lfm Schneenetze incl. Fundierung (Aufstellung mittels Hubschrauber und Nachjustierung) errichtet werden. Nicht berücksichtigt sind dabei die Nebenarbeiten, wie z. B. die Errichtung von Arbeitsbühnen. Die Baustelle wurde mangels Aufschließweg ausschließlich mittels Helikopter versorgt. Dies gilt sowohl für den Betrieb der Unterkunft als auch für die Errichtung der technischen Verbauung. Für die Versorgung der Baustelle wurden zwei Hubschrauberplattformen (Tal und Berg) eingerichtet. Für Rettungs- und Erste-Hilfe-Einsätze wurde zusätzlich eine Plattform in 2.100 m SH eingerichtet, welche bei Schlechtwetter (Notversorgung) für den An- und Abtransport der Arbeiter und als Rettungsstation genutzt wurde. Auf Grund der fehlenden Aufschließung stellen Sicherheitsfragen eine große Herausforderung bei der Bauführung dar. Daher wurde für den Bedarfsfall eine Rettungskette ausgearbeitet, die u. a. für die Helikoptereinsatzkoordination (Polizei, ÖAMTC und



Abb. 1: Anbruchverbauung der Breitlehner-Lawine mittels Schneenetzen und Triebsschneeanlage (Schneeverwehungszaun) am Gipfelplateau auf 2.600 m SH.

Fig. 1: Avalanche defence works in the starting zone of Breitlehner avalanche with snow nets and snow drift fence at the summit plateau at 2.600 m above sea level.

Private) Koordinaten bereitstellt, damit auch bei schlechten Witterungsbedingungen ein Rettungseinsatz durchgeführt werden kann. Die Hauptgefahren in diesem extremen Arbeitsbereich waren, neben den üblichen Gefahren im Baubetrieb, Steinschlag, Blitzschlag sowie Schnee und Eis im alpinen Arbeitsfeld.

Nach Bauabschluss soll der GZP Telfs für diesen Bereich einer Revision unterzogen werden. Ziel ist die Rücknahme der Roten Zone auf den nördlichen Siedlungsrand.

### Anschrift der Verfasser

Ing. Anton Gwercher  
Forsttechnischer Dienst für  
Wildbach- und Lawinenverbauung  
Gebietsbauleitung Mittleres Inntal  
Liebeneggstraße 11, 6020 Innsbruck  
anton.gwercher@die-wildbach.at

Florian Rudolf-Miklau, Elisabeth Stix

## ÖREK-Partnerschaft „Risikomanagement für gravitative Naturgefahren“

Das Österreichische Raumentwicklungskonzept „ÖREK“ ist ein strategisches und umfassendes Steuerungsinstrument für die Raumordnung und Raumentwicklung in Österreich. Es stellt gleichermaßen einen Rahmen für die einschlägigen Aktivitäten des Bundes wie auch für jene der Länder, Städte und Gemeinden. Das „Aktionsprogramm ÖREK 2011“ beinhaltet Handlungsvorschläge für Arbeitspakete, deren weitere Umsetzung im Rahmen von sogenannten „ÖREK-Partnerschaften“ erfolgt. Eine ÖREK-Partnerschaft setzt sich aus thematisch befassten ÖROK-Mitgliedern und anderen, für ein bestimmtes Thema relevanten Institutionen zusammen. Das Ziel einer solchen Partnerschaft besteht darin, einen Aufgabenbereich des ÖREK 2011 in Form einer Kooperation wahrzunehmen und für die anstehenden Probleme eine Umsetzung vorzubereiten.

Für die Raumentwicklung im Bergland stellen gravitative Naturgefahren, wie Steinschlag, Felssturz, Rutschungen, Hangmuren und dergleichen eine substantielle Bedrohung dar. Bisher hat sich in Österreich zur Abwehr dieser Art von Naturgefahren weder in technischer noch in organisatorischer Hinsicht ein integriertes System des Risikomanagements etabliert, das mit den bestehenden Strukturen im Hochwasser- oder Lawinenschutz vergleichbar wäre. Es wurden aber bereits zahlreiche methodische Ansätze zur planlichen Darstellung von Gefahren und Risiken entwickelt und es gibt zukunftsweisende Konzepte zur Umsetzung in der Raumplanung.

Ein umfassendes Risikomanagement, das auch die Raumordnung als zentralen Akteur berücksichtigt, steht vor einer komplexen Herausforderung: Einerseits steigt von Seiten der Bevölkerung der Wunsch und das Bedürfnis geschützt zu werden, andererseits häuft sich das Schadenspotenzial innerhalb von Gefahrenzonen und zuletzt können auch Veränderungen des Gefahrenpotenzials im Naturraum beobachtet werden.

Von strategischer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die enge Kooperation zwischen der gefahrenbeurteilenden Fachplanung (Geologie, forstliche Raumplanung) einerseits und der risikosteuernden Raumplanung der Länder und Gemeinden andererseits. Als zentrales und verbindendes Element zwischen diesen beiden Fachwelten der raumbezogenen Planung sind räumlich verortete Informationen über gravitative Gefahren nach einheitlichen Qualitätsstandards anzusehen. Gefahrendarstellungen sind darüber hinaus die wichtigste Grundlage für die Planung und Finanzierung von technischen Schutzmaßnahmen gegen Naturgefahren.

Das wichtigste Ziel der Partnerschaft stellt die Entwicklung und Umsetzung eines integrierten Risikomanagements zu gravitativen Naturgefahren in der Raumplanung dar, das sich an die Umsetzung der Europäischen Hochwasserrichtlinie anlehnen soll. Durch die Etablierung harmonisierter Leitlinien sowie eines sektor übergreifenden Planungsprozesses sollen sowohl die materiellrechtlichen Querschnittsnormen als auch die Kompetenzersplitterung überbrückt werden. Im operativen Bereich sollen beispielsweise gemeinsame Planungsgrundlagen, harmonisierte Methoden der Gefahrenanalyse und Gefahrenbewertung, einheitliche Schutzziele und Schutzkonzepte sowie Kriterien für die Priorisierung von Schutzleistungen (einheitliches Sicherheitsniveau) für gravitative Naturgefahren erarbeitet werden. Zur Verbesserung der Risikokommunikation werden eine standardisierte und zielgruppengerechte Form der Information über gravitative Naturgefahren sowie gemeinsame Aktionen der Akteure für die Bewusstseinsbildung und Verbesserung der Eigenvorsorge angestrebt.

Die ÖREK-Partnerschaft „Risikomanagement“ wurde vom Lebensministerium (BMLFUW) als Leadpartner initiiert und stieß unter den zahlreichen Akteuren



Abb. 1: Siedlungen in den Alpentälern sind direkt von gravitativen Naturgefahren bedroht.  
Fig. 1: Settlements in alpine valleys are directly endangered by gravitational hazards.

aus Fach- und Raumplanung sofort auf großes Interesse. Sieben Bundesländer, darunter auch Niederösterreich, zahlreiche Institutionen des Bundes (Geologische Bundesanstalt, Bundesamt für Wald, Wildbach- und Lawinerverbauung, ASFINAG, ÖBB), der Länder (Geologie, Forst, Wasser) sowie namhafte Experten aus Wissenschaft und Praxis konnten zur Mitwirkung gewonnen werden. Im Sinne der strategischen Konzeption einer ÖREK-Partnerschaft ist es weiters gelungen, Vertreter aus Fachplanung und Raumplanung in ausgewogener Anzahl am Prozess zu beteiligen. Essentiell für den Erfolg der Partnerschaft ist insbesondere die Beteiligung von Vertretern der unmittelbar vom Risikomanagement betroffenen Gemeinden.

### Anschrift der Verfasser

Dipl.-Ing. Dr. Florian Rudolf-Miklau  
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,  
Umwelt und Wasserwirtschaft  
Abteilung IV/5 – Wildbach- und Lawinerverbauung  
Marxergasse 2, 1030 Wien  
florian.rudolf-miklau@die-wildbach.at

MMag.<sup>a</sup> Elisabeth Stix  
Österreichische Raumordnungskonferenz  
Austrian Conference on Spatial Planning  
Ballhausplatz 1, A-1014 Wien  
stix@oerok.gv.at



Christian Amberger

## ÖWAV-Steckbriefe „Neophyten“

Als gebietsfremde Pflanzen, sogenannte Neophyten, werden all jene Arten bezeichnet, die nach 1492, der Entdeckung Amerikas durch Christoph Columbus, an einen für sie neuen Standort gelangten. Als „invasive Pflanzen“ werden jene bezeichnet, die sich durch starke Konkurrenzfähigkeit gegenüber einheimischen Arten zu deren Nachteil im Gebiet dauerhaft ausbreiten können. Die ÖWAV-Steckbriefe zu den invasiven Neophyten (Beispiel Riesen Bärenklau, Abb. 1) beschäftigen sich mit jener begrenzten Zahl von Arten, die wichtige Elemente der heimischen Flora verdrängen und teilweise enorme Schäden anrichten können. Langfristig zeigen einige dieser Arten die Fähigkeit, in Bereichen ihres Eindringens und bei fehlender oder mangelhafter Bekämpfung – oft auch an Gewässern – sich zu Monokulturen zu entwickeln, die in weiterer Folge heimische Pflanzen und die daran angepasste heimische Tierwelt auf Dauer verdrängen. Zusätzlich können manche invasive Arten die Stabilität von Uferböschungen und Bauwerken erheblich beeinträchtigen, daher sind invasive Neophyten im Sinne des Hochwasser- und Gewässerschutzes höchst problematisch. Im Licht dieser Situation ist eine intensive Bekämpfung von invasiven Neophyten dringend zu empfehlen. Dazu ist das Verständnis der prinzipiellen Ausbreitungsmöglichkeiten der invasiven Arten nötig und das Wissen um ihre Bekämpfung sowie die Möglichkeiten, ihre potentiellen Standorte unattraktiv zu gestalten. Daher muss möglichst frühzeitig reagiert werden, um größere Schäden und höhere Kosten zu verhindern.

Diesen Zielen sollen die neu erschienenen ÖWAV-Steckbriefe dienen, die den derzeitigen Stand des Wissens in konzentrierter Form zusammenfassen. Diese sind durch den ÖWAV-Unterausschuss „Neophyten“ unter der Leitung von Herrn Univ.-Prof. Dr. Janauer erstellt worden und liegen für jene Neophyten vor, die als derzeit stärkste Konkurrenten der einheimischen Vegetation gelten. Sie enthalten in Kurzform Informationen zu den Pflanzenarten und zur Problemlage, aber auch zu Fragen der Bekämpfung, Materialbeseitigung oder zur allfälligen Nachbehandlung. Derzeit sind elf Arten mit hohem Ausbreitungspotential erfasst. Die Steckbriefe sind als Loseblatt-Sammlung konzipiert, die jederzeit im Zuge periodischer Überarbeitung ergänzt oder adaptiert werden kann.

Die Steckbriefe sind im Serviceteil der ÖWAV-Homepage [www.oewav.at](http://www.oewav.at) downloadbar.

### Anschrift der Verfasser

DI Christian Amberger  
Wildbach- und Lawinerverbauung  
Fachbereich Ökologie  
GBL Niederösterreich West  
Marxergasse 2, 1030 Wien  
[christian.amberger@die-wildbach.at](mailto:christian.amberger@die-wildbach.at)

## PRIORITÄT A

### RIESEN-BÄRENKLAU

*Heracleum mantegazzianum* Somier & Levier



Jungpflanze



Blütenstand (Dolde)



Ausstechen des Vegetationskeils

#### Herkunft:

Asien, Kaukasus, in Botanischen Gärten Europas bereits seit 1890 als Zierpflanze, als Bienenweide importiert und teilweise noch immer angebaut.

#### Steckbrief:

In der Regel 2- bis 3-jährige Pflanze, 2 bis 4 m hoch. Die bis zu 10 cm dicken, hohlen Stängel und die gezähnten Blätter sind stark behaart, weiße Doldenblüte, Blütezeit: Juni bis August, starke Samenbildung (bis zu zehntausende Samen pro Pflanze), Samen werden bis zu 100 m vom Wind verweht oder durch Wasser verdriftet. Samen bleiben 7 bis 15 Jahre keimfähig, Die Pflanzen sterben nach der Samenreife ab, die bis zu 60 cm lange Pfahlwurzel überwintert im Boden.

#### Standort:

Vorkommen auf nährstoffreichen, gestörten, anthropogen veränderten Standorten (z. B. Uferböschungen, offene Rohböden, Deponien, Schlagfluren, Wiesen, Saumgesellschaften, Gärten etc.), sonnig bis halbschattig, meidet große Hitze, wintermildes Klima bevorzugt.

#### Probleme:

- **Für den Wasserbau:** flächendeckende Ausbreitung durch den wasserbedingten Samentransport entlang von Flüssen. Keine Sicherung von Böschungsfächen und Uferbereichen durch Wurzeln, fördern die Anfälligkeit für Uferabbrüche.
- **Für den Naturschutz:** bildet dichte dominante Bestände, die zwar von Insekten (hauptsächlich Käfer- und Fliegenarten) besucht, aber ansonsten von Amphibien oder Säugetieren gemieden werden. Verdrängt einheimische standortgerechte Uferpflanzen. Es kommt zur Artenverarmung, sowohl bei Pflanzen als auch bei Tieren, unter anderem durch Beschattung.
- **Für den Menschen:** Bärenklau ist eine photophytotoxische Pflanze, deren Saft zu starken verbrennungsähnlichen Ausschlägen mit Blasenbildung

führt. Diese Reaktion wird durch den Wirkstoff Furanocumarin ausgelöst und durch Sonneneinstrahlung verstärkt (Wiesendermatitis). Berührungen mit der bloßen Haut sind zu vermeiden, bei Bekämpfungsmaßnahmen unbedingt Schutzkleidung und Schutzbrille tragen.

#### Bekämpfung:

Beginn der Maßnahmen vor der Blüte, um eine Fruchtausbildung zu verhindern. Einzelpflanzen sollten sofort bekämpft werden, da durch die hohe Samenanzahl eine enorme Vermehrung möglich ist. Eine Bekämpfung von der Quelle stromabwärts ist daher unbedingt empfehlenswert. Dies erfolgt am besten durch mehrmalige Mahd im Abstand von 14 Tagen ab Mai, bis keine Jungpflanzen mehr nachkommen. Kontrolle nach 10 bis 30 Tagen, da Pflanzen auch nach der Mahd Blüten neu ausbilden können.

Bei großen Beständen eventuell bis Mitte Mai mindestens 10 cm tief fräsen und standorttypische Einsaat oder Bepflanzung durchführen, anschließend regelmäßig mähen.

Einzelpflanzen am besten im Frühjahr ausgraben, wobei der Vegetationskegel des Wurzelstockes mindestens 10 bis 20 cm tief ausgestochen werden muss (V-förmiger Spatenstich).

Gute Erfahrungen wurden auch mit Beweidung durch Schottische Hochlandrinder, Schafe oder Ziegen erzielt. Sie fressen die Pflanzen, ohne Schaden zu erleiden, und sie zertrampeln die Jungpflanzen. Die Standorte müssen in den Folgejahren regelmäßig kontrolliert und im Bedarfsfall neuerlich gemäht werden.

#### Materialbeseitigung:

Das Mähgut kann kompostiert werden, wenn es keine Samenstände enthält. Falls man in Einzelfällen Mähgut mit Samenständen nicht verhindern kann, muss man es einer Kompostierungsanlage zuführen, die eine Hygienisierung nach dem Stand der Technik betreibt.

ÖWAV-Merkblätter „Neophyten“ (2013)

David Cheer, Michael Arndt

## Risiko-Management von Naturgefahren in Wintersportgebieten

Naturgefahren wie Lawinen, Steinschlag und Erdbeben können in Bergregionen sowohl für Winter-, als auch für Sommergäste problematisch werden, wenn diese Gefahren nicht kontrolliert oder gebremst abgeleitet werden können. Eine Sicherung des Terrains ist für die Eigentümer und Betreiber eines Resorts häufig gesetzlich vorgeschrieben und für die Besucher von höchster Priorität. Lösungen, die vornehmlich dem Schutz der baulichen Infrastruktur (Straßen, Eisenbahnen und Gebäude) vorbehalten waren, finden nun auch zunehmend im Sportbereich der Bergregionen Anwendung. Angesichts der fatalen Auswirkungen beispielsweise bei der Positionierung von Steinschlagschutzbarrieren an falscher Stelle am Berg, oder der Tatsache, dass gewählte Schutzmaßnahmen bei Fehleinschätzung der Lage nicht in vollem Umfang arbeiten können, wird Resort-Betreibern dringend empfohlen, mit einem erfahrenen Anbieter bei der Auslegung geeigneter Lösungen zusammenzuarbeiten. Es gibt weltweit zahlreiche technische Produkt-Standards, die eingehalten werden müssen:

- bei Steinschlagschutzbarrieren (z.B. RMC-Barrieren) die Europäische Prüf- und Genehmigungs-Richtlinie 27 (ETAG027(1)) und die CE-Kennzeichnung,
- bei Schnee-Tragkonstruktionen/Schneenetzen (z.B. OM Snow Nets) eine Zertifizierung entsprechend der lokalen Normen, beispielsweise durch das Eidgenössische Institut für Schnee- und Lawinenforschung (WSL) in der Schweiz, Davos und die Zulassung des Bundesamtes für Umwelt (BAFU-FOEN).

Es gibt 4 Zonen an Schnee und Felshängen, die anfällig für Naturgefahren sind: 1. Loslösungs- oder Initiationszone; 2. Durchgangszone; 3. Aufprallzone; 4. Auslaufzone. Für jede der Zonen kommen geeignete Systeme zum Einsatz, die eine technisch effiziente und kostengünstige Lösung ermöglichen. Maßnahmen zur Minimierung der Risiken von

Naturgefahren können, mit Blick auf das sensible Gleichgewicht der Faktoren, die die optimale Lösung für den Standort bestimmen, in jeder dieser Zonen installiert werden. Das Gefahrenpotential, die Topographie, die Geologie, die Zugänglichkeit für Montagearbeiten und die Kosten spielen hierbei eine große Rolle. Schnee-Zäune oder Schneeschirme beispielsweise, die hoch in der Loslösungszone installiert werden, erfordern zwar einen höheren technischen Aufwand bei der Montage als herkömmliche Pfosten-Riegel-Zäune, sind dafür visuell aber weit weniger auffällig. Das wirkt sich, insbesondere in den Sommermonaten, positiv auf das natürliche Erscheinungsbild des Urlaubsortes aus. Häufig werden auch Steinschlagschutzbarrieren und Netze in den Loslösungs-zonen fast senkrechter Felswände eingesetzt, um instabile Strukturen zu sichern und um zu verhindern, dass sich Gesteinsbrocken aus der Hangoberfläche lösen, die beim Verlassen der Zone an Dynamik gewinnen und die Gefahr erheblich vergrößern könnten.

Durch den Einsatz von Windschutz-Systemen in den oberen Berghangregionen kann Schnee-Migration drastisch reduziert werden, da sich die Verwehungen und Anhäufungen von Schnee erheblich verringern. Weiter hangabwärts werden häufig Lawinenverbauungen aufgrund ihrer Vielseitigkeit und der geringen visuellen Auswirkungen auf die Natur eingesetzt. Für die Loslösungs- oder Initiationszone kann die ganze Bandbreite der Verankerungssysteme von Hochleistungs-Netzen wie Steelgrid HR® und HEA Seilnetzpaneelen über Ringnetze bis hin zu den einfachen aber effektiven Steinschlagschutznetzen angeboten werden.

Für die Durchgangs- und die Aufprallzonen sind jetzt auch dynamische Steinschlagschutzbarrieren verfügbar, deren rekordverdächtige Energieaufnahme von 8.500 kJ (RMC 850) dem Stoppen eines 20 t LKW bei ei-

ner Geschwindigkeit von 108 km/Std. entspricht. Die RMC Barrieren verfügen über spezielle Kompressionsbremsen und Hochleistungsnetze, die schrittweise die Energie eines Steinschlags ableiten und seinen Aufprall abbremsen. Die RMC Barrieren wurden in Übereinstimmung mit der Leitlinie 27 der Europäischen Organisation für technische Zulassungen (EOTA) getestet. Die ETA Zertifikate für die Barrieren von 500 kJ zu 5.000 kJ (MEL) liegen vor. Die Erteilung des Zertifikates für die 8.500 kJ Barriere, die im Sommer 2012 erfolgreich getestet wurde, steht unmittelbar bevor.

Die Attenuator-, Hybrid- und DF-Serien der Murgang-Barrieren vervollständigen die Reihe an technischen Maßnahmen, die für die Durchgangs- und Aufprallzonen angeboten werden, um die Naturgefahren zu stoppen, bevor sie die Infrastruktur eines Urlaubs-Resorts schädigen können. Murgänge, wie auch Lawinen verhalten sich wie eine zähe Flüssigkeit und erfordern spezielle dynamische Zäune, die schrittweise die Energie absorbieren, verlangsamen und schließlich deren Fluss stoppen.

In der Auslaufzone schließlich ist der Investor nicht auf die 8.500 kJ Energieaufnahme einer Steinschlagschutzbarriere beschränkt; hier kann auch Erdbewehrungstechnologie angewandt werden, mit deren Hilfe Steinschlagschutzdämme realisiert werden können, deren Energie-Aufnahmekapazität quasi unbegrenzt ist. Bewehrt mit MacGrid® oder Paragrid® Bodenbewehrungs-Geogittern oder in der bewährten TERRAMESH® Bauform mit integrierter Rückverankerung und einer bis zu 70° steilen Oberflächenneigung, können Böschungsprofile und Querschnitte individuell den natürlichen Gegebenheiten und den Platzverhältnissen mit begrünten Fronten ästhetisch angepasst werden. Bewehrungsgitter verstärken erheblich die natürlichen Bodenparameter, bereits realisierte Steinschlagschutzdämme sind in dieser Bauform in der Lage, Aufprallkräften von bis zu 20.000 kJ standzuhalten.

### Anschrift der Verfasser

Dr. David Cheer  
International Rockfall Mitigation Specialist  
MACCAFERRI UK

Dipl.-Ing. Michael Arndt  
MACCAFERRI Deutschland GmbH  
Kurfürstendamm 226, 10719 Berlin  
T: 030-88 00 79 79  
F: 030-88 00 79 80  
office@maccaferri.de



Maria Patek

## 21 Gebietsbauleitungen für das 21. Jahrhundert

Im Jahr 1884 wurde der Forsttechnische Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung gegründet. In knapp 130 Jahren hat er seinen Tätigkeitsbereich und seine Organisation laufend den aktuellen Anforderungen angepasst. Mit 1.1.2013 wurde durch die WLV-DienststellenV, BGBl II Nr. 35/2013, die Struktur für die Zukunft geschaffen.

Die Stärke der Wildbach- und Lawinenverbauung ist einerseits ihre Schlagkraft als österreichweit tätige Bundesdienststelle mit zentraler strategischer Steuerung, andererseits ihre regionale Verankerung durch starke operative Einheiten unmittelbar vor Ort. Diese Erfolgsfaktoren galt es nachhaltig abzusichern und auszubauen. Denn während im Rahmen der Strategieprozesse die.wildbach.2010 und die.wildbach.2015 gemeinsam eine vorausschauende Aufgabenplanung erarbeitet wurde, kam es bei der dringend notwendigen organisatorischen Änderung aus politischen Gründen zu Verzögerungen. Anfang 2012 beauftragte mich die Ressortleitung dann schließlich mit der Erstellung eines Konzepts zur strukturellen Effizienzsteigerung, das das Managementteam der Sektionsleiter unter intensiver Mitwirkung unseres Sektionschefs und unserer MitarbeiterInnen bis zum Sommer erarbeitete. Nach dem politischen Willensbildungsprozess konnte das Strukturkonzept die.wildbach.2013+ Anfang Oktober 2012 fertiggestellt und seine Umsetzung begonnen werden. Dazu war eine neue Dienststellenverordnung zu erlassen und mit der Personalvertretung ein Maßnahmenpaket für die betroffenen KollegInnen zu erstellen. In gutem Einvernehmen konnte das alles vor Weihnachten erledigt werden und trat die neue Verordnung mit 1.1.2013 in Kraft.

Ein wesentlicher Eckpfeiler, auf dem die neue Strukturreform aufbaut, ist die Schaffung von krisenresistenten, handlungsfähigen, regionalen Organisationseinheiten – also eine Stärkung der Gebietsbauleitungen als operative Einheiten und der Sektionen bei ihrer Servi-

ceausrichtung. Die Wildbach- und Lawinenverbauung wird sich zukünftig verstärkt auf ihre Kerngebiete und -aufgaben konzentrieren, eine Betreuung aller Einzugsgebiete laut Forstgesetz ist aber weiterhin gewährleistet. Bei der Konzeption der Strukturoptimierung wurden sowohl die Gefährdungssituation, der Verbauungsgrad und der Projektstock als auch demografische Trends herangezogen. Somit wurde eine Fokussierung auf die Kernaufgaben und -leistungen gemäß Forstgesetz, eine Ressourcen-Mobilisierung und Flexibilisierung und eine strukturelle Konzentration empfohlen. Ergänzt soll dieses Maßnahmenbündel durch die Etablierung von Fachkarrieren und die Schaffung von übergreifenden Strukturen und Handlungsrichtlinien für den Krisen- und Katastrophenfall werden.

Bei der Auswahl der Standorte für Dienststellen wurden auch Kriterien wie Eigentumsverhältnisse und Betriebskosten der Gebäude oder der Zustand der Bausubstanz, vor allem aber die Lage und Erreichbarkeit für die MitarbeiterInnen und unsere „KundInnen“ nach dem Prinzip der „zentralen Orte“ herangezogen. Die Gebietsbauleitung der Zukunft wird sich auf operative Arbeiten und fachliche Entscheidungskompetenzen konzentrieren, sie soll von übergeordneten Verwaltungsaufgaben freigespielt sein (in diesem Sinn erfolgte im Juni 2012 eine arbeitsrechtliche Betriebsumstellung von der Bauleitung auf die Sektion). Zur Ausfallsicherung wurde die Mindestausstattung mit 2-3 VBÄ pro 1 Mio. Euro Bauvolumen, 10 VBÄ pro Bauleitung und einem Mindestumsatz von 4 Mio. Euro als Zielwert festgelegt. Die Zielwerte dienen als Referenzgrößen des Ressourceneinsatzes, die reale Ressourcenausstattung der Gebietsbauleitung ist jedoch auch eine Funktion der regionalen Anforderungen.

Bei Zugrundelegung dieser Kriterien waren die bisher bestehenden 27 Gebietsbauleitungen auf 21 Einheiten zu konzentrieren (Abbildung 1) und deren ört-



Abb. 1: Neue Gebietseinteilung der Dienststellen der Wildbach- und Lawinenverbauung gemäß Novelle zur WLV-DienststellenV 2013.

Fig. 1: New regional organisation for the operating departments of the Austrian Service for Torrent and Avalanche Control according to new WLV-Departments-Ordinance 2013.

liche Zuständigkeit in der neuen Dienststellenverordnung festzulegen. Auf dieser Basis werden derzeit die dienstrechtlichen und personalorganisatorischen Maßnahmen umgesetzt, wiederum unter größtmöglicher Einbindung aller Beteiligten. Mit Ende dieses Winters wurde dann ein wichtiger und notwendiger Schritt gesetzt. Mit 21 starken Gebietsbauleitungen ist die.wildbach für das 21. Jahrhundert bestens gerüstet.

### Anschrift der Verfasserin

MR DI Maria Patek MBA  
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,  
Umwelt und Wasserwirtschaft  
Abteilung IV/5 – Wildbach- und Lawinenverbauung  
Marxergasse 2  
1030 Wien  
maria.patek@lebensministerium.at

Ernst Karner

## Schutz vor Naturgefahren – Abwehransprüche und Haftung

Der Schutz vor Naturgefahren wie Hochwasser, Lawinen und Steinschlag gewinnt zunehmend an Bedeutung. Unterlassene Schutzmaßnahmen können Schadenersatzansprüche nach sich ziehen. Zwar hat der Grundeigentümer für Schäden durch Naturereignisse, die von seinem Grundstück ausgehen, grundsätzlich nicht einzustehen: Auswirkungen der natürlichen Beschaffenheit des Nachbargrundstücks sind hinzunehmen. Dem Gefährdeten ist jedoch zumindest das Recht einzuräumen, die auf fremdem Grund befindliche Gefahrenquelle auf eigene Kosten abzusichern und es können auch Warnpflichten bestehen (Karner, Abwehransprüche bei naturgegebenen Immissionen? FS Iro [2013] 17 ff).

Das Bild ändert sich überdies, wenn der Grundeigentümer die Gefahrenlage selbst geschaffen hat oder das Risiko durch sein Zutun maßgeblich erhöht wurde, so beispielsweise bei einer Steinschlaggefahr, die durch eine vom Grundstückseigentümer gewählte, besonders gefährliche Nutzungsart erhöht wird (OGH 2 Ob 13/97v). In derartigen Fällen stehen dem Grundstückseigentümer verschuldensabhängige Unterlassungsansprüche und Beseitigungsansprüche zu, bei Verschulden kann überdies Schadenersatz verlangt werden.

Die nachbarrechtlichen Pflichten (§§ 364 ff ABGB) treffen grundsätzlich auch den Staat. Darüber hinaus können der hoheitlich handelnde Staat – beziehungsweise seine Gebietskörperschaften – zur Gefahrenabwehr verpflichtet sein, deren Unterlassung Amtshaftungsansprüche auslöst. Eine Pflicht 1000- oder auch 100-jährliche Hochwässer zu verhindern, besteht aber jedenfalls nicht (OGH 1 Ob 285/04z und 1 Ob 63/06f).

Zu beachten ist schließlich, dass auch Schutzbauwerke selbst eine Gefahrenquelle darstellen können, insbesondere wenn sie nicht ordnungsgemäß instand

gehalten, ausreichend abgesichert oder wenn sie zweckentfremdet werden. Verkehrssicherungspflichten treffen dabei jeden, der eine Gefahrenquelle schafft oder in seinem Bereich bestehen lässt. Als Haftungsnormen kommen insbesondere § 1319 ABGB (Bauwerkhaftung) und § 1319a (Wegehalterhaftung) sowie § 50 Abs 6 WRG (Instandhaltung von Schutz- und Regulierungswasserbauten) in Betracht. Die Intensität der Verkehrssicherungspflichten richtet sich dabei nach dem Rang des gefährdeten Rechtsguts, der Gefährlichkeit sowie der Zumutbarkeit.

### Literaturtipp:

Karner, Schutz vor Naturgefahren und Haftung, Zeitschrift für Verkehrsrecht (ZVR) 2011, 112 ff.

### Veranstaltungshinweis:

Haftung bei Naturkatastrophen  
Schadenersatzansprüche nach Hochwasser, Lawinen, Muren und Steinschlag  
Hon.-Prof. Dr. Karl-Heinz Danzl,  
Senatspräsident des Obersten Gerichtshofes  
Univ.-Prof. Dr. Ernst Karner, Universität Wien und  
Institut für Europäisches Schadenersatzrecht  
13. November 2013, 9.00-17.00 Uhr  
ARS Seminarzentrum (www.ars.at),  
Schallauterstraße 2-4, 1010 Wien  
Anmeldung: +43 1 713 80 24-26

### Anschrift des Verfassers:

Univ.-Prof. Dr. Ernst Karner  
Institut für Zivilrecht, Universität Wien  
Schottenbastei 10-16, A-1010 Wien  
ernst.karner@univie.ac.at

Romina Erdem, Franz Schmid

## Naturgefahren.AT: Neues Design des Info-Portals für BürgerInnen

Mit Jahresbeginn tritt die Internet-Plattform des Lebensministeriums [www.naturgefahren.at](http://www.naturgefahren.at) in neuem Design auf. Die seit April 2010 freigeschaltete Informationsseite zu Gefahrenprozessen, gefährdeten Gebieten und möglichen Schutzmaßnahmen richtet sich an alle interessierten Bürgerinnen und Bürger und hatte allein im Jänner 2013 über 100.000 Zugriffe. Ziel der Plattform ist es im Sinne der Risikokommunikation verständliche Informationen zur Verfügung zu stellen.

Mit dem neuen Design wurden die Struktur und die Inhalte überarbeitet. Im Kartenteil sind die aktuellsten, derzeit in Österreich verfügbaren Gefahrendarstellungen zu den Themen Hochwasser/Wildbäche, Lawinen, Rutschungen und Steinschlag abrufbar. Je nach Maßstab werden in der Kategorie Hochwasser/Wildbäche entweder die Gefahrenkarten, die im Rahmen der EU-Hochwasserrichtlinie erstellt wurden, die Ergebnisse der Abflussuntersuchungen der Bundeswasserbauverwaltung oder die parzellenscharfen Gefahrenzonenpläne der Wildbach- und Lawinenverbauung und der Bundeswasserbauverwaltung dargestellt.

Die neue Adresssuche ermöglicht es Benutzerinnen und Benutzer, Informationen über Gefährdungen im gesuchten Gebiet anzuzeigen. Unter der Kategorie „Projekte“ werden in Zukunft die Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung dargestellt, die sich mit Gefah-

renprozessen und deren Auswirkungen auf das soziale und wirtschaftliche Leben in Österreich und Europa befassen. Damit soll eine Vernetzung des Wissens zur Förderung der notwendigen integralen Betrachtungsweise im Umgang mit Naturgefahren unterstützt werden.

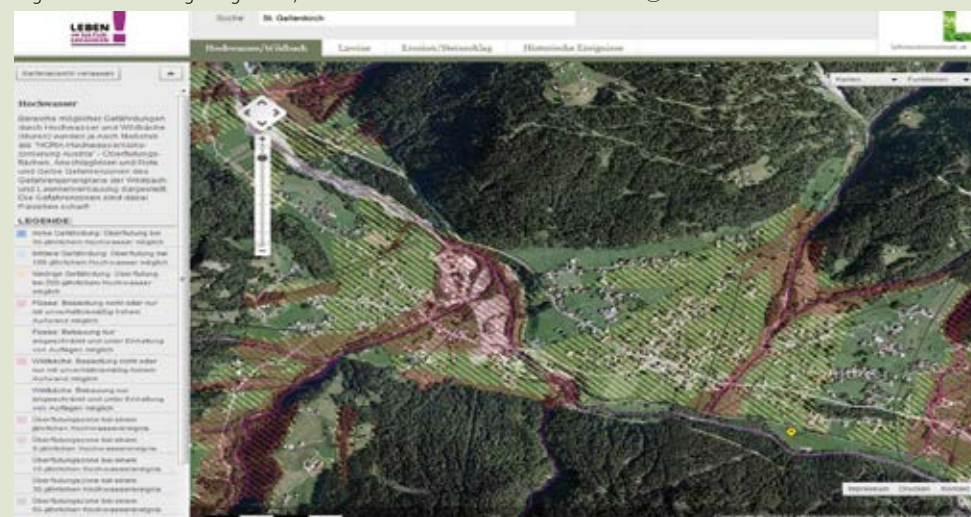
Beibehalten wurde die umfangreiche Linksammlung in den Kategorien „Organisationen“ sowie „EU- und Internationales“. Hier findet man auch die vielen Partner des Lebensministeriums, die bestrebt sind, das Sicherheitsniveau vor Naturgefahren in Österreich zu erhöhen.

Aktuelle Informationen im Fall von Ereignissen sowie Bild- und Videomaterial runden das neue Design ab. Geplant sind die Erweiterung mit Inhalten verwandter Organisationen und neue Funktionen im Kartenteil.

Damit soll die Plattform zum zentralen Informationspunkt für das „Leben mit Naturgefahren“ in Österreich ausgebaut werden.

### Anschrift der Verfasser

Mag. Romina Erdem  
MR Dipl.-Ing. Franz Schmid  
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,  
Umwelt und Wasserwirtschaft  
Abteilung IV/5, Wildbach- und Lawinenverbauung  
Marxergasse 2, 1030 Wien  
[romina.erdem@lebensministerium.at](mailto:romina.erdem@lebensministerium.at)





Barbara Schwendtner, Andreas Pichler, Sven Fuchs

## Vulnerabilitätslandkarte der alpinen Naturgefahren in Österreich

Für den Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung ist die Kenntnis über das potentielle Ausmaß des Personen- und Gebäuderisikos bzw. deren Vulnerabilität gegenüber alpinen Naturgefahren für Planungsvorhaben wie auch dem Risikomanagement im eigenen Kompetenzbereich essentiell. Aus diesem Grund wurde Ende 2012 die Pilotstudie „Vulnerabilitätslandkarte der alpinen Naturgefahren in Österreich“ mit einer Laufzeit von acht Monaten in Auftrag gegeben. Auftraggeber ist das BMLFUW, vertreten durch die Abteilungsleiter MRin Dipl.-Ing.in Maria Patek der Abteilung IV/5, Wildbach- und Lawinerverbauung. Das Projekt wird von einem Team am Institut für Alpine Naturgefahren der Universität für Bodenkultur durchgeführt und steht unter der Leitung von Dr. Sven Fuchs.

Im Mittelpunkt steht die Entwicklung und Implementierung eines methodischen Ansatzes, der im Zuge eines Aufbaus einer mit dem digitalen Wildbach- und Lawinenkataster (WLK) kompatiblen Datenbank durchgeführt wird. Hierbei wird das gesamte Bundesgebiet unter Bezugnahme des Wirkungsbereiches der Wildbach- und Lawinerverbauung bearbeitet. Ziel ist die Erfassung gefährdeter Risikoelemente, die sowohl Gebäude als auch Personen umfassen, auf Basis der Wildbach- und Lawineneinzugsgebiete und der ausgewiesenen Gefahrenzonen sowie eine quantitative Bewertung dieser Elemente. Diese Bewertung umfasst unter der Annahme definierter Bemessungsereignisse den monetären Wert betroffener Gebäude, die Anzahl der betroffenen Personen sowie die

diebezüglichen jährlichen Schadenserwartungswerte. Eine erstmalige Quantifizierung der potentiellen Personenschäden im Naturgefahrenbereich für Österreich ist ebenfalls damit verbunden.

Das sensible Thema der Bewertung eines menschlichen Lebens und dessen gesellschaftspolitischer Akzeptanz war Thema eines Workshops im BMLFUW am 24. April 2013 mit Teilnehmern unterschiedlicher fachlicher Zugänge. Die interdisziplinäre Herangehensweise war insofern von Vorteil, da kaum Studien zur Bewertung des Personenrisikos in Bezug auf Naturgefahren vorliegen, es jedoch im Wirtschafts- und Gesundheitswesen angewandte methodische und konzeptionelle Ansätze dazu gibt. Ein ausführlicher Bericht über diesen Workshop und seiner Ergebnisse wird in einer der nächsten Ausgaben dieser Zeitschrift vorliegen.

### Anschrift der Verfasser

Mag. Barbara Schwendtner  
DI Andreas Pichler  
Abteilung IV/5, Wildbach- und Lawinerverbauung  
Marxergasse 2, 1030 Wien  
barbara.schwendtner@die-wildbach.at

Dr. Sven Fuchs  
Institut für Alpine Naturgefahren  
Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien  
sven.fuchs@boku.ac.at

Gernot Koboltschnig

## Interpraevent Kongress in Nara, Japan 25. - 28. November 2014

Die Internationale Forschungsgesellschaft Interpraevent tritt immer wieder als Namensgeberin für Kongresse zum Thema Schutz vor Naturgefahren in Erscheinung. Bereits seit 1967 werden diese Kongresse veranstaltet. Mittlerweile „touren“ die Kongresse alle vier Jahre durch den gesamten Alpenraum, zu Letzt wurde 2012 in Grenoble Station gemacht. Bereits seit 2002 gibt es aber auch eine weitere Tradition, denn immer zwei Jahre nach dem Kongress in den Alpen wird ein Zwischenkongress im Pazifischen Raum veranstaltet. Begonnen wurde 2002 mit Matsumoto in Japan. Es folgte 2006 ein Kongress in Niigata und 2010 ein weiterer Kongress in Taipei, Taiwan. Um die Tradition fortzusetzen, wurde die Initiative vom japanischen Komitee „Interpraevent in the Pacific Rim“ aufgegriffen und mit der Organisation des nächsten Kongresses 2014 in Nara, Japan begonnen.

Die Stadt Nara ist Sitz der gleichnamigen Präfektur im Süden der japanischen Hauptinsel Honshu. Wegen der vielen alten und gut erhaltenen Tempel gehört Nara zu den bedeutendsten touristischen Zielen Japans. Mehrere Tempel, Schreine und Ruinen in und um Nara sind Teil des UNESCO-Weltkulturerbes. Leider wurde Nara auch wegen massiver Vermurungen und zahlreicher Hangrutschungen nach dem Typhoon Talas im September 2011 schwer betroffen. Vielleicht ist Nara gerade deshalb einer der authentischsten Orte, um solch ein Symposium abzuhalten.

Das Organisationskomitee um Prof. Yoshiharu Ishikawa von der Tokyo University of Agriculture and Technology hat bereits die erste Ankündigung für den Kongress mit dem Hauptthema „Natural Disaster Mitigation to Establish Society with the Resilience“ versendet. Für den Kongress, der vom 25. bis zum 28. November 2014 stattfindet, können noch bis zum 31. August 2013 englischsprachige Kurzfassungen zu sechs Themenfeldern



eingereicht werden. Der Zeitplan sieht drei Tage mit Vorträgen und einen Tag mit einer Feldexkursion vor. Anzumerken ist noch, dass Englisch als Kongresssprache vorgesehen wurde.

Für all jene, die sich nicht nur für den Erfahrungsaustausch mit den japanischen Kollegen interessieren, sondern auch einiges zur japanischen Kultur und Geschichte erfahren wollen, ist der Kongress in Nara sicherlich eine Reise wert! Alle weiteren Details zum Kongress in Nara inkl. Informationen zur Einreichung von Kurzfassungen und der Registrierung sind im Internet unter [www.interpraevent2014.com](http://www.interpraevent2014.com) zu finden.

### Anschrift des Verfassers

Dipl.-Ing. Dr. Gernot Koboltschnig  
Geschäftsführer  
Internationale Forschungsgesellschaft INTERPRAEVENT  
c/o Abt. 8 Umwelt, Wasser und Naturschutz  
Amt der Kärntner Landesregierung  
Flatschacher Straße 70  
9020 Klagenfurt, Austria  
gernot.koboltschnig@ktn.gv.at

KARL KLEEMAYR

## BFW-Institut für Naturgefahren: Aktuelle Projekte

### Verbesserung der Erfassung der Schutzwaldkulisse und der Waldflächen mit direkter Objektschutzwirkung

Im Rahmen der Evaluierung der Förderung zur Ländlichen Entwicklung wurde das Institut für Naturgefahren vom Lebensministerium beauftragt, die Erfassung der Schutzwaldkulisse für die forstliche Raumplanung zu verbessern. Im Rahmen dieser Fragestellung wurde auch gefordert, die Beurteilung der Waldflächen mit direkter Objektschutzwirkung durch Modellierung von Massenbewegungsprozessen (Lawinen, Steinschlag) zu verbessern. Die Darstellung von Schutzfunktionsflächen im Waldentwicklungsplan (WEP) beinhaltet derzeit keine explizite Darstellung der potenziellen Startflächen und Prozessräume von Naturgefahren. Der Wald mit Objektschutzwirkung wird nach der derzeit gültigen Planungsrichtlinie (BMLFUW, 2012) im WEP als Flächenanteil der Waldfunktionsfläche und der Waldfläche angegeben. Außerdem fehlt eine Kopplung mit dem Schadenspotenzial.

Ziel ist des Projektes ist die großflächige Bestimmung von Waldflächen mit direkter Objektschutzwirkung gegenüber Schneelawinen und Steinschlag. Bereits bestehende Datensätze werden erweitert und angepasst um daraus die Startflächen abzuleiten, die Naturgefahrenprozessbereiche zu ermitteln, eine Verknüpfung mit den Wald-Layern herzustellen und die Lage schutzrelevanter Objekte zu bestimmen.

Die größte Herausforderung besteht dabei in der Wahl eines geeigneten Modellansatzes und der Entwicklung eines geeigneten Prozessmodells, das i) eine geeignete räumliche Auflösung, (ii) einen vertretbaren Rechenaufwand und (iii) eine ausreichende Aussagegenauigkeit (Geschwindigkeit, Auslauf etc.) besitzt. Außerdem muss der Ansatz die Rückrechnung vom Schadenspotenzial auf die tatsächlich schutzrelevante Waldfläche in den Prozesszonen unterstützen. Das Projekt startete Ende 2012 und hat eine Laufzeit von 2,5 Jahren.

### APP-Entwicklung WIKISNOW

In Kooperation mit dem ALPINCENTER LECH und der Firma JOINEDSYSTEMS wurde eine App zur mobilen Erfassung von Beobachtungen der Gefahrensituation für Lawinen entwickelt. Die App steht als native App sowohl für iPhone als auch für Android Smartphones zur Verfügung. Die Eingabe von ausgewählten Parametern erfolgt über kategorisierte Eingabefelder, ergänzt durch die Möglichkeit einer Freitexterfassung, die dann an den zentralen Server und an die lokale Lawinenprognose weitergeleitet werden. Selbstverständlich wird die Position mit GPS ermittelt und auch die Kamera des Telefons kann zur Dokumentation verwendet werden. Dies funktioniert auch, wenn gerade kein Empfang möglich ist, die Beobachtungen werden in diesem Fall später zum zentralen Server geschickt. Der Server selbst hat eine WEB-Oberfläche, die die gesammelten Daten anzeigt und Mails an registrierte Benutzer verschickt, sobald eine neue Beobachtung registriert wurde. Die Anwendung befindet sich zurzeit im Testbetrieb für das Alpincenter Lech.

### Feldmesskampagne für das COREH20-Projekt

Das BFW nahm an umfangreichen Messkampagnen des CoReH20 (Cold Regions Hydrology High-resolution Observatory) Projektes teil (Leitung Österreich: ENVEO-IT, Environmental Earth Observation - Information Technology). Durch die Messung physikalischer Schneedeckeneigenschaften (z.B. Schneewasseräquivalent) und deren räumlicher Variabilität mit Radargeräten von Satelliten, sollen Informationen über die Schneedecke in verschiedenen Schneeregimen und Höhenlagen gewonnen werden. Zu diesem Zweck fanden im Auftrag der ESA (European Space Agency) Feldarbeiten in Kanada, den USA, in Nordfinland und in den österreichischen Alpen statt.

Der verwendete Radar-Sensor – eingebaut in ein Flugzeug – sammelte Daten in der Leutasch (1200 m), Rotmosstal (2200 m) und Mittelbergferner (bis 3300 m). Parallel zu den Befliegungen im November, Jänner und Februar wurden umfangreiche terrestrische Messungen durchgeführt: Schneeprofile, Schneehöhenmessungen entlang vordefinierter Transekte, Schneewasseräquivalente, Oberflächenrauigkeiten, Schneepentrometer-Messungen, terrestrische Laserscans und Luftbilder von UAS (Unmanned Aerial Systems). Zusätzlich wurde eine automatische Messstation errichtet, die die zeitliche Entwicklung atmosphärischer und bodenphysikalischer Größen aufzeichnet.

### SamosAT – COSICA

Im Rahmen der seit 3 Jahren laufenden Optimierung des Lawinensimulationsprogrammes SamosAT wurde im Jahre 2012 ein wichtiger Schritt gesetzt: durch die Entwicklung des Analysetools AIMEC (Automated Indicator based Model Evaluation and Comparison) konnten erstmals hohe Anzahlen von unterschiedlichen Simulationen und unterschiedlichen Lawinestrichen systematisch verglichen werden. Im laufenden Jahr werden umfangreiche Analysen durchgeführt, um eine neue Qualität der Kalibrierung des Modells zu erreichen.

### Anschrift des Verfassers

Karl Kleemayr  
BFW – Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Naturgefahren  
Rennweg 1  
6020 Innsbruck  
Karl.Kleemayr@uibk.ac.at



Johannes Hübl, Alfred Strauss, Hans-Peter Rauch

## BOKU: Aktuelle Diplomarbeiten am Department für Bautechnik und Naturgefahren

| Autor (Diplomand)  | Thema (Titel der Arbeit)  | Abgeschlossen  |
|--|---|----------------|
| Institut für Alpine Naturgefahren (Leiter: Univ.-Prof. Dr. Johannes Hübl)                    |   |                |
| Michael Mayer  | An empirical investigation of avalanche bulletin effectiveness and the risk behaviour of Backcountry Skiers in Austria. (Diplomarbeit)  | Jänner 2013    |
| Tamara Eckhart   | Estimation of climate change impact on the runoff from a small alpine watershed in Austria. (Diplomarbeit)                              | Februar 2013   |
| Anna Lettner   | Growth of snow crystals in an artificial cloud: effect of air temperature on crystal growth. (Diplomarbeit)                             | November 2012  |
| Bernhard Payer   | Describing Snow Redistribution using a Terrain based Parameter. (Diplomarbeit)  | Juli 2012      |
| Elisabeth Hainzer  | Bauwerkserfassung und Zustandsbewertung von Schutzbauwerken im Einzugsgebiet des Bretterwandbaches. (Diplomarbeit)                      | November 2012  |
| Matthias Fleisch   | Physikalische Modellversuche zur Optimierung der Geschieberückhaltesperre am Gadriabach (Vinschgau, Südtirol). (Diplomarbeit)           | Dezember 2012  |
| Stefan Braitto   | Production of Natural Snow in an Artificial Cloud Focusing the Effects of Fog Water Temperature. (Diplomarbeit)                         | Dezember 2012  |
| Thomas Egginger  | Grundlagenerhebung und dynamische Modellierung der Murgänge am Toblacher See. (Diplomarbeit)  | September 2012 |
| Verena Pschernig   | An empirical investigation of avalanche bulletin effectiveness and the risk behaviour of Backcountry Skiers in Austria. (Diplomarbeit)  | November 2012  |
| Institut für konstruktiven Ingenieurbau (Leiter: Univ.-Prof. Dr. Konrad Bergmeister)         |   |                |
| Heidrun Lechner  | Evaluierung der Bemessungsansätze der Normenreihe ONR 24800. (Bakk-Arbeit)  | laufend        |
| Elisabeth Knoebl   | Untersuchung und Bewertung von bestehenden Sperrenanlagen. (Bakk-Arbeit)  | laufend        |
| Christoph Dich   | Entwicklung eines Bemessungskonzeptes zur Standsicherheitsberechnung von Bühnen unter Beachtung wirtschaftlicher Aspekte (Diplomarbeit) | 2013           |
| Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (Leiter: Univ.-Prof. Dr. Florin Florineth) |   |                |
| Linda Breuss   | Nachhaltige Vegetationsentwicklung an Steilböschungen   | 2013           |
| Marianne Skacel  | Monitoring ingenieurbiologischer Maßnahmen im Kühgraben im Nationalpark Gesäuse unter Berücksichtigung geomorphologischer Prozesse      | laufend        |
| Silvia Stockinger  | Optimisation of erosion protection systems - erosion-reducing effects of plants and vegetation cover during simulated rainfall events   | laufend        |
| Magdalena von der Thannen  | Der Einfluss der Vegetation auf Bodenerosionsprozesse in alpinen Einzugsgebieten Westösterreichs  | 2013           |

### Anschrift der Verfasser

Universität für Bodenkultur  
Department für Bautechnik und Naturgefahren  
Peter Jordan Straße 82, 1190 Wien  
evelin.kamper@boku.ac.at

**DI Werner Tiwald ZT-Ges.m.b.H.**

Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Werner Tiwald

staatl. befugter u. beedelter Ing.-Korn. für Forst- u. Holzwirtschaft, Wildbach- u. Lawinenverbauung

allg. beed. u. gerichtlich zertif. Sachverständiger

A-3223 Annaberg bei Mariazell, Langseitenrotte 19

A-6020 Innsbruck, Saurweinweg 5

Tel. +43 2728 20404

Fax +43 2728 20408

Mobil +43 664 2047240

E-Mail: buero@tiwald.at

Web: www.tiwald.at

**alpin.consulting**

Planung - GZPs - Simulation - Ausschreibung - Bauleitung - Gutachten - Sicherheitsanalysen

Alles im grünen Bereich.

**Schwarzenberger**  
Samen & Gartenbedarf



**Hang zur Sicherheit!**



**Für jede Lage  
das richtige Saatgut!**

Samen Schwarzenberger, Bahnhofstraße 32, A-6176 Völs / Tirol  
Tel. +43 (0)512 303 333, office@samenschwarzenberger.com

# Inserentenverzeichnis

| Firma   | Inserat Seite |
|---|---------------|
| MEVA Schalungs-Systeme Ges.mbH/<br>Alzner Baumaschinen Gesellschaft mbH | 6             |
| alpinfra consulting + engineering gmbh                                  | 25            |
| Geobruigg AG  | 97            |
| GEOCONSULT ZT GmbH  | 245           |
| GEOGNOS BERTLE  | 207           |
| Geolith Consult   | 273           |
| Gunz ZT GmbH  | 255           |
| Heli Austria  | 4             |
| Hydrotec Ingenieurgesellschaft für<br>Wasser und Umwelt mbH             | 149           |
| i.n.n.  | 176           |
| Klenkhart & Partner Consulting  | 8             |
| J KRISMER GmbH  | 135           |
| MACCAFERRI DEUTSCHLAND GmbH   | 89            |
| MAIR WILFRIED GMBH  | 281           |
| Moser/Jaritz Ziviltechniker GmbH  | 176           |
| Morath GmbH Bohrtechnik für<br>Umwelt und Energie                       | 281           |
| NAUE GmbH & Co. KG  | 113           |

| Firma   | Inserat Seite |
|---|---------------|
| OTT Hydromet  | 73            |
| PERZ PLAN Ingenieurbüro   | 112           |
| ZT Pirker&Visotschnig   | 255           |
| RECKLI GmbH   | 10            |
| Ziviltechnikerbüro Dipl.-Ing. Rainer Russ   | 255           |
| Samen Schwarzenberger   | 301           |
| Snow Control  | 177           |
| Sommer GmbH   | 283           |
| Dr. Spang Ingenieurgesellschaft für Bau-<br>wesen, Geologie und Umwelttechnik mbH | 245           |
| Tschernutter Consulting GmbH  | 273           |
| Forst-Wasser-Natur DI Werner Tiwald   | 301           |
| UBIMET GmbH   | 37            |
| UBIMET GmbH   | 189           |
| UNIDATA GEODESIGN GMBH  | 134           |
| TRUMER SCHUTZBAUTEN GMBH  | 135           |
| wysen avalanche control AG  | 169           |
| Wucher Helicopter GmbH  | U4            |







**Ein eingespieltes Team** das extreme und alltägliche Flugeinsätze souverän löst.





**Ein eingespieltes Team** das extreme und alltägliche Flugeinsätze souverän löst.

