



Wildbach- und Lawinenverbau

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

Gefahren am Hang – Schutz vor Massenbewegungen

verein der diplomingenieure
der wildbach und lawinenverbauung
österreichs

ISBN: 978-3-9503089-9-0
79. Jahrgang, Juni 2015, Heft Nr. 175

Heft 175

Wildbach- und Lawinenverbau

Impressum:

Herausgeber:

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

Redaktion:

PD Dipl.-Ing. Dr. Florian Rudolf-Miklau (Schriftleiter),

Dipl.-Geogr. Susanne Mehlhorn

c/o Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und
Wasserwirtschaft, Abteilung IV/5 – Wildbach- und Lawinenverbauung,
Marxergasse 2, 1030 Wien, Tel.: +43 1 71100 7338,

Fax: +43 1 71100 7399, florian.rudolf-miklau@wlv-austria.at

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

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

Titelbilder: links: Steinschlagschutz Grüble (Pitztal); Mitte: Gebäudeschaden durch Felssturz 2005 in Längenfeld (Tirol);

rechts: Steinschlagnetz nach Treffer (alle Bilder: die.wildbach)

verein der diplomingenieure
der wildbach und lawinenverbauung
österreichs

ISBN: 978-3-9503089-9-0
79. Jahrgang, Juni 2015, Heft Nr. 175

NEU in unserer Flotte: Bell 212 HP



Erste AS 350 B3e in Österreich

Rettungsflüge • Film- und Fotoflüge

Montagen • Tierbergungen

Lawinensprengungen • 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

Inhalt Heft 175

	Editorial		Seite 10
Laudationes	Siegfried Sauer Moser: Josef Hopf: Zum 85. Geburtstag		Seite 14
	Franz Anker: Wolfgang Kettl: Zum 80. Geburtstag		Seite 16
HAUPTBEITRÄGE zum Schwerpunktthema	Richard Bäk, Erich Lang, Michael Lotter, Ulrike Stary: Gravitative Massenbewegungen in Kärnten – Ereignisdokumentation als Grundlage für die Gefahrenbeurteilung		Seite 18
	Catrin Promper, Elisabeth Stix, Arben Kociu, Arthur Kanonier, Thomas Glade, Florian Rudolf-Miklau: ÖREK-Partnerschaft "Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumordnung": Prozess und Ergebnisse		Seite 34
	Bernhard Elsner, Michael Mölk, Annegret Jenner, Carola Kűfmann: Erfassung und Bewertung großdimensionaler Massenbewegungen aus hochauflösenden digitalen Geländemodellen – Entwurf zur Integration in den Wildbach- und Lawinenkataster (WLK)		Seite 48
	Erika Wagner, Claudia Jandl: Ausgewählte Rechtsfragen im Zusammenhang mit Steinschlagschutzbauwerken		Seite 64
KURZBEITRÄGE zum Schwerpunktthema	Roberto Loat, Markus Stoffel: Darstellung und Berücksichtigung von gravitativen Gefahren in der Raumplanung der Schweiz		Seite 74
	Herwig Proske, Christian Bauer: Methodik zur Erstellung einer Gefahrenhinweiskarte für Rutschungen in der Steiermark		Seite 84



Sicher schalen.

Bauen auf schwierigem Terrain. Am Burkbach im Team erfolgreich:

Sicher bauen. Nach bestem

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

Wissen und Gewässer.

Lawinenverbau, GBL Pinzgau. Danke für's Teamwork.

www.meva.at • Tel. 02252 209000 • www.alzner.at • Tel. 06219 80656

... mehr als nur
Schalung



Inhalt Heft 175

KURZBEITRÄGE zum Schwerpunktthema

Michael Schiffer, Christian Pürstinger:
Blockschlag Obertraun

Seite 96

Gerald Müller, Gerhard Koch, Luuk Dorren:
**Wirkungsbeurteilung und Risikoanalyse
von einem Steinschlagschutzwald an der A9 Pyhrn Autobahn**

Seite 104

Thomas Sausgruber, Daniela Engl, Florian Riedl,
Johannes Anegg, Lienhart Troyer, Robert Hofmann:
**Die Großhangbewegung Kerschbaumsiedlung –
Gefahrenprozess und Schutzkonzept**

Seite 116

Catrin Promper:
**Spatial and temporal development of landslide risk – a contribution to risk
management in the context of global change (Summary of doctoral thesis)**

Seite 128

Arnold Kogelnig, Michael Mölk:
Zerstörungsfreie Prüfung von Mikropfählen

Seite 138

Robert Hofmann, Lars Vollmert, Michael Mölk:
**Ein modernes Bemessungskonzept für Steinschlagschutzdämme
(Bautypen I bis IV) basierend auf den Ergebnissen von Modellversuchen**

Seite 144

Helmut Kulisch, Florian Riedl:
**Modellversuche zur Optimierung
hydraulischer Komponenten des RHB Höttinger Graben**

Seite 158

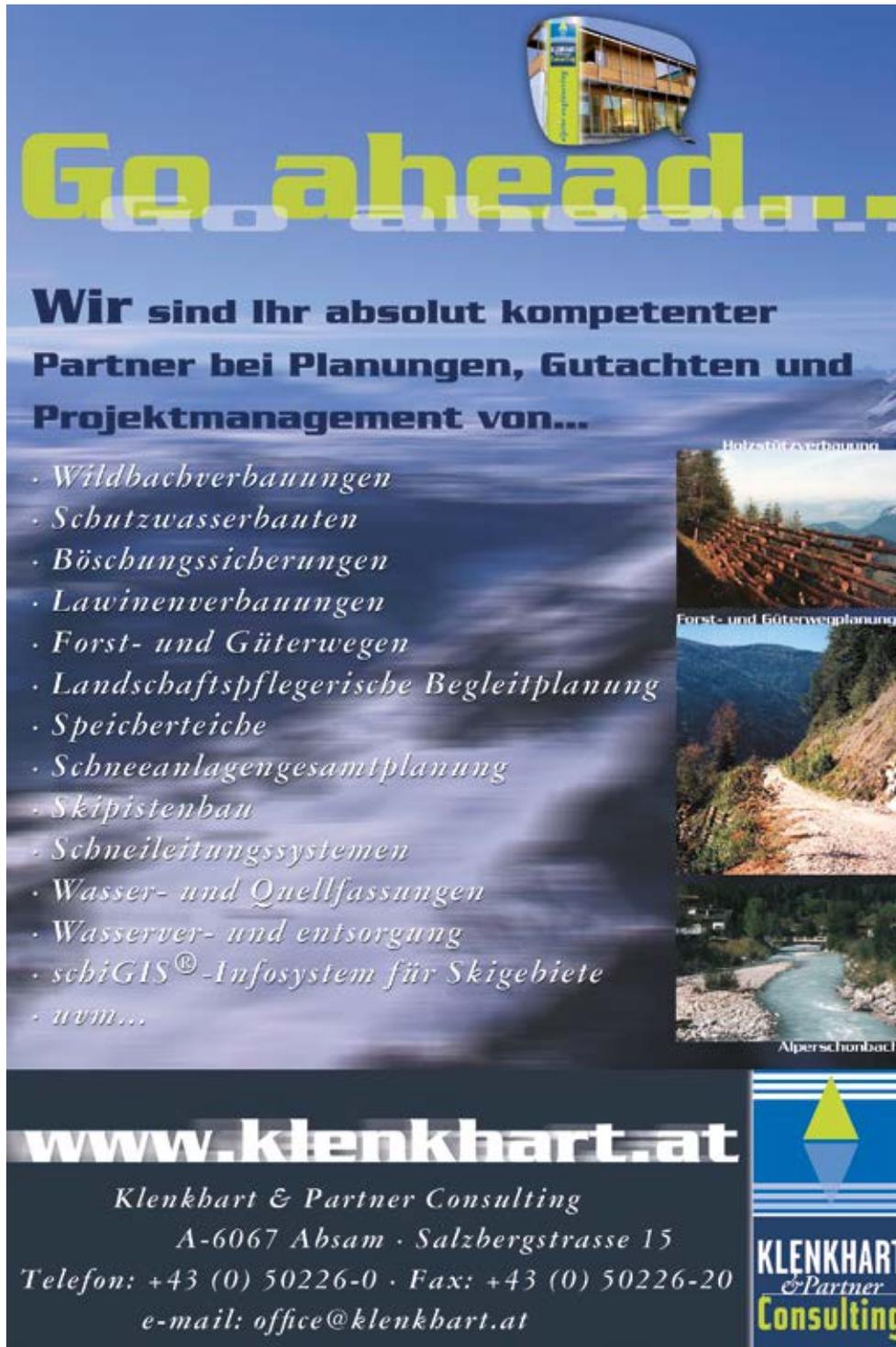
Günther Brenner, Peter Ragg, Ivo Schreiner, Alois Simon:
Der Waldbrand am Absamer Vorberg (Tirol)

Seite 176

Clemens Pfurtscheller, Anika Maltzka, Siegfried Jachs, Arthur Berbig:
**Risikoanalyse, Maßnahmenplanung und Bedarfsanalyse als Instrumente der
Naturgefahrenprävention: Pilotstudie Au im Bregenzerwald**

Seite 186

Kurzbeiträge zu anderen Themen



Go ahead...

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

- Wildbachverbauungen
- Schutzwasserbauten
- Böschungssicherungen
- Lawinerverbauungen
- Forst- und Güterwegen
- Landschaftspflegerische Begleitplanung
- Speicherteiche
- Schneeanlagengesamtplanung
- Skipistenbau
- Schneileitungssystemen
- Wasser- und Quellfassungen
- Wasserver- und entsorgung
- schiGIS[®]-Infosystem für Skigebiete
- uvm...

Holzstützverbauung

Forst- und Güterwegplanung

Alperschönbach

www.klenkhart.at

Klenkhart & Partner Consulting
 A-6067 Absam · Salzbergstrasse 15
 Telefon: +43 (0) 50226-0 · Fax: +43 (0) 50226-20
 e-mail: office@klenkhart.at

KLENKHART & Partner Consulting

Inhalt Heft 175

Praxis-Pinnwand	Clemens Pfurtscheller: Naturgefahrenprävention und Katastrophenschutz – neue Aufgaben für die Feuerwehr	Seite 204
	Paul Braun: Steinschlagschutz in Bludenz: Einsatz am Abgrund	Seite 206
Aktuelles	• Rock'n'Roll am Berghang – Steinschlagschutz in Österreich	Seite 208
	• Beständigkeit von Schutzsystemen gegen Alpine Naturgefahren Broschüren der Plattform Naturgefahren (PLANALP) der Alpenkonvention	Seite 210
	• Naturgefahren am Hang: ÖREK-Partnerschaft für die Risikovorsorge in der Raumplanung	Seite 212
	• „Rock Fall Engineering“ – Buchbesprechung	Seite 214
Verzeichnis der Inserenten		Seite 216

Florian Rudolf-Miklau, Michael Mölk

Editorial

Liebe Leserin, lieber Leser!

Im Volksmund heißt es: „Alles Gute kommt von oben!“ Betrachtet man in diesem Heft die Bilder des Wohnhauses in Obertraun, dessen Dach von einem Felsblock durchschlagen wurde, und liest, dass eine Person überlebt hat, ist man fast geneigt, an Schutzengel „da oben“ zu glauben. Für nüchtern denkende Naturgefahrenexperten mag allerdings eher das „Gottvertrauen“ der Menschen verwundern, die Häuser an Orte bauen, über denen sich hunderte Meter massigen Dachsteinkalks auftürmen. Wer ernste Zweifel hat, dass ab und zu Steine und Blöcke aus einer Felswand stürzen können, möge sich einmal über eine solche abseilen lassen, die zahllosen Spalten, Klüfte und Verwitterungsspuren betrachten und in die Tiefe blicken. Dann wird der letzte Zweifel an der „gravitativen Gefahr“ wohl bald verflogen sein! Trotzdem stehen tausende Häuser in den Alpen am Fuß steiler Felshänge und sind hunderte Kilometer Straßen von Steinschlag bedroht. Keine Naturgefahr ist so offensichtlich und sichtbar wie der Steinschlag. Und doch spricht man auch hier von „höherer Gewalt“, vielleicht in missverständlichem Sinn des Wortes?

Dieses Heft behandelt die „Gefahren am Hang“, also alle primär von Gravitation getriebenen Verlagerungen von großen Massen, die ohne Vorwarnung und mit hoher Geschwindigkeit (Energie) auftreten.¹ Es geht um Steinschläge, Fels- und Bergstürze, Rutschungen und tiefgründige Hangbewegungen. Das zeitliche Spektrum, in dem diese Gefahren ablaufen, ist enorm: Es reicht von wenigen Sekunden bis zu tausenden von Jahren, ebenso vielfältig ist die Wirkung der Prozesse auf Menschen, Gebäude, Verkehrswege und Infrastrukturen. Gemeinsam sind ihnen jedoch die zerstörerische und fallweise tödliche Wirkung sowie der lokal begrenzte Wirkungsraum.

¹ Schneelawinen, die ebenfalls zu dieser Gruppe von Naturgefahren zählen, werden diesmal ausgeklammert.

Steinschlag ist eine physikalisch recht logische Naturgefahr, die Sturzbewegung wird ausnahmslos von der Gravitation bestimmt. Es verwundert daher zunächst, dass in Österreich für Steinschlaggefahren zwar Gefahrenhinweisflächen dargestellt, jedoch bisher keine „exakten“ Gefahrenzonen ausgewiesen wurden. Als wichtigster Grund wird von Experten die Schwierigkeit der Prognose des Ortes und des Zeitpunktes von Steinschlagereignissen sowie der Bestimmung von deren Häufigkeit und Intensität angeführt. Aufgrund der Spontanität der Ereignisse sind direkte Beobachtungen kaum verfügbar und Messungen unter Naturbedingungen extrem schwierig. Außerdem wurde die Dokumentation geogener Ereignisse erst in den letzten Jahren systematisch betrieben, sodass signifikante Zeitreihen fehlen. Auch galt die Bewegung von rollenden, springenden und stürzenden Gesteinsfragmenten lange als nicht berechenbar. Intensive Forschung, die Ausarbeitung von Standards und Normen sowie die Entwicklung leistungsfähiger Computermodelle zur Steinschlagsimulation haben den „Stand der Technik“ des Steinschlagschutzes im letzten Jahrzehnt jedoch durchaus revolutioniert. Mit gleicher Dynamik hat sich auch eine Technologie der flexiblen Steinschlagbarrieren (Steinschlagschutznetze) entwickelt, die es immerhin als einzige Produktgruppe der Naturgefahrenschutzsysteme bis zur CE-Zertifizierung entsprechend der Europäischen Bauproduktenrichtlinie (EOTA-Richtlinie ETAG 027) geschafft hat. Verkehrswege im Gebirge ohne Steinschlagschutzsysteme sind heute bereits aus haftungsrechtlichen Gründen nicht mehr vorstellbar.

Es liegt auf der Hand, dass neben der technologischen Entwicklung im Bereich der Gefahrenana-

lyse und Schutztechnik auch die Raumplanung den Innovationen folgen musste. Eine entscheidende Grundlage für diese Ausgabe der Zeitschrift war die Entwicklungsarbeit in der ÖREK²-Partnerschaft „Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung“, in deren Rahmen unter der Patronanz der Österreichischen Raumordnungskonferenz erstmals Geologen, Experten der Fachplanung (Wildbach- und Lawinerverbauung, Forst, Wasser) und Raumplaner sowie Vertreter der Gemeinden und Verkehrsträger in einem gemeinsamen Entwicklungsprozess Grundsätze und Richtlinien für den Umgang und die Darstellung gravitativer Naturgefahren ausgearbeitet haben. Zahlreiche Teilnehmer dieser Partnerschaft haben Beiträge für dieses Heft, insbesondere zur umfassenden Behandlung des Steinschlagschutzes, geliefert.

Einige Beiträge behandeln auch den Komplex der Naturgefahren „Rutschung“. Auch ein nicht ständig mit geogenen Risiken befasster Leser erkennt sogleich, dass es sich dabei um Gefahrenprozesse handelt, die weder mit den konventionellen Methoden der Naturgefahrenanalyse ausreichend genau erfasst und beschrieben werden können, noch mit baulichen Schutzmaßnahmen „einfach“ in den Griff zu bekommen sind. Insbesondere die „ex ante“ Prognose, wo sich in Zukunft solche Hanginstabilitäten ausbilden werden, ist sehr schwierig und hängt in ihrer Qualität stark von verfügbaren Naturraumdaten ab (Dokumentation vergangener Ereignisse, Daten über Untergrundaufbau wie Boden und Geologie, Topographie etc.). Obwohl Geologen bereits mobilisierten Hängen in Form von seicht- und tiefgründigen Rutschungen mit höchst vielfältigen, technologisch aufwendigen Analyse- und Moni-

² Österreichisches Raumentwicklungskonzept

toringmethoden zu Leibe rücken, hat die Gefahrenbeurteilung (Entwicklung der Bewegungsraten, Tiefgang, Prognose des Wirkungsraumes ...) häufig eine sehr unsichere, ja manchmal fast spekulative Prognosequalität. Für planende Geologen ist es schwierig, den betroffenen Entscheidungsträgern und Bürgern zu vermitteln, dass teure Maßnahmen nur mit begrenzter Wahrscheinlichkeit zum Erfolg führen, ja dass ein Erreichen eines vollständigen und dauerhaften Stillstandes von tiefgründigen Bewegungen oft nicht mit technischen Maßnahmen zu erreichen ist. Häufig haben Schutzprojekte in etwa den Charakter von „Versuch und Irrtum“ und ist die Bandbreite der Expertenmeinungen vielfältig. Die Frage der Umsiedelung gefährdeter Gebäude stellt sich bei Rutschungen häufiger als bei jeder anderen Naturgefahr.

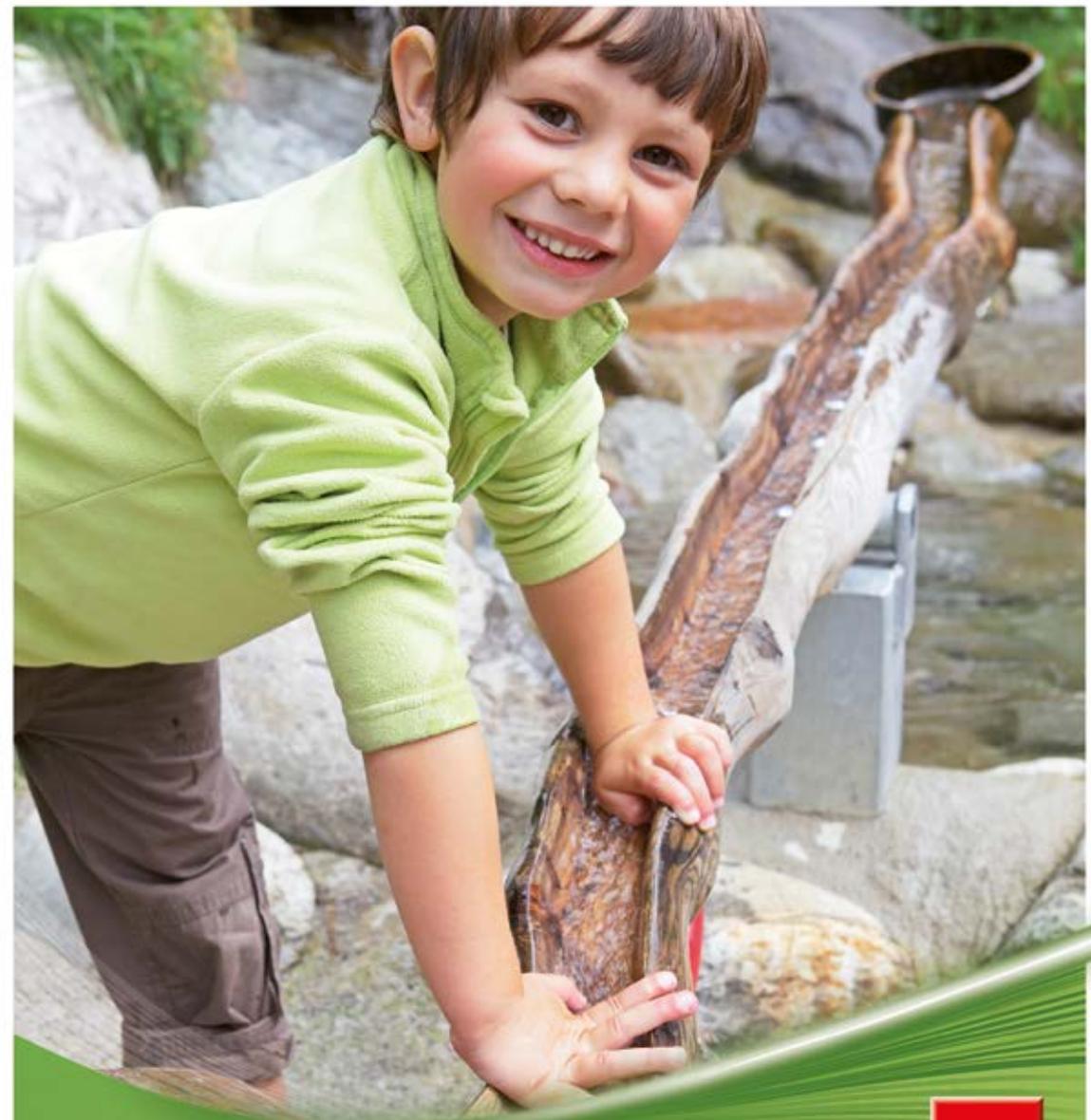
Trotz aller Unwägbarkeiten üben gravitative Naturgefahren eine besondere Faszination aus. Den Autoren ist es eindrucksvoll gelungen, die Herausforderungen und Besonderheiten der Vorsorge vor Rutschungen und Steinschlag verständlich zu machen. Geologen stehen manchmal im Ruf, in Zeiträumen zu denken, die anderen Menschen unendlich lang erscheinen, und sich für Materialien zu interessieren, die die meisten als gewöhnlicher Fels, Schutt oder Erdreich wahrnehmen. Sie blicken durch Bohrlöcher und Stollen tief in den Untergrund oder begehen steile Hänge, wo sich „Normalsterbliche“ mit Klaustrophobie und Schwindelgefühl abwenden. Geologen, zumindest jene, die sich mit Steinschlag und Rutschungen befassen, zählen daher zu jener Spezies von Naturgefahrenexperten, für die das „Gute (im Sinne von: das „Interessante“

oder „Spannende“) von oben, also vom Berghang kommt. Aber blicken nicht fast alle Leser dieser Zeitschrift gerne bergauf in Richtung „ihrer“ Muren, Lawinen oder Erosionen? Das Schwerpunktthema dieser Ausgabe liegt daher gut im Spektrum der Alpinen Naturgefahren. Selbst wenn sich manchen Lesern die Technologien und Methoden des Schutzes vor gravitativen Naturgefahren nicht erschließen sollten, so mag die Ausgabe zumindest zu einem beitragen – nämlich Geologen und „ihre“ Naturgefahren besser zu verstehen.

Für den Schriftleiter und seine Gasteditoren bereitet es immer wieder Freude zu sehen, mit welcher Wertschätzung für die Zeitschrift „Wildbach- und Lawinenverbauung“ Experten aus nahestehenden Fachbereichen die Einladung zum Verfassen von Beiträgen annehmen. Wir hoffen, dass sich diese Begeisterung für das spannende Thema der „Hanggefahren“ auf die Leser übertragen möge und dieses sich vielleicht zu einem weiteren Schwerpunktgebiet der Zeitschrift entwickelt.

Mag. Michael Mölk
Leiter der Geologischen Stelle der Wildbach- und Lawinenverbauung

PD Dr. Florian Rudolf-Miklau
Schriftleiter



tiroler
wasser
kraft

Unser *Energieschatz!*

TIWAG-Tiroler Wasserkraft AG
Service-Hotline: 0800 818 819 . www.tiroler-wasserkraft.at

SIEGFRIED SAUERMOSE

Josef Hopf: Zum 85. Geburtstag

Am 6. März 2015 wurde Josef Hopf 85 Jahre alt. Ein guter Anlass, einem der prägenden Schriftleiter dieser Zeitschrift und international anerkannten Experten der Wildbach- und Lawinenverbauung eine Laudation zu widmen.

Der Jubilar ist in Mautern (Steiermark) geboren, absolvierte Volksschule und Gymnasium in der in seinem Heimatbundesland, danach die Hochschule für Bodenkultur im Fachgebiet Forstwirtschaft in Wien und kam nach kurzer Tätigkeit bei der Waldstandsaufnahme im Jahre 1952 zur Wildbach- und Lawinenverbauung nach Tirol. Nach Dienstleistungen in Innsbruck, Osttirol, Zillertal und Östliches Unterinntal wurde Josef Hopf 1971 mit der Leitung der Gebietsbauleitung Mittleres Inntal und 1991 mit der Leitung der Sektion Tirol betraut. Zahlreiche Wildbach- und Lawinenverbauungen in den Bezirken Innsbruck-Stadt und Land, von denen der Enterbach, Gemeinde Inzing, der wichtigste war, und später im ganzen Land wurden unter seiner Leitung projektiert und ausgeführt.

Neben der normalen beruflichen Tätigkeit hat sich Josef Hopf auch international intensiv betätigt und sich vor allem in der „Community“ der Lawinenexperten weltweit einen hervorragenden Namen gemacht. So kam es nicht von ungefähr, dass nach den schweren Lawinenkatastrophen in Island im Jahre 1995 mit insgesamt 34 Todesopfern Josef Hopf in eine internationale Arbeitsgruppe gerufen wurde, welche generelle Schutzkonzepte für verschiedene lawinengefährdete Ortschaften in Island erarbeiteten. Erwähnenswert sind auch die zahlreichen Auslandsaufenthalte von Josef Hopf im Rahmen seiner Tätigkeit für die FAO, welche ihn jeweils für mehrere Monate nach Venezuela, Guatemala, Buthan, Iran, Kenya oder El Salvador führten.



Die Ausbildung der jungen Kollegen und auch die Fachdiskussion mit ihnen war im immer ein Anliegen, auch hat er deren internationale Tätigkeiten intensiv gefördert. Als junger Zugeteilter in der Gebietsbauleitung Ausserfern konnte der Gefertigte bereits an einer Studienreise nach Taiwan teilnehmen. Auch die intensive Zusammenarbeit und der Erfahrungsaustausch im Rahmen der Lawinengefahrenzonenplanung mit dem Norwegischen Geotechnischen Institut (NGI) wurde von Josef Hopf initiiert und gefördert. Ausfluss dieser Zusammenarbeit war die Weiterentwicklung des norwegischen statistischen Modells zur Berechnung von Lawinausläuflängen, welches auf seine Initiative hin auf Lawinen des Alpenraumes erweitert wurde. Die vielfältigen Kontakte, die der Dienstzweig heute zu skandinavischen Fachorganisationen wie NGI in Norwegen oder IMO in

Island unterhält, wurden auf seine Initiative entwickelt und werden heute intensiv weiter gepflegt. Josef Hopf hat somit wesentlich zum hervorragenden internationalen Ruf der Wildbach- und Lawinenverbauung beigetragen.

Wir wünschen dem Jubilar noch zahlreiche gesunde Jahre und viele gemütlich erwartete Höhenmeter gelegentlich in kollegialer Begleitung und garniert mit so mancher fachlichen Diskussion. Sein kritischer Geist inspiriert noch heute die Zeitschrift und ihre Herausgeber.

Anschrift des Verfassers / Author's address:

DI. Siegfried Sauermoser
Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Tirol
Wilhelm-Greil-Straße 9, 6020 Innsbruck
Siegfried.sauermoser@die-wildbach.at

FRANZ ANKER

Wolfgang Kettl: Zum 75. Geburtstag

Hofrat Dipl.-Ing. Wolfgang Kettl, ehemaliger Leiter der Wildbach- und Lawinenverbauung Salzburg, feierte am 27.5.2010 seinen 75. Geburtstag. Nach seinem Studium an der Hochschule für Bodenkultur trat Kettl 1958 in den Dienst der Wildbach- und Lawinenverbauung. Von 1975 bis 1986 leitete er die Gebietsbauleitung Pongau und hat in dieser Zeit besonders auf dem Gebiet einer modernen Geschiebebewirtschaftung revolutionäre Entwicklungsarbeit geleistet. Die von Hofrat Kettl entwickelten Bautypen haben sehr wesentlich zu einer gesamtösterreichischen Weiterentwicklung der Wildbach- und Lawinenverbauung beigetragen und haben ihm internationales Ansehen gebracht. Seine auf den individuellen Gegebenheiten von Einzugsgebieten basierenden Schutzkonzepte sind heute noch beispielgebend und haben weltweit Vorbildwirkung. Seine Ernennung zum Leiter der Sektion Salzburg im Jahre 1986 war vor allem mit wesentlichen Fortschritten bei der Verbesserung der Schutzwirkung des Waldes in Wildbach- und Lawineneinzugsgebieten verbunden.

Das besondere berufliche Engagement von HR Kettl wurde durch hohe Auszeichnungen des Landes und des Bundes, zuletzt mit der Verleihung des großen Ehrenzeichens für Verdienste um die Republik Österreich gewürdigt. Mit Ende September 2000 ist HR Kettl in den wohlverdienten Ruhestand getreten. Der Zeitschrift Wildbach- und Lawinenverbau war Kettl als Technischer Referent und Autor zahlreicher richtungsweisender Beiträge eng verbunden. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Sektion Salzburg wünschen dem Jubilar alles Gute und viel Gesundheit.



Anschrift des Verfassers / Author's address:

DI. Franz Anker
 GBL Pinzgau
 Schmittenstraße 16
 5700 Zell am See
 franz.anker@die-wildbach.at

RICHARD BÄK, ERICH LANG, MICHAEL LOTTER, ULRIKE STARY

Gravitative Massenbewegungen in Kärnten – Ereignisdokumentation als Grundlage für die Gefahrenbeurteilung

Gravitational mass movements in Carinthia – documentation of occurrences as a base of hazard assessment

Zusammenfassung:

Die Bedrohung des alpinen Lebensraumes durch Rutschungen und Steinschläge erfordert Werkzeuge zur Prognose gefahrensensibler Bereiche und Beurteilung des Gefahrenpotenziales. Eine wesentliche Grundlage für die Ausweisung gefahrensensibler Bereich bilden Ereignisdokumentation, Prozesshinweiskarten und Gefahrenhinweiskarten. Zu diesem Zweck wurde ein Ereigniskataster installiert, in dem die bekannten Ereignisse seit etwa 1960 nach den 5 W-Fragen erfasst werden (etwa 1820 Ereignisse). Dabei werden die Ereignisse Prozess-bezogen (stürzende, rutschende, fließende) und abgestuft nach Größe (Fläche, Volumen) lagebezogen erfasst. Diese Ereignisdokumentation erlaubt in Verbindung mit Prozesshinweiskarten und Gefahrenhinweiskarten eine erste Abschätzung des Gefahrenpotenziales. In dem Beitrag wird eine Übersicht über die erfassten Ereignisse, eine Aussage über räumliche Verteilung und Häufigkeit von Prozessstypen gegeben.

Stichwörter: Gravitative Massenbewegungen, Ereigniskataster, Gefahrenhinweiskarten

Abstract:

Landslides and rock fall threaten the living space of alpine areas. Predictions of areas prone to landslide and rock fall as well as the hazard assessment require suitable tools like documentation of events, process indication maps and landslide susceptibility maps. For this reason a database to register the known occurrences since 1960 was developed. The database contains at the time of writing 1820 events differentiated in process types (rock fall, landslide and earth/debris flow) and dimension (area, volume estimated). By means of the documentation of occurrences, the process indication maps and landslide susceptibility maps it is possible to estimate the general hazard potential in the susceptibility areas. An overview of documented events and a conclusion for spatial distribution and frequency will be given in the article.

Keywords: *Gravitational mass movements, event register, landslide susceptibility maps*

Einleitung

Gravitative Massenbewegungen bedrohen den alpinen Lebensraum und verursachen zahlreiche Risiken (Rudolf-Miklau et al., 2011). Der steigende Siedlungsdruck in alpinen Tälern, der Ausbau von Verkehrswegen und der Tourismus führen zu einer zunehmenden Nutzung von Naturgefahren-exponierten Gebieten und erzeugen einen Bedarf nach Karten, die gefahrensensible Gebiete anzeigen. Durch das Erfassen des Gefahrenpotenzials soll gewährleistet werden, dass die zukünftige Raumnutzung trotz des Siedlungsdrucks auf das natürliche Gefahrenpotenzial abgestimmt und durch gezielte Schutzmaßnahmen bestehendes Risikopotenzial nach Prioritäten vermindert werden kann. Dies erfordert eine fachlich fundierte Erfassung, räumliche Darstellung und Bewertung der Anfälligkeit alpiner Hänge für die oben angeführten gefahrenrelevanten Prozesse. Um geeignete Methoden und Standards zur Erstellung von Gefahren(hinweis)karten zu entwickeln, wurden im letzten Jahrzehnt zahlreiche Forschungsarbeiten durchgeführt: Im Rahmen von internationalen Projekten wie AdaptAlp, SAFELAND, PERMANET und Massmove wurden Mindeststandards zur Erstellung von Gefahren(hinweis)karten entwickelt. Im Materialienband zur ÖREK-Partnerschaft „Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung“ (ÖROK, 2015) werden diese Mindestanforderungen zusammenfassend publiziert.

Gefahrenhinweiskarten weisen gefahrensensible Gebiete ohne Aussagen über mögliche Intensitäten bzw. Eintrittswahrscheinlichkeiten aus. Für die Abschätzung des Gefahrenpotenziales sind Informationen zum möglichen Prozess und dessen Intensität erforderlich. Vergangene Ereignisse bilden die Grundlage für die Einschätzung. In den fachlichen Empfehlungen zum Materialienband wird die Notwendigkeit der Dokumentation

von Ereignissen für die Gefahrenbeurteilung aufgezeigt (Kanonier, 2015).

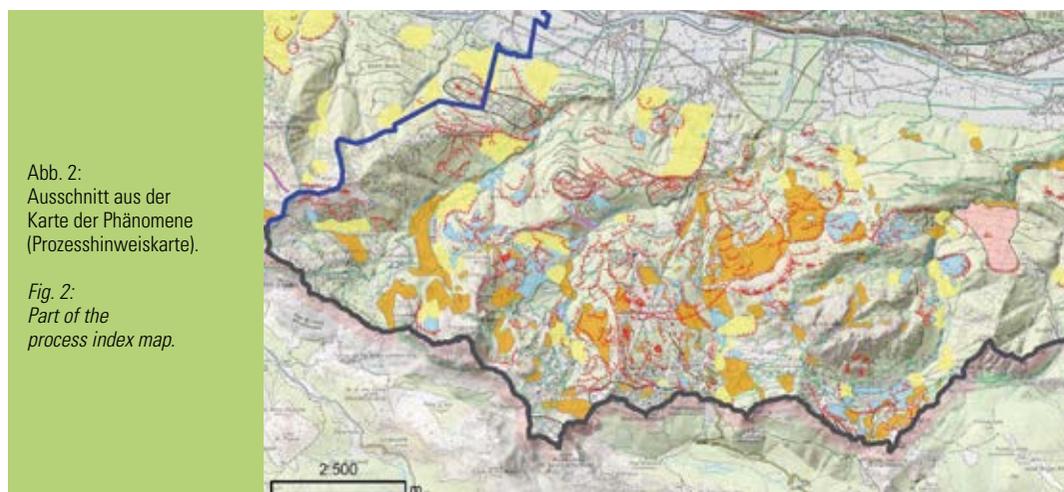
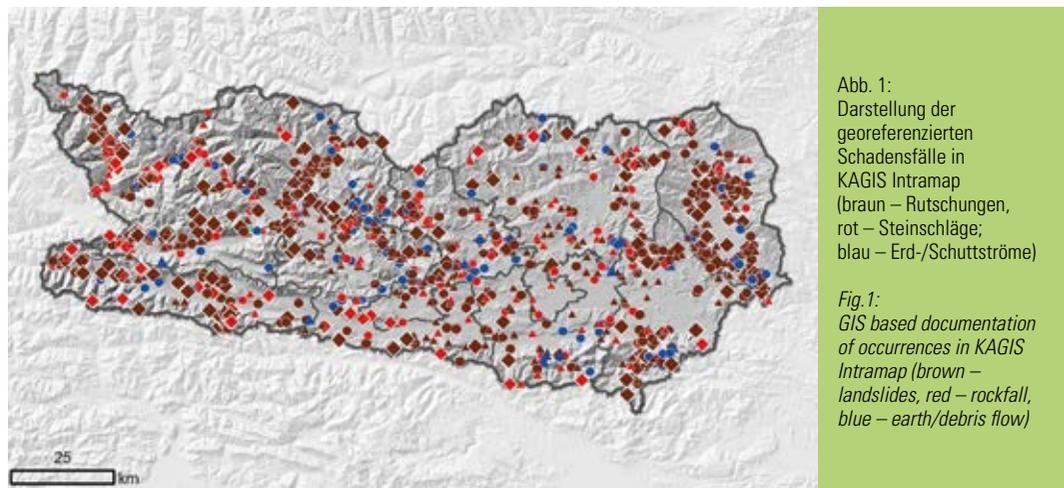
Im Rahmen eines nationalen Projektes Kärntens wurde ein digitaler Ereigniskataster entwickelt, in dem die seit etwa 1960 dokumentierten Schadensfälle nach den „5 W-Fragen“ erfasst werden (Bäk et al., 2005). Dieser bildet in Verbindung mit einer flächenhaften Darstellung von Altstrukturen (Karte der Phänomene bzw. Prozesshinweiskarte) und von regionalen Gefahrenhinweiskarten betreffend seichter Rutschungen und Steinschläge die Grundlage für eine zukünftige Gefahrenabschätzung sowie die Festlegung des weiteren Handlungsbedarfs.

Digitaler Ereigniskataster und Prozesshinweiskarte

Allgemeines

Im Rahmen des Projektes „Naturgefahren Kärnten“ wurde ein Ereigniskataster (EK) erstellt, in dem die in den letzten 60 Jahren dokumentierten Schadensereignisse nach den „5W-Fragen“ („Was hat sich wann wo und warum ereignet und wer hat dokumentiert?“) georeferenziert erfasst wurden. Seit 2002 werden die Ereignisse auf Basis eines Formblattes (Erstmeldung) systematisch aufgenommen. Bezüglich der aus dem geologischen Landesarchiv erhobenen Daten ist festzuhalten, dass Verortung, Zeitpunkt des Ereignisses und Aussagen zur Ereignisdimension teilweise ungenau sind. Diese Unsicherheiten werden durch ein Qualitätsmerkmal gekennzeichnet. Wenn man die Zahl der erfassten Ereignisse (Tabelle 1) seit 1960 betrachtet, fällt auf, dass der geologische Dienst vor 1985 nur vereinzelt zu Schadensfällen, seit 1985 offensichtlich häufiger angefordert wurde.

Die im EK erfassten Ereignisse (Abbildung 1) betrafen vor allem den Dauersiedlungsraum. Für die Bereiche außerhalb dieses Gebietes fehlen entsprechende Dokumente. Schadenseinwir-



kungen auf den alpinen Siedlungsraum sind aber auch auf labile Gebiete außerhalb des sogenannten planungsrelevanten Raumes zurückzuführen. Deshalb sind für eine nachhaltige Raumplanung auch diese Ereignisse für die Gefahrenbeurteilung von entscheidender Bedeutung.

Auf Grundlage des Literaturstudiums, geologischer Kartenwerken, Luftbildauswertungen, Auswertungen des digitalen Höhenmodelles und ergänzender Erhebungen wurde im Rahmen des Projektes „Naturgefahren Kärnten“ von der Geologischen Bundesanstalt (GBA) eine Prozesshinweiskarte (Abbildung 2) erstellt, die auf (teilweise prähistorische) Altereignisse hinweist (etwa

5 % der Landesfläche). Eine regionale Auswertung des Ereigniskatasters zeigt Gebiete mit höherer Ereignisdichte, die sich zum Teil mit diesen instabilen Bereichen der Prozesshinweiskarte decken.

Ereigniskataster: Inhalt und Auswertung

Seit Einführung des Ereigniskatasters werden je nach Jahreswetterlage zwischen 30 – 154 Ereignisse pro Jahr erfasst. In den Jahren 1966, 1975, 1993, 1996, 1998, 2000, 2004, 2005, 2009, 2012, 2013 und 2014 ist witterungsbedingt eine Häufung von Ereignissen festzustellen, wobei weite Teile Kärntens betroffen waren.

Im Ereigniskataster werden die Ereignisse nach Prozessart und Ereignisgröße geordnet erfasst: Bei rutschenden Ereignissen wird nach dem Flächenausmaß zwischen Rutschung klein (bis 250 m²), Rutschung mittel (bis 1000 m²) und Rutschung groß (> 1000 m²) unterschieden. Bei fließenden Bewegungen (Erdströme, Schuttströme, synonym Hangmuren) wird die Intensität über Flächenausmaß der Anbruchfläche und bewegter Masse (Volumen) abgeschätzt. Bei stürzenden Prozessen wird zwischen Blockstürzen (Einzelblöcke variabler Größe), Steinschlag (bis 100 m³), Felssturz (bis 100.000 m³), Felssturz groß (bis 1 Mio. m³) und Bergsturz (>1 Mio. m³) unterschieden. Damit wird eine Klassifikation der Ereignisse nach Prozessart und „Intensität“ vorgenommen (Tabelle 1). Geschätzte Flächenausmaße und Volumina können über den Ereigniskataster abgerufen werden.

Der Ereigniskataster belegt, dass die meisten Rutschereignisse in die Kategorie klein bis

mittel fallen, während große Ereignisse nur selten auftreten. Während es sich bei den kleinen bis mittleren Rutschungen vorwiegend um Translationsgleitungen handelt, sind die großen Rutschungen vorwiegend als Rotationsgleitungen bzw. kombinierte Rutschungen anzusprechen. Erdströme und Schuttströme sind zwar meist durch geringe Volumina gekennzeichnet, verursachen aber durch explosionsartiges Auftreten und raschem Abfließen erhebliche Schäden an Bausubstanzen und verursachen die Unterbrechung von Verkehrswegen. Großvolumige Schuttströme treten vereinzelt – vorwiegend in Kalkschutthalden der Karawanken und des Drauzuges sowie der Gailtaler Alpen – auf. Während bei den Rutschungen zumeist geringe Transportweiten zu verzeichnen sind, können bei Erd- und Schuttströmen Transportweiten weit über 100 m beobachtet werden. Die großen Rutschungen – überwiegend Rotationsgleitungen bzw. kombinierte Rutschungen – sind durch geringe

Prozesstyp	Anzahl	Anzahl > 10.000 m ³	Anzahl > 10.000 m ²
Blocksturz	96		
Steinschlag (- 100 m ³)	216		
Felssturz (bis 100.000 m ³)	62	7	
Felssturz groß (> 100.000 m ³)			
Rutschung klein (bis 250 m ²)	626		
Rutschung mittel (bis 1000 m ²)	360		
Rutschung groß (> 1000 m ²)	262	46	52
Erdstrom	170		
Schuttstrom	25		
Summe	1817		

Tab. 1: Anzahl der erfassten Ereignisse nach Prozessart und Größenordnung.

Tab. 1: Number of documented events differentiated in process types.

Transportweiten charakterisiert. Zumeist handelt es sich um geringe Bewegungsraten (cm bis dm/Jahr); anlässlich von Niederschlagsperioden kommt es durch Erosion bzw. Anstieg des Bergwasserspiegels zu Beschleunigungen (bis m/Tag).

Bei den stürzenden Prozessen dominieren Blockstürze und Steinschläge, während Felsstürze selten auftreten. Während Blockstürze und Steinschläge häufig Siedlungsraum und Infrastruktur betreffen, sind die Felsstürze zumeist im alpinen, forst- und landwirtschaftlich genutzten Raum situiert.

Soweit möglich werden im Ereigniskataster auch die „Auslöser“ erfasst (Mehrfachausagen möglich): Die meisten Rutschungen treten anlässlich besonderer Witterungsbedingungen – insbesondere bei Kombination von Schneefall und Starkregen (1966, 1975, 1993) oder Starkregen nach länger anhaltenden Regenperioden – auf. Dementsprechend werden die kleineren und mittleren Ereignisse am häufigsten durch unkontrollierten, konzentrierten Oberflächenabfluss, durch Erosion an Gerinnen und durch erhöhten Hangsickerwasserstrom ausgelöst.

Steinschläge werden hauptsächlich durch den Frost-Tau-Wechsel verursacht. Faktoren wie ungünstige Raumlage von Trennflächen, Auflockerungserscheinungen (Zugspalten) und Verwitterung erhöhen die Anfälligkeit für Sturzergebnisse. In den letzten Jahren traten auch Blockstürze an steilen Hängen ohne erkennbare Klippen (Felswände) infolge Windwurf auf.

Räumliche Verteilung von Rutschung und Steinschlag in Kärnten

Grundlagen

Im Rahmen des Projektes „Naturgefahren Kärnten“ wurde auf Basis der Festgesteinsgeologie, der Klimafaktoren und der relative Felsklippenhöhe (Kartenwerk nur teilweise vorhanden) die Dis-

position für stürzende Ereignisse ermittelt. Unter Berücksichtigung der nur teilweise vorhandenen Klippenkarte wurde für die gesamte Landesfläche die mittlere bis hohe Anfälligkeit auf ca. 10 -12 % der Landesfläche geschätzt.

Für gleitende/kriechende Ereignisse wurde auf Basis der Lockergesteinskarte von Kärnten, der Waldbestand und der Hangneigung, für ca. 5 % der Landesfläche eine hohe Anfälligkeit und für 20 % eine mittlere Anfälligkeit ausgewiesen. Die dokumentierten Ereignisse sind zu einem hohen Anteil im Bereich der mittleren Anfälligkeit situiert. Dies hängt damit zusammen, dass die mittlere Anfälligkeit Raumanteile betrifft, die einer intensiven menschlichen Nutzung unterliegen, während Regionen mit hoher Anfälligkeit zumeist Regionen mit extensiver Raumnutzung sind (hochalpine Bereiche, extreme Steilhänge).

Gleitende, kriechende und fließende Massenbewegungen

Erdströme treten häufig in den kristallinen Gebieten Kärntens mit feinsandig-schluffigen Deckschichten (Hanglehm, Hangschutt) und in Moränenablagerungen in Erscheinung. Teilweise treten die Erdströme auch in Bereichen auf, wo der Untergrund aus mergeligen Schichten (östliche Karawanken) oder aus Konglomeraten mit karbonatischer Bindung (Sattnitz) besteht. Regional häufig betroffen sind das Gegental, der Westabhang der Koralpe und die östlichen Karawanken. Vereinzelt sind Ereignisse am Nordeinhang des Gail- und Lesachtales, im oberen Mölltal, im Liesertal sowie im Oberen Gurktal dokumentiert. Während die Erdströme im Gegental und im Bereich der Koralpe im Umfeld von Altstrukturen (Karte der Phänomene) zu finden sind, kann in den übrigen Landesteilen dieser Konnex meist nicht festgestellt werden.

Schuttströme treten vorwiegend in den Kalkzügen Kärntens (Drauzug, Karawanken) auf,

wo Kalkschutthalde bei extremen Niederschlägen mobilisiert werden. Am Südabhang der Saualpe sind in der Prozesshinweiskarte Großstrukturen ausgewiesen, die spät- bis postglazialen Prozessen zuzuordnen sind. In diesen von Kriechverformungen betroffenen Massenbewegungen treten Schuttströme in forstwirtschaftlichen Flächen auf.

Kleinere und mittlere Rutschungen finden in fast allen Regionen Kärntens statt. Häufig betroffen sind die nördlichen Einhänge des Gail- und Lesachtals, wo feinkornreiche Verwitterungsdecken und glaziale Ablagerungen zu finden sind. Ähnlich verhält es sich mit den Abhängen der Kreuzeckgruppe zum Oberen Drautal sowie den Einhängen zum Mölltal und Liesertal. Im Gegental und in der Ossiacher Seenfurche werden vorwiegend die nördlichen Einhänge von Rutschungen erfasst, wo in der Prozesshinweiskarte zahlreiche Altstrukturen ausgewiesen sind. Die feinsandig-schluffige Verwitterungsdecke von Kor- und Saualpe ist ebenfalls relativ häufig von kleinen und mittleren Rutschungen betroffen.

Große Rutschungen (Fläche > 1000 m²) sind häufig in Regionen zu finden, wo Altstrukturen die Labilität des Hanges anzeigen.

Stürzende Ereignisse

Blockstürze und Steinschläge finden vorwiegend in den aus Kalken aufgebauten Gebirgszügen (Karawanken, Westteil der Karnischen Alpen, Drauzug und Gailtaler Alpen) statt. Stürzende Ereignisse in den kristallinen Höhenzügen werden vor allem im oberen Mölltal sowie am Nordeinhang des Gegentales und zur Ossiacher Seenfurche beobachtet, wo hohe Felswände mit ausgeprägten Auflockerungserscheinungen entwickelt sind. Die Konglomeratwände der Sattnitz neigen auf Grund ihrer Verwitterungsanfälligkeit und hangparalleler Spannungsklüfte zu Blockstürzen und Steinschlägen.

Große Massenbewegungen – ausgewählte Fallbeispiele

Große Rutschungen (> 10000 m²/ $> 10000 \text{ m}^3$): Überblick

Im Bereich des Naßfeldes (Karnische Alpen) sind die paläozoischen Schiefer von großflächigen, tiefgründigen Gleitungen betroffen, in denen bei Hochwasser infolge Erosion an der Rutschungstirn (z.B. Pfarrriegelrutschung 1983) und infolge des erhöhten Hangsickerwasserstroms Teilschollen mobilisiert werden. Diese paläozoischen Gesteine sind nicht nur am Naßfeld (Einzugsgebiet Oselitzenbach), sondern auch in den Parallelgräben betroffen: Im Doberbach wurde 2012 eine in der Karte der Phänomene ausgewiesene Altstruktur reaktiviert, deren Anrisskanten im digitalen Höhenmodell erkennbar sind. Die Differenz zwischen linearen Strukturen in der Prozesshinweiskarte und Höhenmodell haben ihre Ursache im Erhebungsmaßstab der geologischen Karte.

Im Bereich des Lammergrabens (Laas/Kötschach-Mauthen) sind am bewaldeten Einhang in den Schichten der Laas-Formation (Unterperm) Nackentälchen entwickelt, die die Labilität des Hanges anzeigen. Bei Hochwasser liefern die Verwitterungsprodukte dieser grobklastischen Gesteine ein beträchtliches Geschiebepotenzial, das in der Vergangenheit zu einer Verwüstung der Ortschaft Kötschach geführt hat. Wie in diesem Fall bedingen auch im Lesachtal große Rutschungen (in Einhängen zu Seitengräben) durch das hohe Geschiebepotenzial Risiken für den Dauersiedlungsraum. Die Rutschflächen selbst sind meist in land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen gelegen oder betreffen sie zum Teil Verkehrswege wie die B 111 Gailtal Straße (z.B. Mattingbachbrücke).

In den Nord-Süd verlaufenden Entwässerungsgräben der Kreuzeckgruppe zum Drautal sind an den Einhängen im digitalen Höhenmodell

große Massenbewegungen zu erkennen, die nur z.T. in der Prozesshinweiskarte erfasst sind: Im Draßnitzbachgraben (Dellach im Drautal) sind rechtsufrig des Wildbaches zwei alte Talzuschübe (Lotter et al., 2009) entwickelt, in denen bei Hochwasser (Erosion am Hangfuß) sowie bei Kluftwasseranstieg Teilschollen mobilisiert werden. Diese Talzuschübe sind in der Prozesshinweiskarte nicht enthalten, aber im digitalen Höhenmodell erkennbar. Das Geschiebepotenzial ist für die Ortschaft am Schwemmfächer relevant.

Im oberen Mölltal sind in der Prozesshinweiskarte Großstrukturen ausgewiesen. Die meisten Strukturen sind nach der letzten Vereisung auf Grund der hohen Reliefenergie entstanden. Teilweise sind die Strukturen als aktiv einzustufen (z.B. Talzuschub Gradenbach/Eggerwiesenkopf sowie Judenbrücke, Großkirchheim): Die aktuelle Bewegung am Eggerwiesenkopf ist auf die Unwetter bedingte Erosion am Gradenbach 1965/1966 zurückzuführen. Die Kriechbewegung im Bereich der Judenbrücke wird durch die fortschreitende Erosion der Möll an einer Gefällstufe verursacht. In den Karawanken sind vor allem mächtige Kalkschutthalden von Rutschungen betroffen, die zum Teil Schuttstrom-artig abfließen. Großfläche Kriechbewegungen treten innerhalb mergeliger Schichten und in paläozoischen Schieferen bzw. in deren feinsandig-schluffigen Verwitterungsprodukten auf. Diese labilen Flächen sind zum Großteil in der Prozesshinweiskarte erfasst.

Die kristallinen Gesteine der Koralpe und Saualpe sind tiefgründig verwittert. Diese Höhenzüge waren in der letzten Eiszeit nicht vom Inlandeis bedeckt (van Husen, 1987). Spuren der Vereisung finden sich in einzelnen Karen bzw. im oberen Görtschitztal (Murtalglötscher, Raum Hüttenberg). Die Verwitterungsprodukte waren offensichtlich beim Auftauen des Permafrostes von großflächigen Kriech-/Fließbewegungen betroffen. Die in der Prozesshinweiskarte ausgewiesenen

Flächen sind als extrem rutschanfällig anzusprechen und von Kriechbewegungen betroffen. Vor allem am Saualpen-Südfuß treten Rutschungen auf, wobei Bewegungsraten von mehreren Metern bis Zehnermetern pro Jahr zu verzeichnen sind. Betroffen sind zumeist land- und forstwirtschaftliche Flächen bzw. Verkehrswege.

Im Lavanttal (Talboden und Hangfußbereich von Saualpe und Koralpe) finden sich feinsandig-schluffige, tonige Ablagerungen des Jungtertiärs. Diese Schichten sind extrem wasserempfindlich und rutschanfällig, wobei Kriechbewegungen auch bei Hangneigungen unter 15° auftreten.

Felsstürze: Überblick

Wie aus der Tabelle 1 ersichtlich, sind Felsstürze > 10.000 m³ sehr selten, zumeist an hohe Wandstrukturen gebunden und in alpinen Regionen mit extensiver Bewirtschaftung gelegen. Bis auf ein Ereignis haben sich alle Großereignisse in den Kalkzügen Kärntens ereignet. Felsstürze über 100.000 m³ wurden seit 1348 keine verzeichnet. Der Felssturz 1987 an der Reppwand (ca. 50.000 m³) ereignete sich im Trogkofelkalk. Die Ablösung an Wandparallelen Klüften in diesen rigiden Kalksteinen ist auf die Deformation der unterlagernden weichen paläozoischen Schiefer zurückzuführen.

Im Bereich der Anettwände (Oberdrauburg) ist es in den letzten Jahrzehnten wiederholt zu Felsstürzen gekommen. Deponieraum der Ereignisse war die Blockschutthalde am Fuße der etwa 500 m hohen Wand, die durch Altereignisse entstanden ist. Teilweise sind einzelne Blöcke bis ans Nordufer der Drau gelangt, so dass ein Verbindungsweg im potenziellen Wirkungsraum für den öffentlichen Verkehr gesperrt werden musste.

An der Südwand des Dobratsch mit den vorgelagerten Bergsturzhalden tritt häufig Stein-

schlag oder Felssturz auf, wobei das Sturzmaterial in den Bergsturzhalden (Ödland) zur Ablagerung gelangt.

Im Bereich des Loibltales sind bei einem Felssturz von etwa 30.000 m³ zwei große Blöcke (30 bzw. 60 m³) bis zum Parkplatz Tscheppaschlucht gelangt. Wegen dem Steinschlagpotenzial an der oberliegenden Felswand wurde auf Basis einer computergestützten Steinschlagsimulation der Wirkungsraum untersucht und zum Schutz des Parkplatzes ein 8 m hoher Schutzdamm errichtet.

Ein Felssturz auf der Petzen hat eine Schipiste betroffen. Die beiden Sturzrinnen sind in der Gefahrenhinweiskarte für Steinschlag ersichtlich. Für die Sicherheit an der Schipiste wurden Steinschlagzäune errichtet.

Auf der Turracher Höhe (Schoberriegel) hat sich ein Felssturz an einem Hang ereignet, an dem in zwei Schuttrinnen wiederholt Ereignisse auftreten. Während die Gefahrenhinweiskarte für Steinschlag die in der Natur erkennbaren Halden abbildet, ist in der Prozesshinweiskarte eine große Sturzhalde dargestellt. Diese Fläche entspricht einem prähistorischen Ereignis; für das derzeitige Gefahrenpotenzial ist diese Fläche nicht relevant.

Fallbeispiel Talzuschub Gradenbach (Eggerwiesenkopf)

Allgemeines

Das Einzugsgebiet des Gradenbaches umfasst eine Fläche von rund 32 km² südlich des Alpenhauptkammes in der Schobergruppe. Der Bereich des Talzschubes liegt linksufrig am Ausgang des Gradentales, hat ein Ausmaß von ca. 2 km² bei einer Breite von 900 bis 1000 m und reicht von der Grabensohle bis in Kammnähe. In Wechselwirkung mit dem am Hangfuß fließenden Wildbach kam es zur Bedrohung der Ansiedlung im Mündungsbereich des Gradenbaches und der im Mölltal stromabwärts gelegenen Ortschaften (Lang & Hagen, 1999).

Relief und Geologie

Die linke Grabenseite (Talzuschubsseite) ist in Bachnähe durch die aktiven Felsanbrüche übersteilt (bis über 50°), weiter hangaufwärts aber im Durchschnitt nur ca. 25° geneigt. Das Relief des gesamten Hanges ist sehr unruhig mit Wechsel steiler und flacher Zonen. Auf der Ostseite der Hangbewegung ist ab 1400 m SH bis 2150 m SH die Hauptabbrisskante deutlich ausgeprägt. Im obersten Bereich weist die Abbruchkante eine Höhe von ca. 40 m auf. Die westliche Begrenzung des Talzschubes ist, bedingt durch die Überdeckung mit Felssturz- und Moränenmaterial, oberflächlich schwerer erkennbar (Kronfellner-Kraus, 1974).

Auf Basis seismischer Untersuchungen und der Ergebnisse von Bohrungen konnte mittels Modellrechnung (Brückl & Brückl, 2006; Brückl et al., 2006) eine durchschnittliche Mächtigkeit des Talzschubs von 70 m (Maximum: 120 m) und ein Volumen von rund 120 Mio. m³ bewegter Masse errechnet werden.

Der Talzuschub liegt zur Gänze in den Gesteinsserien der Matreier Zone. Diese ist durch eine Folge von Phylliten gekennzeichnet. Die Lagerung in weiten Bereichen des Talzschubes ist durch ein SE bis ESE Streichen und ein Fallen von 30° bis 50° nach SW bzw. SSW gekennzeichnet und entspricht damit der umgebenden Lagerung des ungestörten Gesteinsverbandes der Matreier Zone (Weidner et al., 2011).

Hangbewegung und Gegenmaßnahmen

Die Hangbewegungen sind bereits auf Bilddokumenten des Jahres 1870 und ca. 1880 bis 1885 festgehalten. In der Schluchtstrecke des Gradenbaches sind Verheerungen bis hinauf zum Waldrand dokumentiert. Ein von Kronfellner-Kraus (1974) durchgeführter Vergleich der Katasterkarte aus dem Jahr 1826 mit einem Luftbild von 1967 zeigt Verschiebungen einiger Punkte bis zu 60 m.

Erste Verbauungen wurden bereits in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts vorgenommen. Die bisher schwersten Schäden wurden bei den Hochwasserereignissen der Jahre 1965/66 verzeichnet, bei denen ca. 1,3 Mio. m³ Geschiebe auf dem Schwemmkegel des Gradenbaches und in der Möll abgelagert wurden. Dabei wurde die Mölltaler Bundesstrasse auf ca. 300 m weg gerissen. Die Vermurungen des auf dem Schwemmkegel liegenden Ortes Putschall führten zur Umsiedlung von 15 Häusern. Nach den Ereignissen 1965 und 1966 wurde im Bachbett des Gradenbaches Betongrundschwellen errichtet, um die Bachsohle zu heben. Am Hang selbst wurden ein Entwässerungssystem installiert sowie flächenwirtschaftliche Maßnahmen gesetzt, um den Hang zu stabilisieren.

Monitoring - Auslöseursachen

Das Einzugsgebiet des Gradenbaches wurde nach diesen Katastrophenereignissen vom Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) mit einem Monitoringsystem ausgestattet. Messtechnisch erhoben werden neben Klima- bzw. hydrologischen Daten (Niederschlag, Abfluss, Temperatur) der Bergwasserspiegel, Quellschüttungen und Hangbewegungen. Ergänzt werden diese Informationen durch turnusmäßige Erhebungen und Beobachtungen (z.B. Schneewasseräquivalente). Die Daten dieses Monitorings dienen u.a. der Kontrolle der Wirksamkeit der Maßnahmen sowie der Verbesserung des Verständnisses von Wirkungszusammenhängen und Prozessen großer Massenbewegungen als Grundlage künftiger Maßnahmen (Lang & Stary, 2009).

Wie die Aufzeichnungen der Hangbewegungen zeigen, ist der Talzuschub Gradenbach nach wie vor aktiv. Zeiten relativ kleiner Bewegungen wurden wiederholt von Schüben mit starken Bewegungen abgelöst (Abbildung 3),



Abb. 3: Hangbewegung im Schluchtbereich des Gradenbaches.

Fig. 3: Slope movement in the gorge area of the Gradenbach torrent.

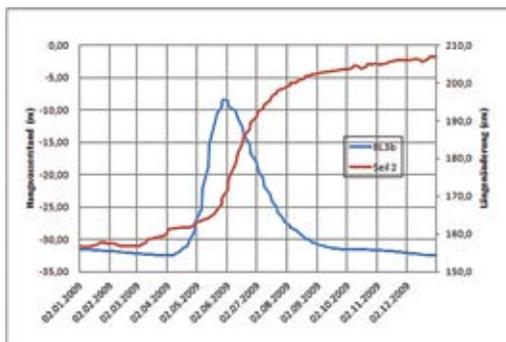


Abb. 4: Zusammenhang zwischen Bergwasserstand (Bohrloch 3) und Hangbewegung (Drahtextensiomter, Seil 2).

Fig. 4: Relationship between mountain water level (gauge 3) and slope movement (steel wire extensometer, rope 2).

die nicht gleichmäßig über den gesamten Hang verlaufen. Maßgeblichen Einfluss auf die Bewegungen haben der Niederschlag, die Hangdurchfeuchtung und die Veränderung der Hangwasserspiegellage (Abbildung 4; Kronfellner-Kraus 1980; Weidner, 2000). Weidner beschreibt ein „worst-case-Szenario“, bei dem eine plötzliche Mobilisierung und das Abrutschen des gesamten unteren Bereichs des Talzschubes angenommen wird. Als Bedingung dafür nennt er das Zusammentreffen von extremen Schneehöhen wie im Winter 1917 und heftigen Regenfällen in der Zeit der Schneeschmelze wie im Jahre 1975.

Aktuelle Gefahreinschätzung - Online-Monitoring

Ab 2004 wurden von TU-Graz und TU-Wien aus Mitteln der österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW) Monitoringsysteme am Talzuschub Gradenbach installiert. Diese Systeme umfassen hochpräzise Lagemessungen am Hang, Messungen der Veränderungen der Spannungsverhältnisse und seismische Aufzeichnungen im Untergrund. Die Daten dieser Messungen sowie die des BFW laufen in der öffentlich zugänglichen Plattform „GBonline“ zusammen, welche an der TU-Graz eingerichtet wurde.

Auf Grund der Einschätzung der aktuellen Gefahrensituation (Lienhart et al., 2013; Brückl et al., 2011) zielt daher der nächste Schritt auf die Entwicklung und Installation eines Frühwarnsystems am Talzuschub Berchtoldhang ab, welches eine dauerhaft abgesicherte Erhaltung des Monitoringsystems voraussetzt.

Fallbeispiel Großflächige Rutschungen am Naßfeld/Karnische Alpen

Massenbewegungen der Naßfeldregion

Das ca. 28 km² große Einzugsgebiet des Oselitzenbaches ist großflächig von gravitativen Massenbewegungen betroffen. Die wichtigsten tiefgreifenden Massenbewegungen stellen die Talzuschübe der Reppwand-Gleitung und Schlanitzenalm-Gleitung, sowie die Bergzerreißen Treßdorfer Höhe dar (Lotter & Moser, 2007).

Die gravitativen Hangdeformationen der Naßfeldregion sind durch Bergzerreißen und Talzuschub charakterisiert. Die kinematisch aktiven Bereiche sind überwiegend mit langsamen Gleit-, Kriech- und Fließbewegungen in der Größenordnung von wenigen Zentimetern pro Jahr zu beschreiben.

Die Gesteine des Ober-Karbon (Auer-nig-Formation, Schulterkofel-Formation) und des

Unteren Perm (Grenzland-Formation, Zweikofel-Formation, Trogkofelkalk) stellen mächtige Wechselfolgen weicher und harter Horizonte dar. Die weichen, mechanisch „schwachen“ Gesteine versagen (plastische Deformation, Kriech-/Fließ-/Gleitprozesse) und der Gebirgsverband der harten Gesteine wird dadurch sukzessive aufgelöst. Die pleistozäne und holozäne Landschaftsentwicklung (Erosion durch Gletscher und Gerinne) hat das dafür erforderliche Relief geschaffen. Der wichtigste externe Faktor ist klimatologisch bedingt: hohe jährliche Niederschlagsraten von über 2300 mm/Jahr, aber auch starke Zwei- bis Dreitagesniederschläge (meist 100 bis 200 mm, einzelne Extremereignisse ca. 300 bis 400 mm) sind Folge von Staulagen der Adria-Tiefdruckgebiete. Dies bedeutet eine anhaltende Durchfeuchtung der Massenbewegungen und verursacht Erosionsprozesse und Hangunterschneidungen im Bereich der entwässernden Wildbäche.

Die vollständige Auflösung des Gebirgsverbands in den Talzuschubstirnen direkt an den Bachläufen bedeutet ein außergewöhnlich hohes Geschiebepotential. Die Auswirkungen sind durch den signifikanten Schwemmfächer ins Gailtal dokumentiert. Dessen Geschiebeablagerung „zwingt“ den Flussverlauf der Gail an den nordseitigen Hangfuß des Gailtals. Durch Unterschneidung werden somit auch im Gegenhang umfangreiche Massenbewegungsprozesse beeinflusst (Reitner et al., 1993).

Im Bereich des Einzugsgebietes des Oselitzenbaches (mit Rudnig- und Tröglbach) sind im Ereigniskataster im Zeitraum von 1963 bis 2014 13 Rutschungen vermerkt, von denen 9 Ereignisse der Kategorie „Rutschung groß“ (> 1000 m²) zuzuordnen sind. Durch die Ereignisse waren land- und forstwirtschaftliche Flächen, Straßen und touristische Infrastruktur betroffen.

Die Reppwand-Gleitung

Die Reppwand-Gleitung umfasst ein ca. 2,4 km² großes Areal orographisch rechts des Tröglbaches und des Oselitzenbaches. Die bergseitige Begrenzung wird von dem bis 350 m hohen, aus Karbonatgesteinen aufgebauten Steilabbruch der Reppwand definiert.

Der maximale Tiefgang der Reppwand-Gleitung ist nicht bekannt. Anhand der von Amatruda et al. (2004) und Kahler & Prey (1963) angegebenen Profilgeometrien ist ein maximaler Tiefgang in der Größenordnung von 200 bis 300 m abzuleiten. Der rezent aktive Anteil dürfte einen Tiefgang von 50 bis maximal 150 m aufweisen.

Das durchschnittliche Gefälle der Reppwand-Gleitung ist mit etwa 16 bis 17° relativ flach. Die Talzuschubstirn ist infolge der intensiven Erosionstätigkeit des Oselitzenbaches mit teilweise über 40° Hangneigung übersteilt (Weidner, 2000).

Der Gebirgsverband aus Tonschiefern, Silt- bis Sandsteinen und bituminösen Kalksteinen ist durch die Bewegungen z. T. völlig entfestigt. Bodenmechanische Untersuchungen von Moser & Windischmann (1989) zeigen, dass eine geringfügige Zunahme des natürlichen Wassergehalts ausreicht, um die verwitterten und mechanisch zerlegten Gesteine der Auernig-Formation in eine sehr weiche bis breiige Konsistenz überzuführen. Die Hangneigung zwischen Oselitzenbach und Bodensee überschreitet zudem die Standfestigkeitsbedingungen deutlich.

Die B 90 Naßfeldstraße quert in ihrem als „Pfarriegel“ bekannten Abschnitt auf ca. 800 m Länge die aktive Talzuschubstirn der Reppwand-Gleitung: Ein Hochwasserereignis des Oselitzenbaches führte am 10. und 11. September 1983 zu einer erosiven Unterschneidung des nordöstlichen Abschnitts des dortigen Hangfußes. Die Naßfeld-

straße rutschte um mehrere Meter ab und wurde komplett unterbrochen. Zudem kam es zu einer katastrophalen Geschiebeablagerung auf dem Schwemmkegel des Oselitzenbaches (Moser et al., 1988). Aufgrund weiterer Unterschneidungen und staffelförmig zurückgreifender Rutschungen in diesem als „Pfarriegel-Rutschung“ bezeichneten Bereich traten auch nachfolgend Setzungen, teilweise mit Meterbeträgen, auf (Moser & Weidner, 1998). Nach dem Hochwasser vom August 1987 (Abtransport von 70.000 m³ Material an der Zuschubsstirn) kam es zu sehr großen Bewegungsraten (ca. 30 cm/Jahr). Ausgehend vom Ereignis im September 1983 konnten bis September 1987 vertikale Setzungsbeträge von insgesamt teilweise über 10 m ermittelt werden.

Im Jahr 1988 begann eine umfassende Hang- und Bachsanierung: Der Bachlauf wurde in ein 400 m langes künstlich angelegtes Bett („Felskanal“) in die am Gegenhang anstehenden, verbandsfesten Schichten der Hochwipfel-Formation verlegt. Zusammen mit dem Anbringen einer Fußschüttung von ca. 170.000 m³ und Hangdrainagemaßnahmen konnte eine deutliche Stabilisierung des betreffenden Abschnitts der Talzuschubstirn erreicht werden (Reduktion der Bewegungsraten auf ca. 10 cm/Jahr, Abbildung 5).

Fallbeispiel Bergstürze am Dobratsch (Villacher Alpe)

Am Südfuß der Villacher Alpe sind in der sogenannten „Schütt“ die Blockschuttmassen mehrerer Generationen von Bergstürzen abgelagert: Prähistorische Sturzereignisse, die nahezu die ganze Fläche vor der Südwand bedecken, sind von den historischen Sturzmassen aus 1348 in 6 Teilbereichen überlagert (Storfhöhe, geklobene Wand, Kranzwand, Rote Wand, Zwölfernoock, Kanzel). Das Ereignis vom 25. Jänner 1348 erfolgte anlässlich eines Starkbebens in Oberitalien (Intensität 9 bis 10 nach Mercalli-Sieberg-Skala).

Laut Abele (1974) finden sich in Archiven kaum Angaben über Bergstürze im alpinen Raum; die großen Ereignisse beschränken sich in der Regel auf Ereignisse in spät- bzw. postglazialer Zeit. Beobachtungen in Bergsturzgebieten weisen darauf hin, dass bei Wiederholungsereignissen das Sturzvolumen generell abnimmt: Für das postglaziale Ereignis am Dobratsch wird ein Volumen von 800 – 900 x 10⁶ m³ geschätzt; die Ereignisse 1348 schwanken zwischen 1 Mio. m³ (Storfhöhe) bis 100 Mio. m³ (Rote Wand) (Brandt, 1981).

Die Ereignisse sind an der etwa 1000 m hohen Südwand aufgetreten. Durch die Schuttfächer ist der Hangfuß großteils überlagert, so dass die Basis mit Permoskythsandstein, Werfener Schiefer und anisische Kalke mit Gipseinlagerungen nur lokal zu beobachten ist. Die Deformation dieser weicheren Schichten durch die Auflast der karbonatischen Schichtabfolge nach Rückzug des Gailtalglaciers ist Ursache für die Ausbildung Wand-paralleler Zugspalten (Hütschler, 1981; Brandt, 1981). Dazu kommen tektonisch bedingte Schwächezonen (hangparallele, nach Süden einfallende Gleitflächen) und Verkarstung. Diese Gebirgsauflockerung unter Verwendung des mechanisch wirksamen Trennflächensystems haben zum Versagen großer Felspartien geführt.

Auf Grund der Anlageverhältnisse sind Bergstürze (> 1 Mio. m³) nicht mehr zu erwarten. An exponierten Stellen sind aber zwischen 5.000 – 10.000 m³ absturzgefährdet (Bereich Storfhöhe, Rote Wand, Parkplatz 11); im Bereich Kanzel ist eine Gleitscholle von 50.000 – 100.000 m³ entwickelt.

An Steilhängen und Überhängen sind Zerrspalten und herausgelöste Felspartien vorhanden: Deformationsmessungen an der Storfhöhe (Zeitraum von 1970 bis 1975) zeigten bis auf zwei exponierte Stellen an der Abbruchkante eine „Pendelbewegung“ mit langsamer, hangabwärts gerichteter Tendenz (2 cm in 5 Jahren). An den

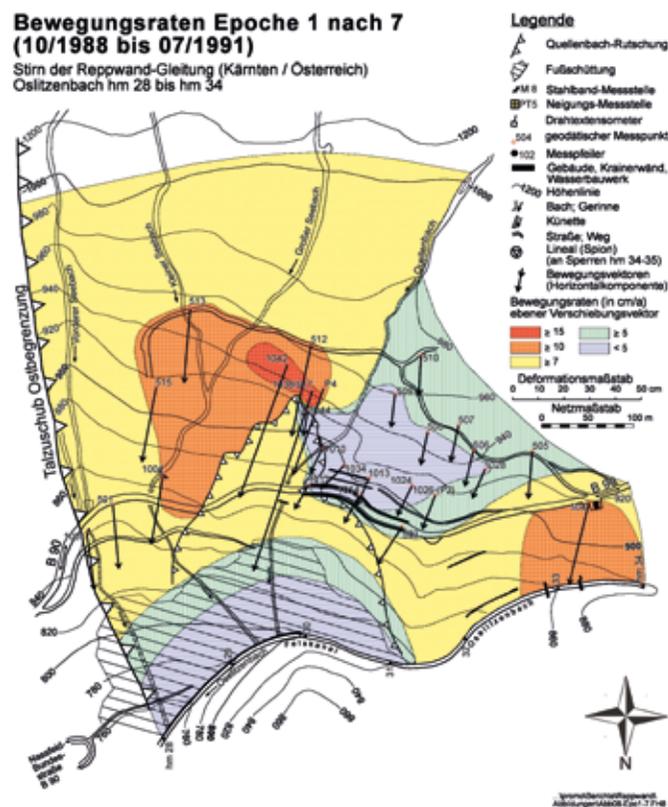


Abb. 5: Reppwand-Gleitung: Isolinienplan der Bewegungsraten und ebener Verschiebungsvektor ausgewählter geodätischer Messpunkte für den Zeitraum 10/1988 bis 07/1991 (bis 3 Jahre nach Sicherungsmaßnahmen) (modifiziert nach Weidner, 2000).

Fig. 5: Reppwand Landslide: Isolines of movements and deformation vector of selected measuring points between 10/1988 and 07/1991 (until 3 years after protection measurements) (Weidner 2000, modified).

Legende

-  Klippen
-  Sturz- und Transportbereich
-  Transportbereich und Ablagerungsbereich
-  Ablagerungsbereich

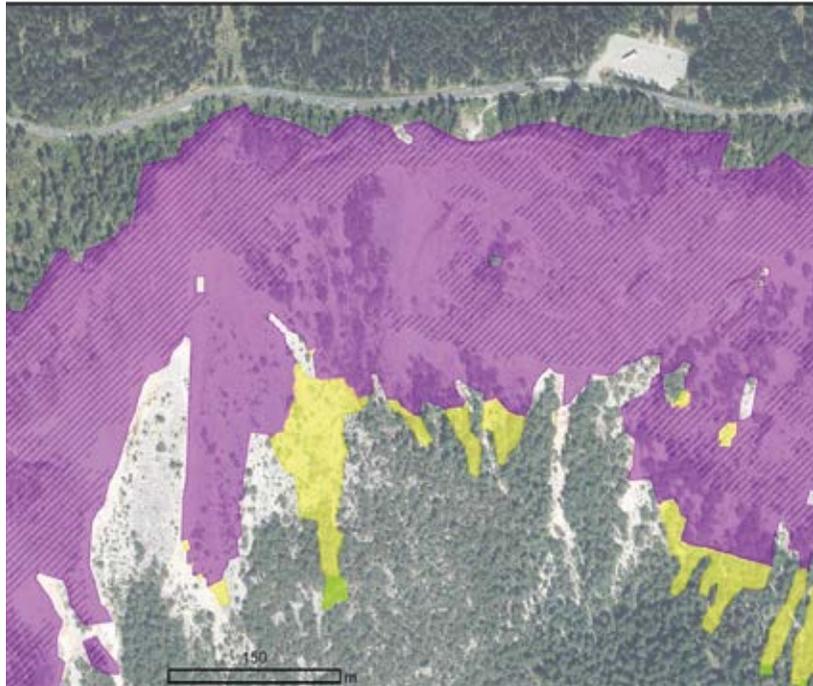


Abb. 6:
Dobratsch Bergsturz:
Gefahrenhinweiskarte
für Steinschlag:
prognostizierter
Wirkungsraum entspricht
dem Ablagerungsraum
des Ereignisses von 2015
(Schraffur – Klippen,
violett – Sturz- und
Transportbereich, gelb
– Transportbereich und
Ablagerung, grün –
Ablagerung)

Fig. 6:
*Rockslides on Dobratsch
mountain:
Landslide susceptibility
map of rock fall: suspected
deposition area equal
to the affected area
(hachures – cliffs,
purple – dropping area,
yellow – transportation
and deposition, green –
deposition)*

exponierten Stellen wurden Horizontalbewegungen um 5 – 8 cm, vertikal um 2 – 7 cm in 5 Jahren gemessen. In diesem Bereich ist es 2008 zu einem Sturzereignis gekommen (ca. 1.500 m³, Sturzhalde bis auf 680 m SH). 1977 wurden zwischen der Villacher Alpenstraße (km 13,5 bis 14,0) und der Wandkante (Rote Wand) Messpunkte (keine Folgemessungen) versetzt. Im Lageplan ist eine ausgeprägte Zugspalte ausgewiesen, an der sich 2015 eine Felspartie mit einem Volumen von etwa 30.000 m³ gelöst hat. Die Messungen an der Aussichtsplattform östlich der Schadenstelle an der Roten Wand weisen aber seit Bestand keinen messbaren Trend aus. Das Erdbebenereignis 1976 in Friaul hat zu keiner erkennbaren Veränderung an der Südwand geführt.

Das größte seit 1960 bekannte Ereignis mit etwa 30.000 m³ war der Felssturz im Jänner

2015 an der Roten Wand: Diese Ereignis ist in einem Bereich aufgetreten, wo Hütschler (1981) eine N-S verlaufende, Wand-parallele Zugspalte ausgewiesen hat. Die Sturzhalde hat die im Luftbild erkennbare, vegetationslose Halde betroffen bzw. einzelne Blöcke sind in den unterliegenden schütterten Waldbestand vorgedrungen. Die Ausbildung des Sturzraumes ist mit dem in der Gefahrenhinweiskarte für Steinschlag dargestellten potenziellen Wirkungsraum vergleichbar (Abb. 6).

Schlussfolgerungen

Ereigniskataster, Karte der Phänomene (Prozesshinweiskarte) und Gefahrenhinweiskarten sind unerlässliche Informationen zu gefahrensensiblen Bereichen. Im Ereigniskataster Kärntens (EK) sind jene Ereignisse erfasst, zu denen der geologische

Landesdienst gerufen wurde bzw. in den letzten Jahren über eine sogenannte „Erstmeldung“ nach dem Prinzip der 5W-Fragen eine Meldung eingegangen ist. Da der EK nur einen kurzen Zeitraum umfasst (ca. 1960 – 2015) und die Erhebung zumeist nur bei Betroffenheit des Dauersiedlungsraumes erfolgt ist, ist dieser EK sowohl zeitlich als auch räumlich lückenhaft.

Die Prozesshinweiskarte wurde vorwiegend aus amtlichen geologischen Karten generiert. Geologische Karten wurden zu verschiedenen Zeiten von verschiedenen Bearbeitern meist im Maßstab 1:10.000 nach stratigraphisch-lithologischen Kriterien erstellt und im Maßstab von 1:50.000 dargestellt. Auf Grund dessen weist die Prozesshinweiskarte zum Teil keine bzw. ungenaue Informationen zu gravitativen Massenbewegungen auf. Damit erfordert diese Inventarkarte eine fachliche Interpretation und ist für eine Nutzung als „Hinweiskarte“ für Nicht-Fachleute ungeeignet.

Regionale GIS-generierte Gefahrenhinweiskarten geben die gefahrensensiblen Bereiche, die zu gravitativen Massenbewegungen neigen, wieder. Für die Beurteilung des realen Gefahrenpotenziales sind aber die Kenntnis prähistorischer (Prozesshinweiskarte) und historische Ereignisse (EK) unerlässlich. Prozesshinweiskarte und EK unterstützen daher die Beurteilung gefahrensensibler Bereiche, wobei den dokumentierten Ereignissen (Ersterhebung, Monitoring, Begutachtung) eine entscheidende Bedeutung zukommt.

Der Ereigniskataster Kärntens belegt die regelmäßige Betroffenheit alpiner Regionen Kärntens durch gravitative Massenbewegungen und erlaubt eine lagebezogene Bewertung sowie eine Beurteilung der Prozesse hinsichtlich der Größenordnung („Intensität“): Bei der Mehrzahl der rutschenden und fließenden Prozesse handelt es sich um kleine bis mittlere Translationsrutschungen und Erd-/Schuttströme, die Auswirkungen auf

Siedlungsraum und Infrastruktur haben. Diese Prozesse finden sich nicht in der Prozesshinweiskarte, da zumeist durch Verwitterung, Erosion und landschaftliche Umgestaltung diese Strukturen „gelöscht“ wurden. Große, zumeist tiefgründige Rotationsgleitungen und kombinierte Rutschungen sind über geomorphologische Strukturen über lange Zeit erkennbar und finden sich in der Prozesshinweiskarte wieder. Auch das hoch auflösende digitale Höhenmodell bildet diese Strukturen ab, wobei lage- und größenmäßige Abweichungen zur Prozesshinweiskarte ihre Ursache im verwendeten Kartenmaterial für die Kartierung geologischer Karten und im Maßstab hat. Die großen Rutschungen finden zumeist auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen statt. Zum Teil sind Verkehrswege und touristische Infrastruktur betroffen. Siedlungsraum ist zumeist nur randlich berührt (Gefährdung bei progressiven Brüchen), allerdings sind indirekte Auswirkungen über das erhöhte Geschiebepotenzial in Wildbächen gegeben.

Steinschläge und Felsstürze sind in der Prozesshinweiskarte zumeist über „stumme Zeugen“ (Blockschutthalde etc.) gut dokumentiert. Der EK zeigt eine Häufung von Blockstürzen und Steinschlägen, in deren Wirkungsraum Siedlungen und Verkehrswege zu finden sind. Große Felsstürze finden sich vor allem in den alpinen, zumeist extensiv genutzten land- und forstwirtschaftlichen Flächen mit Auswirkungen auf Wege und touristisch genutzte Gebiete.

Wegen der begrenzten Aussagekraft der Prozesshinweiskarte werden in Kärnten GIS-basierte Gefahrenhinweiskarten für seichte Rutschungen und Steinschläge generiert, die nach fachlichen Kriterien die gefahrensensiblen Bereiche ausweisen. Die Beschränkung auf diese Prozesse ist gerechtfertigt, da die meisten Ereignisse Kärntens diesen Prozesskategorien zugeordnet werden können und mit diesen Karten indirekt

auch jene labilen Gebiete erfasst werden, die von den anderen gravitativen Massenbewegungen betroffen sein können.

Entscheidend für eine qualifizierte Gefahrenbeurteilung ist die Kenntnis der in der betrachteten Region auftretenden Prozesse, weshalb ein EK unerlässlich ist. Ziel ist es möglichst viele Ereignisse zu erfassen, wobei über „Erstmeldungen“ auch die lokalen Verwaltungsorgane eingebunden werden können. Da mit jedem dokumentierten Ereignis der Kenntnisstand steigt, ist der EK kontinuierlich weiter zu führen. Neben dieser Dokumentation von Ereignissen kommt dem (langfristigen) Monitoring von Bewegungsvorgängen in gefahrensensiblen Gebieten eine entscheidende Bedeutung zu.

Ereignisse werden nicht nur vom geologischen Landesdienst erfasst, sondern auch von der Wildbach- und Lawinerverbauung (Wildbach- und Lawinenkataster) und von der geologischen Bundesanstalt (Geosios-Datenbank). Für Gefahrenbeurteilungen ist die Vernetzung aller Informationsebenen wichtig, weshalb in der Zukunft über eine Plattform befassten Fachkräften ein Zugriff auf die Datenbanken ermöglicht werden sollte.

Anschrift der Verfasser / Authors' adresses:

Dr. Richard Bäk
Amt der Kärntner Landesregierung
Abt. Umwelt, Wasser und Naturschutz
Uabt. Geologie und Bodenschutz
Flatschacher Str. 70, 9021 Klagenfurt
richard.baek@ktn.gv.at

DI Erich Lang, DI Ulrike Stary
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Institut für Naturgefahren, Abt. Wildbach und Erosion
Seckendorff-Gudentweg 8, 1131 Wien
erich.lang@bfw.gv.at; ulrike.stary@bfw.gv.at

Dr. Michael Lotter
Geologische Bundesanstalt
Abt. Ingenieurgeologie
Neulinggasse 38, 1030 Wien
michael.lotter@geologie.ac.at

Literatur / References:

AMATRUDA G., CASTELLI M., HURLIMANN M., LEDESMA A., MORELLI M., PIANA F., PIRULLI M., POISEL R., POLINO R., PRAT P., PREH A., ROTH W., SCAVIA C., TENSCHERT E. (2004): The Oselitzenbach landslide. In: BONNARD CH., FORLATI F. & SCAVIA C. (Eds.): Identification and Mitigation of Large Landslide Risks in Europe. Advances in Risk Assessment. - European Commission Fifth Framework Programme, IMIRILAND Project, 137-180; A.A. Balkema Publishers.

BÄK, R., EBERHART, U., GOLDSCHMIDT, F., KOCIU, A., LETOUZE-ZEZULA, G., LIPIARSKI, P. (2005): Ereigniskataster und Karte der Phänomene als Werkzeug zur Darstellung geogener Naturgefahren (Massenbewegungen), Arb. Tagg., Geol. B.-A., Gmünd

BRANDT A. (1981): Gefahrenzonenkartierung Dobratsch Teil II: Die Bergstürze an der Villacher Alpe (Dobratsch), Kärnten – Untersuchungen zur Ursache und Mechanik der Bergstürze, unveröff. Bericht, Hamburg 1981

BRUECKL E., BRUNNER F.K., LANG E., MERTL ST., MUELLER M., STARY U. (2011): The Gradenbach Observatory - monitoring in-stationary deep-seated gravitational creep by geodetic, hydrological, and seismological methods. Poster presented at the European Geosciences Union General Assembly 2011 (EGU 2011), Vienna, Austria, 22. – 27. April 2011.

BRÜCKL, E. & BRÜCKL, J. (2006): Geophysical models of the Lesachriegel and Gradenbach deep-seated mass-movements (Schober range, Austria). – Engineering Geology, 83, 254-272.

BRÜCKL, E., BRUNNER, F. K. & KRAUS, K. (2006): Kinematics of a deep-seated landslide derived from photogrammetric, GPS and geophysical data. – Engineering Geology, 88, 149-159.

HÜTSCHLER, C.-M. (1981): Gefahrenzonenkartierung Dobratsch, Teil I: Bergstürze am Dobratsch, Kärnten, Österreich - eine tektonische und geomechanische Analyse, unveröff. Bericht, Hamburg

KANONIER A. (2015): Teil 1 „Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung. Fachliche Empfehlungen“. In: ÖROK (Hrsg.): Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung. – Wien. (= ÖROK-Schriftenreihe 193).

KAHLER F. & PREY S. (1963): Erläuterungen zur Geologischen Karte des Naßfeld-Gartnerkofel-Gebietes in den Karnischen Alpen.- Geol. B.-A., 116 S.; Wien.

KRONFELLNER-KRAUS, G. (1980): Neue Untersuchungsergebnisse in Wildbächen – Der Talzusub in Abhängigkeit von Niederschlägen. Int. Symp. Interpraevent, 1, 179–192, Bad Ischl.

KRONFELLNER-KRAUS, G. (1974): Die Wildbacherosion im allgemeinen und der Talzusub im Besonderen. In: Forstliche Bundesversuchsanstalt (Hrsg.): 100 Jahre Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien, 309–342.

LANG E., STARY U. (2013): Auswirkungen des Klimawandels auf Wildbacheinzugsgebiete - Harte Fakten aus Monitoringgebieten in Österreich. In: Tagungsband 4. KLIMATAG "Klimawandel, Auswirkungen und Anpassung sowie Vermeidung"; 4. und 5. April 2013, (P14): 105.

LANG E., STARY U. (2011): Multifunktional monitoring in torrent catchments. Die Bodenkultur, Wien, 62 (1-4): 71-76

LANG E., STARY U. (2009): Multifunktionales Monitoring in den Wildbachmustereinzugsgebieten des BFW. BFW-Praxisinformation, Wien, (20): 27-28.

LIENHART W., LANG E., MERTL ST., STARY U., BRÜCKL E. (2013): Early Warning at the Gradenbach Mass Movement. Geophysical Research Abstracts, Kaltenburg-Lindau, (15): EGU2013-5382

LOTTER M., MOSER M. (2007): Die Massenbewegungen der Naßfeldregion. Abh. Geol. B.-A., 61, 159-173; Wien.

LOTTER, M., KOCIU, A., HABERLER, A. (2009): Methoden für ein effizientes Risikomanagement, Erstellung einer detaillierten Gefahrenhinweiskarte und ingenieurgeologische Bearbeitung relevanter Gefahrenklassen für ausgewählte Gebiete Kärntens im Maßstab 1 : 10000, Testgebiet Draßnitzbach, Dellach i. Drautal, Naturgefahren Kärnten II (KC 23), unveröff. Bericht

MOSER M., WEIDNER S. (1998): Die Auswirkungen von Talzuschüben auf die alpine Umwelt.- N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 208, 531-548; Stuttgart (Schweizerbart).

MOSER M., WINDISCHMANN T. (1989): Die Reppwandgleitung/Kärnten – Geologische und geotechnische Betrachtungen.- Oberrhein. geol. Abh.: 35, 157-176.

MOSER M., ANGERER J., SEITZ S. (1988): Geotechnische Untersuchungsergebnisse im Rahmen des Verbauungsprojektes Oselitzenbach/Kärnten.- Int. Symp. Interpraevent 1988, 3, 77-102; Graz.

ÖROK (Österreichische Raumordnungskonferenz) (Hrsg.), 2015: Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung. – Wien. (= ÖROK-Schriftenreihe 193).

RUDOLF-MIKLAU, F., BÄK, R., SCHMIDT, F., SKOLAUT, CHR. (2011): Gefahrendarstellung von Massenbewegungen: Strategische Bedeutung und länderübergreifende Entwicklung von Standards im Projekt AdaptAlp, Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz, 74. Jahrgang, Bd. 166.

RUDOLF-MIKLAU F., MOSER A., HÜBL J., KOCIU A., KRISL H., LANG E., LÄNGER E., PICHLER A., RACHOY CH., SCHNETZER I., SITTER F., SKOLAUT CH., TILCH N., TOTSCHNIG R. [BEARB.] (2009): Alpine Naturkatastrophen. Lawinen, Muren, Felsstürze, Hochwässer. Leopold Stocker Verlag, Graz: 120 S.

REITNER J., LANG M. & VAN HUSEN D. (1993): Deformation of high slopes in different rocks after würmian deglaciation in the Gailtal (Austria). Quaternary International, 18, 43-51.

VAN HUSEN, D. (1987): Die Ostalpen in der Eiszeit, populärwiss. Veröffentlichungen der geolog. Bundesanstalt, Wien.
Weidner S., Moser M., Lang E. (2011): Geotechnische und kinematische Analyse des Talzuschubes Gradenbach (Kärnten/Österreich). Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, Wien, 151(1-2): 17-60.

WEIDNER S. (2000): Kinematik und Mechanismus tiefgreifender alpiner Hangdeformationen unter besonderer Berücksichtigung der hydrogeologischen Verhältnisse.- Diss. Univ. Erlangen-Nürnberg, X+246 S.; Erlangen.

Felssicherung und Steinschlagschutz weltweit



- Hang- u. Böschungssicherung
- Steinschlagschutz
- Rockfall-Software
- Felsbau
- Wasserbau
- Naturschutz
- Tunnelbau
- Brückenbau
- Umwelttechnik
- Beweissicherung
- Ingenieurgeologie
- Hydrogeologie
- Geotechnik
- Spezialtiefbau
- Sachverständige
- Altbergbau



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 zentrale@dr-spang.de
Esslingen - Frankfurt - Freilberg - Nürnberg - Naumburg - Witten

www.dr-spang.de
www.rockfall.org

CATRIN PROMPER, ELISABETH STIX, ARBEN KOCIU,
ARTHUR KANONIER, THOMAS GLADE, FLORIAN RUDOLF-MIKLAU

ÖREK-Partnerschaft "Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumordnung": Prozess und Ergebnisse

Strategic Partnership for „Risk Management in Spatial Planning concerning Gravitational Hazards“: Process and results

Zusammenfassung:

Gravitative Naturgefahren haben einen maßgeblichen Einfluss auf die Raumentwicklung im Alpenraum. Im Gegensatz zum Hochwasserrisiko bestehen im Umgang mit gravitativen Naturgefahren – insbesondere Steinschlag und Rutschungen – hinsichtlich der Gefahrenanalyse, der Fachplanung (Gefahrenzonenplanung) sowie der Berücksichtigung in der Raumnutzung in Österreich weitreichende Defizite. Planliche Grundlagen über die Ausbreitung von gravitativen Naturgefahren sind nur fragmentarisch verfügbar. Die ÖREK-Partnerschaft „Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung“ wurde eingerichtet, um für diesen kompetenzrechtlich zersplitterten und fachlich segmentierten Bereich eine neue Kooperationsform auf Expertenebene einzurichten. Neben einem umfangreichen Materialienband konnten fachliche ÖROK-Empfehlungen ausgearbeitet werden, die zu politischen Empfehlungen weiterentwickelt werden.

Stichwörter: Gravitativen Naturgefahren, Risikomanagement, Raumplanung

Abstract:

Gravitative natural hazards have a decisive influence on spatial development in the Alpine region. In contrast flood risk, when dealing with gravitative natural hazards (especially rock falls and landslides) there are far-reaching deficits and gaps in the fundamental information available with respect to hazard analysis, sectoral planning (hazardous zone planning) as well as risk management for land use in Austria. The ÖREK-partnership „Risk Management for Gravitational Natural Hazards in Spatial Planning“ was set up to create a new cooperation and development approach at the expert level for this area, which is characterized by fragmented competence and sectoral segmentation. Besides a comprehensive collection of materials on that topic the partnership has developed technical ÖROK-recommendations, which are further developed to „sectoral policy“ recommendations.

Keywords: Gravitative hazards, risk management, spatial planning

Einleitung

Der Schutz vor Naturgefahren zählt zu den kompetenzrechtlich stark zersplitterten Querschnittmaterien, im Gegensatz zu den Hochwassergefahren sind Rechtsgrundlagen und Kompetenzverteilung zwischen den Gebietskörperschaften wesentlich lückenhafter und diffuser. Für die Raumentwicklung im Bergland stellen gravitative Naturgefahren jedoch eine existentielle Bedrohung dar. Für Massenbewegungen hat sich in Österreich bisher kein integriertes System der Gefahren- und Risikoplanung (vergleichbar Hochwasser und Lawinen) etabliert. Im Spannungsverhältnis zwischen der Erwartung einer intakten Schutzfunktion der Wälder, einer stark steigenden Nachfrage nach technischen Schutzmaßnahmen und den finanziellen Grenzen öffentlicher Haushalte erfordert der zielgerichtete Einsatz der Subventionen des Katastrophenfonds eine Priorisierung auf Basis einer flächendeckenden Gefahren- und Risikodarstellung. Die Gefahrenplanung betreffend Massenbewegungen stellt einen „missing link“ zwischen der naturgefahrenbezogenen Fachplanung und der nachhaltigen Raumentwicklungspolitik dar.

Der Präventionswirkung der Raumordnung wird heute von allen Schutzmaßnahmen des Risikokreislaufs im Rahmen des Naturgefahren-Risikomanagements die größte Bedeutung beigemessen. Es geht dabei nicht nur um die kartographische Darstellung von potenziellen Naturgefahrenprozessen (Gefahrenplanung) und Risiken (Risikoplanung), sondern auch um die Möglichkeit, die resultierenden Risiken durch planerische Maßnahmen zu verringern (präventive Raumplanung) oder drohenden Schäden vorzubeugen (Rudolf-Miklau, 2009). Die Gefahrenzonenpläne stellen heute das primäre Planungsinstrument der Flächen- und Bauvorsorge, gewinnen aber auch im Bereich der Sicherheitsplanung

und des Katastrophenmanagements zunehmend an Bedeutung. Im Verständnis der Öffentlichkeit steht der Begriff „Gefahrenzonenplan“ synonym für „exakte“ Darstellung der Gefahren. Mit dem gesellschaftlichen Anspruch über alle Naturgefahren in gleicher Form und Genauigkeit informiert zu werden, muss also zukünftig gerechnet werden. Diesem Anspruch kann – zum Teil aus guten technischen und naturwissenschaftlichen Gründen – für gravitative Naturgefahren noch nicht entsprochen werden.

Die Defizite im Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in Österreich beschränken sich jedoch nicht auf die Fragen der Gefahrenanalyse und -darstellung, sondern umfassten auch andere Aspekte, wie die Festlegung von Schutzziele und Sicherheitsniveaus, der Anwendung von Gefahrenkarten in der Raumplanung sowie dem Monitoring von Hangprozessen.

Im Rahmen des Österreichischen Raumentwicklungskonzeptes 2011 bot sich die Möglichkeit, erstmals einen fach- und kompetenzübergreifenden Strategie- und Entwicklungsprozess einzuleiten, der sich mit den einleitend dargestellten Fragestellungen auseinander setzen sollte. Im Jahr 2013 wurde die ÖREK-Partnerschaft „Risikomanagement für gravitativen Naturgefahren in der Raumplanung“ eingerichtet, die Experten von Bund, Ländern, Gemeinden, Verkehrsträgern sowie der Universitäten zusammen führte, um Grundlagen für das Risikomanagement und die Gefahrendarstellung für Steinschlag und Rutschungen zu entwickeln. Als Ergebniserwartung der Partnerschaft wurde mit der Erstellung von ÖROK-Empfehlungen – vergleichbar der ÖROK-Empfehlung Nr. 52 (ÖROK, 2005) – definiert. Die ÖREK-Partnerschaft bot nicht zuletzt die Möglichkeit einer fachlichen Vernetzung der Akteure im Bereich des Schutzes vor gravitativen Naturgefahren.

Im Auftrag der ÖROK an die Partnerschaft sind drei wesentliche Ziele definiert:

- Strategisches Ziel: Konzeption und Implementierung eines integrierten Risikomanagements betreffend gravitative Naturgefahren in der Raumplanung (als kongruenter Prozess zur Umsetzung der EU-HWRL).
- Fachpolitische Ziel: Etablierung harmonisierter Leitlinien und eines Sektor übergreifenden Planungsprozesses betreffend gravitative Naturgefahren zur Überbrückung der materiell-rechtlichen Querschnittsnormen und der Kompetenzer-splittlerung.
- Operatives Ziel: Erarbeitung gemeinsamer Planungsgrundlagen, Methoden der Gefahrenanalyse und -bewertung, Harmonisierung der Schutzziele und Schutzkonzepte sowie der Kriterien für die Priorisierung von Schutzleistungen mit der Wirkung eines bundesweit harmonisierten Sicherheitsniveaus für gravitative Naturgefahren.

Aufbauend auf der Synopse der in Österreich (und den Nachbarländern) angewendeten und etablierten Modelle und Methoden der Darstellung von gravitativen Naturgefahren konnte ein „Stand des allgemein anerkannten Wissens“ zusammengetragen werden. Weiters wurden alle verfügbaren rechtlichen, geologischen, fachplanerischen und raumplanerischen Grundlagen (Materialienband: ÖROK, 2015) zusammengetragen und in einem Materialienband strukturiert dargestellt. Die Partnerschaft hat eine Bewertung dieses Wissens vorgenommen und unter Berücksichtigung der regionalen Bandbreiten fachliche Empfehlungen für die Umsetzung und Harmonisierung des Risikomanagements für gravitative Naturgefahren in der Raum- und Fachplanung erstattet. Angestrebt wird weiters der Beschluss von politischen

ÖROK-Empfehlungen auf Basis der von der Partnerschaft erstellten Grundlagen (Fachlichen Empfehlungen).

ÖREK-Partnerschaft „Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung“

ÖREK-Partnerschaften: Zielsetzung, Konzeption, Vernetzung

Im Jahr 2011 veröffentlichte die Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK) das „Österreichische Raumentwicklungskonzept (ÖREK) 2011“. Das ÖREK stellt ein strategisches Handlungsprogramm für die Raumordnung und Raumentwicklung in Österreich dar und wurde von den Mitgliedern der ÖROK – Bundeskanzleramt und Bundesministerien, Länder, Gemeinde- und Städtebund, Sozial- und Wirtschaftspartner – sowie unter Beiziehung weiterer Akteure erarbeitet. Das ÖREK 2011 enthält Grundhaltungen und räumliche Ziele sowie als inhaltlichen Kern ein gemeinsames „Handlungsprogramm“. Bereits während der Erstellung des ÖREK wurde vereinbart, wie die Umsetzung erfolgen soll und daher das Umsetzungsinstrumentarium mitkonzipiert: die „ÖREK-Partnerschaften“.

Ziele und Konzeption der ÖREK-Partnerschaften: Konkretisierung und Umsetzung des ÖREK 2011

Im Zuge der „ÖREK-Partnerschaften“ erfolgt die Konkretisierung und Umsetzung des ÖREK- Handlungsprogramms. Thematisch befasste ÖROK-Mitglieder sowie weitere Akteure setzen dabei an einem oder mehreren Aufgabenbereichen des ÖREK an und nehmen sich dessen Umsetzung in einer Projektarbeitsgruppe – eben einer „ÖREK-Partnerschaft“ – vor. Diese werden von ein – oder wie im gegenständlichen Fall zwei – „federführenden Partnern“ geleitet.

Ziele, Inhalte und Vorgehen einer ÖREK-

Partnerschaft leiten sich aus dem ÖREK 2011 ab, werden durch die Mitglieder der Partnerschaft aber weiter vertieft bzw. konkretisiert und in einen gemeinsamen Projektfahrplan gegossen. So soll mit dem Ansatz der „ÖREK-Partnerschaften“ eine möglichst maßgeschneiderte Umsetzung gelingen. Unter „relevanten Akteuren“ werden dabei jene Akteure verstanden, die über Einflussmöglichkeiten bzw. Steuerungsinstrumente im jeweils betroffenen Bereich verfügen. Die im ÖREK 2011-Handlungsprogramm festgehaltenen Aufgabenbereiche sind dadurch gekennzeichnet, dass sie für eine erfolgreiche Umsetzung das Zusammenspiel verschiedener Akteure benötigen.

Als zentrales Erfolgskriterium für die Arbeit in den ÖREK-Partnerschaften wurde daher die ebenen- und sektorenübergreifende Kooperation der relevanten Akteure festgehalten. Ziel des kooperativen Ansatzes ist es, den verfassungsrechtlich gegebenen Spielraum bestmöglich und kreativ zu nützen, wiewohl anerkannt werden muss, dass es auch Grenzen der „Kooperation“ gibt. Ziel der ÖREK-Partnerschaften ist es, diese Grenzen soweit wie möglich hinauszuschieben und damit „Raum für Neues“ zu ermöglichen. Die ÖREK-Partnerschaft „Risikomanagement für

gravitative Naturgefahren in der Raumplanung“ erfüllte diese Anforderungen und Konzeption in idealer Weise und konkretisierte daher das Modell für ein aktuelles Thema der Raumplanung in Österreich.

Design & Organisation des Arbeitsprozesses, Methodik, Kommunikation & Vernetzung

Der Arbeitsbereich der ÖREK-Partnerschaft „Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung“ zeichnete sich durch eine hohe Komplexität hinsichtlich der relevanten Fachbereiche als auch hinsichtlich der kompetenzrechtlichen Organisationsstruktur aus.

Aufgrund des Querschnittscharakters und der damit verbundenen Vielfalt der Akteure war die Einbeziehung der wesentlichen Fachbereiche besonders wichtig, um das Ziel der Etablierung eines „Risikomanagements für gravitative Naturgefahren“ erreichen zu können. Im Rahmen der ÖREK-Partnerschaft arbeiteten daher die in Tabelle 1 angeführten, relevanten Fachbereiche und Institutionen als gleichberechtigte Partner an der Erstellung der Inhalte mit bzw. brachten sich intensiv mit ein.

Übersicht: Mitglieder der ÖREK-Partnerschaft nach Institutionen

Institution	Abteilung
Amt d. Kärntner Landesregierung	Abt. Geologie und Bodenschutz
Amt d. Kärntner Landesregierung	Abt. Landesplanung
Amt d. Niederösterreichischen Landesregierung	Abt. Raumordnung
Amt d. Oberösterreichischen Landesregierung	Abt. Raumordnung
Amt d. Oberösterreichischen Landesregierung	Geologie
Amt d. Salzburger Landesregierung	Landesgeologischer Dienst
Amt d. Salzburger Landesregierung	Landesforstdirektion

Amt d. Steiermärkischen Landesregierung	Abt. Schutzwasserwirtschaft
Amt d. Tiroler Landesregierung	Abt. Landesentwicklung & Zukunftsstrategie
ASFINAG Bau Management GmbH	
BM f. Land- & Forstwirtschaft, Umwelt & Wasserwirtschaft	Abt. Forstliche Rechtspolitik und Legistik
BM f. Land- & Forstwirtschaft, Umwelt & Wasserwirtschaft	WLV Sektion Oberösterreich
BM f. Land- & Forstwirtschaft, Umwelt & Wasserwirtschaft	WLV Stabstelle Geologie
BM f. Land- & Forstwirtschaft, Umwelt & Wasserwirtschaft	WLV Sektion Vorarlberg
BM f. Land- & Forstwirtschaft, Umwelt & Wasserwirtschaft	Abt. Wildbach & Lawinerverbauung
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW)	Institut für Naturgefahren, Wildbach und Erosion
Geologische Bundesanstalt	Abt. Ingenieurgeologie
ÖBB-Infrastruktur Betriebs-AG	Abt. Naturgefahren Management-Geotechnik, Tiefbau
Österreichischer Gemeindebund	
Technische Universität Wien	Fachbereich für Rechtswissenschaften
Technische Universität Wien	Institut für Geotechnik
Tiroler Gemeindeverband	
Universität für Bodenkultur	Institut für Raumplanung & ländliche Neuordnung
Universität Wien	Institut für Geographie und Regionalforschung
wikopreventk GmbH	

Tab. 1: Mitglieder der ÖREK-Partnerschaft nach Institutionen

Tab. 1: Members of OeREK-Partnership by institutions

Neben dieser fachlichen Komplexität war im Arbeitsprozess auch die kompetenzrechtliche Organisation zu berücksichtigen. Mit dem Schutz vor gravitativen Naturgefahren bzw. der Etablierung eines Risikomanagements werden sowohl Kompetenzen auf Bundesebene (u.a. BM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Was-

serwirtschaft, Geologische Bundesanstalt,...), Landesebene (geologische Dienste, überörtliche Raumplanung,...) sowie Gemeindeebene (örtliche Raumplanung) angesprochen. Ein wesentlicher Erfolgsfaktor für das Gelingen der Arbeiten in dieser Partnerschaft war daher die Einbeziehung und Kooperation der angesprochenen Fachberei-

che und Gebietskörperschaften, die als grundlegendes Prinzip der ÖREK-Partnerschaften verantwortet ist. Als federführende Partner fungierten das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft (Abt. Wildbach- und Lawinerverbauung) sowie die Geologische Bundesanstalt. Die oben genannten Fachbereiche waren als gleichberechtigte Akteure in der Partnerschaft vertreten.

Der Arbeitsprozess wurde entsprechend der Anforderungen an die Vernetzung und den inhaltlichen Austausch der genannten Akteure konzipiert. Um aus den VertreterInnen der verschiedensten Fachbereiche eine „arbeits- und ergebnisfähige“ Gruppe zu entwickeln wurde folgende Vorgehensweise verfolgt:

- Inhaltliche Bearbeitung, Abstimmung und Vernetzung innerhalb des jeweiligen Fachbereiches,
- Austausch, Verknüpfung und (verständliche) Übersetzung der Ergebnisse in ganz-/mehrtägigen Treffen aller Fachbereiche,
- Schrittweise Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses und einer Zielsetzung im Plenum.

Im ersten Arbeitsjahr erfolgte die Arbeit in drei thematischen Arbeitsgruppen (Gruppe Geologie, Gruppe Fachplanungen, Gruppe Raumplanung), im zweiten Jahr wurde die Arbeit fachübergreifend organisiert. In den thematischen Arbeitsgruppen wurden die Grundlagen in Form eines umfangreichen Materialienbandes zusammengestellt. Das Wesentliche an diesem Arbeitsschritt war die inhaltliche Beschreibung und zusammenfassende Darstellung der unterschiedlichen Ansatzpunkte. Die Herausforderung bestand in der großen inhaltlich-fachlichen Komplexität und breiten „Betroffenheit“ verschiedenster Fachgebiete. Im zweiten Arbeitsjahr standen die fachübergrei-

fende Arbeit und die Ausarbeitung gemeinsamer fachlicher Empfehlungen für ein „Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung“ im Zentrum. Als Ergebnis wurden beide Arbeitsergebnisse – Materialienband und fachliche Empfehlungen – in der ÖROK-Schriftenreihe Nr. 193 (ÖROK, 2015) gedruckt.

Das prozesshafte Vorgehen, sowie die systematische Annäherung verschiedenster fachlicher Einschätzungen und Denkmodelle und eine offene Kommunikation unter den Beteiligten ermöglichte es, dass eine ausgesprochen konstruktive inhaltliche Auseinandersetzung innerhalb und zwischen den Fachbereichen stattfand. Eine fachlich kompetente und weitsichtige Federführung unterstützte diese Art des Vorgehens. Die Gleichberechtigung der Beteiligten im Rahmen der Erarbeitung gewährleistete ein hohes Interesse an der gemeinsamen Zielsetzung und stärkte die Bereitschaft, Hürden zu überwinden.

Ergebnisse

Gravitative Naturgefahren und Raumordnung sind jeweils Querschnittsmaterien mit einem wichtigen Überschneidungsbereich wobei das Risikomanagement für Naturgefahren als eine zentrale Aufgabe der Raumordnung gesehen werden kann. National wie international setzen die Risikovermeidungsstrategien im Wesentlichen auf den Trennungsgrundsatz: gefährdete Bereiche sind von empfindlichen Raumnutzungen freizuhalten. Der Präventionswirkung der Raumordnung im Rahmen des Naturgefahren-Risikomanagements wird heute von allen anderen Schutzmaßnahmen die größte Bedeutung beigemessen. Dabei geht es nicht nur um die kartografische Abgrenzung von potenziell gefährlichen natürlichen Prozessen (Massenbewegungen), sondern auch um die Möglichkeit, die resultierenden Risiken durch pla-

nerische Maßnahmen zu verringern (präventive Raumplanung) oder drohenden Schäden vorzubeugen (Rudolf-Miklau, 2009).

Um diesem Grundsatz zu entsprechen, andererseits aber der Komplexität des Themenfeldes gerecht zu werden, wurden die Ergebnisse in drei Fachsektoren (Raumplanung, Geologie, Fachplanung) gegliedert.

Raumplanung

Ausgehend von der Tatsache, dass der Gestaltungsrahmen der Raumplanung in erster Linie in den Grenzen der gesetzlichen Regelungen der ROGs der Bundesländer besteht, war es das primäre Ziel der Arbeitsgruppe Raumplanung, die Rechtsgrundlagen im Bundesrecht sowie im Raumordnungs- und Baurecht (Studie der TU Wien, Univ.-Prof. Arthur Kanonier) hinsichtlich der Steuerungswirkung für den Umgang mit Naturgefahrenrisiken zu analysieren. Das Ziel dieser Analysen bestand darin, die bestehenden Anknüpfungspunkte für eine differenzierte Berücksichtigung gravitativer Naturgefahren zu identifizieren und für die verschiedenen Planungsebenen eine Struktur der Raumplanungsinstrumente zu entwickeln. Der Fokus dieser Analysen lag seitens der AG Raumplanung auf der kommunalen Planungsebene, da gravitative Naturgefahren eine überwiegend lokale Wirkung aufweisen. Die Analysen zeigten nicht nur, dass die bestehenden Regelungen hinsichtlich der Berücksichtigung gravitativer Naturgefahren – im Gegensatz zu den Hochwassergefahren – nur sehr allgemein gehalten und fragmentarisch verfügbar sind, sondern auch die Lücken und Defizite der bestehenden Rechtsgrundlagen auf.

Es wurde festgestellt, dass die zukünftigen Aufgaben der Raumplanung insbesondere in der Prävention liegen und dort, wo noch keine

verwundbaren Nutzungen in Gefahrenbereichen angesiedelt sind, diesen wirksam vorzubeugen. Es sind dazu aber geeignete Planungsgrundlagen erforderlich, die über Art und Ausmaß der Gefährdung Auskunft geben. Bestehende Siedlungen in Gefahrenzonen und knappe Raumressourcen lassen jedoch vielfach keine andere Wahl, als die von Naturgefahren beeinträchtigten Bereiche zu nutzen. Statt der Gefahr räumlich auszuweichen, soll die Nutzung an die spezifische Gefahrensituation angepasst werden. Für die Wirkungsweise der Raumordnung stellt diese Aufgabe eine große Herausforderung dar. Allein auf der Ebene der Gemeinde existieren bis zu fünf Verfahrensebenen, für welche jeweils unterschiedlich detaillierte Aussagen zu gravitativen Naturgefahren zu treffen sind. Welche gravitativen Naturereignisse in der Praxis zu Widmungsverboten oder Baubeschränkungen führen, ergibt sich in der Regel erst im konkreten Anlassfall aufgrund von entsprechenden Sachverständigengutachten.

Durch die Raumordnung werden unterschiedliche Nutzungen an bestimmten Standorten ermöglicht die unterschiedlichen Schutzansprüchen unterliegen. Grundsätzlich wird das angestrebte Schutzniveau in der Raumplanung nach Nutzungsarten und deren Wertigkeit abgestuft. Während für Hochwasser und Lawinen teilweise quantitative Schutzziele bzw. Schutzniveaus (z. B. HQ-100, HQ-30, gelbe und rote Gefahrenzonen) entwickelt wurden, die teilweise auch abgestufte Maßnahmen rechtfertigen, fehlen vergleichbare Schutzziele oder Schutzniveaus bei gravitativen Naturgefahren.

Geologie

Gefährdungen durch gravitative Naturgefahren zählen zweifelsfrei zu den wesentlichen Einschränkungen, die in Planungsverfahren zu

erfassen und bei Behördenentscheidungen zu berücksichtigen sind. Die beteiligten geologischen ExpertInnen der Geologischen Bundesanstalt (GBA), der Landesgeologischen Dienste sowie der Universitäten haben den aktuellen Stand des akzeptierten Wissens in Österreich über die Analyse, Bewertung und kartografische Darstellung von Rutschungen und Steinschlägen zusammengetragen. Um die Akzeptanz von Nutzungseinschränkungen für ausgewiesene naturgefahrensensible Flächen zu gewährleisten, muss der Prozess (Methodik) der Erstellung von Planungsgrundlagen (Gefahrenhinweiskarten und Gefahrenkarten) transparent, vergleichbar und nachvollziehbar sein. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse setzt – neben einer vergleichbaren Qualität der Datengrundlagen (z. B. Auflösung der Geländemodelle, historische Ereignisdokumentationen etc.) – eine vergleichbare Methodik innerhalb der betrachteten Region oder Verwaltungseinheit (z. B. Bundesländer) sowie auch gegenüber angrenzenden Regionen voraus.

Die Darstellung erfolgt auf regionaler

und kommunaler Ebene in Form einer Gefahrenhinweiskarte, die die Disposition (Anbruchgebiet) und den Wirkungsraum differenzierbar darstellt. Aufgrund unterschiedlicher Mechanismen und prozessbestimmender Faktoren wurden die unterschiedlichen Prozesstypen – flachgründige Rutschungen im Lockergestein und Hangmuren sowie Fallen und Stürzen – getrennt behandelt. Aus praxisorientierter Sicht ergibt sich für o.a. Prozessgruppen folgende Vorgangsweise:

- Rutschungen im Lockergestein und Hangmuren – Modellierung von Disposition und Wirkungsraum.
- Große, tiefgreifende Rutschungen (z. B. Talzuschieb) – nur Übernahme aus der Inventarkarte
- Fallen, Stürzen – Modellierung von Disposition und Reichweiten

Der Untersuchungsumfang bezüglich Gefährdungsbeurteilung gravitativer Massenbewegungen für die verschiedenen Planungsebenen orientiert sich auf den Raumordnungsgrundsätzen und -zielen (Tab. 1).

Bearbeitungsebene	Aussagekraft	Kartentyp	Darstellungs-Maßstab	
Regional - überörtliche Raumordnung / Raumentwicklungskonzept	Erkennen von Gebieten die gefährdet sein könnten, flächendeckend	Dispositionskarten mit grober Abschätzung des Wirkungsraumes	≤1:25.000	
Kommunal - örtliche Raumordnung / örtliches Entwicklungskonzept	Erkennen von Gebieten, in denen auf Grund der Gefährdung Handlungsbedarf besteht; Ableitung von Handlungsempfehlungen; umfasst den erweiterten räumlichen Bereich	Gefahrenhinweiskarten (Dispositionskarte + Einschätzung des potentiellen Wirkungsraumes)	1:25.000 - 1: 5.000	
Objektebene – Fwlp/ Bebauungsplan	detaillierte Gefährdungsbewertung (Fachgutachten), Feststellung von Nutzbarkeit und Baulandbelegung der betrachteten Fläche; Bemessung von Schutzmaßnahmen, umfasst den betroffenen Bearbeitungsbereich	Gefährdungskarte, Nachweis der Baulandbelegung und Risikobewertung durch Einzelgutachten	>1:5000	

Tab. 2: Bearbeitungsebenen und ihre Kartenprodukte (Dispositionskarten/ Gefahrenhinweiskarten)

Tab. 2: Processing levels and the related map products (disposition / susceptibility maps)

Regionale Planungsebene/ Überörtliche Raumplanung

Ziel dieser Planungsebene ist die flächendeckende Darstellung von naturgefahrensensiblen Räumen im regionalen Maßstab in Form einer Gefahrenhinweiskarte $\leq 1:25.000$. Die Gefahrenhinweiskarte umfasst in dieser Bearbeitungsebene die Beurteilung der Disposition und die grobe Abschätzung des Wirkungsraums bzw. der Reichweiten der behandelten Prozesse. Sie stellt das Gefährdungspotenzial – soweit auf Grundlage der Daten möglich – klassifiziert dar (z. B. Gefährdung nicht zu erwarten – Gefährdung nicht auszuschließen – Gefährdung zu erwarten) und trifft keine Aussage zur Intensität und Eintrittswahrscheinlichkeit. Die Ergebnisse richten sich nach den Grundsätzen und Zielen der überörtlichen Planungsebenen der Bundesländer.¹

Kommunaler Planungsebene/ Örtliche Raumplanung (Örtliches Entwicklungskonzept, Flächenwidmungsplan)

In der kommunalen Planungsebene (1:25.000–1:5.000) zielt die Untersuchung auf eine Klassifikation der potenziellen Gefährdung durch gravitative Massenbewegungen im erweiterten raumrelevanten Bereich ab. Die Darstellung erfolgt hier in Form einer „verfeinerten“ Gefahrenhinweiskarte, bestehend aus Beurteilung der Disposition und Einschätzung des potenziellen Wirkungsraumes. Im Entscheidungsprozess sind auch die Informationen der Inventarkarten/Ereignischroniken zu berücksichtigen. Aus der Gefahrenhinweiskarte soll die Aussage in Richtung Handlungsbedarf (z. B. zwingend ein ExpertInnengutachten; Konsultation einer/s ExpertIn – Vorgutachten, Konsultation RaumplanerIn) für den Verfahrensablauf (Widmungs- und Bauverfahren)

¹ Zum Beispiel bestimmt der §1 Abs. 2 TROG als Ziel der überörtlichen Raumordnung „die Sicherung des Lebensraumes, insbesondere der Siedlungsgebiete und der wichtigen Verkehrswege, vor Naturgefahren“

in Form von Verfahrensempfehlungen abgeleitet werden. Zu beachten ist, dass Gefahrenhinweise aufgrund der zur Verfügung stehenden Datenlage grundsätzlich nicht parzellenscharf abgegrenzt werden können. In der Festlegung der Handlungsempfehlungen für die Behörde auf Kommunalebene ist dabei auch die relevante Umgebung mit einzubeziehen. Die aus den Gefahrenhinweisen abgeleiteten Handlungsempfehlungen für Behörden bei Widmungs- und Bauverfahren sollten jedoch möglichst auf die Darstellungsebene des Bebauungsplanes (Grundstücke) heruntergebrochen werden.

Objektebene – Bebauungsplan

In dieser Bearbeitungsebene ist eine parzellenscharfe Festlegung von Gefährdungen, das Ausmaß der Gefährdungen sowie konkrete Nutzungseinschränkungen anzugeben, welche nicht mehr unmittelbar aus den Gefahrenhinweiskarten ableitbar sind. Diese Aussagen müssen ausgewiesen werden, wobei (im Falle einer Modellierung) deterministische Methoden angewandt werden müssen.

Für die Sicherung der Qualität von Gefahrenhinweiskarten müssen Mindestanforderungen an Datenqualität und Methodik erfüllt und für die Nachvollziehbarkeit der Kartenerstellung und der damit verbundenen Interpretationskraft dokumentiert sein. Besonders relevant ist, dass die Wahl der Klassengrenzen in hohem Maße die räumliche Ausdehnung der Gefährdungsklassen und somit das Restrisiko bestimmt, welches aufgrund der generellen Unsicherheiten stets bestehen bleibt und kommuniziert werden muss.

Fachplanung

Der zentrale Beitrag der Arbeitsgruppe „Fachplanung“ war die systematische Aufbereitung der fachlichen, formalen und rechtlichen Grundlagen

der in Österreich und im benachbarten Alpenraum verfügbaren Gefahrenkarten und Gefahrenzonenpläne. Ein anderer Schwerpunkt war die Entwicklung und Etablierung allgemein anerkannter (normierter) Schutzziele und Sicherheitsgrenzwerte für die Raumplanung und das Risikomanagement für Steinschlaggefahren. In Österreich sind beide Instrumente für gravitative Naturgefahren entweder nur vereinzelt (regional) oder gar nicht verfügbar, sodass Sicherheitsentscheidungen im Raumordnungs- und Bauverfahren jeweils nur im Einzelfall getroffen werden müssen.

Zur Darstellung gravitativer Naturgefahren wird methodisch zwischen Inventarkarten, Gefahrenhinweiskarten, Gefahrenkarten, Risikohinweiskarten und Risikokarten unterschieden. Gefahrenzonenpläne sind durch ein gesetzlich geregeltes Verfahren sowie die Legitimation durch ein staatliches Organ gekennzeichnet. Jedes dieser Plandokumente wird mit unterschiedlichen maßstabsabhängigen Modellansätzen erstellt. Anhand von Faktenblättern, die im Zuge einer ExpertInnenbefragung von den zuständigen Institutionen ausgefüllt wurden, werden die verschiedenen Ansätze der Gefahrendarstellung vorgestellt und anschließend vergleichend präsentiert (Studie der Universität Wien, Univ.-Prof. Dr. Thomas Glade). Es konnte gezeigt werden, dass aufgrund der unterschiedlichen Datengrundlagen, der verschiedenen angewandten Methoden und der formalen Präsentation die verfügbaren Gefahrendarstellungen nicht direkt vergleichbar sind. Die Studie zeigt den Harmonisierungsbedarf auf, welcher bei einer bundesweit vereinheitlichten Planungssystematik für die kartografische Darstellung von gravitativen Naturgefahren erforderlich wäre. Die Festlegung von konkreten Schutzzielen und Sicherheitsgrenzen setzt die Kenntnis von Wiederkehrwahrscheinlichkeit und Intensität des Gefahrenprozesses voraus. Für Sturzprozesse wurde ein erster Entwurf für konkrete Schutzziele

erstellt, die im Raumordnungs- und Bauverfahren sowie als Kriterium für die Abgrenzung von Gefahrenzonen und Hinweisbereichen anwendbar sind. Ein gesondertes Sicherheitskriterium wird für Personen im Freien und VerkehrsteilnehmerInnen vorgeschlagen.

Fachliche Empfehlungen der ÖREK-Partnerschaft – Zusammenfassung

In der ÖREK-Partnerschaft wurden „Fachliche Empfehlungen für ein Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung“ erarbeitet. Diese Empfehlungen enthalten fachliche Leitlinien und Grundsätze, die die Mitglieder der ÖREK-Partnerschaft für die Implementierung eines Risikomanagements als notwendig erachten (nominelle und funktionelle Raumplanung, Fachplanungen, Geologie, Monitoring). Weiters enthalten die Empfehlungen Vorschläge zur Institutionalisierung der Abstimmung von Zielen, Maßnahmen und Prioritäten zwischen den Akteuren im Sinne eines integrierten Risikomanagements.

Eckpunkte der fachlichen Empfehlungen

Die folgenden Eckpunkte der Empfehlungen können in gekürzter Form zusammengefasst werden:

Allgemeines

Der Umgang mit gravitativen Naturgefahren bezüglich der Gefahrenanalyse und -darstellung, der Fachplanung sowie des Managements stellt in Österreich eine zunehmende Herausforderung dar. Aufgrund der Präventionswirkung wird vor allem im raumplanerischen Umgang mit gravitativen Naturgefahren ein wesentlicher Beitrag zum integrierten Naturgefahrenmanagement gesehen, wobei sich vor dem Hintergrund vielfältiger Aktivitäten auf Bundesebene und in den Bundeslän-

den für die jeweiligen Planungsebenen unterschiedliche Handlungsanforderungen ergeben.

Den Empfehlungen, die aufgrund der hohen thematischen Komplexität teilweise inhaltliche Überschneidungen aufweisen, liegt eine österreichweite, generelle Betrachtungsweise zugrunde. In einzelnen Bundesländern wurden bestimmte Maßnahmen bereits durchgeführt und einzelne Empfehlungen umgesetzt. Wo im Rahmen der ÖREK-Partnerschaft keine konkreten Lösungsvorschläge erarbeitet werden konnten, wird in den Empfehlungen explizit auf den Klärungsbedarf hingewiesen.

Prävention als Grundprinzip einer risikoorientierten Raumentwicklung

Das erste Kapitel stellt auf den Bereich der Prävention als Grundprinzip ab. Hier wird u.a. hervorgehoben, dass die Steuerung der räumliche Verteilung von Nutzungen und Bautätigkeiten so gestaltet werden soll, dass

- die Beeinträchtigungen durch alle Naturgefahren möglichst gering gehalten werden;
- keine wesentliche Erhöhung bzw. eine Reduktion möglicher Schäden durch Naturgefahren erfolgt und planerische, nicht-bauliche Maßnahmen grundsätzlich technischen Eingriffen vorgezogen werden.

Daten und Informationen über gravitative Naturgefahren

Das nächste Kapitel der Empfehlungen geht auf die Bedeutung der Erhebung und Bereitstellung von raumbezogenen Daten und Informationen über gravitative Naturgefahren ein. Dies wird als öffentliche Aufgaben gesehen und hat als wesentliche Grundlage insb. für raumplanungs- und baurechtliche Prozesse und Entscheidungen zu erfolgen.

Analyse, Bewertung und Darstellung gravitativer Naturgefahren

Kapitel drei wendet sich der Analyse, Bewertung und Darstellung zu. Neben allgemeinen Grundprinzipien für die Analyse und Bewertung werden insbesondere die nötigen Instrumente der Gefahrenendarstellung (Inventarkarten, Gefahren(hinweis)karten) untergliedert nach den Maßstabsebenen regionale bzw. überörtliche Ebene (Gefahrenhinweiskarten), kommunale Ebene (Gefahrenhinweiskarte inkl. Handlungsempfehlungen für Behörde) und Objektebene (Detailgutachten, Gefahrenkarten) dargestellt. Das Modell der Gefahrenzonenplanung wird als eigener Punkt beschrieben und die Anwendung auf gravitative Naturgefahren als wesentlicher Handlungsbedarf hervorgehoben.

Management von gravitativen Naturgefahren

Sehr umfassend wird auf das Management von Naturgefahren eingegangen. Dieser Bereich ist nach den Anforderungen für die Raumordnung, dem Baurecht und weitere Fachmaterien untergliedert. Die Implementierung eines integrierten Naturgefahrenmanagements wird hervorgehoben und dahingehend die Eckpunkte für eine umfassende Risk Governance festgelegt.

Kompetenzen und Ressourcen

In den abschließenden Kapiteln zu Kompetenzen und Zuständigkeiten wird v.a. auf formalen Klärungsbedarf bzw. auf die Bedeutung einer ausreichenden Ausstattung mit Ressourcen hingewiesen.

Publikation und Ausblick: Politische ÖROK-Empfehlungen

Die Gesamtfassung der fachlichen Empfehlungen ist in der ÖROK-Schriftenreihe Nr. 193 (ÖROK, 2015) publiziert.

Entsprechend der Kompetenzaufteilung der österreichischen Bundesverfassung liegt die Verantwortung für die Umsetzung bzw. Verwendung der Ergebnisse auf Ebene des Bundes (v.a. BMLFUW, BMVIT, GBA) sowie auf Ebene der Länder (Raumordnung, Raumordnungsrecht, Fachplanungen, geologische Dienste) und Gemeinden.

Um dabei die eine verstärkte Rückendeckung und Unterstützung von politischer Seite zu erhalten, wurde als auf Ebene der ÖROK als Follow-Up zu den Arbeiten der ÖREK-Partnerschaft die Erarbeitung von politischen Empfehlungen (ÖROK-Empfehlungen) zum Thema vereinbart. Diese – auch auf politischer Ebene zu koordinierenden Empfehlungen – sollen auf den fachlichen Ergebnissen der ÖREK-Partnerschaft aufbauen und einen wichtigen Beitrag zur verstärkten Umsetzung leisten. Die politischen Empfehlungen werden formal nicht mehr von der ÖREK-Partnerschaft, sondern einem eigens vom Ständigen Unterausschuss der ÖROK eingesetzten Redaktionsteam, welches aus der Partnerschaft hervorgegangen ist, bearbeitet.

Zusammenfassung

Zusammenfassend war die ÖREK-Partnerschaft "Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumordnung" eine sehr produktive Zusammenarbeit von unterschiedlichsten Partnern und führte zu umfangreichen und sehr konkreten Ergebnissen. Über zwei Jahre wurde in mehreren Treffen ein gemeinsames Verständnis aufgebaut und Zielsetzungen erarbeitet. Die drei fachlichen Arbeitsgruppen bildeten anfangs den Kern und wurden später zur fachübergreifenden Erarbeitung von Lösungsansätzen wieder aufgebrochen.

Auf Basis des zusammengetragenen Wissens der Arbeitsgruppen in Form des Materialienbandes, des aufgebauten gemeinsamen

Verständnis und unter Berücksichtigung der regionalen Bandbreiten wurden Empfehlungen für die Umsetzung und Harmonisierung des Risikomanagements für gravitative Naturgefahren in der Raum- und Fachplanung erarbeitet. Die Ergebnisse – wenn auch als unverbindlich und vorläufig anzusehen – werden der ÖROK und ihren Mitgliedern als Grundlage und Vorschlag für die weitere Strategieentwicklung und die Erstellung „politischer“ Empfehlungen (ÖROK-Empfehlungen) zur Verfügung gestellt.

Die in dieser Partnerschaft geschaffene Kooperation zwischen ExpertInnen unterschiedlicher Fachbereiche ist beispielgebend für das gesamte Naturgefahrenrisikomanagement in Österreich. Dieser Sektor übergreifende Dialog in der Partnerschaft mit Raumplanern, Geologen, Fachplanern, Wissenschaftlern aus unterschiedlichsten Institutionen spiegelt sich auch in den Produkten der Partnerschaft wieder. Darüber hinaus konnte ein kompetenz- und institutionenübergreifendes Fachnetzwerk etabliert werden, welches auch nach Abschluss der ÖREK-Partnerschaft den Harmonisierungs- und Standardisierungsprozess in diesem wichtigen Fachbereich vorantreiben wird.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Dr. Catrin Promper
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft
Abteilung III 5
Marxergasse 2, 1030 Wien
catrin.promper@bmlfuw.gv.at

MMag.^a Elisabeth Stix
Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK)
Ballhausplatz 1, A-1014 Wien
stix@oerok.gv.at

DI Dr. Arben Kociu
Geologische Bundesanstalt
Abteilung Ingenieurgeologie
Neulinggasse 38, 1030 Wien
arben.kociu@geologie.ac.at

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Arthur Kanonier
Technische Universität Wien
Fachbereich Rechtswissenschaften
kanonier@law.tuwien.ac.at

Univ.-Prof. Dr. Thomas Glade
Universität Wien
Fachbereich Geographie und Regionalforschung
Universitätsstr. 7, 1010 Wien
thomas.glade@univie.ac.at

Privatdozent Dr. Florian Rudolf-Miklau
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft
Abteilung III 5
Marxergasse 2, 1030 Wien
florian.rudolf-miklau@bmlfuw.gv.at

Literatur / References

RUDOLF-MIKLAU F. (2009):
Naturgefahren-Management in Österreich, LexisNexis Wien.

ÖSTERREICHISCHE RAUMORDNUNGSKONFERENZ (2005):
ÖROK-EMPFEHLUNG NR. 52 zum präventiven Umgang mit
Naturgefahren in der Raumordnung (Schwerpunkt Hochwasser).

ÖSTERREICHISCHE RAUMORDNUNGSKONFERENZ (2011):
Österreichisches Raumentwicklungskonzept ÖREK (<http://www.oerok.gv.at/raum-region/oesterreichisches-raumentwicklungskonzept/oerek-2011.html>)

ÖROK (Österreichische Raumordnungskonferenz) (Hrsg.) (2015):
Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung.-
Wien. (= ÖROK-Schriftenreihe 193).

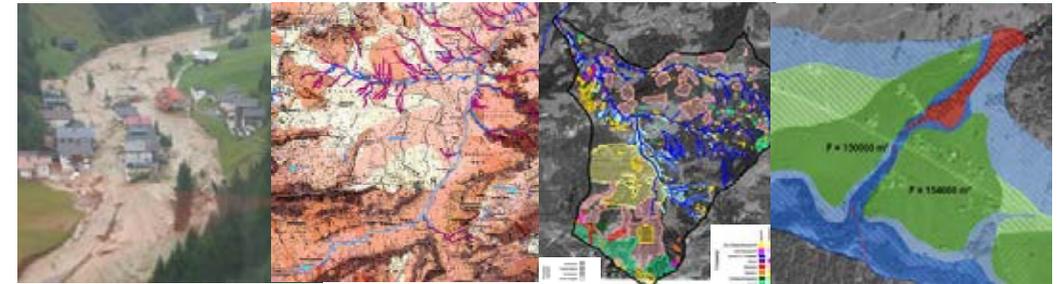
i.n.n. | **naturraum - management**
ingenieurgesellschaft
geoinformatik
geotechnik
risk-management recht

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



GWU
Geologie - Wasser - Umwelt

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

Steinschlag - Felssturz - Rutschung

Geländeaufnahme, Sicherungs- und
Sanierungsplanung, Simulation,
Ausschreibung und Bauaufsicht für
Projekte innerstädtisch

z.B. Salzburger Stadtberge

sowie im alpinen Gelände

z.B. Felssturz Schildalmgalerie/Felbertauern

Trinkwasser-Hochbehälter Lienz

L25 Deferegentalstraße

L324 Pustertaler Höhenstraße

380kV-Leitung Felbertal

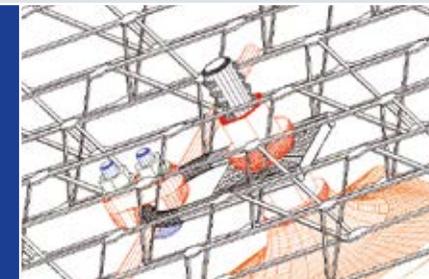
Rutschung Zell a. Pettenfirst

GWU Geologie-Wasser-Umwelt GmbH
Ingenieurbüro für Geologie, Kulturtechnik und Wasserwirtschaft

A-5020 Salzburg, Bayerhamerstraße 57
Tel.: +43 (0)662 876360-0 - <http://www.gwu.at>

Wir sichern und kultivieren die Erde

Steilwälle
Wasserbau
Entwässerung
Sonderkonstruktionen



Hang- u.
Böschungssicherung
Steinschlagschutz
Stützbauwerke



JK
KRISMER

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



BERNHARD ELSNER, MICHAEL MÖLK, ANNEGRET JENNER, CAROLA KÜFMANN

Erfassung und Bewertung großdimensionaler Massenbewegungen aus hochauflösenden digitalen Geländemodellen – Entwurf zur Integration in den Wildbach- und Lawinenkataster (WLK)

Mapping and Assessment of Large-scale Landslides based on High-resolution Digital Terrain Models – Concept for Integration in the Torrent and Avalanche Inventory (WLK)

Zusammenfassung:

Im Rahmen des integralen Risikomanagements der Wildbach- und Lawinenverbauung und der Integration in den eigenen Wildbach- und Lawinenkataster wurden Massenbewegungen mit einer Fläche von über 10 ha in einem Testgebiet südlich von Innsbruck/Tirol auf Grundlage von Schummerungsrastern aus hochauflösenden Laserscandaten erfasst. Erstmals wurde dafür eine systematische Methodik zur Ausweisung und groben relativen Klassifikation großdimensionaler Massenbewegungen nach ihrer Aktivität entwickelt. So wurden solche Massenbewegungen auf ca. 26% der Fläche des Untersuchungsgebiets identifiziert. Anhand von Vergleichen mit Ergebnissen anderer Methoden und dem Erfahrungszugewinn im Laufe der Erfassung konnte so eine möglichst objektive Vorgehensweise und Grundlage für weitere Bearbeitungen außerhalb des Untersuchungsgebiets konstruiert werden.

Stichwörter: Großdimensionale Massenbewegung, Aktivitätsklassifizierung, hochauflösende ALS-Daten, digitales Geländemodell, Wildbach- und Lawinenkataster (WLK)

Abstract:

In the context of the integrated risk management of the Austrian Torrent and Avalanche Control and the integration in their own Torrent and Avalanche Inventory, landslides larger than 10 ha were mapped based on hillshades of high-resolution laser scanning data in a test area south of Innsbruck/Tyrol. For the first time a systematic approach for identification and rough relative classification of large-scale landslides according to their activity was developed. In this way such landslides were identified in 26% of the whole study area. Based on the comparison of results with different methods and the gain of experience during mapping an approach and basic concept for some continuation outside the study area was constructed as objective as possible.

Keywords: Large-scale landslide, classification of activity, high-resolution ALS-data, digital terrain model, Torrent and Avalanche Inventory (WLK)

Einleitung

Im Rahmen der Arbeit der Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV) stellt sich immer wieder die Frage, ob ein Hangabschnitt Teil eines größeren Massenbewegungs-Phänomens ist. Dies kann vor dem Hintergrund von Gefahrenzonenplanungen mit der möglichen Ausweisung von braunen Hinweisbereichen bezüglich der Vermeidung von potentiell instabilen Hangbereichen relevant sein. Des Weiteren ist die Kenntnis der Lage und Ausdehnung von großdimensionalen und meist tiefgründigen Massenbewegungen bei Projekterstellungen unter anderem in Hinblick auf die Bildung von Oberflächenabfluss zum Beispiel für Abflussmodellierungen, den möglichen Einfluss von Zerrungszonen auf diese Prozesse oder die Stabilität von Einhängen und Uferböschungen ein oft essentieller Aspekt.

Bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt gibt es keine flächendeckende, landesweite Erfassung solcher Massenbewegungen. Allenfalls in neueren Bearbeitungen der Österreichischen Geologischen Karte im Maßstab 1:50.000 werden solche Massenbewegungen ausgeschieden. Diese liegen jedoch nur sehr lückenhaft vor.

Mit den seit kurzem annähernd flächendeckend für das gesamte österreichische Bundesgebiet verfügbaren hochauflösenden Geländemodellen (Punktraster ≤ 1 m) sind erstmals die Werkzeuge vorhanden, um mit hochqualitativen Fernerkundungsdaten visuell solche tiefgründigen Massenbewegungen morphologisch auch innerhalb der Waldbedeckung zu erfassen.

Daher wurde im Rahmen einer Bachelor-Abschlussarbeit der Ludwig-Maximilians-Universität München, Lehrstuhl für Geographie und Landschaftsökologie, Department für Geographie (ELSNER, 2014) unter der fachlichen Begleitung durch die Geologische Stelle der WLV ein Pilotprojekt gestartet. Ziel der Bearbeitung war die

erstmalige Entwicklung einer systematischen Methodik zur Ausweisung und groben Klassifikation dieser Massenbewegungen für ein Testgebiet. Damit sollten mit einer qualitativen visuellen Beurteilung von morphologischen Phänomenen Verdachtsflächen mit Hinweisen auf das Vorliegen und die räumliche Ausdehnung von solchen tiefgründigen Massenbewegungen nachvollziehbar, kostengünstig und relativ zeitsparend ausgeschieden werden.

Die räumliche und inhaltliche Erfassung der Daten erfolgt über den Wildbach- und Lawinenkataster (WLK) des Forsttechnischen Dienstes der WLV. Diese Datenbank bietet ein eigenes Modul zur Erfassung der geologischen Prozessräume.

Im Rahmen der gegenständlichen Arbeit wurden mittels Fernerkundung bereits 268 sogenannte „Risikogebiete“ als „Rutschungsgebiete“ ins System übernommen. Die Erfassung der Risikogebiete im WLK beruht nicht zwangsläufig auf einer laserscanbasierten Verortung, sondern kann auch über andere Erhebungsmethoden erfolgen. Die Art der Erhebung ist allenfalls im Aufnahmeformular anzugeben. Die erfassten Objekte können dann mit Inhalten anderer Module verknüpft werden, wie beispielsweise Bauwerken, Gutachten oder Gefahrenzonenplänen.

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet im österreichischen Bundesland Tirol innerhalb der politischen Bezirke Innsbruck-Stadt und Innsbruck-Land südlich des Inns umfasst eine Fläche von ca. 1460 km² (Abb. 1).

Der höchste Punkt des gebirgigen Gebiets mit einer Hangneigung von 10° – 45° auf knapp 80% der Fläche befindet sich auf etwa 3500 m ü. NN in den Stubai Alpen, der niedrigste Punkt auf etwa 540 m ü. NN am Inn. Geolo-

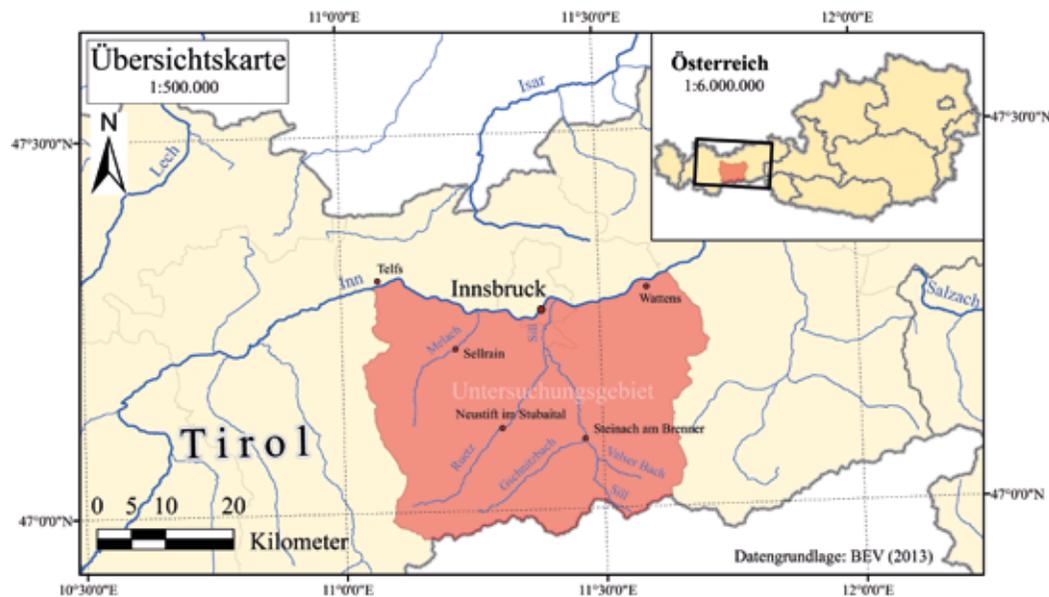


Abb. 1: Übersichtskarte mit der Lage des Untersuchungsgebiets (rot) (eigene Darstellung)

Fig. 1: Overview of the study site (red) (own illustration)

gisch betrachtet sind im gesamten Untersuchungsgebiet, das vor allem das ostalpine Kristallin im Westen, die Grauwackenzone im Nordosten und penninische Einheiten (Tauernfenster) im Südosten umfasst, vor allem Para- und Orthogneise sowie Quarzphyllit und Bündnerschiefer vorherrschend. Aber auch nennenswerte Decken mit karbonatischen Gesteinstypen (Brenner Mesozoikum) kommen vor. So stellt das Untersuchungsgebiet – auch hinsichtlich Vegetation und Klima – einen repräsentativen Ausschnitt der Zentralalpen dar und ist durch seine Heterogenität gut für die Entwicklung einer Klassifikation geeignet, in der möglichst alle Aspekte der Raumausstattung betrachtet und eingearbeitet werden können.

Abgrenzung von großdimensionalen Massenbewegungen

Gravitative Massenbewegungen als der Schwerkraft folgende Verlagerungen von Fels, Schutt und

Feinsubstrat fassen eine große Gruppe von Prozessen zusammen, von denen nur ein kleiner Ausschnitt in dieser Arbeit betrachtet wird.

Da zur Kartierung der Massenbewegungen hier eine Fernerkundungsmethodik verwendet wird, bei der diese aus der Luft anhand von Laserscanning-Daten einer Befliegung erfasst werden, können als einzige Informationen nur Fläche, Umriss und die Ausprägungen der Grenzlinien und Oberflächen einer Massenbewegung gewonnen werden. So kann korrekterweise – gemäß dem Titel – bei den hier untersuchten Gebieten als genauer beschreibende Eigenschaft nur die Fläche und nicht etwa Materialtypus oder absolute Werte zu Aktivität oder Tiefe bestimmt werden. Die betrachteten Massenbewegungen umfassen in ihrer Gesamtheit mindestens eine Fläche von 10 ha und werden so als **großdimensionale Massenbewegungen** definiert. Dieser Schwellenwert ist auch in einer von der angewandten Methodik her vergleichbaren Arbeit (CHIGIRA, 2011, zit. in LIN

et al., 2013) festgesetzt worden und hat sich nach mehreren Kartierungsdurchläufen als sinnvolle Untergrenze großdimensionaler Massenbewegungen herausgestellt, da schon bei etwas kleineren Bewegungen die typische Charakteristik von Massenbewegungen deutlich schwerer auszumachen ist und eine Abgrenzung zu im Rahmen dieser Bearbeitung nicht relevanten Geländeformen wie z. B. Uferanbrüchen schwierig ist.

Zur Einordnung der hier erfassten Massenbewegungen in den Kontext allgemeingültiger Klassifikationssysteme von Massenbewegungsarten wurden unter anderem Gegenüberstellungen zu vorhandenen, beispielsweise durch stereophotogrammetrische Methodik erzielte Ergebnissen (WLV, 2006) angestellt. Dabei zeigte sich, dass die hier in den Teilgebieten erfassten Massenbewegungen größtenteils den als tiefgründige Massenbewegung in Lockermaterial oder Fels (WLV, 2006) ausgewiesenen Gebieten entsprechen. Auch können nach der Erfassung aller großdimensionalen Bewegungen weitere Merkmale, wie die Ausdehnung am Hang vom Grat bis in den Talgrund mit hoher Allgemeingültigkeit erkannt werden. Des Weiteren zeigen die Erkenntnisse bei den Ortsbegehungen im Oktober und November 2013, dass die hier erfassten großdimensionalen Massenbewegungen zu einem großen Teil wohl eine sehr geringe, mit bloßem Auge nicht wahrnehmbare Geschwindigkeit aufweisen, aber generell eine Vielzahl an Anzeichen von Aktivität wie z. B. Abbruchkanten, Krümmungen von Baumstämmen oder aufgelockerte Gesteinsverbände zeigen. Dies bestätigt insgesamt, dass die in diesem Projekt erfassten Massenbewegungen tiefgründig in Lockermaterial oder Fels vorkommen und mehrere Prozessarten von Massenbewegungen vereinen.

Aufgrund der Eigenschaften großdimensional, relativ langsam und komplex kann bezogen auf die drei Großhangbewegungen nach

MOSER (1999) festgestellt werden, dass die komplexe Massenbewegungsart **Talzus Schub** (AMPFERER, 1939 und STINI, 1941) die hier erfassten Massenbewegungen am besten umfasst. Diese langsamen Bewegungen können schon seit Jahrtausenden abgeschlossen sein oder durch aktuelle Aktivität frische Spuren (z. B. Massenbewegung Mislalm/Navis) deutlich erkennen lassen. Im oberen Bereich finden sich Anzeichen einer Bergzerreißung durch Doppelgrate und Nackentäler. Letztere sind auch besonders im mittleren Bereich vorhanden. Dort entstehen Spaltenzonen und die Geländeoberfläche sackt unterhalb des ursprünglichen Geländeverlaufes ein. Schließlich ist der untere Bereich durch einen übersteilten Hangfuß charakterisiert, wodurch die Talsohle beim Auflaufen am Gegenhang gehoben wird. In einer aktualisierten Klassifikation von Massenbewegungstypen (HUNGR, et al. 2014) ist diese Art unter der Bezeichnung **mountain slope deformation** wiederzufinden.

Nebenbei konnten teilweise auch schuttstromartige Massenbewegungen, eine andere der drei Großhangbewegungen von MOSER (1999), unter den erfassten Massenbewegungen beobachtet werden. Zur Beschreibung der erfassten Gebiete wird also nur der Begriff **großdimensionale Massenbewegung** verwendet, da allein die Eigenschaft der Größe sicher auf alle Bewegungen zutrifft.

Geländemodelldaten

Die Erkennung und Erfassung der Massenbewegungen in dieser Arbeit erfolgt auf der Basis von Airborne Laserscanning-Daten (ALS). Diese können mit geeigneten Rechenmethoden von Messpunkten wie Bäumen und somit ganzen Waldflächen bereinigt werden. Das daraus hervorgehende Digitale Geländemodell (DGM) eignet sich in einer Schummerungsdarstellung für

die Erfassung von Massenbewegungen auf allen Flächen. Denn neben dem 3D-Effekt der hochauflösenden Schummerung werden die Objekte auf der Erdoberfläche eliminiert, so dass Rauigkeiten im Gelände auch innerhalb der Waldflächen bestmöglich erkannt werden können – ein Umstand, der mit optischen Luftbildern oder Orthofotos (WLV 2006) nicht gegeben ist.

Diese sogenannten Schummerungsraster (Hillshades) der DGM-Datensätze mit einer Bodenauflösung von 1x1 Meter sind für das gesamte Land Tirol unter freier Lizenz als Web Map Service, der vom Amt der Tiroler Landesregierung/Abteilung Geoinformation bereitgestellt wird, verfügbar und entstammen der tirolweiten Laserscan-Befliegung zwischen 2006 und 2010.

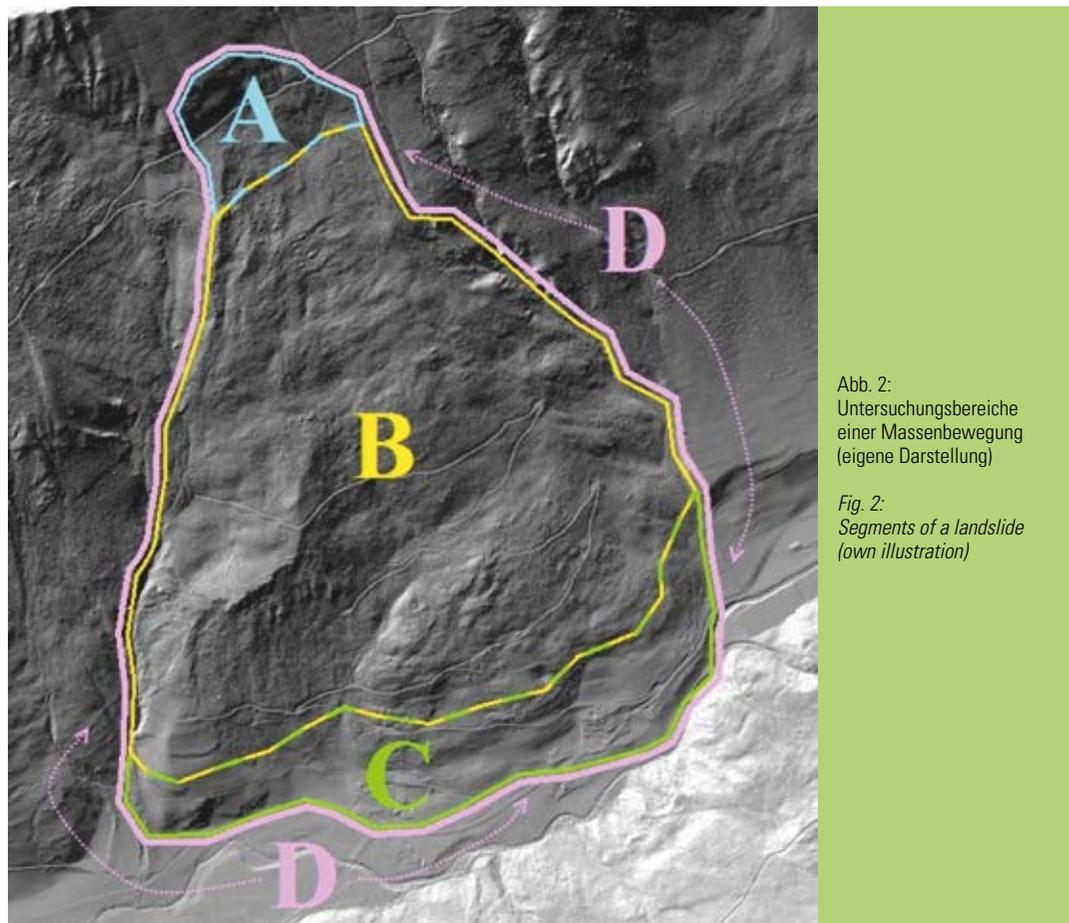


Abb. 2:
Untersuchungsbereiche
einer Massenbewegung
(eigene Darstellung)

Fig. 2:
Segments of a landslide
(own illustration)

Klassifizierungsmethodik

Segmente und Merkmale einer großdimensionalen Massenbewegung

Vorbereitend für eine möglichst objektive Erfassung nach einer definierten Vorgehensweise wurde anhand anderweitig erfasster Verdachtsflächen der WLV (2006) zuerst näher analysiert, wie genau und mit welchen charakteristischen Formen großdimensionale Massenbewegungen auf dem Schummerungsraster erscheinen.

So konnten vier Segmente (Abb. 2) mit verschiedenen, im Folgenden aufgezählten Merkmalen herausgearbeitet werden, die in einer Massenbewegung enthalten sein müssen, aber unter-

schiedlich ausgeprägt sein können. Bezogen auf die Grundelemente einer Massenbewegung (WP/WLI, 1993) sind das der Bereich zwischen Krone und Kopf (A), das Gebiet des Haupttrutschkörpers und die oberen Bereiche des Fußes (B), die unteren Teile des Fußes und der Front (C), sowie die gesamte Fläche und Begrenzung der Massenbewegung (D), mit der oberen Abgrenzung von A,

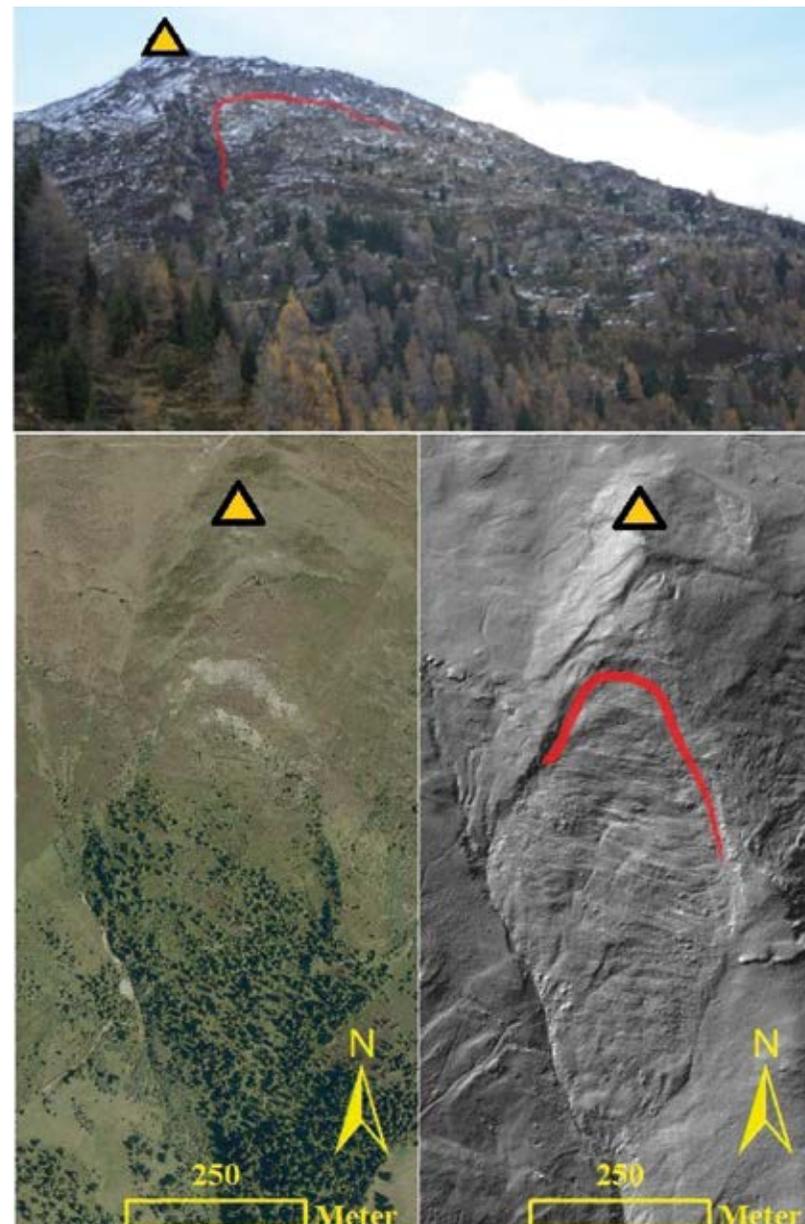


Abb. 3:
Kopf (rote Linie) mit
darüber liegender scharfer
Abbruchkante und darunter
liegender rauer Oberfläche
des Haupttrutschkörpers
– Ansicht einer aktiven
Massenbewegung im
Navistal als Foto (oben;
B. Elsner, 08.11.2013),
Orthofoto (unten links) und
Hillshade (unten rechts)
(eigene Darstellung)

Fig. 3:
Head (red line), above the
sharp scarp, underneath
the rough surface of the
main body – View of an
active landslide in the Navis
Valley as photography (top;
B. Elsner, 08.11.2013),
orthophoto (lower left) and
hillshade (lower right) (own
illustration)

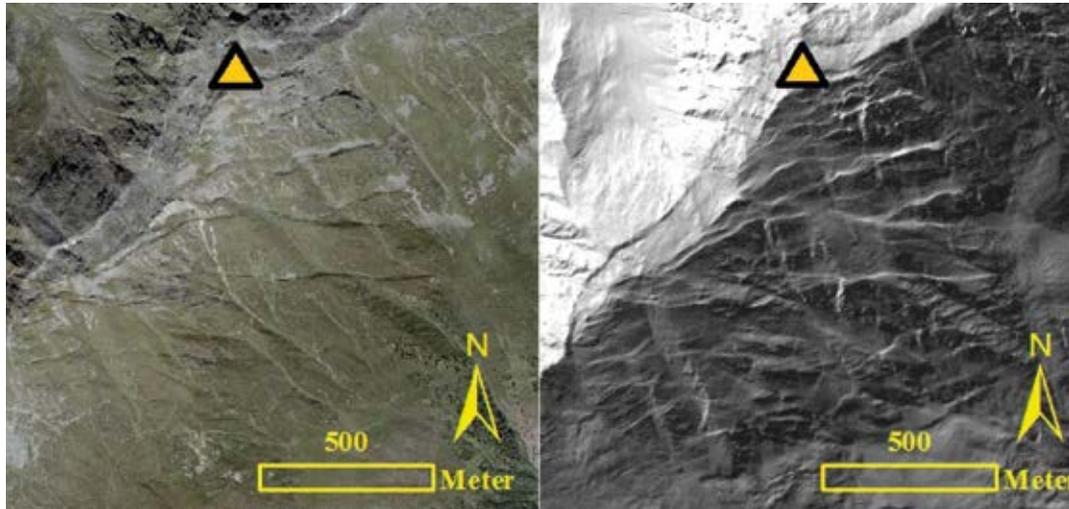


Abb. 4: Doppelgrate und Nackentäler im oberen Bereich einer Massenbewegung in den Stubai Alpen als Orthofoto (links) und Hillshade (rechts) (eigene Darstellung)

Fig 4: Double ridges and minor scarps in the upper part of a landslide in the Stubai Mountains showed as orthophoto (left) and hillshade (right) (own illustration)

sind das die Merkmale des Bergzerreiungs-Phänomens wie steile und scharfe Abrisskanten (Abb. 3), häufig mit Doppelgraten (Abb. 4) oder Teilbewegungen unterhalb von Kanten hoher Reliefenergie. Im verflachten Abschnitt B wurden als Merkmale Nackentäler (Abb. 4) und sehr unruhige Oberflächen (Abb. 3) mit z. T. lateralen Abrisskanten erkannt. Das Segment C ist generell durch eine Verengung des Talbodens und eventuell durch eine Verlagerung von Bachläufen in Richtung des Gegenhangs charakterisiert und weiter durch eine großräumige Verteilung unmittelbar an der Front. Diese ist als Stirn am Hang oder Hangfuß deutlich erkennbar, in Gräben aber nicht immer klar zu sehen (Abb. 3). Schließlich ist für D der Fokus auf den Gesamtcharakter der Massenbewegung gerichtet. Eine wiederholte Betrachtung von Merkmalen anderer Segmente wird aber nicht vorgenommen, weil in D umfassende Merkmale betrachtet werden: Die Überprägung des gesamten Gebiets durch andere nicht für Massenbewegungen typische Prozesse, die unterschiedlich scharfe Abgrenzung der gesamten Bewegung an

den äußersten Grenzen nach allen Seiten, sowie die seitliche Abgrenzung mit Scherfugen.

Zusätzlich zu den Indizien aus den Merkmalen und Abgrenzungen von Gebieten können innerhalb der Bewegung auch weitere Hinweise gefunden werden, die das Erkennen einer Massenbewegung bei der Betrachtung des Untersuchungsgebietes aus der Luft erleichtern: auffällige Massenverteilungen, die durch eine Verlagerung talwärts entstanden sein könnten, andere schon kartierte Massenbewegungen auf der gegenüberliegenden Talseite oder senkrecht zum Tal verlaufende Gerinne, die in Scherfugen verlaufen.

Ablauf

Im Maßstab 1:10.000 oder teilweise größer wurden im Schummerungs-Raster die einzelnen Talhänge nach verschiedenen Auffälligkeiten untersucht. Jedes generell anhand der hier aufgezählten Indizien infrage kommende Gebiet wurde entlang der identifizierbaren äußersten Grenzen der eigenständigen potentiellen Massenbewe-

gung abgegrenzt, wobei im Zweifelsfall großzügig der Grat, Talboden oder seitliche Gerinneverläufe als Abgrenzung verwendet wurden.

Anschließend soll nach dem hier entworfenen Regelwerk die Aktivitätsklasse AK der vier Segmente bestimmt werden. Daraus ergibt sich für jede Massenbewegung eine Aktivitätszahl AZ, die klassifiziert wird und als Aktivitätsstufe AS bezeichnet wird.

Die dabei ermittelte Aktivität basiert aber auf der rein visuellen Bewertung der Ausprägung von Umgrenzung und Fläche der Massenbewegung zu einem konkreten Zeitpunkt aus der Luft in Hinblick auf die relative zeitliche Nähe zur letzten aktiven Phase der Massenbewegung. Die hier daraus entwickelte grobe Klassifizierung beruht auf dem Umstand, dass eine über längeren Zeitraum (Jahrzehnte bis Jahrhunderte) stabile Massenbewegung durch Erosion und Verwitterung überprägte und geglättete Begrenzungen und Flächen aufweist, rezent oder subrezent aktive Massenbewegungen jedoch relativ scharfe Umgrenzungen und unruhige Flächenausprägungen zeigen. Die Klassifizierung ist als relative Aktivitätsklassifizierung zu sehen und nicht mit der klassischen Aktivitätsklassifizierung von Massenbewegungen (WP/WLI 1993) zu vergleichen, da weder eine aktuelle Bewegungsrate noch der absolute Zeitabstand zur letzten aktiven Phase in der Vergangenheit bestimmt werden kann. So kann der hier verwendete Aktivitätsbegriff auch als Grad der Gewissheit des Vorhandenseins einer Massenbewegung verstanden werden. Da hier keine statistischen Analysen durchgeführt werden, wird dieser daher etwas missverständliche Begriff allerdings im Weiteren bei der relativen Klassifikation nicht benutzt und dafür der besser zu den Schlussfolgerungen aus den visuellen Betrachtungen passende Begriff Aktivität verwendet.

Wichtig ist des Weiteren, dass Teilflächen der Massenbewegungen, die deutlich andere

Ausprägungen der typischen Indizien aufweisen hier separat erfasst werden, auch wenn sie kleinere Flächen als 10 ha umfassen. Vor allem im Segment C (Front) sind solche Aufteilungen von Massenbewegungen in einzelne Teilbewegungen unterschiedlicher Aktivität öfters vorhanden. Die Richtigkeit dieser Vorentscheidung wird anhand der anschließenden Aktivitätsklassifizierung geprüft.

Regelwerk für die Klassifizierung

Die hier entworfenen Regeln sollen vereinheitlicht prüfen, ob die jeweilige Fläche als großdimensionale Massenbewegung in die Datenbank aufgenommen wird.

Für jedes Segment A-D wurden separat Regeln aufgestellt, in denen bestimmt wird, wie ausgewählte charakteristische Erkennungsmerkmale ausgeprägt sein müssen, um einer der vier Klassen (Ziffern 1-4) – im Folgenden als Aktivitätsklasse AK bezeichnet – zugeordnet werden zu können. Dabei symbolisiert AK 1 die am meisten ausgeprägte und AK 4 die am wenigsten ausgeprägte Massenbewegung. Grundsätzlich werden alle Gebiete aufgenommen, die Merkmale aufweisen, dass diese Fläche als großdimensionale Massenbewegung aktiv war oder ist. Neben der Größe von 10 ha wird aber außerdem für jedes Segment ein weiteres Ausschlusskriterium festgelegt (Klasse X). Das Regelwerk beruht aufgrund des geringeren Informationsgehalts auf dem konservativen Ansatz, tendenziell eher eine Massenbewegung zu viel auszuweisen als eine zu übersehen.

Da hier das grundlegende Verständnis für die Regeln der Erfassung und keine detaillierte Anleitung zum Reproduzieren dieser Ergebnisse geschaffen werden soll, wird beispielhaft für alle Segmente am Segment A der Weg zur Klassifizierung detailliert beschrieben.

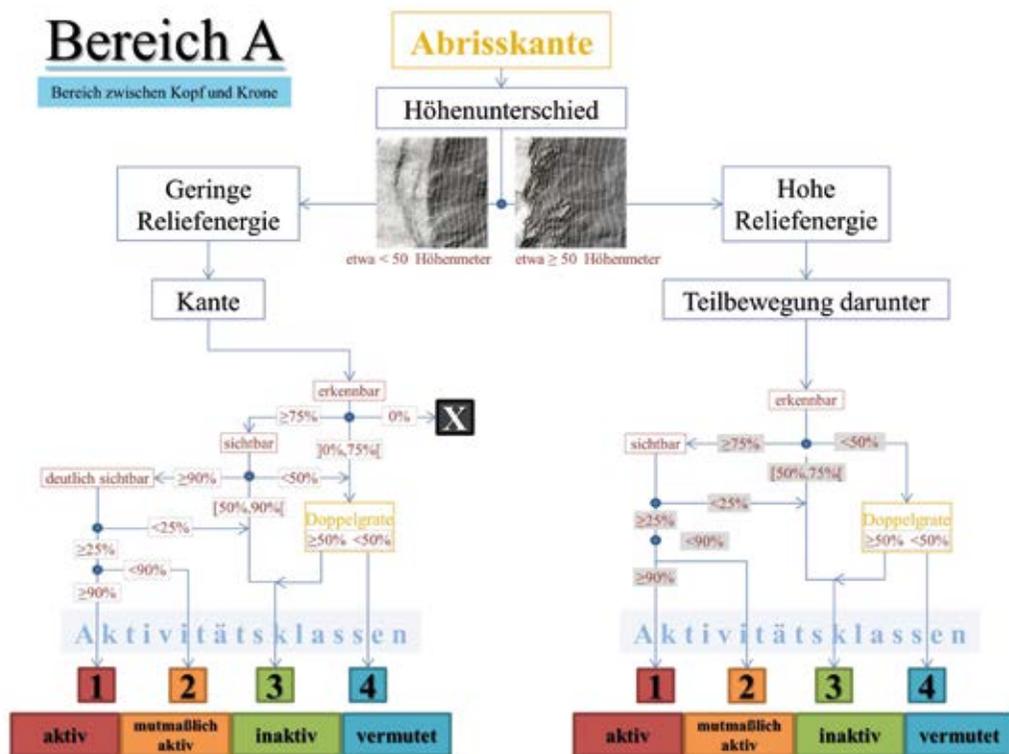


Abb. 5: Pfeildiagramm für die Klassifizierung der Massenbewegung in Bereich A. Die Prozentzahlen beziehen sich auf den Anteil einer Fläche (grau) oder eines Umrisses (grau umrandet) (eigene Darstellung)

Fig. 5: Flow chart for classification of a landslide in the study area A. Percentages refer to the proportion of an area (grey) or a contour (grey framed) (own illustration)

In Abb. 5 sind diese Regeln für das Segment A als Pfeildiagramm anschaulich aufbereitet. Auch für die anderen drei Segmente sind Pfeildiagramme zur Veranschaulichung ausgearbeitet worden (ELSNER 2014). Die Erkennungsmerkmale sind orange umrandet. Die Entscheidungen in den Diagrammen sind – soweit möglich – nach Prozentwerten oder sehr einfachen Unterscheidungsmerkmalen zu treffen. Die Prozentzahlen sind auf eine Fläche (Prozentzahl auf grauem Grund) oder Umrisslinie (Prozentzahl grau umrandet) abzuschätzen und sorgen so für einen nachvollziehbaren Arbeitsprozess.

Auch die anfängliche Unterscheidung nach der Reliefenergie wird aus dem DGM abge-

leitet und ist mit dem Grenzwert 50 Höhenmeter eine objektive Entscheidung. Diese Auswahl vor der Entscheidungsfindung bezüglich der Aktivität ist notwendig, da mit steigendem Höhenunterschied im Bereich der Abrisskante die Vielfalt der Erscheinungsformen zunimmt. Falls beide Kriterien innerhalb der Massenbewegung zutreffen, wird die AK nach den prozentualen Anteilen gewichtet berechnet.

Einige Definitionen außerhalb dieser numerischen Festlegungen sind aber dennoch unvermeidbar. Sie basieren auf der Ausprägung der Form, die mit Hilfe von jeweils rot umrandeten Begriffen nachvollziehbarer gemacht werden. **Erkennbar** ist eine Abrisskante, wenn die

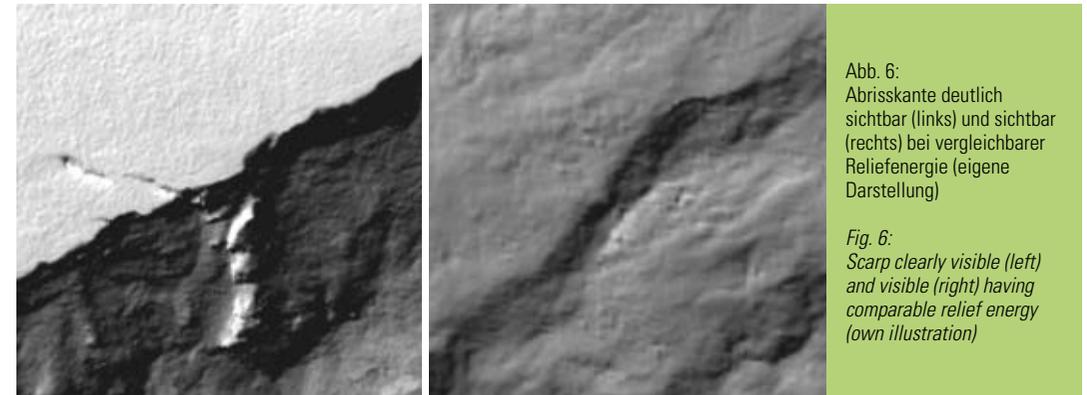


Abb. 6: Abrisskante deutlich sichtbar (links) und sichtbar (rechts) bei vergleichbarer Reliefenergie (eigene Darstellung)

Fig. 6: Scarp clearly visible (left) and visible (right) having comparable relief energy (own illustration)

Begrenzung dort nur nach genauem Hinschauen und längerem Abwägen gezogen werden kann oder die Grenze dort als sogenannter Zweifelsfall generell nur angenommen wurde. Als **sichtbar** wird hingegen eine dieser Formen bezeichnet, die auf den ersten Blick zu sehen ist und bei der keine Zweifel daran bestehen, dass die Grenze nicht an einer anderen Stelle gezogen werden könnte. **Deutlich sichtbar** impliziert diese Eigenschaft und meint des Weiteren, dass sich die Formen markant zum Bereich außerhalb der Massenbewegung unterscheiden. Vor allem der Unterschied zwischen **sichtbar** und **deutlich sichtbar** ist nicht trivial und wird in Abb. 6 beispielhaft verdeutlicht. Beide Linien sind klar und dienen als zweifellose Grenze – die linke aber ist schärfer und wird deshalb als **deutlich sichtbar** charakterisiert.

Bei den Abrisskanten mit hoher Reliefenergie, ist es ausreichend, zwischen **erkennbar** und **sichtbar** zu unterscheiden. Die Erfahrungen zeigen, dass es Flächen gibt, die keine **erkennbaren** Teilbewegungen unterhalb hoher Abrisskanten bzw. steiler Abbrüche in Gräben aufweisen und trotzdem als Massenbewegung ausgewiesen sind. So gibt es hier keine Option als Ausschlusskriterium einer potentiellen Massenbewegung und die Klasseneinteilungen verschieben sich dadurch um eine Klasse, da die AK 4 in etwa die Stelle der Klasse X einnimmt.

Ferner wird für das Merkmal der Doppel-

grate ein Schwellenwert von 50% bezogen auf die Fläche des Segments A eingerichtet. Ab diesem Wert werden als AK 4 klassifizierte Massenbewegungen neu der AK 3 zugeordnet, um die Bedeutung dieses zentralen Merkmals hervorzuheben.

Die Entscheidungsregeln und Begriffe finden sich in gleicher oder recht ähnlicher Weise auch in den anderen drei Segmenten wieder. Eine ausführliche Erklärung ist in ELSNER (2014) zu finden.

Objektivität

Die Regeln wurden während der Erfassung der Risikogebiete im gesamten Untersuchungsgebiet mehrmals angepasst und schließlich in einem iterativen Prozess auf alle am Ende erfassten Massenbewegungen angewandt, so dass für jedes Risikogebiet nun dieselben Kriterien und Regeln wirksam sind und eine Vergleichbarkeit hergestellt ist. Diese Modifikationen waren vor allem dem heterogenen Untersuchungsgebiet geschuldet, in welchem die festgesetzten Erscheinungsmerkmale eine hohe Variabilität aufweisen. Denn besonders in Bereichen lokaler hoher Reliefenergie, für die nicht genug Vergleiche im Studiengebiet der WLV (2006) angestellt werden konnten, waren Anpassungen notwendig, wie in Bereichen kalkalpinen Charakters oder in Gebieten stark glazial geprägter übersteilter Hänge im Südwesten des Untersuchungsgebietes.

Trotzdem steckt aber immer eine gewisse Subjektivität in den Regeln, wenn es nicht um die Prozentzahl-Unterscheidungen, sondern um Annahmen geht, wo die äußerste erkennbare Grenze (Segment D) einer potentiellen Massenbewegung verläuft, oder um Vergleiche, wann beispielsweise eine Fläche verschwommen (Segment B) oder eine Front (Segment C) oder Abrisskante **deutlich sichtbar** ist.

Auch bei der Erfassung selbst ist ein gewisser subjektiver Charakter vorhanden. So wurden durch den immer mehr geschärften Blick des Bearbeiters manche Massenbewegungen erst nach vielen Arbeitsstunden bei einer kontrollierenden Betrachtung erkannt. Deshalb wurde auch hier die iterative Arbeitsweise angewendet, um diese subjektiven Einflüsse zu beseitigen.

Aktivitätsklassifizierung

Nach der Erfassung anhand des Regelwerks sind die Massenbewegungen in der Datenbank in den vier Segmenten (A-D) je einer Aktivitätsklasse AK (1-4) zugeordnet. So können die Massenbewegungen einander in Bezug auf die Aktivität in den einzelnen Segmenten gegenübergestellt werden. Für einen Vergleich der Massenbewegungen in ihrer gesamten Aktivität anhand einer Aktivitätszahl AZ – eventuelle Teilbewegungen werden dabei einzeln betrachtet – müssen die Aktivitätsklassen AK_A bis AK_D der vier Segmente anhand einer passenden Formel miteinander verrechnet werden:

$$AZ = \frac{3 \times AK_A + 2 \times AK_B + 1 \times AK_C + 6 \times AK_D}{12}$$

Diese Formel gewichtet die einzelnen Segmente unterschiedlich. Dieser Ansatz orientiert sich wieder daran, dass aus der Ausprägung der Erscheinungsformen von Massenbewegungen auf eine relative Aktivität geschlossen werden kann. Dabei fließt folgende Tatsache mit hinein: durch die Gra-

vation sind die Prozesse am unteren Ende der Massenbewegung am längsten bemerkbar und sichtbar, auch wenn die Massenbewegung in oberen Teilen schon keine Bewegungsraten mehr aufweist. Deshalb wurden die drei Segmente innerhalb der Rutschmasse für eine schärfere Hervorhebung der aktiveren Massenbewegungen gleichmäßig umso stärker gewichtet, je mehr sie von der Front entfernt sind. Außerdem wurde das Segment D genauso stark gewichtet wie die anderen drei Segmente gemeinsam, da dieses Segment die gesamte Rutschmasse und ihre Abgrenzungen betrachtet und so eine Art Kontrollfunktion innehat.

Die AZ hat einen Wertebereich von [1,0; 4,0]. Um der Übersichtlichkeit halber die Kontinuität zu wahren, werden daraus wiederum vier Klassen – Aktivitätsstufen AS genannt – gebildet. Bei den so ganzzahlig berechneten AS steht 1 für **aktiv**, 2 für **mutmaßlich aktiv**, 3 für **inaktiv** sowie 4 für **vermutet**. Die Wortwahl spiegelt die Erscheinungsform der Massenbewegungen wider. So zeigen als vermutet klassifizierte Massenbewegungen tatsächlich nur wenige Anzeichen, die eine großdimensionale Massenbewegung auf dieser Fläche nur vermuten lassen, hingegen vermitteln aktive Massenbewegungen deutlich den Eindruck, nicht zu ruhen.

Diese Formel basiert damit auf teilweise nicht bewiesenen Annahmen, ist aber nachvollziehbar und logisch aufgebaut. Ihre Anwendung wurde durch den Vergleich der Ergebnisse mit Resultaten aus Geländebegehungen und genaueren Analysen getestet und als geeignet angesehen, da beinahe alle Vergleiche übereinstimmend waren.

Ergebnis

Anhand des Regelwerks wurden insgesamt 268 Bewegungen in die Datenbank aufgenommen. So sind im Untersuchungsgebiet – ohne die 28

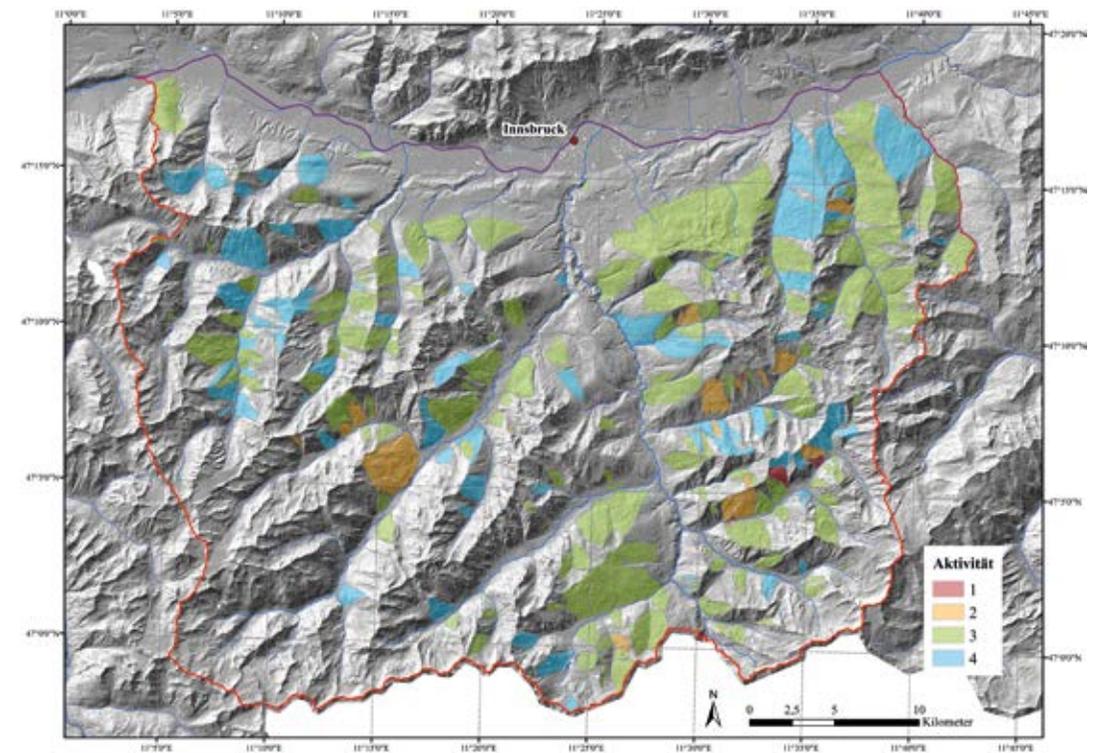


Abb. 7: Darstellung des Untersuchungsgebiets mit den erfassten Massenbewegungen, gekennzeichnet nach ihrer Aktivität (eigene Darstellung)

Fig. 7: Illustration of the mapped landslides and their activity within the study area (own illustration)

separat erfassten Teilbewegungen innerhalb großdimensionaler Massenbewegungen – 240 großdimensionale Massenbewegungen kartiert worden, die insgesamt eine Fläche von 380,64 km² und damit 26,1% der gesamten Untersuchungsgebietsfläche einnehmen. Die Karte (Abb. 7) zeigt das Untersuchungsgebiet mit den Auffälligkeiten in der Raumverteilung der eingezeichneten Massenbewegungen, die nach den AS farblich unterschiedlich dargestellt sind. Sehr deutlich ist der Kontrast zwischen den zahlreichen vorhandenen Massenbewegungen im Nordosten und den fast nicht vorhandenen Massenbewegungen in südlichen, höhergelegenen und deutlich weniger besiedelten Bereichen.

Bezüglich der AS sind keine räumlichen

Muster zu erkennen. Bei Betrachtung der roten Kurve (Abb. 8), die den Anteil der AS an der Gesamtfläche aller großdimensionalen Massenbewegungen darstellt, ist deutlich zu erkennen, dass die meisten Massenbewegungen flächenmäßig der AS 3 zugeordnet werden, was nicht nur auf den Ausreißer von AS 3 zurückzuführen ist. AS 1 und AS 2 sind eindeutig flächenmäßig und auch von der Anzahl der erfassten Massenbewegungen (Abb. 8) unterrepräsentiert. Auch bei Betrachtung der AKs ist eine ähnliche Verteilung wie bei den AS zu erkennen, wobei es hier zwischen den einzelnen Segmenten größere Unterschiede gibt. So ist das Segment B generell höheren AKs zugeordnet als die Segmente A und C.

Diese Verteilung kann unter anderem

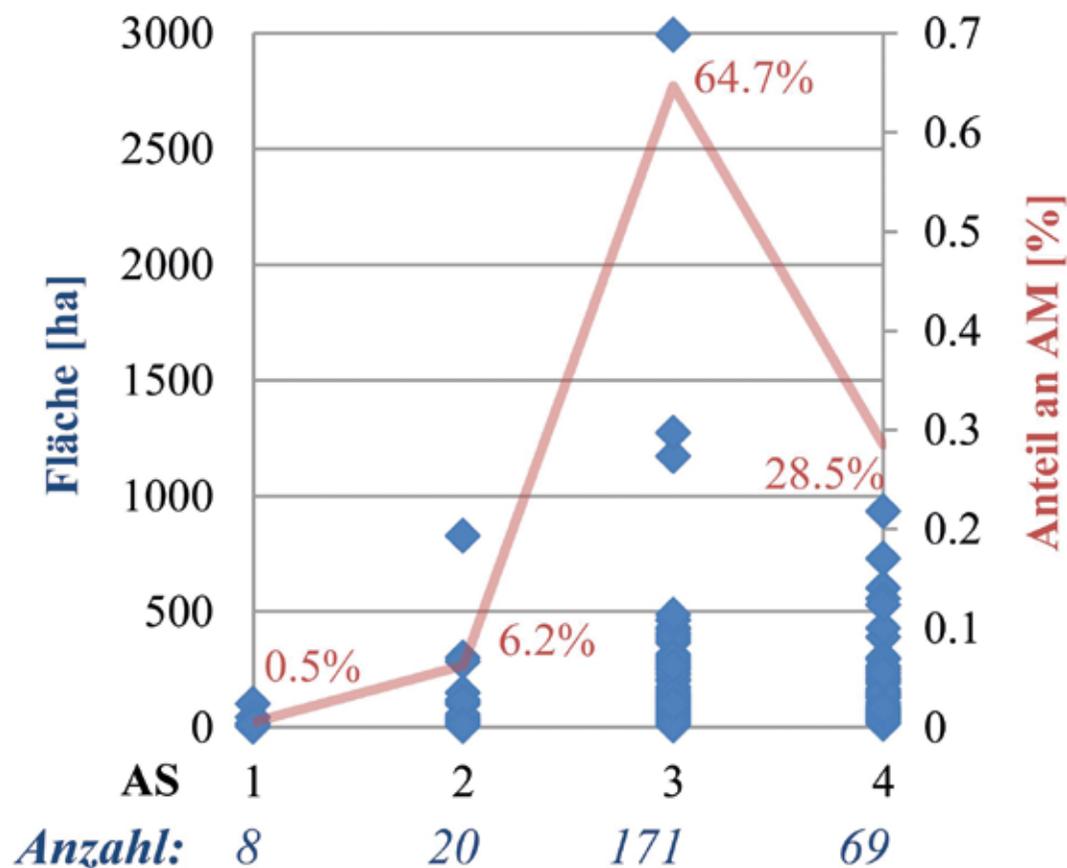


Abb. 8: Fläche und Anzahl aller Massenbewegungen (blau) bezüglich der AS sowie der prozentuale Anteil der AS an der Gesamtfläche aller großdimensionalen Massenbewegungen AM (rot) (eigene Darstellung)

Fig. 8: Area and number of all landslides (blue) related to the AS and the percentage of AS related to the area of all large-scale landslides AM (red) (own illustration)

durch die verwendete Fernerkundungsmethodik erklärt werden, wodurch der Blick auf die Massenbewegungen weniger genau sein kann und so tendenziell mittlere bis untere Aktivitäten festgestellt werden. Andererseits ist die verhältnismäßig geringe Anzahl an **aktiven** und **mutmaßlich aktiven** Massenbewegungen aber auch gut durch die diskontinuierlichen, langsamen und tiefgreifenden Bewegungen zu erklären. Solche Hangbewegungen erstrecken sich über sehr lange Zeiträume bis zum Einstellen eines stabilen Gleichgewichts. Die jetzige Momentaufnahme der kartierten Mas-

senbewegungen stellt so nur einen Ausschnitt aus dem langen Zeitraum seit dem Abschmelzen des Eises im Spät- und Postglazial dar, in dem wegen der wegfallenden Stützkraft der Eiskörper an den übersteilten Talflanken vermutlich die Mehrzahl solcher Massenbewegungen entstanden sind. Durch die hohen Abflussspenden der Gewässer und das hohe Geschiebepotential kam es aber gleichzeitig immer mehr zur Schaffung eines Stützkörpers und damit zu einer Stabilisierung. So war die hier entstandene relative Verteilung der Massenbewegungen nach der Aktivität auch

bezüglich der historischen Entstehung zu erwarten. Die Methode ist daher dennoch geeignet, um Massenbewegungen nach ihrer Aktivität zu klassifizieren.

Grenze der Methode

Es ist nicht auszuschließen, dass auch andere Prozesse zu den ausgewiesenen morphologischen Formen geführt haben, auch wenn im Rahmen der Entwicklung der Klassifikation mehrere der erfassten Gebiete begangen und die Kriterien für die Klassifikation mehrfach iterativ überprüft wurden.

So können beispielsweise geologische Strukturen sehr stark einer scharfen Abbruchkante oder anderen rauen Geländeformen ähneln. Auch Formen, die der Fluvialgeomorphologie zugeschrieben werden, wie muschelförmige Anbrüche an den Seiten von Gewässern, können teilweise nur schwer von den Erscheinungsformen der hier untersuchten Massenbewegungen getrennt werden, auch wenn hier oft die Größe das Ausschlusskriterium darstellt.

Eine weitere Verwechslung von Oberflächenformen kann im Bereich der glazial geprägten höheren Lagen auftreten. Die Felsgrate können als Abbruchkante und teilweise übertiefte Flächen unterhalb in den Karen als Verflachung der Rutschmasse im mittleren Teil missinterpretiert werden. Die darunterliegende Karschwelle kann irrtümlich als Front der Massenbewegung erkannt werden. Ebenso in höheren Lagen ist die Verwechslung bzw. der komplexe Zusammenhang von Massenbewegungen mit Blockgletschern zu nennen, die wegen des Transportmediums Eis nicht zu den Formen gezählt werden, die durch gravitative Prozesse gebildet werden.

Während bei den anderen Verwechslungsmöglichkeiten oft eine detaillierte Betrachtung der näheren Umgebung und der potentiellen

weiteren Komponenten einer Massenbewegung vor fälschlichen Zuweisungen bewahrt, ist es bei dieser periglazialen Erscheinung manchmal schwierig, die bestimmende Prozessart aus der Luft zu erkennen, da in hochalpinen Lagen gravitative und periglaziale Prozesse kontinuierlich ineinander übergehen (GRUBER & REITNER, 2007). So wird für die Erfassung festgelegt, dass beim Vorliegen von massenbewegungstypischen Zeichen die Fläche als großdimensionale Massenbewegung kartiert wird, auch wenn sie andere (relikte) Prozesse mit einschließt. Sind keine solchen Zeichen vorhanden wie beim aktiven Blockgletscher, so wird dieser nicht erfasst, auch wenn er vielleicht auf einer relikten Massenbewegung liegt.

Schließlich sei noch eine Verwechslungsgefahr aufgrund des Einsatzes von DGMs genannt. Bei der Reduktion der Laserscanning-Rohdaten auf ein DGM können teilweise Vegetationsflächen vor allem in besonders dichtbewachsenen Gebieten des Krummholzgürtels nicht immer komplett eliminiert werden. So entstehen ungewollt scheinbare Rauigkeiten auf der Geländeoberfläche, die als aktiver Hinweis einer Rutschmasse missinterpretiert werden können.

Zuletzt ist als Grenze der Methode neben der Beschränkung auf Massenbewegungen über 10 ha noch ein möglicher Skaleneffekt zu nennen. So ist bezogen auf das Ergebnis (Abb. 7) festzustellen, dass die aktivsten Gebiete allgemein kleiner sind als die **inaktiven** oder **vermuteten** Gebiete, was vermutlich auch am konzentrierteren Ablauf der Prozesse durch den engeren Raum liegt. Die Methode selbst verstärkt aber diese natürlichen Effekte zusätzlich, da bei kleineren Massenbewegungen z. B. die Chance für 50% **sichtbare** Nackentäler größer ist, als bei einer mehrere 100 ha umfassenden Bewegung und somit kleinere Massenbewegungen durch die Methodik tendenziell aktiver eingeordnet werden.

Einsatzmöglichkeiten

Die Verwendung von ALS-Daten ist dem Einsatz anderer flächendeckend verfügbarer Fernerkundungsverfahren vorzuziehen, da hier auch besonders auf den speziell für das Gefahrenpotential wichtigen Waldflächen die Geländeoberfläche betrachtet werden kann. Diese Methodik liefert des Weiteren gegenüber der Erfassung von Massenbewegungen am Boden den wesentlichen Vorteil, in kürzerer Zeit eine größere Fläche betrachten und nach auffälligen Gebieten untersuchen zu können. Dies bedeutet aber auch gleichzeitig, dass durch die nicht vorhandene Möglichkeit, sich zusätzlich vor Ort im Gelände ein genaueres Bild von der betrachteten Bewegung zu machen, vielerlei Verwechslungsgefahren zu anderen natürlichen Prozessen und Formen vorhanden sind. Auch muss bei Schlussfolgerungen aus dieser Klassifikation darauf geachtet werden, dass Teile auf Annahmen oder eher subjektiven Einschätzungen beruhen und so diese Aktivitätsklassifizierung nur als Hinweis angesehen werden sollte. So sollte die Verwendung der aus der Bearbeitung gewonnenen Hinweisarten jedenfalls an eine detailliertere Geländeerhebung gebunden sein, wenn Verdachtsflächen als möglicherweise instabile Hangbereiche einen Einfluss auf eine geplante Nutzung haben können. Die Methode stellt aber mit den verfügbaren Mitteln eine geeignete Vorgehensweise dar, um Massenbewegungen zu identifizieren und relativ nach ihrer Aktivität zu klassifizieren.

Ausblick

Aus den hier gewonnenen Daten kann durch die Verschneidung der erfassten Gebiete mit einem detaillierten Datensatz zur Landnutzung zusammen mit den Aktivitätsstufen eine grobe, aber einfache Gefahrenbeurteilung erstellt werden, die eine Orientierung bietet, wo weitere Unter-

suchungen und Maßnahmen erforderlich sein könnten (ELSNER, 2014). Ebenso bietet sich eine multivariable Analyse an, die den Gründen für die Raumverteilung der kartierten Massenbewegungen nachgeht und bereits in kleinerem Umfang durchgeführt wurde (ELSNER, 2014).

Im WLK können derzeit im Modul „Sontige Gefahrengebiete“ lediglich die Prozessordnungen Erosion, Rutschung und Steinschlag unterschieden und verortet werden. Im Sinne einer feingliedrigeren Datenerfassung wird eine Unterteilung der Prozessräume in Ablösebereich, Transportstrecke und Ablagerungsgebiet empfohlen und die Ausweisung des mobilisierten Materials nach Festgestein, Lockergestein und Bodentyp differenziert dargestellt. Außerdem sind Aktivitätsstufen, die Hinweise zur Aktualität des Prozesses liefern, im Hinblick auf die zu erwartenden Auswirkungen auf Beurteilungen im Rahmen von Raumordnungsfragen essentiell. Eine Klassifizierung in „aktiv“, „mutmaßlich aktiv“, „inaktiv/ruhend“ und „vermutet“ wird diesbezüglich angeregt, wobei zusätzlich unabhängig eine Massenbewegung als „zeitweise aktiv“ charakterisierbar sein soll. Gemäß der Nomenklatur in der Praxis sind tiefgründige von flachgründigen Rutschungen zu unterscheiden. Die Ausweisung der vorherrschenden Prozessart nach Translationsrutschung, Rotationsrutschung, Kriechen, Hangmure, Erd- und Schuttstrom sowie Talzuschub ist ebenfalls maßgebend. Überdies wird die Erfassung der schwächenden und auslösenden Faktoren angeregt.

Diese Parameter bzw. Kriterien werden jedoch im Rahmen dieser Arbeit wegen der hier angewandten Fernerkundungsmethodik bis auf die Hinweise zur relativen Aktivität nicht unterschieden und können auch nur bedingt bei zukünftigen, detaillierten Bearbeitungen allein aus Fernerkundungsdaten herausgelesen werden, wodurch bei Bedarf ergänzend weitere Methoden angewendet werden müssen.

Diese angestrebte adaptierte Darstellung der Risikogebiete im WLK wird einen gezielten Überblick bieten und lässt in Zukunft eine geordnete Informationsabfrage und -weiterverarbeitung zu. Der WLK hat sich als Instrument für ein zukunftsorientiertes Naturgefahrenmanagement bewährt und deckt die Thematik vielschichtig ab. Die Integration der gravitativen Massenbewegungen als Risikogebiete ist somit eine wichtige Ergänzung und ein fundamentaler Teil der Datenbank.

Anschrift der Verfasser / Authors' adresses:

BSc Bernhard Elsner
Institut für Geographie
Universität Innsbruck
Innrain 52f, 6020 Innsbruck
Bernhard.Elsner@student.uibk.ac.at

Mag. Michael Mölk
Wildbach- und Lawinenverbauung
Stabstelle Geologie
Wilhelm-Greil-Straße 9, 6020 Innsbruck
michael.moelk@die-wildbach.at

DI Annegret Jenner
Institut für Alpine Naturgefahren
Universität für Bodenkultur Wien
Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien
annegret.jenner@boku.ac.at
und
Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektion Tirol
Wilhelm-Greil-Straße 9, 6020 Innsbruck
annegret.jenner@die-wildbach.at

Prof. Dr. Carola Küfmann
Department für Geographie
Ludwig-Maximilians-Universität München
Luisenstraße 37, 80333 München
carola.kuefmann@geographie.uni-muenchen.de

Literatur / References

- AMPFERER, O. (1939):
Über einige Formen der Bergzerreißung. Sitzungsberichte, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse 148: 1-14.
- ELSNER, B. (2014):
Erfassung und Analyse von großdimensionalen Massenbewegungen auf Basis von Laserscanning-Daten (Tirol/Österreich). Bachelorarbeit am Department für Geographie der Ludwig-Maximilians-Universität München. Unveröffentlicht.
- GRUBER, A. & REITNER, J.M. (2007):
Dating of mass movements by rock glaciers: Examples from the Eastern Alps. EGU 2007 (Posterbeitrag).
- Moser, M. (1999):
Großhangbewegungen im alpinen Raum, Verbreitung - Kinematik - Klimatische Einflüsse - Klassifikation. Relief Boden Paläoklima 14: 97-116.
- HUNGR, O., LEROUEIL, S., PICARELLI, L. (2014):
The Varnes classification of landslide types, an update. Landslides 11: 167-194.
- LIN, M-L., CHEN, T-W., LIN, C-W., HO, D-J., CHENG, K-P., YIN, H-Y. & CHEN, M-C. (2013):
Detecting Large-Scale Landslides Using Lidar Data and Aerial Photos in the Namasha Liuguey Area, Taiwan, Remote Sensing 6: 42-63.
- STINI, J. (1941):
Unsere Täler wachsen zu. Geologie und Bauwesen 13: 71-79.
- WLV [Wildbach- und Lawinenverbauung] (2006):
Regionalstudie Wipptal Südost. WLV, Innsbruck.
- WP/WLI [Working Party on World Landslide Inventory] (1993):
Multilingual landslide glossary. BiTech Publishers Ltd, Richmond.

ERIKA WAGNER, CLAUDIA JANDL

Ausgewählte Rechtsfragen im Zusammenhang mit Steinschlagschutzbauwerken

Selected legal issues of rockfall protection

Zusammenfassung:

„Felssturz in der Roten Wand.“ „ B 127 nach Steinschlag gesperrt.“ – Diese und weitere Schlagzeilen konstatieren eine Zunahme gravitativer Naturgefahren in den letzten Jahren. Steinschlagschutzbauwerke, die Siedlungsräume und Verkehrswege gegen den Absturz von Felsfragmenten sichern, sind – infolge dieser Entwicklungen – zu einer wichtigen Infrastruktur im Rahmen der Naturgefahrenprävention geworden. Offen waren bislang aber zentrale Rechtsfragen der Steinschlagprävention, wie die Frage nach dem Bestehen verwaltungsrechtlicher Genehmigungspflichten, nach den Instandhaltungsverantwortlichkeiten sowie den haftungsrechtlichen Instandspflichten der beteiligten Akteure. Um der, im Bereich des Steinschlagschutzes für die Praktiker bestehenden Rechtsunsicherheit entgegenzuwirken, wurde eine Rechtsstudie bei der Universität Linz in Auftrag gegeben, deren wichtigsten Erkenntnisse nun überblicksmäßig dargestellt werden sollen.

Stichwörter: Recht, Steinschlagschutz, Bewilligungstatbestände, Handlungs- und Duldungspflichten

Abstract:

„Rockfall in the red wall.“ „B-127 blocked by falling rocks.“ - Those and other headlines show an increase of gravitational natural hazards in recent time. As a result of these developments rockfall protection structures became an important infrastructure in natural hazard prevention. Previously there were many open questions. Central legal issues of rockfall prevention, such as the question of the existence of administrative licensing requirements, or the maintenance responsibilities and legal liability duties of involved actors had to be answered. To counteract this existing legal uncertainty in rockfall protection a law study at the University of Linz was commissioned, whose main findings will be presented in an overview now.

Keywords: Legal regulations, rock fall protection, type of permit, obligation to act, obligation to toler

Allgemeines

Eine Steinschlaggefährdung stellt für betroffene Anrainer eine massive Bedrohung für Leben und Gesundheit dar. Besteht eine derartige Bedrohung, so können die davon Betroffenen als örtliche Interessenten – zumeist Gemeinden – die Errichtung von Steinschlagschutzbauwerken beim BMFLUW beantragen. Die Kosten derartiger Schutzbauwerke belaufen sich zum Teil auf mehrere Millionen Euro. § 9 Wasserbautenförderungsgesetz ermöglicht daher die Förderung solcher Anlagen aus den Mitteln des Katastrophenfonds. Die Projektierung dieser Steinschlagschutzbauwerke zum Schutz des Siedlungsraums obliegt

dem Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, einer dem BMLFUW nachgeordneten Dienststelle. Diese Projektierungstätigkeit der Wildbach- und Lawinenverbauung erfolgt auf der gesetzlichen Grundlage des § 102 Abs 5 lit a ForstG iVm § 9 Abs 1 Z 4 und Z 5 WBFG und wird von der Technischen Richtlinie für Wildbach- und Lawinenverbauung, sowie der dazu ergangenen Verwaltungsanweisung näher konkretisiert. Die Übergabe des Schutzbauwerks in den Verantwortungsbereich des Interessenten erfolgt im Rahmen der Kollaudierung. Zur Verdeutlichung dieses komplexen Beziehungsgeflechts siehe Abbildung 1.

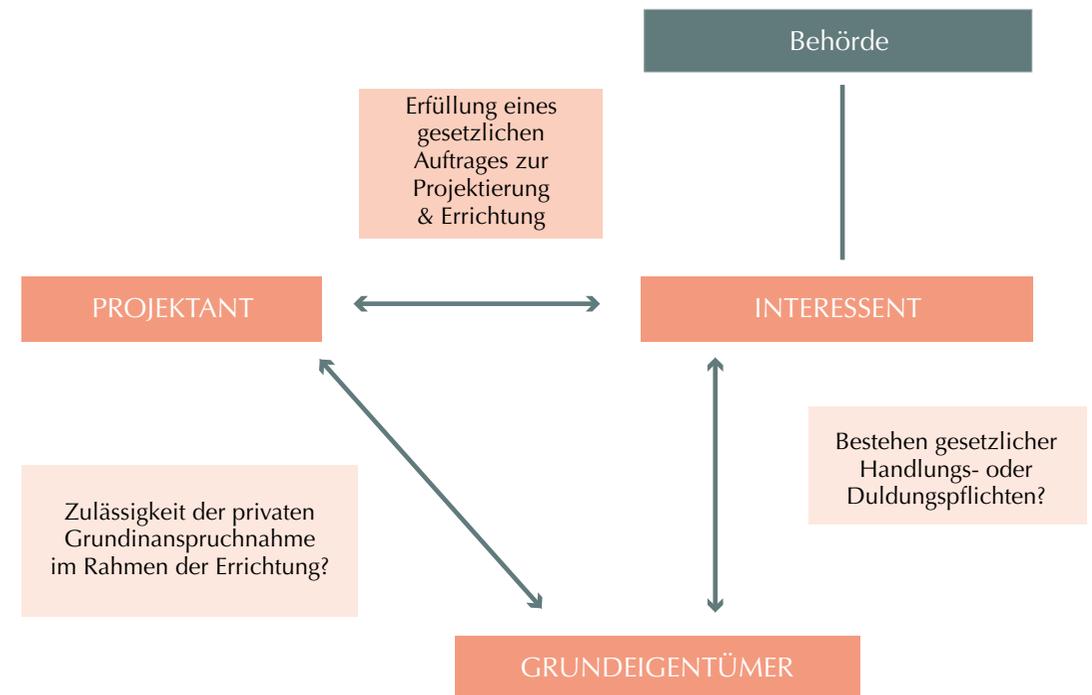


Abb. 1: Rechtsbeziehungen unter den beteiligten Akteuren

Fig. 1: Legal relationship of involved parties

Handlungspflichten im Rahmen der Naturgefahrenprävention

Generelle Handlungspflichten des Staates zur Ergreifung präventiver Maßnahmen gegen Naturgefahren wie Steinschlag und daraus resultierend ein einklagbarer Rechtsanspruch des Einzelnen gegen den Staat auf Errichtung von Steinschlagschutzbauten, können dem geltenden Recht nicht entnommen werden. Es besteht somit de lege lata keine Pflicht des Staates zur aktiven Gefahrenabwehr in Form von baulichen Maßnahmen. Auch den Einzelnen trifft, mangels entsprechender verwaltungs- oder zivilrechtlicher Bestimmungen, generell keine Pflicht zur Vornahme von Schutzvorkehrungen gegen Steinschlag. Amtshaftungsrechtliche Ansprüche gegen den Staat infolge unterlassener Schutzverbauung kommen, in Anbetracht mangelnder gesetzlicher Handlungspflichten im Rahmen der hoheitlichen Gefahrenabwehr grundsätzlich nicht in Betracht.

Zentrale Rechtsfragen im Steinschlagprävention

Darüber hinausgehende zentrale Rechtsfragen im Zusammenhang mit der Errichtung von Steinschlagschutzbauten sind aber offen. Neben den Fragen der kompetenzrechtlichen Zuordnung des Steinschlagschutzes und des Bestehens allfälliger verwaltungsrechtlicher Bewilligungstatbestände für Steinschlagschutzbauwerke, erscheint aus zivilrechtlicher Sicht insbesondere die Zulässigkeit fremder Grundinanspruchnahme im Rahmen der Naturgefahrenprävention zur Errichtung solcher Schutzbauten und deren Instandhaltung klärungsbedürftig.

Kompetenzrechtliche Situation

Im Bereich der Steinschlagprävention besteht in Österreich – wie im Naturkatastrophenpräventi-

onsrecht generell – eine Kompetenzsplitterung. Ein kurzer Streifzug durch die einzelnen Verwaltungsmaterien zeigt uns eine Vielzahl steinschlagrelevanter Normen auf. Derartige Bestimmungen finden sich beispielsweise im Forstgesetz, im Wasserrechtsgesetz und im Wasserbautenförderungsgesetz auf Bundesebene, sowie in den Bau- und Raumordnungen der Länder, um nur einige der einschlägigen Rechtsgrundlagen demonstrativ anzuführen. Es handelt sich beim Steinschlagschutz somit um eine verfassungsrechtliche Querschnittsmaterie, innerhalb derer sowohl der Bundes- als auch die Landesgesetzgeber, jeweils im Rahmen der ihnen zukommenden Materienkompetenzen legitimiert sind, Maßnahmen im Bereich des Steinschlagschutzes zu setzen, was in Ermangelung einer einheitlichen Regelungs- und Vollzugskompetenz einem integrativen Steinschlagschutz nicht gerade zuträglich ist.

Mangels eindeutiger kompetenzrechtlicher Zuordnung des Steinschlagschutzes herrscht auch in der Frage des Bestehens allfälliger verwaltungsrechtlicher Bewilligungstatbestände für Steinschlagschutzbauwerke große Unsicherheit.¹

Verwaltungsbehördliche Bewilligungspflichten für Steinschlagschutzbauwerke?

Eine generelle wasserrechtliche Bewilligungspflicht für Steinschlagschutzbauwerke scheidet schon an der Qualifikation dieser als Schutz- und Regulierungswasserbauten iSd §§ 41 ff WRG. Nur vereinzelt, wenn die Steinschlagschutzbauwerke gleichzeitig auch Schutz vor den schädlichen Einwirkungen des Wassers bieten, werden diese einem wasserrechtlichen Bewilligungsverfahren unterworfen. Eine Subsumtion der Steinschlagschutzbauwerke unter §§ 41 ff WRG analog, ließe

¹ Ausführlicheres dazu vgl Wagner/Jandl, *Steinschlagschutz – rechtliche Aspekte*, 21 ff.

sich aber dann vertreten, wenn man den Kompetenztatbestand Wasserrecht (Art 10 Abs 1 Z 10 B-VG) in intrasystematischer Fortentwicklung um die Agenda Steinschlagschutz ergänzt. Unter teleologischen Aspekten könnte dies durchaus vertreten werden, ob der VfGH diese Ansicht teilt, kann aber nicht mit letzter Sicherheit gesagt werden. Dementsprechend stellt das wasserrechtliche Bewilligungserfordernis nach derzeit geltender Rechtslage eher die Ausnahme dar und besteht nur hinsichtlich jener Steinschlagschutzbauten, welche zugleich auch einen schutzwasserbaulichen Zweck erfüllen.

Auch die generelle Notwendigkeit zur Einholung einer forstrechtlichen oder naturschutzrechtlichen Bewilligung für die Errichtung von Steinschlagschutzbauwerken ist zu verneinen, gelangen die Bestimmungen des ForstG doch nur für die von Waldflächen ausgehenden Steinschlaggefahren zur Anwendung und enthalten die Naturschutzgesetze der Länder insbesondere standortbedingte Bewilligungstatbestände.

Allenfalls bejaht werden könnte uE eine baurechtliche Bewilligungspflicht, sofern Steinschlagschutzbauwerke nicht ausdrücklich, kraft gesetzlicher Anordnung, vom Geltungsbereich der betreffenden Bauordnungen ausgenommen sind, wie dies in § 1 Abs 3 lit q Tiroler BauO erfolgte. Wobei uE der inhaltliche Mehrwert dieser Lösung – gemessen an der geltenden Rechtslage nicht wirklich realisierbar ist, da die fachliche Beurteilung derart komplexer Bauten die Kompetenz der Amtswalter der Gemeinde in aller Regel übersteigt. Dennoch hätten die Gemeinden mit der baurechtlichen Genehmigung der Anlage die fachlich korrekte Planung und die fachlich korrekte Aufstellung haftungsrechtlich zu verantworten, was im Ergebnis unbillig erscheint.

In Anbetracht dieser Rechtslage ist derzeit nach den Umständen des Einzelfalles zu ermitteln, ob aufgrund eines besonderen Sachbezugs

zu einer der angeführten Verwaltungsmaterien, eine entsprechende verwaltungsrechtliche Bewilligung einzuholen ist oder nicht. Wobei dieser verwaltungsrechtlichen Einordnung des Steinschlagschutzes auch im Hinblick auf die Möglichkeiten der Vorschreibung von Zwangsbefugnissen im Rahmen der Errichtung dieser Schutzbauten erhebliche praktische Bedeutung zukommt. Das Bestehen und die Reichweite der gesetzlich vorgesehenen Zwangsbefugnisse variieren je nach anwendbarem verwaltungsrechtlichem Regelungsregime beträchtlich. So ist nach den BauO und RaumO der Länder, mangels darin vorgesehener Zwangsbefugnisse hinsichtlich steinschlagpräventiver Maßnahmen, zur Begründung von Verfügungsbefugnissen der Projektanten und/oder der Projektwerber eine privatrechtliche Vereinbarung mit den jeweiligen Liegenschaftseigentümern erforderlich, während das WRG oder das WLV-G bei Fehlen einer gütlichen Einigung eine Bandbreite verschiedener Zwangsbefugnisse zur Verfügung stellt.

Fehlt allerdings ein Sachbezug zu einer der oben angeführten Verwaltungsmaterien und werden diese Steinschlagschutzbauwerke auch nicht im Einzugsgebiet von Bundes- oder Landesstraßen, Eisenbahn- oder Seilbahnlinien erstellt, ist die Frage nach der Zulässigkeit einer fremden Grundinanspruchnahme im Rahmen des Steinschlagschutzes ausschließlich auf zivilrechtlicher Basis zu beurteilen.²

Verwaltungsrechtlich normierte Handlungspflichten

Allgemein gilt: Die Errichtung von Steinschlagschutzbauwerken auf fremden Privatgrund setzt die Kooperationsbereitschaft des/der betreffenden Liegenschaftseigentümer/s voraus, widrigenfalls

² Näheres dazu siehe Wagner/Jandl, *Steinschlagschutz – rechtliche Aspekte*, 39 ff, und 65 f.

dieser sich gegen unbefugte Nutzungen seiner Liegenschaft, zum Zwecke der Errichtung von Steinschlagschutzbauten, mittels Eigentumsfreiheitsklage gemäß § 354 ABGB oder Besitzstörungsklage nach §§ 339ff ABGB erfolgreich zur Wehr setzen kann.

Gesetzlich geregelte Pflichten zur Vornahme naturgefahrenrelevanter Schutzvorkehrungen bestehen lediglich im Bereich des Verkehrsrechts. Aufgrund spezialgesetzlicher Regelungen in Bundes- und Landesstraßengesetzen³, im EisbG⁴ oder im SeilbG⁵ ist der Verkehrsunternehmer verpflichtet, die Verkehrsteilnehmer ua durch Errichtung von Schutzbauwerken vor den negativen Auswirkungen, die aus Naturgefahren resultieren, zu schützen. Alle anderen Verwaltungsmaterien mit Naturgefahrenrelevanz statuieren keine derartigen Handlungspflichten.

Zivilrechtliche Anknüpfungspunkte

Auch das zivile Nachbarrecht begründet keine generelle Pflicht des Grundeigentümers zur Vornahme steinschlagpräventiver Maßnahmen. Den zivilrechtlichen Anknüpfungspunkt für den Schutz vor Naturgefahren bieten primär die nachbarrechtlichen Bestimmungen der §§ 364 ff ABGB, die den Ausgleich der Nutzungsinteressen benachbarter Liegenschaftseigentümer intendieren.

Zivilrechtliche Handlungs- oder Duldungspflichten

Im Falle reinen Naturwirkens aber sieht die österreichische Rechtsordnung de lege lata weder negatorische Abwehransprüche noch haftungsrechtliche Einstandspflichten vor. Eine allgemeine Garantenstellung des Eigentümers, die sich aus

der Gefahrenbeherrschung ergibt und die dazu führt, dass der Liegenschaftseigentümer für jede von seinem Grund ausgehende Störung verantwortlich ist, existiert uE nicht. Es bestehen keine negatorischen Unterlassungs- oder Beseitigungsansprüche gemäß § 364 Abs 2 ABGB gegen den Eigentümer der gefährdeten Liegenschaft. Verschuldensunabhängige Unterlassungs- und Beseitigungsansprüche bestehen nur unter der Prämisse, dass der betreffende Grundstückseigentümer das Risiko der Naturgefahr durch sein eigenes Verhalten maßgeblich erhöht. So bejaht bspw der OGH in seiner Rsp einen Unterlassungsanspruch bei Erhöhung der Steinschlaggefahr durch Kahlschlag (OGH 2 Ob 13/97v) oder eine vorbeugende Unterlassungsklage wegen maßgeblicher Veränderung der natürlichen Abflussverhältnisse (1 Ob 169/06v).

Auch eine – in unzulässiger Weise – erwogene Rechtsfortbildung dahingehend, zivilrechtliche Duldungs- und Mitwirkungspflichten der Eigentümer der gefährdenden Liegenschaft zu begründen ist – mangels Ingerenzzusammenhangs – uE abzulehnen.

Allenfalls bejaht werden könnten Warnpflichten des gefährdenden Liegenschaftseigentümers, die sich aus dem nachbarrechtlichen Rücksichtnahmegebot ergeben können. Wobei derartige Pflichten keinesfalls überspannt werden dürfen und deren schuldhafte Verletzung allenfalls schadenersatzrechtliche Einstandspflichten begründet, aber keine zivilrechtlichen Handlungspflichten.

Damit besteht im Falle der Verweigerungshaltung des Liegenschaftseigentümers keine auf dem Zivilrecht basierende Möglichkeit, gegen dessen erklärten Willen, die Steinschlagschutzanlage auf seiner Liegenschaft zu errichten. Eine Ausnahme von diesem Grundsatz besteht nur im Falle einer rechtsmissbräuchlichen, schikanösen Rechtsausübung seitens des Grundeigentü-

mers, welche gemäß § 1295 Abs 2 ABGB dann anzunehmen ist, wenn eine Interessenabwägung ergibt, dass die vom Rechtsinhaber verfolgten Interessen und die damit konkurrierenden Interessen des Gefährdeten in einem krassen Missverhältnis zueinander stehen.⁶

Reichweite verwaltungsrechtlich vorgesehener Duldungspflichten

Auch die im öffentlichen Recht normierten Duldungspflichten betroffener Liegenschaftseigentümer sind im Rahmen des Steinschlagschutzes nur begrenzt einschlägig. Während die forstrechtlichen Duldungspflichten nur bei Steinschlaggefahren ausgehend von Waldflächen greifen, gelten die wasserrechtlich vorgesehenen Grundnutzungsrechte nur dann, wenn die Steinschlag-schutzverbauung auch gleichzeitig Schutz vor den schädlichen Auswirkungen des Gewässers bietet. Die Begründung allgemeiner Duldungspflichten auch im Rahmen der Steinschlagprävention durch Analogieschlüsse zu diesen Spezialregelungen der jeweiligen Verwaltungsmaterien ist uE nicht vertretbar.

Privatautonome Rechtsgestaltung

In Anbetracht dessen ergibt sich für die Praxis häufig die Notwendigkeit des Abschlusses einer sog. Errichtungsvereinbarung zwischen dem/n betreffenden Liegenschaftseigentümer/n und dem Interessenten, in welcher auch die der Wildbach- und Lawinerverbauung im Rahmen der Errichtung des Steinschlagschutzbauwerks auf fremden Grund zukommenden Befugnisse festgelegt werden sollen.

Inhaltliche Ausgestaltungsoptionen von „Errichtungsvereinbarungen“

Der primäre Zweck solcher Vereinbarungen liegt darin, dem Projektwerber und dem Projektanten einen Nutzungstitel an der fremden Liegenschaft zu verschaffen, welcher unterschiedlich weit reichend ausgestaltet sein kann. So bestünde beispielsweise die Option der Einräumung eines dinglich wirkenden Baurechts iSd §1 Abs 1 Baurechtsgesetz, welches dazu führt, dass das Eigentum am künftigen Bauwerk dem Interessenten zukommt. Inwiefern zum Zwecke von Steinschlagschutzmaßnahmen aber die Begründung eines solchen Baurechts auf fremden Grund möglich ist, wurde von der Rsp bislang noch nicht behandelt.

Anstelle eines Baurechts könnte man sich auch auf die Einräumung einer verbücherten Servitut zugunsten des Projektwerbers einigen. Der Vorteil eines solch dinglichen Nutzungstitels besteht darin, dass die Servitut dann auch gegen den Einzelrechtsnachfolger wirkt. Auch künftige Liegenschaftseigentümer haben verbücherte Dienstbarkeiten gegen sich gelten zu lassen. Fraglich ist allerdings, ob der/die betreffende/n Liegenschaftseigentümer gewillt ist/sind, derart weitreichende, dinglich wirkende Eingriffe in sein Eigentumsrecht in Kauf zu nehmen, die in der Regel auch mit einer Minderung des Verkehrswerts der Liegenschaft/en einhergehen. Sprechen sich der/die Liegenschaftseigentümer gegen eine solch dingliche Belastung auf seinem Grund aus, so kann auch ein bloß obligatorisch wirkender Nutzungstitel die Errichtung des Steinschlagschutzbauwerks absichern. Ein obligatorisch wirkender Nutzungstitel entfaltet aber nur gegenüber dem Vertragspartner Wirkung, nicht aber gegen etwaige Einzelrechtsnachfolger. Sofern keine Ersitzung einer Servitut eingetreten ist, hat der künftige Liegenschaftserwerber somit grundsätzlich

³ § 7 BStG; § 13 OÖ StraßenG; §§ 37 Abs 1 lit a und 46 Abs 1 lit a Tiroler StraßenG; §§ 38, 39 Vbg StraßenG; § 5 Sbg LStrG; § 16 Stmk LStrG; etc.

⁴ § 45 EisbG.

⁵ § 56 Abs 2 SeilbG.

⁶ Näheres dazu siehe Wagner/Jandl, Steinschlagschutz – rechtliche Aspekte, 76 ff.

die volle Dispositionsbefugnis sowohl hinsichtlich der Grundnutzung, als auch hinsichtlich des sich darauf befindlichen Schutzbauwerks. Zumindest theoretisch hätte er dann die Möglichkeit, das auf seinem Eigentum stehende Werk zu beseitigen. Dies gilt nur dann nicht, wenn man die Rsp des OGH zur Offenkundigkeit verbüchertter Rechte bejaht. Im Sinne dieser Judikatur müsste der Rechtsnachfolger des Liegenschaftseigentümers die bisher bestandenen, nicht verbücherten Nutzungen gegen sich gelten lassen, da derart große Steinschlagschutzbauwerke für jeden Erwerber augenscheinlich erkennbar sind. Anderes wird nur bei bloßen „Erdwällen“ gelten, die relativ unauffällig in der Landschaft stehen und bei denen nicht sofort der Verdacht geschöpft werden muss, dass es sich um eine Steinschlagschutzanlage handelt.⁷

Sachenrechtliche Aspekte

Sachenrechtlich betrachtet steht das fix mit dem Boden verbundene, in dauernder Belassungsabsicht errichtete Steinschlagschutzbauwerk im Eigentum des Liegenschaftseigentümers. Es greift der bei Liegenschaften generell geltende Grundsatz „superficies solo cedit“. Das bedeutet, das Eigentum am Bauwerk, als unselbständiger Teil einer Liegenschaft, folgt dem Eigentum am Grundstück, auf welchem sich das Bauwerk befindet. Dieser sachenrechtliche Grundsatz ist nur durch die Begründung eines dinglichen Baurechts, nicht aber durch andere dinglich wirkende Nutzungstitel, wie etwa Dienstbarkeiten oder gar durch bloß obligatorisch wirkende Nutzungsrechte abbedingbar. Durch ein vertraglich eingeräumtes Nutzungsrecht wird der Eigentümer aber zumindest zur Duldung des Bauwerks auf seinem Grund verpflichtet.

Eine Ausnahme vom Prinzip „superficies solo cedit“ besteht nur nach § 418 S 3 ABGB oder bei Superädifikaten. Die Bestimmung des § 418 S 3 ABGB ist aber in der vorliegenden Fallkonstellation nicht einschlägig, da in der Praxis zumeist eine Vereinbarung hinsichtlich der sachenrechtlichen Zuordnung des Schutzbaus vorliegt und eine solche die Anwendung dieser Bestimmung ausschließt. Darüber hinaus wäre auch das Tatbestandselement der Redlichkeit des Bauführers nicht gegeben, da der Interessent die Eigentumsverhältnisse kennt und weiß, dass es sich um einen Bau auf fremden Grund handelt. Und auch die Qualifikation der Steinschlagschutzbauwerke als Superädifikat ist – abgesehen von mobilen Schutzeinrichtungen – abzulehnen, da die Anlagen in fester Verbindung mit dem Boden stehen und zum Schutz künftiger Steinschlagereignisse auch dort belassen werden sollen.

Aufgrund dieser sachenrechtlichen Zuordnung an den Liegenschaftseigentümer ist es ratsam, auch Instandhaltungspflichten und Haftungsfragen im Rahmen eines Vertrages einer detaillierten Regelung zuzuführen. Dies erfolgt nach Auffassung der Autorinnen in Form einer sog Instandhaltungsvereinbarung, die dazu dienen soll, den Umfang und den Ablauf der Instandhaltungsaufgaben festzulegen bzw zu konkretisieren.⁸

Instandhaltung von Steinschlagschutzbauwerken

Gesetzlich determinierte Instandhaltungspflichten für Steinschlagschutzbauten sind rar. Wasserrechtliche oder baurechtliche Instandhaltungsvorgaben gelangen nur bedingt zur Anwendung. Solche entstehen dann, wenn die betreffende Steinschlagschutzanlage in concreto als Bauwerk

iSd Bauordnungen oder als Schutz- und Regulierungswasserbau gemäß §§ 41ff WRG zu qualifizieren ist. Darüber hinaus sehen das ForstG oder das WLV-G nur mehr vereinzelte Aufsichts- und Überwachungspflichten der WLV vor.

Angesichts dessen ist die Instandhaltung der Bauten, mangels spezieller verwaltungsrechtlicher Regelungen, anhand des zivilrechtlichen Ingerenzprinzips zu beurteilen. Träger der zivilrechtlichen Instandhaltungspflicht ist der Halter, dh derjenige, der die Gefahrenquelle beherrscht und damit in der Lage ist, die davon ausgehenden Gefahren abzuwenden. Der zivilrechtliche Halterbegriff trifft daher jedenfalls auf den Interessenten zu.

Die Reichweite der Erhaltungspflicht bleibt jedoch, auch in Anwendung des Ingerenzprinzips, ungelöst. Denn eine Ingerenz kann immer nur in Bezug auf die Anlage selbst angenommen werden. Darüber hinaus auch eine Ingerenz hinsichtlich des Nichteintretens von Naturgefahren zu bejahen, wäre zu weitgehend und ist daher abzulehnen. Der Halter hat daher nur für jene Schäden einzustehen, die aus der mangelhaften Instandhaltung der Anlage resultieren. Einen wichtigen Parameter für die Beurteilung der Reichweite der Instandhaltungspflicht stellt die ONR 24810 dar, die wesentliche technische Vorgaben über die Errichtung und die Instandhaltung von Steinschlagschutzbauten beinhaltet.

Die zwischen dem Bund und dem Projektwerber abzuschließende Instandhaltungsvereinbarung dient also auch dazu, die Verantwortlichkeiten und Aufgabenbereiche der einzelnen Akteure zu regeln, um die Dauerhaftigkeit und die Funktionsfähigkeit des kostspieligen Steinschlagschutzbauwerks zu gewährleisten.⁹

Haftungsrechtliche Instandspflichten

Unter haftungsrechtlichen Aspekten gilt: Schäden resultierend aus reinem Naturwirken sind als vis maior zu qualifizieren und daher der Risikosphäre des Geschädigten zuzurechnen. Haftungsrechtliche Instandspflichten gefährdender Liegenschaftseigentümer bestehen nur dann, wenn die von seinem Grund ausgehende Steinschlaggefahr durch sein Verhalten maßgeblich vergrößert wurde.

Die Haftung für Schäden, die vom Bauwerk selbst verursacht wurden, trifft mangels spezieller gesetzlicher oder vertraglicher Regelungen den Verkehrssicherungspflichtigen, also den Halter des Steinschlagschutzbauwerks. In Betracht kommt eine Haftung nach § 1319 ABGB, wenn Schäden aufgrund des mangelhaften Bauwerks selbst verursacht werden. Weitere mögliche Haftungsansätze enthalten zudem § 176 Abs 4 ForstG oder § 26 Abs 2 WRG.

Vertraglich vereinbarte Haftungsausschlüsse sind nur in eingeschränktem Maße und nur bei Vorliegen bestimmter Voraussetzungen zulässig. So sind Freizeichnungen bei Personenschäden, ebenso wie bei vorsätzlicher oder grob fahrlässiger Schädigung unzulässig und damit unwirksam.¹⁰

Zusammenfassend kann somit folgendes konstatiert werden:

Das nur zum Teil gesetzlich geregelte, gesetzlich ungeregelte Beziehungsgeflecht zwischen den beteiligten Akteuren wie Grundeigentümer, Konsenswerber, WLV, Behörde und Grundeigentümer des in Anspruch genommenen Grundes ist höchst komplex. De lege lata ist mangels aus-

⁷ Zu den inhaltlichen Ausgestaltungsmöglichkeiten solcher Vereinbarungen siehe Wagner/Jandl, Steinschlagschutz – rechtliche Aspekte, 170 f.

⁸ Wagner/Jandl, Steinschlagschutz – rechtliche Aspekte, 91 ff.

⁹ Zu den inhaltlichen Ausgestaltungsmöglichkeiten solcher Vereinbarungen siehe Wagner/Jandl, Steinschlagschutz – rechtliche Aspekte, 170 f.

¹⁰ Wagner/Jandl, Steinschlagschutz – rechtliche Aspekte, 91 ff.

reichender einschlägiger verwaltungs- und zivilrechtlicher Handlungsgrundlagen die Errichtung von Steinschlagschutzbauwerken zumeist nur auf vertraglicher Basis möglich. Unter Rückgriff auf die zentralen Normen des ABGB, insbesondere jene über Nutzungsrechte auf fremden Grund, Verkehrssicherungspflichten oder die Zustandsstörerhaftung des Liegenschaftseigentümers oder allfälliger Servitutsberechtigter, ist der Abschluss entsprechender zivilrechtlicher Vereinbarungen in Kooperation unter den Beteiligten empfehlenswert. Zivilrechtliche Handlungspflichten des gefährdenden Liegenschaftseigentümers bestehen nur im Falle risikoe erhöhenden Vorverhaltens, andernfalls es einer Errichtungsvereinbarung mit dem jeweiligen Grundeigentümer/n bedarf. Diese dient der privatautonomen Ausgestaltung des Nutzungsverhältnisses am fremden Grund im Rah-

men der Errichtung und Instandhaltung, sowie der Regelung der sachenrechtlich zwingenden Folgen. Zwischen dem Bund und dem Interessenten ist der Abschluss einer Instandhaltungsvereinbarung empfehlenswert. Derartige Vereinbarungen sollten spätestens im Rahmen der Kollaudierung erfolgen. Projektant und der Eigentümer jener Liegenschaft, auf welcher das Steinschlagschutzbauwerk errichtet werden soll, stehen in keinem eigenen Rechtsverhältnis zueinander. Die WLW handelt für den Bund in Erfüllung eines gesetzlichen Auftrags. Betretungs-, Zufahrts- oder Ablagerungsrechte der Errichter sind uE bereits im Rahmen der Errichtungsvereinbarung zwischen den benachbarten Grundstückseigentümern vorzusehen. Abbildung 2 zeigt im Überblick die vertraglichen Ausgestaltungsmöglichkeiten zwischen den Akteuren.

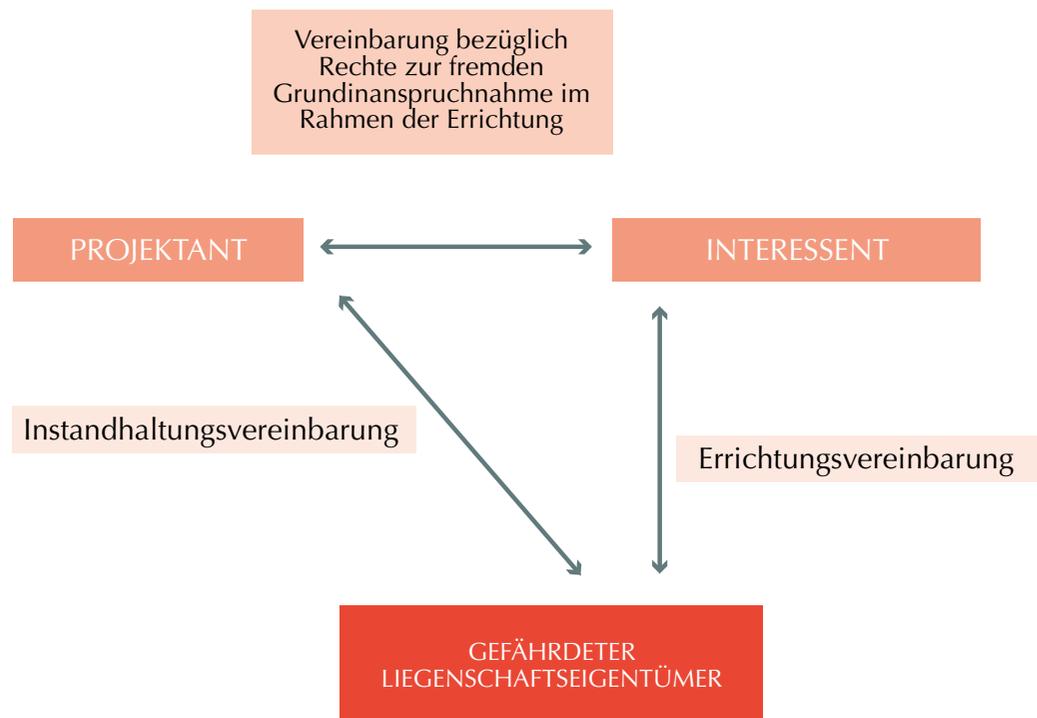


Abb. 2: Vertragliche Ausgestaltungsmöglichkeiten zwischen den beteiligten Akteuren

Fig. 2: Contractual options between the involved parties

Im Sinne eines geschlossenen Systems des integrierten Steinschlagschutzes bedürfte es uE einer kompetenzrechtlichen Klarstellung seitens des Verfassungsgesetzgebers und einer Effektuierung der bereits bestehenden rechtlichen Rahmenbedingungen im Bereich der Steinschlagprävention.

Literatur / References:

FENYVES/KERSCHNER/VONKILCH (Hrsg) (2011). Klang, Kommentar zum ABGB3.

HOLOUBEK (2008). Stellungnahme zur vergaberechtlichen Stellung des „Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung.

KARNER (2013). Abwehrensprüche bei naturgegebenen Immissionen. in: Perner (Hrsg). Festschrift für Gert Iro zum 65. Geburtstag.

WAGNER/JANDL (2013). Steinschlagschutz – rechtliche Aspekte.

WEBER/OBERMEIER (2008). Verwaltungs- und zivilrechtliche Aspekte von Steinschlaggefährdung und -schutz.

Anschrift der Verfasser / Authors' adresses:

Univ.-Prof.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ Erika Wagner
Johannes Kepler Universität
Institut für Umweltrecht
Altenberger Straße 69
A-4040 Linz
Erika.Wagner@jku.at

Mag.^a Claudia Jandl
Institut für Umweltrecht
Johannes Kepler Universität
Altenberger Straße 69
A-4040 Linz
Claudia.Jandl@jku.at

RXE-Steinschlag-Barrieren: Höchster Schutz bei geringer Auslenkung

Die RXE-Barriere aus hochfestem Stahldraht setzt bei der Auslenkung neue Massstäbe!

- Geringe Auslenkung ermöglicht Installationen in unmittelbarer Nähe zum gefährdeten Objekt
- Zugelassene Energieaufnahmevermögen reicht bis 8000 kJ, was einem Stein von 20 Tonnen bei über 100 km/h entspricht
- Zugfestigkeit von mind. 1770 N/mm²
- Kurze Montagezeiten durch modulare Bauweise



www.geobruigg.com/
[youtube/RXE-en](https://www.youtube.com/watch?v=RXE-en)



Geobruigg 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.geobruigg.com • info@geobruigg.com



ROBERTO LOAT, MARKUS STOFFEL

Darstellung und Berücksichtigung von gravitativen Gefahren in der Raumplanung der Schweiz

Representation and consideration of gravitational hazards in Swiss land-use planning

Zusammenfassung:

In der Schweiz ist die Erstellung von Gefahrenkarten für alle gravitativen Gefahrenarten seit 1991 Pflicht. Gefahrenkarten geben Auskunft über die Gefährdung, jedoch nicht über die Risiken. Für letztere werden Risikoübersichten erstellt, welche das Erkennen des Handlungsbedarfs und die Festlegung von Prioritäten ermöglichen. Hohe Risiken treten primär nicht in Gebieten mit erheblicher oder mittlerer Gefährdung auf, sondern in intensiv genutzten Gebieten mit geringer oder Restgefährdung. Deshalb orientiert sich die risikobasierte Raumplanung nicht nur an den bestehenden Gefahren, sondern an den Risiken, die durch neue Nutzungen oder Nutzungsintensivierung entstehen können. Dabei geht die risikobasierte Raumplanung nicht von einer vollständigen Risikovermeidung aus, sondern legt den Fokus auf den bewussten Umgang mit den Risiken.

Stichwörter:

Naturgefahren, Raumplanung, Risiko, Gefahrenkarten

Abstract:

In Switzerland, the realization of hazard maps of gravitational mass movements has been compulsory since 1991. These maps inform about hazards but not about risks. For the latter, an overview of risks is being produced to allow for an identification of needs of action and definition of priorities. High risks do not occur in sectors with substantial or moderate hazard levels, but in intensely used areas with low or residual hazards. For this reason, risk-based land-use planning is not only interested in existing hazards, but also in risks which could evolve as a result of new or intensified uses. In this context, risk-based land-use planning will not aim at complete risk avoidance, but focus on a conscious handling of risks.

Keywords:

Natural hazards, land use planning, risk, hazard maps

Einleitung

Der Schutz vor Naturgefahren durch raumplanerische Maßnahmen hat in der Schweiz eine lange Tradition. Bereits nach dem verheerenden Lawinenwinter 1950/51 wurde klar, dass eine ausreichende Lawinensicherheit nicht allein durch bauliche, forstlich-biologische (Schutzwaldpflege, Aufforstungen) und organisatorische Maßnah-

men erreicht werden kann, sondern dass es dazu auch raumplanerischer Instrumente bedarf. Diese Erkenntnis führte einerseits zur Erarbeitung der ersten Lawinengefahrenkarten im Kanton Bern (Gadmen 1954, Wengen 1960), andererseits wurde 1965 auf Bundesebene die gesetzliche Grundlage zur Ausarbeitung von Lawinenzonenplänen geschaffen. Durch diese wurden die Kantone verpflichtet, lawinengefährdete Gebiete vor weiterer Bebauung freizuhalten.

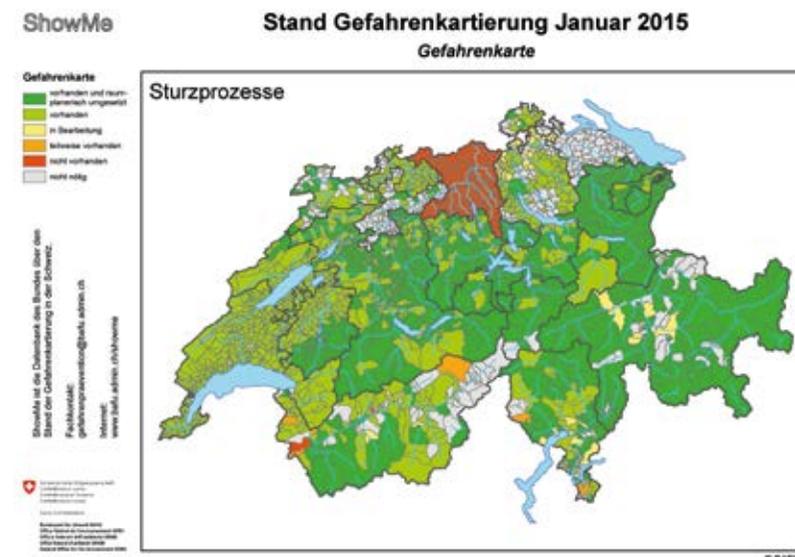


Abb. 1:
Stand der
Gefahrenkartierung für
Sturzprozesse am 1.1.2015
(Quelle: BAFU)

Fig. 1:
State of hazard mapping
for gravitative processes,
as constituted on 1st of
January 2015 (source:
FOEN)

Im Jahre 1979 verpflichtete das Bundesgesetz über die Raumplanung (RPG 1979) die Kantone zur Berücksichtigung der Naturgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Aber erst mit der Revision der Bundesgesetze über den Wasserbau (WBG 1991) und über den Wald (WaG 1991) ist dieser Auftrag konkretisiert worden. Beide Gesetze verlangen, dass die Kantone Gefahrenkarten für alle gravitativen Prozesse (Hochwasser, Lawinen, Rutschungen und Sturzprozesse) erarbeiten, und die Gefahrenkarten in der kantonalen Richtplanung, der kommunalen Nutzungsplanung sowie im einzelnen Baubewilligungsverfahren berücksichtigen.

Die Gefahrenbeurteilung ist in der Schweiz für alle Gefahrenprozesse praktisch abgeschlossen. 95% der Gefahrenkarten liegen vor, wovon bereits über 65% in den kommunalen Nutzungsplänen umgesetzt sind (www.bafu.admin.ch/ShowMe; siehe Abbildung 1). Die Qualität dieser Gefahrengrundlagen wurde anhand

von bedeutenderen Ereignissen in den letzten Jahren geprüft. Hier zeigt sich, dass die Gefahrenkarten auch sehr seltene Ereignisse in über 80% der Fälle richtig prognostiziert haben, so dass die Gefahrenkarten nach anfänglich doch sehr großer Skepsis nun weitherum akzeptiert werden.

Bisherige raumplanerische Umsetzung der Gefahrenkarten

Für die Anwendung und Umsetzung der rechtlichen Bestimmungen haben die Schweizer Bundesämter in den letzten gut 25 Jahren verschiedene Empfehlungen, Wegleitungen und Richtlinien publiziert, die sich mit der Erarbeitung der Gefahrengrundlagen und deren Umsetzung in der Raumplanung befassen. Mit diesen Grundlagen stellt der Bund sicher, dass die Behandlung aller Naturgefahren (Hochwasser, Lawinen, Rutschungen und Sturzprozesse) in der ganzen Schweiz nach einheitlichen Gesichtspunkten erfolgt.

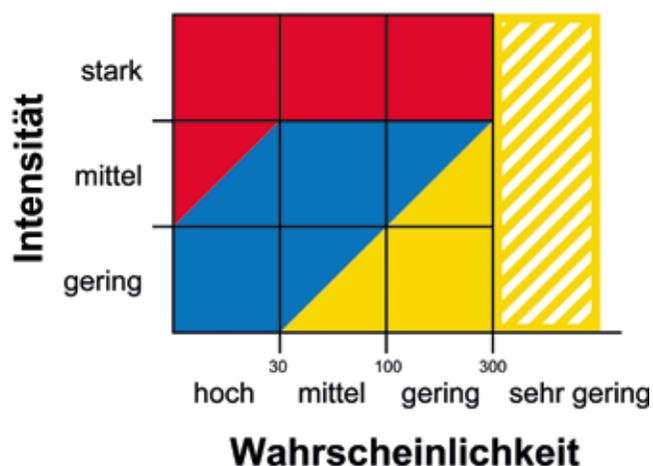


Abb. 2: Gefahrenstufen in Abhängigkeit von Intensität und Wahrscheinlichkeit (links) und Beispiel einer Gefahrenkarte, die als Grundlage für die Ausscheidung von Gefahrenzonen und für die Festlegung der Nutzungsaufgaben dient (rechts) (Quelle: BAFU)

Fig. 2: Level of hazard, depending on the intensity and probability (left fig.); Example of a hazard map, which serves as a basis for the designation of hazard zones and for the definition of requirements for land use (right fig.) (source: FOEN)

Rot: erhebliche Gefährdung	Blau: mittlere Gefährdung	Gelb: geringe Gefährdung	Gelb-weiß: Restgefährdung	Weiß: keine oder vernachlässigbare Gefährdung
Mit plötzlicher Zerstörung von Häusern ist zu rechnen	Mit größeren Schäden an Gebäuden ist zu rechnen	Es ist v.a. mit Schäden in Gebäuden zu rechnen.	Restgefährdung	Nach derzeitigem Kenntnisstand keine Gefährdung
Personen innerhalb und außerhalb von Gebäuden gefährdet	Personen innerhalb von Gebäuden kaum gefährdet, jedoch außerhalb	Personen kaum gefährdet		
Verbotsbereich	Auflagen	Auflagen prüfen	Auflagen für sensible Objekte	

Tab. 1: Bedeutung der Farben der Gefahrenkarte bezüglich Gefährdung und raumplanerischer Umsetzung.

Tab. 1: Significance of colours in the hazard map; concerning hazards and their consideration in land use planning.

Die Empfehlungen zur Berücksichtigung der Hochwasser- beziehungsweise Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten (BWW, 1997; BUWAL, 1997) legen die Standards für die Gefahrenkarten und deren raumplanerischen Umsetzung fest. Die Gefahrenkarten geben dabei eine detaillierte Übersicht über die Gefährdungssituation. Die Darstellung erfolgt in vier Gefahrenstufen mit den Farben rot, blau, gelb und gelb-weiß gestreift (Abbildung 2). Die abgestufte Gefahrenkarte liefert dabei insbesondere auch die Grundlage für die Ausscheidung von Gefahrenzonen in der Nutzungsplanung und die Formulierung von Bauauflagen. Die Festlegung der Gefahrenstufen basiert auf dem Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramm in Abbildung 2.

Wichtig erscheint in diesem Kontext, dass Gefahrenkarten fachtechnische Grundlagen ohne Rechtskraft darstellen, die unter der Verantwortung der entsprechenden kantonalen Fachstellen erarbeitet werden. Erst durch die rechtmäßige Überführung in die kantonale Richtplanung bzw. in die

kommunale Nutzungsplanung erhalten die Gefahrenkarten ihre rechtliche Wirkung. Deshalb wurden die Gefahrenstufen auch so gewählt, dass sie auf eine bestimmte Art von Verhaltensweisen bzw. Nutzungsvorschriften schließen lassen (Tab. 1).

Bei der Umsetzung der Gefahrenkarten spielen sowohl der kantonale Richtplan wie auch der kommunale Nutzungsplan (Zonenplan) eine zentrale Rolle, daneben kommt dem Baubewilligungsverfahren sowie den Versicherungen eine wichtige Funktion zu.

Der kantonale Richtplan ist das zentrale Raumplanungsinstrument der Kantone und dient insbesondere der Koordination aller raumrelevanten Vorhaben und der Vorsorge. Als strategisches und behördenverbindliches Instrument unterliegen ihm beim Schutz vor Naturgefahren (i) die Festlegung der Grundsätze und Ziele, (ii) die Organisation und Koordination der notwendigen Grundlagenarbeiten sowie (iii) die Erteilung von verbindlichen Aufträgen an kantonale Stellen und die Gemeinden.

Im Gegensatz dazu dient der kommunale Nutzungsplan (Zonenplan) der parzellengenauen Ausscheidung von Nutzungszonen in der Gemeinde. Der Nutzungsplan legt die zulässige Bodennutzung grundeigentümerverbindlich fest. Im Bau- und Zonenreglement erlässt die Gemeinde zudem Vorschriften für die Gefahrenzonen. Diese entsprechen im Normalfall den Gefahrenstufen der Gefahrenkarte, im Einzelfall sind Abweichungen möglich. Für die Verbots- (rot) und Gebotszonen (blau) sind Vorschriften unerlässlich, für die Hinweiszone (gelb / gelb-weiss gestreift) müssen sie in Erwägung gezogen werden.

Im Baubewilligungsverfahren stellen Gemeinde und Kanton sicher, dass ein Baugesuch die Vorschriften einhält. Zum Schutz vor Naturgefahren können Auflagen – wie zum Beispiel Objektschutzmaßnahmen – formuliert oder Baugesuche abgelehnt werden.

In 24 von 26 Kantonen besteht zudem ein Versicherungsobligatorium gegen Elementarschäden. Dadurch können Versicherungen eine wichtige Lenkungsfunktion ausüben, indem sie bei Baugesuchen in Gefahrengebieten oder im Schadenfall Auflagen für Bauten und Anlagen machen. Zudem besteht die Möglichkeiten versicherungstechnischer Maßnahmen wie Leistungskürzungen im Schadenfall oder Versicherungsausschlüsse. Derartige Maßnahmen kommen zum Zug, wenn etwa Objektschutzauflagen nicht umgesetzt wurden. Als vielversprechend haben sich auch Ansätze wie Bauberatungen und finanzielle Hilfen für Objektschutzmaßnahmen erwiesen, wie dies von einigen kantonalen Gebäudeversicherungen praktiziert wird.

Die Gefahrenstufen der Gefahrenkarten werden gemäß den Empfehlungen von 1997, ergänzt durch die Empfehlung Raumplanung und Naturgefahren von 2005 (ARE, 2005) in der kommunalen Nutzungsplanung umgesetzt. Tabelle 2 zeigt die möglichen Umsetzungsformen.

Überlagern sich gefährdete Gebiete mit bereits eingezonten Parzellen, so sind die Verhältnismäßigkeit und die Zumutbarkeit der zu ergreifenden Schutzvorkehrungen – wie etwa Auszonung, Objektschutzmaßnahmen oder Nutzungsbeschränkungen – eingehend zu prüfen. Die Verhältnismäßigkeit hängt unter anderem stark vom Grad der Erschließung und insbesondere der Bebauung ab. Handelt es sich um bereits überbaute Parzellen, so werden von den Behörden in der Regel vorab Nutzungsbeschränkungen und Objektschutzmaßnahmen geprüft. Bei der Beurteilung spielen die technische Machbarkeit, die Kosten und Dauerhaftigkeit (inkl. Unterhalt), die Verringerung des Risikos sowie das öffentliche Interesse an einer Nutzung eine wichtige Rolle. Sind nicht überbaute Parzellen in der Bauzone von den Gefahrengebieten betroffen, so sollten die Behörden in der Regel Auszonungen in Erwägung ziehen, allenfalls in Kombination mit der Suche nach Alternativstandorten.

In einem nächsten Schritt nimmt die Planungsbehörde Interessenabwägungen vor. Die Ergebnisse dieser Abwägung lassen sich umso besser begründen und in der nachfolgenden Mitwirkung darlegen, je sorgfältiger die Behörde den Planungsprozess durchgeführt, Alternativen geprüft und Detailabklärungen vorgenommen hat. Schliesslich wird die Planung öffentlich aufgelegt. Nach allfälligen Einspracheverhandlungen bedarf es des Beschlusses des zuständigen Gemeindeorgans (je nach Fall der Gemeinderat, die Gemeindeversammlung oder eine Volksabstimmung), bevor die Genehmigung der Pläne und Vorschriften durch kantonale Behörden erfolgen kann. Damit treten diese in Kraft, sofern keine Beschwerden eingehen. Die Praxis zeigt, dass solche Beschwerden selten sind. Wo der Staat drohende Gefahren für Menschenleben und größere Vermögenswerte durch Planungsmaßnahmen – wie Nichteinzonungen und Auszonungen –

vorbeugend abwendet, besteht grundsätzlich kein Entschädigungsanspruch gegenüber dem Gemeinwesen.

Gefahrenzone	Zonenausscheidung	Bau- und Zonenreglement	Weitere Maßnahmen
Verbotzone (erhebliche Gefährdung, rot)	Keine Ausscheidung neuer Bauzonen; Rückzonung bzw. Auszonung nicht überbaute Bauzonen.	<ul style="list-style-type: none"> Keine Errichtung oder Erweiterung von Bauten und Anlagen; Erlass der notwendigen Nutzungsbeschränkungen bei bestehenden Bauten; Umbauten und Zweckänderungen nur mit Auflagen zur Risikominderung; Wiederaufbau zerstörter Bauten nur in Ausnahmefällen und nur mit Auflagen. 	<p>Rasche Information der betroffenen Grundeigentümerinnen und Grundbesitzer über die bestehende Gefährdung und die notwendigen Maßnahmen;</p>
Gebotszone (mittlere Gefährdung, blau)	Ausscheidung neuer Bauzonen nur mit Auflagen und nach Prüfung von Alternativen und Vornahme einer Interessensabwägung.	<ul style="list-style-type: none"> Keine Erstellung von sensiblen Objekten; Baubewilligung mit Auflagen; Erlass der notwendigen Nutzungsbeschränkungen bei bestehenden Bauten; Festlegen von Anforderungen an die räumliche Anordnung, Nutzung und Gestaltung, evtl. auch Erschließung von Bauten und Anlagen; Detaillierte Vorschriften müssen je nach Gefahrenart und Intensität unterschiedlichen Schutzmaßnahmen Rechnung tragen. 	<p>Bei Bedarf Anmerkung von Nutzungseinschränkungen im Grundbuch;</p> <p>Rasche Planung und Umsetzung der notwendigen technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen.</p>
Hinweiszone (geringe Gefährdung gelb / Restgefährdung, gelb/ weiss)	Vermeiden von Zonen, in denen Anlagen mit hohem Schadenpotenzial erstellt werden können; Hinweis auf die Gefahrensituation.	<ul style="list-style-type: none"> Empfehlungen für bestehende Bauten; Erwägen von Auflagen bei sensiblen Nutzungen oder größeren Überbauungen nach Risiko 	<p>Information der betroffenen Grundeigentümerinnen und -eigentümer über die bestehende Gefährdung;</p> <p>Beratung für mögliche Schadensverhütungsmaßnahmen in Zusammenarbeit mit den Versicherungen;</p>

Tab. 2: Konsequenzen der verschiedenen Gefahrenstufen für die Zonenausscheidung, für das Bau- und Zonenreglement sowie für weitere Bereiche des integralen Risikomanagements (ARE, 2005).

Tab. 2: Consequences of different levels of hazard for the designation of zones, for the building and areal planning regulations, as well as for large parts of the integrated risk management (ARE, 2005).

Erfahrungen zeigen Defizite auf

Die immer dichtere und intensivere Raumnutzung, die gestiegenen Ansprüche an Mobilität und Kommunikation sowie die Ausweitung der Nutzungen in Gefahrenräume führen dazu, dass das Schadenpotenzial und damit die Risiken durch Naturgefahren in der Schweiz stetig zunehmen. Die Ereignisanalyse der Hochwasser vom August 2005, das bezüglich Schäden schwerste in der Schweiz je registrierte Ereignis, zeigt auf, dass große Sachschäden in den blauen, aber vor allem auch in den gelben und gelb-weißen Gefahrenzonen aufgetreten sind. Neuere Risikostudien belegen diese Erkenntnis. In der Stadt Zürich zum Beispiel kann der Fluss Sihl ab einem hundertjährigen Hochwasser über die Ufer treten. Dabei würden große Teile der Innenstadt bis zu 50cm tief überschwemmt werden, was in der Gefahrenkarte gelb und gelb-weiß dargestellt ist. Trotz der geringen Wassertiefe schätzt die kantonale Gebäudeversicherung das Schadenpotenzial auf bis zu 5 Milliarden Franken, was eines der grössten Hochwasserrisiken der Schweiz darstellt. Aus den Erfahrungen der letzten gut zehn Jahren können für den Umgang mit Naturgefahrenrisiken folgende Erkenntnisse gezogen werden: (i) die Schadensummen sind primär von der Nutzung abhängig und nicht von der Gefährdung; (ii) die Gefahrenkarten sagen nichts über die Höhe der Risiken aus; (iii) in gelben und gelb-weißen Gebieten werden Bauauflagen ungenügend umgesetzt; (iv) unkontrollierte Nutzungsintensivierung entsteht nach getroffenen Schutzmaßnahmen.

Daraus folgt, dass die bisher praktizierte „1:1“ Umsetzung der Gefahrenkarten in die Nutzungsplanung nach dem Motto „rot entspricht einem vollständigen Bauverbot und gelb, resp. gelb-weiß einem Hinweisbereich“ so alleine nicht zielführend ist, um Risiken langfristig zu stabilisieren oder gar zu mindern. Zudem wer-

den vielerorts nach der Realisierung von baulichen Schutzmaßnahmen (z. B. Dämme) Gebiete zurückgestuft, das heißt als weniger gefährdet bezeichnet. Damit wird eine intensivere Nutzung in diesen Gebieten erst recht gefördert und die Risiken steigen langfristig wieder auf ein untragbares Maß an.

Risikoentwicklung steuern

Ein Paradigmenwechsel ist daher notwendig, um das Anwachsen der Risiken bzw. der Schadensummen zu vermindern. Bereits die Strategie der PLANAT (2004) forderte mit dem Grundsatz „von der Gefahrenabwehr zur Risikokultur“, dass der Fokus stärker auf die Raumnutzungen und das damit verbundene Schadenpotenzial gerichtet werden sollte. Dazu bedarf es einer Betrachtung der Nutzung, deren Intensität und Schadenanfälligkeit. Die Gestaltung einer der Gefahren- und Risikosituation angepassten Raumnutzung stellt deshalb eine wichtige Aufgabe der Raumplanung dar. Bestehende Risiken müssen ermittelt und sichtbar gemacht werden. Daraus lassen sich planerische Maßnahmen zur Steuerung ableiten. Je nach konkreter Situation sind Nutzungsplanungen anzupassen, Auflagen im Baubewilligungsverfahren zu treffen oder Private für Risiken zu sensibilisieren. Eine risikobasierte Raumplanung, welche bestehende Risiken reduziert und keine neuen, untragbaren entstehen lässt, ist die beste Vorbeugung. Das heißt, Auflagen sind für alle Gefahrenstufen vorzusehen.

Diese Grundsätze sind bereits in der Empfehlung Raumplanung und Naturgefahren von 2005 enthalten. Leider wurden sie bis heute zu wenig beachtet. Zu oft werden in der Praxis entgegen der Prioritätensetzung im Gesetz bauliche Maßnahmen bevorzugt ergriffen, um eine rote oder blaue Gefahrenstufe in die gelbe oder gelb-weiße zu reduzieren und somit eine wei-

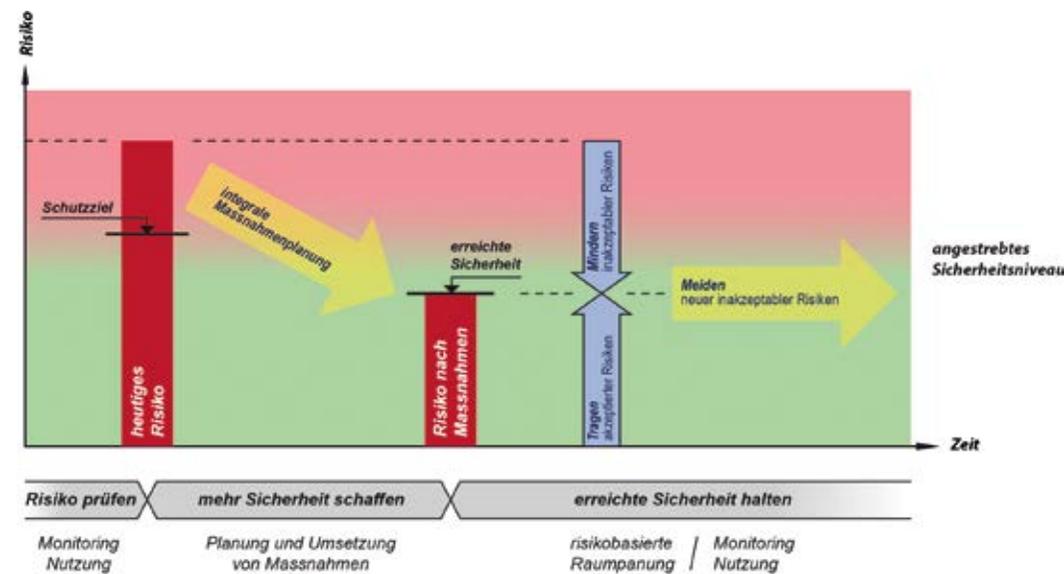


Abb. 3: Schematische Darstellung des Umgangs mit Risiken (abgeändert nach PLANAT 2013).

Fig. 3: Schematic depiction, how to deal with risks (modified, after PLANAT 2013).

tere, nicht der Gefahrensituation angepasste Bau-tätigkeit zu erlauben. Dabei könnte man gerade in diesen Fällen mit verhältnismässigen, zumutbaren da meist einfachen Maßnahmen, das erneute ansteigen der Risiken verhindern.

Die Abbildung 3 zeigt in idealisierter Form, wie in Zukunft mit den Risiken umgegangen werden soll. Zeigt eine Überprüfung der Ist-Situation mittels Schutzzielen, wie sie in den Empfehlungen von 2005 vorgeschlagen sind, ein Schutzdefizit, so sind Maßnahmen zu ergreifen. Diese Maßnahmen bestehen aus einem Mix von technischen, planerischen, organisatorischen und eventuell biologischen Maßnahmen. Ist danach die erreichte Sicherheit genügend, gilt es sicherzustellen, dass langfristig die Risiken nicht wieder auf ein untragbares Maß ansteigen. Noch besser ist es, in Gebieten, in denen heute noch kein Schutzdefizit vorhanden ist, dafür zu sorgen, dass gar nicht erst ein solches entsteht. Somit lauten die neuen Grundsätze des Naturgefahrenrisikomanagements: (i) meiden neuer inakzeptabler

Risiken; (ii) mindern inakzeptabler Risiken; (iii) tragen akzeptabler Risiken.

Das Ziel der risikobasierte Raumplanung ist es, aktiv die Risikoentwicklung zu steuern. Sie kann dies mit den nachfolgend aufgeführten zehn Punkten erreichen, indem sie: (i) sich der bestehenden Gefahren und Risiken bewusst wird; (ii) in einer frühen Planungsphase dafür sorgt, dass potenzielle Konflikte frühzeitig erkannt werden; (iii) neue Nutzungen oder Bauvorhaben nach ihrem Einfluss auf die Risikoentwicklung beurteilt (Szenarien); (iv) prüft, ob alternative Standorte außerhalb des Gefahrengebietes vorhanden sind; (v) zusammen mit den Risikoträgern (wie etwa den Versicherungen) die Risiken bewertet; (vi) die Risikoentwicklung durch Maßnahmen wie Nichteinzonungen, Auszonungen, Abzonungen oder Objektschutz aktiv steuert; (vii) bei Entscheiden auch auf die Unsicherheiten bei der Gefahrenbeurteilung und der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen achtet; (viii) Rückhalteräume und Abflusskorridore für extreme Ereignisse aus-

scheidet und von Überbauung frei hält; (ix) die Risikoentwicklung über die Jahre hinweg beobachtet (Erfolgskontrolle); und (x) periodisch die Gefahrengrundlagen und Planaussagen überprüft und anpasst.

Bei allen Sicherheitsüberlegungen darf aber auch nicht ausgeblendet werden, dass die Nutzung gefährdeter Gebiete nicht nur Risiken birgt, sondern auch Chancen. Die gilt es mit einem bewussten Umgang mit den Gefahren zu nutzen.

Neues Paradigma: Risikobasierte Raumplanung

Das Konzept der risikobasierten Raumnutzung erhält in der Schweiz Auftrieb durch die Diskussionen im Zusammenhang mit dem Klimawandel und den nötig werdenden Anpassungsstrategien. Der frühzeitigen Erkennung von räumlichen Konflikten und der Meidung von neuen Risiken kommt in Zukunft eine besondere Bedeutung zu. So sollten z.B. Gefahrengebiete im Richtplan als behördenverbindliches Planungsinstrument bezeichnet werden und potenziell gefährdete Räume für zukünftige Szenarien freigehalten werden. Es muss auch darum gehen, die für Extremereignisse nötigen Rückhalteflächen, Entlastungsräume oder Abflusskorridore zu sichern.

Es geht jedoch nicht nur darum neue Risiken zu vermeiden, sondern auch um die Minderung der bestehenden Risiken. Auch hier kann die Raumplanung einen wesentlichen Beitrag leisten. Dies z.B. indem risikoreiche Nutzungen aus den Gefahrengebieten entfernt werden, oder indem bei Umbauten konsequent Maßnahmen zur Verringerung der Verletzlichkeit verlangt werden.

Risikobasiert planen bedeutet frühzeitig Konflikte im Umgang mit Naturgefahren erkennen. Die Vermeidung von Konflikten zwischen den Naturgefahren und der Nutzung durch plane-

rische Maßnahmen hat erste Priorität im Umgang mit Naturgefahren. Eine risikobasierte Raumplanung geht nicht von einer vollständigen Risikovermeidung aus, sondern legt den Fokus auf den bewussten Umgang mit den Risiken. Nutzungen sollen nicht (vollständig) verhindert, aber der Umgang mit Risiken sichtbar gemacht und für die Betroffenen sinnvolle und tragbare Lösungen gefunden werden. Die risikobasierte Raumplanung orientiert sich nicht nur an den bestehenden Gefahren, sondern an den Risiken, die durch neue Nutzungen oder Nutzungsintensivierung entstehen können.

Die risikobasierte Raumnutzung geht im Unterschied zu den Gefahrenkarten nicht nur von Gefahrenzonen aus. Die Risiken werden unabhängig von den Gefahrenstufen identifiziert. Künftige Werte wie etwa Personen- oder Sachwerte sind im Rahmen der Interessenabwägung so anzuordnen, dass sie möglichst selten und nur schwach von Naturereignissen tangiert werden. Der Raumplanung kommt dabei die Aufgabe zu, die Nutzungsinteressen mit den Schutzinteressen abzustimmen. Dabei ist eine aktive Rolle aller Partner notwendig.

Schlussbetrachtungen

Die Schweiz blickt auf eine lange und erfolgreiche Tradition der Gefahrenkartierung zurück, die vor mehr als sechzig Jahren und im Rahmen der Gefahrenzonenausscheidung in Lawinenzügen ihren Anfang nahm. Die Berücksichtigung von Wahrscheinlichkeiten, Intensitätsklassen und deren Umsetzung in der Raumplanung hat sich bewährt; eine kontinuierliche Validierung und Revision sind jedoch essentiell, nicht zuletzt auch im Zusammenhang mit Klimaänderungen und damit verbundenen möglichen neuen Gefahren.

Anschrift der Verfasser / Authors' adresses:

Dr. Roberto Loat
Bundesamt für Umwelt BAFU
3003 Bern
Roberto.loat@bafu.admin.ch

Prof. Dr. Markus Stoffel
Dendrolab.ch, Institut für Geologie,
Universität Bern
Baltzerstrasse 1+3
3012 Bern

Institut des Sciences de l'Environnement,
Université de Genève
7 route de Drize
1227 Carouge-Genève
markus.stoffel@dendrolab.ch

Literatur / References:

ARE/BWG/BUWAL (2005):
Raumplanung und Naturgefahren. Bundesamt für Raumentwicklung / Bundesamt für Wasser und Geologie / Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.

BAFU (2014):
Stand der Gefahrenkartierung in der Schweiz. www.bafu.admin.ch/ShowMe

BUWAL/BWW/BRP (1997):
Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft / Bundesamt für Wasserwirtschaft / Bundesamt für Raumplanung, Bern.

BWW/BRP/BUWAL (1997):
Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Bundesamt für Wasserwirtschaft / Bundesamt für Raumplanung / Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.

PLANAT (2013):
Sicherheitsniveau für Naturgefahren. Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern.

RPG (1979):
Bundesgesetz vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz, RPG 1979, SR700)

WaG (1991):
Bundesgesetz vom 4. Oktober 1991 über den Wald (Waldgesetz, WaG 1991, SR 921.0)

WBG (1991):
Bundesgesetz vom 21. Juni 1991 über den Wasserbau (Wasserbaugesetz, WBG 1991, SR 721.100)



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

HERWIG PROSKE, CHRISTIAN BAUER

Methodik zur Erstellung einer Gefahrenhinweiskarte für Rutschungen in der Steiermark

Methodology of the Generation of an Indicative Hazard Map for Landslides in Styria

Zusammenfassung:

Im Zeitraum von 2014 bis 2015 wurden bei JOANNEUM RESEARCH flächendeckende Gefahrenhinweiskarten für gravitative Massenbewegungen für das Bundesland Steiermark (Österreich) erstellt. Die berücksichtigten Prozesse umfassen tief- und flachgründige Rutschungen sowie Sturzprozesse. Besonderes Augenmerk wurde auf die Qualität der Eingangsdaten und deren Aufbereitung für die statistische Modellierung gelegt. Das neu erstellte umfangreiche Massenbewegungsinventar basiert in erster Linie auf den im GIS Steiermark für das gesamte Bundesland verfügbaren Laserscan-Daten. Der vorliegende Beitrag konzentriert sich auf die methodische Vorgangsweise bei der Erstellung von Gefahrenhinweiskarten für Rutschungen.

Stichwörter:

Gefahrenhinweiskarte, Laserscan-Daten, gravitative Massenbewegungen, logistische Regression

Abstract:

From 2014 to 2015 indicative hazard maps for gravitational mass movements were generated for the whole Province of Styria (Austria) by JOANNEUM RESEARCH. Processes taken into account are deep seated and shallow landslides as well as stone and rock falls. Special emphasis was given to the quality of input data and its processing for statistical modelling. An extensive mass movement inventory is based on recently recorded airborne laserscan data which are available in the GIS database of Styria. This paper focusses on the methodological approach generating indicative hazard maps for landslides.

Keywords:

Indicative hazard map, airborne laserscan data, gravitational mass movements, logistic regression

Einleitung

Unter Einsatz von Mitteln des Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER), Bundes- und Landesmitteln wurden bei JOANNEUM RESEARCH, Institut für Informations- und Kommunikationstechnologien in der Forschungsgruppe „Fernerkundung und Geoinformation“ im Zeitraum von 2014 bis 2015 flächendeckende Gefahrenhinweiskarten für gravitative Massenbewegungen für das Bundesland Steiermark erstellt. Die dabei berücksichtigten Prozesse umfassen (a) tiefgründige Rutschungen, (b) flachgründige Rutschungen und (c) Sturzprozesse (Steinschlag, Felssturz). Der vorliegende Beitrag konzentriert sich auf die methodische Vorgangsweise bei der Erstellung von geogenen Gefahrenhinweiskarten für Rutschungen.

Entsprechend den Schweizer Empfehlungen für Raumplanung und Naturgefahren (herausgegeben von den Bundesämtern für Raumentwicklung, für Wasser und Geologie und für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern 2005) ist eine Gefahrenhinweiskarte (GHK) eine räumlich flächendeckende Darstellung der Anfälligkeit

(Disposition) einer Region für das Auftreten von Naturgefahren. Sie gibt einen Überblick über das mögliche Auftreten von Naturgefahren, wobei ihre Aussagegenauigkeit einem Maßstab von 1:25.000 entspricht. Die Karte enthält jedoch keine Aussagen zur zeitlichen Wahrscheinlichkeit, der Magnitude oder der möglichen Ausbreitung der Naturgefahr, sondern zeigt ausschließlich auf, wo es zur Auslösung von Prozessen kommen kann. Daher sind weder parzellengenaue Aussagen möglich, noch kann eine GHK ein Gutachten über die Stabilität eines Hanges ersetzen.

Die Stärken einer GHK liegen in der effizienten, kostengünstigen und vor allem flächendeckenden Ausweisung von Gefährdungsbereichen. Die flächenhafte Anwendung ein und desselben methodischen Ansatzes gewährleistet eine sehr gute Vergleichbarkeit sowohl in naturräumlichen (z.B. großtektonische Einheiten, geomorphologische Einheiten) als auch in administrativen Dimensionen (z.B. Bezirksebene, Gemeindeebene). Gerade diese Vergleichbarkeit ist bei kleinräumigen Fallstudien vielfach nicht gewährleistet: die Anwendung unterschiedlicher Methoden, aber auch die variierende Qualität der Eingangsdaten aufgrund der mitunter großen zeit-

lichen Distanz der Untersuchungen lässt einen Vergleich der Ergebnisse nur bedingt zu.

Gefahrenhinweiskarten dienen u.a. als Basis für raumplanerische Entscheidungen (z.B. vor Widmungs- und Baumaßnahmen), aber auch für forstwirtschaftliche Planungen (z.B. bei der Ausweisung von Schutzwaldbereichen) und als Grundlage für die Wildbach- und Lawinerverbauung (Berücksichtigung in den Gefahrenzonenplänen).

Untersuchungsgebiet

Das Bundesland Steiermark besitzt eine Fläche von 16.401 km² und weist ein sehr vielfältiges naturräumliches Landschaftsprofil auf. Dieses inkludiert Regionen mit Hochgebirgscharakter vorwiegend in den Nord- bzw. Zentralalpen, zahlreiche inneralpine Becken, ein ausgeprägtes

Längstalsystem sowie ein ausgedehntes Alpenvorland im Südosten mit geringer Reliefenergie (Riedel- und Terrassenlandschaft). Das vielfältige naturräumliche Landschaftsprofil ist Ausdruck einer heterogenen Geologie mit einem breiten Spektrum von Gesteinen. Dieses reicht von den Karbonaten der Nördlichen Kalkalpen über die Kristallingesteine der Zentralalpen (vor allem Gneise und Glimmerschiefer) bis hin zu den großräumig auftretenden neogenen Beckenfüllungen des Steirischen Beckens (Kiese, Sande, Tone). Dazu gesellen sich in der Grauwackenzone und im Murauer bzw. im Grazer Paläozoikum neben Karbonaten tektonisch stark beanspruchte, metamorphe Gesteine (v.a. schiefrige und phyllitische Gesteine). Aufgrund des breiten Gesteinsspektrums mit sehr unterschiedlichen geotechnischen Eigenschaften ist die geologische Grunddisposition für Rutschungen in der Steiermark sehr

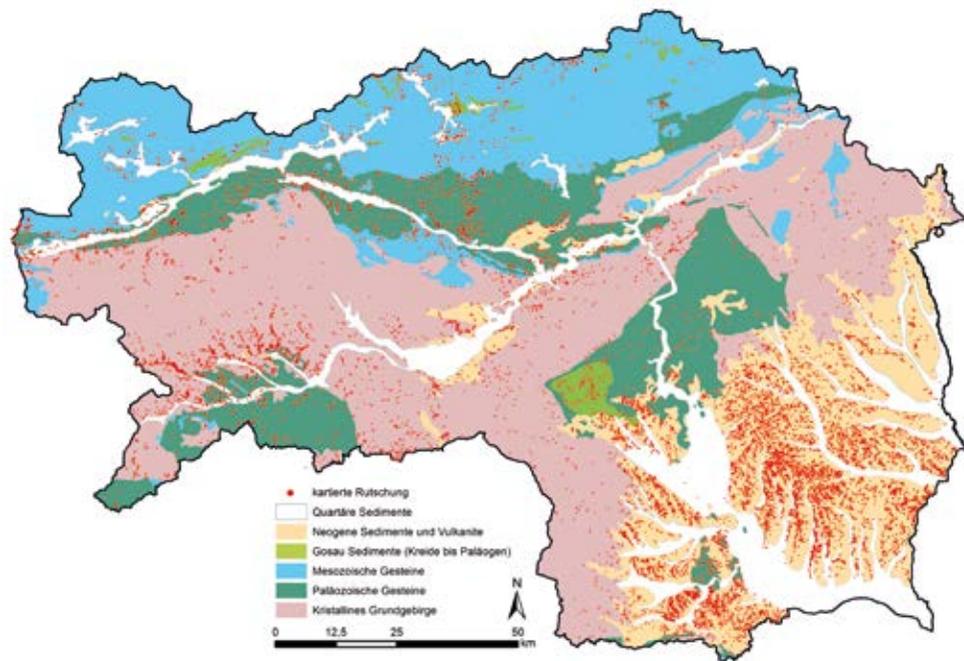


Abb. 1: Überblick über die geologischen Großeinheiten und das Massenbewegungsinventar auf Basis von Laserscandaten

Fig. 1: Overview of geological main units and of the mass movement inventory based on LiDAR data

heterogen verteilt. Prinzipiell können sie zwar in allen geologischen Großeinheiten auftreten, sie konzentrieren sich aber besonders auf die neogenen Sedimente des Steirischen Beckens (West- und Oststeiermark) sowie auf die phyllitischen Gesteine der Grauwackenzone, die in der Obersteiermark weit verbreitet sind. Auch die vor allem in den Niederen Tauern großräumig auftretenden Glimmerschiefer besitzen eine erhöhte Grunddisposition für tiefgründige Massenbewegungen (siehe Abb. 1).

Datengrundlagen

Für alle Modellierungsansätze gilt, dass die Qualität der Resultate direkt abhängig von der Qualität der Eingangsdaten ist. Dabei werden 3 Qualitätsanforderungen an die Daten gestellt: (1) inhaltliche Korrektheit, (2) exakte geographische Verortung und (3) ausreichende, prozessrelevante Differenzierung.

Exakte und repräsentative Ereignisinventare von Massenbewegungen stellen die wesentlichste Datengrundlage für jede Gefährdungsmodellierung dar. Im Wesentlichen können vier Typen von Ereignisinventaren unterschieden werden: (1) Archivdaten (Baugrunderkater, Schadensinventare); (2) In-Situ Erhebungen (Kartierungen); (3) Fernerkundungsdaten und (4) kombinierte Ableitung (Bell et al., 2013).

In Inventaren, die auf Archivdaten beruhen, sind in den meisten Fällen nur jene Ereignisse erfasst, die einen Schaden verursacht haben; auch die Verortung bezieht sich in vielen Fällen auf das beschädigte Objekt. Massenbewegungen in nicht bzw. in gering besiedelten Gebieten ohne nennenswerten Schaden (beispielsweise in Gebirgsregionen oder in Waldgebieten) finden im Regelfall keinen Eingang. Auch der für die Dispositionsmodellierung entscheidende Ausgangspunkt einer Massenbewegung sowie nähere

Angaben zum Prozesstyp werden in vielen Fällen nicht erfasst. Für eine verlässliche Modellierung ist es daher erforderlich, die in den Inventaren verzeichneten Ereignisse kritisch zu sichten. In der Steiermark wird von der Abteilung für Wasserwirtschaft, Ressourcen und Nachhaltigkeit des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung ein digitaler Rutschungskataster (RUKAT) geführt. Er enthält auch Informationen über durchgeführte Sanierungs- und Ausbaumaßnahmen. Dieser Kataster konnte durch weitere am Amt der Steiermärkischen Landesregierung aufliegende Daten ergänzt werden.

In-situ Erhebungen (Geländekartierungen) enthalten meist detaillierte Informationen über den Prozesstyp und in vielen Fällen auch über den Zeitpunkt des Ereignisses und den Ereignisauslöser (z.B. Starkniederschlag). Aufgrund des hohen Zeit- und Ressourcenaufwandes für derartige Kartierungen liegen sie allerdings nur für ausgewählte Bearbeitungsgebiete vor (z.B. Raum Feldbach, Gemeinden Gasen und Haslau im Bezirk Weiz, Nördliche Schladminger Tauern) und erfüllen damit nicht den Anspruch der Repräsentativität für die Modellierung. Speziell für die Ergebnisvalidierung und -verifizierung stellen Ergebnisse von In-situ Erhebungen aber eine äußerst wertvolle Datengrundlage dar.

Im Zusammenhang mit Fernerkundungsdaten stellen vor allem die seit dem Jahr 2014 flächendeckend für die Steiermark vorliegenden Airborne Laserscan (ALS)-Daten eine räumlich hochauflösende Grundlage für die Lokalisierung von Rutschbereichen (vor allem von tiefgründigen Rutschungen) dar. Die Durchdringung des Laser-Impulses erlaubt dabei auch eine exakte Abbildung des Bodens in Gebieten mit hoher Vegetationsdichte. Je jünger und aktiver eine Massenbewegung ist, desto deutlicher sind die von ihr hervorgerufenen Formen im Gelände und in den ALS-Daten zu erkennen. Diese Formen werden

durch Erosion und anthropogenen Einfluss zunehmend überprägt. In der Praxis der Erstellung von Inventaren gravitativer Massenbewegungen zeigt sich, dass insbesondere Ereignisse, die im Bereich von landwirtschaftlich genutzten Flächen auftreten, sehr schnell durch anthropogene Tätigkeiten unkenntlich gemacht werden (Bell et al., 2013, Tilch et al., 2011). Flachgründige Rutschungen können in erster Linie auf Basis von Orthofo-

tos mit hoher räumlicher Auflösung identifiziert werden, wobei hier der Aufnahmezeitpunkt im Verhältnis zum prozessauslösenden Ereignis als Zufallsfaktor eine noch größere Rolle spielt, da sich die Vegetationsdecke nach derartigen Prozessen mit Ausnahme sehr hoch gelegener Gebiete im Normalfall rasch wieder schließt.

Um sowohl in bewaldeten, nicht bewaldeten als auch in stark anthropogen überprägten

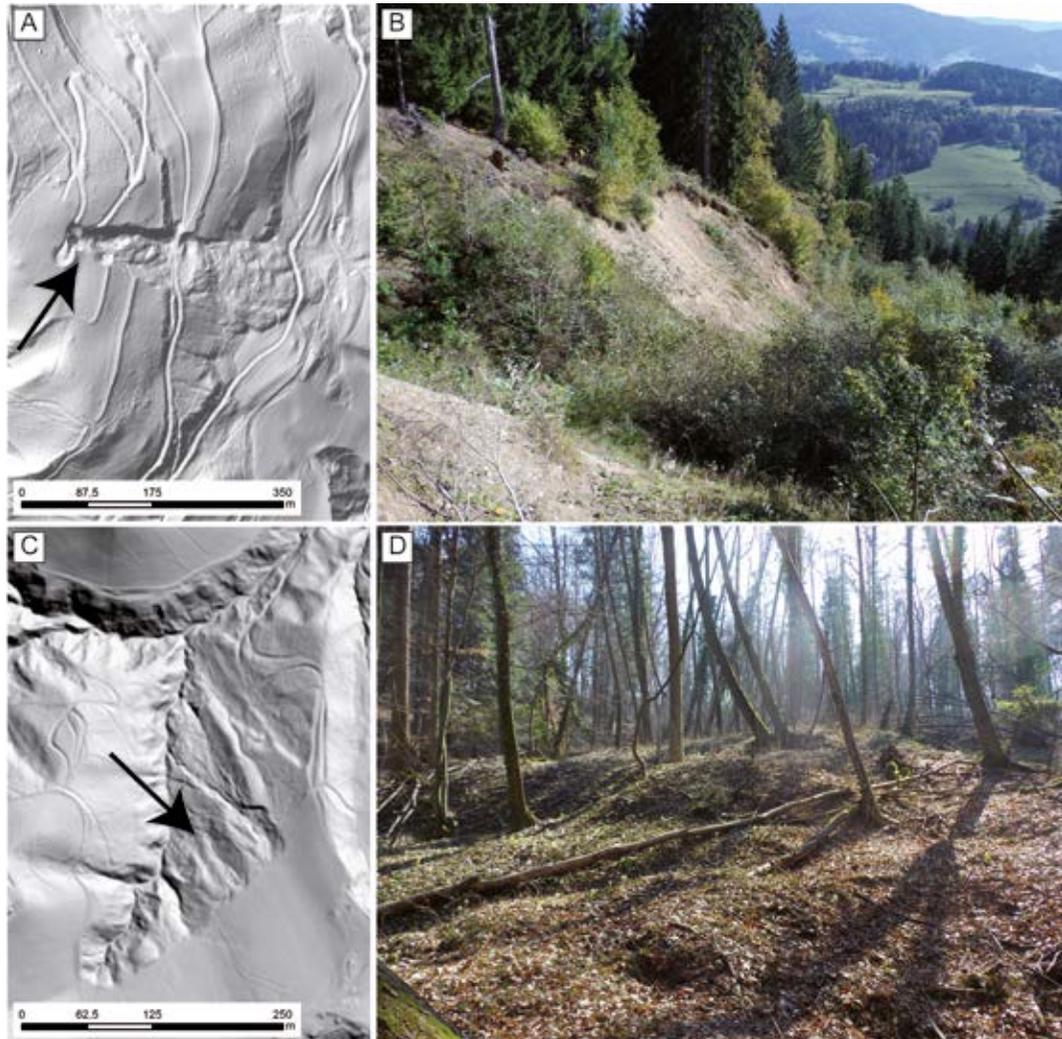


Abb. 2: Beispiele für Massenbewegungen der Klasse 1 (A, B), bzw. Klasse 2 (C, D): geschummertes Relief (ALS-Daten) und Geländesituation

Fig. 2: Examples of landslides of class 1 (A, B) and class 2 (C, D) respectively: ALS hillshade and field situation

Gebieten ein repräsentatives Ereignisinventar zu erhalten, erweist sich die Kombination aus Archivdaten mit der visuellen Auswertung von Fernerkundungsdaten (ALS-Daten, Orthofotos) und einer stichprobenartigen Geländeverifizierung als ideale Methode. Das für dieses Projekt erstellte Inventar wurde nach einer derartigen kombinierten Ableitung erstellt. Durch die visuelle Auswertung der ALS-Daten konnten über 19.000 Hinweise auf tiefgründige Massenbewegungen identifiziert werden. Die Hinweise umfassen dabei prozessstypische geomorphologische Strukturen wie Anrisskanten, zerstörte lineare Elemente (Wege, Hangkanten) in der Transportzone und Materialakkumulationen im Ablagerungsbereich. Diese Daten wurden durch die RUKAT-Daten ergänzt.

Die identifizierten Massenbewegungen wurden je nach Vorhandensein und Ausprägung der erkennbaren geomorphologischen Strukturen in eine der beiden folgenden Klassen eingeteilt: Klasse 1: eindeutige gravitative Massenbewegung: deutlicher Anriss und zerstörte lineare Elemente in der Transportzone und/oder deutliche Materialakkumulation (Abb. 2, A, B) Klasse 2: wahrscheinliche gravitative Massenbewegung: undeutlicher Anriss, keine zerstörten linearen Elemente in der Transportzone, undeutliche oder fehlende Materialakkumulation (Abb. 2, C, D)

Seit dem Jahr 2014 liegt für das Bundesland Steiermark flächendeckend ein Geländemodell in einem 1m-Raster auf Basis von ALS-Daten vor. Aus diesen Daten wurden die folgenden prozessrelevanten Einflussparameter berechnet:

- Hangneigung
- Hangexposition
- Hangkrümmung (gesamt, vertikal, horizontal)
- Fließakkumulation (Einzugsgebietsgröße)
- Klassifikation der Landformen
- Topographischer Positions-Index (TPI)

Weiters ist für das gesamte Untersuchungsgebiet im GIS Steiermark eine digitale geologische Karte mit einer Bezugsmaßstabsebene von 1:50.000 vorhanden. Tatsächlich ist der Kartierungsstand aber sehr uneinheitlich, da qualitativ sehr unterschiedliche Kartengrundlagen für die Erstellung dieses Datensatzes verwendet wurden. Für die Modellierung der Gefährdung durch Massenbewegungen stellt die digitale geologische Karte in Teilbereichen eine unzureichende Basis dar, da die elementaren Qualitätskriterien nicht erfüllt sind. Insbesondere die Abgrenzung der quartären Lockersedimente (v.a. Talalluvionen) erweist sich als problematisch und teilweise inkompatibel mit den hochauflösenden ALS-Daten. Bei einer Verschneidung der Datensätze zeigt sich, dass Talalluvionen nicht nur in den flachen Talböden ausgewiesen sind, sondern auch in steilen Hangbereichen (Abb. 3). Um einen daraus resultierenden, falschen statistischen Zusammenhang auszuschließen, wurden nach einem von AIT (Austrian Institute of Technology, Health & Environment Department) im Rahmen des Projekts MoNOE (Bell et al., 2013) entwickelten Verfahren diese Lageungenauigkeiten der Talalluvionen korrigiert. Neben den ALS-Daten diente die Lockergesteinskarte der Geologischen Bundesanstalt als Basisdatensatz für diese Korrektur. Durch die teilweise großzügig generalisierten Talalluvionen der digitalen geologischen Karte entstanden Lücken, in denen nun keine geologischen Informationen mehr vorhanden waren. Diese mussten für einen flächendeckenden Layer automatisiert gefüllt werden. Dazu wurden die geologischen Karten in ein Raster mit der Auflösung der Modellierung überführt. Die Rasterzellen ohne geologische Information wurden dann mit den Werten jener unmittelbar angrenzenden geologischen Körper befüllt, die nicht zu den "Talalluvionen" gehören und orografisch höher liegen.

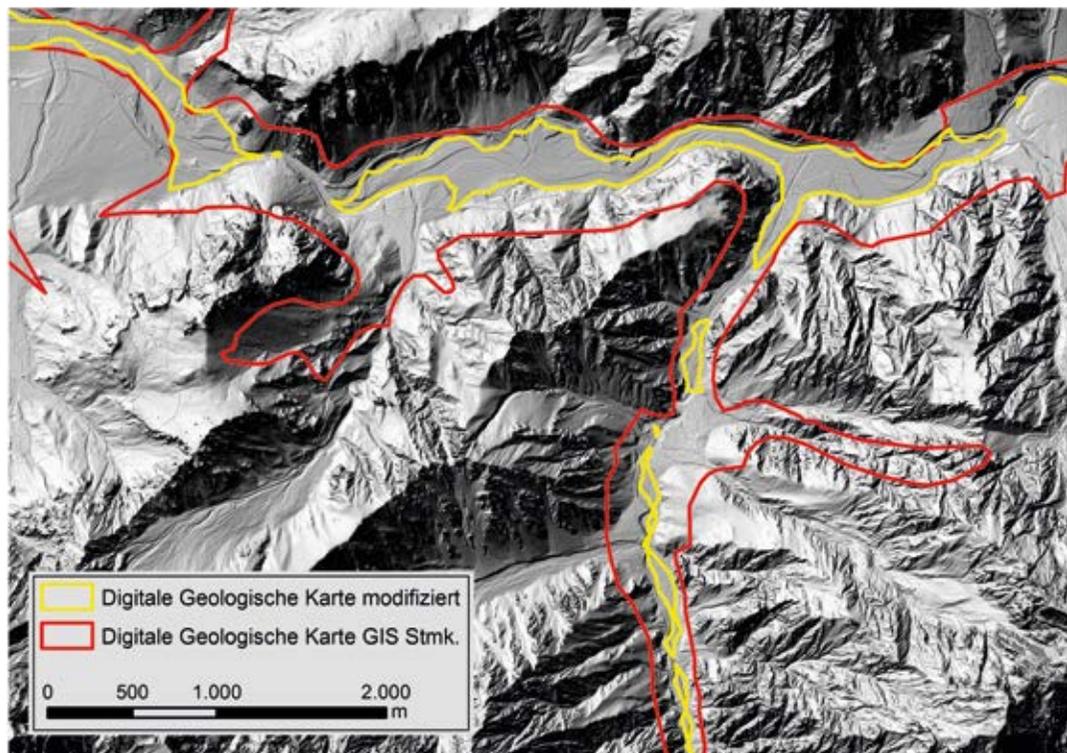


Abb. 3: Ergebnis der Korrektur der Talalluvionen anhand eines Beispiels aus dem Ennstal

Fig. 3: Result of the revision of alluvial sediments by means of an example from the Enns valley

Um prozessrelevante Zusammenhänge analysieren zu können, wurden die lithologischen Einheiten zu 16 geotechnisch-lithologischen Einheiten zusammengefasst.

Neben der Erstellung der Gefahrenhinweiskarten wurden im Rahmen des gegenständlichen Projekts bei JOANNEUM RESEARCH forstwirtschaftliche Parameter aus ALS- und Satellitendaten abgeleitet. Diese umfassen (a) die Baumartenverteilung, (b) den Deckungsgrad, (c) die mittlere Baumhöhe und Oberhöhe, (d) die Entwicklungsstufe, (e) die vertikale Bestandesstruktur (jeweils auf Bestandesbasis) sowie (f) Lücken im Wald. Daraus abgeleitete und vereinfachte Kenngrößen wurden als Parameter in die Modellierung einbezogen. Zusätzlich wurde außerhalb der Waldflächen eine Klassifizierung der Landbe-

deckung vorgenommen, die zu einer Differenzierung der Klassen (a) Wiesen und Äcker (b) Wasserflächen, (c) Siedlungen und versiegelte Flächen sowie (d) Schuttfächen führte.

Im Rahmen eines bereits abgeschlossenen Projekts wurde für die Steiermark flächendeckend das Forststraßennetz, das eine Gesamtlänge von über 46.000 km aufweist, erfasst, und so aufbereitet, dass die Daten mit den bereits vorliegenden Daten des öffentlichen Verkehrsnetzes in der Graphen-Integrations-Plattform (GIP) verknüpft werden können. (Gallaun et al., 2014). Die Ableitung erfolgte teilautomatisiert auf Basis von ALS-Daten und Orthofotos. Das Wegenetz erweist sich vor allem im Hinblick auf die Auslösung von flachgründigen Rutschungen als wichtiger Einflussparameter.

Modellierungsmethodik

Bei der Auswahl der Methode für die Modellierung der Disposition für Massenbewegungen ist zu beachten, dass der Überbegriff „Rutschung“ ein breites Spektrum sehr unterschiedlicher Prozesse, die von sehr langsamen und tiefgründigen komplexen Kriechbewegungen bis hin zu sehr rasch ablaufenden flachgründigen Translationsrutschungen und Hangmuren reichen, beinhaltet (z.B. Cruden et al., 1996). Die relevanten Einflussparameter und Prozesszusammenhänge sind ebenso unterschiedlich wie die Auswirkungen dieser Prozesse. Eine differenzierte Vorgangsweise für tief- und flachgründige Prozesse ist daher jedenfalls erforderlich.

Für die Erstellung der Gefahrenhinweiskarte für den Prozess „tiefgründige Rutschung“ wurde ein statistischer Ansatz gewählt. Statistische Methoden ermöglichen derzeit die größtmögliche Objektivität in der Gefahrenanalyse im Zusammenhang mit Massenbewegungen, da die Einflussfaktoren für Hanginstabilitäten und deren Beziehungen auf der Basis von statistischen Modellen evaluiert werden können (Carrara et al., 1999; Chung et al., 2003; Van Westen, 2006). Das grundlegende Prinzip einer statistischen Modellierung ist die Annahme, dass zukünftige Massenbewegungen am wahrscheinlichsten unter jenen Rahmenbedingungen auftreten werden, die vergangene und gegenwärtige Instabilitäten bewirkt haben. Dies geschieht durch eine Analyse des statistischen Zusammenhanges einer abhängigen Zielvariablen (Auftreten von Massenbewegungen) mit einem Satz an unabhängigen (erklärenden) Variablen. Als solche dienen morphometrische Kenngrößen (z.B.: Hangneigung, Hangkrümmung), Geologie, Landbedeckung etc. Die Auswahl der geeigneten statistischen Methode hängt von der Art der Zielvariablen und der erklärenden Variablen, dem vermuteten funktionalen Zusam-

menhang und den statistischen Charakteristika der Fehlerkomponente ab (Brenning, 2005).

Bei der Auswahl der für die Modellierung verwendeten erklärenden Variablen ist es wesentlich, dass nur voneinander unabhängige Parameter einfließen sollen. Dies ist in der Praxis oft mit Schwierigkeiten verbunden, weil die meisten der in Frage kommenden Einflussparameter mehr oder weniger große interne Korrelationen aufweisen.

Der Vorteil der hier zur Anwendung gebrachten, multiplen logistischen Regression liegt in der Möglichkeit, kontinuierliche, binäre und kategoriale Variablen gleichzeitig zu verwenden. Bei einem Methodenvergleich statistischer Modelle (Neuronale Netze, Logistische Regression, Weight of Evidence) für die Gemeinde Gasen/Haslau (Bezirk Weiz), erwies sich der Ausgabewert der multiplen logistischen Regression als sehr stabil (Tilch et al., 2011).

Für den Prozess „flachgründige Rutschungen“ liegen nur in Ausnahmefällen (wie z.B. in den Gemeinden Gasen und Haslau [Bezirk Weiz] nach dem Starkregenereignis im Jahr 2005; siehe Ribitsch et al., 2009) flächendeckende und repräsentative Ereignisinventare vor. Eine exakte Identifizierung und Lokalisierung flachgründiger Rutschungen auf Basis von ALS-Daten (1 x 1m Auflösung) ist in der Regel ebenfalls nicht möglich. Für diesen Prozess wurde daher ein methodischer Ansatz gewählt, der deterministische und statistische Modellierungen kombiniert und im Zuge des Projekts „LISA2 (Land Information System Austria; Susceptibility Mapping)“ entwickelt worden ist (Bauer et al., 2012). Deterministische Analysen basieren auf physikalischen Gesetzmäßigkeiten, welche die Hangstabilität berechnen. Für Aussagen über die Stabilität von flachgründigen Translationsrutschungen steht das Infinite Slope Modell zur Verfügung, das auch für einen großräumigen Einsatz geeignet ist (Montgomery et al., 1994; Pack et al., 1998). Für die

ausschließliche Erstellung von Gefahrenhinweiskarten für flachgründige Rutschungen ist das Infinite Slope Modell allerdings nicht geeignet, da die Informationslage dafür nicht ausreichend ist. Deterministische Modellierungsmethoden werden in diesem methodischen Ansatz daher unter Verwendung der vorhandenen Datenquellen (vor allem geotechnische Parameter wie Kohäsion und Reibungswinkel) für die Ableitung eines „hypothetischen“ Rutschungsinventars als Trainingsda-

tenersatz abgeleitet. Die anschließende statistische Modellierung der Disposition für die Auslösung von flachgründigen Rutschungen berücksichtigt die Einflussfaktoren Landbedeckung, relevante Forstparameter, Wegenetz, Tektonik, Lithologie, Hangneigung, Hangkrümmung und Abflussdisposition und bedient sich wiederum der Methode der logistischen Regression. Die Modellierung wurde für jede der 16 geotechnisch-lithologische Großeinheiten eigenständig durchgeführt. Die Veri-

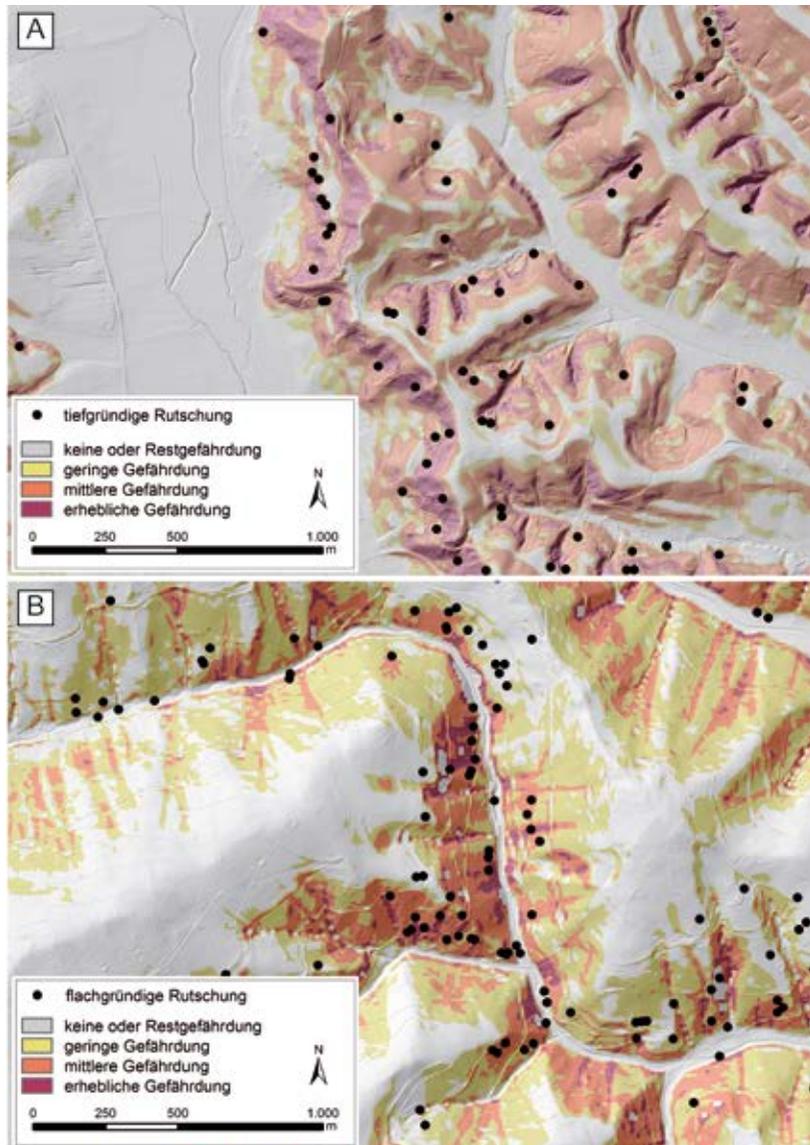


Abb. 4: Ausschnitte aus den Gefahrenhinweiskarten für tiefgründige Rutschungen aus dem Bezirk Südoststeiermark (A) und für flachgründige Rutschungen aus dem Bezirk Weiz (B)

Fig. 4: Details of the indicative hazard maps for deep seated landslides in the District Southeast Styria (A) and for shallow landslides in the District Weiz (B)

fizierung der Ergebnisse erfolgt durch Geländebegleichen, Orthofotos und über die Auswertung des Laserscan-Geländemodells.

In einer weiteren Projektphase ist eine Ausbreitungsmodellierung mit Ausweisung der Wirkungsräume für flachgründige Rutschungen und Hangmuren geplant.

Ergebnisse

Als Ergebnis liegen ab Mitte 2015 für die gesamte Fläche des Bundeslandes Steiermark Karten in einem 10 x 10 m – Raster für die Prozesse

- tiefgründige Rutschungen (siehe Abb. 4A)
- flachgründige Rutschungen (siehe Abb. 4B)
- Steinschlag und Felssturz

vor. Die folgenden vier Gefährdungsklassen werden ausgewiesen:

1. keine oder Restgefährdung
2. geringe Gefährdung
3. mittlere Gefährdung
4. erhebliche Gefährdung

Diese Legende folgt den Schweizer Empfehlungen für Raumplanung und Naturgefahren (herausgegeben von den Bundesämtern für Raumentwicklung, für Wasser und Geologie und für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern 2005) für Gefahrenkarten.

Schlussfolgerungen

Naturgefahrenhinweiskarten können wesentlich dazu beitragen, potenziell gefährdete Gebiete flächendeckend zu erfassen und darauf basierend bei korrekter Anwendung der Karten erfolgreich zukünftige Risiken und Schäden zu minimieren oder zu vermeiden. Aufgrund der Bearbeitungsmethode darf eine Gefahrenhinweiskarte nicht parzellenscharf interpretiert werden. Ihre Aussage beschränkt sich auf den Maßstab 1:25.000. Auch eine stärkere Vergrößerung ändert nichts an der Aussagekraft.

Bei der Erstellung von Naturgefahrenhinweiskarten ist besonderes Augenmerk auf die Verwendung aktueller und verlässlicher Datengrundlagen sowie deren Bezug zum jeweils betrachteten Prozess zu legen. Die Modellierung darf nur auf Grundlage seriöser und nachvollziehbarer Methoden erfolgen und muss auf jeden Fall durch eine Validierung der Ergebnisse abgesichert sein.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Mag. Herwig Proske
JOANNEUM RESEARCH
Inst. für Informations- und
Kommunikationstechnologien
Steyrergasse 17
8010 Graz
herwig.proske@joanneum.at

Dr. Christian Bauer
JOANNEUM RESEARCH
Inst. für Informations- und
Kommunikationstechnologien
Steyrergasse 17
8010 Graz
christian.bauer@joanneum.at

Literatur / References:

- BAUER, C., PROSKE H. (2012). Ableitung potenziell instabiler Bereiche als statistische Modellierung ohne Ereignisinventar - Fallstudie Gasen (Österreich). Poster im Rahmen von Pangeo Austria, 15.-20.9.2012, Salzburg.
- BELL R., PETSCHKO H., PROSKE H., LEOPOLD P., HEISS G., BAUER C., GOETZ J., GRANICA K., GLADE T. (2013). Methodenentwicklung zur Gefährdungsmodellierung von Massenbewegungen in Niederösterreich – MoNOE, Unveröff. Endbericht. Wien.
- BRENNING A. (2005). Spatial prediction models for landslide hazards: review, comparison and evaluation. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5: 853-862.
- BUNDESAMT für Raumentwicklung, Bundesamt für Wasser und Geologie, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (ed.) (2005). Empfehlung Raumplanung und Naturgefahren. Bern.
- CARRARA A., GUZZETTI F., CARDINALI M., REICHENBACH P. (1999). Use of GIS technology in the prediction and monitoring of landslide hazard. *Natural Hazards Review*, 20 (2-3), Special Issue on "Techniques and tools for mapping natural hazards and risk impact: 117-135.
- CHUNG C.J., FABBRI A.G. (2003). Validation of spatial prediction models for landslide hazard mapping. *Natural Hazards*, 30: 451-472.

CRUDEN D.M., VARNES D.J. (1996). Landslide types and processes. In: Turner A.K., Schuster R.L. (ed.), Landslides: investigation and mitigation. Special Report. National Academy Press: 36-75.

GALLAUN H., ARZBERGER P., STEINEGGER M. (2014). Ableitung des Forststraßennetzes der Steiermark.- Unveröff. Endbericht, JOANNEUM RESERACH, Graz.

MONTGOMERY D.R., DIETRICH W.E. (1994). A physically based model for the Topographic control on shallow landsliding. Water Resources Research, 30(4): 1153-1171.

PACK R.T., TARBOTON D.G., GOODWIN C.N. (1998). The SINMAP Approach to Terrain Stability Mapping. 8th Congress of the International Association of Engineering Geology, Vancouver.

RIBITSCH R., HERMANN S. (2009). Georisikokartierungen im Rahmen der Gefahrenzonenplanung – Beispiele aus der Gemeinde Gasen, Oststeiermark. Wildbach- und Lawinenverbau, 73. Jg., Nr. 160: 72-83.

TILCH N., AUST G., BAUER CH., FROMM R., GRANICA K., HAGEN K., HAIDEN TH., HERZBERGER E., KLEB U., KLEBINDER K., KORNBURGER B., PERZL F., PISTOTNIK G., PROSKE H., SCHWARZ L. (2011). AdaptSlide - Modelling of Landslide Susceptibility and affected Areas – Process-specific Validation of Databases, Methods and Results for the Communities of Gasen and Haslau. Unveröff. Endbericht, GBA Wien.

VAN WESTEN C.J., VAN ASCH TH.W.J., SOETERS R. (2006). Landslide hazard and risk zonation : why is it still so difficult? Bulletin of Engineering Geology and the Environment IAEG, 65 (2006)2: 167-184.



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>

INGENIEURBÜRO FÜR NATURGEFAHRENMANAGEMENT

Analysen
Planungen
Baubegleitung
Beratung und Gutachten



DI Herzog-Odilo-Straße 1/1
5310 Mondsee
CHRISTOPH SKOLAUT T: +43 660 3624341
E: christoph@skolaut.at

www.skolaut.at



Erd-, Kanal-, Kabel- und Straßenbau,
Transportdienstleistungen
und Straßendurchpressungen



**KONRAD
STADELMANN
BAU GMBH & CO KG**

Mähmoos 174
6952 Sibratsgfall
Tel. 05513 6839
Fax: 05513 6839-4



- 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

moser – jaritz + partner

Moser-Jaritz+Partner Ziviltechniker GmbH
Ingenieurkonsulenten
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

MICHAEL SCHIFFER, CHRISTIAN PÜRSTINGER

Blockschlag Obertraun

Rockfall Obertraun

Zusammenfassung:

Am 12.8.2014 um 0:30 Uhr ereignete sich im Gemeindegebiet von Obertraun, Bezirk Gmunden (OÖ) ein Blockschlag, der ein mit 11 Personen besetztes Wohnhaus durchschlug und stark beschädigte. Wie durch ein Wunder gab es keine Opfer zu beklagen. Lediglich eine Person musste mit leichten Verletzungen ärztlich behandelt werden. Das gegenständliche Ereignis führt einmal mehr die menschliche Verletzlichkeit in derart exponierten, stark steinschlaggefährdeten Naturräumen deutlich vor Augen.

Stichwörter:

Blockschlag, Ereignisdokumentation, Monitoring und Frühwarnung, Maßnahmenkonzept

Abstract:

In the municipality of Obertraun, district Gmunden (Upper Austria), a block fall event occurred, on August 12th 2014 at 00:30 am and it hit a residential building with 11 people inside causing enormous damages. It's close to a miracle that only one person suffered minor injuries and no-one died. This event once again shows impressively human vulnerability living in rockfall exposed and endangered areas.

Keywords:

Rockfall, event documentation, monitoring and warning alert, protection measures

Einleitung

Am 12. August 2014 gegen 0:30 Uhr löste sich aus der sog. "Fleischhackerwand" (Einzugsgebiet des Goldbachs) oberhalb des Anwesens Obertraun Nr. 3 ein rd. 4,0 m hohes Gesteinspaket mit einer Gesamtkubatur von rund 20 m³, prallte auf den darunterliegenden Felsvorsprung, zerbrach in

mehrere Teile und zerstörte teilweise das 300 Jahre alte Anwesen. Der größte Einzelblock mit einem Gewicht von ca. 26 t wies dabei eine Abmessung von 2,0 x 2,0 x 2,5 m auf (V = 10 m³). Zum Zeitpunkt des Ereignisses hielten sich hier 11 Personen auf. In dem völlig zerstörten Schlafraum beim alten Wohnhaus Obertraun Nr. 3 befand sich zum Zeitpunkt des Einschlages eine Person, welche leicht verletzt aus den Trümmern gerettet werden konnte.

Abb. 1:
Durch Blockschlag teilweise zerstörtes Anwesen Obertraun Nr. 3; Ansicht von vorne (© die.wildbach, GBL OÖ. West)

Fig. 1:
Front view of the building Obertraun 3, hit by block fall and partially destroyed



Die sogenannte „Fleischhackerwand“ aus der sich der Blockschlag ereignete, ist eine rd. 30 bis 50 m über den Talboden aufragende Felsformation am Fuße des sog. Wehrkogels, die aus gebanktem Dachsteinkalk aufgebaut ist. Verwitterungsanfällige Zwischenlagen machen aus den, an sich massigen Kalken an freistehenden Felswänden bei entsprechend ungünstigem Kluftkörpergefüge mitunter weitreichende Gefahrenherde.

Stand der Gefahrenzonenplanung

Der gegenständliche Bereich wurde bereits im Zuge der Gefahrenzonenplan-Erstellung (1975) als Brauner Hinweisbereich (Signatur „St“ = Steinschlag) ausgewiesen. Im Zuge der 1. Revision 2012 wurde diese Ausweisung bestätigt.

Der gegenständliche Geländeabschnitt ist seit alters her besiedelt und wurde auch schon vor 1975 bis unmittelbar an die Felswand heranreichend mit Gebäuden bebaut. In der Gemeindecronik die bis ins 17. Jhd. zurückreicht sind keine Hinweise auf derartig schwere Beeinträchtigungen, wie zuletzt aufgetreten vorhanden. Lediglich kleinere Wandabbrüche und Abgrusungen wurden verzeichnet. Seitens der beigezogenen Geologen wurde das Ereignis vom 12.8.2014 als „höhere Gewalt“ eingestuft und als Auslöser die vorangegangenen, langanhaltenden Niederschläge und damit einhergehender Kluftwasserüberdruck festgestellt.

Als zusätzliche langfristige Faktoren dürften aber auch der zunehmende Bewuchs an der Stirnseite der Felswand mit entsprechender Infiltrationswirkung, Wurzeldruck und Hebelwirkungen bei Windangriffen sowie die seit 1999 festzustellende Intensivierung des Niederschlagsgeschehens im Bereich des Inneren Salzkammergutes eine Rolle gespielt haben.

Ereignisdokumentation

Unmittelbar nach Ereigniseintritt wurde seitens der Wildbach- und Lawinerverbauung, Gebietsbauleitung Oberösterreich West eine umfassende Ereignisdokumentation durchgeführt und eine entsprechende Meldung im Ereignisportal des WLK erstellt. Neben einer ausführlichen Chronikrecherche und einer Augenzeugenbefragung wurden vor Ort sämtliche vorgefundene Blockkomponenten detailliert vermessen, die einzelnen Trajektorien samt Gefällsverhältnissen bestimmt und alle Einschlagmarken erhoben. Abschließend wurde das Ereignis einer Intensitätsklasse zugeordnet und mittels des Simulationsprogramms ROCKFALL 6.1 (Spang, 2001) versucht, das Ereignis nachzurechnen.

Eine Rekonstruktion des Ereignisses ergab folgendes Bild: Der Felsblock mit einer Gesamtkubatur von rund 20 m³ prallte auf einen darunterliegenden Felsvorsprung und zerbrach dabei in mehrere Teile. Der größte Einzelblock mit einer Kubatur von 10 m³ drang sodann beim alten Wohnhaus im westlichen Obergeschoß ein und zerstörte dieses zur Gänze. Weiters wurde der darunter liegende Schlafrum ebenfalls zur Gänze zerstört und der Block drang noch durch die starke Außenmauer (Steinbauweise) bis auf die südlich vor dem Wohnhaus gelegen Terrasse, auf der er dann liegen blieb. Ein Block mit einer Kubatur von ca. 1,7 m³ spaltete sich beim Auftreffen auf das Obergeschoß ab, durchschlug die Mauerbank des westlich angrenzenden Zwischengebäudes und blieb dann ebenfalls auf der Terrasse vor dem Gebäude liegen. Weitere Gesteinsblöcke spalteten sich bereits am Felsvorsprung oberhalb des Wohnhauses ab und schlugen in das Dach des Zwischengebäudes ein. 1 Einzelblock (V = 0,6 m³) wurde nach Westen abgelenkt, durchschlug den Dachvorsprung des neueren, angrenzenden

Wohnhauses und stürzte von hier im freien Fall auf das Dach des Zwischengebäudes. Weiters drangen 3 Gesteinsblöcke im hangseitigen, östlichen Bereich des Zwischengebäudes bis ins Erdgeschoß vor (Dachkonstruktion völlig zerstört!). Der größte der Blöcke hat eine Masse von ca. 3,0 m³. Durch den Aufprall der Felsbrocken wurden Dach- und Mauerteile in Richtung einer angrenzenden Bauparzelle geschleudert. Am Nebengebäude auf dieser Parzelle konnten noch in einer Höhe von 1,75 m - 2,80 m über GOK Einschlagmarken an der Hauswand festgestellt werden. Weiters wurden auf dem südlich vorgelagerten Parkplatz des Wohnhauses 1 PKW total zerstört sowie zwei weitere PKW beschädigt. Unter den

11 Personen, welche sich zum Ereigniszeitpunkt im Gefährdungsbereich aufhielten, wurde 1 Person in dem völlig zerstörten Schlafrum beim alten Wohnhaus Obertraun Nr. 3 leicht verletzt (Schulterluxation, Schnittwunden). Sie wurde ins Krankenhaus Bad Ischl abtransportiert und hier ärztlich versorgt.

Eine Rückrechnung des Ereignisses ergab eine Energie von 8.000 kJ und das Ereignis wurde hinsichtlich der Blockgröße und der Schadenswirkung als „Extrem“ eingestuft.

Einen Überblick über den Ablösebereich, die durchgeführte Ereignisdokumentation sowie die Zerstörungen im Gebäudeinneren geben Abb. 2, Abb. 3 sowie Abb. 4.



Abb. 2: Ablösebereich des Blockschlages (© die.wildbach, GBL OÖ. West)

Fig. 2: Block fall source area

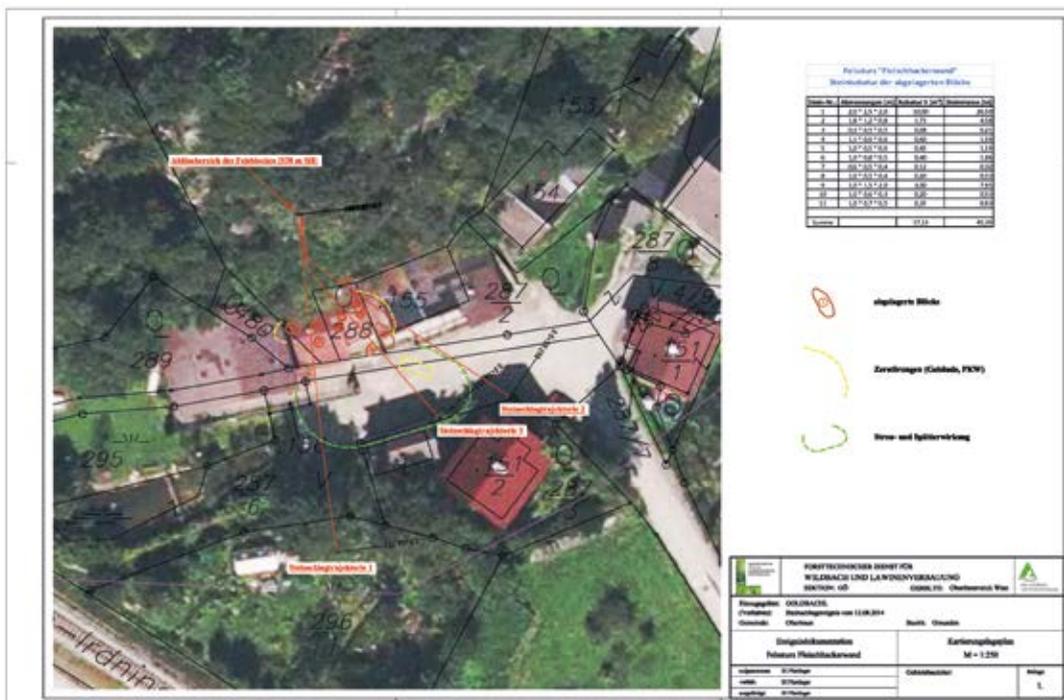


Abb. 3: Kartierungslageplan mit Schlagmarken und tabellarischer Auflistung der Abmessungen der abgelagerten Einzelblöcke (© die.wildbach, GBL OÖ. West)

Fig. 3: Map of event documentation for rockfall activity and table of deposited block sizes.



Abb. 4: Zerstörungen im Gebäudeinneren (© die.wildbach, GBL OÖ. West)

Fig. 4: Damages inside of a residential building caused by rockfall

Geplante Maßnahmen

Seitens der Gemeinde Obertraun wurde zur Behebung der eingetretenen Schäden und zur Herstellung eines entsprechenden Schutzes für den gefährdeten Siedlungsbereich beim Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung, Gebietsbauleitung OÖ West ein Antrag auf Durchführung von Sofortmaßnahmen eingebracht.

Monitoring und Frühwarnung

Im Zuge der Projektsausarbeitung wurden einschlägige geologische und geologisch-geotechnische Grundlagenerhebungen durchgeführt und ein Monitoringsystem mit 4 Fissurometern (MOSES) mit dem Ziel der Beobachtung der Riss- und Wandentwicklung sowie für Frühwarnzwecke installiert.

Maßnahmenkonzept

Das ausgearbeitete Sanierungskonzept sieht neben der Baustelleneinrichtung den Abtrag des stark beschädigten und aufgrund der vorhandenen naturräumlichen Verhältnisse nicht mit vertretbaren, öffentlichen Mitteln sicherbaren Gebäudeteiles des Wohnhauses Obertraun Nr. 3 vor. Zusätzlich soll ein weiteres stark gefährdetes Gebäude und zwei weitere Nebengebäude abgetragen und aus den verwertbaren Restmassen ein Steinschlagschutzdamm samt Fallboden zum Schutz der umliegenden Wohnhäuser vor weiteren Sturzprozessen errichtet werden.

Der westliche Trakt des bestehenden Wohnhauses soll erhalten und entsprechend dem Stand der Technik abgesichert werden. Zum einen sollen drohende Steinschläge durch die Anbringung einer klassischen Steinschlagschutzverbau-

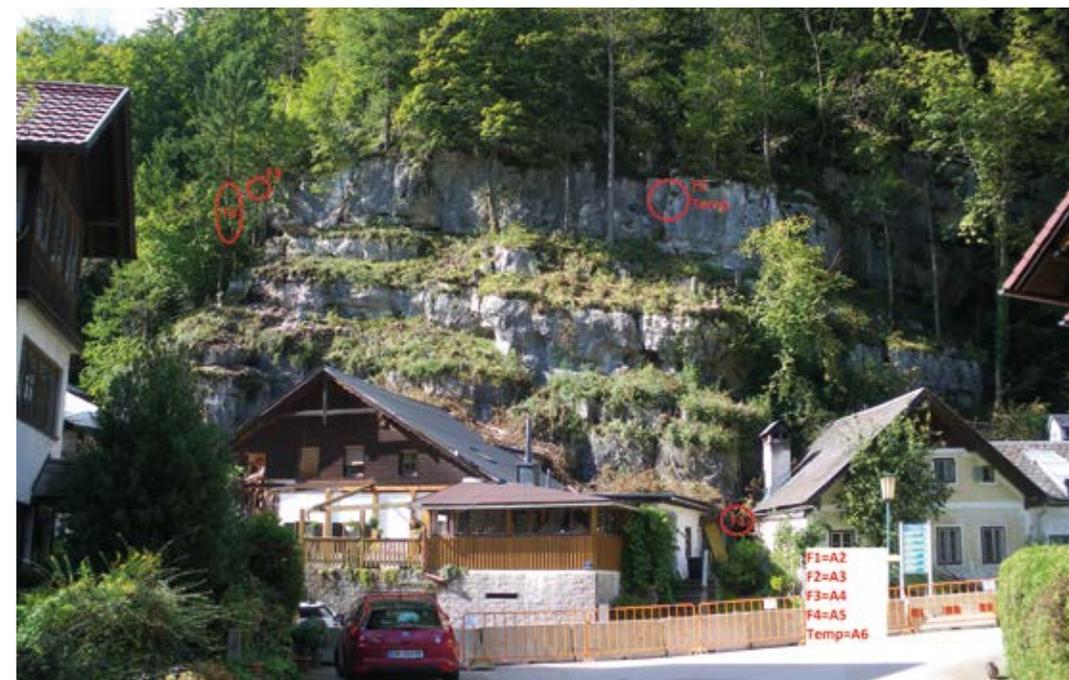


Abb. 5: Fissurometer der Fa. Sommer; Ansicht von vorne.

Fig. 5: Fissurometer of the Company Sommer Messtechnik, front view

ung aus Drahtseilnetzwerken vom zu erhaltenden Gebäudeteil abgehalten werden, zum anderen gilt es durch die Anbringung von Stahlbetonfüllungen die unterschneidenden Verwitterungen der labilen Zwischenlagen zu unterbinden und den darüber lagernden Schichtköpfen Halt zu geben. Entsprechende Drainagen sollen dabei das freie Ausfließen von Kluftwasser sicherstellen. Zusätzlich soll lokal durch Vernetzungen der Absturz prädisponierter Wandelemente verhindert werden. Der Ausbau eines bestehenden Wanderweges zu einer Aufschließungsstraße soll die Zugänglichkeit zur oberen Wandkante sicherstellen.

Rechtliche Probleme

Neben einer noch nicht abgeschlossenen Übergabe der ursprünglichen Grundeigentümer an die Rechtsnachfolger traten Probleme mit der vorhandenen Gebäudeversicherung auf (keine Leistung bei Abbruch des versicherten Gebäudes und Rückwidmung von Wohngebiet in Grünland bzw. Wald). Die seitens der Grundeigentümer hinzugezogenen Rechtsanwälte brachten zusätzlich mögliche Haftungsansprüche der Liegenschaftseigentümer gegenüber der Gemeinde ins Spiel (offensichtlich keine vorhandene Baulandeignung), sodass vor der Setzung von Maßnahmen aktuell noch rechtlicher Abklärungsbedarf besteht.

Künftige Vorgangsweise – strategische Ausrichtung

Um künftig auch in derart gefahrenexponierten Talschaften wie z.B. im Großraum Obertraun/Hallstatt Personen und Sachschäden so gering wie möglich zu halten, werden aktuell umfassende Gefahrenanalysen nach neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen durchgeführt und sollen künftig nach erprobten Standards in Form von aktualisierten Gefahrenzonenplänen die fachlichen Grundlagen für die politischen Entscheidungen

über die künftige Raumnutzung liefern. Dabei gilt es ein ausgewogenes Maß an sicherheitsbehördlicher Verantwortung und Eigenverantwortung der Raumnutzer (Einheimische, einschlägige Anbieter und deren Kunden) zu finden und entsprechende rechtlich verbindliche Rahmenbedingungen festzulegen. Ein verantwortungsbewusstes Steuern im Bereich der Raumordnung und des Sicherheitswesens sowie umfassende Schutzkonzepte am Stand der Technik in Kombination mit einer offenen Kommunikation über vorhandene, beherrschbare und verbleibende naturräumliche Risiken und Gefahren unter Einbeziehung möglichst aller Interessensgruppen soll in vorhandenen Risikogebieten die Zukunft bestmöglich sichern.

Anschrift der Verfasser / Authors' adresses:

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

DI Christian Pürstinger
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Oberösterreich West
Traunreiterweg 5
4820 Bad Ischl
christian.puerstinger@die-wildbach.at

Literatur / References:

MONTAG O., SULZBACHNER C., BUCHEGGER B., KLAPF A., LARSEN B., WEICHSELBAUMER G. (2014). Geologische Detailkartierung Felssturz Fleischhackerwand, Gemeinde Obertraun, unveröffentlicht.

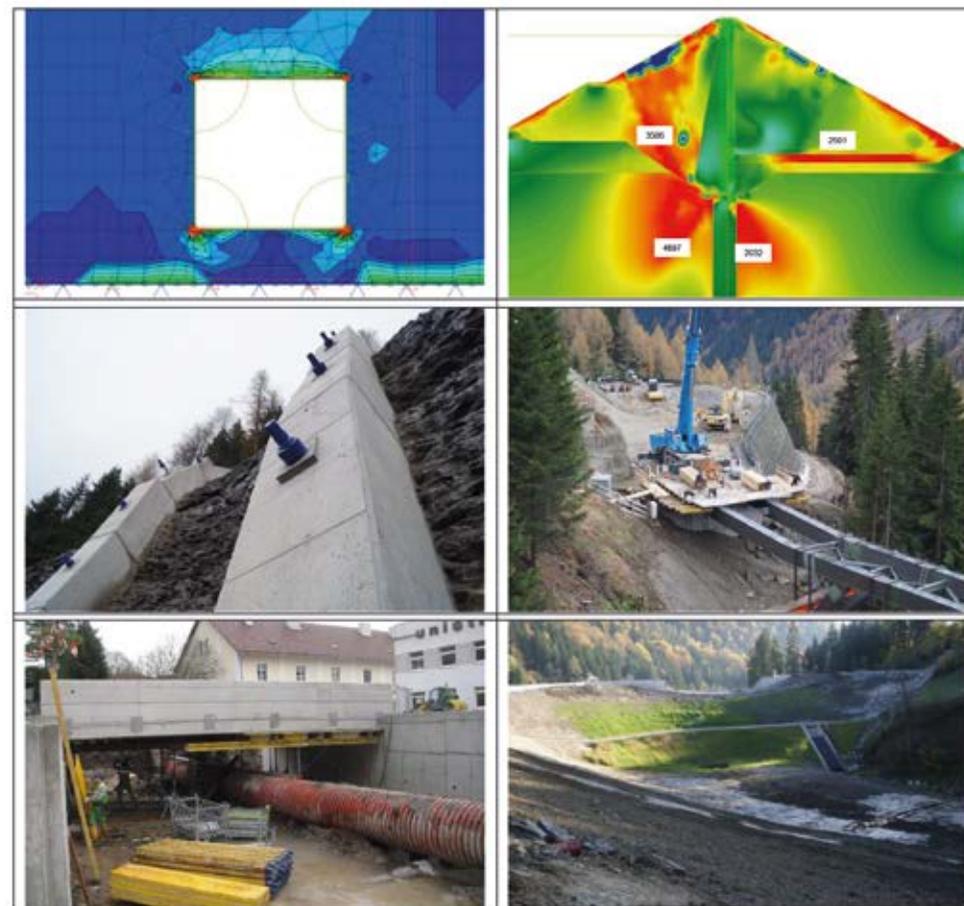
PÜRSTINGER, C. (2014). Ereignisdokumentation Felssturz Fleischhackerwand.

SPANG R. M. (2001). Handbuch Steinschlag-Simulationsprogramm Rockfall 6.1, 32 S.

alpinfra consulting + engineering gmbh :: Internationale Ingenieurkompetenz

Innovative Lösungen und Baustellenführung im anspruchsvollen alpinen Umfeld

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



alpinfra consulting + engineering gmbh

Marktplatz 5 - 5163 Mattsee

office@alpinfra.com

www.alpinfra.com

+43 - 6217 - 20271

GERALD MÜLLER, GERHARD KOCH, LUKK DORREN

Wirkungsbeurteilung und Risikoanalyse von einem Steinschlagschutzwald an der A9 Pyhrn Autobahn

Hazard and Risk Assessment of a Rockfall Protection Forest along the A9 Pyhrn Highway

Zusammenfassung:

Der Schutzwirkung durch Waldbestände ist eine zunehmende Bedeutung als kostengünstige Methode zur Gefahrenprävention und Risikoreduktion zuzuschreiben. In der Praxis findet die Schutzwirkung von Wäldern bisher kaum Berücksichtigung bei risikobasierten Schutzkonzepten gegen Steinschlaggefahren. Während Analyse- und Bewertungsmethoden zur Wirkungsbeurteilung von Schutzwäldern zusehends verbreitet sind, ist eine Quantifizierung der Risikoreduktion durch die Waldwirkung noch aktueller Forschungsgegenstand. In diesem Beitrag wird anhand eines Beispiels eine Wirkungsbeurteilung und Risikoanalyse zur Ermittlung der Risikoreduktion infolge der Waldwirkung umgesetzt.

Stichwörter:

Steinschlag, Schutzwald, Wirkungsbeurteilung, Risikoanalyse, Risikoreduktion

Abstract:

The protective effect of forests is attributed to an increasing role as a cost-effective method for risk prevention and risk reduction. In practice, the protective effect is generally not considered in risk-based protection concepts. During analysis and evaluation methods for forest assessment methods are increasingly common, the quantification of risk reduction through the forest-protection-effect is still under research. This article discusses the assessment, analysis and risk reduction by considering the forest effect according to an example at the A9 Pyhrn highway.

Keywords:

Rockfall, protection forest, evaluation, risk analysis, risk reduction

Einleitung

Nach heutigen Anforderungen genügen gefahrenorientierte Strategien und Investitionen in technische Schutzmaßnahmen zur reinen Gefahrenabwehr nicht mehr. Risikobasierte Strategien, Kosten-Nutzen Analysen und die nachhaltige Bewirtschaftung des alpinen Raums gewinnen zusehends an Bedeutung.

Ein Schutzwald bietet in der Regel zwar keinen hundertprozentigen Schutz gegenüber Naturgefahren, kann aber dazu beitragen, das Risiko auf ein tragbares Maß zu senken. Dank der Schutzfunktion des Waldes sind technische Maßnahmen zur Abdeckung höherer Schutzansprüche kostengünstiger, oder stellenweise überhaupt erst realisierbar (Thali 2006). Wälder treten sowohl im Entstehungs-, Transit- als auch im Auslaufgebiet von Naturgefahren auf und wirken gleichzeitig und in unterschiedlicher Form auf Prozessabläufe entscheidend mit ein. Die Wirkung der Vegetation auf Steinschlagprozesse wird u.a. durch Frehner et al. 2005 beschrieben.

Die Festlegung von Häufigkeiten bei Steinschlagereignissen ist mit starken Unsicherheiten behaftet und bedarf Erfahrung bei der Wahl plausibler Bemessungsgrößen. Aufzeichnungen über lange Beobachtungszeiträume wie beispielsweise von Pegelständen bei Fließgewässern oder Niederschlägen an meteorologischen Stationen existieren bei Steinschlagereignissen in der Regel nicht. In den meisten Fällen fehlen plausible Anhaltspunkte oder aufschlussreiche Ereignisdokumentationen zur Anwendung statistischer Auswerteverfahren. Vor allem die Prognose von Häufigkeiten bei Steinschlagereignissen ist sehr theoretisch. Solche Prognosen können fast nur auf Erfahrungswerte gestützt werden. Um diese Problematik einigermaßen zu entschärfen, können Steinschlagsimulationen indirekt helfen, die Eintretenswahrscheinlichkeit im Untersuchungsraum abzuschätzen. Die Hauptproblematik besteht darin, solche Ergebnisse sinnvoll zu interpretieren und an realistische Eintretenswahrscheinlichkeiten zu koppeln.

Der vorliegende Beitrag betrifft ein Untersuchungsgebiet bei St. Pankraz in Ober-



Abb. 1:
Topographische Karte des
Untersuchungsgebiets
(Datenquelle: BEV 2012).

Fig. 1:
Topographic map.

österreich. Anhand dieses Beispiels wurden die Wirkungsbeurteilung und Risikoanalyse zur Ermittlung der Risikoreduktion eines Steinschlag-schutzwalds umgesetzt. Dazu wird die Schutzwirkung des aktuellen Waldbestands mit Hilfe von Steinschlagsimulationen quantifiziert und mit der fiktiven Situation ohne Wald verglichen. Der Untersuchungsperimeter umfasst einen Autobahnabschnitt an der A9 Pyhrn Autobahn zwischen Km 38,500 bis Km 39,835.

Vorgehensweise zur Gefahrenanalyse

Im Rahmen der Gefahrenanalyse werden Ausmaß und Intensität potenzieller Steinschlagereignisse festgestellt. Man unterscheidet zwischen der Ereignis- und Wirkungsanalyse. Im Zuge der Ereignisanalyse werden die Prozessquellen des Steinschlags, Ausbruchsvolumina, Stein- und Blockgrößen, Oberflächen und Geländeparameter, sowie der generelle Zustand des Schutzwaldes (Entwicklungsstufe, Deckungsgrad, Baumarten, Stammzahl, Brusthöhendurchmesser) dokumentiert. Die Ereignisanalyse dient der konkreten Gefahrenerkennung.

Auf Basis dieser Daten werden maßgebliche Steinschlag- bzw. Ereignisszenarien mit ent-

sprechender Jährlichkeit definiert. Je nach Dichte und Verfügbarkeit der Datengrundlagen ist die Zuverlässigkeit der gewählten Ereignisszenarien einzustufen. Im vorliegenden Projekt basieren die Szenarien u.a. auf systematischen Geländeerhebungen nach Dorren 2007 bzw. Kienholz 1998, sowie auf verfügbaren Datenquellen wie geologisch - geotechnischen Gutachten und einzelnen Ereignisdokumentationen.

Im Untersuchungsgebiet sind keine größeren Schuttakkumulationen ersichtlich. Bei den kleinsten Steinen erfolgt die Ablagerung oft unmittelbar unterhalb des Auslösebereichs hangabwärts. Erst bei Steinen mit einem Durchmesser von > 30 cm erfolgt die Ablagerung am unteren Ende der Runsen. Die „maximale“ Reichweite von Steinschlagereignissen mit mehreren Kubikmetern konnte im Gelände nicht verifiziert werden. Infolge des Autobahnbaus vor etwa 10 Jahren sind wahrscheinlich Anzeichen vergangener Ablagerungen von Sturzereignissen durch die Anschüttung der Dammböschung unkenntlich gemacht worden. Zwar wird vermutet, dass zahlreiche Ablagerungen vor allem von seltenen Ereignissen bis zur Autobahn reichen, aber seit Bestehen der Autobahn ist kein derartiges Ereignis bekannt ist.



Abb. 2:
Dokumentation von
Einschlagmarken und
Sturzblöcken.

Fig. 2:
Documentation of rockfall
activity.

Die Bemessungsblockgrößen wurden entsprechend den Ereignisszenarien gemäß Tabelle 1 festgelegt:

Ereignisszenario (Jährlichkeit)	Steine [m ³]	Durchmesser [m]	Gewicht [t]
sehr häufig (1-10 jährlich)	0,01	0,24	< 0,05
häufig (10-30 jährlich)	0,03	0,30	< 0,1
selten (30-100 jährlich)	1,45	1,10	4
sehr selten (100-300 jährlich)	9,00	2,00	25

Tab. 1: Bemessungsblockgrößen und Häufigkeit der definierten Szenarien

Tab. 1: Return period and block volume of design event.

Wirkungsbereich und Intensität der gewählten Szenarien werden im Zuge der Wirkungsanalyse evaluiert und anhand von Intensitätskarten dargestellt. Diese resultieren aus der Steinschlagmodel-

lierung mit der Simulationssoftware Rockyfor3D. Das Programm ist ein probabilistisches, prozessbasiertes, GIS-gestütztes 3D-Simulationsmodell, das individuelle Trajektorien einzelner Steine berechnet. Es simuliert rasterbasiert die Bewegung von Sturzmassen unter Berücksichtigung der Energiereduktion bei Baumtreffern (Dorren 2012).

In den Intensitätskarten werden Ereignisabläufe mit einer bestimmten Wiederkehrdauer nach den Intensitätsstufen (schwach, mittel, stark) zusammengefasst. Somit können gefährdete Abschnittsbreiten im Prozessraum – in diesem Fall entlang der Autobahn – abgegrenzt werden.

Nachweis der Waldwirkung

Im Rahmen der Wirkungsbeurteilung wird die Zuverlässigkeit der Schutzwirkung des aktuellen Waldbestands nach Vorbild technischer Schutzmaßnahmen analysiert und nachgewiesen. Entsprechend dem Schweizer Projekt PROTECT BIO (Kalberer, 2011) werden Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit als entscheidende Kriterien bewertet. Sind alle Kriterien vollständig erfüllt, kann von einer hohen

Zuverlässigkeit des Waldbestands als „Schutzmaßnahme“ gegenüber Steinschlag ausgegangen werden.

Die Wirkungsbeurteilung erfolgt mit Hilfe von Rockyfor3D unter Berücksichtigung der Beurteilungskriterien. Um überhaupt Aussagen über die Wirkung des Waldbestands machen zu können, werden bei den Simulationen die beiden Waldzustände des aktuellen Waldzustands mit der fiktiven Situation ohne Wald verglichen.

Analysiert wird die Waldwirkung anhand der in Tabelle 1 definierten Szenarien für die Ereignisse:

- Häufig (10- bis 30-jährlich)
- Selten (30- bis 100-jährlich)
- Sehr selten (100- bis 300-jährlich)

Eine Evaluierung der Ereignisanalyse besagt, dass sehr häufige Ereignisse die Autobahn nicht erreichen.

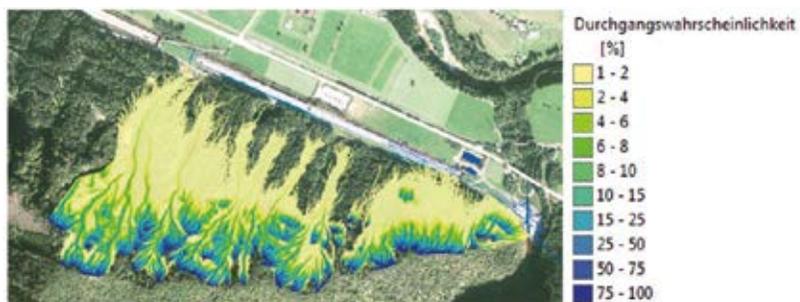


Abb. 3:
Durchgangswahrscheinlichkeit häufiger Ereignisse bei aktuellem Waldbestand.

Fig. 3: Probability of block passages of frequent events.

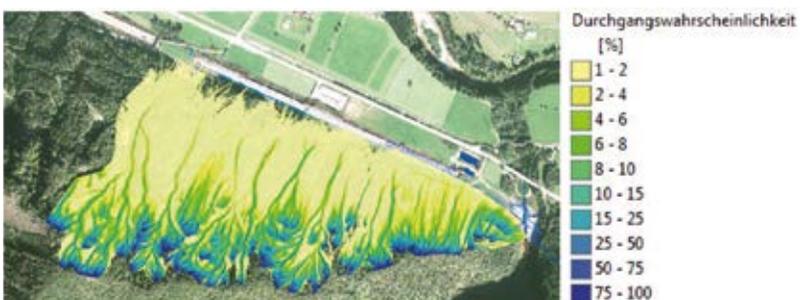


Abb. 4:
Durchgangswahrscheinlichkeit häufiger Ereignisse bei Abwesenheit der Waldwirkung.

Fig. 4: Probability of block passages of frequent events without forest.

Die Anzahl der simulierten Blockdurchgänge charakterisiert die Durchgangsfrequenz von Steinschlag. Die Durchgangsfrequenz stellt die Anzahl der modellierten Steine pro Zelle dividiert durch die Anzahl aller Steine aus dem vermeintlichen Ausbruchsbereich dar. In Abhängigkeit von der jeweiligen Anzahl der Ausbruchsstellen kann diese als Wahrscheinlichkeit ausgedrückt werden. In Abbildung 3 bzw. 4 wird die Durchgangsfrequenz für die Situationen bei aktuellem und ohne Waldbestand auf Basis der Simulationsergebnisse für häufige Ereignisse verglichen.

Abbildung 5 veranschaulicht die Reduktion der Durchgangsfrequenz aufgrund der Waldwirkung. Diese beziffert den prozentuellen Anteil zurückgehaltener Sturzblöcke. Beispielsweise können laut Simulationsergebnis bei einem häufigen Steinschlagszenario mehr als 90 % (violett) aller modellierten Sturzkörper entlang der hangabwärts befindlichen Transitstrecke abgefangen werden.

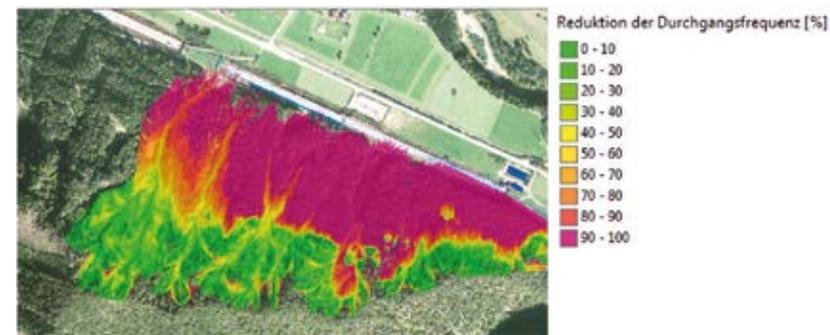


Abb. 5:
Reduktion der Durchgangsfrequenz bei häufigen Ereignissen.

Fig. 5:
Reduction of probability of block passages of frequent events.

Risikoanalyse

Die angewandte Risikoanalyse basiert auf dem Leitfaden Risikokonzept für Naturgefahren – RIKO nach Bründl 2009 und auf dem Risikokonzept Naturgefahren Nationalstraßen des Schweizer Bundesamts für Straßen gemäß Astra 2009. Die Risikoberechnung erfolgt nach der allgemein gültigen Formel:

$$R_{i,j} = Ps_{i,j} \cdot S_{i,j} \quad \text{Gl. (1)}$$

$R_{i,j}$ Risiko des Objektes i bei Szenario J

$Ps_{i,j}$ Schadenswahrscheinlichkeit bei Objekt i aufgrund von Szenario J

$S_{i,j}$ Schadensausmaß des Objektes i aufgrund Szenario J

Das Risiko eines bestimmten Szenarios ($R_{i,j}$) setzt sich aus der Schadenswahrscheinlichkeit bzw. Häufigkeit ($Ps_{i,j}$) und dem wahrscheinlichen Schadensausmaß ($S_{i,j}$) zusammen.

Grundlage der Risikoanalyse bilden die Expositions- und Konsequenzanalyse, deren Aufgabe die Identifikation nach Art und Auftreten potentiell durch einen Prozess gefährdeter Personen und Objekte im Beurteilungsperimeter ist. In der hier vorgestellten Risikoanalyse werden die

Schadensbilder Direkttreffer, Auffahrunfall, Verschüttung und Verfügbarkeit berücksichtigt.

Die Konsequenzanalyse beschreibt die Folgenabschätzung der Ereignisszenarien in Abhängigkeit der zu erwartenden Auswirkungen der Ereignisse auf Personen (Personenrisiken) oder Objekte (Sachrisiken) infolge der wirksamen Prozessintensität. Dabei sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Schädensempfindlichkeit (Vulnerabilität) bzw. Letalität bei Personen
- Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit
- Präsenzwahrscheinlichkeit

Das Sachrisiko wird als jährlicher statistischer Schadenserwartungswert berechnet und in Euro pro Jahr angegeben. Das Personenrisiko wird als Risiko pro Jahr angegeben und drückt die Anzahl der jährlichen Todesfälle aus. Infolgedessen kann die Häufigkeit von Todesfällen abgeschätzt werden. Zur Vergleichbarkeit des Personenrisikos mit dem Sachrisiko muss das Personenrisiko monetarisiert werden. Dafür können die Grenzkosten für einen Todesfall heran gezogen werden, die nach Schweizer Vorbild mit 4,1 Millionen Euro pro Todesfall festgelegt wurden.

Grundlage der Risikoeermittlung sind wesentliche Kennzahlen der Präsenzwahrscheinlichkeit, des Staukostenansatzes, der Streckenverfügbarkeit, etc. gemäß Tabelle 2.

Kennzahlen zur Risikoermittlung	Koeffizient	Bemerkung	Datenquelle
Durchschnittliche tägl. Verkehrsfrequenz (DTV)	18.000	Fahrzeuge / Tag	Verkehrstatistik www.asfinag.at
Durchschnittliche Besetzungsgrad pro Fahrzeug	1,76	Personen / Fahrzeug	Vgl. Astra 2009
Maximale Fahrzeugdichte in Stausituationen	140	Fahrzeug / km	Vgl. Astra 2009
Basiswert für Straßenschäden bei Verschüttung	7.790	Euro / Meter	Vgl. Astra 2009
Basiswert Sperrkosten bei beschränkter Verfügbarkeit	17,20	Euro / Stunde	Vgl. Astra 2009

Tab. 2: Kennzahlen zur Risikoermittlung.

Tab. 2: Characteristic values for risk evaluation.

Berechnungsansätze

Voraussetzung für eine Risikoänderung ist die Änderung der Eintretenswahrscheinlichkeit von Steinschlagereignissen im Untersuchungsraum – also entlang der Autobahn.

Dieser Beitrag bezieht sich in erster Linie nicht auf die Häufigkeit von Steinschlägen im Ausbruchs- oder Transitbereich, sondern vielmehr auf die Eintretenswahrscheinlichkeit von Ereignissen im Ablagerungsbereich entlang der Autobahn. Wäre der aktuelle Waldbestand nicht vorhanden, könnte von einer Zunahme der Eintretenswahrscheinlichkeit ausgegangen werden. Das kann infolge der steigenden Durchgangswahrscheinlichkeit oder steigenden Anzahl von Ablagerung simulierter Sturzblöcke aus den Steinschlagsimulationen interpretiert werden. Diese Zunahme ist folglich gleichbedeutend mit einer Risikozunahme. Dabei ist die Eintretenswahrscheinlichkeit entlang der Autobahn sowohl von der Ausbruchswahrscheinlichkeit im Entstehungsgebiet, als auch vom Einfluss entlang der Sturzbahn und somit auch von der Schutzwirkung durch den

jeweiligen Waldbestand abhängig. Bei angenommen konstanter Ausbruchswahrscheinlichkeit und unveränderten Geländeparametern könnte aus den Simulationsergebnissen die interpretierte Zunahme der Eintretenswahrscheinlichkeit an der Autobahn, auf die fehlende Waldwirkung bei Abwesenheit des Waldbestands zurückgeführt werden.

Die Prognose der Eintretenswahrscheinlichkeit für die Situation ohne Wald unterliegt sehr großen Unsicherheiten. Um dieser Problematik entgegenzuwirken basiert die Risikoermittlung neben der Annahme von Häufigkeiten bei aktuellem Waldbestand auch auf zwei weiteren Berechnungsansätzen.

Der erste dieser beiden Ansätze berechnet die Risikoänderung zwischen aktuellem Waldbestand und ohne Wald auf Basis der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeit. Diese beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass bei Eintritt eines Ereignisses ein bestimmter Punkt im Untersuchungsraum erreicht wird. Da üblicherweise nicht der gesamte Perimeter bei Eintritt eines Ereignisses von einem Prozess betroffen ist, wird die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit, bezogen auf

den untersuchten Perimeter angegeben (Bründl 2009). Nach Kalberer 2011 berechnet sich bei Steinschlagprozessen die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit $p(rA)$ aus der Anzahl treffender Steine $n(St)$, deren Durchmesser $d(St)$ und der Breite des Prozessraumes $b(Pr)$. Nehmen diese Faktoren zu – beispielsweise durch Abwesenheit der Waldwirkung – wird ein Anstieg der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeit erwartet.

$$p(rA)_j = n(St)_j \cdot \frac{d(St)_j}{b(Pr)_j} \quad \text{Gl. (2)}$$

$p(rA)$ Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit

$n(st)$ Anzahl treffender Steine

$d(St)$ Durchmesser des Bemessungsblocks [m]

$b(Pr)$ Breite des Prozessraums

Die Anwendung der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeit ist durch Prognoseunsicherheiten bei Angabe der Anzahl treffender Steine, deren Durchmesser und der Breite des Prozessraumes nur bedingt für die Anwendung zur Risikoermittlung bei der fiktiven Situation ohne Wald geeignet. Weil es für die seltenen und sehr seltenen Ereignisse umso schwieriger wird, Annahmen für die fiktive Situation ohne Wald zu treffen und auch weil der Vergleich mit dem aktuellen Waldbestand fehlt, wurde entschieden, in diesem Fall den Faktor-Ansatz anzuwenden.

Die Risikoermittlung für die Situation ohne Wald erfolgt also nur für sehr häufige und häufige Ereignisse anhand der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeit. Das Risiko von seltenen und sehr seltenen Ereignissen wird mit Hilfe des Faktor-Ansatzes ermittelt. Dabei wird die Risikozunahme zwischen den Situationen mit und ohne Wald, basierend auf der Anzahl simulierter Sturzblöcke berechnet, die in Abhängigkeit der Waldwirkung die Autobahn erreichen. Der Anteil aller passierten und abgelagerten Sturzblöcke entlang der Autobahn steht im Verhältnis zur

Anzahl der simulierten Sturzblöcke aus den Auslösebereichen und kann prozentuell in Abhängigkeit der Waldwirkung ausgedrückt werden. Jede Zunahme der mittleren Durchgangsfrequenz oder Ablagerung von Sturzblöcken ist gleichbedeutend mit einer Risikozunahme und kann mittels Faktor direkt auf die Risikoermittlung umgelegt werden.

Grund für die Anwendung unterschiedlicher Berechnungsansätze ist vor allem die Unsicherheit bei der Annahme von Häufigkeiten bei Steinschlagprozessen. Generell fehlen historische Steinschlagereignisse entlang der Autobahn zur Anpassung der Bemessungskennwerte. So zeigen die durchgeführten Simulationen beispielsweise, dass die definierten Bemessungsblöcke der häufigen Ereignisse die Autobahn erreichen, auch wenn die Wahrscheinlichkeit extrem gering ist. Für die Situation ohne Wald zeigen die Simulationen anhand der Ablagerungen im Untersuchungsraum, dass etwa 25-mal so viele Steine die Straße erreichen, als bei aktuellem Waldbestand. Auf Basis dieser Erkenntnis könnte man zur Risikoberechnung die Eintretenswahrscheinlichkeit vereinfacht um das 25-fache erhöhen. Da die Eintretenswahrscheinlichkeit bei einer Risikoberechnung als Jährlichkeit bzw. Häufigkeit berücksichtigt wird, wäre ein bisher 30-jähriges Ereignis künftig um das etwa 25-fache häufiger und somit mindestens in der Größenordnung mit der Jährlichkeit eines sehr häufigen Ereignisses (z.B. jährlich) gleichzusetzen. In Anbetracht der Geländebeobachtungen erscheint das aber nicht plausibel.

Risikoreduktion

Zur Ermittlung der individuellen und kollektiven Risiken, werden alle gewählten Schadensbilder ausgewertet und verglichen. Anhand der Verknüpfung des kalkulierten Schadensausmaßes kann für die häufigen bis sehr seltenen Szenarien

das kollektive Risiko ausgedrückt werden. Erwartungsgemäß ist das kollektive Risiko jeweils ohne Wald bei allen Schadensbildern höher.

Die Summe der kollektiven Risiken bei aktuellem Waldzustand betragen € 115.907,-. Die Summe der kollektiven Risiken bei Annahme der Situation ohne Wald betragen € 192.051,-.

Das kollektive Risiko ist aufgrund der Schutzwirkung des Waldes bei aktuellem Waldzustand annähernd halbiert. Ähnliches gilt auch für die Summe der Risiken der angewandten Schadensbilder Direkttreffer, Auffahrunfall, Verschüttung und Verfügbarkeit. Die Anteile der Risikoreduktion sind Tabelle 3 zu entnehmen.

Aktueller Waldzustand					
Szenarien		10-30	30-100	100-300	Summe
Risiko Direkttreffer	€	39	37	19	95
Risiko Auffahrunfall	€	667	21.768	6.803	29.238
Risiko Verschüttung	€	13.633	14.282	12.983	40.898
Risiko Verfügbarkeit	€	14.534	20.762	10.381	45.677
Kollektives Risiko	€	28.872	56.849	30.186	115.907
Situation ohne Waldbestand					
Szenarien		10-30	30-100	100-300	Summe
Risiko Direkttreffer	€	196	46	23	265
Risiko Auffahrunfall	€	1.048	27.040	8.450	36.537
Risiko Verschüttung	€	68.163	17.740	16.127	102.030
Risiko Verfügbarkeit	€	14.534	25.790	12.895	53.219
Kollektives Risiko	€	83.940	70.616	37.495	192.051

Tab. 3: Risikoermittlung der kollektiven Risiken pro Jahr

Tab. 3: Risk evaluation of collective risk per year.

Bei sehr häufigen Ereignissen besteht kein Risiko. Die Summe der Risiken ist jeweils bei aktuellem Waldbestand geringer als ohne Wald. Demnach wird das kollektive Risiko durch den aktuellen Waldbestand bei Direkttreffern von € 265,- auf < € 100,- verringert; bei Auffahrunfällen beträgt die

Risikoreduktion € 7.299,-. Die Risikoreduktion für das Schadensbild Verschüttung beträgt € 1.132,- und für das Schadensbild Verfügbarkeit € 7.542,-.

Die nachfolgende Tabelle 4 stellt die wesentlichen Ergebnisse der Risikoreduktion durch den aktuellen Waldbestand dar.

Risikoreduktion [€]				
Szenarien		10-30	30-100	100-300
Risiko Direkttreffer	€	157	9	5
Risiko Auffahrunfall	€	381	5.271	1.647
SUMME Personenrisiko	€	538	5.280	1.652
	€	€ 7470,-		
Risiko Verfügbarkeit	€	0	5.028	2.514
Risiko Verschüttung	€	58.530	3.458	3.144
SUMME Kollektives Risiko	€	55.068	13.766	7.310
	€	€ 76143,-		
Risikoreduktion [%]				
Szenarien		10-30	30-100	100-300
Risiko Direkttreffer	%	0,0	19,5	23
Risiko Auffahrunfall	%	36,4	19,5	8.450
SUMME Personenrisiko	%	43,2	19,5	19,5
	%	20,3 %		
Risiko Verfügbarkeit	%	0,0	19,5	19,5
Risiko Verschüttung	%	80	19,5	19,5
SUMME Kollektives Risiko	%	65,6	19,5	19,5
	%	39,6 %		

Tab. 4: Jährliche Risikoreduktion infolge der Waldwirkung

Tab. 4: Annual risk reduction as a result of forest protection function

Der positive Einfluss des Schutzwalds auf das Steinschlagrisiko ist anhand aller Teilergebnisse abzulesen. Der heutige Waldzustand vermag nach der Risikoermittlung das Steinschlagrisiko insgesamt um zirka 40 % zu verringern.

Das individuelle Risiko für einen Todesfall als Folge eines Ereignisses wird für den gesamten Streckenabschnitt betrachtet, die ein durchschnittlicher Pendler zwei Mal täglich befährt. Die Berechnung des individuellen Todesfallrisikos $r_{\text{ind } Q,i}$ berechnet sich nach Astra 2009 gemäß:

$$r_{\text{ind } Q,i} = \frac{(2 \cdot R_{\text{DFahrbahn } Q,i} + 2 \cdot R_{\text{Auffahr } Q,i})}{(\text{DTV} \cdot \beta)} \quad \text{Gl. (3)}$$

Das individuelle Risiko kann für den aktuellen Waldbestand mit $1,9 \cdot 10^{-8}$ bzw. mit $5,2 \cdot 10^{-7}$ für die Situation ohne Wald angegeben werden. Anders formuliert ereignet sich bei aktuellem Waldbestand etwa alle 140 Jahre und bei Annahme der Situation ohne Wald etwa alle 111 Jahre ein statistischer Todesfall.

Fazit

In diesem Beitrag wurde versucht die Risikoreduktion infolge der Waldwirkung zu verdeutlichen. Dazu wurden zahlreiche Annahmen zur Häufigkeit und den Bemessungskennwerten von Steinschlagszenarien getroffen, die generell mit großen Unsicherheiten behaftet sind. Dieser Beitrag soll aufzeigen, dass eine risikobasierte Quantifizierung der Schutzwirkung methodisch möglich ist. Generell bedarf es aber noch einer Präzisierung aller Eingangsparameter für die Risikoberechnung, um die Praxistauglichkeit zu erreichen. Weitere Fallstudien auf Basis gut dokumentierten

Steinschlagereignissen müssen durchgeführt werden, um die bestehenden Unsicherheiten bei der Anwendung der Risikoberechnung unter Berücksichtigung der Waldwirkung zu minimieren.

Das Fazit zu den Steinschlagsimulationen lautet, dass die Sturzmodellierung allein nicht ausreichend zur Beurteilung des Gefahrenpotenzials und zur Risikoabschätzung ist. Ergänzungen durch Feldbeobachtungen und eine kritische Interpretation der probabilistischen Resultate liefern aufschlussreiche Erkenntnisse und helfen die Simulationsergebnisse hinsichtlich ihrer Plausibilität einzuordnen (Dorren et al., 2012).

Anschrift der Verfasser / Authors' adresses:

Dipl.-Ing. Mag. Gerald Matthias Müller
Ingenieurbüro Perzplan
Roseggerstrasse 16
8600 Bruck an der Mur
gerald.mueller@perzplan.at

Mag. Gerhard Koch
Asfinag Bau Management GmbH (BMG)
Fuchsenfeldweg 71
A-8074 Graz-Raaba
gerhard.koch@asfinag.at

Prof. Dr. Luuk Dorren
Berner Fachhochschule
Hochschule für Agrar-, Forst- und
Lebensmittelwissenschaften HAFL
Abteilung Waldwissenschaften
Länggasse 85
CH-3052 Zollikofen
luuk.dorren@bfh.ch

Literatur / References:

ASTRA (2009).
Risikokzept Naturgefahren Nationalstrassen – Methodik für eine risikobasierte Beurteilung, Prävention und Bewältigung von gravitativen Naturgefahren auf Nationalstrassen; Dokumentation, Ausgabe 2009 V1.30, Schweizerische Eidgenossenschaft, Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, Bundesamt für Strassen ASTRA (Hrsg.), Abteilung Strassennetze, Bern.

BRÜNDL M. (Hrsg.) (2009).
Risikokzept für Naturgefahren – Leitfaden; Nationale Plattform für Naturgefahren, PLANAT, Bern.

DORREN L.K.A., LOUP B., RAETZO H. (2012).
Einsatz von Modellen in der Schweizer Sturzgefahrenbeurteilung - Journal für Wildbach-, Lawinen, Erosions- und Steinschlagschutz 169.

DORREN L.K.A., BERGER F., JONNISON M., KRAUTBLATTER M., MOELK M., STOFFEL M. & WEHRLI A. (2007).
State of the art in rockfall - forest interactions. - Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 158(6): 128-141.

FREHNER M., WASSER B., SCHWITTER R. (2005).
Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald - Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion; Vollzug Umwelt, Hrsg. BUWAL - Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.

KALBERER M. (2011).
Naturgefahren-Steinschlag, Gefahrenanalyse Protect Bio II, Fallbeispiel Steinschlag – Maßnahmenbeurteilung, Wirkungsbeurteilung und Maßnahmenbewertung von Steinschlagschutzwäldern dargestellt am Beispiel Gruobenwald, Klosters; Schlussfassung, tur gmbh, Davos.

THALI U. (2006).
Spurensicherung Wilerwald, Gurnellen, Felssturzereignis vom 31. Mai 2006. Schweiz. Nationalstrassen N2, Ingenieurbüro Thali.



Ingenieurkonsulent • Ingenieurbüro

Forst- und Holzwirtschaft

Wildbach- und Lawinenschutz

Kulturtechnik und Wasserwirtschaft

DIPL. ING. THOMAS PERZ

www.perzplan.at

2630 Ternitz
8600 Bruck/Mur
3100 St. Pölten

Franz Dinthoblstraße 41
Roseggerstraße 16
Bahnhofplatz 17

Tel: +43 2630 35105
Tel: +43 3862 52818
Tel: +43 2742 37726





PIRKER
VISOTSCHNIG

INGENIEURBÜRO für BAUWESEN

8010 Graz | Beethovenstraße 22 | office@pirker-visotschnig.at

AUSSCHREIBUNG * STATISCH-KONSTRUKTIVE PRÜFUNG * VERKEHRSPANUNG
TRAGWERKSPLANUNG * BAUAUFSICHT und BAUKG * SCHUTZWASSERBAUTEN

**THOMAS SAUSGRUBER, DANIELA ENGL, FLORIAN RIEDL,
JOHANNES ANEGG, LIENHART TROYER, ROBERT HOFMANN**

Die Großhangbewegung Kerschbaumsiedlung – Gefahrenprozess und Schutzkonzept

The Kerschbaumsiedlung landslide – hazard and mitigation concept

Zusammenfassung:

In der Kerschbaumsiedlung in Navis (Tirol), sind 12 der 84 Wohnhäuser durch Hangbewegungen beschädigt. Aus den bisher vorliegenden Untersuchungs- und Monitoringdaten ist bekannt, dass die Siedlung auf einem lockergesteinsartigen Schuttstrom liegt, welcher seinerseits auf einer großen, tiefgründigen Felsgleitung lagert. Die gemessenen jährlichen Verschiebungen des Schuttstroms liegen zwischen 1 und 4 cm, die Bewegungsbahnen in 16 und 37 m Tiefe. Die Hangbewegungen beschränken sich ausschließlich auf den Schuttstrom; aus der unterlagernden Felsgleitung sind bislang keine Bewegungen bekannt. Die Untergrunderkundungen ergaben weiters, dass der Schuttstrom und der Fels darunter teilweise stark wasserführend sind. Das Wasser im Fels ist abschnittsweise sogar gespannt und drückt von unten gegen die Basis des Schuttstroms.

Aufbauend auf dem ingenieurgeologischen und geotechnischen Modell des Hanges wurden nun Maßnahmen für ein 10-jähriges Schutzprojekt, welche zur Verringerung der Bewegungen führen und die weitere Bewohnbarkeit der Häuser sicherstellen sollen, ausgearbeitet. Diese Maßnahmen beinhalten im Wesentlichen Vertikalbrunnen zur Tiefenentwässerung des Schuttstroms, subhorizontale Entwässerungsbohrungen zur Entlastung des gespannten Wassers im Fels, ein Kraftwerk zur Bereitstellung von Energie für die Pumpen, seichtgründige Drainagierungen von Feuchtwiesen und flächenwirtschaftliche Maßnahmen.

Stichwörter: Großhangbewegung, Felsgleitung, Schuttstrom, Monitoring, Entwässerung

Abstract:

In the last decade, slope movements damaged 12 of totally 84 residential houses at the Kerschbaum settlement close to Navis village in Tyrol. Subground investigations and monitoring revealed, that the settlement lies upon a slowly moving earth slide, which itself rests on a deep-seated rockslide. The measured annual surface displacements of the earth slide range from 1 to 4 cm. The displacement depth was located by inclinometer measurements in 16 and 37 m depth, respectively. The slope movements are restricted to the earth slide, while the underlying rockslide does not show any signs of movement. Hydrological investigations indicate that both the earth slide and the underlying rockslide are locally strongly water-bearing. In the rockslide, the water is even partially confined causing an upward pressure against the earth slide base.

Based on a comprehensive engineering and geotechnical model, mitigation measures have been planned, that are now going to be realized stepwise within a ten year project. These mitigation measures include an assembly of vertical drainage wells to drain the earth slide, sub-horizontal drainage wells to release the confined water in the underlying rockslide, a small power plant delivering energy for the pumps, drainage ditches, and forestry measures.

Keywords:

Large massmovement, rockslide, earth slide, monitoring, drainage measures

Einleitung

Ende der 70er Jahre erwarb die Gemeinde Navis in Tirol Grund und Boden eines aufgelassenen Bauernhofes („Kerschbaum“), um jungen Gemeindebürgern die Möglichkeit zum Erwerb von günstigem Bauland zu bieten und der Landflucht entgegen zu steuern. Die Siedlungstätigkeit setzte Anfang der 80er Jahre ein. Rund 20 Jahre später wurden erstmals Risse im Hang, unmittelbar oberhalb der Siedlung entdeckt. Als Folge davon stellte die Gemeinde einen Antrag an den Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung (FTD für WLW), um den Ursachen dieser Entwicklungen nachzugehen. Von der WLW wurden in den Jahren 2001 bis 2003 diverse Untersuchungen eingeleitet und beauftragt. Diese beinhalteten die geologisch-geomorphologische Kartierung der gesamten Hangflanke, GPS-Messungen an hierfür errichteten Betonfeilern und

eine Auswertung von Radarsatellitenmessungen. Die Untersuchungen ergaben, dass die Siedlung auf einer großen, tiefgründigen Massenbewegung – bezeichnet als „Talzuschub“ (Stini 1941) – lagert und der Hang in Bereichen stark vernässt ist. Die Auswertung der GPS-Messungen und der Satellitenradarmessungen brachten zu diesem Zeitpunkt keine zufriedenstellenden Ergebnisse bezüglich des Nachweises von aktiven Hangbewegungen. 2003 und 2004 wurden seitens der WLW nasse Hangbereiche bis in eine Tiefe von 1,5 m entwässert. Diese Maßnahme führte – subjektiv wahrgenommen – zu einer Verbesserung der Situation, was sich jedoch in den folgenden Jahren als Irrtum erwies. Im Jahr 2012 setzten Bürger der Kerschbaumsiedlung die Gemeinde offiziell in Kenntnis, dass sich Risse in den Häusern erweiterten. Von diesen negativen Entwicklungen waren ca. 12 von den insgesamt 84 Häusern der Siedlung betroffen. In den Jahren 2012 bis 2014 wurden deshalb im Zuge eines Vorprojekts

umfangreiche Erkundungen und Untersuchungen mit dem Ziel, die Hangprozesse zu verstehen und basierend darauf Maßnahmen zur Verbesserung der Situation zu setzen, durchgeführt.

Geologie und Geomorphologie

Der Südbhang des Misljochs, auf welchem die Kerschbaumsiedlung liegt, wird in den unteren zwei Dritteln aus penninischen Bündner Schiefern und im oberen Drittel aus oberostalpinem Innsbrucker Quarzphyllit aufgebaut (Abbildung

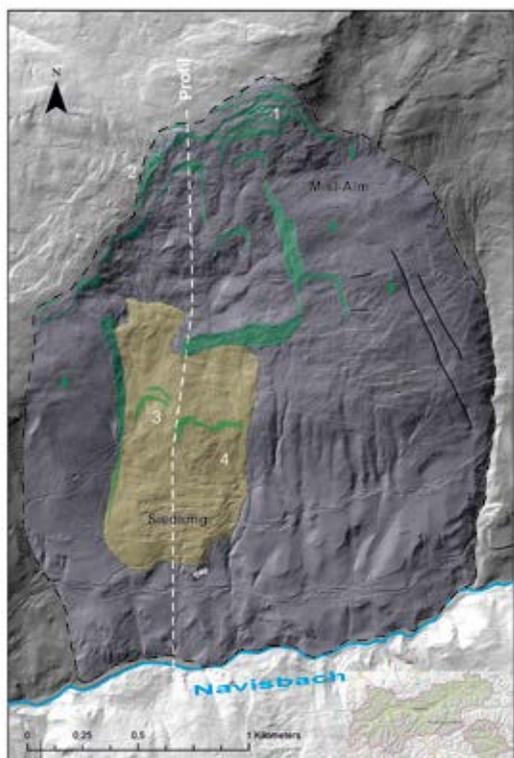


Abb. 1: Oberflächenmodell mit Hauptstrukturen der Großhangbewegung; die Nummern beziehen sich auf die Abbildung 2.

Fig. 1: Digital terrain model with main structures of the landslide; the numbers refer to figure 2.

6). Die Grenze zwischen Bündner Schiefern und Innsbrucker Quarzphyllit stellt eine wichtige tektonische Überschiebungsbahn dar (Rockenschaub und Nowotny, 2009).

Der Höhenunterschied von den Gratregionen zum Navisbach beträgt etwa 1.000 Höhenmeter, die generelle Hangneigung lediglich etwa 22°.

In den Gratregionen fallen Spalten, Nackentäler und treppenartige Absetzungen im Gelände auf, im Ober- und Mittelhang zeichnet sich das Gelände vor allem durch seine Unregelmäßigkeit und buckelige Morphologie aus. An einigen wenigen Stellen wurden Risse im Boden und gespannte Wurzeln entdeckt (Abbildung 2). Im Bereich der Siedlung ist ein zungenförmiger Körper, welcher besonders gut im Oberflächenmodell (DGM - Digitales Gelände Modell) sichtbar ist, zu erkennen (Abbildung 1). Alle genannten Strukturen weisen darauf hin, dass es sich beim gegenständlichen Hang um eine tiefgründige Massenbewegung mit einem lokal auflagernden „seichten“ Schuttstrom handelt.

Untergrunderkundung und Untersuchungen

Zur Vertiefung des Prozessverständnisses wurde in den Jahren 2012 bis 2014 eine Reihe von direkten und indirekten Erkundungen durchgeführt. Diese umfassten die ingenieurgeologische, geotechnische und hydrogeologische Kartierung der Südbahänge des Misljochs, Profile zu kombinierter Refraktions-/Reflexionsseismik, Geoelektrik, Baggerschürfe sowie Kern- und Hammerschlagbohrungen, die zu Inklinometern und Grundwassermessstellen ausgebaut wurden. Ergänzend dazu erfolgten In-Situ-Bohrlochversuche wie Standard Penetration Tests, Ausspiegelungs- und Kurzpumpversuche, akustisches Bohrlochfernsehen und Bohrlochgeophysik. Zur Bestimmung der hydraulischen Leitfähigkeit des Untergrunds,



Abb. 2: 1. Zerrspalten und Geländeabsetzung, 2. Nackental, 3. Riss und gespannte Wurzeln, 4. Schuttstrom.

Fig. 2: 1. Tension cracks and normal fault, 2. trench, 3. crack and tensioned roots, 4. earth slide.

welche im Hinblick auf Entwässerungsmaßnahmen Bedeutung erlangt, wurden Probebrunnen hergestellt und Pegelpumpversuche ausgeführt (Abbildung 3).

Im Zuge der Untergrunderkundung wurden Proben aus dem Schuttstrom genommen und im Labor analysiert. Die durchgeführten Versuche hatten im Wesentlichen zum Ziel die bodenmechanischen Eigenschaften zu erfassen und Kennwerte für diverse Berechnungen zur Hangstabilität zu liefern. An ausgewählten feinkörnigen Lagen aus dem Schuttstrom wurden über Wochen dauernde Kriechversuche durchgeführt. In diesen Versuchen wurden das Langzeitverhalten sowie die Reaktion bei Zugabe von Wasser beobachtet. Die Kriechversuche ergaben, dass das Material

sehr empfindlich auf Wassergehaltsänderungen reagiert, d.h. die Kriechraten bei Zugabe von Wasser teilweise stark zunahm. Dieser Effekt dürfte aber auch auf versuchstechnische Eigenheiten wie die Änderung der Saugspannungen zurückzuführen sein.

Ergänzend zum bodenmechanischen Versuchsprogramm erfolgten auch Probennahmen von Wässern aus Quellen, Gerinnen und Brunnen, die chemisch analysiert wurden um Hinweise auf die Herkunft der Wässer aus dem geologischen Untergrund zu erlangen. Die Analyse stabiler Sauerstoffisotope bei Quellaustritten rundete das Untersuchungsprogramm im Hinblick auf die Zuordnung der Wässer zur Einzugsgebietshöhe ab.

Erkundungs- und Untersuchungsprogramm

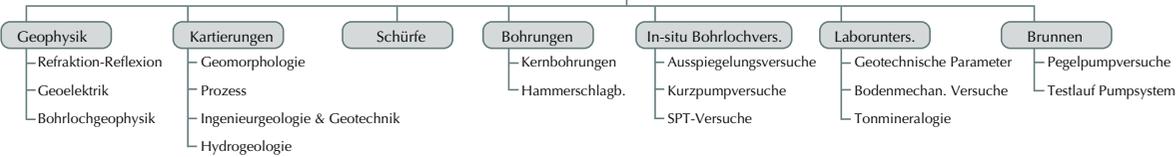


Abb. 3: Erkundungs- und Untersuchungsprogramm.

Fig. 3: Exploration and investigation program.

Monitoring

Wesentlicher Teil des Vorprojekts war die geodätische Beobachtung der Massenbewegung mit geeigneten Messsystemen, um Kenntnis über die räumliche Ausdehnung und Geschwindigkeit der Hangbewegungen zu erlangen.

Für die Erfassung der Bewegungen an der Oberfläche wurde ein geodätisches 3D-Monitoring installiert. Von einer Messstation am Gegenhang aus (Abbildung 4) werden über eine Entfernung von 1.200 m bis 2.800 m achtzig mit Glasprismen bestückte Messpunkte stünd-

lich mit einem Präzisionstachymeter gemessen. Die Ergebnisse zeigen die Veränderung der Lage und Höhe sämtlicher anvisierter und gemessener Punkte zu den vorhergehenden Messungen. Die dabei erreichte Genauigkeit liegt bei +/- 2 mm in der Lage und +/- 5 mm in der Höhe (3 Sigma).

Da auch die gegenüberliegende Talflanke, wo die Messstation steht, von aktiven Hangbewegungen erfasst ist, wird die Lage des Tachymeters laufend überwacht. Diese Standsicherheitskontrolle wird mittels eines GNSS (Global Navigation Satellite System) Systems realisiert. Unter Verwendung einer bestehenden Referenzstation im nahegelegenen Ort Matrei und der



Abb. 4: Messstation mit Tachymeter und GPS.

Fig. 4: Measuring station with total station and GPS antenna.

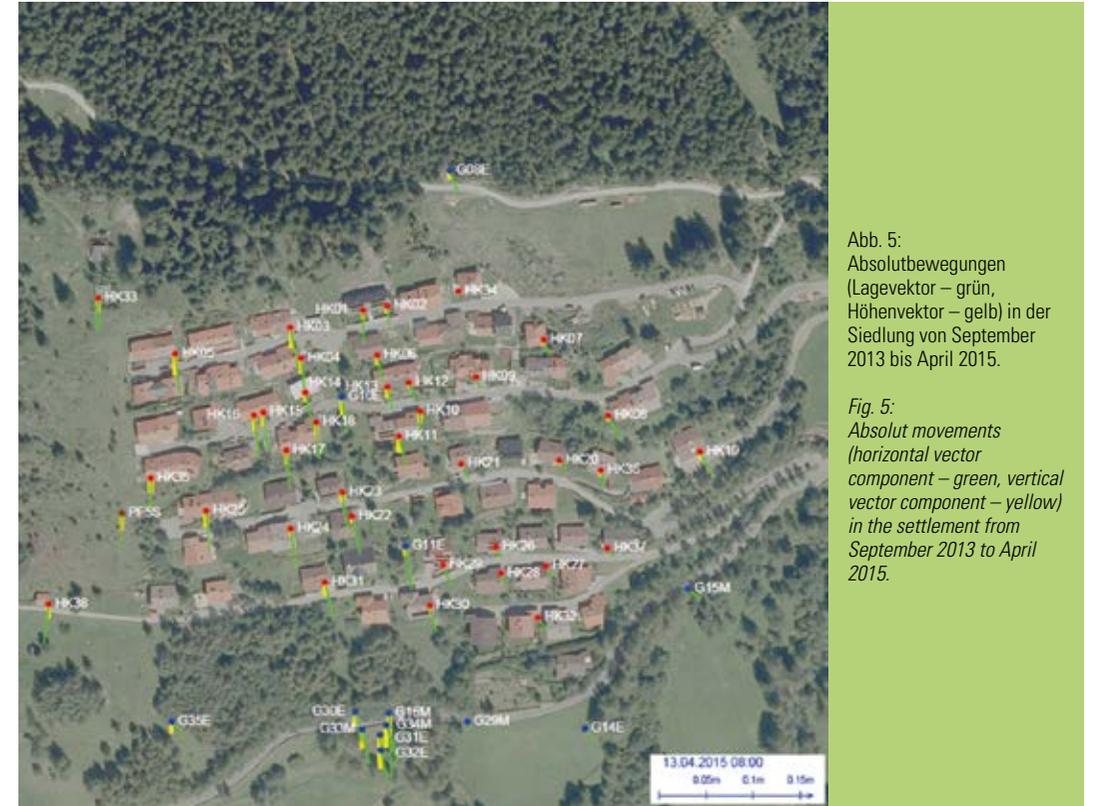


Abb. 5: Absolutbewegungen (Lagevektor – grün, Höhenvektor – gelb) in der Siedlung von September 2013 bis April 2015.

Fig. 5: Absolut movements (horizontal vector component – green, vertical vector component – yellow) in the settlement from September 2013 to April 2015.

Installation eines weiteren GNSS Empfängers in der Messstation wird die Position des Tachymeters mittels differentieller Verfahren unabhängig überprüft und für die korrekte Berechnung der Bewegung in der Kerschbaumsiedlung berücksichtigt.

Der gesamte Datenfluss des geodätischen Monitorings, von der Auslösung der Messung bis zum Versand des wöchentlichen Berichts über Email, läuft vollkommen automatisiert ab. Zusätzlich kann über ein Webportal auf die Messdaten in Echtzeit zugriffen werden.

Die Bewegungen an der Oberfläche betragen derzeit 1-2 cm pro Jahr im östlichen Teil, und 3-4 cm pro Jahr im westlichen Teil der Siedlung (Abbildung 5). Das seit August 2013 installierte geodätische Monitoring wird, da es sich als sehr zuverlässig erwiesen hat, weiterhin in dieser Form betrieben.

Für die Lokalisation der Bewegungen

in der Tiefe wurden insgesamt fünf Inklinometer, davon vier mit bis zu 70 m und einem mit 120 m Tiefe, vorgesehen. Die Messungen zeigen generell zwei unterschiedlich tiefe Bewegungsbahnen an: Im östlichen Teil der Siedlung ergaben die Messungen Bewegungen in einer Tiefe von ca. 16 m und damit innerhalb des Schuttstroms, im westlichen Teil in einer Tiefe von ca. 37 m am Übergang vom Schuttstrom zum Fels. Sie lassen deutlich Gleitvorgänge in den genannten Tiefen erkennen. Innerhalb des Schuttstromes korreliert die Bewegungsbahn mit Übergangszonen von gröber- zu feinerkörnigen respektive durchlässigen zu weniger durchlässigen Schichten.

Zur Erfassung der hydrologischen Verhältnisse und für Rückschlüsse im Abflussverhalten der südlichen Talflanke Misljoch wurde oberhalb der Kerschbaumsiedlung eine Niederschlags-, Schnee-, Temperatur- und Abflussmess-

station errichtet. Diese Messstation wird vom Hydrographischen Dienst des Amtes der Tiroler Landesregierung gewartet und betreut. Gemessen werden die Abflüsse aus den Oberflächendrainagen im Mittelhang, was Rückschlüsse auf den dort auftretenden Interflow erlaubt.

Ergebnisse - Gefahrenprozess

Die bisherigen Ergebnisse der Erkundungen und Untersuchungen werden anhand des ingenieur-geologischen Modells in Form eines Profilschnitts vom Misljoch im Norden bis zum Navisbach im Süden erörtert (Abbildung 1 und Abbildung 6).

Die Südabhänge des Misljochs sind Teil einer großräumigen und tiefreichenden Felsgleitung, die in den Gratregionen ansetzt und bis zum Navisbach reicht. Die Form und Tiefe der Gleitflächen im Modell ist eine einfache geometrische Rekonstruktion und Interpretation. Die Basis der Felsgleitung stellt möglicherweise die in der Kernbohrung KB 1 angetroffene stark zerlegte Zone von Teufe 115 m bis 120 m dar. Auf dieser großräumigen Felsgleitung lagert im Bereich der Siedlung der aktive Schuttstrom mit einer Mächtigkeit zwischen 30 und 40 m. Dieser ist aus Teilrutschungen der Felsgleitmasse hervorgegangen und stellt heute aus geotechnischer Sicht ein gemischtkörniges Lockermaterial dar. Das darunterliegende Gestein der Felsgleitung ist in Schollen zerlegt.

Für die Felsgleitung sind bislang keine Bewegungen nachgewiesen worden, was darauf schließen lässt, dass das großräumige System nicht mehr oder nur in sehr geringem Ausmaß aktiv ist. Die Gefährdung für die Siedlung ergibt sich damit aus den langsamen Kriechprozessen des aufgelagerten Schuttstroms.

Auf Basis der vorliegenden Messdaten zur Bewegung von Oberflächenpunkten aus nahezu eineinhalb Jahrzehnten und aus geomorphologischen Daten (Laserscanbild) ist eine spon-

tane Beschleunigung des Schuttstroms derzeit nicht zu erwarten.

Aus hydrogeologischer Sicht versickert der Großteil des Wassers aus Niederschlag und Schneeschmelze in den oberen Hangregionen, die nahezu ohne Oberflächenabfluss und trocken sind. In den mittleren Hangteilen treten dann auffällig viele, wenig mineralisierte Quellen (elektrische Leitfähigkeit von 100 bis 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$) aus. Diese Austritte stehen im Zusammenhang mit der tektonischen Grenze zwischen Innsbrucker Quarzphyllit und Bündner Schiefer. Sowohl die tektonische Überschiebungsbahn selbst als auch die Bündner Schiefer im Liegenden erfüllen hier eine Stauerfunktion und führen dazu, dass ein Teil des Bergwassers an dieser Stelle wieder an die Oberfläche tritt. Die großen Wassermengen, welche am Mittelhang als Quellen austreten, werden als wesentlich für die Entwicklung des Schuttstroms gesehen bzw. nähren diesen auch.

Da in den Erkundungsbohrungen auch Wasser im Fels unterhalb des Schuttstroms angetroffen wurde, ist davon auszugehen, dass ein Teil des Bergwassers die Überschiebungsbahn zwischen Innsbrucker Quarzphyllit und Bündner Schiefer durchströmt und über die Bündner Schiefer als Kluftwasseraquifer Richtung Navisbach entwässert. Das Bergwasser in den Bündner Schiefer unterhalb des Schuttstroms unterscheidet sich durch eine deutlich höhere elektrische Leitfähigkeit (320 bis 370 $\mu\text{S}/\text{cm}$) von den Quellwässern im Mittelhang und den Sickerwasserzügen des Schuttstroms (100 bis 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Zudem wurde bei Bohrungen zur Erkundung der Wasserhältnisse im Hang oberhalb der Siedlung festgestellt, dass das Bergwasser unterhalb des Schuttstroms örtlich mit Drücken bis zu etwa 1 bar gespannt sein kann. Daraus ist zu folgern, dass der Schuttstrom den Felsaquifer in Bereichen nach oben hin „abdichtet“ und nur „örtlich“ das Bergwasser in den Schuttstrom einleitet. Der Schuttstrom erfährt

aufgrund der gespannten Bergwasserverhältnisse lokal eine Auftriebswirkung. Auch innerhalb des Schuttstroms wurde in durchlässigeren Schichten lokal gespanntes Bergwasser angetroffen. Aus den Bohraufzeichnungen und Wasserstandsmessungen der Pegel geht hervor, dass kein zusammenhängendes Hangwasserniveau rekonstruiert werden kann: Die Wasserwegigkeiten und die Wasserstände innerhalb des Schuttstroms sind vielmehr als sehr irregulär zu betrachten.

Die Berechnungen zur Hangstabilität beschränkten sich auf den Schuttstrom, nachdem nur dieser aktiv in Bewegung ist. Sie erfolgten mittels analytischer und numerischer Methoden unter der vereinfachten Annahme eines zusammenhängenden Bergwasserstandes, der in den Berechnungen in der Höhe variiert wurde. Aus der ermittelten Bandbreite der Bodenkennwerte Reibungswinkel und Kohäsion (Rückrechnungen, Bohrkernaufnahme, Laboruntersuchungen, etc.) wurde eine

Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass der Stabilitätszuwachs wesentlich vom angenommenen Bergwasserstand und der angenommenen Absenkung, beispielsweise durch Vertikalbrunnen, bestimmt wird. Geht man von einem Bergwasserstand auf halber Höhe des Schuttstroms aus, was in etwa der Lage der derzeitigen Pegelwasserstände entspricht, so ergeben die Berechnungen, dass die Hangstabilität durch die Absenkung nur relativ geringfügig angehoben werden kann. Jedoch sagt die rechnerische Hangstabilität in Form des dimensionslosen Standsicherheitsbeiwertes nur bedingt etwas über die sich einstellende Reduktion der Bewegungsgeschwindigkeit aus: Von vergleichbaren anderen tiefgründigen Kriechhängen ist bekannt, dass die dort durchgeführten vergleichbaren Entwässerungsmaßnahmen zu einer deutlichen Reduktion der Bewegungen geführt haben (More & Imrie, 1995; Turner & Schuster, 1996; Parriaux et al., 2010).

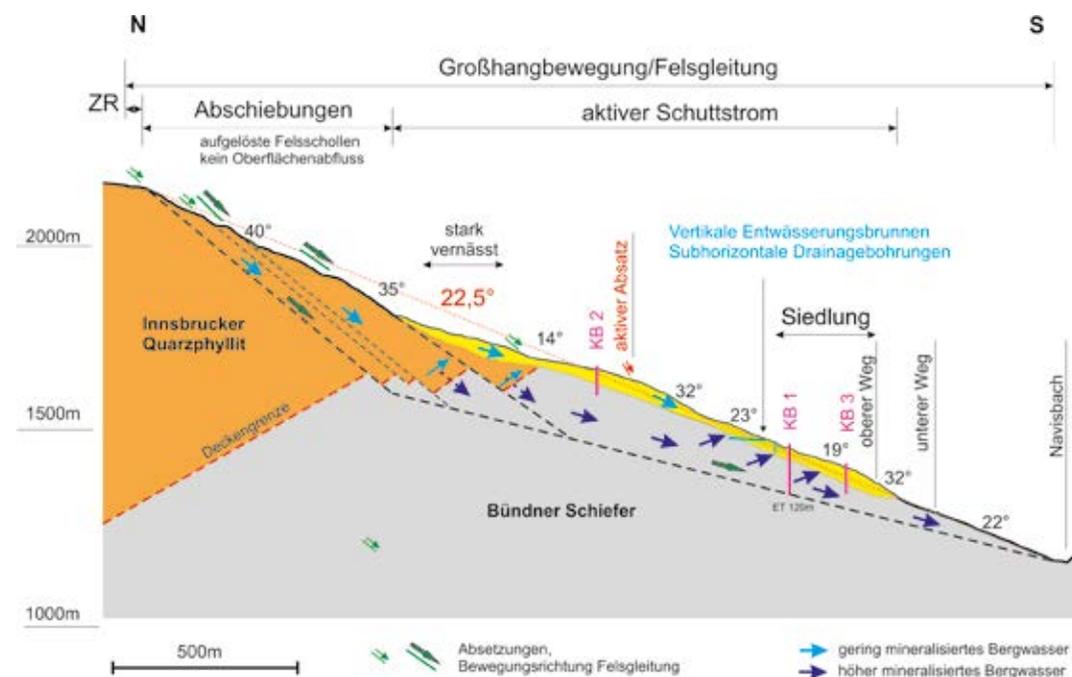


Abb. 6: Ingenieur-geologisches Modell der Großhangbewegung.

Fig. 6: Engineering geological model of the landslide.

Schutzkonzept

Basierend auf den beschriebenen Ergebnissen wurde ein Schutzkonzept, mit dem Ziel die Bewegungen zu reduzieren und die Siedlung auch künftig bewohnbar zu halten, ausgearbeitet (Abbildung 7).

Dieses Konzept beinhaltet neben der Maßnahmensetzung auch ein umfangreiches Monitoringprogramm, welches die Funktionalität und Wirkung der Maßnahmen während des Baus und anschließenden Betriebs evaluiert und überprüft (Abbildung 9).

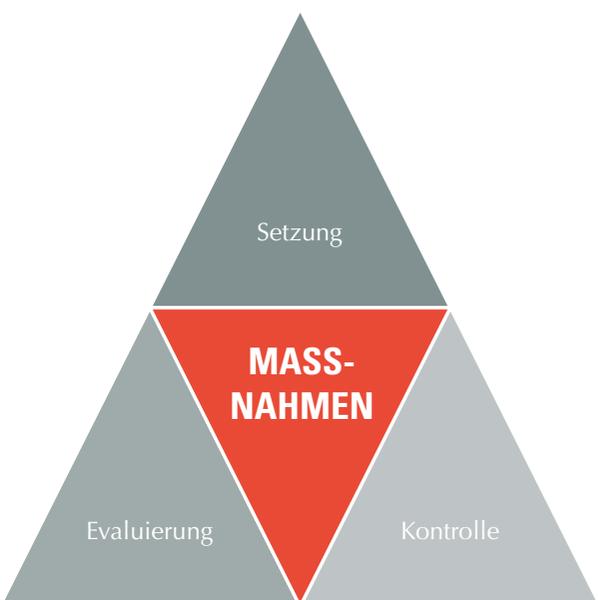


Abb. 7: Schutzkonzept

Fig. 7: Mitigation concept

Maßnahmensetzung

Bei den geplanten Maßnahmen (Abbildung 8) fanden folgende wesentlichen Überlegungen Eingang:

- eine möglichst effiziente Entwässerung des Schuttstroms

- eine Entspannung des Bergwassers im unterlagernden Felsaquifer
- eine Verbesserung des Wasserhaushalts im Hang, der Interzeption und der Evapotranspiration

Da es sich beim Schuttstrom um einen relativ tiefen und lang gestreckten Kriechhang handelt, sind konstruktive Maßnahmen technisch kaum durchführbar und wirtschaftlich nicht vertretbar. Die Maßnahmen zielen daher auf eine möglichst effektive Entwässerung des Schuttstroms ab. Die Drainagierung des unteren Teils des Schuttstroms (Punkt a) soll mittels einer vertikalen Brunnenreihe oberhalb der Siedlung erreicht werden (Abbildung 6). Durch diese Maßnahme wird eine langsame, sich über Jahre einstellende Reduktion der Bewegungen angestrebt. Eine rasche Bewegungsreduktion oder ein Stillstand ist aufgrund der großen und träge reagierenden Masse nicht wahrscheinlich. Diese Einschätzung stützt sich neben vorhandenen Beobachtungen und Untersuchungen auch auf zahlreiche in der Literatur beschriebene Beispiele zu Kriechhängen (More & Imrie, 1995; Bozanigo et al., 2007; Eberhardt et al., 2007; Parriaux et al., 2010).

Für die Entspannung des Bergwassers im Fels unterhalb des Schuttstroms (Punkt b) sind oberhalb der Vertikalbrunnenreihe subhorizontale und fächerförmig angeordnete Drainagebohrungen bis zu 120 m Länge vorgesehen. In Abhängigkeit der nachweisbaren abstromigen Wirkung werden gegebenenfalls noch weitere subhorizontale Drainageschirme unterhalb der Vertikalbrunnenreihe umgesetzt. Von einer gleichzeitigen Entwässerung des Schuttstroms und Druckentlastung des gespannten Wassers im Felsaquifer mittels bis in den Fels reichende Vertikalbrunnen wurde abgesehen, da diese Maßnahme ein nicht kalkulierbares Risiko birgt: Im Falle des Abscherens der Brunnen entlang der Gleitfläche ist ein konzentrierter Eintrag von gro-

Maßnahmen



Abb. 8: Übersicht der Maßnahmen

Fig. 8: Overview of the mitigation measures

ßen Wassermengen aus dem Felsaquifer in die Gleitfläche zu erwarten, was zu einer nichtkontrollierbaren Beschleunigung des Kriechhangs führen könnte.

Die notwendige Energie, die zum Betrieb der Pumpen für das Fördern des Wassers aus den vertikalen Brunnen benötigt wird, liefert ein Kraftwerk. Hierzu wird sämtliches Wasser, welches aus den Drainagen und Brunnen kommt, sowie ein Teil des Oberflächenwassers, genutzt.

Am stark vernässten Mittelhang, wo Bergwasser in Form von Quellen austritt, anschließend teilweise wieder im Untergrund versickert und damit den Unterhang bewässert, sind seichtgründige Entwässerungsgräben vorgesehen. Zudem sind im Bereich von Feuchtwiesen, die derzeit als Viehweiden genutzt werden, forstliche Maßnahmen zur Verbesserung der Interzeption und Evapotranspiration geplant.

Maßnahmenevaluierung

Wesentlicher Bestandteil des Schutzkonzepts ist die Evaluierung der durchgeführten Maßnahmen. Für die komplette Maßnahmensetzung sind 10 Jahre veranschlagt; davon sollen die Hauptmaßnahmen in den nächsten zwei bis drei Jahren abgeschlossen sein. Die Vorgehensweise bei der Maßnahmensetzung erfolgt schrittweise, damit die Wirkung auf die Hangwassersituation und die Bewegungsraten laufend beurteilt werden kann und gegebenenfalls Änderungen und Verbesserungen im Prozessverständnis in die Maßnahmensetzung einfließen können.

Dazu ist ein Monitoringprogramm vorgesehen (Abbildung 9). Ein Netz von ca. 40 Pegelbohrungen, die sich oberhalb und unterhalb der Vertikalbrunnenreihe befinden und mit Daten-

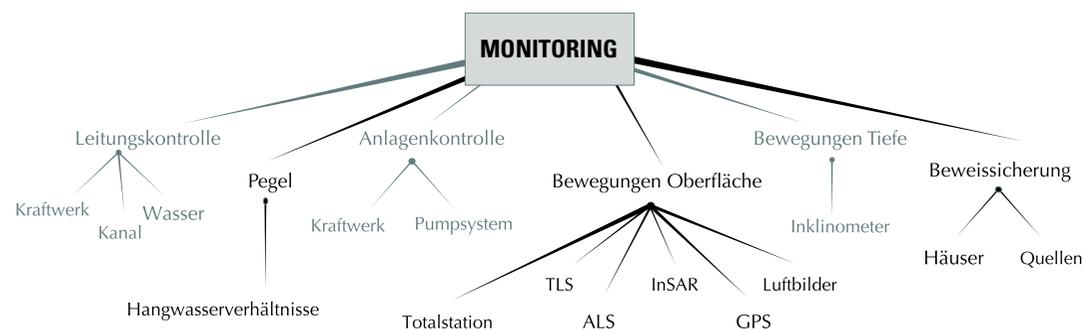


Abb. 9: Monitoringprogramm

Fig. 9: Monitoring program

loggern ausgestattet sind, gibt Auskunft über die Hangwasserverhältnisse vor und während des Betriebs des Pumpsystems. Die Totalstation liefert zusammen mit den Inklinometern Messdaten zur Bewegungsentwicklung an der Geländeoberfläche und entlang der lokalisierten Gleitflächen.

Zur Erfassung der Bewegungsentwicklung im Bereich der Siedlung, aber auch an der gesamten Südflanke Misljoch werden in den kommenden Jahren die turnusmäßigen Laserscan- und Luftbildbefliegungen fortgesetzt. Zusätzlich ist der Einsatz von zwei weiteren Technologien geplant, einerseits die Ergänzung der geodätischen Messungen durch einen terrestrischen Laserscanner (TLS), und andererseits die großflächige Erfassung der Hangbewegungen mittels Radarinterferometrie (InSAR).

Kontrollmaßnahmen

Neben der Maßnahmensetzung selbst sind auch begleitende Kontrollmaßnahmen unerlässlich. Um eine kontinuierliche und störungsfreie Absenkung des Bergwassers im Kriechhang zu gewährleisten, ist eine regelmäßige Kontrolle des Pumpsystems erforderlich. Verschlissene oder defekte Anlagenteile müssen erkannt und innerhalb kurzer Zeit ausgetauscht werden, um die Funktion des vertikalen Drainageschirms aufrecht zu erhalten.

Zudem sind alle Leitungen von Zeit zu Zeit auf ihre Dichtheit hin zu kontrollieren. Dies betrifft den Kanal, die Trinkwasserleitungen, die Drainagen und die Zuleitungen zum Kraftwerk. Letztere sind besonders kritisch, da sie die laterale Scherfuge queren und bei einem Leck große Mengen an Wasser in den Hang infiltrieren können. Durchgescherte Inklinometer sind neu herzustellen.

Sämtliche hier beschriebenen Kontrollmaßnahmen werden in einer Betriebsordnung fest-

zulegen und strikt einzuhalten sein. Nur so kann das Funktionieren des Schutzkonzepts Kerschbaumsiedlung und damit die langfristige Bewohnbarkeit der Siedlung gewährleistet werden.

Bei den Kontrollmaßnahmen sind auch Beweissicherungen zu nennen. Da zu erwarten ist, dass durch die Entwässerung des Hanges Quellen ausbleiben, werden sämtlich im Einflussbereich liegende Quellen in ihren qualitativen und quantitativen Parametern regelmäßig kontrolliert. In diesem Zusammenhang hat es sich als ein glücklicher Zufall erwiesen, dass die Quellen auf der Südflanke des Misljochs bereits Teil des Beweissicherungsprogramms der Brenner Basistunnel Gesellschaft (BBT) sind und die Daten der WLV unentgeltlich zur Verfügung gestellt werden. Zudem werden die Wohnhäuser der Siedlung im Hinblick auf Schadensansprüche ebenfalls Beweis gesichert. Auch kann nicht vollkommen ausgeschlossen werden, dass es durch die Entwässerung des Hanges zu geringfügigen Setzungen und daraus resultierenden Schäden an den Häusern kommt.

Ausblick

Es besteht begründete Hoffnung, dass die geplanten Maßnahmen zu einer signifikanten Reduktion der Bewegungsraten und damit zu einer deutlichen Verbesserung der Situation im Bereich der Kerschbaumsiedlung führen. Damit wäre eine Bewohnbarkeit der Wohnhäuser auf lange Sicht gegeben und eine potentielle Absiedlung der Bewohner abgewendet.

Dank

Abschließend gilt unser Dank der Brennerbasistunnelgesellschaft (BBT), die uns im Projekt Kerschbaumsiedlung tatkräftig unterstützt sowie Daten und Unterlagen zur Verfügung gestellt hat.

Anschrift der Verfasser / Authors' adresses:

Ing. Mag. Dr. techn. Th. Sausgruber
Forsttechnischer Dienst für Wildbach-
und Lawinenverbauung, Stabstelle Geologie
Wilhelm Greilstraße 9, 6020 Innsbruck
thomas.sausgruber@die-wildbach.at

Mag. Dr. Daniela Engl
Forsttechnischer Dienst für Wildbach-
und Lawinenverbauung, Stabstelle Geologie
Wilhelm Greilstraße 9, 6020 Innsbruck
daniela.engl@die-wildbach.at

DI Mag. Florian Riedl
Forsttechnischer Dienst für Wildbach-
und Lawinenverbauung, GBL Mittleres Inntal
Josef Wilbergerstr. 41, 6010 Innsbruck
florian.riedl@die-wildbach.at

DI Johannes Anegg
Amt der Tiroler Landesregierung,
Abteilung Geoinformation
Herrengasse 1, 6020 Innsbruck
johannes.anegg@tirol.gv.at

DI Lienhart Troyer
TRIGONOS ZT GmbH
Hermann-von-Gilm-Straße 5, 6130 Schwaz
office@trigonos.at

Priv. Doz. DI Dr. techn. Robert Hofmann
ZT Büro Hofmann
Hochstraße 17/2, 2380 Perchtoldsdorf
hofmann.geotechnik@aon.at

Literatur / References:

J BONZANIGO L., EBERHARDT E., LOEW S. (2007):
Long-term investigation of a deep-seated creeping landslide in crystalline rock. Part I. Geological and hydromechanical factors controlling the Campo Vallemaggia landslide. Canadian Geotechnical Journal, 44 (10), 1157-1180.

EBERHARDT E., BONZANIGO L., LOEW S. (2007):
Long-term investigation of a deep-seated creeping landslide in crystalline rock. Part II. Mitigation measures and numerical modelling of deep drainage at Campo Vallemaggia. Canadian Geotechnical Journal, 44 (10), 1181-1199.

MOORE, D.P., IMRIE, A.S. (1995):
Stabilization of Dutchman's Ridge. In: Bell R. (ed.) International Symposium on Landslides. ISL VI. Balkema, Christchurch. 1783-1788. 33) Moore, D.P. (1999): Rock slopes and Reservoirs – lessons learned.

PARRIAUX, A; BONNARD, C.; TACHER, L. (2010):
Rutschungen: Hydrogeologie und Sanierungsmethoden durch Drainage. Leitfaden. Umwelt-Wissen Nr. 1023. Bern: Bundesamt für Umwelt.

ROCKENSCHAUB, M.; NOWOTNY, A. (2009):
Geologische Karte der Republik Österreich. M=1:50.000, Blatt 148, Brenner. Wien: Geologische Bundesanstalt.

STINI, J. (1941):
Unsere Täler wachsen zu. Geol. Bauwes. 13/1, 72-7.

TURNER, A.K.; SCHUSTER, R.L. (1996):
Landslides - Investigation and Mitigation. Transportation Research Board Spec. Report 247. Washington: Nat. Acad. Press.



GEOTECHNIK HENZINGER

Zivilingenieur für Bauwesen

A - 6 0 9 5 G r i n z e n s , P l a t t a c h 5
T e l . : 0 5 2 3 4 / 6 5 5 3 3 , F a x . : D W 5

e-mail: j.henzinger@geotechnik-henzinger.at
w w w . g e o t e c h n i k - h e n z i n g e r . a t

G R U N D B A U - D A M M B A U - G E O T E C H N I K

CATRIN PROMPER

Spatial and temporal development of landslide risk – a contribution to risk management in the context of global change (Summary of doctoral thesis)

Räumliche und zeitliche Entwicklung von Risiko durch Rutschungen – ein Beitrag zu Risikomanagement im Kontext des globalen Wandels (Zusammenfassung Disseration)

Abstract:

Prospective spatial planning serves as an effective mitigation measure to avoid undesirable development in hazardous areas and therefore an integral component of natural hazard risk management. The spatial distribution of future landslide risk is influenced by several dynamic factors related to global change. Examples analysed in this study are variances in the distribution of elements at risk or changes in precipitation patterns. These altered precipitation patterns might be leading to a spatial change of the occurrence of related natural processes. The approximation of future landslide risk scenarios on a regional scale supports the identification of potential hotspots and areas of spatial shifts of landslide risk. The aim of this thesis of the author was to approximate future landslide risk scenarios by including effects of coincident changes of selected dynamic factors.

Keywords:

Risk scenarios, landslides, natural hazard management, land cover changes, exposure

Zusammenfassung:

Raumplanung ist ein wesentliches Element um ungünstige Formen der Entwicklung in potenziell gefährdeten Gebieten zu vermeiden und somit auch ein wichtiger Teil des Risikomanagements. Die räumliche Verteilung von Risiko durch Rutschungen wird von verschiedenen dynamischen Faktoren des globalen Wandels beeinflusst. Beispielsweise wurden in dieser Arbeit Änderungen der regionalen Verteilung von Risikoelementen und die Veränderungen von Niederschlagsmustern, welche wiederum zur Änderung des lokalen Auftretens von Rutschungsprozessen führen können, untersucht. Szenarien zukünftiger Entwicklung des Risikos gegenüber gravitativen Massenbewegungen auf regionaler Ebene dienen der Identifikation von potenziellen Hotspots und von Bereichen, die eine Änderung des Risikos in einem gewissen Zeitraum erfahren könnten. Das Ziel der Dissertation der Autorin war, potenzielle Risikoszenarien in Bezug auf Rutschungsprozesse anhand ausgewählter dynamischer Aspekte des globalen Wandels zu entwickeln.

Stichwörter:

Risikoszenarien, Rutschungen, Naturgefahrenmanagement, Landnutzungsänderung, Exposition

Introduction

In many mountainous regions worldwide, landslides are a major threat and can cause direct, e.g. collision or deformation, but also indirect impacts (Glade et al., 2005), e.g. road or river blockages. These damages affect elements like infrastructure, constructed facilities, the natural environment but also human lives (Lacasse et al., 2009). The challenge of reducing landslide damages is dependent on various aspects not only related to predisposing and preparatory factors, but also to triggering factors and the subsequent combination to indicate the potential locations of future landslides. Additionally it is important to assess the location of the potential elements at risk, which are also manifold and variable over time.

Therefore the motivation of this thesis was to gain knowledge on dynamic factors of regional landslide risk assessment for integration into integrated risk management, and further to develop

a modelling framework for land cover as input to dynamic landslide risk assessment to identify potential future development areas and the respective exposure. The first step herein was to conduct a detailed analysis of the current situation of exposed elements at risk in the study area before analysing past situations and modelling future scenarios.

Natural hazard risk in a changing environment

Risk assessment refers to the combination of the potential consequences of an event, expressed by an exposed element at risk, its vulnerability, and the associated probability of occurrence of a disruptive/hazardous event (IEC/ISO 2009). Related to natural hazards it can be described as a measure of the probability and severity of loss to the elements at risk, usually expressed for a unit area, object or activity, over a specified period of time (Glade et al., 2005). Examples for such elements at risk would be population, residential buildings,

linear infrastructure, critical infrastructure and services, but also natural resources and reserves (e.g. Corominas et al., 2013; Fell, 2008). These elements at risk are exposed due to their location (UN-ISDR, 2009) and have individual characteristics determining the respective vulnerability to a hazard with a given magnitude and frequency.

The earth surface is a dynamic system that is influenced not only by natural but also anthropogenic factors (USGS, 2010). This relates to global change, which comprises more than climate change, but also refers to changes in population, economy, resource use, especially for production of energy, transport and communication, land use and land cover, urbanization, globalization, atmospheric composition, riverine flow, the nitrogen and carbon cycle, the physical climate, biological diversity etc. (Le Cozannet, 2013; Klein Goldewijk, 2004; Steffen, 2004; Slaymaker, 2009). Overall it refers to a remarkable change in the human-environment-relationship that has occurred during the last centuries (Steffen et al., 2004).

Referring to landslide risk this indicates that changes in the spatial pattern over time do not only refer to a changed pattern of predispo-

sing, controlling or triggering factors of landslides but also to a spatial change of potential elements at risk. An example would be limited building land in Alpine areas, which causes increased building activity on hillsides (Promper, et al., 2015). This can potentially conflict with already existing land sliding areas or coincide with potential land sliding areas due to for example a changing pattern of precipitation as triggering factor. Figure 1 illustrates that only when the natural processes or hazards coincide with the exposed elements showing a certain vulnerability, risk is attributed. Based on the environmental and climate change as well as the socio-economic changes mentioned above, this figure further indicates a potential change of risk. This change can be expressed in an increase or decrease of existing areas at risk or also emergence of new areas at risk.

In this thesis, the focus was laid on the locational changes of the landslide risk on a regional basis and therefore the external, spatial side of vulnerability – exposure – was analysed in detail. For this analysis land cover serves not only as a proxy for the distribution of elements at risk but also, in addition to precipitation, as dynamic input for the landslide susceptibility modelling.

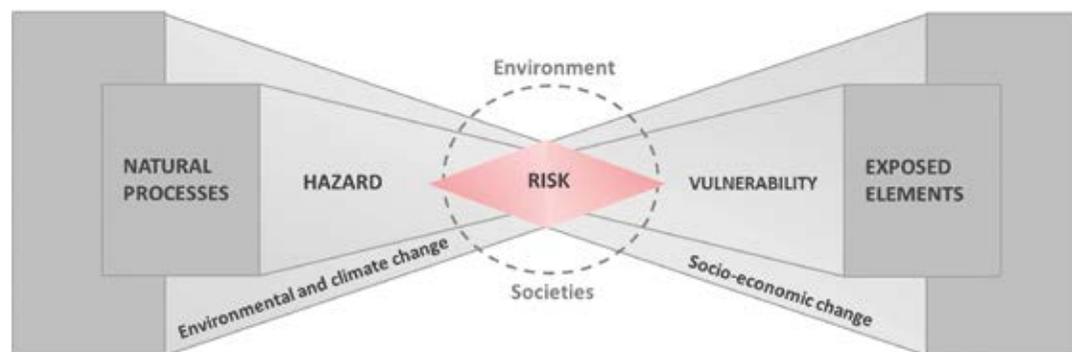


Fig. 1: Natural hazard risk assessment in a changing environment (modified after Alexander (2002) and Malet (2012)).

Abb. 1: Naturgefahren- und Risikoabschätzung in einer sich verändernden Umwelt (modifiziert nach Alexander (2002) and Malet (2012)).

Study area

The study area Waidhofen/Ybbs is located in the southwestern part of Lower Austria, Austria. The whole district covers around 130 km² and inhabits around 11.000 people. The lithology is comprised of Flysch in the northern part, and dolomites and calcareous rocks in the southern part of the study area. This is mirrored by the terrain, which is mainly characterized by smooth hills in the north whereas the southern part is characterized by steep hills and deeply incised valleys. The main land cover types are forest, grassland and building area, which is mainly concentrated at the valley bottoms. In the northern part scattered farmhouses and hamlets are also located on the hilltops.

Method

The exposure analysis in this thesis is split into two phases – in the first phase the current situation of landslide exposure is assessed by creating a multilayer exposure map. The second phase encompasses the analysis of the past and future landslide exposure by incorporating the land cover and precipitation scenarios.

For the analysis of the current exposure a detailed catalogue on elements at risk was established by extracting buildings from the digital cadastre and complementing this by orthophoto mapping (Promper and Glade acc.). This catalogue was then extended in the field with characteristics of the buildings e.g. number of storeys, condition, type etc. For the creation of the multilayer exposure map two layers of elements at risk

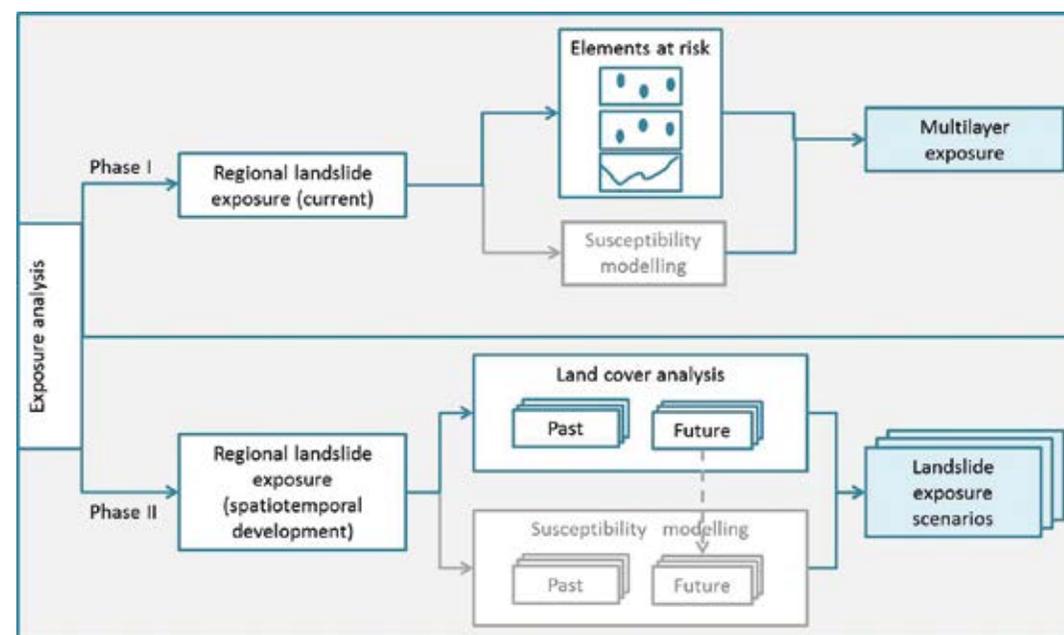


Fig. 2: Overview of the applied exposure assessment (contribution within this thesis in blue) (modified after Promper (2014)).

Abb. 2: Überblick der durchgeführten Expositionsanalyse (Beitrag aus dieser Dissertation in blau) (modifiziert nach Promper (2014)).

from the database and a third layer comprising the streets and roads in the study area were prepared. These point and line features were further buffered individually by a buffer of 50 m to account for the average length of landslides in the study area before superimposition (Promper and Glade acc.). This multilayer map of elements at risk was then further overlaid with landslide susceptibility in order to analyse in which areas of e.g. high landslide susceptibility one or more groups of elements at risk are affected (Promper and Glade acc.).

The second phase of the analysis comprised the past and future development of landslide risk. The first step herein was to analyse the correspondent land cover development. For the past land cover orthophotos from 1962, 1977 and

1988 were mapped in a GIS environment (see also Promper and Glade (2012)). The map of 2005 as the base map for the analysis is a combination of digital cadastre and orthophoto mapping. For the future land cover scenarios various components e.g. spatial planning restrictions, location specific characteristics like aspect or slope, conversion settings and land cover type specific demand, representing the increase or decrease of the different land cover types per year were combined (Promper et al., 2014). For this thesis the future land cover maps were modelled with the Dyna-CLUE modelling framework (Verburg et al., 2009) and land cover development scenarios for Austria established by the Austrian Conference on Spatial Planning (Hiess et al., 2009), which were adapted

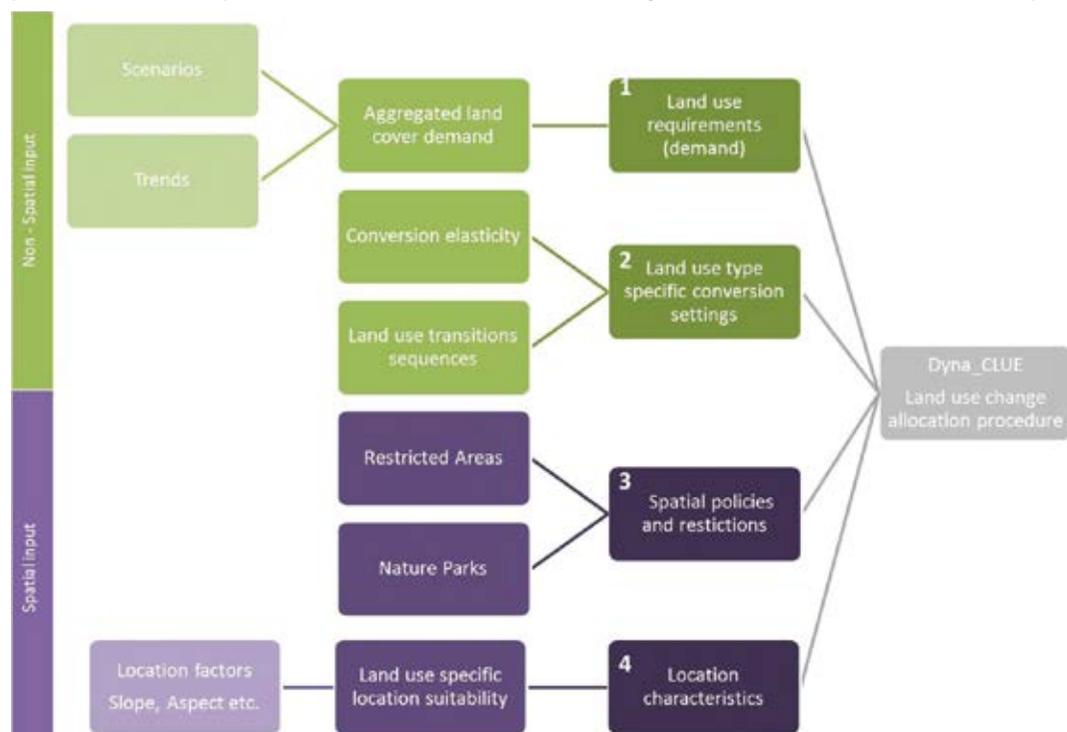


Fig. 3: Spatial and non-spatial input data to the Dyna-CLUE modelling framework (Promper et al. 2014 - altered from Verburg and Overmars (2009))

Abb. 3: Räumliche und nicht räumliche Inputdaten für das Dyna-CLUE Modellierungsframework (Promper et al. 2014 – verändert nach Verburg and Overmars (2009))

for the study area (see also Promper et al. (2014)). The Dyna-CLUE modelling framework was selected on the basis of the criteria space, time and human decision making (Promper, 2014). It allows scenario based spatially explicit analysis of land cover and time steps of one year, which are appropriate to capture land cover changes. Further it serves the purpose of a regional analysis (Verburg and Overmars, 2009).

The quantitative demand represents the increase or decrease of each land cover type in hectare per year. The input data for the land cover modelling of this analysis can be grouped into two non-spatial and two spatial inputs. The demand module [1] and the land cover type specific conversion settings [2] represent the non-spatial inputs (figure 3). The spatial policies and restrictions [3] and the location characteristics [4] represent the spatially explicit inputs (figure 3). The model then allocates the defined demand [1] according to the given probability, which is defined by the various input datasets. This means that each pixel is dependent on its elasticity to change, its statistically determined relationship to the driving factors and on competition regarding other pixels (Verburg et al., 2002).

For the analysis of landslide exposure the developed land cover maps were then superimposed with the susceptibility maps for the corresponding time steps in order to illustrate the development over time (Promper et al., 2015). This herein follows a simple raster calculation and therefore enables a location specific depiction of the results in a GIS environment.

The landslide susceptibility maps (Gassner et al., 2013), that are integrated into the study as an external dataset, are created by the application of multivariate logistic regression. Additionally to the static factors, e.g. lithology, slope etc., the land cover and precipitation datasets

for the different time periods were exchanged accordingly. Based on Wallner (2012) the daily maxima of precipitation were applied, further details can be found in Gassner et al. (2013) and Gassner et al. (2014).

For the superimposition the susceptibility map was prepared with classes 1 (very low susceptibility) to 4 (high susceptibility) and the land cover dataset was classified from 0 – 8 for the different classes (Promper, 2014). The multiplication in the raster calculation implies the multiplication of the susceptibility map by 10 before it is added to the land cover classes to ensure replicability in the final exposure dataset (Promper, 2014).

Thereby the areas with elements at risk that are e.g. exposed to high or very high landslide susceptibility can be delineated for the years 1962, 1979, 1988, 2005 and for each year up to 2100. The analysis and interpretation of this map can be conducted qualitatively, especially focusing on hotspot analysis, and quantitatively for the different land cover types.

Results

The results of the first analysis phase, the current exposure, indicate that especially in the western and southern part of the study area locations with three layers of elements at risk coincide with highly susceptible areas (Promper and Glade acc.). Further smaller locations in the northern and eastern part also indicate areas of two to three layers of elements at risk that are affected by high to very high landslide susceptibility.

The land cover modelling results of the second analysis phase indicate new locations for building area in the northern part and especially in the southern part of the study area, along the valleys, but also on hill tops (Promper et al.,

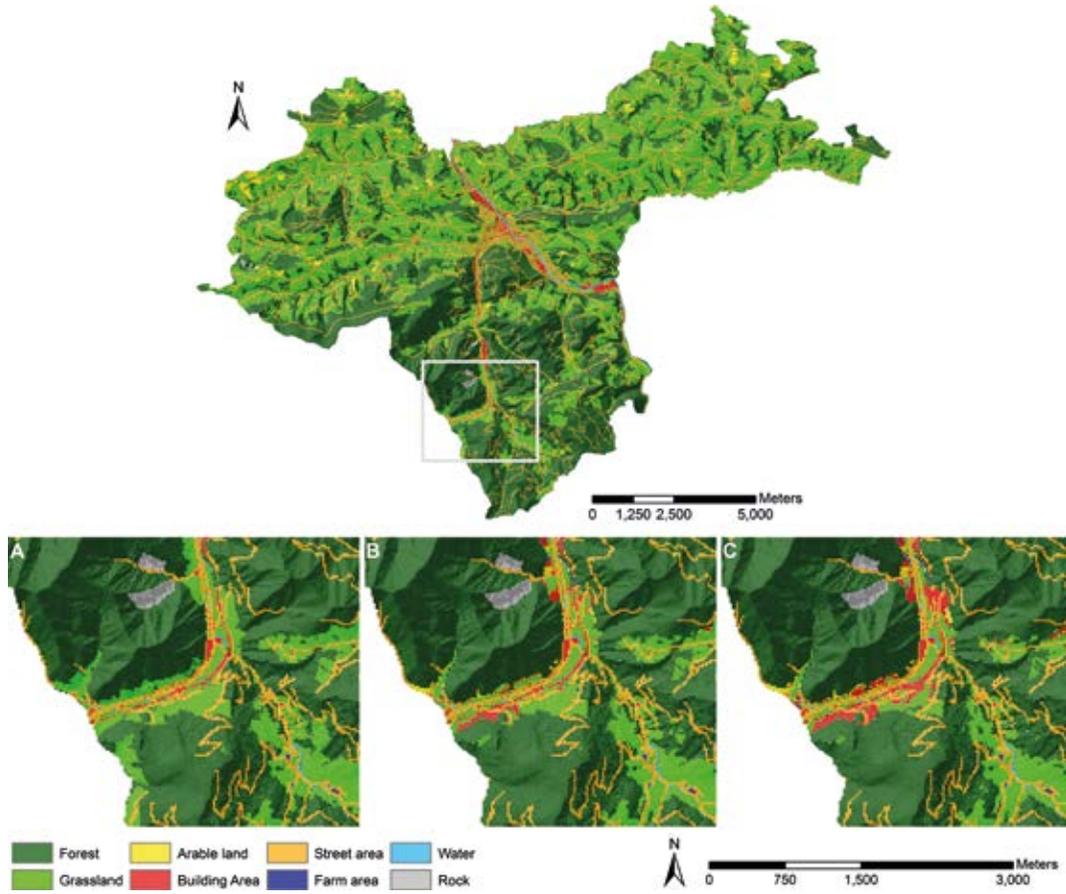


Fig. 4: Land cover scenario "Overall Competition" for 2005 (A), 2050 (B) and 2100 (C), the overview is from 2005 (Promper 2014).

Abb. 4: Landnutzungsszenario "Alles Wettbewerb" für 2005 (A), 2050 (B) and 2100 (C), die Übersichtskarte zeigt das Jahr 2005 (Promper 2014).

2014). Further the increase of forests alongside existing forest areas can be detected, see figure 4 below. Regarding the different scenarios it is mainly the extent of the areas of e.g. new building or forest area that varies and not the locations (Promper, 2014).

The quantitative analysis of the results of the development of landslide exposure indicates that there will be new areas of landslide exposure, areas with increased exposure and also new hot-spots of landslide exposure will develop (Promper et al., 2015). These are areas where either building or street area develops in areas that are already

susceptible to landslides or areas that also show an increase in landslide susceptibility. However, an increase in landslide susceptibility in locations of already existing building or street area can also be detected. The following figure 5 indicates the exposure for street area for the past and all four future scenarios. As street area is a linear feature, it is not developing in the land cover model (figure 5) and therefore relates to changes in landslide susceptibility only (Promper et al., 2015). Figure 6 indicates the changes in exposed building and farm area, which relate to an increase in susceptibility but also to an increase of elements at risk

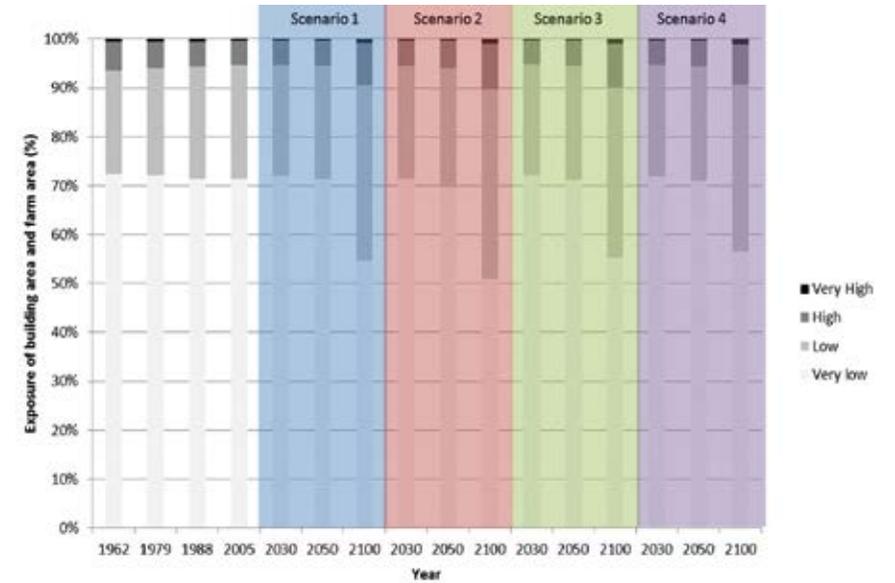


Fig. 5: Percentage of area of landslide exposure for street area from 1962 to 2100 for all scenarios (Promper et al., 2015).

Abb. 5: Prozentanteil der Strassenflaeche in den unterschiedlichen Klassen der Rutschungsexposition (Promper et al., 2015).

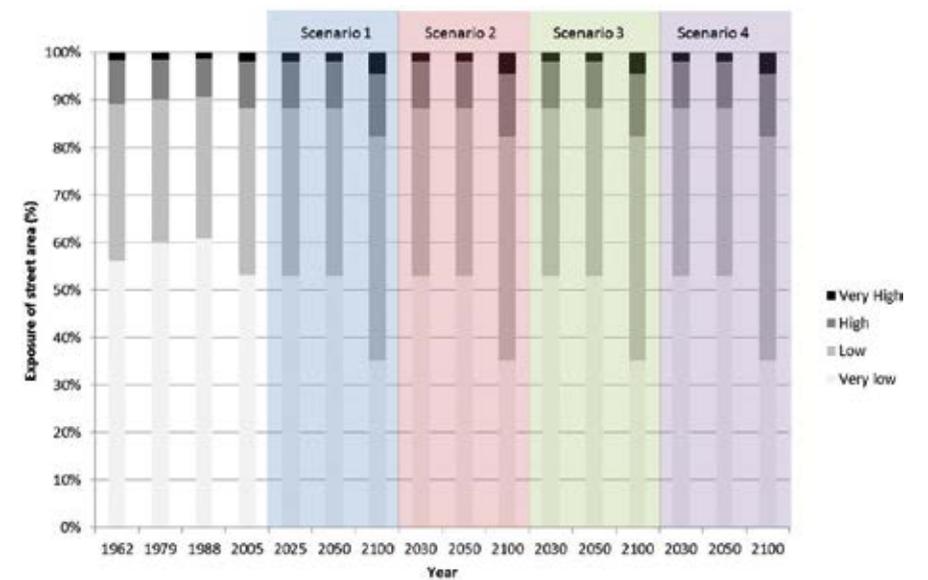


Fig. 6: Percentage of area of landslide exposure for building and farm area from 1962 to 2100 for all scenarios (Promper et al., 2015).

Abb. 6: Prozentanteil des Baulandes und der landwirtschaftlichen Gebäude in den unterschiedlichen Klassen der Rutschungsexposition (Promper et al., 2015).

in susceptible areas (Promper et al., 2015). Both figures indicate that especially the medium classes of landslide exposure increase for the last time step 2050 – 2100 for all four scenarios.

Discussion and conclusion

The spatially explicit landslide exposure scenarios produced in this study can only be evaluated considering the parameters that were integrated in the different models and also the accumulated uncertainties. Therefore, the results represent a methodological approach testing potential future landslide exposure as a central part of landslide risk analysis. This thesis further focusses on land cover as a major input to landslide exposure assessment as land cover change links natural and human systems (Koomen, 2007), which is a key factor in the context of natural hazard and risk assessment (Promper et al., 2014). Additionally the change in land use and land cover is related to the aforementioned interactions of these human and natural subsystems (Rindfuss et al., 2004).

Dealing with future scenarios naturally implies uncertainties. The past only represents one realisation of a potential land use change development (Rounsevell et al., 2005) and hence scenarios are models of how the real world potentially functions. Therefore, scenarios themselves approximate different alternative futures by changing parameters, where the inherent uncertainty of these parameter values is acceptable and according to Rounsevell (2006) it further is the inherent nature of scenario analysis.

The current multilayer exposure map gives a sound overview of the composition of the overall exposure and illustrates where landslide susceptible areas coincide with multiple layers of elements at risk (Promper, 2014). Therefore, the map enables to detect highly exposed areas related to landslides, which could be valuable

knowledge when deciding on the application of detailed vulnerability and risk analysis. With the comprehensive database as available from this study, it is further possible to quickly delineate which elements are affected, and which specific characteristics the respective buildings have (Promper, 2014).

Referring to the analysis of future exposure the results indicate a potential increase of elements at risk exposed to high and very high susceptibility. This also relates to the increasing land consumption in areas exposed to natural hazards and increasing susceptibility to natural hazards, raising the damage potential and increasing pressure on the limited alpine space (AdaptAlp, 2011; Fuchs and Keiler, 2013). This indicates a need for adaptation to potential future circumstances and spatial planning is a means to navigate changes and negotiate between competing demands (AdaptAlp, 2011). Although the methodological approach for approximating the future exposure development is connected to various sources of uncertainty it gives a range of possible developments that could be interesting for future land use planning and land management.

Acknowledgements

This work would not have been possible without my supervisor Dr. Thomas Glade who highly encouraged me to proceed on this topic and supported me throughout the thesis. Further I would like to thank the Provincial Government of Lower Austria for their support and the provision of data.

Anschrift der Verfasserin / Author's address:

Dr. Catrin Promper
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung III 5
Marxergasse 2, 1030 Wien
catrin.promper@bmlfuw.gv.at

Literatur / References:

- ADAPTALP 2011.
ADVANCE Common Strategic Paper.
- ALEXANDER D. 2002.
Principles of Emergency Planning and Management.
- COROMINAS J., WESTEN C., FRATTINI P., CASCINI L., MALET J. P., FOTOPOULOU S., CATANI F., ECKHAUT M., MAVROULI O., AGLIARDI F., PITILAKIS K., WINTER M. G., PASTOR M., FERLISI S., TOFANI V., HERVÁS J. and SMITH J. T. 2013.
Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 73. 2. 209-263.
- FELL R., COROMINAS J., BONNARD C., CASCINI L., LEROI E. and SAVAGE W. Z. 2008.
Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Engineering Geology*, 102. 3-4. 85-98.
- FUCHS S. and KEILER M. 2013.
Space and time: coupling dimensions in natural hazard risk management? In: MÜLLER-MAHN D. (ed.) *The spatial dimension of risk – how geography shapes the emergence of riskscapes*. London: Earthscan.
- GASSNER C., PROMPER C., BEGUERÍA S. and GLADE T.
Climate change impact for spatial landslide susceptibility IAEG XII Congress Engineering Geology for Society and Territory 2014 Torino. Springer.
- GASSNER C., PROMPER C., PETSCHKO H. and GLADE T. 2013.
Scenarios of future landslide susceptibility - incorporating changes in land cover and climate. *European Geoscience Union General Assembly 2013*. Vienna: Copernicus Publications.
- GLADE T. and CROZIER M. J. 2005.
The Nature of Landslide Hazard Impact. *Landslide Hazard and Risk*. John Wiley & Sons, Ltd.
- HIESS H., GRUBER M., PAYER H., PENKER M., SCHRENK M., WANKIEWICZ H. and ZUMBUSCH K. 2009.
Szenarien der Raumentwicklung Österreichs 2030 Regionale Herausforderungen & Handlungsstrategien. Geschäftsstelle d. Österr. Raumordungskonferenz (ÖROK).
- IEC/ISO 2009. IEC 31010:2009
Risk management -- Risk assessment techniques.
- KLEIN GOLDEWIJK K. and RAMANKUTTY N. 2004.
Land cover change over the last three centuries due to human activities: The availability of new global data sets. *GeoJournal*, 61. 4. 335-344.
- KOOMEN E. 2007.
Modelling Land-Use Change: Progress and Applications, Springer.
- LACASSE S. and NADIM F. 2009.
Landslide Risk Assessment and Mitigation Strategy. In: SASSA K. and CANUTI P. (eds.) *Landslides – Disaster Risk Reduction*. Springer Berlin Heidelberg.
- LE COZANNET G., MODARESSI H. and DESRAMAUT N. 2013.
Global change and its implications for natural disasters. In: BOBROWSKY P. (ed.) *Encyclopedia of Natural Hazards*. Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer.
- MALET J. P., REMAÎTRE A., PUISSANT A., SPICKERMANN A., GLADE T., PROMPER C., PETSCHKO H., BÉGUERÍA S. and SANCHEZ G.
Changing RISKS: Changing pattern of landslide risks as a response to global changes in mountain areas. Circle2 midterm Meeting, 2012 Innsbruck.
- PROMPER, C. (2014).
Spatial and temporal development of landslide risk - a contribution to risk management in the context of global change Institut für Geographie und Regionalforschung, Wien, Universität Wien.
- PROMPER C., GASSNER C. and GLADE T.
in press. Spatiotemporal patterns of landslide exposure – a step within future landslide risk analysis on a regional scale applied in Waidhofen/Ybbs Austria. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 12: 25-33.
- PROMPER C. and GLADE T.
Land cover changes for landslide risk evolution – first results from Lower Austria. In: EBERHARDT E., FROESE C., TURNER A. K. and LEROUEIL S., eds. *11th International Symposium on Landslides and 2nd North American Symposium on Landslides and Engineered Slopes Protecting Society through Improved Understanding*, 2012 Banff, Canada. 409-413.
- PROMPER C. and GLADE T. acc.
Multilayer exposure maps as a basis for a regional vulnerability assessment - applied in Waidhofen/Ybbs, Austria. In: FUCHS S. and GLADE T. (eds.) *Vulnerability Assessment in Natural Hazard Risk: A Dynamic Perspective*. London: The Geological Society.
- PROMPER C., PUISSANT A., MALET J. P. and GLADE T. 2014.
Analysis of land cover changes in the past and the future as contribution to landslide risk scenarios. *Applied Geography*, 53. 11-19.
- PROMPER, C. AND RUDOLF-MIKLAU F. 2015.
Die ÖREK-Partnerschaft „Risikomanagement für gravitative Naturgefahren“: Problemstellung und fachpolitische Ziele. *Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung Fachliche Empfehlungen & Materialienband*. ÖROK.
- RINDFUSS R. R., WALSH S. J., TURNER B. L., FOX J. and MISHRA V. 2004.
Developing a science of land change: Challenges and methodological issues. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101. 39. 13976-13981.
- ROUNSEVELL M. D. A., EWERT F., REGINSTER I., LEEMANS R. and CARTER T. R. 2005.
Future scenarios of European agricultural land use: II. Projecting changes in cropland and grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 107. 2-3. 117-135.
- ROUNSEVELL M. D. A., REGINSTER I., ARAÚJO M. B., CARTER T. R., DENDONCKER N., EWERT F., HOUSE J. I., KANKAANPÄÄ S., LEEMANS R., METZGER M. J., SCHMIT C., SMITH P. and TUCK G. 2006.
A coherent set of future land use change scenarios for Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 114. 1. 57-68.
- SLAYMAKER O., SPENCER T. and EMBLETON-HAMANN C. (eds.) 2009.
Geomorphology and Global Environmental Change, New York: Cambridge University Press.
- STEFFEN W., ANDREA E. M., O., BOLIN B., COX P. M., CRUTZEN P. J., CUBASCH U., HELD H., NAKICENOVIC N., SCHOLE R. J., TALAUE-MCMANUS L. and TURNER II B. L. 2004a.
Abrupt Changes The achilles' heel of the earth system. *Environment*, 46. 3. 8-20.
- UN-ISDR. 2009.
2009 UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction [Online]. [Accessed 10.11.2013].
- USGS. 2010.
Climate Change Science [Online]. U.S. Department of the Interior | U.S. Geological Survey. Available: <http://geochange.er.usgs.gov/> [Accessed 07.02.2012].
- VERBURG P. and OVERMARS K. 2009.
Combining top-down and bottom-up dynamics in land use modeling: exploring the future of abandoned farmlands in Europe with the DYNACLUE model. *Landscape Ecology*, 24. 9. 1167-1181.
- VERBURG P. H., SOEPBOER W., VELDkamp A., LIMPIADA R., ESPALDON V. and MASTURA S. S. A. 2002.
Modeling the Spatial Dynamics of Regional Land Use: The CLUE-S Model. *Environmental Management*, 30. 3. 391-405.
- WALLNER S. 2012.
Niederschlagsschwellenwerte für die Auslösung von gravitativen Massenbewegungen – Eine Analyse in der rhenodanubischen Flyschzone Niederösterreichs. Diplomarbeit, University of Vienna.

ARNOLD KOGELNIG, MICHAEL MÖLK

Zerstörungsfreie Prüfung von Mikropfählen

Non-Destructive Testing of Micro-Piles

Zusammenfassung:

Um Bauwerke wie Steinschlag- und Lawinenanbruchverbauungen, Stützbauwerke und Gründungen zu realisieren, werden seit fast 50 Jahren unzählige Fundamente in Form von Mikropfählen (bzw. Boden- oder Felsnägel) verbaut. Da die Überprüfung der Integrität (Unversehrtheit) der Pfähle durch rein visuelle Inspektion nicht und durch aufwändige Zugversuche mit einer hydraulischen Presse in alpinem Gelände meist nur sehr aufwändig möglich ist, besteht schon ab der Errichtung eine technische bzw. sicherheitstechnische Unsicherheit. Zerstörungsfreie Prüfungen von Pfählen mittels Impuls-Echo Test können bei diesen Problemstellungen wichtige Informationen liefern. Diese Tests sind im Bergbau seit Jahrzehnten gängige Praxis und haben sich dort bewährt.

Stichwörter:

Mikropfahl, Prüfung, zerstörungsfrei, Integrität

Abstract:

Micro piles (e.g. ground anchors, soil nails or rock bolts) are commonly used for construction and repair of foundations for rock fall nets and snow bridges, retaining walls etc. These systems have been used in different types for over 50 years now. Once installed they face potential problems due to corrosion, broken bolts, poor quality of the encapsulation, etc., which can not or just very poorly be detected by visual observation or existing condition assessment tests. A failure may cause significant damage on infrastructure and endanger human beings. Non-destructive integrity tests, such as the impulse-echo technology, can supply crucial information about the performance of these elements and have been used in the mining and tunnelling sector for decades.

Keywords:

Micro-piles, test, non-destructive, integrity

Einleitung

Bei Fundierungen von auskragenden Konstruktionen im alpinem Gelände wie z. B. Steinschlag-schutznetze und Lawinenstützverbauungen werden meist Mikropfähle eingesetzt. Aufgrund der kleinräumig stark wechselnden Untergrundverhältnisse und den beschränkten Möglichkeiten hochalpiner Baufelder sind Methoden, wie sie im klassischen Tiefbau angewandt werden, oft nicht einsetzbar. So können z. B. auf Druck belastete Mikropfähle im steilen Gelände aufgrund der apparativen Einschränkungen (Leichtbohrlafetten, keine Fahrwege, etc.) bestenfalls auf Zug geprüft werden, jedoch ist diese Prüfung meist sehr aufwändig. Die Prüfapparaturen sind bei den auftretenden großen Einwirkungen von mehreren hundert kN sperrig, schwer und oft nur mit Hub-schraubertransporten vor Ort zu bringen. Daher ist eine qualitative Überprüfung der errichteten Fundierungen mit möglichst geringem Material- und Zeitaufwand von großer wirtschaftlicher und logistischer Bedeutung.

Die ONR 24806 empfiehlt für hochalpine Baufelder einerseits Eignungsprüfungen an

Probe-Mikropfählen und andererseits Abnahmeprüfungen, welche nachweisen sollen, dass die eingesetzten Fundierungssysteme in der Lage sind, den Bemessungseinwirkungen auch ausreichende Auszieh Widerstände entgegenzusetzen.

Impuls-Echo Test

In den letzten Jahren wurde die ursprünglich im Bergbau für die Integritätsprüfung von Felsankern eingesetzte Impuls-Echo Methode RokTel für die Anwendung im Bereich von Steinschlag- und Lawinenverbauungen geprüft und weiterentwickelt. Bei dieser Technologie zur zerstörungsfreien Prüfung von Mikropfählen wird ein Impuls am Pfahlkopf aufgebracht, wodurch sich in Folge eine Stoßwelle entlang des Stabes ausbreitet (Abb. 1). Durch die Analyse der aufgezeichneten Resonanz des Bewehrungsstabes können Informationen über die Unversehrtheit des Stabes und die Qualität des Verbundes zwischen Stab und Mörtel abgeleitet werden (Ivanovic, A. 2001; Starkey et al., 2001). Diese zerstörungsfreie Prüfung wird in ihrer ursprünglichen Anwendung im Untertagebau vor allem bei Ankern im kompakten Festgestein durchgeführt (z.B. in Minen). Für die-

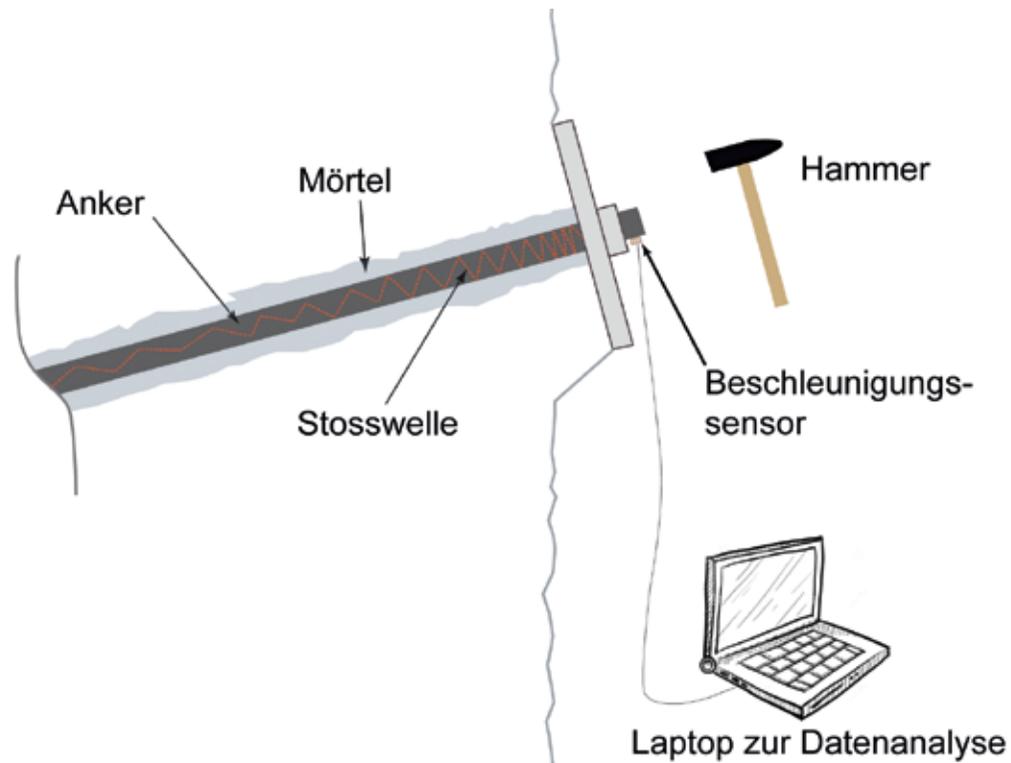


Abb.1: Prinzip-Skizze der Impuls-Echo Methode. Durch Hammerschlag wird ein Impulseintrag am Pfahlkopf aufgebracht und die Analyse der reflektierten Stoßwellen liefert Informationen über die Unversehrtheit des Systems.

Fig. 1: Principal sketch of the Impact-Echo methodology. The impulse is applied by a hammer and through the analysis of the response signal of the system information about the integrity of the system can be obtained.

sen Einsatzbereich gibt es zahlreiche praktische Erfahrungen und theoretische Studien. Bei diesen Verhältnissen (Stahl, Verpressmörtel und Gebirge haben ungefähr dieselbe Ausbreitungsgeschwindigkeit von Stoßwellen) sind die Auswirkungen von Fehlstellen (z.B. Verbund Ankerstange und Verpressmörtel) auf das reflektierte Signal weitgehend geklärt und Frequenzspektren sowie Zeitreihen können gut interpretiert werden (Poisel u. Heuer, 2014).

Grundsätzlich kann diese Methode auch dazu benutzt werden bei Mikropfählen im Lockergestein Aussagen über die Qualität zu machen. In der Literatur finden sich mehrere Studien in denen mittels Impuls-Echo Tests an Bodennägeln

im Lockergestein Querschnittsveränderungen des Bewehrungsstabes, Kupplungen und sogar die Stablänge bestimmt wurde (Withiam et al., 2002; Fishman et al., 2005). Es ist jedoch anzumerken, dass in diesen Fällen der Untergrund weitgehend homogen war (Poisel u. Heuer, 2014).

Verifizierungsstudie 2014

Um eine objektive Aussage über die Möglichkeiten und Grenzen dieser Technologie machen zu können, wurden in einer Kooperation von Stakeholdern (ÖBB, WLV), Wissenschaft (TU Wien) und Praktiker (PULSE Engineering GmbH) zahlreiche Versuche durchgeführt. Ziel ist es, das Potential

der Impuls-Echo Methode RokTel zu analysieren und vor allem die Aussagekraft der Ergebnisse für den Praktiker zu evaluieren.

Am Bahnhof Landl (Steiermark) wurden hierfür 13 Testpfähle (Bewehrungselemente IBO und GEWI) mit einer Länge von ca. 3 m eingebaut. Vorab wurde ein Baggerschurf hergestellt der zeigte, dass ab einer Tiefe von 40 cm stark aufgelockertes Material mit großen Porenräumen (Sand-Kies-Gemisch) ansteht. Bei den Pfählen 1 - 6 wurde die Baufirma beauftragt einen sehr guten Zustand des Verpresskörpers herzustellen. Die Pfähle 7 - 12 wurden mit künstlich hergestellten Defekten (ca. 80 cm unverpresst entlang des Stabes) eingebaut, Pfahl 13 wurde ohne Vermörtelung in den Boden gerammt. Die Aufzeichnungen der Baufirma zeigten, dass die Mörtelmenge pro Pfahl stark variierte (340 kg/Pfahl – 980 kg/ Pfahl). Die Pfähle wurden in Folge mit der Impuls-Echo Methode RokTel und parallel als Evaluierung mit seismischen Messungen untersucht.

Bei der Datenanalyse wurde klar, dass im Lockergestein, die RokTel Signale nicht so eindeutig zu interpretieren sind wie im Festgestein, vor allem die Zuordnung von Pfählen im mittleren Zustand (kleine Defekte wie z.B. kurze unverpresste Stellen) fällt schwerer. Die Ergebnisse beider Messmethoden zeigten, dass die Pfählen 1 bis 6, bei welchen versucht wurde eine möglichst gute Einbauqualität zu erreichen, relativ gesehen auch den besten Zustand hatten. Es waren aber trotzdem, zu diesem Zeitpunkt unerklärliche, Qualitätsvariationen bei den „guten Pfählen“ sichtbar. Vor allem bei der Herstellung von Pfahl 3 schien es Probleme gegeben zu haben, da sowohl bei der Impuls-Echo Analyse, als auch bei der Seismik, deutlich schlechtere Signale auftraten. Die Pfählen 7 bis 12 waren alle in mittleren bis schlechten Zustand mit kleineren Variationen und bei Pfahl 13, eingerammt und nicht verpresst, war es klar zu sehen, dass hier kein Verbund vorhanden ist.

Um die, nach der Datenanalyse offene Frage, nach der tatsächlichen Qualität der Mikropfähle zu klären, fand eine Ausgrabung aller Pfähle statt. Hierbei zeigte sich, dass i.) die Mörtelqualität des Verpresskörpers generell sehr schlecht war und ii.) alle Bewehrungsstäbe am Ende in einer Plombe aus Mörtel eingebunden waren. Selbst die bewusst gut hergestellten Pfähle 1 bis 6 hatten eine schlechte Mörtelqualität entlang des Bewehrungselementes und unverpresste Stellen in der Größe von ca. 0,5 m. Der oben angesprochene Pfahl 3 hatte zwar außen einen durchgehenden Verpresskörper, dieser war aber um den Stab hohl, somit war kein Verbund vorhanden. Dies ist einerseits durch den schlechten Baugrund (sehr inhomogen, große Porenräume) und andererseits durch die Verwendung einer dünnflüssigen Zementsuspension als Injektionsgut zu erklären (Schwund, Versickern).

Zusammenfassung

Grundsätzlich zeigte diese erste Testreihe, dass die Signale der Impuls-Echo Methode im Lockergestein derzeit nicht so eindeutig zu interpretieren sind wie im Festgestein bzw. die Erfahrung und Vergleichswerte fehlen. Nach der Ausgrabung der Pfähle wurde festgestellt, dass es der Baufirma nicht möglich war, einwandfreie Pfähle herzustellen und somit für die Signalanalyse auch der Vergleichswert des guten Referenzpfahles fehlt. Als erstes Ergebnis kann somit festgehalten werden, dass mit der Impuls-Echo Methode RokTel zumindest lokal für das Baufeld, bessere von schlechteren Fundierungen unterschieden werden konnten. Die seismischen Messungen lieferten wichtige Informationen über den Baugrund und bestätigten die RokTel Ergebnisse. Es zeigte sich, dass alle Informationen über den Untergrund (Bohrprotokoll, Injektionsprotokolle, etc.) bei der Datenauswertung helfen, weil die Signale der Impuls-Echo

Methode RokTel ein Resultat des Systems Bewehrungselement – Mörtel – Untergrund darstellen.

Weiters wurde festgestellt, dass die erreichte Einbauqualität der Pfähle im Lockergestein, trotz des expliziten Auftrages an die Bau-firma gute Qualität herzustellen, nicht zufriedenstellend war. Ein Pfahl der am Ende in eine Plombe aus Mörtel eingebunden ist, entlang des Bewehrungsstabes aber größere unverpresste Stellen aufweist, ist aus verschiedenen Gründen (Korrosionsschutz, Bemessung über durchschnittliche Mantelreibung, Problem des unbekanntem Aus-zieh-widerstandes solcher Konstruktionen, etc.) nicht akzeptabel. Vor allem bei den Selbstbohrankern war die Qualität aufgrund der dünnflüssigen Zementsuspension deutlich schlechter.

Im Jahr 2015 sind weitere Versuche mit Probepfählen geplant, um das Potential der Impuls-Echo Methode im Lockergestein zu erheben und zu optimieren. Ein Hauptaugenmerk soll dabei darauf gelegt werden, dass i.) Mikropfähle perfekt eingebaut werden um Referenzwerte zu erzeugen und ii.) wieder gezielt Fehlstellen eingebaut werden um die Möglichkeit einer Detektion einer solchen Mangelstelle und idealerweise auch eine Verortung dieses Defekts mit Hilfe der Impact-Echo Methode zu evaluieren.

Anschrift der Verfasser / Authors' adresses:

DI DI Dr. Arnold Kogelnig
PULSE Engineering GmbH
Karolingerstrasse 6, 9063 Maria Saal
arnold.kogelnig@pulse-eng.com

Mag. Michael Mölk
Stabstelle Geologie
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawin-
nenverbauung
Wilhelm-Greil Strasse 9, 6020 Innsbruck
michael.moelk@die-wildbach.at

Literatur / References:

FISHMAN, K.L., WITHIAM, J.L., JACKSON, B.H. (2005):
A Recommended Practice for Condition Assessment of Ground Anchors and Soil Nails. Proceedings of the Conference " GEO Construction Quality Assurance/Quality Control", November 6-9, 2005, Dallas/Ft. Worth Texas, 1-12.

POISEL R. UND HEUER R. (2014):
Projektbericht 2014 Zerstörungsfreie Ankerprüfung, TU-Wien, Forschungs-bereich für Ingenieurgeologie und Forschungsbereich für Baumechanik und Baudynamik, Wien, Österreich (unveröffentlicht).

IVANOVIC A. (2001):
The dynamic response of ground anchorage systems. PhD thesis, University at Aberdeen, Aberdeen, UK.

ONR 24806 (2011)
Permanenter technischer Lawinenschutz - Bemessung und konstruktive Ausgestaltung, Ausgabe 2011-12-15.

ONR 24810 (2013)
Technischer Steinschlagschutz - Begriffe, Einwirkungen, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandhaltung.

STARKEY A., IVANOVIC A., NEILSON RD. and RODGER A. (2001):
Non-destructive testing of ground anchorages using GRANIT technique. Proceedings of the Sixth International Conference on the Application of Artificial Intelligence to Civil and Structural Engineering, Stirling: Civil-Comp Press, pp. 79-80.

WITHIAM J.L., FISHMAN K.L., GAUS M.P. (2002):
Recommended practice for evaluation of metal-tensioned systems in geo-technical applications. National Cooperative Highway Research Program, Report 477, Transportation Research Board - National Research Council. National Academy Press, Washington, D.C.

RECKLI DESIGN YOUR CONCRETE

STRUKTUR- MATRIZEN

für alle Bereiche der Wildbachverbauung

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

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

RECKLI®
DESIGN YOUR CONCRETE

RECKLI AUSTRIA
REINHOLD WAGNER
BLÜMLERGASSE 20
3434 TULBING
TEL. +43-2273-20131
MOBIL +43-664-5424437
RWAGNER@RECKLI.AT

WWW.WORLDWIDE.RECKLI.COM/AUSTRIA



ROBERT HOFMANN, LARS VOLLMERT, MICHAEL MÖLK

Ein modernes Bemessungskonzept für Steinschlagschutzdämme (Bautypen I bis IV) basierend auf den Ergebnissen von Modellversuchen

A modern design-concept for rock-fall embankments based on the results of model-tests

Zusammenfassung:

Zur Beschreibung des durch einen dynamischen Stoß mit einer Kugel verursachten Bruchkörpers in Steinschlagschutzdämmen und für die Festlegung eines Bemessungsansatzes wurden Experimentalmodellversuche mit reinen Erddämmen, Erddämmen mit Steinschichtungen und bewehrten Erddämmen unter Verwendung verschiedener steifer Modell-Geokunststoffe durchgeführt. Die Modellversuche wurden mit verschiedenen Bautypen zur Untersuchung des erforderlichen Freibords, des möglichen aktivierten Erdkörpers, des Einflusses der Steifigkeit des Geogitters und zur Entwicklung eines Bemessungskonzeptes durchgeführt. Dieses abgeleitete Bemessungskonzept wurde in der österreichischen ONR 24810 berücksichtigt und wird nun auch in der Schweiz vom Bundesamt für Umwelt BAFU empfohlen. Im Laufe des Jahres 2015 wird die ONR 24810 neu herausgegeben. In dieser werden die Dämme in die vier Bautypen I bis IV unterschieden sowie Anforderungen für verschiedene Geogitter angegeben.

Stichwörter:

Steinschlagschutzdamm, Steinschlag, Bemessungskonzept

Abstract:

In order to describe the dynamic impact of a sphere on a rock-fall embankment and the development of a design-concept various model-tests on soil, reinforced soil (various materials with different strengths) and rip-rap-constructions were carried out. The model-tests were executed on different embankment-geometries and construction types to evaluate the necessity and dimension of a freeboard, the extent of the activated and deformed volume of the embankment and the effect of geotextiles with different strength. The derived design concept was integrated in the Austrian Standard ONR 24810 and is also recommended by the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN). In the course of 2015 the ONR 24810 is being revised and will distinguish four different types of construction as well as requirements for various geo-textiles.

Keywords:

Rock-fall embankment, design concept, model tests, reinforced soil, geotextiles

Einleitung

Für die Bemessung von Steinschlagschutzdämmen lagen bisher keine Regelwerke vor, die über die Bemessung mit sehr grob abgeschätzten statischen Eigenlasten hinausgingen. Bisher wurden vielfach Schutzdämme gegen Steinschlag mit relativ hohen Bemessungsenergien errichtet und unterstellt, dass bei entsprechender Ausführung der Dämme auf Grundlage von Erfahrungen eine ausreichende Standsicherheit sowie Gebrauchstauglichkeit gegeben sind. Gegenüber Steinschlagschutznetzen, deren Energieaufnahmefähigkeit derzeit mit 8000 kJ begrenzt ist, weisen Dämme vor allem Vorteile in Hinblick auf Lebensdauer, Baukosten und – abhängig von der Konstruktion – die Energieaufnahmefähigkeit auf.

Für den Ansatz von Lastgrößen aus Ereignissen aus Steinschlag finden sich in der Literatur zwar Vorschläge, die jedoch mehrheitlich auf theoretischen Ableitungen beruhen, die für andere Bauwerke – wie z.B. Galerien mit Erdüberdeckung – entwickelt wurden. Das nun in der ONR 24810 beschriebene Bemessungskonzept basiert

auf umfangreichen Modellversuchen und Validierungsrechnungen an dokumentierten Einzelergebnissen. Bei der Bemessung von Steinschlagschutznetzen und Schutzdämmen wird bei der geotechnischen Nachweisführung der Eurocode 7 umgesetzt. Dabei wird die Forderung nach einem Sicherheitsniveau, welches z. B. bei Dämmen als Funktion der Belastungszeit (Einwirkung), des Standortes des Bauwerkes und der gem. Eurocode akzeptablen Versagenswahrscheinlichkeiten angegeben wird, berücksichtigt. Bei Erddämmen werden nun die vier Bautypen I bis IV unterschieden. Bauwerke unter Verwendung von Geokunststoffen können dabei sowohl den reinen Erddämmen zugeordnet werden, als auch den bewehrten Erddämmen. Im ersteren Fall müssen die Mindestanforderungen der ONR 24810 an die Geokunststoffe nicht eingehalten werden, die Verteilung der statischen Ersatzkraft aus einem Impaktereignis entspricht dann der eines einfachen Erddammes. Für den Fall, dass die Mindestanforderungen eingehalten werden, darf eine signifikant größere Lastverteilung angesetzt werden, die auch bei sehr schlanken Konstruktionen die Umwandlung sehr großer Energien erlaubt. Die Mindestanfor-

derungen der ONR 24810 an die Bewehrung können in Abhängigkeit des gewählten Lagenabstandes proportional auf die tatsächlich verbauten Bewehrungslagen verteilt werden.

Einwirkungen aus Steinschlag

Bei der Festlegung der Bemessungsblockgröße sind die Schadensfolgeklasse (CC), die Ereignisfrequenz und die Anzahl der vorliegenden potentiellen Sturzblöcke von Bedeutung. Gemäß ONR 24810 sind zwei verschiedene Verfahren in Abhängigkeit des Schadenspotentials (Schadensfolgeklasse CC gem. EC 7), der Anzahl der vorliegenden potentiellen 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 potentielle Sturzblöcke vorliegen, ist eine statistische Erfassung der Bemessungsblockgrößen im Ablöse- und/oder Ablagerungsgebiet durchzuführen.

Verfahren B:

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

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

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

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 Ereignis/Jahr
EF 2	gering	$0,03 \leq n < 1$ < 1 Ereignis/Jahr bis ≤ 1 Ereignis/30 Jahre
EF 1	selten	$n < 0,03$ < 1 Ereignis/30 Jahre

Tab. 1: Ereignishäufigkeitsklassen gem. ONR 24810.

Tab. 1: Event-frequency-classes according to ONR 24810.

Bemessungsblockgrößen V_{BB}

Die charakteristische Bemessungsblockgröße V_{BB} wird als Fraktilwert der Blockgrößenverteilung entnommen. Die maßgebliche Bemessungsblockgröße ist in Abhängigkeit von der Ereignisfrequenzklasse EF zu entnehmen.

Basierend auf den Erhebungen im Projektgebiet sind für den jeweiligen Homogenbereich Ereignishäufigkeiten abzuleiten. Dabei sind vier Ereignisfrequenzklassen, gemäß Tabelle 2, zu unterscheiden. Den Ereignisfrequenzklassen (EF) sind Ereignishäufigkeiten (Jährlichkeiten) zugeordnet. In Abhängigkeit von der Ereignishäufigkeit werden Bemessungsblockgrößen als Fraktilwert der statistisch ermittelten oder gutachterlich festgelegten Blockgrößenverteilung, bezogen auf die Anzahl der aufgenommenen Blöcke (Klufkörper und Sturzblöcke in der Halde), definiert.

Ereignisfrequenzklasse		Fraktilbemessungsblockgröße
EF 4	sehr hoch	V_{98}
EF 3	hoch	V_{97}
EF 2	gering	V_{96}
EF 1	selten	V_{95}

Legende:

- 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. 2: Ereignishäufigkeiten und zugeordnete Bemessungsblockfraktile gem. ONR 24810.

Tab. 2: Design block-size depending on event frequency according to ONR 24810.

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 entnommen.

Der Bemessungswert der einwirkenden Energie ergibt sich wie folgt:

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

Es bedeutet:

- $Y_{E,kin}$ Teilsicherheitsbeiwert für die Energie-Einwirkung in Abhängigkeit von der Schadensfolgeklasse nach Tabelle 3
- $T_{E,d}$ Bemessungswert der Energie
- $T_{E,k}$ charakteristischer Wert der kinetischen Energie (als 99%-Fraktile der Einwirkungs-Energieverteilung definiert)

	CC 1	CC 2	CC 3
$Y_{E,kin}$	1,0	1,05	1,15

Tab. 3: Teilsicherheitsbeiwert $Y_{E,kin}$ für die Energie-Einwirkung für verschiedene Schadensfolgeklassen.

Tab. 3: Partial factors of safety for energy-action for various consequence-classes.

Auswirkungen auf das Verbauungssystem	Auswirkungen auf die geschützten Bereiche		
	hoch	mittel	gering
	dicht besiedelte Gebiete, Siedlungskerne, wichtige Infrastruktureinrichtungen, überregionale Verkehrswege; hohes Personenrisiko	locker besiedelte Gebiete, Einzelgebäude, regionale Verkehrswege; mittleres Personenrisiko	Nebengebäude, untergeordnete Infrastruktur, Nebenverkehrswege; geringes Personenrisiko
hoch (Auswirkungen auf die gesamte Verbauung - Serienversagen)	CC3	CC3	CC3
mittel	CC3	CC3	CC2
gering (nur lokale Auswirkungen, keine Auswirkung auf das Versagen weiterer Bauwerke)	CC3	CC2	CC1

Tab. 4: 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.

Tab. 4: Correlation between consequences for mitigation measures and the protected areas at failure of protection measure for the various consequence classes CC.

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

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

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:

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 5

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

Tab. 5: Vergrößerungsfaktor $\bar{\alpha}_1$ auf die geometrische Größe der Sprunghöhe in Abhängigkeit von den Schadensfolgeklassen.

Tab. 5: Enlargement-factor for the action jumping height for the various consequence classes.

Abschätzung des Trefferwinkels

Der Trefferwinkel α wird als der Winkel der Flugbahn des Bemessungsblockes mit der Horizontalen definiert. Für den Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit ist in der Regel ein Trefferwinkel $\alpha = 10^\circ$ steiler als die Horizontale zu verwenden. Gemäß ONR 24810, 6.3.4, ist der Trefferwinkel α für den Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit je nach Ergebnis der Steinschlagsimulation festzulegen.

Bautypen von Steinschlagschutzdämmen

Hinsichtlich der Bemessung von Steinschlagschutzdämmen für den Lastfall Steinschlag ist zwischen folgenden vier Dammtypen zu unterscheiden:

- I. Reine Erddämme (Bemessung als reiner Erddamm gem. ONR 24810, 6.3.7)
- II. Erddämme mit einer Steinschichtung (Bemessung als reiner Erddamm gem. ONR 24810, 6.3.7)
- III. Erddämme mit Bewehrung aus Geokunst-

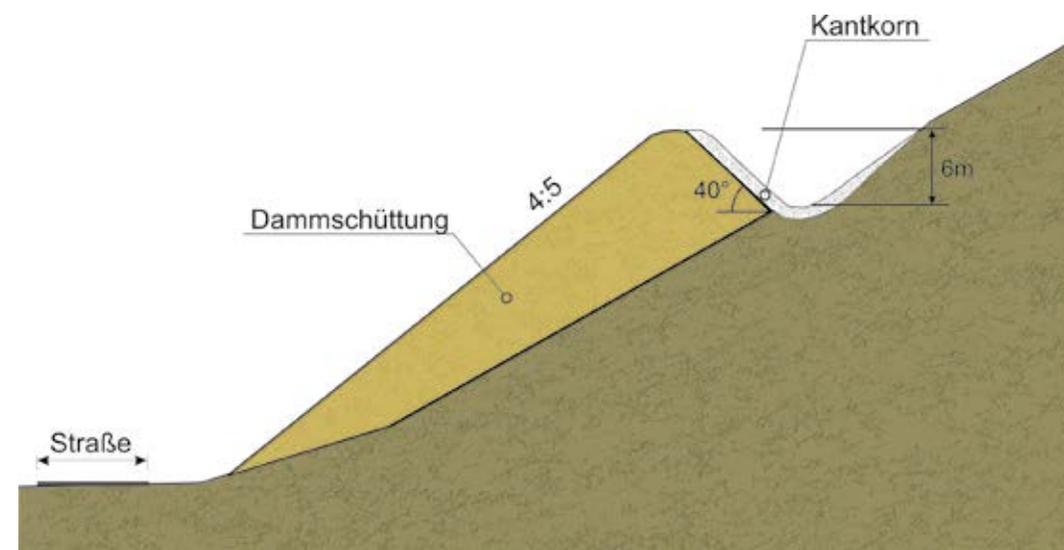


Abb. 1: Beispiel eines reinen Erddammes.

Fig. 1: Example of an embankment constructed in soil only.

stoffen zur Sicherung der Böschungsneigung bergseitig und evtl. talseitig (Bemessung als Erddamm gem. ONR 24810, 6.3.7, unter Berücksichtigung der EBGEO, aber ohne den Zusatzanforderungen an die Geokunststoffe gemäß ONR 24810, 6.3.7.1).

IV. Schlanke mit Geokunststoff bewehrte Erddämme, mit einer größeren Querverteilung der Einwirkung aus dem Steinschlagereignis (Bemessung als geokunststoffbewehrter Damm gem. ONR 24810, 6.3.7).

Reine Erddämme (gem. Typ I)

In der Regel sind, je nach Qualität des Dammschüttmaterials, maximale Böschungsneigungen von 2:3 und 4:5 realistisch. Diese Böschungsneigungen sind jedoch für die Gebrauchstauglichkeit

der Konstruktion sehr ungünstig und erfordern demnach ein größeres Freibord im Ausmaß des 2-fachen Blockdurchmessers. Der „aktivierte Dammkörper“ beim Stoß erreicht etwa eine maximale Breite des 5- bis 6-fachen Bemessungsblockdurchmessers in Richtung der Dammachse.

- Für reine Erddämme kann angegeben werden, dass ein Freibord von zumindest einem 2,0-fachen Blockdurchmesser D erforderlich ist.
- Der aktivierte Dammkörper erreicht eine maximale Breite des 5- bis 6-fachen Blockdurchmessers.

Erddämme mit Steinschichtungen (gem. Typ II)

Ebenfalls zur Verbesserung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit können Erddämme mit bergseitigen Steinschichtungen ausgeführt werden. Diese Maßnahme führt zur Verringerung des Frei-

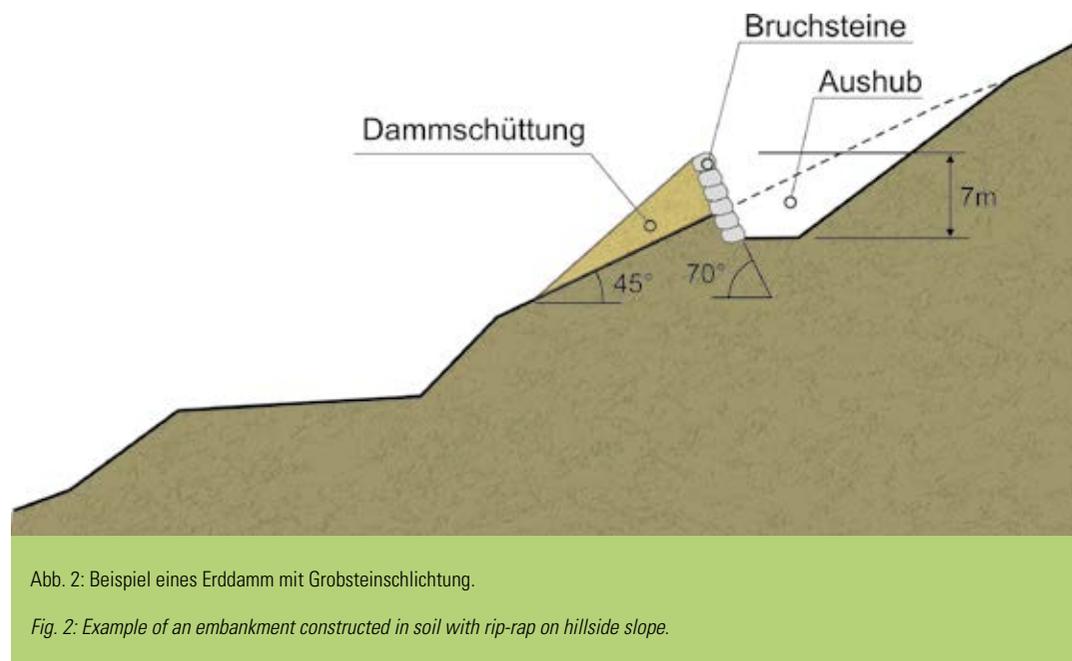


Abb. 2: Beispiel eines Erddamm mit Grobsteinschichtung.

Fig. 2: Example of an embankment constructed in soil with rip-rap on hillside slope.

bords und gleichzeitig zu einer Erhöhung der Tragfähigkeit beim Lastfall Steinschlag. Der aktivierte Dammkörper erreicht eine maximale Breite des 5- bis 6-fachen Bemessungsblockdurchmessers.

- Es ist ein Freibord bei einer Böschungsneigung $\geq 50^\circ$ von zumindest dem 1,0-fachen Blockdurchmesser D erforderlich.

Erddämme mit Bewehrung aus Geokunststoffen

nur zur Sicherung der Böschungsneigung (gem. Typ III)

Die bergseitige Böschung kann durch eine Bewehrung mit Geokunststoffen übersteil ausgeführt werden. Diese Dämme sind nicht nach den Vorgaben für bewehrte Dämme gemäß ONR 24810, 6.3.7.1 zu bemessen. Die Bewehrung mit Geokunststoffen führt aber zu einer Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit (in Hinblick auf ein „Überrollen“ des Dammes) und somit kann bei bestimmten Mindest-Böschungsneigungen eine Reduktion des Freibordes erreicht werden.

Für den Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit sind bei diesem Konstruktions-typ die Anforderungen gemäß ONR 24810, Punkt 6.3.7.1, (Tabelle 5 in diesem Beitrag) nicht einzuhalten.

- Für Erddämme mit Geokunststoffen kann angegeben werden, dass ein Freibord von zumindest einem 1,5-fachen Blockdurchmesser D erforderlich ist.
- Bei Dämmen mit einer Böschungsneigung von $\geq 70^\circ$ kann das Freibord, wie beim Typ IV, auf den 1,0-fachen Bemessungsblockdurchmesser D reduziert werden.
- Der aktivierte Dammkörper erreicht jedoch nur eine maximale Breite des 5- bis 6-fachen Blockdurchmessers (wie bei reinen Erddämmen Typ I).

Bewehrte Dämme gemäß Typ IV

Ein mit Geokunststoffen bewehrter Damm gemäß ONR 24810, Kapitel 6.3.7.1, kann schlanker und mit steileren Böschungen ausgeführt werden. Unter der Voraussetzung, dass die Bewehrung bestimmte Eigenschaften erfüllt, kann bedingt durch die größere Querverteilung eine relativ hohe Bemessungsenergie aufgenommen werden. Für sehr steife Geogitter kann eine Einflussbreite von zumindest dem 8- bis 9-fachen Bemessungsblockdurchmessers in Dammachse abgeschätzt werden. Derzeit laufen Modellversuche mit weichen Geogittern. Es ist jedoch anzunehmen, dass dann nach derzeitigem Erkenntnisstand nur eine reduzierte Querverteilung berücksichtigt werden kann.

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 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 5 angegebenen Werte für die Bemessungsfestigkeit $R_{B,d}$ und die Bemessungsdehnsteifigkeit J_d mit den Abminderungsbeiwerten in Abhängigkeit des Nachweisverfahrens zu multiplizieren.

Überlappungen in Dammlängsachse sind nach EBGEO nachzuweisen, wobei bei Vorliegen von Erfahrungswerten aus Modellversuchen die zu erwartende Ausnutzung der Festigkeiten in Dammlängsrichtung berücksichtigt werden darf. Der Bemessungswert der Dehnsteifigkeit bei 5% Dehnung $J_{d@5\%} = R_{B,d} / 0,05$ ist dabei verformungsabhängig einzuhalten, um die Querverteilung der

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

Tab. 6: Anforderungswerte an geogitter-bewehrte Steinschlagschutzdämme.

Tab. 6: Requirements for geotextiles for reinforced rock-fall embankments.

Lasten in Bauwerkslängsachse sicherzustellen. Die Anforderungswerte an Geogitter für den Einsatz in bewehrten Steinschlagschutzdämmen des Typs IV sind damit nach ONR 24810 wie in Tabelle 6 zusammengestellt definiert.

Die Werte wurden aufgrund der geringen Anzahl der zum Zeitpunkt der Drucklegung vorliegenden Versuche mit geringerer Dehnsteifigkeit konservativ festgelegt. Die im Modellversuch verbaute Bewehrung kann auf einen realen Lagenabstand von 0,9 m bis 1,2 m bezogen werden. In der Baupraxis sollte zu Einhaltung der Verbundwirkung ein Lagenabstand von $\leq 0,8 \text{ m}$ (ONR 24810) gewählt werden. Übliche Einbauabstände liegen bei rd. 0,6 m (Abbildung 4).

Aktuelle Untersuchungen weisen darauf hin, dass die in Tabelle 6 angegebene Dehnsteifigkeit auf den jeweils tatsächlich umgesetzten Lagenabstand bezogen werden kann, ohne dass es zu einer Änderung des Systemverhaltens kommt. Dieser Erkenntniszugewinn wird in der neuen Fassung der ONR 24810 (2015) aufgenommen. Die Anforderungswerte reduzieren sich dann proportional im Verhältnis des tatsächlichen Lagen-

abstandes zum Modelllagenabstand von 1,2 m. Bei einem tatsächlich umgesetzten Lagenabstand von 0,6 m halbieren sich damit die einzuhaltenen Anforderungswerte (Abbildung 5).

- Die Modellversuche mit den Geokunststoffen gemäß Tabelle 6 ergaben durchweg eine relativ große Querverteilung der Einwirkung und somit einen großen aktivierten Dammkörper. Aus den Messungen und den Bildern aus der Hochgeschwindigkeitskamera kann eine Einflussbreite von zumindest dem 8- bis 9-fachen Blockdurchmesser abgeschätzt werden.
- Es wurden auch sehr schlanke Konstruktionen mit berg- und talseitigen Böschungsneigungen von 70° bzw. 60° untersucht. Hier konnte ein noch auffälligeres elastisches Verhalten als bei reinen Erddämmen beobachtet werden.
- Gleichzeitig ist jedoch ein größerer Freibord erforderlich als bei Erddämmen mit Steinschlichtungen. Auf der sicheren Seite liegt ein Freibord bei Geogitter-Kon-

struktionen mit bergseitigen Böschungsneigungen von $\leq 70^\circ$ vom 1,5-fachen Blockdurchmesser.

- Bei Dämmen mit einer Böschungsneigung von $\geq 70^\circ$ kann das Freibord auf den 1,0-fachen Bemessungsblockdurchmesser D reduziert werden.

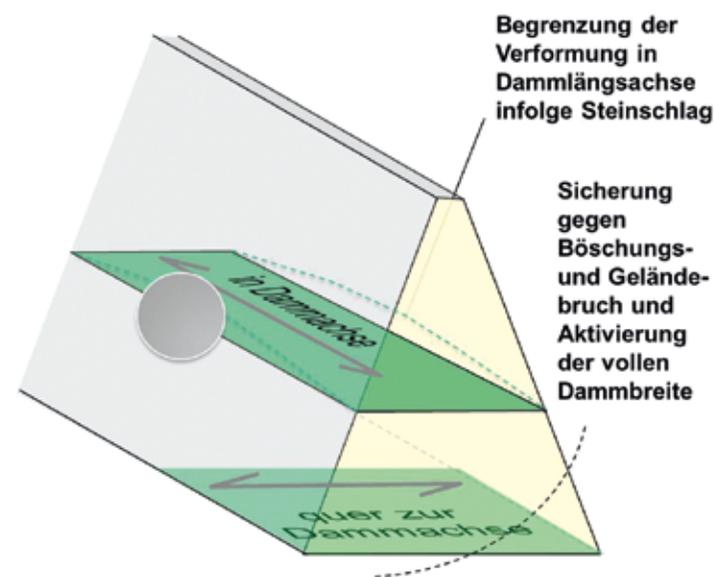


Abb. 3: Wirkung Bewehrung

Fig. 3: Effects of geotextile-reinforcement.



Abb. 4: Beispiel bewehrter Damm gemäß Typ IV.

Fig. 4: Example for geotextile-reinforced construction of type IV embankment.



Abb. 5: Beispiel mit Bewehrung gemäß Tabelle 5.

Fig. 5: Example of reinforcement according to table 5.

Bemessung von Steinschlagschutzdämmen

Bezüglich der Bemessung des Grenzzustandes der Tragfähigkeit GZ 1 (Versagensmechanismen mit Untergrund und Damm) und des Grenzzustandes der Tragfähigkeit GZ 2 im Sinne der ONR 24810 wird auf die diesbezüglichen Veröffentlichungen (Hofmann et. al, 2012, 2013) verwiesen. Diese Grenzzustände entsprechen nicht den Definitionen der DIN 1054. Der Nachweis des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit ist für das Bemessungsereignis Steinschlag nicht erforderlich. Zur laufenden Validierung des Bemessungskonzeptes sind fortlaufend umfangreiche Versuche und Beobachtungen an Schutzdämmen erforderlich.

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 Schutzdämme einer Überwachung unterzogen werden sollen. Weiters sind Anforderungen an die Qualifikation der Über-

wachungsorgane formuliert. Die Aktivitäten der Überwachung und damit der Funktionskontrolle der Dämme werden in Form von Protokollen dokumentiert.

Gemäß ONR 24810 dient die **Laufende Überwachung (LÜ)** zur augenscheinlichen Feststellung der Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit des Bauwerkes.

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

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.

In Abhängigkeit von der Schadenfolge-

klasse (CC1 – CC3) sind die Intervalle der einzelnen Instrumente der Überwachung gemäß ONR 24810 (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 (Tabelle 7).

	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)	Funktionsfähigkeit nicht gegeben

Tab. 7: Zustandsstufen von Schutzbauwerken

Tab. 7: Condition levels of protection measures.

Überwachung und Kontrolle von Steinschlagdämmen

An Steinschlagdämmen sind im Rahmen der Laufenden Überwachung und Kontrolle in regelmäßigen Abständen zumindest folgende Kriterien zu überprüfen und zu dokumentieren:

- Oberflächenerosion,
- Verfüllungsgrad (Ausbreitung und Höhe) des Fallbodens,
- Zustand der prozesszugewandten Dammböschung (Einschläge, Rutschungen, etc.),
- Zustand der prozessabgewandten Böschung (besonders im Hinblick auf Schäden infolge von Einschlägen an der prozesszugewandten Dammböschung und Rutschungen),
- störender Bewuchs,
- Dammoberfläche: Verformungen von Steinschichtungen,
- Dammoberfläche: Anzahl, Form, Lage (am Dammkörper) und Tiefe (normal auf

die Böschungsneigung) der Einschlagtrichter und zugehörige Blockgrößen,

- Dammkörper: Nachböschungen (Verlauf und Veränderung von Rutschungen) bei Erddämmen,
- Dammkörper: Risse, Öffnungen, beschädigte Geokunststoffe bei „Bewehrter Erde“,
- Dammkörper: außergewöhnliche Kronensetzungen,
- Dammkörper: Kronenbreite, Dammneigungen,
- Dammkörper: Veränderungen der Dammkrone durch den Prozess Steinschlag.

Zustandsstufe von Steinschlagschutzdämmen

Steinschlagdämme sind im Zuge der Überwachung und Kontrolle, nach ONR 24810, Tabelle 22, in eine Zustandsstufe (Tabelle 8) einzuteilen.

Zustandsstufe	Tragsicherheit ^a	Gebrauchstauglichkeit ^b	Zeithorizont für das Ergreifen von Maßnahmen	Beispiele für Steinschlagdämme
1	gegeben	gegeben	langfristig	• keine Schäden erkennbar
2	gegeben	gegeben	langfristig	• evtl. störender Bewuchs • leichte Erosionserscheinungen an der Oberfläche • Einzelblöcke im Fallboden
3	gegeben	gegeben	mittelfristig	• Dammkörper auf der prozesszugewandten Seite mit punktuellen Beschädigungen, • Fallboden teilverfüllt, • Dammkörper auf prozesszugewandter Seite mittel bis großflächig beschädigt

4	eingeschränkt	sehr eingeschränkt	kurzfristig	<ul style="list-style-type: none"> • Fallboden komplett verfüllt, • Dammkörper auf prozesszugewandter Seite großflächig beschädigt, • Schäden sind auf der prozessabgewandten Seite erkennbar, • Brüche im Dammkörper, • großflächige Erosionserscheinungen
5	nicht gegeben	nicht gegeben		<ul style="list-style-type: none"> • vollständige Zerstörung

^a zum Aufnahmezeitpunkt (= Sicherheit gegenüber dem Erreichen des Grenzzustandes der Tragfähigkeit, Verlust der Gesamtstabilität des Stützwerkes)
^b zum Aufnahmezeitpunkt (= Funktionstüchtigkeit des Schutzbauwerkes)

Tab. 8: Zuordnung der Zustandsstufen und Funktionalität

Tab. 8: Assignment of condition-levels and functionality.

Anschrift der Verfasser / Authors' adresses:

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

Dipl.-Ing. Lars Vollmert
 BBG Bauberatung Geokunststoffe GmbH & Co.
 KG, Espelkamp
 Postfach 3025
 D-32332 Espelkamp
 lvollmert@bbgeo.com

Mag. Michael Mölk
 Leiter der Geologischen Stelle des Forst-
 technischen Dienstes für Wildbach- und
 Lawinerverbauung
 Wilhelm-Greil-Straße 9
 A-6020 Innsbruck
 michael.moelk@die-wildbach.at

Literatur / References:

MÖLK, M. & HOFMANN, R.: (2014).
 Design Concept for Rock-Fall Embankments Based on Results of Model-
 Testing. Proceedings of Rocexs: 5th Interdisciplinary Workshop on Rockfall
 Protection, Lecco Campus of Politecnico di Milano, Italien.

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

HOFMANN R., VOLLMERT, L., MÖLK, M. (2013).
 Rockfall-protection embankments – design concept and construction details. Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris 2013.

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

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

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 interdisciplinary workshop on rock-fall protection – ROCEXS, Innsbruck.

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

ONR 24810,
 Technischer Steinschlagschutz – Begriffe, Einwirkungen, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandhaltung. Entwurf, Ausgabedatum: 2012-07-15.

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.

HELMUT KULISCH, FLORIAN RIEDL

Modellversuche zur Optimierung hydraulischer Komponenten des RHB Höttinger Graben

Model Experiments to Optimize Hydraulic Components of the Flood Retention Basin Höttinger Graben

Zusammenfassung:

Der Stadtteil Hötting in der Stadtgemeinde Innsbruck war schon mehrfach von murartigen Schadereignissen aus dem „Höttinger Bach“ betroffen. Dessen hydrologisches Einzugsgebiet beträgt 6,72 km² und liegt nördlich von Innsbruck innerhalb der Nordkette. Zur Minimierung künftiger Überflutungsschäden wurde ein Hochwasserrückhaltebecken geplant und in der Staubeckenkommission behandelt. Die geplante Staumauer ist 23 m hoch und enthält neben zwei Grundablässen eine Wehrklappe (Stauwehr). Ein Schrägrechen und ein Wildholzrechen schützen diese Komponenten vor mechanischer Zerstörung. Ein Tosbecken unterstrom der Staumauer dissipiert die kinetische Energie des Wassers im Einstau- und Entlastungsfall. Die hydraulischen Leistungen aller genannten Komponenten wurden im Modell messtechnisch ermittelt und optimiert (KULISCH, 2012, 2013). Eine Zusammenfassung dazu beinhaltet dieser Beitrag.

Stichwörter:

Hochwasserrückhaltebecken, Wehrklappe, Schütz, Tosbecken, Wildholzrechen

Abstract:

Hötting is a district of Innsbruck which was flooded multiple by its torrent "Höttinger Bach". The catchment area incorporates 6,72 km². At this place a flood retention basin is planned to reduce coming damages of Hötting. The retaining wall has an altitude of 23 m. It contains two underflow weirs and one overflow wear gate. They are protected of damages by a sloped rake and a drift wood rake. An energy dissipating basin is installed downstream of the retaining wall to protect the adjacent brookbed of erosion. The hydraulic properties of all components were determined and optimized by use of hydraulic experiments (KULISCH 2012, 2013). A summary of these investigations is given in the article.

Keywords:

Flood retention basin, weir flap, underflow gate, energy dissipation basin, driftwood rake

Das Projekt

Das nachfolgend vorgestellte Projekt umfasst die geplante Retentionsanlage oberhalb des Innsbru-

cker Stadtteils Hötting. Sie soll über eine quer zum Gebirgstal verlaufende Staumauer realisiert werden die gemäß der Planansicht in Abb.1 ein verschließbares Grundablass-Paar und eine aufgesetzte Stauklappe enthält.

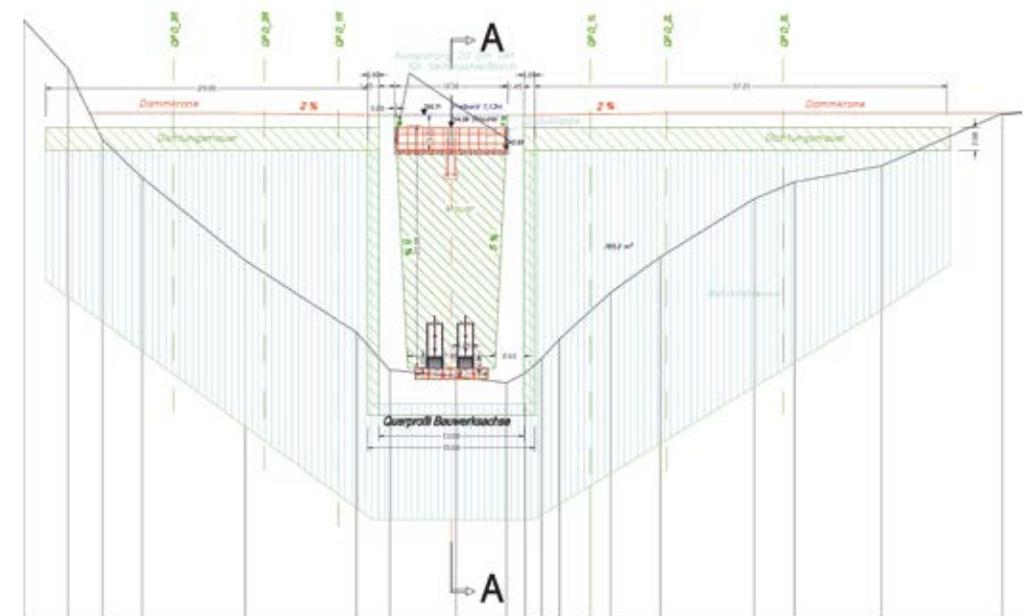


Abb. 1: Ansicht der Winkelstaumauer (Planunterlage der Wildbach- und Lawinenverbauung).

Fig.1: View of the retaining wall (plan of Austrian Torrent and Avalanche Control).

Das generelle Projektziel ist die Sicherung des Siedlungsraumes vor Hochwasserspitzenabflüssen bzw. Vermurungen. Durch die begrenzte Abfuhrkapazität der regulierten Unterlaufkünette (maximale Abfuhrkapazität von $6 \text{ m}^3/\text{s}$) im Vergleich zum erwarteten Hochwasserspitzenabfluss von $20,6 \text{ m}^3/\text{s}$ kommt es bei der Betrachtung eines 150-jährlichen Bemessungsereignisses zu einer Überbordung der Künette und einem flächigen Schadwasserabfluss im Stadtteil Hötting.

Aufgrund des bestehenden engen Straßensystems im Stadtgebiet, ist eine Veränderung des Abflussquerschnittes der Künette in Hötting nicht möglich. Eine Entschärfung bei Hochwasserspitzenabflüssen ist deshalb nur durch die Schaffung einer Wasserretentionsanlage oberhalb des Siedlungsgebietes erreichbar. Die geplante Retentionsanlage wurde auf die zwei Lastfälle, Hochwasserspitzenabfluss und maximal zu erwartende Hochwasserfracht, ausgelegt. Die Retentionsanlage wird in Erdbauweise mit einem Dichtkern ausgeführt. Den Dichtkern bildet eine Bohrpfahlwand mit aufgesetzter Betonmauer.

Neben der Retentionsanlage umfasst das Verbauungsprojekt „Höttinger Bach“ die Errichtung eines Geschiebeablagerungsbeckens im Mittellauf (Fassungskubatur: 8.000 m^3) sowie die Sanierung der desolaten Verbauungen (Sperrstaffellung, Uferleitwerke, Künette,...) unterhalb des Anlagen-Standortes.

Die ungünstigen Einlaufverhältnisse zum Vorfluter Inn bleiben jedoch bestehen. Auch die Rückstauprozesse aus dem Vorfluter bleiben nach Abschluss der Verbauungsmaßnahmen erhalten. Bereits im Baujahr 2010 wurde aber die Künette im Einmündungsbereich zum Inn geöffnet, damit ein kontrollierter oberflächiger Schadwasserabfluss gewährleistet ist und die Überflutung der Häuserzeile an der Innstraße östlich der Künette verhindert wird.

Chronikaufzeichnungen und Gefahrenpotential

Seit dem Jahr 1693 sind entlang des Höttinger Baches im Stadtbereich von Innsbruck zahlreiche Überschwemmungen und Murschäden dokumentiert (s.u.). In der Mitte des 20. Jahrhunderts wurde der Unterlauf mit einer überdeckten Künette verbaut. Bei extremen Niederschlagsereignissen bzw. auftretenden Hochwasserspitzen am Höttinger Bach kam es trotz Unterlaufregulierung zu lokalen Überschwemmungen und Rückstauprozessen aus dem Vorfluter Inn (Abb. 2)

1693	Schwere Murschäden mit Zerstörungen an Gebäuden
1801	Ausbruch des Höttinger-Baches
1850	Ausbruch des Höttinger-Baches
7. 8. 1851	Mure verschüttet mehrere Häuser
18. 6. 1853	Überschwemmungen entlang des Höttinger-Baches
1868	Ausbruch des Höttinger-Baches
19. 6. 1871	Ausbruch nach Dauerregen
2005	Hochwasserereignis 2005

Steuerung der Retentionsanlage und hydraulische Grundlagen

Die Steuerung der geplanten Retentionsanlage orientiert sich primär an der effektiven Abfuhrkapazität der bestehenden Künette im Siedlungsgebiet, welche analytisch vordimensioniert wurde. Die potentielle Abfuhrkapazität der Künette wurde mit $6,94 \text{ m}^3/\text{s}$ bestimmt. Bei Betrachtung einer möglichen zusammenfallenden Hochwas-



Abb. 2: Überbordung der überdeckten Unterlaufkünette durch Rückstau vom Inn – Hochwasserereignis 2005.

Fig. 2: Overflow of the brook profile caused by backwater of the Inn – flood event 2005.

serspitze aus dem Siedlungsbereich wurde von den errechneten $6,94 \text{ m}^3/\text{s}$ die wasserrechtlich bewilligte Konsenswassermenge für die Einleitung von Oberflächenwässern in die Künette von $3,085 \text{ m}^3/\text{s}$ abgezogen. Daraus resultiert eine effektive Abfuhrkapazität von $3,855 \text{ m}^3/\text{s}$.

Die Retentionsanlage ist auf zwei Betrachtungslastfälle ausgelegt:

- Der erste Lastfall betrifft die Drosselung des 150-jährlichen Bemessungsniederschlagsereignisses mit der Hochwasserspitze von $20,6 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Der zweite Lastfall betrifft die dem 150-jährlichen Bemessungsereignis unterstellte maximale Wasserfracht V_{zu} von 184.500 m^3 .

Unter Berücksichtigung der beschriebenen Ausgangssituationen wird die Speicherbewirtschaftung wie folgt ausgelegt: Die Schütze werden zunächst auf einen Hub von $0,625 \text{ m}$ eingestellt, damit zunächst maximal $3,855 \text{ m}^3/\text{s}$ als Freispiigelabfluss und mit kontinuierlich wachsender Einstauhöhe auch als Abfluss unter Druck aus der Retentionsanlage abgeführt werden können. Der Schützenhub wird mit steigender Druckhöhe bis auf $0,12 \text{ m}$ reduziert bis der Wasserstand eine absolute Stauhöhe von $742,50 \text{ m ü. A.}$ erreicht.

Auf Grund der unterstellten Tatsache, dass nach einer Einstaudauer von ca. 3 Stunden die Hochwasserspitze aus dem Siedlungsgebiet von Hötting bereits abgeführt wurde, wird der Schützenhub teilweise geöffnet. Oberhalb der absoluten Einstauhöhe in der Retentionsanlage von $742,50 \text{ m ü. A.}$ wird der Schützenhub

auf 0,14 m hochgefahren, damit der gedrosselte Abfluss von $3,855 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $4,60 \text{ m}^3/\text{s}$ erhöht wird. Diese Steuerung ist zwingend notwendig, damit beide Lastfälle eines 150-jährlichen Bemessungshochwassers (Hochwasserspitze und maximale Wasserfracht V_{zu}) schadlos abgedeckt werden können.

Die projektierte Stauklappe befindet sich bis zu einer Einstauhöhe von $740,00 \text{ m ü. A.}$ im umgelegten Zustand. Beim Überschreiten der Einstauhöhe von $740,00 \text{ m ü. A.}$ wird die Stauklappe mit einer Höhe von $2,08 \text{ m}$ und einer Breite von $10,15 \text{ m}$ hochgefahren bis das maximale Stauziel von $744,58 \text{ m ü. A.}$ erreicht wird.

Die Stauklappe wird so ausgeführt (Gummi- und Edelstahlichtung, sowie Abdeckplatte), dass ein Verkeilen bzw. Verklemmen im aufgefahrenen Zustand ausgeschlossen werden kann. Bei einem möglichen Versagen der Hydraulik, wird die Stauklappe bedingt durch den Wasserdruck umgelegt, damit das Hochwasser schadlos über die Anlage abgeführt werden kann. Neben dieser Maßnahme wurde vorgeschlagen,

eine moderate Belüftung des Überfallstrahles über je 3 Belüftungsrohre DN 250 zu installieren.

Die Energieumwandlung sowohl der Hochwasserentlastung (maximale Wurfweite 12 m) als auch des Schützenabflusses wird in einem luftseitig der Stauwand angeordneten 10% geneigten Tosbecken erfolgen. Das Tosbecken weist eine schlitzförmig geöffnete Gegenschwelle auf, wobei sich ein Wasserpolster ab einem Schützenabfluss von $4,60 \text{ m}^3/\text{s}$ ($= 742,50 \text{ m ü. A.}$) einstellt. Die Tosbeckenlänge beträgt $17,5 \text{ m}$, die Gegenschwelle weist eine wasserseitige Höhe $a = 3,70 \text{ m}$ und eine Öffnungsbreite von $0,45 \text{ m}$ auf. An die Gegenschwelle Unterstrom anschließend werden noch drei würfelförmige ($1 \times 1 \text{ m}$) Störkörperreihen zur Energieumwandlung angeordnet.

Zusammenfassend wurden alle geplanten Bauwerkskomponenten in das nachstehend beschriebene physikalische Modell integriert, hinsichtlich Funktion und hydraulischer Leistung überprüft und im Detail optimiert.

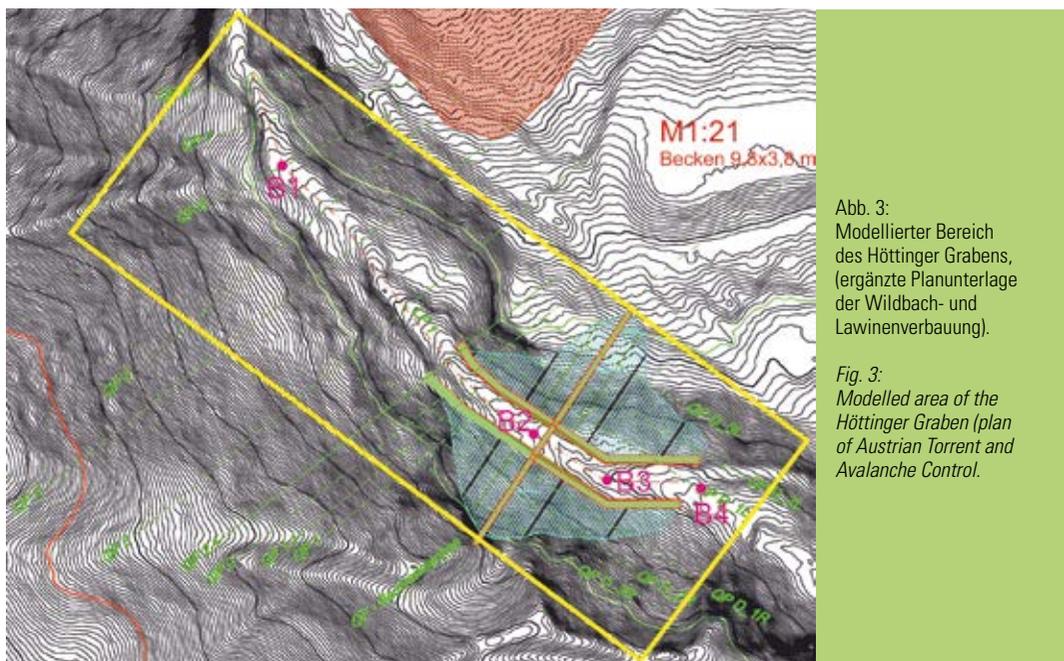


Abb. 3: Modellierter Bereich des Höttinger Grabens, (ergänzte Planunterlage der Wildbach- und Lawinenverbauung).

Fig. 3: Modelled area of the Höttinger Graben (plan of Austrian Torrent and Avalanche Control).

Physikalisches Modell

Modellbau: Gemäß dem Grundriss in der Abb. 3 umfasst das physikalische Modell neben der Stauwand mit ihren Auslässen einen etwa 80 m breiten und 200 m langen Geländeausschnitt mit dem dort eingebetteten Fließgewässer. Das Modell wurde im Maßstab 1:21 realisiert, so dass seine Abmessungen in Länge, Breite und Höhe etwa $10 \times 4 \text{ m} \times 1,3 \text{ m}$ betragen.

Flusslauf, Gelände und Staudamm sind im Modell durch eine 3 cm starke Betonschicht nachgebildet, die über genau positionierte und mittels Laser geschnittene Profilbleche abgezogen wurde. Den zentralen Teil der Stauwand mit Grundablässen und Stauklappe bilden rote PVC-

Platten in Sandwich-Bauweise, deren Zuschnitt-Toleranz unter 1 mm liegt. Die Stauwand verschließt den trapezförmigen Durchlass im Damm der von zwei entsprechend hohen Seitenwänden gebildet wird. Die letzteren wurden gemeinsam mit dem übrigen Staudamm aus Beton gegossen. Verwendung dazu fand eine eigene Schalung, die im fertigen noch ohne Damm realisierten Gelände aufgebaut wurde.

Ein etwa 1 m hoher im Kies-Unterbau des Geländes integrierter Wasserkasten bildet den Modellzulauf. In ihn taucht ein vertikal installiertes Pipeline-Rohr DN 150 des Labor-Wasserkreislaufs ein. Seinen horizontalen Teil (DN 100) inklusive Durchflussmesser und Regelschieber zeigt die Abbildung 4.

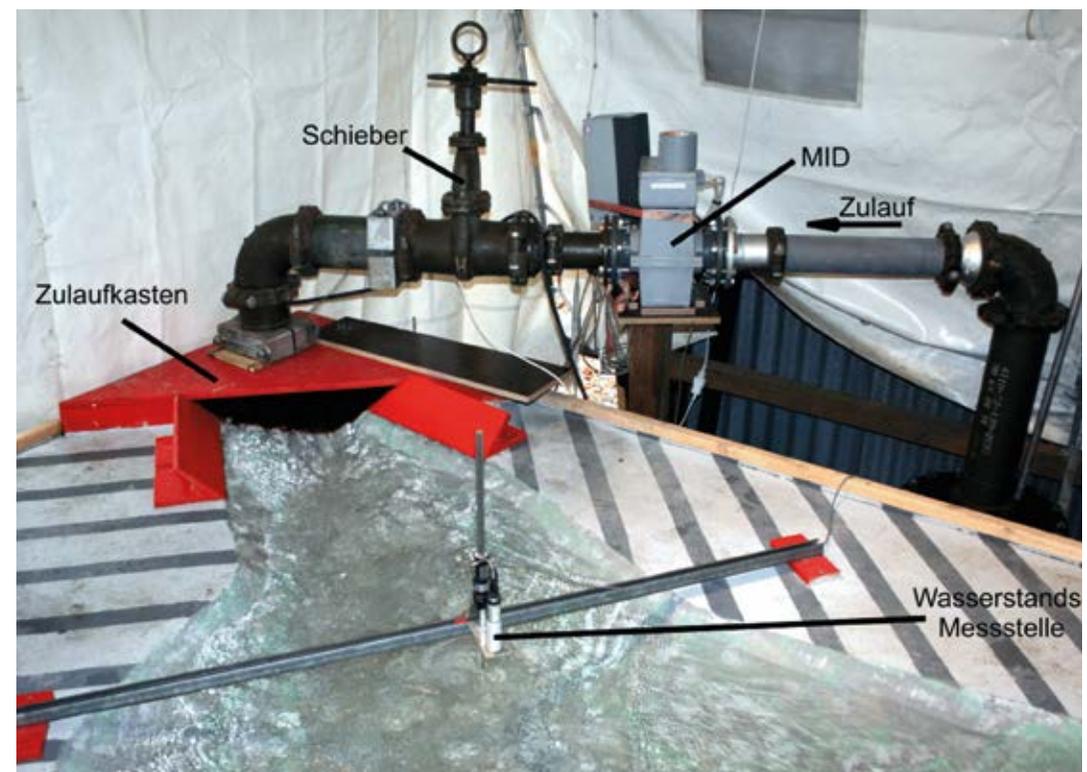


Abb. 4: Zulaufkasten mit Zulaufrohr, Schieber und induktivem Durchflussmesser sowie Wasserstands-Messstelle.

Fig. 4: Afflux vessel with pipe, valve and inductive flowmeter and water gauge.

Die Grundablässe im Modell weisen mit je 59,5 mm Breite einen lichten Abstand zueinander von 72 mm auf, während ihre Durchlasshöhe auf der Stauwand-Luftseite 47,6 mm beträgt. Beide Stürze der Durchlässe wurden mit einer wasserseitig

angeordneten Zulaufschräge von 45° ausgeführt (Abb. 5 und Abb. 6) Die Schützplatten sind auf der Stauwand-Luftseite fixiert, besitzen scharfkantig ausgeführte Unterseiten und sind unabhängig voneinander vertikal einstellbar.



Abb. 5:
Wasserseitige Ansicht
der abgeschrägten
Grundablässe.

Fig. 5:
View of the conical gates.

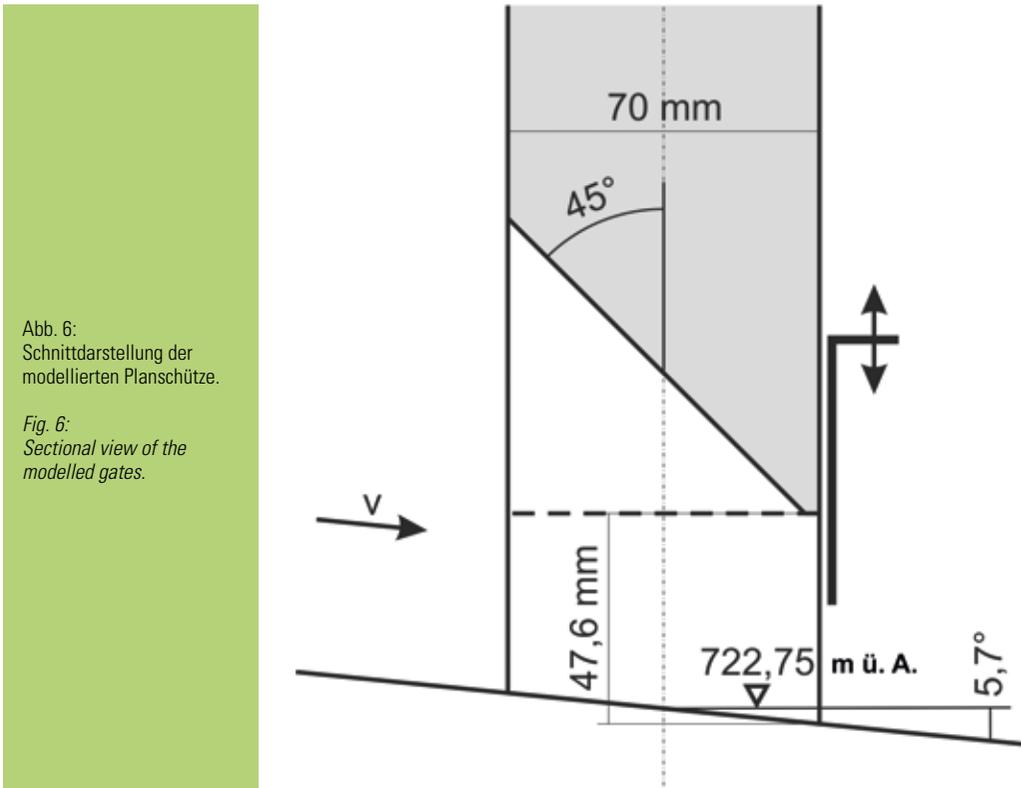


Abb. 6:
Schnittdarstellung der
modellierten Planschütze.

Fig. 6:
Sectional view of the
modelled gates.

Eingetragen in der Abbildung 6 ist unter anderem die im Bezugsquerschnitt der Stauwand maßgebliche Sohlhöhe (722,75 m ü. A.), die auch das

der Auswertung zugrundeliegende Bezugsniveau ($z = 0$) markiert.

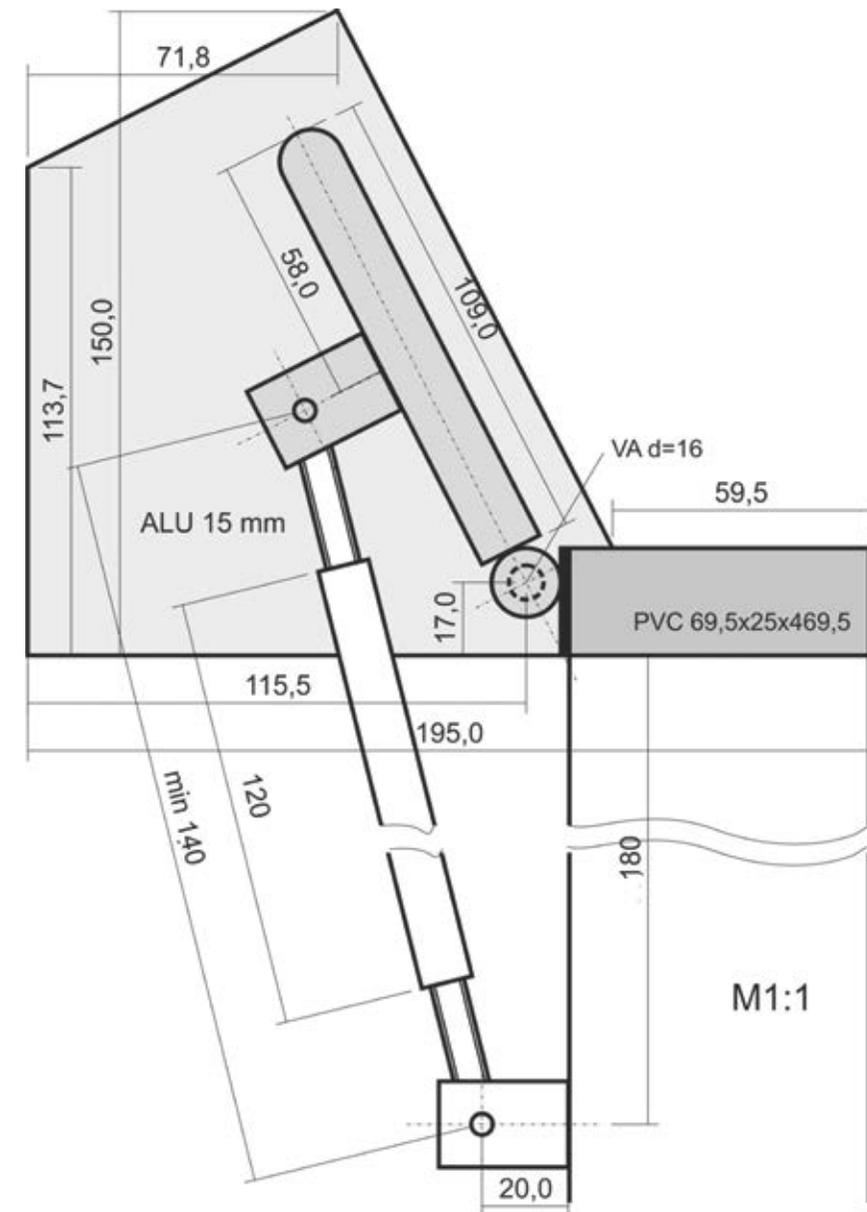


Abb. 7: Schnittzeichnung der im Modell gerundet ausgeführten Wehrklappe.

Fig. 7: Sectional view of the rounded flap of the weir.

Die Stauklappe auf der Stauwandoberseite ist 470 mm breit, 109 mm hoch und an drei Seiten abgedichtet. Sie wurde mit einer gerundeten Wehrkante ausgestattet, wobei der Rundungsradius mit 8 mm der halben Plattenstärke entspricht. Die Klappenneigung ist im Modell mittels Spanschluss (Links-Rechts-Gewinde) und in Natura über Hydraulik-Zylinder einstellbar. Im Einstellbereich der Klappe sind zwei Metallplatten in die Seitenwände des Staudammdurchlasses integriert.

Die Staumauer und ihre Entlastungsorgane werden durch einen Rechen geschützt



Abb. 8: Schrägrechen, Wildholzrechen und gerundete Stauklappe im Modell.

Fig. 8: Models of sloped rake, driftwood rake and rounded flap of the weir.

der höhengleich zur Oberfläche der wasserseitigen Dammböschung verläuft. Der Schrägrechen knickt in einer Höhe von 741,5 m ü. A. in einen horizontalen Verlauf ab und trifft die Staumauer damit genau 1 m unterhalb der Wehrklappenbasis (Abb. 8)

Zum Schutz der Stauklappe gegen den erwarteten Treibholzanfall wurde ein zusätzlicher Wildholzrechen geplant. Seine maßstabsreduzierte Umsetzung im Modell (M 1:21) erfolgte, wie die Abbildung 8 zeigt, durch verschiedene untereinander verschraubte und im Dammkörper fixierte Aluminium-Profile.

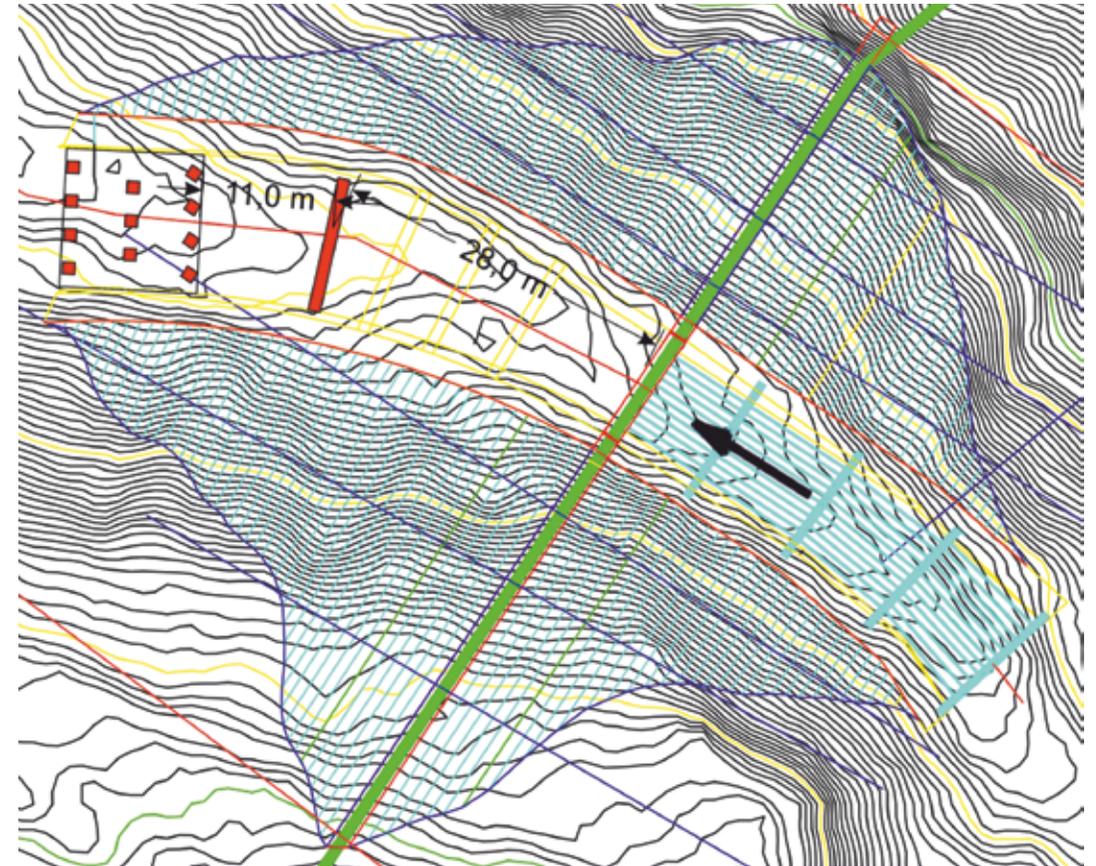


Abb. 9: Einbaupositionen von Schwelle und Störkörper im Tosbecken (ergänzte Planunterlage der Wildbach- und Lawinenverbauung).

Fig. 9: Positions of barrier and dissipation cubes in the dissipation basin (plan of Austrian Torrent and Avalanche Control).

Für die Untersuchung wurde die im Grundriss in Abbildung 9 gezeigte Tosbecken-Variante konzipiert. Sie besteht aus einer mit Vertikalschlitz versehenen Stauwand und 11 quaderförmigen, in drei Reihen unterstrom angeordneten Störkörpern. Mittels der Stauwand soll im Anschluss an die Grundablässe ein Wasserpolster entstehen, das im Entlastungsfall einen wesentlichen Anteil der kinetischen Energie des Wehrüberfall-Strahls aufnimmt. Der Vertikalschlitz gewährleistet die Entleerung dieses Staubereichs. Dagegen bewirken die Störkörper neben der Energiedissipation einen zusätzlichen Ausgleich der Abflussdichte über der Breite des

Gerinnes. Dazu ist die Ausrichtung ihrer Mantelflächen bezüglich der Gerinneachse auch während einer Abfluss-Simulation individuell einstellbar.

Messtechnik: Die Messung des Modellzuflusses erfolgt durch einen induktiven Durchflussmesser (MID) im Zulaufrohr (DN100) des Modells (Abb. 4). Er weist im genutzten Messbereich eine Unsicherheit von nur 0,5% des angezeigten Wertes auf.

An jeweils zwei Stellen im Staubereich und im gekrümmten Ablaufprofil der Staumauer werden die dort maßgeblichen Wasserpegel mittels fest installierter Ultraschall-Sensoren gemessen.

sen (Abb. 4). Ihre Lage im Modell markieren die Punkte B1-B4 in der Abbildung 3. Im eingebauten Zustand unterschreiten diese berührungsfrei arbeitenden Sensoren ein Wert für die Messunsicherheit von 0,5 mm.

Die Erfassung der Messwerte aller Sensoren erfolgt über eine im Computer installierte Messkarte, die mit kommerzieller Software gesteuert wird.

Modellgesetze: Die Resultate der durchgeführten Messungen können durch Multiplikation mit den größenpezifischen Umrechnungsmaßstäben auf die Natur übertragen werden. Grundlage dazu ist im vorliegenden Fall die Modellähnlichkeit nach Froude. Sie besagt, dass die Froude-Zahl an einander entsprechenden Orten und zueinander entsprechenden Zeitpunkten gleich groß ist im Modell (Index M) und in der Natur (Index N). Also gilt die Gleichung 1:

$$Fr_M = \frac{v_M}{\sqrt{g h_M}} = \frac{v_N}{\sqrt{g h_N}} = Fr_N \quad \text{Gl. 1}$$

Aus dieser Beziehung und den Definitionen von Geschwindigkeit ($v=x/t$) und Abfluss ($Q=vA$) können die Übertragungsmaßstäbe für die hydraulischen Größen abgeleitet werden. Eine Zusammenstellung dazu enthält die Tabelle 1.

Maßstab	Berechnung	Wert
h	h_M/h_N	1:21
v	$v_M/v_N = (h_M/h_N)^{0,5}$	1:4,58
Q	$Q_M/Q_N = (h_M/h_N)^{2,5}$	1:2021
t	$t_M/t_N = (h_M/h_N)^{0,5}$	1:4,58

Tab. 1: Ähnlichkeits-Maßstäbe des Modells

Tab. 1: Similarity scales of the model

Genauere Erläuterungen zu den wichtigsten, die Modellähnlichkeit beschreibenden Kennzahlen und deren Ableitung sind der Grundlagenliteratur (z. B. ZIEREP J., 1972; KOBUS H., 1978) zu entnehmen.

Ergebnisse

Die Speicherkennlinie: Die Auswertung der Abflussleistungen im Modell musste auch die während der Messung sehr geringen Höhenänderungen des Wasserspiegels im Staubecken berücksichtigen. Die dafür verwendete Speicherkennlinie ($A(h)$) wurde aus den in der Natur gemessenen Geländedaten bestimmt und auf die Modellgröße umgerechnet. Dieses Vorgehen impliziert die maßstäbliche Übereinstimmung des Modellgeländes mit der Natur und wurde deshalb wie folgt verifiziert:

Bei vollständig geschlossenen Ablässen wurden eine sehr langsame (wellenfreie) Füllung des Rückhaltebeckens mit Wasser realisiert und die zeitliche Entwicklung (Ganglinien) von Zufluss und Wasserstand im Becken messtechnisch erfasst. Unter Anwendung der Gleichung $A \cdot dh/dt = Q_{zu}$ konnte die von der Einstauhöhe h abhängige Fläche A des Wasserspiegels berechnet werden. Damit gelang es, wie das Diagramm in der Abbildung 10 zeigt, neben einer guten Verifizierung der aus den GIS-Daten bestimmten Speicherkennlinie auch die Genauigkeit des Modellbaus indirekt nachzuweisen.

Die maßgeblichen Zusammenhänge zum Abfluss an einem Planschütz sind in der Literatur (z.B. PRESS und SCHRÖDER, 1966) erläutert. Demnach ist der Schütz-Abfluss abhängig von verschiedenen geometrischen und hydraulischen Parametern und kann nach Gleichung 2 berechnet werden. Bei unterströmten Schützen kann sich infolge eines von unterstrom ausge-

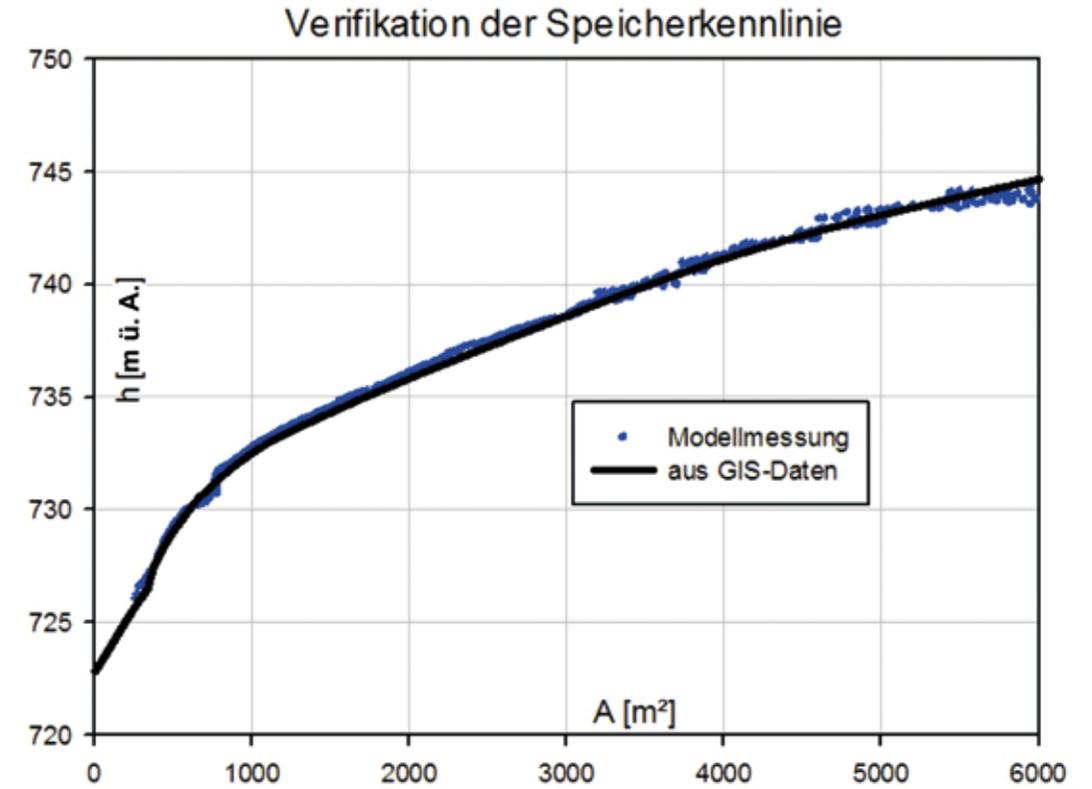


Abb. 10: Verifikation der aus Geländedaten berechneten Speicherkennlinie.

Fig. 10: Verification of the basin characteristic which was calculated of GIS data.

henden Rückstaus auch ein überdeckter Ausfluss einstellen. Dann bildet sich ein Rezirkulationsgebiet über dem Schussstrahl aus und der Abfluss mindert sich mit dessen Überdeckung. Die Minderung beschreibt der Beiwert κ , der bei freiem Abfluss den Wert 1 annimmt.

$$Q = \kappa \mu A_s \sqrt{2gh} \quad \text{Gl. 2}$$

In Gleichung 2 bezeichnen Q den Abfluss, κ den Rückstau-Beiwert, μ den Ausflussbeiwert, A_s die Öffnungsfläche, g die Gravitationskonstante und h den Einstau-Wasserstand.

Zur Quantifizierung der rückstaufreien

Abflussleistung und des zugehörigen Ausflussbeiwertes μ der beiden Schütze wird deren Abhängigkeit von der Einstauhöhe h für verschiedene Schützhübe a_s messtechnisch bestimmt. Die auf die Originalabmessungen skalierten Resultate dazu zeigt die Abbildung 11.

Die berechneten Ausflussbeiwerte der Modellschütze erscheinen hoch im Vergleich zu bekannten Literaturwerten. Eine Ursache dafür ist die in der Berechnung des Ausflussbeiwertes ersatzweise verwendete Sohlhöhe z_s der Stauwandachse (722,75 m ü. A.) – sie substituiert die unbekannte Sohlhöhe im unterstrom lokalisierten hydraulischen Bezugsquerschnitt.

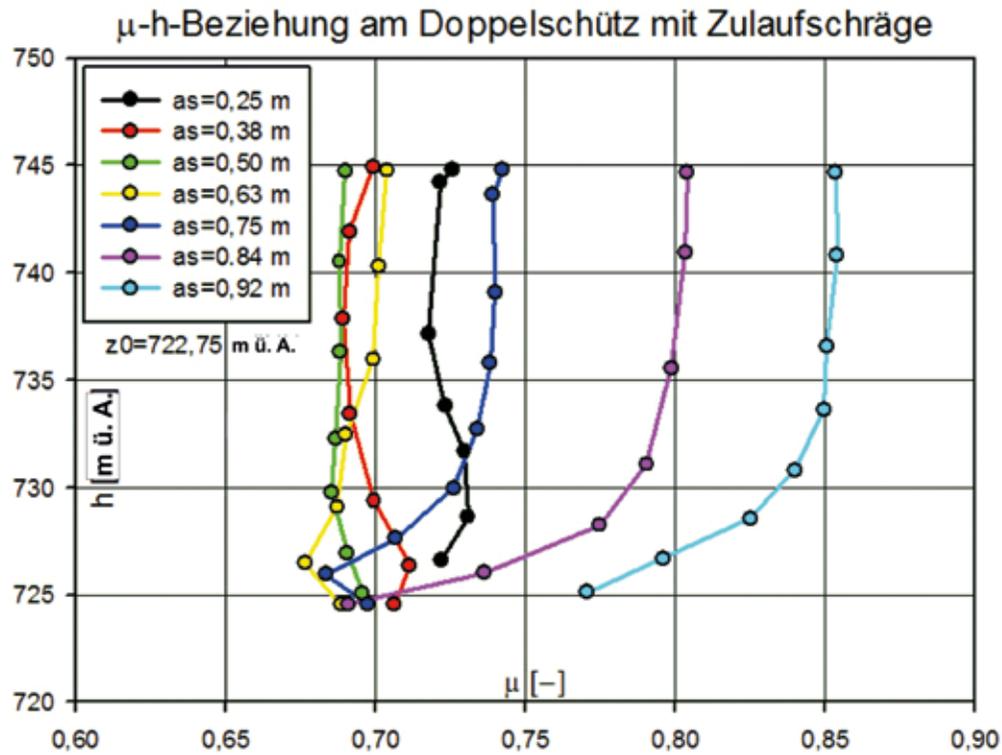
Abb. 11: Abhängigkeit des Ausflussbeiwertes von Schützenhub as und Staupiegel h .

Fig. 11: Dependency of discharge coefficient and gate elevation as and water level h .

Eine weitere bei großen Schützenhuben zutreffende Erklärung basiert auf der oben abgeschragten Laibung des Stauwanddurchlasses. Diese hat eine rundende Wirkung auf die Zulaufströmung zum Planschütz und bewirkt damit signifikant höhere Ausflussbeiwerte.

Die Wehrüberfallmenge am nicht rückgestauten Wehr quantifiziert die Gleichung 3 nach Poleni:

$$Q_{\bar{u}} = \frac{2}{3} \mu l \sqrt{2g} h_{\bar{u}}^{3/2} \quad \text{Gl. 3}$$

Darin bezeichnen $Q_{\bar{u}}$ die Überfallmenge, $h_{\bar{u}}$ die Überfallhöhe, l die Wehrbreite und μ den Überfallbeiwert.

Die Ergebnisse der Wehrüberfall-Messungen sind zusammenfassend im Diagramm der Abbildung 12 dargestellt. Sie enthalten die auf Naturgrößen umgerechneten Kennlinien, die für unterschiedliche Einstellhöhen (bzw. -winkel) der Stauklappe erfasst wurden. Demnach sind über die gelegte Klappe ($h_w = 0$) Abflüsse von über 50 m³/s realisierbar die bei negativer Klappenneigung und hoher Einstauhöhe noch geringfügig wachsen.

Mit steigender Klappenhöhe (bzw. Klappenneigung) nimmt die mögliche Überfallmenge unter einem gegebenen Wasserstand deutlich ab. Gleichzeitig steigen aber die berechneten Überfallbeiwerte an (Abb. 12). Diese nehmen auch zu mit abnehmenden Relativwerten der Überfall-

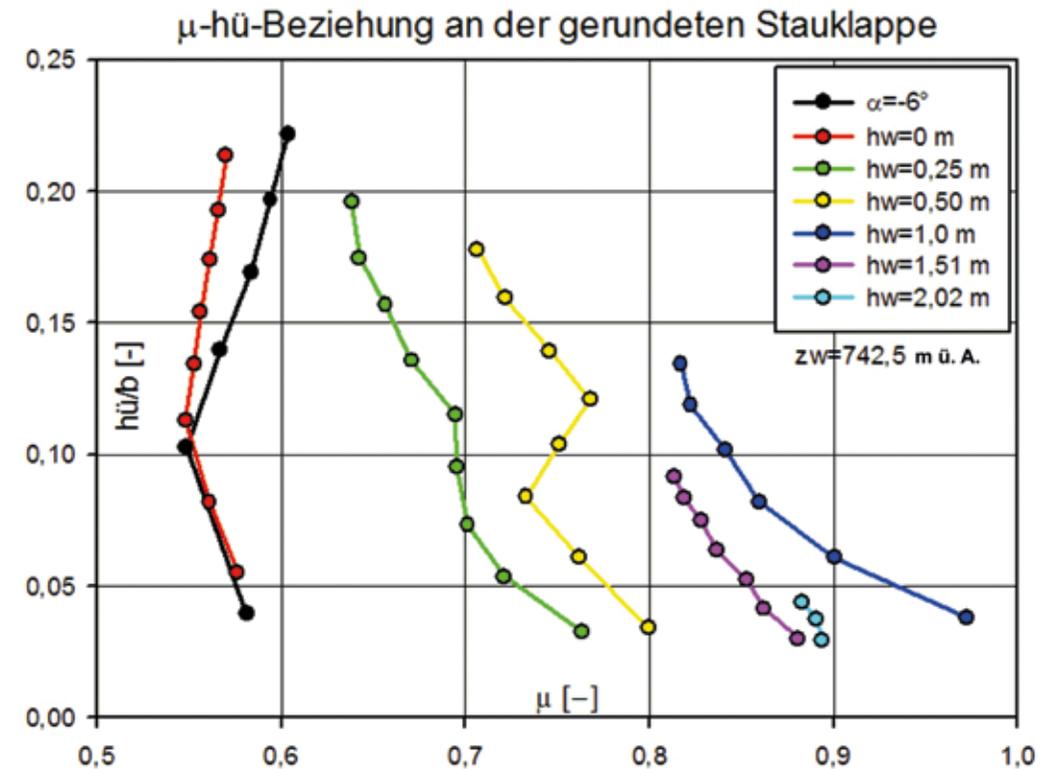


Abb. 12: Abhängigkeit des Überfallbeiwertes von der Wehr- und Überfallhöhe.

Fig. 12: Dependency of overflow coefficient and weir altitude and overflow depth.

höhe. So wurden im Maximum mit der gerundeten Wehrkante bei geringen Überfallhöhen auch μ -Werte von über 0,9 erzielt. Diese sind jedoch nur möglich und dann auch typisch, wenn sich der Überfallstrahl auf der Luftseite der steil eingestellten Klappe nicht ablöst.

In allen durchgeführten Messungen betrug die Überfallhöhe über 1,5 cm um einen Einfluss der Oberflächenspannung auf die Resultate auszuschließen.

Die Abbildung 12 zeigt deutlich den Übergang von typischen Überfallbeiwerten eines sehr breiten Wehrs ($\mu = 0,55$) zu jenen für geneigte Wehrklappen. Vergleichbare in der Literatur dokumentierte Resultate dazu finden sich in

NAUDASCHER (1992).

Die Auslegung von Standard-Tosbecken erfolgt zumeist mittels empirischer Zusammenhänge, die aus den messtechnischen Untersuchungen verschiedener Autoren abgeleitet sind und sich auf den Wechselsprung bedingten Wasserpegelanstieg beziehen. Einen Überblick über die diesbezüglich wichtigsten Publikationen und eine Gegenüberstellung zu seinen eigenen Resultaten gibt HARTUNG (1971).

Im vorliegenden Sonderfall wurde das Tosbecken mittels einer unterstrom der Schütze quer zur Strömung ausgerichteten Schwelle (Abb. 13) realisiert. Diese weist über ihrer Höhe einen schlitzförmigen Durchlass auf und sollte folgende

Wirkung verursachen: Unter dem Nennabfluss von $Q = 4,6 \text{ m}^3/\text{s}$ darf sich gerade noch kein überdeckter Abfluss an den Schützen einstellen - die Wassertiefe soll dort also gerade dem Schützenhub entsprechen. Zudem soll die geschlitzte Schwelle bis zu einem Abfluss von $6,94 \text{ m}^3/\text{s}$ noch

nicht überströmt werden. Für diese Bedingungen muss die Schwelle eine mit dem Abstand zur Stauwand wachsende Höhe aufweisen während die Schlitzbreite gleichzeitig abnimmt. Dieser Zusammenhang konnte unter stark vereinfachenden Annahmen und basierend auf eindimensiona-

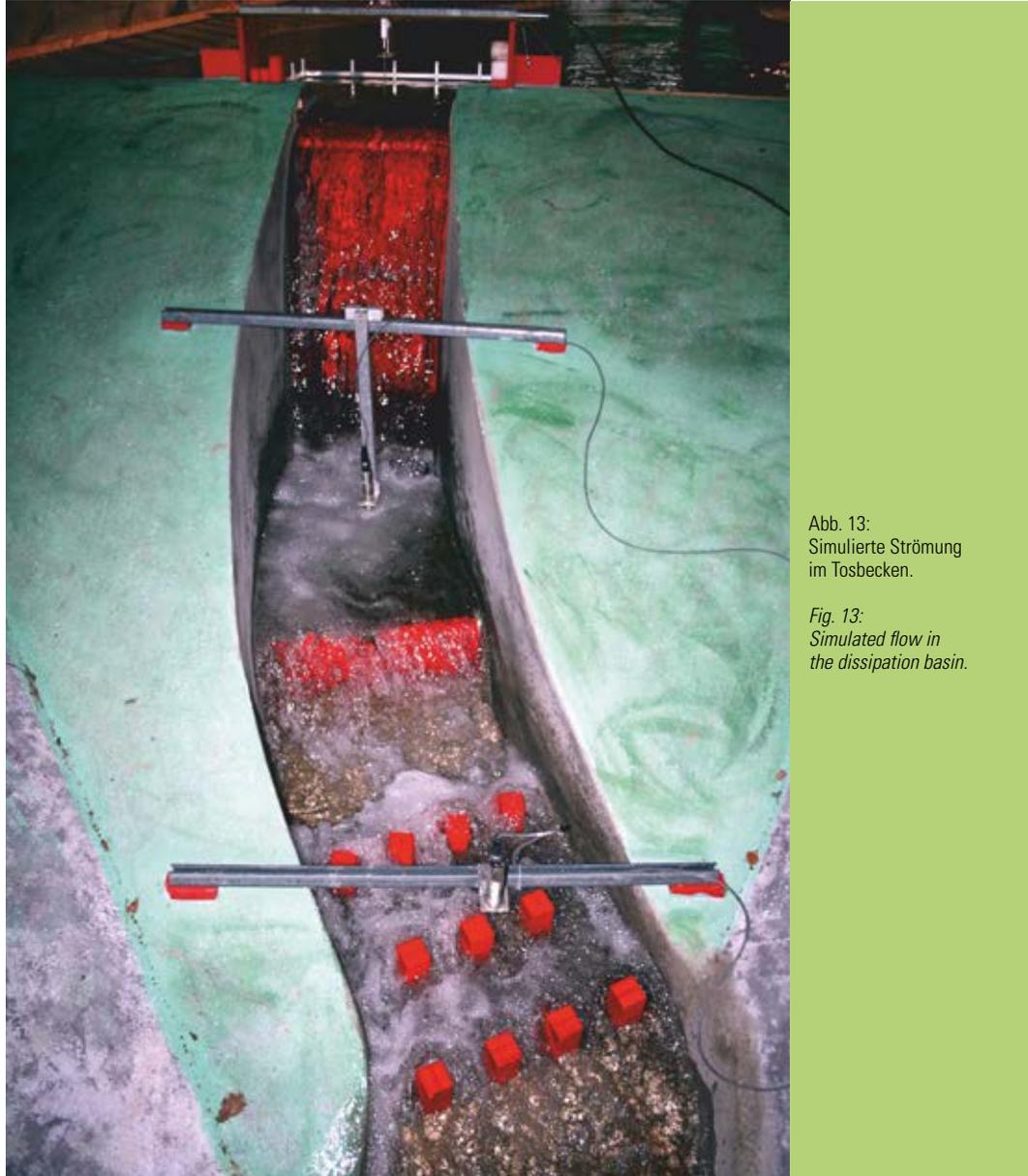


Abb. 13:
Simulierte Strömung
im Tosbecken.

Fig. 13:
Simulated flow in
the dissipation basin.

len Stützkraft- und Energiebilanzen zwischen den maßgeblichen Strömungsquerschnitten analytisch berechnet werden. Demnach soll eine 3,7 m hohe Schwelle (OK 723,60 m ü. A.) im krummlinigen Abstand zur Stauwand von 28 m und mit einer Schlitzbreite im Sohlbereich von 0,36 m errichtet werden.

Zur Beurteilung der Wirksamkeit des so konzipierten Tosbeckens diente eine eigene Versuchsserie. Sie zeigte einerseits, dass sich die beste Schlitzposition für die Ausbildung des anschließenden Geschwindigkeitsfeldes am orographischen rechten Rand des Kanals befindet. Andererseits war unter den oben genannten Abmessungen zu beobachten, dass sich das für den Überfallstrahl der Stauklappe erforderliche Wasserpolster im Bereich des Auftreffpunktes mit mindestens 1,2 m ausreichend stark ausbildet.

Bezüglich der stromabwärts vorgesehenen Störkörper ergaben sich folgende Optimal-Abmessungen: Die Störkörper sind $1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ groß, bilden drei Reihen mit 4, 3, 4 Elementen, und weisen lichte Abstände zueinander von 1,8 m in Querrichtung sowie 4 m in Längsrichtung auf. Sie bewirken neben einer sehr guten Energiedissipation den bestmöglichen Ausgleich der Abflussdichte über der Gerinnebreite, wenn die vier Störkörper der ersten Reihe um 30° (im Uhrzeigersinn) gedreht werden und einen Abstand zur Stauschwelle des Tosbeckens von ca. 11 m aufweisen.

Sichtbares Zeichen für die stark ausgeprägte Energiedissipation im Bereich der Störkörper ist der dort intensive Lufteintrag (Abb. 13). Zusammen mit den beiden Wehrüberfällen wird die kinetische Strömungsenergie fast vollständig umgewandelt, so dass sich unterstrom der Störkörper eine vergleichsweise ruhige Strömung im Bereich des kritischen Abflussregimes einstellt.

Die Wirksamkeit und die hydraulischen Einflüsse der beiden installierten Rechen wurden durch einige Vergleichsmessungen mit und ohne Rechen und durch die Simulation verschiedener Treibholzanfall-Szenarien untersucht. Zu diesem Zweck wurden auch Äste, Laub- und Nadelgehölz in Modellgröße und in ortsspezifischer Zusammensetzung in die Strömung eingesetzt (Abb. 15). Die Zugabe erfolgte entweder einzeln bei hydraulisch stationärem Endzustand, oder in Form einer Gesamtzugabe, die letztlich das Versagen der oberstrom angeordneten Seilsperre simuliert.

Die Strömung im Rückhaltebecken während des Einstaus ist charakterisiert durch eine Rotationsströmung in der Horizontalebene, wobei Geschwindigkeit und Richtung abhängen von der Zuströmung und dem Füllgrad des Beckens. Die Rotationsrichtung wechselt aufgrund des mäandrierenden Verlaufs der Talsohle mehrfach. Negative Auswirkungen dieser Rotation auf den Betrieb der Anlage, wie zum Beispiel Treibgut-Ansammlungseffekte sind gemäß den durchgeführten Simulationen nicht zu erwarten. Vielmehr verhindert die Rotation weitgehend einen im Entlastungsfall möglichen direkten Anprall des Treibholzes auf den Wildholzrechen.

Eine Quantifizierung der Rotationsgeschwindigkeit erfolgte mittels einer 2-d Geschwindigkeitsmessung im Zuströmbereich des Wildholzrechens. Exemplarische Resultate dazu zeigt das beim modellierten Zufluss von $63 \text{ m}^3/\text{s}$ aufgezeichnete und in der Abbildung 14 dargestellte Geschwindigkeitsfeld vor dem Rechen. Demnach tritt hier die maximale Geschwindigkeit auf der rechten Seite vor dem Wildholzrechen auf und beträgt etwa 1,6 m/s. Dieser Wert stellt aufgrund des absichtlich zu glatt simulierten Geländes eine Obergrenze dar.

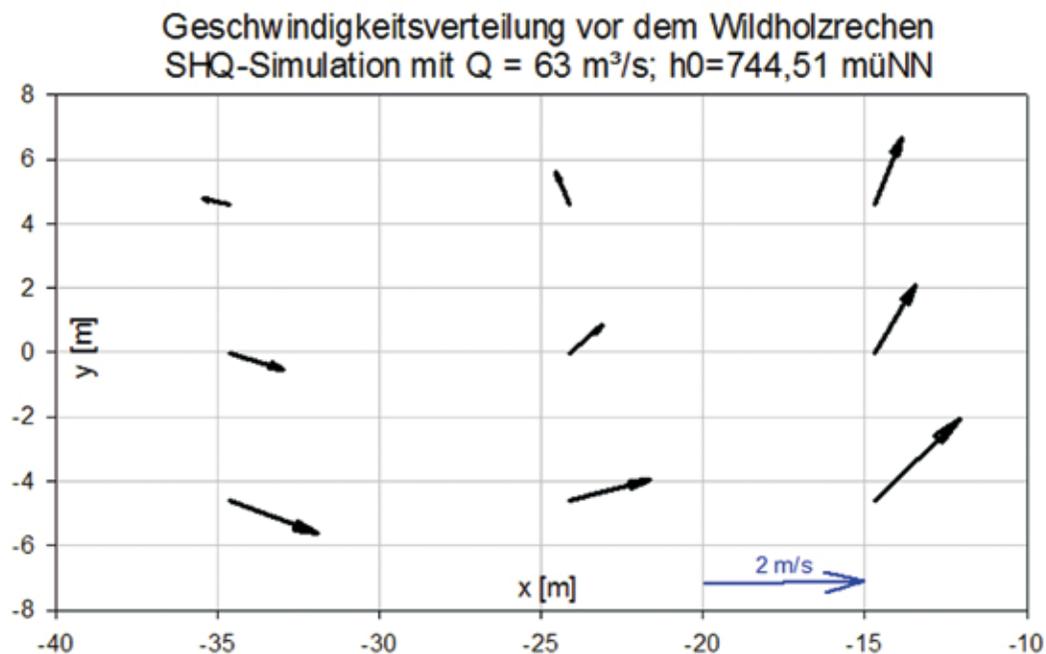


Abb. 14: Geschwindigkeitsverteilung vor dem Wildholzrechen in der SHQ-Simulation.

Fig. 14: Velocities of the SHQ simulation upstream of the driftwood rake.



Abb. 15: Treibholzsimulation mit kumulativer Zugabe während dem Einstau des Beckens.

Fig. 15: Driftwood simulation with cumulative input during the filling of the basin.

Zudem erbrachte die Treibholz-Simulation folgende Erkenntnisse:

- Der Wildholzrechen erweist sich gegenüber dem Treibholz als fast undurchlässig
- Erst einige Zeit nach dem Beginn der Stauklappenüberströmung ist eine sehr moderat erfolgende Anlandung des Treibgutes am Wildholzrechen zu beobachten.
- Ein signifikant messbarer Wasserspiegelanstieg im Staubecken, verursacht durch eine Verklauung des Rechens, trat in keinem der simulierten Fälle auf.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Modellmessungen und -simulationen die allgemeine Funktion und die hydraulischen Kenndaten der Anlage umfassend nachgewiesen und quantifiziert haben.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Dr.-Ing. Helmut Kulisch
Universität der Bundeswehr München
Werner-Heisenberg-Weg 39, 85577 Neubiberg
Helmut.Kulisch@unibw.de

DI Mag. Florian Riedl
Wildbach- und Lawinenverbauung
GBL Mittleres Inntal
Josef-Wilberger-Straße 41, 6020 Innsbruck
Florian.Riedl@die-wildbach.at

Literatur / References:

- HARTUNG F. (1971). Das Tosbecken mit seitlicher Aufweitung. Bericht Nr. 21. Versuchsanstalt für Wasserbau der TU München.
- KOBUS H. (1978). Wasserbauliches Versuchswesen. DVWW Mitteilungsheft Nr. 4. Eigenverlag.
- KULISCH (2012). Modelluntersuchung zum Regenrückhalt am Höttinger Graben. Technischer Bericht an die Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Tirol/Mittleres Inntal.
- KULISCH (2013). Nachuntersuchung zum Regenrückhalt am Höttinger Graben. Technischer Bericht an die Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Tirol/Mittleres Inntal.
- NAUDASCHER (1992). Hydraulik der Gerinne und Gerinnebauwerke. Springer-Verlag Wien New York, 2. Aufl.; ISBN 3-211-82366-2.
- PRESS und SCHRÖDER (1966). Hydromechanik im Wasserbau. Verlag von Wilhelm Ernst&Sohn, Berlin, München.
- ZIEREP J. (1972). Ähnlichkeitsgesetze und Modellregeln der Strömungslehre. G. Braun Verlag, Karlsruhe.

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

BAUGEOLOGIE GEOTECHNIK HYDROGEOLOGIE ROHSTOFFGEOLOGIE UMWELT GEOLOGIE
 BAUPLATZEIGNUNG BODENGUTACHTEN HANGRÜTSCHUNGEN GRÜNDUNGEN VERSICKERUNGEN

www.geolith.at

GÜNTHER BRENNER, PETER RAGGL, IVO SCHREINER, ALOIS SIMON

Der Waldbrand am Absamer Vorberg (Tirol)

Forest Fire on Vorberg Mountain near Absam (Tyrol)

Zusammenfassung:

Einer der größten Waldbrände in Tirol wütete vom 20. bis 23. März 2014 in Absam - ausgelöst durch eine Zigarette. In der „Ungunst der Stunde“ liegt aber auch die Chance, neue Erkenntnisse über die natürlichen Prozessabläufe und die Wiederbewaldung nach einem flächigen Waldbrand zu gewinnen.

Stichwörter:

Waldbrand, Wiederaufforstung, Lawinenverbauung

Abstract:

A major wild fire in Tyrol – triggered by a discarded cigarette – burned down the forests and protection structures on the Vorberg Mountain near Absam (Tyrol). This unfavourable catastrophe offers the opportunity to study natural processes related to forest fires and the reforestation of a freshly burned area.

Keywords:

Forest fire, reforestation, avalanche control

Der Brand

Eine Zigarette löste den Waldbrand am Absamer Vorberg im Gemeindegebiet von Absam (Tirol) am späten Vormittag des 20.03.2014 aus. Die warme Witterung und der Föhn hatten in den Tagen vorher die ohnedies geringe Schneedecke an den steilen und südexponierten Hängen weggefressen. Die Vegetationsdecke und der Oberboden waren ausgetrocknet. So konnte sich der Brandherd von wenigen Quadratmetern innerhalb weniger Minuten auf eine Fläche von etwa 1 ha erweitern. Löscharbeiten vom Boden aus waren aussichtslos, der Brand musste aus der Luft bekämpft werden. Der Föhn trieb das Feuer im ausgedörrten Gras vor sich her, erfasste Latschenflächen und Jung-

pflanzen, welche in den vergangenen Jahrzehnten mit viel Aufwand aufgeforstet worden waren. In den Abendstunden drehte der Wind und wehte talwärts. Der flächige Brand breitete sich in alle Richtungen aus. Ein schauriges und beängstigendes Bild vor dem Nachthimmel. Am nächsten Tag wiederum starker Föhn und Talwind am Abend. Die Löscharbeiten liefen auf vollen Touren. In der Nacht mehr als tausend Glutnester mit der Wärmebildkamera geortet. Nach einem weiteren massiven Einsatz am Sonntag und einsetzendem Schneefall konnte am 23.03.2014 gegen die Mittagszeit „Brand aus“ gegeben werden.



Abb. 1: Löscharbeiten mit insgesamt sieben Hubschraubern (FF Absam).

Fig. 1: Fighting the forest fire with seven helicopters.



Abb. 2: Dramatisches Schauspiel in den Abend- und Nachtstunden (FF Absam).

Fig. 2: Glow of the wild fire during night time.

Nach Ende der Löscharbeiten war eine traurige Bilanz zu ziehen: drei Tage verheerender Waldbrand, 1.500 Einsatzkräfte am Boden, 7 Hubschrauber zur Brandbekämpfung in der Luft mit mehr als 2.000 Rotationen, eine Brandfläche von rund 70 ha – davon 54 ha Wald – verteilt über eine Gesamtfläche von rund 120 ha. Mehrere Jahrzehnte Schutzwaldsanierung waren verloren, technische Verbauungen aus Holz verbrannt.

Noch während der Brandbekämpfung wurden erste Überlegungen zur Sanierung des Absamer Vorberges angestellt. Bundesminister Andrä Rupprechter und Landeshauptmann Günther Platter, die sich bei einem Lokalaugenschein ein Bild machten, sagten spontan finanzielle

Unterstützung für die Sanierungsarbeiten zu. Innerhalb weniger Tage erarbeitete die Bezirksforstinspektion Innsbruck das Flächenwirtschaftliche Projekt „Absamer Vorberg“ für die nächsten 15 Jahre. Durch die rasche Finanzierungszusage seitens des Bundes, des Landes und der Gemeinde Absam sind die geplanten Gesamtkosten in Höhe von insgesamt 3 Mio. Euro gesichert.

Die Vorgeschichte

Im Jahr 1923 vernichtete ein Waldbrand am Absamer Vorberg den dortigen Schutzwald. Die getätigte Wiederaufforstung blieb wegen der extremen Standortbedingungen ohne technische Unterstüt-

zung im Wesentlichen ohne Erfolg. In den 1960er Jahren kam es erneut zu einem Waldbrand, der weitere Schutzwaldflächen zerstörte. Ausgehend von einem lokalen Starkniederschlag im Jahr 1967 wurde verstärkt die Entwicklung von Erosionsrinnen beobachtet, die sich bis in die 1980er Jahre durch Gewitterregen und Hagelschlag ständig vertieft und in gefährdender Weise ausgebreitet haben. Seit etwa 1985 sind Überschotterungen von Wald- und Siedlungsbereichen aufgetreten, Bachwasser ist in den ständig bewohnten Bereich von Absam vorgedrungen. Weiters musste auch eine Intensivierung der Steinschlagereignisse und flächige Erosion beobachtet werden.

Durch den Verlust der baumförmigen Vegetation entstanden größere Anbruchgebiete für Lawinen, die in den darunterliegenden Schutzwald einstießen, sodass diese laufend reduziert wurden. Zudem zeigten sich in den umliegenden Waldbereichen seit einigen Jahren deutliche Symptome einer zunehmenden pathologischen Anfälligkeit und einer Verschlechterung des Waldzustandes. Diese Faktoren waren Anlass zur Umsetzung des ersten Flächenwirtschaftlichen Projektes „Absamer Vorberg 1985“.

Durch den Waldbrand vom März 2014 wurden jedoch die Aufforstungsflächen schwer in Mitleidenschaft gezogen und die technischen Sicherungsmaßnahmen dieses Projektes funktionsuntüchtig. Durch die große Ausdehnung des Waldbrandes wurden bis dahin intakte Schutzwaldbestände zerstört.

Der Gefahrenzonenplan für die Gemeinde Absam wurde 2006 einer Revision unterzogen. Gemäß dieser Gefahrenzonenabgrenzung wurden für die raumrelevanten Flächen unterhalb der Projektfläche auf Grund der zu erwartenden Wildbachprozesse die Gelbe Wildbachgefahrenzonen der „Absamer Vorberg Runsen“ ausgedehnt. Diese Abgrenzung

unterstellte die Funktionstüchtigkeit der bestehenden Schutzbauten sowie die des Schutzwaldes zum Zeitpunkt der Erhebung. Nach dem letzten Waldbrand ist eine deutliche Verschlechterung der naturräumlichen Gegebenheiten in den Einzugsgebieten bzw. Anbruchgebieten zu befürchten. Damit verbunden kann eine erhöhte Prozessaktivität hinsichtlich Lawinen, Erosion, Wildbäche und Steinschlag unterstellt werden. Die Ausgangssituation ist auf Grund der zu erwartenden negativen Entwicklungen als ungünstig zu beurteilen und wird in der derzeitigen Abgrenzung der Gefahrenzonen nicht dargestellt.

Die naturräumlichen Gegebenheiten

Der Absamer Vorberg liegt nördlich von Absam am rechtsufrigen Eingang des Halltales auf der südexponierten Talflanke des Hochmahdkopfes. Er wird also im Westen vom Halltal und im Osten von der „Weissen Reisse“ begrenzt. Talwärts im Süden läuft er am „Runstboden“ aus, daran schließen Siedlungsobjekte und Infrastruktureinrichtungen sowie Kulturgründe an. Der Absamer Vorberg ist Teil des Landschaftsschutzgebietes Nordkette und des Alpenpark Karwendel und somit Natura 2000-Gebiet.

Die steilen bis sehr steilen Hänge sind von Rinnen und Felsbändern durchzogen und liegen in einer Seehöhe zwischen 950 m und rund 1.750 m ü.A. Auf den teilweise entwaldeten Flächen bilden sich fortlaufend Rutschungen bzw. Erosionsflächen aus, die in mehreren Trockenrinnen bis zum Siedlungsrand von Absam vordringen. Die Steilheit der Hänge nimmt gegen die Grate hin zu, wo bisweilen Hangneigungen von mehr als 45° erreicht werden und Felsabstürze ausgebildet sind.

Das Grundgestein der Nordkette – und somit auch des Absamer Vorberges – besteht aus

Ablagerungen der Trias, wobei sich in den tiefsten Lagen Buntsandsteine und Dolomite der Reichenhaller-Schichten sowie Mergel, Kalke und Raibler-Schichten finden, die an vielen Stellen von Moränen- und Terrassenablagerungen überdeckt werden. Knapp oberhalb von Innsbruck steht die Höttinger Breccie an. In den höheren Lagen zieht ein breites Band von Muschelkalk durch, darüber lagern Partnach-Schichten. Den Grat bildet Wettersteinkalk. Die Böden werden aus Dolomitschottern mit geringer Humusaufgabe gebildet.

Das Projektziel

Durch den Waldbrand wurden bewaldete Flächen und Grasmatten sowie Wildbach- und Lawinenschutzbauten vernichtet. Die zerstörte oder zumindest beeinträchtigte Waldfläche besteht zum Großteil aus Objekt- und Standortschutzwald (96%), der damit seine Schutzwirkung verloren hat. Das Flächenwirtschaftliche Projekt soll die Wiederherstellung der Schutzfunktion des Waldes gegen Lawinen, Wildbachprozesse, Erosion und Steinschlag zum Schutz von Siedlungs-

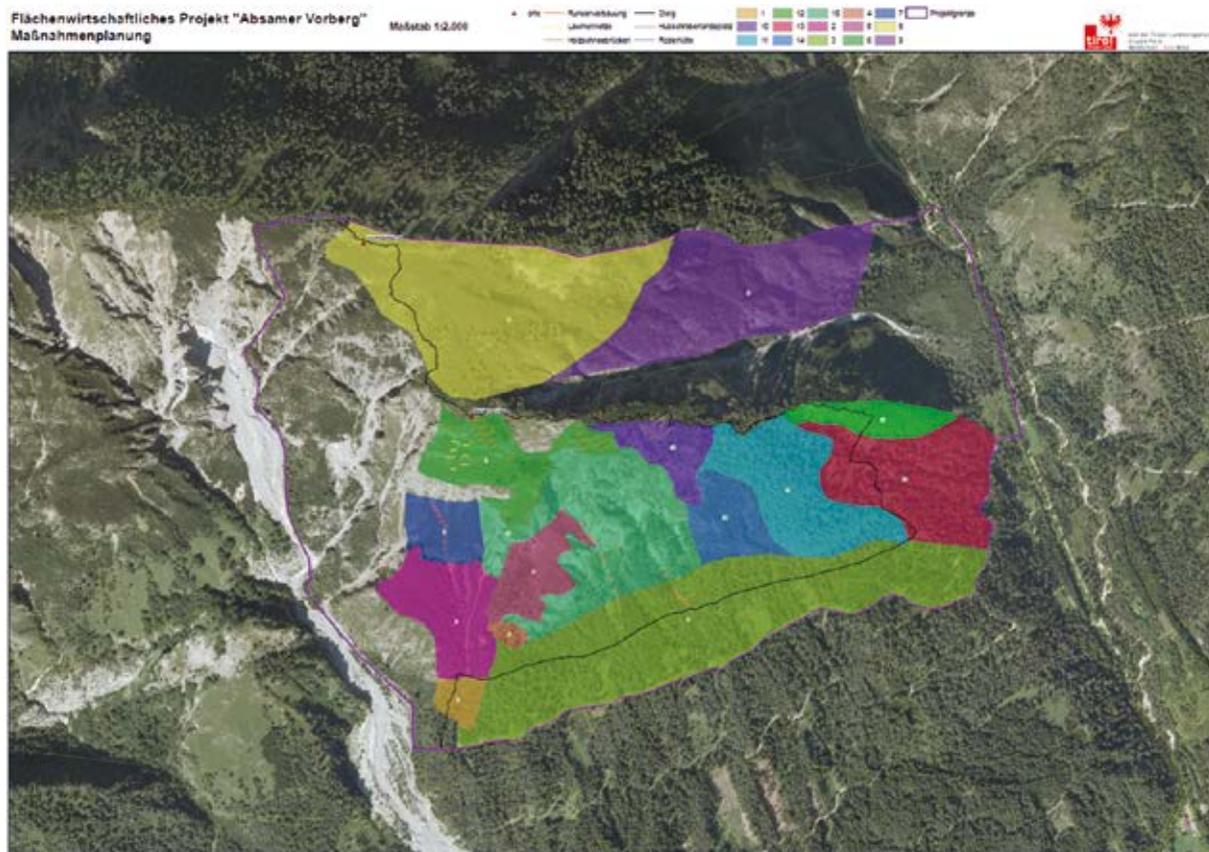


Abb. 3: Orthofoto mit detailliertem Maßnahmenplan.

Fig. 3: Ortho-image with detailed plan of protection measures.

räumen, Infrastruktureinrichtungen und landwirtschaftlichen Gründen gewährleisten. Weiters wird dem Schutz des Oberbodens vor Erosionen und Verkarstung eine hohe Bedeutung beigemessen. Vorrangig werden der Wiederaufbau und die notwendige Ergänzung der Schutzbauten sowie eine baldmöglichste Wiederbewaldung angestrebt. Dazu sind in erster Linie die Aussaat standortsgerechter Gras- und Baumsamen, die Erosionssicherung neuralgischer Stellen sowie die Errichtung von Maßnahmen zur Schneedeckenstabilisierung mittels Gleitschneeböcken und die Runsenverbauungen vorgesehen. Die mittel- und langfristigen Maßnahmen liegen vor allem im biologischen Bereich (Aufforstungen, Pflegemaßnahmen, Forsthygienische Maßnahmen), die durch entsprechende technische Hilfestellungen (Schneeberuhigungsmaßnahmen) zu ergänzen sind. Zusätzlich sind unbedingt begleitende Maßnahmen bei der Schalenwildbewirtschaftung notwendig.

Die Umsetzung

Startphase

Bereits einen Monat nach dem Brand konnten die Sanierungsmaßnahmen begonnen werden. Sämtliche biologische Maßnahmen werden dabei unter der fachlichen Leitung der Bezirksforstinspektion Innsbruck umgesetzt. Die erforderlichen technischen Maßnahmen zum Lawinen- und Gleitschneeschutz sowie der Runsenverbauung werden durch den Forsttechnischen Dienst für Wildbach und Lawinenverbauung, Gebietsbauleitung Mittleres Inntal, ausgeführt.

Detaillierte Erhebungen und erste Auswertungen bildeten die Grundlage für den Maßnahmenplan, der stark den jeweiligen Schädigungsgrad der beeinträchtigten Fläche und das Selbstheilungsvermögen der Natur berücksichtigt.

Die Gras- und Baumsaat

Gleich nach Ostern wurden daher erosionsgefährdete Flächen mit einer Mischung aus Gras- und Baumsamen eingesät. Dazu wurde eine spezielle Samenmischung, abgestimmt auf den Boden, die Höhenlage und die Ausrichtung der Hänge des Absamer Vorberges von Naturschutz- und Forstexperten zusammengestellt. Auf den flächig abgebrannten Latschenfeldern wurde zeitgleich die Wiederherstellung der Schutzwirkung durch die Aussaat von Baumsamen wie Birke, Latsche, Mehlbeere, Bergahorn und Spirke eingeleitet. In dem unwegsamen Gelände konnte das Saatgut nur mit Hubschrauber ausgebracht werden.



Abb. 4: Begrünung der erosionsgefährdeten Stellen mittels Hubschrauber.

Fig. 4: Greening of areas exposed to erosion by means of helicopter.



Abb. 5:
Latschenbestand:
(a) nach dem Waldbrand,
(b) nach erfolgreicher
Grassaat.



Fig. 5:
Mountain pine stands:
(a) burned by the forest fire,
(b) after successful grass
sowing.

Die ersten Aufforstungen

Zu den Einsaaten wurden und werden zielgerichtet Aufforstungen durchgeführt. In Anlehnung an die natürliche Waldgesellschaft wurden Baumarten wie Weißkiefer, Spirke, Bergahorn, Rotbuche,

Eberesche, Fichte und Vogelkirsche mit der Hilfe von Freiwilligen aufgeforstet. Insgesamt wurden in der ersten Tranche rund 4.000 Bäumchen am östlichen Rand der Brandfläche gesetzt. Die Forstpflanzen kommen von den Tiroler Landforstgärten und sind der Höhenlage und dem speziellen Standort am Absamer Vorberg angepasst. Zusätz-

lich wurden die jungen Bäume verpflockt und mit Schutzhüllen gegen Wildverbiss geschützt, um ein möglichst gesichertes Aufkommen zu gewährleisten. Die Pflanzungen in den höheren Lagen werden sich an den Fortschritt der technischen Verbauungen ausrichten und so in Etappen über mehrere Jahre durchgeführt.

Die Koordination der vielen Freiwilligen erfolgte über den Alpenpark Karwendel, der dafür seine Freiwilligenplattform „Team Karwendel“ adaptiert hat. In den ersten beiden Tagen meldeten sich bereits über 90 Personen für die Aufforstungsarbeiten. Die vielen Freiwilligen waren hoch motiviert und halfen im Natura 2000 Gebiet engagiert mit, einen artgerechten Schutzwald aufzuforsten. Aufgrund des hohen Ansturms an Helfern mussten weitere Freiwillige vorerst auf eine Warteliste gesetzt werden. Im Herbst 2014 bzw.

Frühjahr 2015 werden von der Bezirksforstinspektion weitere Aufforstungen und Pflegearbeiten geplant, bei denen gerne auf diese zurückgegriffen werden wird.

Lawinenschutz: Gleitschneeböcke und Anbruchverbauung, Aufforstung

Um die Voraussetzung für das Aufkommen des Jungwuchses zu schaffen, sind in den Aufforstungsflächen mit entsprechender Hangneigung und insbesondere auf exponierten Hängen mit geringer Bodenrauigkeit technische Gleitschneeschutzmaßnahmen einzusetzen. Dabei kommen Holzgleitschneeböcke zum Einsatz. Die Böcke werden aus Robinienholz hergestellt und sind als Dreibein mit einer Bauhöhe von ca. 1,8 m ausgeführt. Als Bedielung werden Rundhölzer verwendet.



Abb. 6: Gleitschneeböcke zum Schutz der Jungpflanzen (Sagmeister J.)

Fig. 6: Snow glide tripods for protection of young trees.

Zur Anbruchverbauung in steileren Bereichen und als Gleitschneeschutz sind Lawinenwerke geplant. Eine Evaluierung des Schädigungsgrades der bestehenden Werke hat gezeigt, dass kein ehemaliges Stützwerk weiterhin funktionstüchtig ist. Auf Grund des Verlustes von Waldflächen durch den Waldbrand haben sich neue potentielle Anbruchgebiete gebildet, welche zur Sicherung der Aufforstungsflächen mit Stahlschneebrücken gesichert werden sollen. Die Werkkonstruktion stellt eine vereinfachte Bautype einer Stahlschneebrücke dar. Es werden dabei die Stütze und der Träger durch einen Dreiecksverband stabilisiert. Die Anpassung an das Gelände erfolgt über einen variablen Druckplattenfuß. Die Druckplatte liegt hangparallel auf. Bergseitig ist ein aufgelöster Anker mit einer Verankerungslänge von 3,0 m (Zuganker) und 2,0 m (Druckanker) geplant. Der Werksreihenabstand wurde auf Basis der Vorgaben gemäß ONR 24805 mit 16 m (ca. 20 m hangparallel) ermittelt.

Beginnend mit Frühjahr 2015 sind Aufforstungen im Schutz der Gleitschneeböcke und

Stahlschneebrücken vorgesehen. Insbesondere soll dabei die relativ verbissunempfindliche Spirke, weiters Latsche, Fichte und Mehlbeere gepflanzt werden. Wegen der Unwegsamkeit des Geländes werden hier forstfachlich ausgebildete Arbeitskräfte zum Einsatz kommen. Zudem soll selbstverständlich auch der stark in Mitleidenschaft gezogene Waldgürtel oberhalb des Runstbodens mit Baumarten der natürlichen Waldgesellschaft unterbaut bzw. wiederaufgeforstet werden.

Die Sanierung der Runsenverbauung

Die bestehenden 18 Stück einwandige Steinkästen, welche zum Teil zerstört bzw. stark beschädigt wurden, werden wieder hergestellt. Zur Bändigung der Rinnen wurde ein kombiniertes Verbauungssystem aus Holzsperrn mit verankerten Stützwänden und teilweiser Materialfüllung ausgeführt. Die verbrannten Bauwerke bzw. Bauteile werden im Zuge der Verbauung ersetzt bzw. ergänzt. Eine Ergänzung ist nicht vorgesehen.



Abb. 7:
Verbauungen mittels
Stahlgleitschneebrücken
(Sagmeister J.)

Fig. 7:
Glide snow protection with
snow bridges in steel.

Umsetzungsplan

Die technischen Maßnahmen sollen über die Laufzeit von 5 Jahren schrittweise umgesetzt werden. Mit Abschluss des heurigen Baujahres werden rund 500 lfm Stahlgleitschneebrücken errichtet und etwa 450 – 500 hölzerne Gleitschneeböcke gesetzt sein.

Die begleitende Forschungsarbeit

Die Forschungsarbeiten nach dem Brand am Absamer Vorberg sind neben einer aktuellen Erfassung des Ereignisses insbesondere auch auf ein langfristiges Monitoring der weiteren Entwicklung ausgerichtet.

Als direkte Auswirkung des Brandes kommt der Untersuchung der Mortalität und Regenerationsfähigkeit der einzelnen Gehölzarten große Bedeutung zu. Dieser Forschungsfrage wird in Kooperation mit dem Waldbauinstitut der Universität für Bodenkultur durch Erfassung der Brandintensität und Einflüsse auf die Gehölzvegetation nachgegangen. Die nötigen Geländearbeiten erfolgen dabei im Zusammenhang mit den Erhebungen zur Projektsteuerung des Flächenwirtschaftlichen Projekts.

Neben der direkten Auswirkung des Brandes auf die Gehölzvegetation sollen auch die mittel- bis langfristigen Folgen durch Sekundärschädlinge beobachtet werden. Hierzu trägt auch der Forschungsteil zur qualitativen Beobachtung der Insektensukzession mit Schwerpunkt auf Käfer bei. Dieser wurde in Zusammenarbeit mit dem Alpenpark Karwendel und dem Tiroler Landesmuseum begonnen und soll auch in Zukunft weitergeführt werden. Wie viele große Brandereignisse der Vergangenheit nahe legen hängt Richtung und Geschwindigkeit der Regeneration stark von der nachfolgenden Bodenerosion ab.

Hierin liegt ein zweiter Schwerpunkt der Forschungsarbeiten.

Zur detaillierten Dokumentation des Ausgangszustandes nach dem Brand wurde in Kooperation mit dem BFW (Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft) durch eine zeitnahe Befliegung ein hochauflösendes Orthofoto und Geländemodell angefertigt. Neben der Erfassung des Schadenausmaßes kann durch Wiederholungsaufnahmen eine langfristige objektive Beurteilung der Entwicklung der Fläche durchgeführt werden. Darüber hinaus beschäftigt sich eine Masterarbeit mit der Quantifizierung der beginnenden Bodenerosion nach dem Brandereignis.

Anschrift der Verfasser / Authors' adresses:

DI Günther Brenner
Bezirksforstinspektion Innsbruck
guenther.brenner@tirol.gv.at

Ing. Peter Raggl
Bezirksforstinspektion Innsbruck
peter.raggl@tirol.gv.at

DI Ivo Schreiner
Forsttechnischer Dienst der Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Mittleres Inntal
ivo.schreiner@die-wildbach.at

DI Alois Simon
Landesforstdirektion Tirol
alois.simon@tirol.gv.at

CLEMENS PFURTSCHELLER, ANIKA MALTZKAIT, SIEGFRIED JACHS, ARTHUR BERBIG

Risikoanalyse, Maßnahmenplanung und Bedarfsanalyse als Instrumente der Naturgefahrenprävention: Pilotstudie Au im Bregenzerwald

Risk analysis, intervention planning and needs assessment as instruments of natural hazards prevention: pilot study municipality of Au

Zusammenfassung:

Die Freiwilligen Feuerwehren in Österreich sind für Brände optimal vorbereitet. Anders ist es im Falle von technischen Einsätzen, die von Naturgefahren ausgelöst werden. Die Großereignisse der letzten Jahre haben deutlich aufgezeigt, dass großes Optimierungspotenzial vor allem in der Vorsorge vor katastrophalen Ereignissen besteht. Dies kann u.a. anhand von Risikoanalysen und darauf aufbauenden Maßnahmen- und Interventionsplanungen erreicht werden, wie die Pilotstudie in der Gemeinde Au im Bregenzerwald (Vorarlberg) deutlich aufzeigt. Derartige Analysen sollten auch in regionale und nationale Planungen des Katastrophenschutzes miteinfließen. Darüber hinaus bilden Risikoanalysen wertvolle und objektive Grundlagen für Beschaffungen im Feuerwehrwesen.

Stichwörter:

Vorsorge, Naturgefahren, Risikoanalyse, Schutzziele, Feuerwehr

Abstract:

In Austria, the voluntary fire brigades are well prepared for fire emergencies. For technical emergencies which were triggered by natural hazards like the extreme flood events of 2002, 2005, 2013 and 2014, potential for improvement was identified, e.g. instruments and methods for prevention like risk analysis as a prerequisite for intervention planning should be carried out. We present a pilot study focussing on such topics carried out in the municipality of Au, Bregenzerwald (Vorarlberg, Austria). Such analyses could also be useful for regional and national crisis management plans, if aggregated. Moreover, intervention planning serves as an objective decision basis for technical equipment and vehicles for the fire brigades.

Keywords:

prevention, natural hazards, risk analysis, safety targets, fire brigades

Einleitung:

Risikoanalyse und Katastrophenmanagement

Naturgefahrenbezogenes Risikomanagement verfolgt das Ziel, den Schutz der Bevölkerung und der Sachwerte nach dem Prinzip der Verhältnismäßigkeit und Effizienz zu gewährleisten (Hollenstein et al., 2004; WSL, 2013). Dabei steht nicht nur die Vorbeugung (Prävention, Vorsorge) im Fokus, sondern auch die Bewältigung (Einsatz, Intervention) und die Regeneration (Wiederaufbau) (PLANAT, 2012).

Während die Risikoanalyse in der Planung vorbeugender Maßnahmen Standard ist (Heinimann et al., 1998; Ammann et al., 2004), wird in der Bewältigungsphase (Katastrophen- und Krisenmanagement) nur vereinzelt auf Risikoanalysen zur Planung von Interventionskräften und Einsatzmitteln zurückgegriffen. Da jedoch in einer komplexen Risikolandschaft die verfügbaren und immer knapper werdenden Ressourcen des Katastrophenschutzes für verschiedene Zwecke verwendet werden, sollten Risikoanalysen auch in der Bewältigungsphase mehr Anwendung finden. Risikoanalysen können demnach der Optimie-

rung der Maßnahmenplanung auch im Katastrophenschutz dienen (BMI, 2009).

Der Beitrag skizziert im ersten Abschnitt Grundlagen zur Risikoanalyse und Maßnahmenplanung sowie deren nationale und internationale Perspektive. Dies dient als Basis für die durchgeführte Pilotstudie in der Gemeinde Au (Bregenzerwald, Vorarlberg). Darauf aufbauend wird vor allem auf die konkrete Umsetzung und Ausgestaltung der Pilotstudie Au im Bregenzerwald eingegangen. Weitere Schwerpunkte sind Schutzziele für den Einsatz und mögliche objektive Beschaffungskriterien.

Die internationale und nationale Perspektive der Risikoanalyse im Katastrophenmanagement

Internationale Strategien und Normen:
Stand der Umsetzung in Österreich

Internationalen Strategien zufolge sollen im Katastrophenschutz alle möglichen Risiken systematisch erfasst und reduziert sowie die Ressourcen entsprechend dem jeweiligen Risiko eingesetzt werden. Mit dem neuen „Sendai Framework for Disaster Risk Reduction“ wurden 2015 erstmals globale Ziele für die Senkung des weltweiten Kata-

strophennisikos definiert. Im Jahrzehnt 2020 bis 2030 sollen die Zahl der Opfer und der Betroffenen sowie das Ausmaß der Schäden, im Verhältnis zur Bevölkerung bzw. zum Bruttonationalprodukt unter die Vergleichswerte der letzten zehn Jahre gesenkt werden. Auch die OECD hat im Mai 2014 in ihrer „Recommendation of the Council on the Governance of Critical Risks“ die Empfehlung an ihre Mitgliedstaaten ausgesprochen, sich mit kritischen Risiken systematisch auseinanderzusetzen und Kapazitäten zur Erfassung und Bewältigung von Risiken auszubauen.

Die Europäische Union (EU) erwartet von den Mitgliedstaaten, dass sie das Risiko aufgrund von Katastrophen auf ein im jeweiligen Mitgliedstaat „akzeptables Maß“ reduzieren, überlässt es aber den Mitgliedstaaten, die Schutzziele zu definieren und auch die Schritte zur deren Erreichung festzulegen. Mit Inkrafttreten des neuen Unionsverfahrens für den Katastrophenschutz im Jahre 2014¹ müssen alle Mitgliedstaaten nationale Risikoanalysen erstellen und ihre Risikomanagementfähigkeit beurteilen. Dies ist ein erster Schritt in die gesetzliche Regelung im Hinblick auf den Umgang mit Naturrisiken. Auch wenn in Österreich schon bisher zahlreiche hoch entwickelte Instrumente der Risiko- und Gefahrenbewertung (-darstellung) sowie des Risikomanagements existierten, hat sich bisher noch kein staatliches Gesamtsystem der Risikoanalyse etabliert.

Dem steht die föderale Struktur des österreichischen Katastrophenschutzes gegenüber, welches Kompetenzen und Aufgaben des Katastrophenschutzes auf alle Gebietskörperschaften (Gemeinde, Bezirke, Bundesländer, Bund) verteilt. Dabei gelten die Grundsätze eines sektorübergreifenden, rechtlichen und organisato-

rischen Rahmens für alle Akteure einerseits, und einer Erbringung der Schutzleistung auf Ebene der kleinsten betroffenen Gebietseinheit andererseits.

Das Innenministerium hat daher 2013 einen staatlichen Risikoanalyseprozess für Naturkatastrophen und von Menschen verursachten Katastrophen etabliert. Im Rahmen dieses Prozesses wurde auch eine erste Erfassung von Risiken vorgenommen, die auf nationaler Ebene zu betrachten sind (Jachs, 2014). Als Basis dafür können unter anderem regionale und lokale Analysen dienen, wie am Beispiel des Pilotprojektes Au im Bregenzwald. Risikoanalysen und Risikomanagement sind somit Prozesse, die auf verschiedenen Verwaltungsebenen stattfinden. Auf kommunaler Ebene ist der Bezug zum jeweiligen Risiko unmittelbar gegeben und Ergebnisse von Risikoanalysen können auch unmittelbar in den Katastrophenschutzplan und Maßnahmenplanungen einfließen.

Methode der Risikoanalyse nach BBK

Eine qualitative Risikoanalyse umfasst die Gefahrenanalyse sowie die Risikobeurteilung für ein bestimmtes Untersuchungsgebiet. Für die Durchführung einer Risikoanalyse eignet sich die vom deutschen Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe entwickelte Methode (BBK, 2010). Das Ziel der Risikoanalyse des Bevölkerungsschutzes ist eine vergleichende Abschätzung und Gegenüberstellung verschiedener Risiken. Der Vorteil der Methode ist die Anwendbarkeit auf jeder Verwaltungsebene, darüber hinaus eröffnet sie die Möglichkeit, auf systemische Weise die Eintrittswahrscheinlichkeit und das potentielle Schadensausmaß des jeweilig betrachteten Gefahrenprozesses abzuschätzen. Die ermittelten Risiken werden im abschließenden Schritt in einer Risikomatrix gegenübergestellt (Abbildung 1) und dadurch vergleichbar gemacht.

¹ Beschluss Nr. 1313/2013/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2013 über ein Katastrophenschutzverfahren der Union.

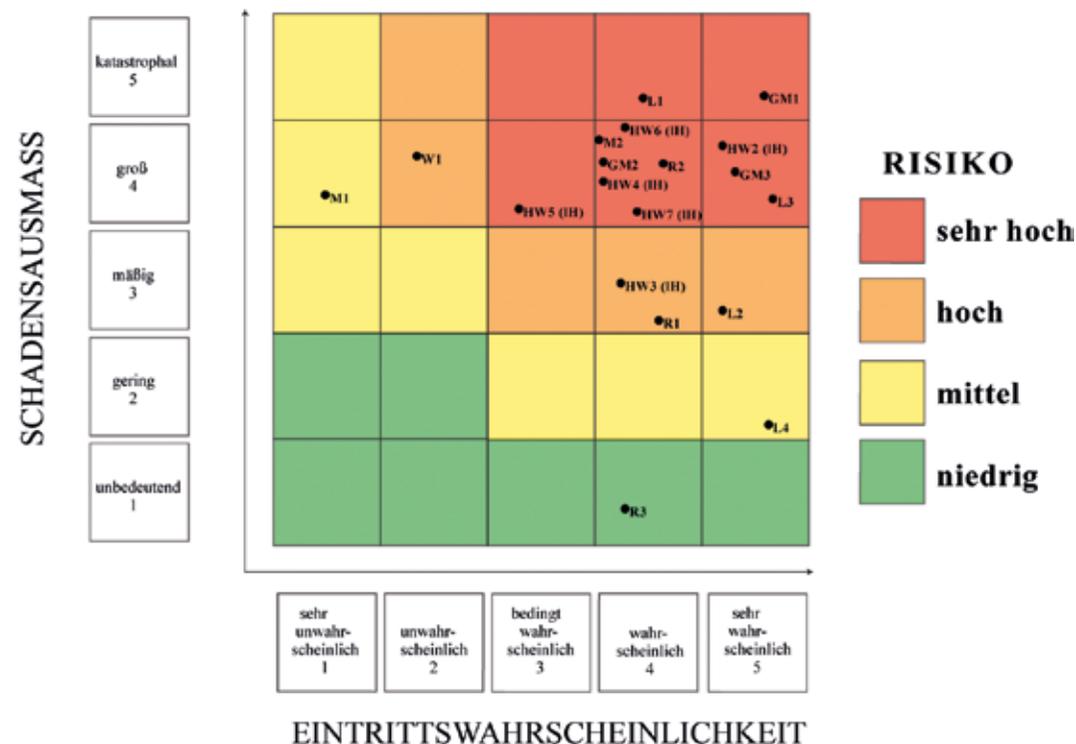


Abb. 1: Die Risikomatrix als Instrument zur vergleichenden Darstellung von Risiken (modifiziert, nach BBK, 2010).

Fig. 1: Risk matrix, method for the comparative presentation of risks (according to BBK 2010, modified).

Für eine einheitliche Vorgehensweise hat das BBK ein Ablaufschema zur Durchführung einer Risikoanalyse entwickelt:

1. Beschreibung des Bezugsgebietes
2. Auswahl der Gefahr und Beschreibung des Szenarien
3. Bestimmung der Eintrittswahrscheinlichkeit und Bestimmung des Schadensausmaßes
4. Ermittlung und Visualisierung des Risikos

Im Weiteren können die Risiken bewertet und mögliche Lösungsstrategien entwickelt werden. Um genaue und nachvollziehbare Ergebnisse zu erzielen, ist es zwingend erforderlich, Expertenwissen und lokales Wissen in die Risikoanalyse miteinzubeziehen.

Bedarfsanalysen des Katastrophenschutzes

Auf der Risikoanalyse baut die Bedarfsanalyse des Katastrophenschutzes auf. Bedarfsanalysen sind notwendig, um nach Eintritt einer Katastrophe festzustellen, welche Hilfsgüter erforderlich sind. Sie geben Auskunft darüber, was, wie viel, wann und wo von der Bevölkerung bzw. von den Hilfsorganisationen und anderen beteiligten Akteuren benötigt wird. Bei der Bedarfsanalyse sind die Kapazitäten der lokalen Infrastruktur, die verfügbaren Ressourcen, Hilfe-behindernde Faktoren sowie soziale, kulturelle und ökologische Eigenschaften des Katastrophengebiets zu berücksichtigen. (Kotzab & Kaput, 2014)

Da diese Informationen vielfach erst nach Eintritt der Katastrophe vorliegen und der exakte Bedarf von der Art der Katastrophe abhängt, erfolgt die Bedarfsanalyse in der Regel erst in der Phase der Bewältigung. Die Risikoanalyse ist ein Instrument, welche eine Prognose des Bedarfs bezogen auf die Art und das Schadenspotenzial definierter Naturkatastrophen ermöglicht.

Risiko- und Bedarfsanalysen im Bereich der Einsatzorganisationen (Feuerwehren)

Im Bereich der Einsatzorganisationen existieren Risiko- und Bedarfsanalysen beispielsweise für den Brandfall, allerdings berücksichtigen

diese keine Naturrisiken. Dabei könnten gerade Bedarfsanalysen als Ergänzung für die vorhandenen Katastrophenschutzpläne und/oder Einsatzpläne dienen. Sie geben den Einsatzkräften Auskunft, ob die bereitgestellten Mittel mittel- bis langfristig ausreichen, um eine erfolgreiche Gefahrenabwehr zu gewährleisten. Zudem können sie auch als objektive Entscheidungsgrundlage für Beschaffungen von Gerätschaften für den Katastropheneinsatz, wie etwa Großpumpen, dienen. (Abbildung 2)

Der Bedarf von Einsatzorganisationen, speziell der Freiwilligen Feuerwehren, wird weitestgehend mittels des kritischen Wohnungsbrandes („Normbrand“) analysiert. Dies ist ein durch



Abb. 2: Hydraulikpumpe mit 12.000 Liter/Minute Pumpleistung und geländegängiger Raupenstapler für den Katastropheneinsatz.

Fig. 2: Hydraulic high-capacity pumping device with 12.000 liter/minute delivery rate and all-terrain forklift with caterpillar drive for flood disasters.

definierte Schutzzielparameter genormter Wohnungsbrand, anhand dessen die Erfüllung der Schutzziele beurteilt werden kann (Lülf & Rinke, 2008; Landeshauptstadt Stuttgart, 2011; Kandzia, 2013). Die Grundlage für die Erstellung eines solchen Feuerwehrbedarfsplanes bildet immer die Gefahren- und Risikoanalyse. In Abhängigkeit des definierten Schutzzieles werden pro Risiko die notwendigen Ressourcen (Bedarf) zur Erfüllung des Zieles festgestellt. In diesem Zusammenhang erfolgt die Festlegung der Schutzziele, angepasst an die jeweilige Gemeinde, über Schutzzielparameter (z.B. Hilfsfrist, Funktionsstärke, Erreichungsgrad). Diese Schutzzielparameter wurden auf die Empfehlung der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren in der Bundesrepublik Deutschland als Qualitätskriterien für die Bedarfsplanung von Feuerwehren in Städten definiert (AGBF, 1998). In Österreich existieren keine gesetzlichen Vorschriften über die Durchführung einer Feuerwehrbedarfsplanung. In Vorarlberg wurde solche Planungen beispielsweise für die Gemeinden Bludesch, Ludesch, Nüziders, Thüringen und Feldkirch durchgeführt.

Interventions- und Notfallplanungen

Interventions- oder Notfallplanungen dienen als Grundlage für eine erfolgreiche Gefahrenabwehr durch die Einsatzorganisationen. Es existieren Konzepte in der Schweiz, die auf Grundlage von Gefahrenkarten erstellt werden können (Romang & Wilhelm, 2007; Graf, 2012; ABS, 2014).

Mithilfe der Notfallplanung sollen kritische Situationen schon vor dem Ereignisfall untersucht werden: was wird wann benötigt (Personal/Material) und wo liegen Gefahrenstellen, die eine besondere Aufmerksamkeit beanspruchen. Dieses Vorausdenken spart im Ereignisfall Zeit und zeigt auf, welche wichtigen Zusammenhänge beste-

hen, die möglicherweise im Einsatz übersehen werden würden. Im Idealfall werden diese Notfallplanungen in den Katastrophenschutzplänen der Gemeinden integriert, sodass Synergien zwischen Einsatzorganisationen und der behördlichen Ebene erreicht werden.

Pilotstudie in der Gemeinde Au / Bregenzerwald

Gegenstand und Inhalt der Pilotstudie

Auf Initiative des Landesfeuerwehrverbandes Vorarlberg wurde im Rahmen einer Masterarbeit des Studienfaches Geographie an der Universität Innsbruck eine Risiko- und Bedarfsanalyse für die Freiwilligen Feuerwehr in der Gemeinde Au im Bregenzerwald erstellt. (Maltzka, 2014)

In der Studie wurden folgende Forschungsfragen behandelt:

1. Welche Ressourcen und Maßnahmen sind für bestimmte Risiken notwendig und sind diese lokal vorhanden?
2. Welche Risiken kann die Gemeinde eigenständig bewältigen und für welche Risiken ist Nachbarschaftshilfe oder eine Hinzunahme weiterer Hilfsorganisationen nötig?
3. Ist es möglich, objektive Kriterien für die Beschaffung von Einsatzgerät im Interventionsfall für technische Einsätze festzulegen?

Konkrete Vorgehensweise, Methodik und verwendete Daten

Angelehnt an die Methode des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK, 2010) wurde in der Gemeinde Au eine qualitative Risikoanalyse abgehandelt. Ziel ist es, Risiken zu identifizieren, zu erfassen und einzuschätzen.

Als Untersuchungsgebiet wurde Gemeinde Au im Bregenzerwald (Vorarlberg) gewählt, welche in der Nordstaulage von jährlichen Niederschlagsmengen über 2000 mm betroffen ist. Der primäre Untersuchungsraum war das Gemeindegebiet von Au (lokale Maßstabsebene). Gefahrenprozesse wurden nur dann erfasst, wenn im Rahmen von konkreten Ereignissen die Mitwirkung von Einsatzkräften erforderlich ist, also insbesondere, wenn Menschenleben, Siedlungen und/oder Infrastruktur bedroht sind. Jedem Naturprozess wurde eine bestimmte Signatur und Farbe zugeordnet. Bei der Auswahl der Farbsignaturen wurde eine Überschneidung mit der Farben der Risikomatrix des BBK vermieden.

Grundlagenerhebung und Gefahrenszenarien

Grundlage für die Analyse der relevanten Gefahrenprozesse (Hochwasser, Muren, Rutschungen, Steinschläge, Felsstürze und Lawinen) bildeten die verfügbaren Gefahrenzonenpläne und Gefahrenhinweiskarten (Wildbach- und Lawinenverbauung, Schutzwasserwirtschaft, Landesgeologie) sowie ergänzende Geländeerhebungen. Dabei wurden stumme Zeugen, die Schlussfolgerungen über das Vorkommen von Naturprozessen zulassen, aufgenommen. Zusätzlich wurde das lokale Wissen bezüglich der Art, dem Auftreten und der Reichweite der Naturprozesse im ersten Workshop mit der Gemeindeeinsatzleitung mit eingebunden und in der Karte der Naturprozesse berücksichtigt.

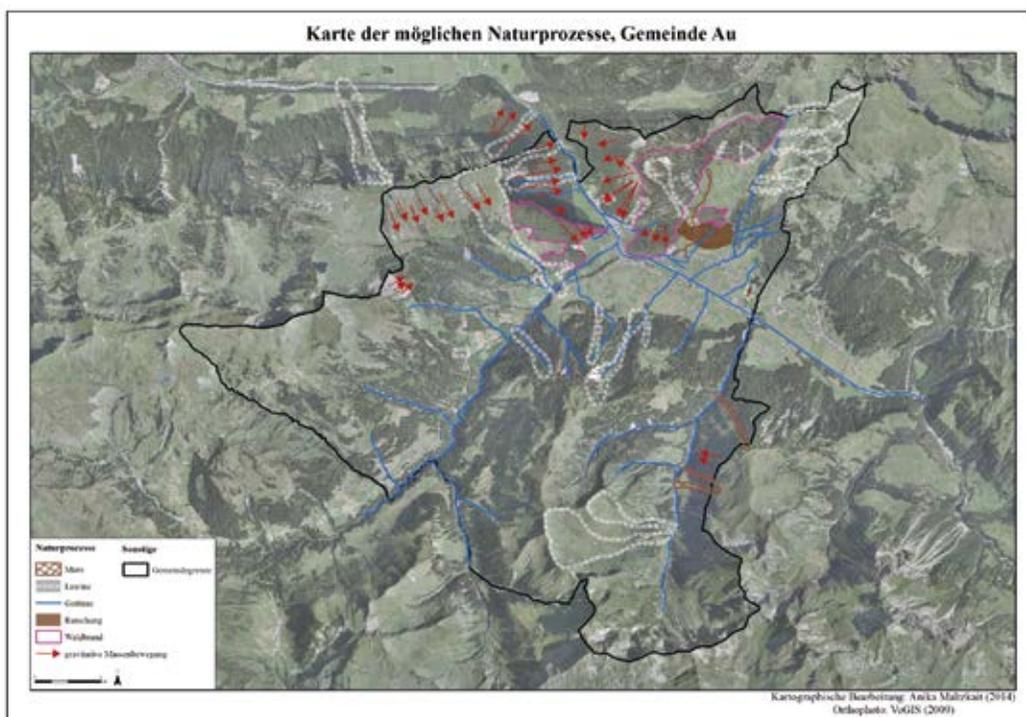


Abb. 3: Übersichtskarte der Naturgefahrenprozesse der Gemeinde Au.

Fig. 3: Indication map of natural hazard processes in the municipality of Au.

In Anlehnung an die Leitfragen des BBK (2010) wurden für diese Naturgefahren spezifische Szenarien formuliert, um deren Eintrittswahrscheinlichkeit und das potentielle Schadensausmaß ein- bzw. abzuschätzen. Zunächst wurden die Szenarien mittels beschrieben und aufgetretene Referenzereignisse definiert (z.B. Hochwasser 2005, jährliche Steinschlagereignisse). In dieser Pilotstudie wurde für jedes Szenario der „worst case“ als relevant festgelegt.

Der **Gefahrenprozess Hochwasser** wurde in ein mögliches regionales und mehreren lokalen Hochwasserereignissen untergliedert. Im Szenario des regionalen Hochwasserereignisses wurde der im Katastrophenschutzplan der Gemeinde Au enthaltene Maßnahmenplan mit Stand 2008 berücksichtigt. Dieser lässt Rückschlüsse auf die Hochwassersituation 2005 zu und enthält weitere Informationen über Interventionsmaßnahmen sowie eingesetzte Ressourcen. Als lokale Hochwasserereignisse wurden die Wildbäche behandelt, die in den Gefahrenzonenplänen entsprechend ausgewiesen sind.

Risikoanalyse:

Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß

Im Rahmen des Workshops wurde eine qualitative Risikoanalyse durchgeführt, bei der die Teilnehmer jedes Szenario nach dessen Eintrittswahrscheinlichkeit und dem potentiellen Schadensausmaß einschätzten. Dabei wurden Referenzereignisse und langjährige Erfahrungswerte miteinbezogen. Die Ergebnisse wurden in einer **Risikomatrix** (Abbildung 1) zusammengefasst.

Da meist keine statistischen Daten bezüglich der Eintrittswahrscheinlichkeit der ausgewählten Naturgefahren vorhanden waren, erfolgte eine Zuordnung über eine Nominalskala (Tabelle 1). Hinsichtlich der Klassifizierung der Risiken erfolgte eine Modifikation der Methodik des BBK, indem eine Zehnerstelle bei der Einstufung nach der Häufigkeit in Jahren gestrichen wurde, um so eine realistische Anpassung auf den Analysemaßstab zu erhalten. Dies erleichterte den Teilnehmern des Workshops die Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit.

Kategorie	Beschreibung Auftreten	Einmal Auftreten des Ereignisses in [-] Jahren
5	sehr wahrscheinlich	1
4	wahrscheinlich	10
3	bedingt wahrscheinlich	100
2	unwahrscheinlich	1.000
1	sehr unwahrscheinlich	10.000

Tab. 1: Klassifizierung der Gefahrenprozesse nach Eintrittswahrscheinlichkeit (verändert, nach BBK 2010).

Tab. 1: Classification of hazards, using recurrence intervals (according to BBK 2010, modified).

Neben dieser möglichen Klassifikation bestehen weitere Methoden (Romang, 2004; Rudolf-Miklau, 2009), die aber im Hinblick auf die Einheitlichkeit und der Nachvollziehbarkeit in der vorliegenden Arbeit aber nicht berücksichtigt wurden. Eine Vereinheitlichung der unterschiedlichen Klassifikationen ist aber anzustreben, um vergleichbare und nachvollziehbare Ergebnisse zu erhalten.

Außerdem wurde im Workshop gemeinsam mit den Beteiligten festgelegt, nach welchen Kriterien das Schadensausmaß festzulegen war. Damit wurde bestimmt, wie sich die Naturgefahren auf die Bereiche Mensch, Umwelt, Wirtschaft, Versorgung und Infrastruktur auswirken (vgl. Fragenkatalog des BBK, 2010). Im nächsten

Schritt wurde für jedes Szenario bewertet, in welchem Ausmaß die jeweiligen Schadenskategorien von einem Ereignis betroffen wären. Für die Schadenskategorie Mensch wurde die Präsenzwahrscheinlichkeit von Personen im betroffenen Gebiet (Stufen: sehr unwahrscheinlich bis sehr wahrscheinlich) eingeschätzt. Zu beachten war, dass nicht alle Schadenskategorien gleichmäßig von jedem Szenario betroffen sind. Es wurde als ausreichend betrachtet, wenn einer der genannten Kriterien z.B. als katastrophal einzustufen war. Die in Anlehnung an die BBK-Methode festgelegte Abstufungen der Schadenskriterien, die für die Einschätzung des Risikos in dem Workshop diskutiert und herangezogen wurden, ist in Tabelle 2 enthalten.

Wert	Klassifizierung	Mensch	Sach- und Folgeschäden	Versorgung	Verkehrswege / Infrastruktur
5	katastrophal	ein Toter oder drei Schwerverletzte und zahlreiche Leichtverletzte	sehr hohe Sach- und Folgeschäden (großflächige Schadensverteilung): zahlreiche Häuser und die Industrie sind betroffen; eine Wiederherstellung der Wirtschaftsleistung ist erst nach Wochen möglich	Strom- und Trinkwasserversorgung bricht für mehr als zwei Tage zusammen	wichtige Verkehrswege sind für mehr als zwei Tage nicht passierbar
4	groß	ein bis zwei Schwerverletzte oder mehrere Leichtverletzte	hohe Sach- und Folgeschäden: mehrere Häuser und/oder Industrie sind betroffen; eine Wiederherstellung der Wirtschaftsleistung ist erst nach Tagen möglich	Strom- und Trinkwasserversorgung bricht bis zu zwei Tagen zusammen	wichtige Verkehrswege sind bis zu zwei Tagen nicht passierbar
3	mäßig	mehrere Leichtverletzte	mittlere Sach- und Folgeschäden: einige Häuser sind betroffen oder teilweise die Industrie; eine Wiederherstellung der Wirtschaftsleistung ist nach Stunden möglich	in den Folgetagen bricht die Stromversorgung stundenweise zusammen	wichtige Verkehrswege sind für einen Tag nicht passierbar

2	gering	wenige Leichtverletzte	geringe Sach- und Folgeschäden: einzelne Häuser weisen minimale Schäden auf	gelegentliche Aussetzer in der Stromversorgung	wichtige Verkehrswege sind für Stunden nicht passierbar
1	unbedeutend	keine Verletzten	geringe Sach- und Folgeschäden: ein bis zwei Häuser sind betroffen (keine Industrie)	kurzer Stromausfall am Ereignistag	kurzzeitige Sperrung der Verkehrswege und geringfügige Aufräumarbeiten

Tab. 2: Kriterien für die Klassifizierung des Schadensausmaßes (verändert, nach BBK 2010).

Tab. 2: Criteria for the evaluation of extend of losses (according to BBK 2010, modified).

Risikobewertung und Visualisierung

Für die Ermittlung der Naturrisiken wurden die Eintrittswahrscheinlichkeit und das Schadensausmaß verknüpft und in eine **Risikomatrix** (Abbildung 1) übertragen worden. Demnach können Risiken nach der BBK-Methode als sehr hoch, hoch, mittel oder niedrig eingestuft werden. Dies ist abhängig von der Klassifizierung der Eintrittswahrscheinlichkeit und dem Schadensausmaß. In der Matrix werden die Risiken als Punkt dargestellt. In diesem Schritt wird noch nicht berücksichtigt, welche Risiken die Einsatzorganisationen eigenständig bewältigen können und bei welchen sie Unterstützung benötigen. Zum Überblick wurden die verschiedenen Risiken ebenfalls in eine Tabelle übertragen.

Ein wesentliches Element der Risikobewertung stellt die Validierung der Ergebnisse durch die Experten des Forsttechnischen Dienstes der Wildbach- und Lawinenverbauung, der Abteilung Wasserwirtschaft und der Landesgeologie dar. Deren Kompetenzen waren maßgeblich für die

weiterführende Umsetzung der Pilotstudie notwendig, da nur mit einer einhelligen Meinung über bestimmte Risiken ein Konsens über die notwendigen Maßnahmen pro Risiko zu erreichen ist.

Als finaler Schritt der Risikobewertung wurden die Ergebnisse als **Risikokarte** der Gemeinde Au mittels eines Geographischen Informationssystems (GIS) gestaltet. Im Speziellen wurde auf eine eindeutige und einfache Gestaltung Wert gelegt, da die Karte auch für Nicht-Spezialisten lesbar sein sollte (etwa auch für Gruppenkommandanten der Feuerwehren). Es wurde jeweils eine Risikokarte für die Gefahrenszenarien Hochwasser (Abbildung 4) und Murgang sowie eine Karte für gravitative Prozesse (Steinschlag, Rutschung, Lawinen) erarbeitet. Die Farbe der Signaturen der Risiken (Dreiecke) leiten sich nach der Einteilung nach der Risikoanalyse ab. Zur Vervollständigung wurden auch die offiziell ausgewiesenen Gefahrenzonierungen und Überflutungsflächen eingezeichnet. Für die relevanten Gefahrenprozesse wurden jeweils eigene Symbole erarbeitet, die ein schnelles Erfassen der möglichen Prozesse bzw. Risiken ermöglichen.

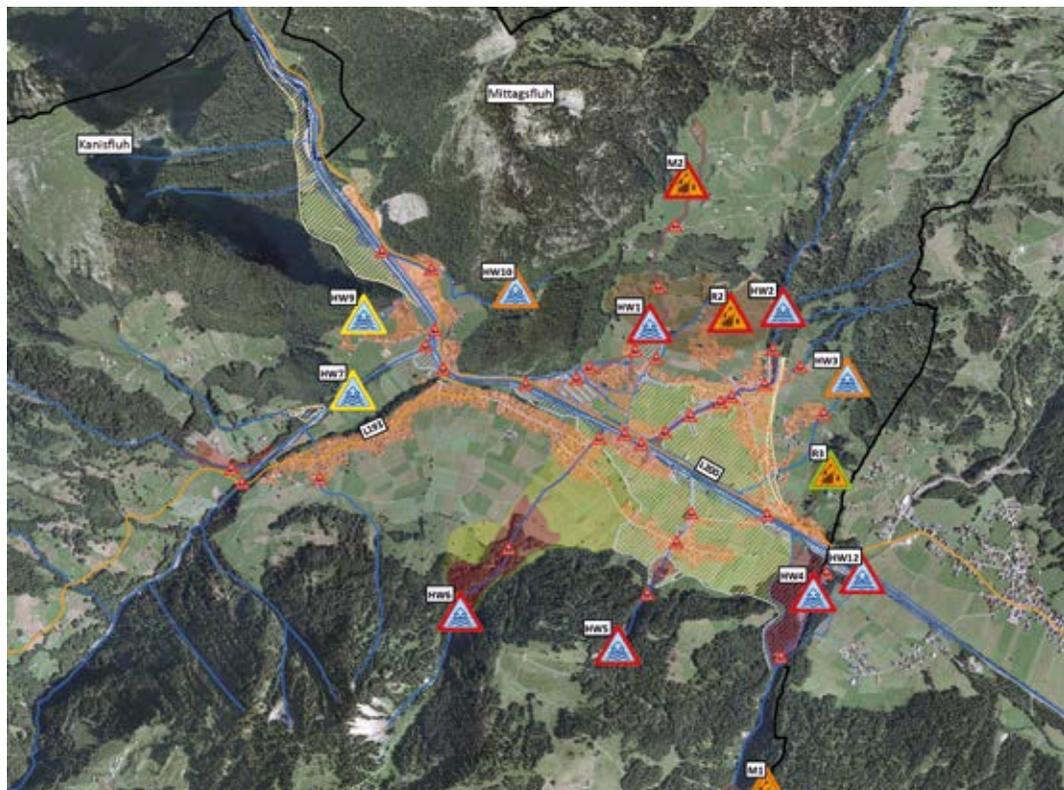


Abb. 4: Ausschnitt der Risikokarte der Gemeinde Au für Hochwasser (H), Muren (M) und Rutschungen (R) mit Gefahrenstellen (GH) und einheitlicher Symbolik auf Basis der Risikomatrix.

Fig. 4: Extract of the risk map of the municipality of Au for floods (H), debris flows (M) and landslides (R) and peril points using standard symbols basing on the risk matrix.

Schutzziele und Bedarfsanalyse für den Einsatz – ein wichtige Grundlage für Beschaffungen

Schutzziele

Für strukturelle Schutzmaßnahmen existieren definierte technische Schutzziele. Diese werden beispielsweise durch ein 150-jährliches Bemessungsereignis (Wildbach- und Lawinverbauung) und einem HQ-100 (Europäische Hochwasserrichtlinie) festgelegt. Generell dienen Schutzziele dazu, das Niveau an Sicherheit, das von den verschiedenen Akteuren in ihrem Verantwortungsbereich

angestrebt wird, zu definieren (PLANAT, 2013). Im praktischen Bereich können sie als Referenzkriterium dienen, um den Handlungsbedarf für die Erreichung der angestrebten Sicherheit zu beurteilen. Schutzziele bieten auch Hinweise auf das Ausmaß der Beteiligung je Verantwortungsträger an dem angestrebten Sicherheitsniveau. Um eine maximale Wirkung zu erzielen, sollten die Schutzziele der verschiedenen Akteure aufeinander abgestimmt werden und Sicherheitsniveaus allgemein anerkannt werden. Das Erreichen des angestrebten Sicherheitsniveaus erfolgt durch die Zusammenarbeit aller Verantwortungsträger.

Die integrale Planung von Schutzmaßnah-



Abb. 5: Bregenzerache in der Gemeinde Au während des Referenzereignisses 2005.

Fig. 5: Bregenzerache during the floods 2005 as a benchmark for the needs assessment.

men ist durch eine laufende Optimierung an den Schutzziele charakterisiert, an der alle Akteure beteiligt sind. Dabei werden Schutzgüter nach Prioritäten gegliedert. Generell gilt der Schutz von Leib und Leben der Bevölkerung als Schutzziel mit höchster Priorität. Hohe Priorität haben auch der Schutz von Sachwerten und der Umwelt (PLANAT, 2013). Diese werden nach dem gesellschaftlichen und individuellen Wert beurteilt, wobei öffentliche Interessen (z.B. Aufrechterhaltung der Infrastruktur) vor jenen des Einzelnen stehen.

Die Frage, welche Risiken die Gemeinde eigenständig bewältigen kann und ab welchem Risikopotenzial (Schadensausmaß) zusätzliche

Hilfe von außen nötig wäre, richtet sich nach der Definition des **Schutzzieles für die Intervention**. Diese könnten als ein objektives Kriterium für die Rechtfertigung von Beschaffungen dienen. Im Brandfall ist das Schutzziel durch den „Normbrand“ und der damit verbunden Eintreffzeit geregelt (AGBF, 1998). Für den Interventionsfall bei Naturgefahrenszenarien existieren derzeit keinerlei Schutzziele, wodurch Unsicherheiten in der Handhabung von Risiken entstehen können. Im Rahmen des Workshops wurde das Schutzziel der Intervention für die Gemeinde Au wie folgt festgelegt: zwei Tage autark mit einem Großschadensereignis zurechtzukommen. Dieses bildete

im folgenden Schritt die Grundlage für die exemplarisch durchgeführte Bedarfsanalyse anhand eines regionalen Hochwasserereignisses.

Als exemplarisches Großschadensereignis wurde das Hochwasser 2005 herangezogen. Während und nach dieser Großgefahrenlage wurden Kapazitätsengpässe und Schwachstellen bezüglich der Intervention ersichtlich. In dessen Verlauf wurden auch von der Gemeinde und den Beteiligten wertvolle Erfahrungen gesammelt, die in der vorliegenden Pilotstudie eingeflossen sind, insbesondere die Formulierung des Schutzzieles.

Maßnahmenplanung – in Richtung einer erfolgreichen Gefahrenabwehr

Die Planung der notwendigen Ressourcen und Maßnahmen für den Katastropheneinsatz für jedes Gefahren- und Risikoszenario erfolgte in einem weiteren Workshop mit den Einsatzorganisationen (Freiwillige Feuerwehr und Rotem Kreuz). Anhand dieser Planung wurden der nötige Bedarf an Einsatzkräften, Ausrüstung, Materialien, Fahrzeugen und organisatorischen Maßnahmen festgestellt. In Abhängigkeit der Entwicklung des

Ereignisses kann auf diese Weise Vorsorge getroffen und etwaige notwendige parallele Arbeiten an verschiedenen Einsatzorten geplant werden.

Zusätzlich wurden großmaßstäbige Maßnahmenkarten (Abbildung 6) erstellt, die Information über die notwendigen Ressourcen, räumliche Besonderheiten und Verhaltensregeln enthalten. Die ausgearbeiteten Maßnahmenblätter wurden zusätzlich in den Katastrophenschutzplan der Gemeinde aufgenommen. Ziel und Zweck derartiger Maßnahmenblätter ist es, dem Einsatzleiter bzw. dem Gruppen- oder Zugskommandant vor und während dem Einsatz eine Übersicht zu geben, an der die verschiedenen Aufgaben und auch Gefahrenstellen so umfassend wie möglich dargestellt werden. Entscheidend für die Interventionsplanung und der Interventionskarte sind die definierten Schutzziele und die prozessspezifischen Szenarien. Als ein übergeordnetes Szenario gilt das regionale Hochwasserereignis. Da jedoch eine Interventionsplanung nur auf einer großmaßstäbigen Karte (lokaler Maßstab) sinnvoll und auf den jeweilig betrachteten Zufluss zugeschnitten ist, wurden untergeordnete, prozessspezifische Szenarien erstellt.

Soll-Ist-Vergleich und Bedarfsanalyse für die Feuerwehr

Damit der Bedarf nach objektiven Kriterien festgestellt werden konnte, wurde in Anlehnung an das Konzept der Feuerwehrbedarfsplanung nach Lülff & Rinke (2008) und an das Konzept eines Feuerwehrverbandes (Landesfeuerwehrverband Brandenburg e.V., 2008) eine Bedarfsanalyse der Einsatzorganisationen der Gemeinde Au für ein regionales Hochwasserereignis detailliert durchgeführt. Anders als bei einem Hochwasserereignis nehmen die Einsatzorganisationen bei Ereignissen durch Lawinen oder gravitativen Massenbewe-

gungen eine eher unterstützende Funktion ein. Dennoch wurde für jedes Naturrisiko eine Interventionskarte erstellt, die zur Ermittlung des **Soll-Zustandes** führte.

Der **Ist-Zustand** bezieht sich auf den derzeitigen Stand der jeweiligen Organisation zum Zeitpunkt der Analyse. Dabei wurden folgende Bereiche berücksichtigt:

- Standort und bauliche Funktion des Feuerwehrhauses und der Ortsstelle des Roten Kreuzes
- zur Verfügung stehendes Personal
- Material
- Fahrzeuge
- Abdeckung des Gemeindegebietes und
- mögliche Hilfeleistung der Feuerwehren aus Nachbargemeinden.

Des Weiteren wurden spezielle Gerätschaften bzw. Fahrzeuge, die in den Nachbargemeinden vorgehalten werden, in der Erhebung berücksichtigt. Die Daten wurden in Gesprächen mit dem Feuerwehrkommandanten der Freiwilligen Feuerwehr Au und dem Kommandanten der Ortsstelle des Roten Kreuzes vor Ort erhoben. Zusätzlich wurden Daten und festgelegte Maßnahmen im Interventionsfall (z. B. Einrichtung der Einsatzleitung oder die Unterbringung von Evakuierten) aus dem Katastrophenschutzplan der Gemeinde verwendet. Auch ein bereits vorliegender, grober Maßnahmenplan für ein mögliches Hochwasserereignis wurde berücksichtigt.

Die Gegenüberstellung des Soll- und des Ist-Zustandes mittels der Interventionsplanungen zeigte auf, in welchem Bereich Defizite für eine erfolgreiche Gefahrenabwehr vorhanden sind. Auf diese Weise konnten Empfehlungen formuliert werden, ob bzw. wie diese Defizite beseitigt werden können. Außerdem wurden die für eine Intervention notwendigen Strukturen und Maß-

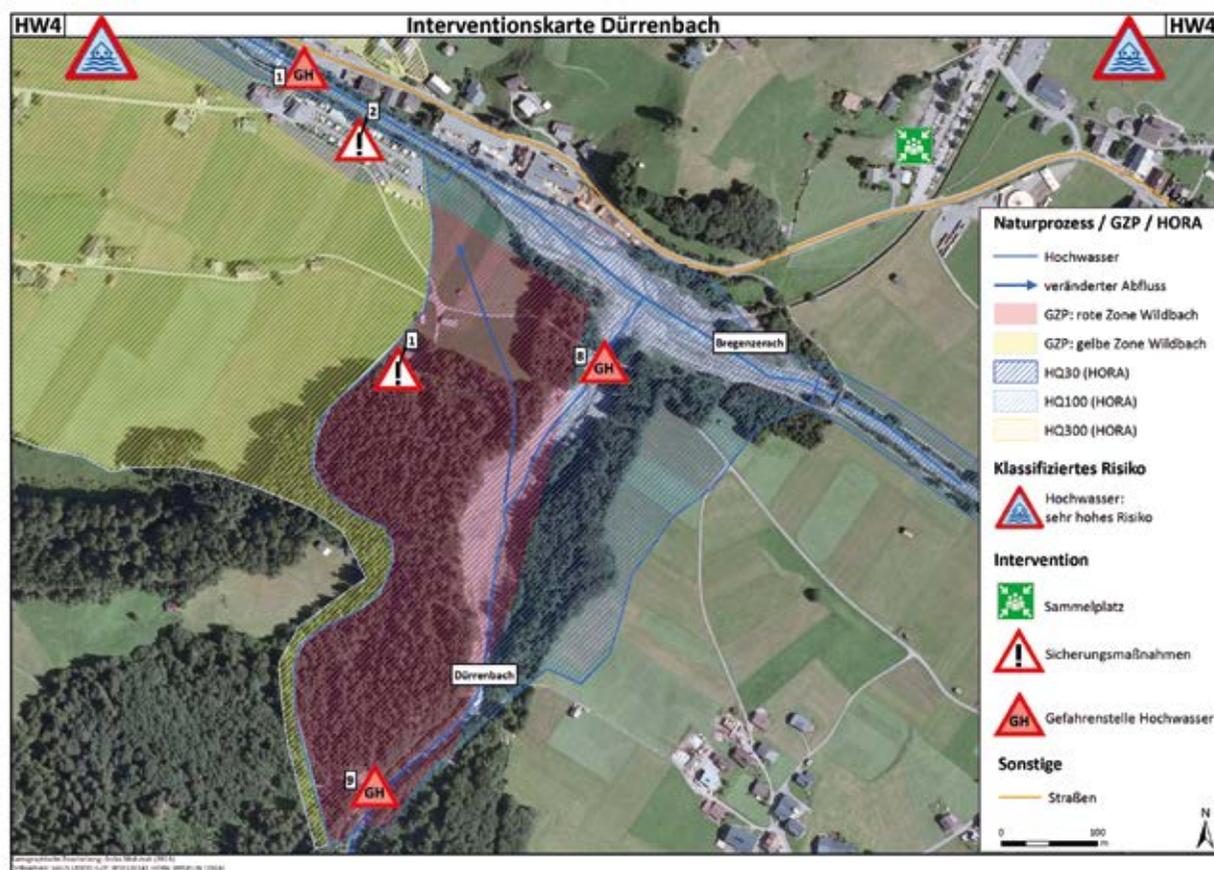


Abb. 6: Interventionskarte des Risikos Dürrenbach, Gemeinde Au.

Fig. 6: intervention planning for the risk Dürrenbach, municipality of Au.

nahmen berücksichtigt. Da die Gemeinde Au 2005 ihr eigens formuliertes Schutzziel erreicht hatte, wurden die Daten aus der Ereignisdokumentation berücksichtigt und flossen in die Bewertung mit ein.

Zusammenfassung und Ausblick

Das Pilotprojekt Au im Bregenzerwald hat eine wesentliche Verbesserung der Interventionsplanung für Naturgefahrenrisiken und eine Anpassung der Katastrophenschutzpläne bewirkt. Der Gemeinde, der Freiwilligen Feuerwehr und dem Roten Kreuz wurden notwendige Maßnahmen und Ressourcen verdeutlicht, die für eine erfolgreiche Gefahrenabwehr für die bearbeiteten bzw. ausgewählten Gefahren- und Risikoszenarien nötig sind. Die Erstellung von Risiko- und Interventionskarten (Abbildung 4, 6) stellt ein wesentliches Instrument der Veranschaulichung dar.

Im Anlassfall können derartige Risiko- und Interventionskarten als Grundlage für die erfolgreiche Abarbeitung eines Großereignisses dienen. In einem weiteren Schritt sollten andere technische Risiken mitaufgenommen werden. Zudem könnte eine Überführung der Methodik auf die regionale und auch nationale Ebene erfolgen, um ein Gemeinde-, Bezirks und auch Bundesländerübergreifendes Instrument zu entwickeln, dass die jeweiligen Führungsstäbe und den Katastrophenschutz in der Vorsorge- und Interventionsphase wirkungsvoll unterstützt. Dies bedarf allerdings eine Vereinheitlichung (Standardisierung) der in Anwendung befindlichen Ansätze und Methoden, wie Risikoanalysen auf den unterschiedlichen Maßstäben konkret durchzuführen sind. Auf Basis dieser Analysen konnten folgende objektive Kriterien für Investitionsentscheidungen für Naturgefahren abgeleitet werden: die strin-

gente Anwendung der Risikoanalyse und den darauf aufbauenden Maßnahmenplänen und die Einführung von Schutzziele im Interventionsfall.

Die Pilotstudie hat zudem deutlich die Stärken und Schwächen der Risikoanalyse (modifiziert nach BBK, 2010) aufgezeigt. Diese Methode ist aufgrund der Vorgehensweise äußert subjektiv und die Szenarien werden von den Personen bzw. von den Mitgliedern der Gemeindeeinsatzleitung teilweise völlig unterschiedlich ausgelegt. Um die individuelle Risikoeinschätzung zu objektivieren, wurden beim Pilotprojekt mehrere Mechanismen angewendet. Dies betrifft unter anderem die Validierung der Ergebnisse durch die Experten der Wildbach- und Lawinerverbauung, der Schutzwasserwirtschaft und der Landesgeologie, aber auch die Verwendung bestehender bereits approbierter Planungsgrundlagen. In den Bereichen Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit, der Festlegung des Schadensausmaßes (bei der Setzung von Schwellenwerten) und bei der Definition der Szenarien ergaben sich während des Workshops unterschiedliche Sichtweisen. Hier wurde deutlich aufgezeigt, dass eine einheitliche Vorgehensweise und Methodik für die Ausführung derartiger Analysen sinnvoll und notwendig ist. Das Bundesministerium für Inneres (BMI) arbeitet derzeit an einem Leitfaden, das genau jene Kriterien festlegen soll. Darüber hinaus hat das Projekt aufgezeigt, dass auch eine Vereinheitlichung der Gefahrenzonenpläne in Österreich angestrebt werden sollte, um die Maßnahmenpläne auch mit unterschiedlichen Intensitäten verknüpfen zu können, wie dies bereits in der Schweiz umgesetzt wurde.

Eine wesentliche Erkenntnis des Projekts ist es auch, dass alleine schon das Befassen mit der Thematik durch die Gemeindeeinsatzleitung und der Blaulichtorganisationen starke Synergien

erzeugt hat. Das Pilotprojekt hat diese Akteure über alle Bearbeitungsphasen aktiv miteinbezogen. Dabei ist das Wissen der beteiligten Personen ausgesprochen wichtig, da spezielle lokale Gegebenheiten und auch wertvolle Erfahrungen der letzten Jahrzehnte meist nicht in schriftlicher Form vorliegen. Die Einbindung der lokalen Akteure erzeugt auch die erforderlich Akzeptanz für gemeinsam getroffene Sicherheitsentscheidungen.

Die dargestellte Pilotstudie hat die möglichen Naturrisiken zum Stand von 2014 erhoben. Es bleibt abzuwarten, inwiefern der Klimawandel die lokale Gefährdungssituation und somit auch Risikoanalysen beeinflussen. In diesem Sinne sollte die Methodik auch im Hinblick auf eine wahrscheinliche Zunahme von Intensität und Frequenz von Schadereignissen geprüft werden. Gleiches gilt für die Katastrophenschutzpläne der Gemeinden.

Anschrift der Verfasser / Authors' adresses:

MMag. Dr. Clemens Pfurtscheller
Naturgefahrenprävention und Katastrophenschutz,
Landesfeuerwehrverband Vorarlberg
Florianistrasse 1
6800 Feldkirch, Österreich
Tel. +43 5522 3510-250
E-Mail: clemens.pfurtscheller@lfv-vorarlberg.at

Anika Maltzkait, Msc.
Institut für interdisziplinäre Gebirgsforschung,
Österreichische Akademie der Wissenschaften
Technikerstrasse 21a, ICT
6020 Innsbruck, Österreich
Tel. +43 512 507-49410
E-Mail: Anika.Maltzkait@gmx.at

Mag. Siegfried Jachs
Staatliches Krisen- und Katastrophenschutzmanagement sowie Zivilschutz (SKKM)
Bundesministerium für Inneres
Herrengasse 7
1014 Wien, Österreich
Tel. +43 1 53126-3432
E-Mail: Siegfried.Jachs@bmi.gv.at

HBM Arthur Berbig
Kdo Feuerwehr Au und LFV Vorarlberg Landesfeuerwehrverband Vorarlberg
Florianistrasse 1
6800 Feldkirch, Österreich
Tel. +43 5522 3510-221
E-Mail: arthur.berbig@lfv-vorarlberg.at

Literatur / References

AMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ, SPORT UND MILITÄR (ABS) (2014): Notfallplanung Naturgefahren Kanton Bern - Leitfaden V1.05, Bern, http://www.naturgefahren.sites.be.ch/naturgefahren_sites/de/index/ereignisbewaeltigung/ereignisbewaeltigung/notfallplanung.assetref/dam/documents/VOL/Naturgefahren/de/2013_07_08_Notfallplanung_Leitfaden_V1.04_Kanton%20Bern.pdf, 17.3. 2015.

ARBEITSGEMEINSCHAFT DER LEITER DER BERUFSFEUERWEHREN IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (ABGF) (1998): Empfehlungen der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren für Qualitätskriterien für die Bedarfsplanung von Feuerwehren in Städten, http://www.agbf.de/pdf/qualitaetskriterien_fuer_bedarfsplanung_von_feuerwehren_in_staedten.pdf, 17.3. 2015.

AMMANN, W. (2005): Integriertes Risikomanagement bei Naturkatastrophen. In: Steinger, K.W., Steinreiter, C. & Ritz, C.: Extreme Wetterereignisse und ihre wirtschaftlichen Folgen, Graz, Bern, 57-67.

AMMANN, W., BISCHOF, N., BRÜNDL, M., SCHNEIDER, T. & WARNER, K. (2004): Strategie Naturgefahren Schweiz. Umsetzung des Beschlusses des Bundesrates vom 20. August 2003, Teilprojekt B: Methoden-Evaluation, Schlussbericht, Davos, http://www.planat.ch/fileadmin/PLANAT/planat_pdf/alle_2012/2001-2005/Ammann_Bischof_et_al_2004_-_Strategie_Naturgefahren_Schweiz.pdf, 17.3. 2015.

BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE (BBK) (2010): Methode für die Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz, Wissenschaftsforum, Band 8, Bonn, http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Wissenschaftsforum/Bd8_Methode-Risikoanalyse-BS.pdf?__blob=publicationFile, 17.3. 2015.

BUNDESMINISTERIUM FÜR INNERES (BMI) (2009): Staatliches Krisen- und Katastrophenschutzmanagement (SKKM) Strategie 2020, Wien, http://www.bmi.gv.at/cms/BMI_Service/SKKM/SKKM_Strategie_2020_Druckversion.pdf, 17.3. 2015.

EUROPÄISCHE UNION (2013): Beschluss Nr. 1313/2013/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2013 über ein Katastrophenschutzverfahren der Union, Amtsblatt der Europäischen Union, L 47/924, http://www.bmi.gv.at/cms/BMI_Zivilschutz/mehr_zum_thema/europa/files/Beschluss_1313.pdf, 17.3. 2015.

GEMEINDE AU (2008):
Katastrophenschutzplan, Au.

GRAF, R. (2012):
Notfallplanung Naturgefahren - Kanton Luzern. In: FAN - Fachleute Naturgefahren Schweiz (Hrsg.): Intervention bei Naturgefahren - Organisatorische Maßnahmen und lokaler Naturgefahrenberater: Erfahrungsberichte, Agenda FAN, 3, 5-8.

HEINIMANN, H., HOLLENSTEIN, K., KIENHOLZ, H., KRUMMENACHER, B. & MANI, P. (1998):
Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren. In: BUWAL: Umwelt-Materialien, 85, 3-69.

HOLLENSTEIN, K. (1997): Analyse, Bewertung und Management von Naturrisiken, Zürich.

HOLLENSTEIN, K., MERZ, H. & BÄHLER, F. (2004):
Methoden des risikobasierten Planens und Handelns bei der Naturgefahrenabwehr, Schlussbericht, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Forest Engineering, Zürich, <http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:26923/eth-26923-01.pdf>, 17.3. 2015.

JACHS, S. (2011):
Einführung in das Katastrophenmanagement.

JACHS, S. (2014):
Nationale Risikoanalyse, Öffentliche Sicherheit, 11-12, 30-31.

KANDZIA, H.-D. (2013):
Gefahren- und Risikoanalyse - Gefahrenabwehrbedarfsplan Gemeinde Petershagen/Eggersdorf, <http://www.doppeldorf.de/cms/upload/pdf/gra>, 17.3. 2015.

KIENHOLZ, H. (2005):
Analyse und Bewertung alpiner Naturgefahren - eine Daueraufgabe im Rahmen des integralen Risikomanagements, Geographica Helvetica, 60,1, 3-18.

KOTZAB A., KAPUT H. (2014):
Logistik und Supply Chain Management im Katastrophenfall. In: GRÜN O., SCHENKER-WICKI A. (Hrsg.): Katastrophenmanagement Grundlagen, Fallbeispiele und Gestaltungsoptionen aus betriebswirtschaftlicher Sicht, Springer Gabler, 240f.

LANDESFEUERWEHRVERBAND BRANDENBURG e.V. (2008):
Musterland - Gefahren- und Risikoanalyse - Gefahrenabwehrplan, <http://www.lfv-bb.de/dokumente/Muster%20einer%20Gefahren-%20und%20Risikoanalyse.pdf>, 17.3. 2015.

LANDESHAUPTSTADT STUTTGART (2011):
Feuerwehrbedarfsplan für die Landeshauptstadt Stuttgart, Stuttgart, http://feuerwehr-stuttgart.de/files/bedarfsplan_2012_v4.pdf, 17.3. 2015.

LU ELF & RINKE (2008):
Feuerwehrbedarfsplan der Stadt Feldkirch, Konzept Feuerwehr Feldkirch 2020.

MALTZKAIT A. (2014):
Effektiv im Katastrophenfall – Bedarfsanalyse der Freiwilligen Feuerwehr hinsichtlich Naturrisiken, Fallstudie Gemeinde Au. Masterarbeit am Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung der Universität Innsbruck.

ROMANG (2004):
Wirksamkeit und Kosten von Wildbach-Schutzmaßnahmen, GEOGRAPHICA BERNENSIA Reihe G 73, Verlag des Geographischen Institutes der Universität Bern.

ROMANG, H., WILHELM, C. 2007:
Kurzanleitung Interventionskarte - vom Wissen zum Handeln, Amt für Wald Graubünden und Gebäudeversicherung Graubünden, Chur, http://www.gra-nat.ch/system/media/1533/original/3_1_3_2_interventionskarte.pdf?1419615233, 17.3. 2015.

RUDOLF-MIKLAU, F. (2009):
Naturgefahren-Management in Österreich, Vorsorge – Bewältigung – Information, Wien.

NATIONALE PLATTFORM NATUEGEFAHREN (PLANAT) (2012):
Der Kreislauf des Integralen Risikomanagements, <http://www.planat.ch/de/fachleute/risikomanagement/>, 17.3. 2015.

NATIONALE PLATTFORM NATUEGEFAHREN (PLANAT) (2013):
Sicherheitsniveau für Naturgefahren, Bern, http://www.planat.ch/fileadmin/PLANAT/planat_pdf/alle_2012/2011-2015/PLANAT_2013_-_Sicherheitsniveau_fuer_Naturgefahren.pdf, 17.3. 2015.

UN ISDR (2005):
Hyogo Framework for Action - Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters, World Conference on Disaster Reduction 2005, <http://www.unisdr.org/2005/wcdr/intergov/official-doc/L-docs/Hyogo-framework-for-action-english.pdf>, 17.3. 2015.

WSL - INSTITUT FÜR SCHNEE- UND LAWINENFORSCHUNG - SLF (2013):
Integrales Risikomanagement, http://www.slf.ch/forschung_entwicklung/risikomanagement/integrales_risikomanagement/index_DE, 17.3.2015.



Ingenieurbüro Illmer Daniel e.U.



TASC Engineering

Team Alpine Services and Consulting

Technische Büros für Wildbach- und Lawinenschutz
Entwurf- und Einreichplanung - Ausschreibungs- und Ausführungsplanung - Bauaufsicht

Leistungsspektrum

Schutz vor alpinen Naturgefahren - Sicherheitskonzepte gem. TBO und TROG

Lawinenschutzkonzepte gem. Lawinenerlass

Planungen in Schigebieten – Speicherteiche - Beschneiungsanlagen

Retentionen/Entwässerungen - Forst-, Alm-, Wander- und Erlebniswege

Parkplätze - Bodenaushubdeponien - GIS und GPS Dienstleistungen

Hydrologische Berechnungen - Modellierungen von Lawinen, Wildbächen, Muren

Hydraulische Modellierung von Fließgewässern u. Geschiebetransportberechnung

Rohrhydraulik - Professionelle 3D Planungen

Wir haben kompetente Partner im Bereich Geologie, Geotechnik,
Ökologie, Ornithologie, Statik und Vermessung

Industriegelände Zone C 11

A-6166 Fulpmes

Tel./Fax: +43 (0)5225-62148-22

E: office@ib-illmer.at

www.ib-illmer.at

Industriegelände Zone C 11

A-6166 Fulpmes

Tel./Fax: +43 (0)5225-62160-33

E: office@tascengineering.com

www.tascengineering.com

Kontaktieren Sie uns!

CLEMENS PFURTSCHELLER

Naturgefahrenprävention und Katastrophenschutz – neue Aufgaben für die Feuerwehr

Die Freiwilligen Feuerwehren rücken nicht nur aus, wenn es brennt. Die Einsätze in Zusammenhang mit Naturgefahren werden häufiger und anspruchsvoller. Der Klimawandel wird diese Naturrisiken mit hoher Wahrscheinlichkeit noch verstärken. Deshalb hat der Landesfeuerwehrverband Vorarlberg in Zusammenarbeit mit den Versicherungen Vorarlbergs und der Vorarlberger Landesregierung ein innovatives Beratungsangebot mit dem Schwerpunkt Naturgefahren gestartet.

Verbindung von Prävention und Intervention

Das Konzept des umfassenden Schutzes gegen Naturgefahren sieht die Bereiche der Vorsorge und der Bewältigung vor, um Leben zu schützen und Werte zu bewahren. Die Feuerwehren sind fast ausschließlich in der Bekämpfung von bereits eingetretenen Ereignissen tätig. Eine übergeordnete Vernetzung der Bereiche der Prävention und der Intervention findet meist nicht statt, obwohl gerade hier großes Entwicklungspotential und Synergien für alle Akteure im Risiko- und Katastrophenmanagement vorliegen. Aufgrund der sich ändernden Rahmenbedingungen müssen sich auch die Feuerwehren anpassen und langfristige Konzepte für die erfolgreiche Abarbeitung von Naturgefahrenereinsätzen entwickeln.

Aufgaben in der Beratung

Eine Hauptaufgabe der Beratungsstelle ist die Information über Vorsorge- und Objektschutzmaßnahmen, es werden aber auch Schulungen angeboten. Das Beratungsangebot richtet sich an private Haushalte, Unternehmen, öffentliche Institutionen und an die Einsatzorganisationen. Gerade die Feuerwehren sind immer an vorderster Front im Einsatz und somit wichtige Multiplikatoren für Präventionsmaßnahmen. Das Know-how der Dienststelle wird deshalb auch für die Aus- und Weiterbildung am Feuerwehrausbildungszentrum Vorarlberg genutzt.

Plattform für Entwicklung im Risiko- und Katastrophenmanagement

Naturgefahrenmanagement ist eine Querschnittsmaterie, die eine Vernetzung der unterschiedlichen Akteure erfordert. Die Beratungsstelle Naturgefahren sieht sich deshalb als Teil einer Plattform für die gemeinsame institutionsübergreifende Erarbeitung von Lösungen, zur Förderung von Synergien und Wissenstransfer und für Impulse und Innovationen durch Forschung und Entwicklung.

Anschrift der Verfasser:

MMag. Dr. Clemens Pfurtscheller
Landesfeuerwehrverband Vorarlberg
Naturgefahrenprävention und Beratung
Florianistrasse 1, 6800 Feldkirch
Email: clemens.pfurtscheller@lfv-vorarlberg.at



PAUL BRAUN

Steinschlagschutz in Bludenz: Einsatz am Abgrund

Bludenz, eine Kleinstadt vor dem idyllischen Alpenpanorama Vorarlbergs war Schauplatz für eine eindrucksvolle Verbauung. Vier Gebäude waren hier von einem überhängenden Fels gefährdet. Der Steilhang mit bis zu 150 Prozent Neigung wurde mit zwei Steinschlagschutz-Barrieren der Geobrugg RXE-Reihe gesichert. Diese zeichnet sich durch ihre Installationsfreundlichkeit und eine besonders geringe Auslenkung aus. Dabei sind die Barrieren flexibel an schwer zugänglichen Hängen installierbar, was sich bei diesem Projekt bewährte.

Bei einer Gesamtlänge von 120 m sind die Barrieren vier bis fünf Meter hoch. Die verbauten Zäune haben eine Energieklasse von 1000 kJ, teils in Kombination mit einer 500 kJ-Barriere. Aufgrund des schwer zugänglichen Geländes wurden die 300 kg schweren Stützen mit einem Helikopter zum Installationsort geflogen. Zwei Männer nahmen die Stützen aus der Luft entgegen

und brachten sie in Position, während zwei Kollegen sie mit der Bodenplatte verbanden – und das quasi mit einem Fuss am Abgrund. In einer verblüffend schnellen Zeit von ca. 30 Minuten waren die Stützen platziert und montiert. Nach dem Einziehen der Seile mussten anschließend nur die vormontierten Netze aufgezogen und das Sekundärgeflecht zum Schutz vor kleinen Steinen montiert werden.

Anschrift der Verfasser

Paul Braun
Geobrugg AG
Aachstrasse 11, CH-8590 Romanshorn
Tel. +41 71 466 81 55
Direkt: +41 71 466 84 37
Fax: +41 71 466 81 50
paul.braun@geobrugg.com
www.geobrugg.com



Abb. 1: Steinschlagschutz oberhalb von Bludenz (© Geobrugg).
Fig. 1: Rock fall protection above Bludenz.

WASSER- UND GRUNDBAU, STATIK, BAULEITUNG UND PLANUNG



STAATLICH 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



Rückhaltebecken Lammerbach
Bauzustand 2014

Konsolidierungssperre Vorderberg
2013



Sicherheit durch Innovation



www.wyszen.com

WYSZEN avalanche control
switzerland

STEPHANIE OBERLEITNER, CLAUDIA SAUERMOSENER

Rock'n'Roll am Berghang – Steinschlagschutz in Österreich

Steinschlag, Felsstürze oder Bergstürze sind vor allem in den alpinen und hochalpinen Regionen Österreichs allgegenwärtig. Aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels, den damit gehäuft auftretenden Wetterextremen und dem Abschmelzen der Permafrostböden in den Alpen, ist zukünftig mit einer Zunahme von Felsstürzen zu rechnen. Die Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV) ist mit ihrem Fachwissen wichtiger Bestandteil beim Schutz vor Naturgefahren. Mit der neuen Broschüre „Rock 'n' Roll am Berghang – Steinschlagschutz in Österreich“ steht nun ein Ratgeber zur Verfügung, der über Ursachen, Risiken und den Umgang mit Steinschlaggefahren informiert.

Steinschlag und Felsstürze sind hochdynamische Prozesse, die zu erhebliche Schäden an Infrastrukturmaßnahmen führen können. Die Leistungen der WLV reichen von organisatorischen bis zu technischen Maßnahmen. Die wirkungsvollste Maßnahme im Schutz vor Naturgefahren ist die Vermeidung von Infrastruktur in gefährdeten Bereichen. Die Grundlage für die Raumplanung und Siedlungsentwicklung stellt dabei der Gefahrenzonenplan der Wildbach- und Lawinenverbauung dar, der die potenziellen Steinschlagbereiche als „Braune Hinweisbereiche“ ausweist.

Technischen Maßnahmen umfassen Felsicherungen durch Verankerungen und Vernetzungen und die Errichtung von Dämmen. Steinschlagschutzbauwerke (iSd ONR 24810) und Schutzwaldmaßnahmen können auf Grundlage des Wasserbautenförderungsgesetzes aus Mitteln der Wildbach- und Lawinenverbauung (Katastrophenfonds) gefördert werden. Der Erhalt der Bauwerke obliegt dem Begünstigten oder Interessenten. Da Steinschlagschutzbauwerke meist auf Fremdgrund errichtet werden, müssen zivilrechtliche Verträge abgeschlossen werden, um eine dauerhafte Grundinanspruchnahme zu gewährleisten. All diese Maßnahmen werden von der Wildbach- und Lawinenverbauung größtenteils in Eigen-

regie errichtet. Die WLV hat mittlerweile jahrzehntelange Erfahrung in der Erhebung von Steinschlaggefahren sowie der Planung und Errichtung von Schutzmaßnahmen. Den Stand der Technik findet man in der ONR 24810 „Technischer Steinschlagschutz - Begriffe, Einwirkungen, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandhaltung“.

Akteure im Steinschlagschutz sind neben der Wildbach- und Lawinenverbauung insbesondere die Geologische Bundesanstalt (Grundlagenforschung) sowie die Landesgeologischen Dienste (Sachverständigen dienst). Verkehrsträger wie die ÖBB oder ASFINAG errichten ihre eigenen Steinschlagschutzverbauungen.

Die gesamte Broschüre „Rock'n'Roll am Berghang – Steinschlagschutz in Österreich“ ist online unter <http://bit.do/steinschlag> abrufbar.

Anschrift der Verfasser:

Mag.^a Stephanie Oberleitner
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
Abt. III/5 (Wildbach- und Lawinenverbauung)
Marxergasse 2, 1030 Wien
stephanie.oberleitner@bmlfuw.gv.at

DIⁱⁿ Claudia Sauermoser
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
Abt. III/5 (Wildbach- und Lawinenverbauung)
Marxergasse 2, 1030 Wien
claudia.sauermoser@bmlfuw.gv.at

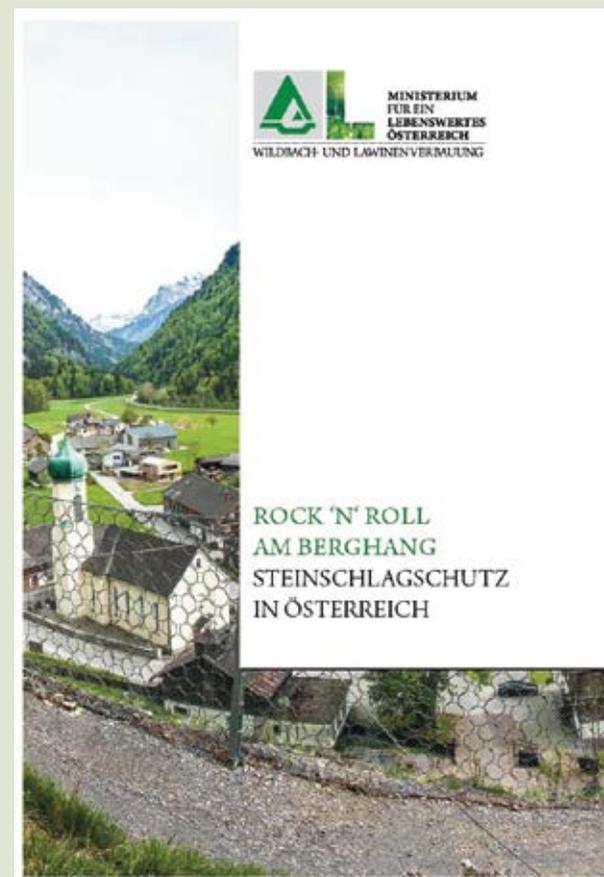


Abb.1. Broschüre Rock 'n' Roll am Berghang – Steinschlagschutz in Österreich
Fig. 1. Leaflet „Rock'n'Roll am Berghang“

Bei Ihnen steht ein ABBRUCH an?

Abgebrochen, so als wäre noch nie etwas da gewesen.
Das ist unsere Philosophie.

Von der Abklärung möglicher unterirdischer Leitungen und Kanäle, bis hin zum geräumten Grundstück, wir kümmern uns um alles!!!

ROHNER
Wir bewegen.

Emil Rohner GmbH & Co KG - +43 (0) 5574 / 75731 - info@rohner.at

ANDREAS RIMBÖCK

Beständigkeit von Schutzsystemen gegen Alpine Naturgefahren

Broschüren der Plattform Naturgefahren (PLANALP) der Alpenkonvention

Die Plattform Naturgefahren der Alpenkonvention hat 2014 die Broschüre „Persistence of Alpine Natural Hazard Protection“ herausgegeben. Nun ist auch die deutsche Übersetzung erschienen.

Neue Ansätze für komplexe Schutzsysteme

Schutzinfrastrukturen bilden die Grundlage für eine wirtschaftliche und gesellschaftliche (Weiter-)Entwicklung der Alpenregionen und -staaten. Eine beträchtliche Anzahl von Schutzsystemen gegen alpine Naturgefahren erreicht innerhalb der nächsten Jahre/Jahrzehnte das Ende ihrer Lebensdauer. Es ist daher dringend erforderlich darüber nachzudenken, wie diese Schutzsysteme erhalten werden können sowie im Hinblick auf ihre Funktionssicherheit im gesamten Lebenszyklus zukünftig optimiert und noch besser angepasst werden können. Die gestiegene Komplexität der Schutzsysteme erfordert darüber hinaus ein neues Planungsparadigma, das die Defizite der klassischen Ansätze überwindet.

Systems Engineering (SE) ist eine interdisziplinäre Herangehensweise, die sich auf die Konzeption und Realisierung von komplexen technischen Systemen während ihres gesamten Lebenszyklus konzentriert. SE befasst sich mit Prozessen, Optimierungsmethoden und Risikomanagement-Werkzeugen in den jeweiligen Projekten / Systemen. SE sorgt dafür, dass alle wahrscheinlichen Aspekte eines Projekts oder Systems – über die gesamte Lebensdauer – berücksichtigt und integriert werden. Dieser Ansatz erfordert das Umdenken von einem linearen, eindimensionalen zu einem kybernetisch orientierten Planungsprozess.

Auch wenn zahlreiche Elemente des SE im Naturgefahren- und Risikomanagement bereits angewandt werden, sind einige andere doch relativ neu und erfordern eine enge Zusammenarbeit, Koordination sowie den Austausch von Erfahrungen.

Die vorliegende Broschüre bietet beides: sowohl Details zum Hintergrund, zum Inhalt und zur Umsetzung des SE, als auch bewährte Praxisbeispiele aus den Mitgliedstaaten. Dadurch unterstützt sie Entscheidungsträger, Experten sowie die wissenschaftliche Gemeinschaft dabei, gemeinsam Strategien zur vorausschauenden Instandhaltung der Funktionsfähigkeit von Schutzsystemen in der Alpenregion zu entwickeln.

Download der Broschüre sowie nähere Informationen zu weiteren Arbeiten der PLANALP:

Homepage der Plattform Naturgefahren (PLANALP) der Alpenkonvention <http://www.alpconv.org/de/organization/groups/wghazards/default.html>

Anschrift des Verfassers:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
Referat 61 „Hochwasserschutz und alpine Naturgefahren“
Bürgermeister-Ulrich-Str. 160
86179 Augsburg
andreas.rimboeck@lfu.bayern.de



Persistence of Alpine natural hazard protection

Meeting multiple demands by applying systems engineering and life cycle management principles in natural hazard protection systems in the perimeter of the Alpine Convention



Achtung: Ankündigung der Konferenz:
"Schutzsysteme gegen Naturgefahren - dauerhaft fit durch Systems Engineering?" - am 27.10.2015 in München, D;
näheres auf der Homepage der PLANALP.

ELISABETH STIX, FLORIAN RUDOLF-MIKLAU

Naturgefahren am Hang: ÖREK-Partnerschaft für die Risikovorsorge in der Raumplanung

Für die Raumentwicklung im Bergland stellen Naturgefahren wie Steinschläge, Felsstürze oder Bergstürze eine substantielle Bedrohung dar. (Abbildung 1) Bisher fehlte in Österreich zu dieser Art von Naturgefahren ein technisch und organisatorisch integriertes System des Risikomanagements, das mit den bestehenden Strukturen im Hochwasser- oder Lawinenschutz vergleichbar wäre.

Von strategischer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Kooperation zwischen der „gefahrenbeurteilenden“ Fachplanung (Geologie, forstliche Raumplanung) und der „risikosteuernden“ Raumplanung

der Länder und Gemeinden. Die im Rahmen des österreichischen Raumentwicklungskonzeptes (ÖREK) laufende Partnerschaft hat die Entwicklung und Umsetzung eines integrierten Risikomanagements zu Naturgefahren in der Raumplanung zum Ziel. Durch harmonisierte Leitlinien sollen die verschiedenen Sektoren zusammengeführt und damit die Planung erleichtert werden.

Die ÖREK-Partnerschaft „Risikomanagement“ wurde vom BMLFUW initiiert. Sieben Bundesländer, zahlreiche Institutionen des Bundes (Geologische Bundesanstalt, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für



Abb. 1: Der Alpine Siedlungsraum ist in hohem Maße für Gefahren am Hang (Steinschlag, Rutschungen, Lawinen) exponiert, die Sicherheit hängt maßgeblich von der Schutzwirkung der Wälder ab (Gemeinde See, Paznauntal, Tirol). (© Rudolf-Miklau)

Fig. 1: The Alpine living space is highly exposed to gravitative hazards (rock fall, landslides, avalanches), the safety of settlement is strongly dependant on the protection function of forests (Rural settlement on steep slopes in the municipality of See, Paznaun valley, Tyrol).

Wald, Naturgefahren und Landschaft, WLV), der Länder (Geologie, Forst, Wasser), Verkehrsträger (ÖBB, ASFINAG) sowie namhafte Experten und Expertinnen aus Wissenschaft und Praxis konnten zur Mitwirkung gewonnen werden. Im Sinne der strategischen Konzeption einer ÖREK-Partnerschaft ist es auch gelungen, Vertreter und Vertreterinnen aus Fach- und Raumplanung am Prozess zu beteiligen. Essentiell für den Erfolg der Partnerschaft ist insbesondere die Beteiligung der unmittelbar vom Risikomanagement betroffenen Gemeinden.

Der inhaltlich-fachliche Diskurs der ÖREK-Partnerschaft erfolgte in 6 Arbeitssitzungen, wobei es erst-

mals zu einem intensiven Austausch zwischen Geologie, Raumplanung und Fachplanung über Fragen des Risikomanagements für gravitative Naturgefahren kam. Als Ergebnis wurde ein „Materialienband“ erstellt, welcher im April 2014 in der ÖROK-Schriftenreihe Nr. 193 publiziert wurde. (Abbildung 2) Auch fachliche Empfehlungen für ein "Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung" wurden erarbeitet und in der ÖROK-Schriftenreihe Nr. 193 publiziert. Die Abschlussveranstaltung der Partnerschaft, bei der die Ergebnisse der ÖREK-Partnerschaft der Fachöffentlichkeit vorgestellt wurde, fand am 28. Jänner 2015 in Wien statt.

Als Folgeprozess wurde auf Basis der Arbeiten der ÖREK-Partnerschaft vom Ständigen Unterausschuss der ÖROK eine Redaktionsgruppe beauftragt, „politische“ ÖROK-Empfehlungen zu diesem Thema zu erarbeiten. Diese Empfehlungen sollen im Wesentlichen auf dem Materialienband und den Fachempfehlungen aufbauen und im Herbst 2015 der politischen ÖROK zur Diskussion und Beschlussfassung vorgelegt werden.

Anschrift der Verfasser:

MMag.^a Elisabeth Stix
Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK)
Geschäftsstelle beim Bundeskanzleramt -
Austrian Conference on Spatial Planning
at the Federal Chancellery
Ballhausplatz 1, 1014 Wien
stix@oerok.gv.at

Priv. Doz. DI Dr. Florian Rudolf-Miklau
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt
und Wasserwirtschaft
Abt. III/5, Wildbach- und Lawinenverbauung
Marxergasse 2, 1030 Wien
florian.rudolf-miklau@bmlfuw.gv.at



Abb. 2: Materialienband der ÖREK-Partnerschaft „Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumordnung“, ÖROK-Schriftenreihe Bd. 193, Cover. (© ÖROK)

Fig. 2: Materials volume of the ÖREK-Partnership "Risk management for gravitative hazards in landuse planning", publication series of the Austrian Conference in Spatial Planning, vol. 193, cover.

FLORIAN RUDOLF-MIKLAU

„Rock Fall Engineering“ – Buchbesprechung

Das Werk „Rock Fall Engineering“ von Duncan C. Wyllie (erschienen bei CRC Press – Taylor and Francis Group, ISBN 9781482219975 im September 2014) ist eines der ersten umfassenden Handbücher des technischen Steinschlagschutzes und sollte daher in der Handbibliothek der Ingenieure dieses Fachbereichs nicht fehlen.

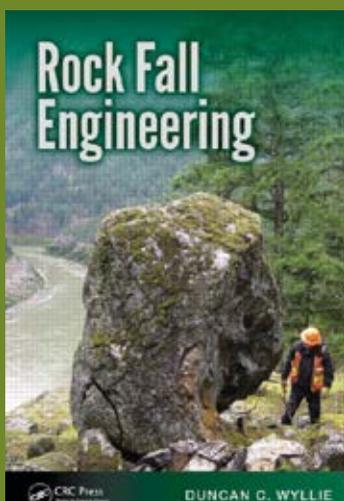
Dieses Buch bietet umfassende Informationen zur Identifizierung von Steinschlaggefahren und zur Konstruktion und zum Bau von Schutzmaßnahmen. „Rock Fall Engineering“ beschreibt zunächst den theoretischen Hintergrund zu Steinschlag, insbesondere das Verhalten der Steine in Bezug auf die Auswirkungen und die Flugbahn, die Phasen des Steinschlags, weitere Aspekte der Gefahrenanalyse, wie die Modellierung von Steinschlag sowie die Bemessung von Schutzbauwerken (flexiblen Barrieren, Dämmen). Die Theorie der Steinschlagprozesse wird durch den Vergleich der Berechnungen mit fünf sorgfältig dokumentierten Fallstudien überprüft.

Das Buch umfasst vier Hauptabschnitte:

1. Ursachen von Steinschlag, einschließlich Geologie, Klima und Topographie. Dokumentation der Auswirkungen und Trajektorien von Steinschlagereignissen an fünf ausgewählten Standorten (Fallstudien) mit einer Vielzahl von topographischen und geologischen Besonderheiten.
2. Theorie der Steinschlagmechanik (-dynamik) und ihre Anwendung auf Geschwindigkeit und Energieänderungen bei Kollision und in der Sturzbahn.
3. Methoden der Modellierung von Steinschlagereignissen. Analysen für die fünf ausgewählten Fallstudien.
4. Steinschlagschutzmaßnahmen: Auswahl der geeigneten Methode für die örtlichen Design-Prinzipien, mit dem Ziel Aufprallenergie auf effiziente Weise zu absorbieren.

Das Buch stellt den Stand der Technik des Steinschlagschutzes in Kanada dar und berücksichtigt die aktuelle englischsprachige Literatur. Nicht berücksichtigt sind allerdings die Normen und Standards des deutschsprachigen Raums, insbesondere die ONR 24810 „Technischer Steinschlagschutz“ sowie die aktuell im Alpenraum gängigen Schutzsysteme, was die Anwendbarkeit in Österreich teilweise einschränkt.

Duncan C. Wyllie ist Direktor von Wyllie & Norrish Rock-Engineers in Vancouver, Kanada, und zertifizierter professioneller Ingenieur in British Kolumbien. Er arbeitet seit 1970 in zahlreichen Projekten für die Konzeption und den Bau von Steinschlagschutzmaßnahmen.



Bestellung unter:
<https://www.crcpress.com/product/isbn/9781482219975>

Anschrift des Verfassers:

Priv. Doz. DI Dr. Florian Rudolf-Miklau
 Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
 Umwelt und Wasserwirtschaft
 Abt. III/5, Wildbach- und Lawinerverbauung
 Marxergasse 2, 1030 Wien
florian.rudolf-miklau@bmlfuw.gv.at



**Stahlschneebrücken • Gleitschneeböcke • Trieb Schneewände
 Ablenkewände • Stahlteile für Schutzbauten**



Mair Wilfried GmbH

I-39030 St. Lorenzen (BZ)

info@mairwilfried.it • www.mairwilfried.it



sommer
 MESSTECHNIK

Lösungen für die Geologie/Geotechnik Temporäre Maßnahmen oder dauerhafte Überwachung von Massenbewegungen, Brücken, Straßen oder Seilbahnen. Messen, Aufzeichnen und Sichern mit Sensoren und Anlagen von SOMMER MESSTECHNIK. www.sommer.at

Spezialsensorik • Anlagenbau • Systemintegration • Beratung • Planung



SOMMER MESSTECHNIK
 Straßenhäuser 27, A-6842 Koblach / Vorarlberg
 Tel.: +43 5523 55989 | office@sommer.at | www.sommer.at

Inserentenverzeichnis

Firma	Inserat Seite
MEVA Schalungs-Systeme Ges.mbH/ Alzner Baumaschinen Gesellschaft mbH	6
alpinfra, consulting + engineering gmbh	103
Dr. Spang Ingenieurgesellschaft für Bau- wesen, Geologie und Umwelttechnik mbH	33
Emil Rohner GmbH	209
Gebrüder RUF, Bau & Transport GmbH & Co KG	U4
Geobrigg AG	73
Geolith Consult , Technisches Büro für Geologie	175
Geotechnik Henzinger	127
Gunz ZT GmbH	94
GWU Geologie-Wasser-Umwelt GmbH	46
Heli Austria GmbH	4
Ingenieurbüro Illmer Daniel e.U.	203
I.n.n., Ingenieurgesellschaft für Naturraum-Management GmbH & Co KG	47
Klenkhardt & Partner Consulting ZT GmbH	8

Firma	Inserat Seite
J KRISMER GmbH	47
MAIR WILFRIED GMBH	215
Moser/Jaritz & Partner Ziviltechniker GmbH	95
PERZ PLAN Ingenieurbüro	115
ZT Pirker & Visotschnig	115
RECKLI GmbH	143
Skolaut NATURRAUM, Ingenieurbüro für Forst- und Holzwirtschaft	95
Sommer GmbH	215
Stadelmann Bau	95
TIWAG – Tiroler Wasserkraft AG	13
TRUMER SCHUTZBAUTEN GMBH	94
Tschernutter Consulting GmbH.	207
wyszen avalanche control AG	207
UNIDATA GEODESIGN GMBH	83



**Qualität ist kein Zufall, sie ist immer
das Ergebnis angestregten Denkens**



**BAU UND TRANSPORT
AU UND HIRSCHEGG**

Gebrüder RUF Bau und Transport GmbH & Co KG
Im Forst 469 . 6883 Au / Bregenzerwald . T 0043 5515 2280
office@ruefbau.com . www.ruefbau.com

Zweigstelle Hirschegg – Kleinwalsertal
Walsertstrasse 201 . 6992 Hirschegg



**Qualität ist kein Zufall, sie ist immer
das Ergebnis angestregten Denkens**



**BAU UND TRANSPORT
AU UND HIRSCHEGG**

Gebrüder RUF Bau und Transport GmbH & Co KG
Im Forst 469 . 6883 Au / Bregenzerald . T 0043 5515 2280
office@ruefbau.com . www.ruefbau.com

Zweigstelle Hirschegg – Kleinwalsertal
Walsertalstrasse 201 . 6992 Hirschegg