



Inhalt

Murgänge im Mattertal - Blockgletscherkrisen beeinflussen Wildbachaktivität..... 3	Untersuchung des Schwemmholt- transports in einem Wildbach..... 8	Risikomanagement Schutzwald Bader 13
Geschiebetransportmessungen in einem steilen Gebirgsbach..... 6	Bodenstabilität und Naturgefahren: Vom Wissen zum Handeln 11	

Herausgeber / Editeur

FAN Fachleute Naturgefahren Schweiz

Offizielle Adresse / Adresse officielle

Nils Hählen, Tiefbauamt des Kantons Bern
 Oberingenieurkreis I
 Schlossberg 20, 3601 Thun
 Tel. 033 225 10 77, E-Mail: nils.haehlen@bve.be.ch

**Sekretariat, Administration, Kurswesen /
 Secrétariat, administration, cours**

Ingenieure Bart AG, Rolf Bart,
 Waisenhausstrasse 15, 9000 St. Gallen
 Tel. 071 /228 01 70, Fax 071/228 01 71
 E-Mail: kontakt@fan-info.ch
 Internet: http://www.FAN-Info.ch

**Redaktion FAN-Agenda /
 Rédaction Agenda-FAN**

Jean-Jacques Thormann, HAFL, Zollikofen
 Thomas Plattner, Rapp Infra AG, Basel
 Alexandre Badoux, WSL, Birmensdorf
 Martin Frei, Amriswil

**Meldungen, Beiträge und Anfragen FAN-Agenda an:
 Informations, contributions et demandes à
 l'adresse suivante:**

Jean-Jacques Thormann, Berner Fachhochschule
 Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissen-
 schaften HAFL, Fachgruppe Gebirgswald & Naturgefahren
 Länggasse 85, 3052 Zollikofen,
 Tel. 031 910 21 47, Fax 910 22 99,
 E-Mail: jean-jacques.thormann@bfh.ch

Zielsetzung der FAN

Die Tätigkeit der FAN steht im Dienste der Walderhaltung und dem Schutz vor Naturgefahren. Sie widmet sich insbesondere dem Thema Weiterbildung bezüglich Lawinen-, Erosions-, Wildbach-, Hangrutsch- und Steinschlaggefahren. Die ganzheitliche, interdisziplinäre Beurteilung und Erfassung von gefährlichen Prozessen sowie die Möglichkeiten raumplanerischer und baulicher Massnahmen stehen im Zentrum.

Mitgliedschaft bei der FAN

Die Mitglieder der FAN sind Fachleute, welche sich mit Naturgefahren gemäss Zielsetzung der Arbeitsgruppe befassen. Total umfasst die FAN über 350 Mitglieder aus der ganzen Schweiz. Mitgliedschaftsanträge sind an den Präsidenten oder Sekretär zu richten. Die Mitgliedschaft in der FAN kostet Fr. 80.– / Jahr und steht allen Fachleuten aus dem Bereich Naturgefahren offen. Bedingung ist zudem, dass jeweils innerhalb von drei Jahren einmal vom Kursangebot Gebrauch gemacht wird.

Objectif de la FAN

La FAN est au service de la conservation des forêts et de la protection contre les dangers naturels. Elle se consacre en particulier au thème du perfectionnement dans le domaine des dangers que représentent les avalanches, l'érosion, les torrents, les glissements de terrain et les chutes de pierres. Elle met aussi l'accent sur deux aspects importants: des évaluations et des relevés globaux et interdisciplinaires des processus dangereux, et les mesures possibles en matière d'aménagement du territoire et de génie forestier.

Adhésion à la FAN

Les membres de la FAN sont des spécialistes qui s'occupent de dangers naturels conformément aux objectifs du groupe de travail. La FAN comprend au total plus de 350 membres, répartis dans toute la Suisse. Les demandes d'adhésion doivent être adressées au président ou au secrétaire. L'adhésion à la FAN coûte fr. 80.– / an. Elle est ouverte à tous les spécialistes des dangers naturels. Une seule condition imposée est de fréquenter tous les trois ans au moins l'un des cours proposé.

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser

Liebe FAN-Mitgliederinnen und Mitglieder

Die Fliessbewegung des Blockgletschers Gugla (Titelseite der vorliegenden FAN-Agenda) beschleunigte sich in den letzten Monaten und Jahren deutlich. Lockermaterial aus der übersteilen Front gelangte zunehmend in den steilen Bielzug bei Herbriggen (Gde. St. Niklaus). Jüngste Murgangereignisse im Frühsommer 2013 haben das grosse Gefahrenpotenzial entlang des Wildbaches deutlich aufgezeigt: Ein rascher Temperaturanstieg, sonnige Witterung und anhaltende Nullgradgrenze um 4500 m ü.M. führten dazu, dass der in überdurchschnittlicher Menge vorhandene Schnee in wenigen Tagen sehr rasch geschmolzen ist.

Die resultierenden Abflüsse über, durch und unter dem Blockgletscher Gugla, welcher aufgrund des aufschmelzenden Permafrosts bereits destabilisiert war, lösten am 17. Juni 2013 abends in rascher Abfolge grosse Lockermaterialpakete aus der nördlichen Stirn in den Bielzug. Die darauf entstandenen Murgänge flossen bis in den Talgrund und beanspruchten die vorhandenen Schutzmassnahmen bis an ihre Grenzen. Strasse und Bahn wurden zeitweise gesperrt und ein Teil der Siedlung Herbriggen blieb aus Sicherheitsgründen für mehrere Tage evakuiert. Der Geschiebesammler musste während mehreren Tagen täglich geleert werden, um nachfolgenden Ereignissen einen Rückhalteraum zu bieten und so den gefährdeten Strassen- und Bahnabschnitt vor einer Beschädigung zu schützen. Ein beachtlicher Anteil des gesamten Murgangmaterials wurde in den Vorfluter geschwemmt, wo es im Mündungsbereich zu Auflandungen kam. Der Gemeindeführungsstab, die Feuerwehr und der Zivilschutz der Gemeinde St. Niklaus sowie die betroffene Bevölkerung und Betreiber der Verkehrsachsen haben die Herausforderungen gut gemeistert. Die kantonalen Fachstellen, privaten Ingenieurunternehmen und involvierten Forschungsinstitutionen leisteten dabei die notwendige Unterstützung.

Die eindrucklichen Auswirkungen des schmelzenden Permafrosts auf die Wildbachaktivität im Mattertal werden im Rahmen des WSL-Projektes „Gefahrenkartierung Mattertal VS: Grundlagenbeschaffung und numerische Modellierung von Murgängen“ untersucht und in der vorliegenden Ausgabe der FAN-Agenda vorgestellt. Zusätzlich enthält diese Ausgabe weitere Informationen zu aktuell an der Eidg. Forschungsanstalt WSL laufenden Projekten in den Themenbereichen Geschiebetransport, Schwemmholz und Hangstabilität sowie einen Artikel zum «Risikomanagement Schutzwald Bader», welcher vom Büro Ernst Basler + Partner erarbeitet wurde.

Wir wünschen Ihnen eine spannende Lektüre und eine schöne Weihnachtszeit!

Für den FAN-Ausschuss

Christoph Graf

Für das Redaktionsteam

Alexandre Badoux



Auflandungen im Bereich der Einmündung des Bielzugs in die Matter Vispa am 18.06.2013

Murgänge im Mattertal - Blockgletscherkrisen beeinflussen Wildbachaktivität

Christoph Graf (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, christoph.graf@wsl.ch)

Ausgangslage

Klimawandel und steigende Temperaturen (IPCC 2013) haben die Grunddisposition im hochalpinen Gelände innert weniger Jahrzehnte deutlich verändert. Durch das Schmelzen der Alpengletscher werden neue Schuttherde freigelegt. Neben dem Gletscherreis verflüssigt sich aber auch gefrorenes Wasser, welches bisher im Untergrund Fels und Lockergestein zusammenhielt. Damit geraten zuvor stabile Hänge und Felspartien am unteren Rand der Permafrostzone zunehmend in Bewegung und das zusätzlich verfügbare Lockermaterial wird durch gravitative Prozesse in die Gerinne transportiert. Bei intensivem Eintrag von Wasser, etwa bei Starkregen, können so auch vermehrt Murgänge anreissen. Im Mattertal zwischen Täsch und St. Niklaus führen steile Wildbachgerinne ohne deutliche Flachstrecken direkt in den Talgrund, wo Siedlungen und Verkehrswege liegen. Auswertungen von Satellitenbildern haben gezeigt, dass in den Schweizer Alpen bis zu 20 Blockglet-

scher auffällig hohe Bewegungsraten aufweisen. Deren fünf liegen auf der rechten Talseite des Mattertals (Delaloye et al. 2013).

Die geschilderten Abläufe lassen vermuten, dass wir es hier mit neuen und in den letzten Jahrhunderten kaum aufgetretenen Situationen zu tun haben. Somit kann beim Gefahrenmanagement nicht nur auf die langjährige Erfahrung und etablierte Methoden im Umgang mit Alpinen Naturgefahren vertraut werden. Die neuen Aspekte müssen zwingend mitberücksichtigt werden (Graf et al. 2013).

Untersuchungen

Die WSL hat mit ihrem Projekt „Gefahrenkartierung Mattertal: Grundlagenbeschaffung und numerische Modellierung von Murgängen“ (Graf et al. 2013) neben detaillierten eigenen Studien in sieben Wildbachgerinnen auf der rechten Talseite im Mattertal zwischen St. Niklaus und Randa (Abb. 1) die Koordination der wissenschaftlichen Untersuchungen und angewandter Studien im Projektperimeter in

Angriff genommen und erste Resultate zusammengetragen. Anhand von zahlreichen Messeinrichtungen können die Ereignisse dokumentiert und analysiert sowie die Gerinne überwacht werden.

Das angewandte Forschungsprojekt der WSL fokussiert stark auf die Erarbeitung von Grundlagen für die Gefah-

renanalyse. Dabei wird u.a. das numerische Massenbewegungsmodell RAMMS (Christen et al. 2010) eingesetzt und optimiert. Kalibriert anhand von gut dokumentierten Ereignissen werden damit Szenarien gerechnet, bauliche Massnahmenvorschläge überprüft und die Grundlagen für die Gefahrenzonierung erarbeitet. Der Hauptfokus der WSL-eigenen Untersuchungen liegt beim Dorfbach Randa.

Resultate und Erkenntnisse

Der Projektperimeter im Mattertal (Abb. 1) ist mittlerweile ein sehr detailliert dokumentiertes und umfassend untersuchtes Gebiet im Alpinen Raum. Die Blockgletscherüberwachung (Delaloye et al. 2013) zeigt deutlich, dass die vor einigen Jahren identifizierten sehr hohen Geschwindigkeiten immer noch vorherrschen. In einigen Fällen (z.B. beim Blockgletscher Grabengufer) scheint die aktuelle Phase der höchsten Intensität bereits vorüber zu sein. Bei anderen Blockgletschern, wie dem Dirru im Einzugsgebiet des Geisstriftbaches oder dem Gugla im Bielzug sind auf hohen Werten verweilende oder sogar zunehmende Geschwindigkeiten feststellbar.

Abfluss und mögliche Gefährdung aus den vergletscherten Flächen sind bekannt und in Szenarienüberlegungen berücksichtigt. Murgänge wurden in den letzten Jahren fast lückenlos erfasst, dokumentiert und nachmodelliert. Dabei wurden unterschiedliche Startverfahren in RAMMS verglichen und bewertet (Deubelbeiss et al. 2013). Basierend auf diesen Erfahrungen verfassten Ingenieurbüros in Zusammenarbeit mit der WSL für den gesamten Projektperimeter ein Sicherheitskonzept, welches bauliche Schutzmassnahmen sowie temporäre Vorkehrungen für Siedlungsgebiete und Verkehrswege vorschlägt. Konkrete

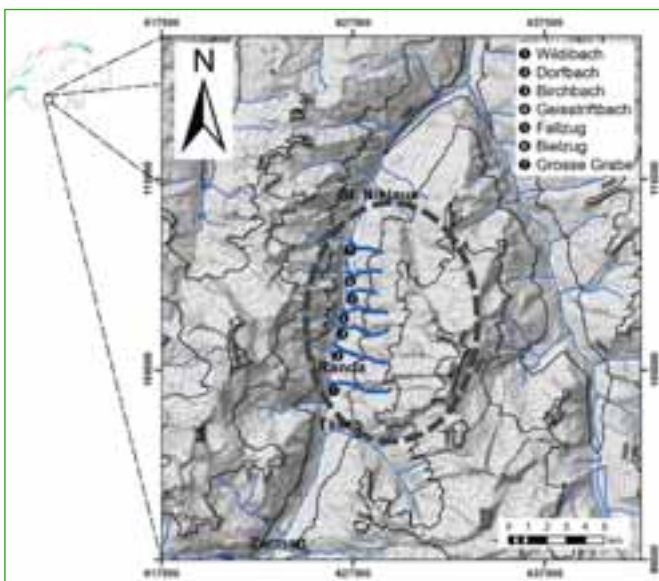


Abb. 1: Untersuchungsperimeter mit sieben steilen Wildbachgerinnen auf der rechten Seite des Mattertals im Kanton Valais zwischen Täsch und St. Niklaus. © swisstopo (JD100040)

Massnahmen werden im Rahmen von Bauprojekten gemäss Priorisierung auf Grund der aktuellen Entwicklung in den nächsten Jahren ausgeführt.

Im Dorfbach (Abb. 2) fällt die Lieferung von Lockermaterial aus dem obersten Teil des Einzugsgebietes in den darunterliegenden steilen Hang und bis zum Gerinne sehr hoch aus. Bedingt wird dies durch die enorm rasche Bewegung seines Blockgletschers Grabengufer. Steinschlag und kleine Murgänge verlagern kontinuierlich Lockermaterial. Sie lösen sich aus der Blockgletscherstirn und erreichen vom Frühjahr während der Schneeschmelze bis in den Hochsommer auf dem bis zu 40° geneigten Hang je nach Startvolumen, Wassergehalt und Verfüllungsgrad bestehender Rinnen Reichweiten von wenigen hundert Metern. Grössere Sturzereignisse wurden exakt vermessen und verlagerte Volumen aus dem periglazialen Bereich in die Gerinne oder bis zum Vorfluter quantifiziert (Bühler und Graf 2013). Unter solchen Voraussetzung erstaunt es nicht, dass eine erhöhte Gerinneaktivität zu beobachten ist. Die kleinen Murgangereignisse aus der Blockgletscherstirn gelangen ab Volumen von einigen Hundert bis wenigen Tausend Kubikmetern bis in die Konfluenzzone des Hanges mit dem Dorfbachgerinne. Dort erfolgen auf Grund des Geländeknicks und reduziertem Gefälle unter 30° im Dorfbach einerseits Ablagerungen, andererseits suchen sich die etwas voluminöseren und schnelleren Murgänge neue Fliesswege durch die Ablagerungszone in den Dorfbach hinein, wo sie weiter fliessen oder innerhalb von wenigen Hundert Metern ebenfalls stehenbleiben. Fliessen sie weiter (Abb. 3), liegt im Gerinne abgelagertes Lockermaterial bereit und kann durch die grösseren Ereignisse aufgenommen werden, so dass ihr Volumen auf dem weiteren Weg beträchtlich anwächst. Die Hauptablagungszone im Transitbereich (Abb. 2) verlagert sich von Jahr zu Jahr um wenige hundert Meter Gerinne abwärts und wird wohl



Abb. 2: Sichtbar hohe Wildbachaktivität im Dorfbach Randa. Dargestellt sind das Auslösegebiet am Grabenufer und der Fliessweg von Murgängen, sowie die Lage der Geschiebefront zwischen 2010 bis 2013 (rote Pfeile). Bauliche Schutzmassnahmen auf dem Kegel sind bereits realisiert und das Gerinne wird an zwei Stellen kontinuierlich beobachtet.

im kommenden Jahr den oberen Kegelbereich erreichen. Bauliche Schutzmassnahmen wurden dort bereits realisiert.

Die Magnituden der beobachteten Murgänge waren in den letzten Jahrzehnten tief und nur wenige Ereignisse gelangten bis in den Vorfluter. Der Dorfbach weist grundsätzlich die typischen Merkmale eines Wildbachgerinnes im Altschutt auf. Generell geht man in diesem Fall davon aus, dass das Auftreten von Murgängen unregelmässig erfolgt, dies bei sehr variabler Magnitude, wobei auch sehr grosse Ereignisse auftreten können. Das Einzugsgebiet des Dorfbaches verändert sich durch die neusten Entwicklungen in den mittleren Höhenlagen um 2700 m ü.M. und dem damit verbundenen erhöhten Sedimenteintrag aus dem Blockgletscher. Zumindest im unteren Gerinneabschnitt erfolgt ein Wandel von einem Alt- zu einem

Jungschuttgebiet. Charakteristisches Verhalten beider Gebietstypen kann also vermutlich kombiniert auftreten. Das macht die Beurteilung der Gefahrensituation entsprechend anspruchsvoller. Der limitierende Faktor für das Auftreten von Murgängen bleibt im Mattertal nach wie vor das Wasserangebot in den Einzugsgebieten.

Schlussfolgerung

Auch wenn die Konstellation an der Ostflanke der Mischabelgruppe eher ein Extremfall darstellt, ist davon auszugehen, dass künftig im gesamten Alpenraum ähnliche Ereignisketten bewältigt werden müssen oder schon mehr oder weniger bewusst bewältigt werden. Klimamodelle prognostizieren vermehrt Niederschläge im Frühjahr und im Herbst, sowie einen Anstieg der Schneegrenze. Weil zudem von höheren Niederschlagsintensitäten auszu-



Abb. 3: Kleines Murgangereignis im Dorfbach im Juli 2012, aufgezeichnet von der automatischen Monitoringstation im Mittellauf

gehen ist, nimmt auch der erwartete Feststofftransport zu. All das wird sich sowohl auf das zeitliche Auftreten wie auch auf die Magnitude von Murgängen auswirken.

Mit einer der aktuellen Situation angepassten Szenarienwahl und dem Einsatz von numerischer Modellierung ist es möglich, die gefährdeten Gebiete zu bestimmen und auf Gefahrenkarten auszuweisen. Die Entwicklungen in den Einzugsgebieten sind jedoch so dynamisch, dass sich die Gefährdungszonen relativ rasch ändern können. Wir werden in der nahen Zukunft vielerorts mit neuen Fragestellungen, veränderten Ausgangsbedingungen und vorgängig in Szenarien nicht berücksichtigten Aspekten konfrontiert sein. Ein vorausschauendes Handeln und Finden von geeigneten Massnahmen, sowohl baulicher wie auch organisatorischer Art, ist wichtig und kann im betroffenen Talabschnitt einen sichereren Umgang mit der Bedrohung durch Murgangereignisse garantieren. Ein integraler Ansatz, welcher sämtliche vorherrschenden Naturgefahren und auch die Bedürfnisse der Raumnutzung kombiniert, steht dabei im Vordergrund.

Projekt „Gefahrenkartierung Mattertal VS: Grundlagenbeschaffung und numerische Modellierung von Murgängen“
<http://www.wsl.ch/mattertal/>

Literatur

Bühler, Y.; Graf, C., 2013: Sediment transfer mapping in a high-alpine catchment using airborne LiDAR. In: Graf, C (ed) Mattertal - ein Tal in Bewegung. Publikation zur Jahrestagung der Schweizerischen Geomorphologischen Gesellschaft 29. Juni - 1. Juli 2011, St. Niklaus. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. 113 – 124.

Christen, M.; Kowalski, J.; Bartelt, P., 2010: RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. Cold Regions Science and Technology, Vol. 63, 1-2, pp. 1 - 14.

Delaloye, R.; Morard, S.; Barboux, C.; Abbet, D.; Gruber, V.; Riedo, M.; Gachet, S., 2013: Rapidly moving rock glaciers in Mattertal. In: Graf, C (ed) Mattertal - ein Tal in Bewegung. Publikation zur Jahrestagung der Schweizerischen Geomorphologischen Gesellschaft 29. Juni - 1. Juli 2011, St. Niklaus. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. 21-31.

Deubelbeiss, Y.; Graf, C., 2013: Two different starting conditions in numerical debris flow models - Case study at Dorfbach, Randa (Valais, Switzerland). In: Graf, C (ed) Mattertal - ein Tal in Bewegung. Publikation zur Jahrestagung der Schweizerischen Geomorphologischen Gesellschaft 29. Juni - 1. Juli 2011, St. Niklaus. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. 125 – 138.

Graf, C.; Deubelbeiss, Y.; Bühler, Y.; Meier, L.; McArdeil, B.W.; Christen, M.; Bartelt, P., 2013: Gefahrenkartierung Mattertal: Grundlagenbeschaffung und numerische Modellierung von Murgängen. In: Graf C. (Red.) Mattertal – ein Tal in Bewegung. Publikation zur Jahrestagung der Schweizerischen Geomorphologischen Gesellschaft 29. Juni–1. Juli 2011, St. Niklaus. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. 85–112.

IPCC, 2013: Fifth Assessment Report - The Physical Science Basis (final draft)

Geschiebetransportmessungen in einem steilen Gebirgsbach

Johannes Schneider (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, johannes.schneider@wsl.ch)
 Dieter Rickenmann (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, dieter.rickenmann@wsl.ch)
 Alexandre Badoux (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, alexandre.badoux@wsl.ch)
 James W. Kirchner (Eidg. Technische Hochschule ETH, kirchner@cces.ethz.ch)

Einleitung

Im Schweizer Alpenraum ist intensiver Geschiebetransport infolge Unwettern häufig mit grossen Schäden verknüpft (z.B. Badoux et al., 2013). Um die Vorhersagen von Geschiebetransport im alpinen Raum zu verbessern und Gefahrenpotentiale besser einschätzen zu können, sind hochwertige Geschiebetransportdaten von grosser Bedeutung. In diesem Beitrag stellen wir zwei Einrichtungen zur Geschiebetransportmessung in einem steilen Gebirgsbach vor und vergleichen deren Transportbilanzen.

Untersuchungsgebiet

Die Geschiebetransportmessungen wurden im Riedbach (Kanton Wallis) durchgeführt (Abbildung 1). Der Riedbach ist ein Gebirgsbach mit nivo-glazial geprägtem Abflussregime. Tägliche Spitzenabflüsse erreichen im Sommer etwa $4 \text{ m}^3/\text{s}$. Der Riedbach fliesst nach Austritt aus dem Gletschertor über ein Gletschervorfeld mit einer Gerinneneigung von etwa 3%. Nach einem Kilometer erreicht er einen Gefällsknickpunkt, der nachfolgende Abschnitt hat ein Gefälle von etwa 40%. Nach weiteren 500 m wird ein Grossteil des Wassers zur Stromgewinnung gefasst (Kraftwerke Mattmark AG, KWM).

Geschiebemessungen

Mobile Geschiebefallen

Auf dem Gletschervorfeld wurden Geschiebetransportraten mit mobilen Geschiebefallen (engl. portable bedload traps, Bunte et al., 2007) bei Abflussverhältnissen von 0.4 bis $2.7 \text{ m}^3/\text{s}$ bestimmt. Die Geschiebefallen bestehen aus einem Aluminiumrahmen im DIN A4 Format und einem in Fliessrichtung befestigten Netz (Maschenweite 6 mm, Abbildung 2). Während einer Messung werden die Fal-



Abb. 1: Riedbach (Gemeinde St. Niklaus, Kanton Wallis) (Bilder: Google Earth, J. Schneider)

len über den Gerinnequerschnitt im Abstand von etwa einem Meter an der Gerinnesohle verankert. Die Netze werden je nach Geschiebetransportrate im Intervall von etwa 10 – 60 Minuten entleert. Anschliessend werden die Geschiebeprobe nach Kornfraktionen gesiebt und gewogen. Anhand dieser Messungen konnte für den Riedbach eine Beziehung zwischen der Geschiebetransportrate und dem Abfluss erstellt werden (Abbildung 3). Damit lassen sich z.B. jährliche Geschiebebilanzen abschätzen.

Unsicherheiten in den empirisch abgeleiteten Geschiebebilanzen (Abbildung 3) ergeben sich zum einen aus den eher kurzen Beobachtungszeiträumen; zeitliche Variationen der Transportraten mit dem Abfluss (z.B. potentielle Hysterese-Effekte über Tages-, oder Jahrgänge) werden vernachlässigt. Zum anderen können die Geschiebebilanzen fehlerbehaftet sein, da bei deren Erstellung die Beziehung aus Abbildung 3 auf nicht gemessene Abflüsse $< 0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ extrapoliert wurde.

Geophonsystem

Im 40% steilen Gerinneabschnitt sind direkte Geschiebemessungen, z.B. mit Geschiebefallen, nicht möglich. An der Wasserfassung, am unteren Ende des steilen Gerinneabschnittes, wurde daher im Jahr 2008 in Zusammenarbeit der KWM und der WSL ein indirektes Geophonsystem zur Messung der Geschiebetrans-

portintensität installiert (Abbildung 4). Das System besteht aus seismischen Sensoren, angebracht unter Metallplatten (50 x 36 cm). Die Platten werden typischerweise an befestigten Gerinnequerschnitten über den gesam-



Abb. 2: Geschiebefallen auf dem Gletschervorfeld (Bild: J. Schneider)

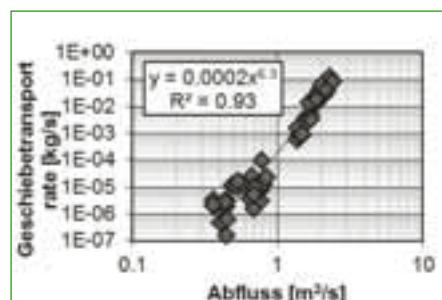


Abb. 3: Geschiebetransport als Funktion des Abflusses



Abb. 4: A) Wasserfassung Riedbach mit Geophonsystem; B) Sediment-Rückhaltezaun und C) Vermessung der Sedimentablagerungen mit einem Laserscanner (Bilder: J. Schneider).

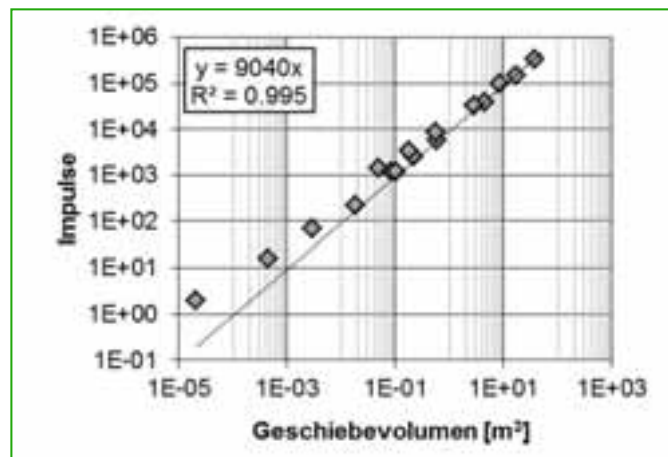


Abb. 5: Eichbeziehung zwischen Geophonimpulsen und Geschiebevolumen (Korngrößen > 2.5cm).

ten Querschnitt montiert. Abhängig von der Geschiebetransportintensität werden am Geophon (dem Schwingungssensor) messbare Spannungen induziert. Übersteigt diese Spannung einen definierten Schwellenwert wird ein Geophonimpuls von der Datenerfassungseinheit aufgezeichnet. Um quantitative Aussagen über den Geschiebetransport machen zu können, muss das Geophonsystem anhand direkter Geschiebemessungen kalibriert werden (siehe auch Rickenmann et al., 2012).

Für die Kalibrierung wurde periodisch ein Metallzaun unterhalb der Wasserfassung installiert um grobes Geschiebe zurückzuhalten. Die Ablagerungen wurden in etwa zwei-wöchentlichen Abständen mittels eines Laserscanners vermessen. Zusätzlich wurden die Geschiebeablagerungen an einzelnen Tagen mit Geotextilfolien abgedeckt. Jeweils einen Tag später wurden die neu zugeführten Gesteine manuell eingesammelt und gewogen. Mittels diesen direkten Geschiebemessungen konnte eine Eichbeziehung zwischen registrierten Geophonimpulsen und transportiertem Grobgeschiebe abgeleitet werden (Abbildung 5). Die Masse des transportierten Feinmaterials (Korngrößen < 2.5 cm), welches das Tyrolerwehr passieren kann und im Entsander der Fassung abgelagert wird, wurde über die Anzahl der Spülungen abgeschätzt. Die Unsicherheit der aus den Geophonmessungen abgeleiteten Geschiebebefrachten ist in

vergleichbaren Studien mit einem Faktor von ungefähr zwei angegeben (Rickenmann and McArdeell, 2007).

Geschiebebilanz

Für die Jahre 2010 und 2011 wurden Jahresbilanzen für den Geschiebetransport an den beiden Standorten erstellt (Tabelle 1). Am flachen Abschnitt (Gefälle 3%) über die Abflussganglinie und die Beziehung entsprechend Abbildung 3, am steilen Abschnitt (40%) über das kalibrierte Geophonsystem und die Anzahl Entsanderspülungen (Abbildung 5).

Tab. 1: Jahresbilanzen: Wasserfracht und Geschiebetransport

	V	V _{eff}	F _{Flach}	F _{Steil}
	[mio. m ³]	[mio. m ³]	[m ³]	[m ³]
2010	15.5	3.5	251	255
2011	14.1	2.5	144	151
11/10	0.9	0.72	0.57	0.59

- V: Abflussvolumen
- V_{eff}: effektives Abflussvolumen für Q > 1.5 m³/s
- F_{Flach}: Geschiebevolumen Gletschervorfeld (Geschiebe fallen)
- F_{Steil}: Geschiebevolumen Steilstrecke (Geophonsystem und Entsanderspülungen).

Obwohl die totale Wasserfracht (V) beider Jahre auf ähnlichem Niveau ist, fällt auf, dass das effektive Abflussvolumen (geschiebewirksame

Wasserfracht V_{eff} für Abfluss Q > 1.5 m³/s) im Jahr 2011 um etwa ein Drittel niedriger ist als 2010. Entsprechend niedriger fallen generell die kumulierten Geschiebevolumen 2011 im Vergleich zu 2010 aus. Auffallend ist ebenfalls, dass die Geschiebevolumen des flachen Abschnittes (F_{Flach}) auf sehr ähnlichem Niveau sind wie die des steilen Abschnittes (F_{Steil}). Dieses Resultat steht im Gegensatz zu Abschätzungen mit gängigen Geschiebetransportformeln (z.B. Meyer-Peter und Müller). Bei Vernachlässigung von den speziellen morphologischen und hydraulischen Bedingungen in steilen Gebirgsbächen wäre bei einer Gefällezunahme von einem Faktor 10 eine Geschiebetransportzunahme von etwa einem Faktor 30 zu erwarten. Auch wenn die Messgrößen beider Systeme mit Fehlern behaftet sind, ist anzunehmen, dass sich die Unsicherheiten nicht im Bereich eines Faktors 30 bewegen.

Schlussfolgerung

Die Messung von Geschiebetransport in steilen Gebirgsbächen ist komplex. Die Resultate von verschiedenen Messsystemen sind nicht vollständig miteinander vergleichbar und üblicherweise mit grossen Unsicherheiten behaftet. Jedoch lässt sich aus dem Vergleich der Geschiebebefrachten an den beiden Messstandorten folgern, dass die Geschiebetransportraten nicht proportional mit dem Gefälle zunehmen, sondern sich vielmehr auf einem

ähnlichen Niveau befinden. Die limitierte Zunahme des Geschiebetransportes mit zunehmendem Gefälle lässt sich durch die erhöhten Energieverluste durch zunehmende Makro-Rauigkeiten erklären. Dies unterstreicht die Bedeutung der Berücksichtigung von erhöhten Fließwiderständen bei Berechnungen von Sedimenttransportraten in steilen Gebirgsbächen (Nitsche et al., 2011).

Dieser Beitrag wurde im Rahmen des ETH CESS-APUNCH Projektes zum besseren Prozessverständnis von Naturgefahren infolge extremen Niederschlagsereignissen verfasst. Ausführlichere Veröffentlichungen sind bei Water Resources Research eingereicht (Schneider et al., *subm*), bzw. in Vorbereitung.

Literatur

Badoux, A., Andres, N., and Turowski, J. M. (*subm*), Damage costs due to bedload transport processes in Switzerland, submitted to Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss.

Bunte, K., K. W. Swingle, and S.R. Abt (2007), Guidelines for using bedload traps in coarse-bedded mountain streams: Construction, installation, operation and sample processing., 91 pp, Fort Collins, Colorado.

Nitsche, M., D. Rickenmann, J. M. Turowski, A. Badoux, and J. W. Kirchner (2011), Evaluation of bedload transport predictions using flow resistance equations to account for macro-roughness in steep mountain streams, Water Resour. Res., 47(8), doi: 10.1029/2011wr010645.

Rickenmann, D., and B.W. McArdeall (2007), Continuous measurement of sediment transport in the Erlenbach stream using piezoelectric bedload impact sensors, Earth Surface Processes and Landforms, 32: 1362–1378.

Rickenmann, D., J.M. Turowski, B. Fritschi, A. Klaiber, and A. Ludwig (2012), Improved sediment transport measurements in the Erlenbach stream including a moving basket system, Earth Surface Processes and Landforms, 37: 1000–1011.

Schneider, J. M., D. Rickenmann, J. M. Turowski, K. Bunte, and J. W. Kirchner (*subm*), Bedload transport prediction for mixed-size sediments based on field data, submitted to Water Resources Research.

Untersuchung des Schwemmholt- transports in einem Wildbach

Matthias Jochner (Geographisches Institut der Universität Bern, matthias.jochner@students.unibe.ch)

Alexandre Badoux (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, alexandre.badoux@wsl.ch)

Jens Martin Turowski (Deutsches Geoforschungszentrum GFZ, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, turowski@gfz-potsdam.de)

Hintergrund

Schwemmholt ist ein integraler Bestandteil eines jeden natürlichen Fließgewässers mit bewaldetem Einzugsgebiet und hat grossen Einfluss auf Gerinnemorphologie und Gewässerökologie (z.B. Wohl 2013; Braudrick and Grant 2000). Transportiertes Totholz kann während Hochwasserereignissen ein erhebliches Risiko darstellen. Obwohl die Zahl der Studien zum Thema Schwemmholt in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen hat, sind Charakterisierungen des Transportverhaltens und der darauf einflussnehmenden Faktoren selten (z.B. MacVicar et al. 2009; Schenk et al. 2013). Ziel eines im Rahmen einer Masterarbeit ausgeführten Feldexpe-

riments (Jochner 2013) war es daher, die Einflüsse des Abflussregimes, der physischen Eigenschaften von Schwemmholtstücken sowie der jeweiligen Ablagerungsposition der Hölzer auf deren Mobilisierung, Transport und Ablagerung zu untersuchen. Ein spezieller Fokus wurde ausserdem auf Verklausungen gerichtet, da diese vermutlich eine substantielle Wirkung auf fluvialen Holztransport in steilen Gerinnen ausüben. Als Untersuchungsgebiet diente ein 320 m langer Gerinneabschnitt des Erlenbachs, einem Wildbach in den Schweizer Voralpen, der seit über 30 Jahren Gegenstand der Forschung an der Eidg. Forschungsanstalt WSL ist (z.B. Hegg et al. 2006).

Analyse des Transportverhaltens mithilfe von Schwemmholt-Tracerstücken

In einem Zeitraum von Juni bis Oktober 2012 wurde eine Population von 236, mit Radio Frequency Identification (RFID) Sendern ausgestatteten Holzstücken in einem 320 m langen Bachabschnitt verfolgt (Beispiel eines Holztracers in Abbildung 1). Die Holztracer hatten Längen zwischen 0.1 und 1.0 m. Etwa der Hälfte der Holzstücke wurden vor dem Aussetzen die Äste entfernt. Nach Abflussereignissen wurden die Hölzer jeweils mit einem mobilen Antennensystem aufgespürt, deren Position entlang des Gerinnes vermessen sowie die Auffindesituation aufgenommen. Dadurch



Abb. 1: Im Gerinne liegender Holztracer mit Länge 1 m ohne Äste. Jedes Holzstück war mit einem RFID-Transponder bestückt, der eine individuelle Identifikationsnummer gespeichert hatte. Dadurch war es möglich ein Transportprofil der einzelnen Holztracer über den gesamten Untersuchungszeitraum zu berechnen.

Relevante Einflussfaktoren auf den Transport von Schwemmholz am Erlenbach

Die Analyse des Transportprofils zeigt das Abflussgeschehen als wichtigsten Einflussfaktor auf die Mobilisierung von Holztracern. Die Mobilisierungsrate der Hölzer wurde sowohl vom registrierten Spitzenabfluss, als auch vom effektiven Abfluss (d.h. das total abgeflossene Wasservolumen) zwischen zwei Messungen beeinflusst. Ein starker Zusammenhang konnte zwischen der Mobilisierungsrate und einem gewichteten effektiven Abfluss festgestellt werden (Abbildung 2). Zur Berechnung des gewichteten effektiven Abflusses wurde das effektive Abflussvolumen mit einem Quotienten aus dem im gleichen Abschnitt aufgetretenen Spitzenabfluss und dem kritischen Abfluss für den Transportbeginn von Geschiebe (am Erlenbach 0.5 m³/s) gewichtet. Bei zunehmendem gewichtetem effektivem Abfluss wurde ein steigender Prozentsatz an Hölzern mobilisiert. Bei höherem Spitzenabfluss steht mehr Kraft zur Mobilisierung zur Verfügung, mit einem höheren effektiven Abfluss steht diese Kraft länger zur Verfügung. Die Transportdistanzen der Holztracer im Erlenbach wurden zudem stark durch ihre unterschiedliche Länge beeinflusst. Kürzere Stücke wurden über

längere Distanzen transportiert (Abbildung 3). Hauptgrund ist vermutlich die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Schwemmholzstück von einem Hindernis gestoppt wird. Diese nimmt mit der Länge des Stückes zu und spielt vor allem in Wildbächen mit grossem Gefälle und einer hohen Anzahl an Hindernissen eine wichtige Rolle bei der Kontrolle der Transportdistanzen (z.B.; Bocchiola et al. 2006).

Neben dem Abfluss und der Länge der Stücke wurde auch der Einfluss der Dichte der Stücke, das Vorhandensein bzw. Nichtvorhandensein von Ästen, die Distanz der Stücke zum Talweg und die Orientierung der Stücke zur Fließrichtung auf die Mobilisierung und Transportdistanzen der Holztracer untersucht. Bis auf die Orientierung zur Fließrichtung zeigten alle genannten Faktoren einer mehr oder minder starken Einfluss entweder auf Mobilisierung, Transportdistanz oder beides. Bei der Mehrzahl der genannten Einflussfaktoren konnte jedoch eine Überlagerung ihrer Wirkung durch einen anderen latenten Effekt festgestellt werden. Grund für diese Überlagerung waren die im Gerinne befindlichen Verklausungen.

konnte ein Transportprofil der Holztracer mit sechs Zeitschritten erstellt werden. Während des Untersuchungszeitraumes befanden sich insgesamt neun Verklausungen im Gerinne. Diese wurden hinsichtlich ihrer Position, Ausdehnung, Volumen und Masse vermessen. Grosse Holzstücke oder Stammteile in den Verklausungen wurden mittels Dendrochronologie datiert und deren Residenzzeit im Gerinne anhand ihres Absterbezeitpunktes bestimmt.

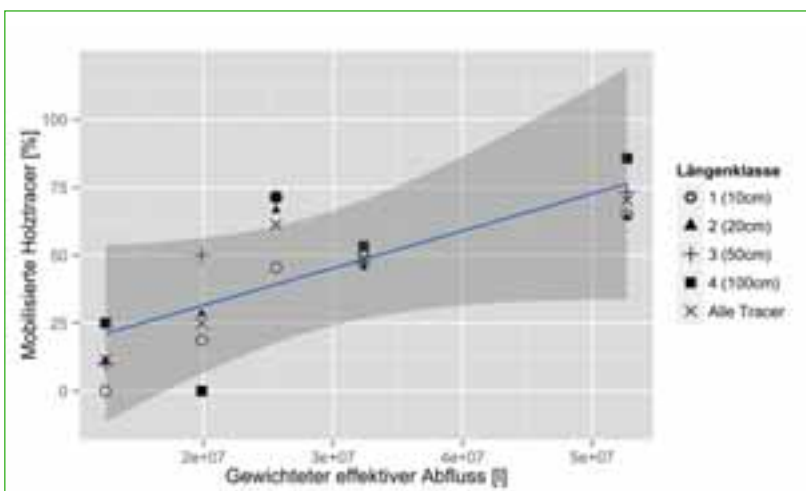


Abb. 2: Einfluss des gewichteten effektiven Abflusses auf die Mobilisierungsrate der Holztracer. Der gewichtete effektive Abfluss berechnet sich aus dem effektiven Abfluss zwischen zwei Holztracer vermessungen gewichtet mit dem Quotient aus Spitzenabfluss im selben Zeitraum und dem kritischen Abfluss für den Transportbeginn von Geschiebe. Die blaue Linie ist eine lineare Regression der Datenpunkte der gesamten Tracerpopulation, der graue Korridor der 95% Konfidenzbereich.

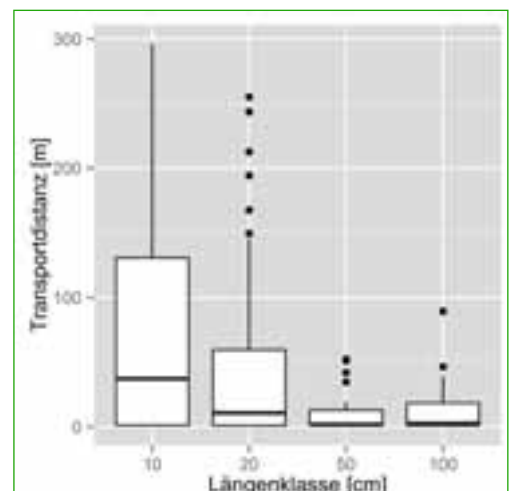


Abb. 3: Einfluss der Länge der Holztracer auf die Transportdistanzen. Boxplot für die vier im Versuch eingesetzten Längenklassen.

Schlüsselrolle im Schwemmholztransport in Wildbächen: Verklausungen

Die Transportdistanzen der Tracer zeigten eine starke Abhängigkeit von deren Position vor Transportbeginn relativ zur nächsten Verklausung. Im freien Gerinne liegende Stücke zeigten lange Transportdistanzen im Fall einer Mobilisierung. Holztracer die innerhalb einer Verklausung abgelagert waren, zeigten hingegen nur sehr kurze Transportdistanzen oder blieben stationär. Die Annahme, dass es sich bei Verklausungen um bevorzugte Ablagerungsorte von transportiertem Schwemmholz handelt (Wohl 2011), wurde durch die Berechnung der Punktdichte von Holztracern klar bestätigt (Abbildung 4). Im effektiven Bereich von Verklausungen wurden im Durchschnitt dreieinhalbmal mehr Stücke abgelagert als im freien Gerinne.

Die Grösse und Position der Verklausungen selbst zeigte einen starken Zusammenhang mit dem Auftreten von Ufererosion und Hangrutschungsaktivität (Verklausungen sind in rutschungsaktiven Gerinnebereichen zu finden). Die Residenzzeiten von Hölzern in den Verklausungen sind deutlich von den beiden

letzten aussergewöhnlichen Hochwasserereignissen im Juni 2007 und August 2010 beeinflusst. Bei der Mehrzahl der datierten Hölzer wurde als Absterbezeitpunkt eines dieser beiden Jahre ermittelt. Die Ereignisse scheinen ältere Verklausungen zerstört und aus dem untersuchten Gerinneabschnitt abtransportiert zu haben. Danach bildeten sich neue Verklausungen; und zwar mit Holzstücken von Bäumen, die während oder nach diesen beiden Grossereignissen abgestorben sind.

Die vorliegenden Resultate zu den auf den Schwemmholztransport einflussnehmenden Faktoren stimmen grösstenteils mit den Ergebnissen anderer Studien, die unter anderen Ausgangsbedingungen ausgeführt wurden, überein. Die Interpretation der Untersuchung der Verklausungen lässt hingegen vermuten, dass die vorgefundenen Bedingungen fallspezifisch für den Erlenbach sind. Die vorliegende Studie könnte durch eine Leistungssteigerung der eingesetzten RFID Technik, eine Verlängerung der Untersuchungsperiode und eine Ausweitung des untersuchten Schwemmholzspektrums verbessert und weitergeführt werden.

Literatur

- Bocchiola, D., Rulli, M.C., und R. Rosso. 2006. Transport of large woody debris in the presence of obstacles. *Geomorphology* 76 (1-2): 166–178.
- Braudrick, C.A., und G.E Grant. 2000. When do logs move in rivers? *Water Resources Research* 36 (2): 571-583.
- Hegg, C., Badoux, A., und B. McArdell. 2006. One hundred years of mountain hydrology in Switzerland by the WSL. *Hydrological Processes* 20: 371-376.
- Jochner, M. 2013. Transport and deposition of woody debris in a mountain stream. Masterarbeit, Universität Bern.
- MacVicar, B.J., Piégay, H., Henderson, A., Comiti, F., Oberlin, C., und E. Pecorari. 2009. Quantifying the temporal dynamics of wood in large rivers: field trials of wood surveying, dating, tracking, and monitoring techniques. *Earth Surface Processes and Landforms* 34 (15): 2031–2046.
- Schenk, E.R., Moulin, B., Hupp, C.R., und J.M. Richter. 2013. Large wood budget and transport dynamics on a large river using radio telemetry. *Earth Surface Processes and Landforms* (in press).
- Wohl, E. 2011. Threshold-induced complex behavior of wood in mountain streams. *Geology* 39 (6): 587–590.

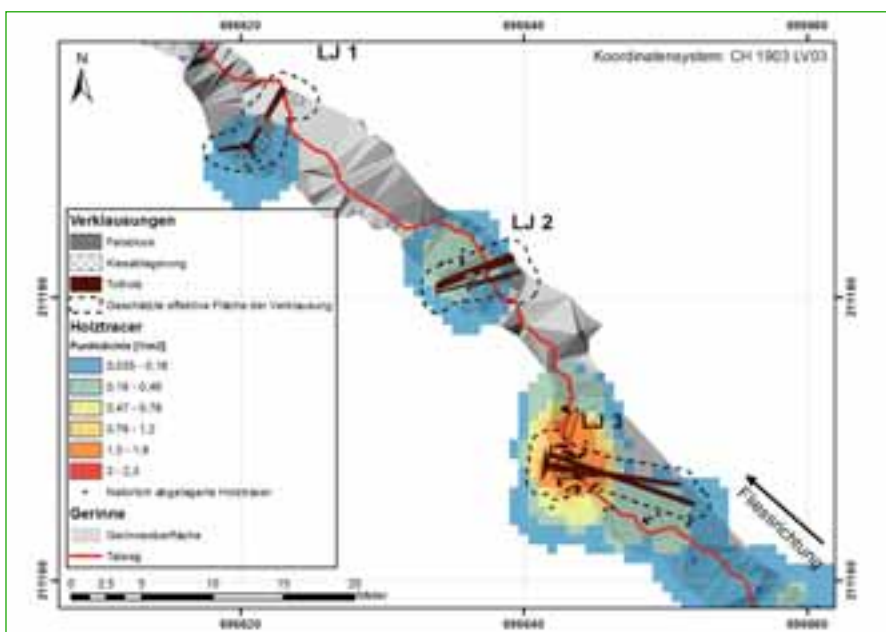


Abb. 4: Einfluss von Verklausungen auf den Transport der Holztracer. Dargestellt ist ein Ausschnitt des untersuchten Gerinneabschnitts mit drei vermessenen Verklausungen. Die Punktdichte der Holzstücke ist leicht transparent dargestellt.

Bodenstabilität und Naturgefahren: Vom Wissen zum Handeln

Ein Projekt im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes 68 (NFP68)

Christian Rickli (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf, christian.rickli@wsl.ch)
Frank Graf (WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos, graf@slf.ch)

Projektrahmen

Die stabilisierende Wirkung von Pflanzen zur Verminderung von Erosion, flachgründigen Rutschungen und Hangmuren ist hinlänglich bekannt. In welchem Ausmass jedoch die Vegetation steile Hänge vor diesen Gefahrenprozessen zu schützen vermag, ist immer noch schwierig zu beziffern. Präzise Angaben zu den Pflanzenwirkungen auf die Bodenstabilität - insbesondere auch im Hinblick auf Berechnungen mit bodenmechanischen Stabilitätsmodellen - fehlen weitgehend. Ziel des Projektes „Bodenstabilität und Naturgefahren“ ist es deshalb, die Schutzwirkung von Pflanzen zusammen mit ihren Pilzpartnern (Symbiose, Mykorrhiza), so zu quantifizieren, dass nachvollziehbare und korrekte Werte in Sicherheitsberechnungen für rutschgefährdete Gebiete eingesetzt werden können. Die geplanten Untersuchungen werden von den Forschungseinheiten „Ökologie der Lebensgemeinschaften“ und „Gebirghydrologie

und Massenbewegungen“ des WSL/SLF in Zusammenarbeit mit dem Institut für Geotechnik IGT der ETH Zürich und dem Amt für Wald und Naturgefahren AWN, Graubünden durchgeführt.

Als Ausgangspunkt für die Analysen dient eine Datenbank, in der über 700 Rutschungen und Hangmuren (Rickli und Graf 2009) detailliert dokumentiert sind. Diese Daten werden hinsichtlich des Einflusses der Vegetation auf die Entstehung der Hangprozesse mit statistischen Verfahren neu ausgewertet. Ergänzt werden die Daten mit Erkenntnissen aus Langzeituntersuchungen von ingenieurbioologischen Versuchsflächen des WSL/SLF und mit Resultaten von verschiedenen Feldstudien des Instituts für Geotechnik IGT der ETHZ (Abb. 1). In einem weiteren Teil des Projektes werden im Labor und im Feld Experimente durchgeführt mit dem Ziel, Bodenschwerkkräfte und Aggregatstabilität – wichtige physikalische Kenngrössen – zu ermitteln.

Mit diesen Versuchen sollen die Einflüsse von Parametern wie Bodeneigenschaften, Vegetation und Landnutzung auf die Stabilität von Hängen quantifiziert werden.

Messung von Pflanzenwirkungen: eine neue Versuchseinrichtung

Am WSL/SLF wurde ein Apparat zur Durchführung von Direkt-Scherversuchen an bewachsenen und unbewachsenen Bodenproben im Labor entwickelt (Abb. 2), mit welchem die Felduntersuchungen ergänzt werden sollten. Mit diesem Scherapparat können erheblich grössere Proben (bis zu 400 x 500 x 400 mm) geprüft werden als mit herkömmlichen Apparaten. Ermöglicht wird damit auch die Untersuchung von Bodenmaterial mit Korngrössen bis maximal 50 mm. Für die Versuche wird Material mit bekannten Eigenschaften - zum Beispiel aus Rutschgebieten - in die Probebehälter eingefüllt und bepflanzt oder unbepflanzt belassen. Die Kisten werden nach dem Verfüllen während mehrerer Monate in geneigter Lage (Reibungswinkel des reinen Bodenmaterials) im Gewächshaus gelagert, damit sich die Pflanzen, insbesondere ihre Wurzelsysteme, der Neigung entsprechend entwickeln können. Die Behälter bestehen aus zwei übereinanderliegenden Rahmen, welche während des Versuches gegeneinander bewegt werden, was zu einer Scherdeformation im durchwurzelten bzw. unbewurzelten Boden führt. Die Scherversuche können mit diesem Apparat bei Neigungen von bis zu 45° durchgeführt werden. Dadurch wird es erstmals möglich, Boden im Labor unter ähnlichen Bedingungen zu untersuchen, wie sie draussen an rutsch- und erosionsgefährdeten Hängen

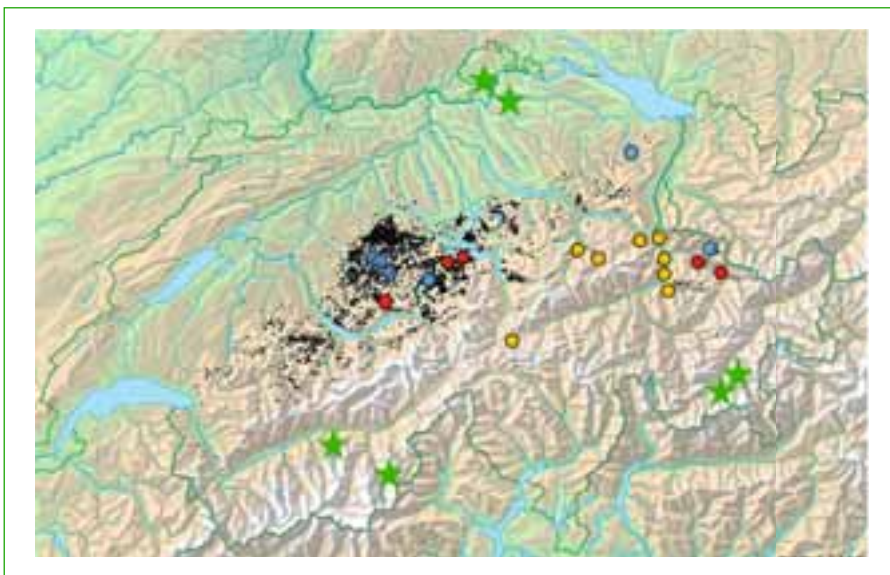


Abb. 1: Das Unwetterereignis 2005 verursachte in der Schweiz über 5000 Rutschungen (schwarze Punkte). Blaue Punkte: Untersuchungsgebiete der WSL mit mehr als 700 detailliert dokumentierten Prozessen (Quelle: Raetzo und Rickli, 2007, verändert); gelbe und rote Punkte: langfristig durch WSL/SLF untersuchte Ingenieurbioologiefächen; grüne Sterne: Feldstudien des Instituts für Geotechnik, IGT (Springman et al. 2012).

vorherrschen. Zu den weiteren Merkmalen des Apparates gehören:

- Scherkraft: bis max. 10 kN
- Scherweg: bis max. 200 mm
- Scherrate: 0.01 bis 100 mm/min
- Normalkraft: bis max. 1.5 kN

Der neue Versuchsapparat kombiniert die Vorteile von herkömmlichen Feld- und Labormethoden: Gut kontrollierbare und beliebig oft wiederholbare Versuche unter einheitlichen Bedingungen auf der einen Seite, und das Untersuchen von grossen Bodenproben, welche die Natur angemessen repräsentieren, auf der anderen Seite.



Abb. 2: Versuchseinrichtung zur Durchführung von geneigten Direkt-Scherversuchen an be- und unbepflanzten Bodenproben.

Erste Versuche

Nachfolgend werden zwei Versuchsserien mit unterschiedlich alten Weisslerlen und Birken vorgestellt. Die Pflanzen wurden in Probekisten mit natürlichem Boden aus dem Rutsch- und Erosionsgebiet Hexenrübi, Dallenwil NW mit einem maximalen Korndurchmesser von 10 mm gepflanzt. Die Versuche wurden mit einer Vorschubgeschwindigkeit von 5 mm/min und einer Normalspannung von 3.2 kPa gefahren. Die Neigung während des Abscherens betrug 35°, was einerseits (in etwa) dem Reibungswinkel des reinen Bodenmaterials entspricht und andererseits Hänge repräsentiert, welche durch flachgründige Rutschungen und Hangmuren gefährdet sind. Im Hinblick auf die Quantifizierung der Vegetationswirkungen wurden unter anderem die Scher- und Normaldeformation gemessen (Abb. 3) sowie das Trockengewicht von

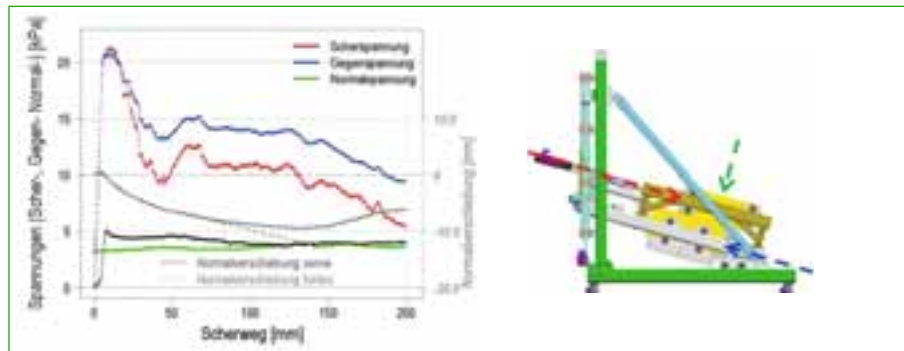


Abb. 3: Direkt-Scherversuch von elf Monate alten Weisslerlen in Moränenmaterial: Scher- und Gegenspannungen sowie Normalspannung und Normaldeformation in Abhängigkeit des Schubweges. Das rechte Bild zeigt die gemessenen Spannungen.

Spross und Wurzeln bestimmt.

Die Ergebnisse der ersten Versuche mit unterschiedlich alten Erlen und Birken sowie mit unbepflanzten Bodenproben lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- In beiden Versuchsserien sind die maximalen Scherspannungen der bewurzelten Bodenproben deutlich höher als jene der unbewurzelten Proben
- Die Verstärkung durch die Pflanzen war in der Testserie A (Pflanzenalter elf Monate) höher als in Serie B (Pflanzenalter fünf Monate)
- In beiden Testserien mobilisierten die Böden mit Erle höhere bzw. deutlich höhere (Serie A) maximale Scherspannungen als die Proben mit Birke (Abb. 4).

Bei den ersten Versuchen mit dem neuen Scherapparat konnte eine deutliche Wirkung der Pflanzen auf die Bodenfestigkeit nachgewiesen werden. Diese Vorversuche hatten das Ziel, die Apparatur und die Abläufe zu testen. Sie haben gezeigt, dass sich die Versuchsapparatur grundsätzlich für den

Nachweis von Vegetationswirkungen auf die Bodenstabilität unter klar definierten Laborbedingungen eignet. Im Rahmen des kürzlich gestarteten NFP68 Forschungsprojektes sind Versuche mit verschiedenen Kombinationen von Pflanzenarten (Gehölze, Kräuter, Gräser), Mykorrhizapilzen und unterschiedlichen Böden geplant.

Literatur

Raetz, H.; Rickli, C., 2007: Rutschungen. In: Bezzola, G.R.; Hegg, C. (eds) Ereignisanalyse Hochwasser 2005. Teil 1 - Prozesse, Schäden und erste Einordnung. Bern, Bundesamt für Umwelt BAFU, Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL: 195-209.
Rickli, C.; Graf, F. (eds) 2009: Hillslope processes, eco-engineering and protective forests. For. Snow Landsc. Res. 82, 1: 1-106.
Springman S.M. Askarinejad A., Casini F., Friedel S., Kienzler P, Teysseire P, Thielen A. 2012: Lessons learnt from field tests in some potentially unstable slopes in Switzerland, Acta Geotechnica Slovenia 2012/1: 5-29.

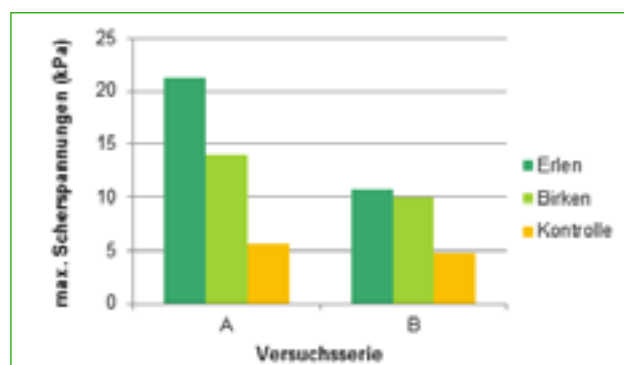


Abb. 4: Maximale Scherspannungen der Versuchsserien A und B mit Erlen, Birken und unbepflanzten Bodenproben (Kontrolle). Die Pflanzen waren bei der Serie A elf, bei Serie B fünf Monate alt.

Risikomanagement Schutzwald Bader

Risikodialog zum Schutz vor Naturgefahren im Kanton Wallis im Spannungsfeld von Wald und Wild

Christian Willi (Ernst Basler + Partner, Zollikon, christian.willi@ebp.ch)
 Lukas Vonbach (Ernst Basler + Partner, Zollikon, lukas.vonbach@ebp.ch)
 Monika Frehner (Forstingenieurbüro Monika Frehner, Sargans, monika.frehner@bluewin.ch)
 Philipp Gerold (Kanton Wallis, Dienststelle für Wald und Landschaft, Brig-Glis, philipp.gerold@admin.vs.ch)

Einleitung

Der Schutz vor Naturgefahren ist eine zentrale Aufgabe für die weit verzweigte Besiedlung der Schweiz. Eine besondere Bedeutung kommt dabei den Schutzwäldern zu. Sie schützen Ortschaften und Verkehrswege wirkungsvoll vor Naturgefahren. Für die Pflege dieser Schutzwälder werden in der Schweiz pro Jahr rund 60 Millionen Franken aufgewendet. Um sicherzustellen, dass diese Aufwendungen mit einem entsprechenden Nutzen verbunden sind, werden für die Pflege der Schutzwälder zunehmend risikobasierte Ansätze als Grundlage für Investitionsentscheidungen verfolgt.

Der Kanton Wallis hat den risikobasierten Ansatz am Beispiel des Schutzwaldes Bader im Bezirk Östlich Raron eingangs Goms erfolgreich angewendet. Das Vorgehen und die Erkenntnisse aus diesem Projekt sind nachfolgend beschrieben.

Projektgebiet: Baderwald im Kanton Wallis

Der Schutzwald Bader liegt auf dem Gebiet der Gemeinden Grengiols, Betten und Martisberg im Bezirk Östlich Raron im Kanton Wallis. Er schützt die Kantonsstrasse (Furkastrasse) und die Matterhorn Gotthard Bahn (MGB) als wichtige Verbindungen ins Goms vor Naturgefahren wie Steinschlag, Erosion, Schneerutsch und Murgang. Der Wald befindet sich in einem trockenen und steilen Gebiet. Zudem ist er Wintereinstandsgebiet und ein wichtiger Korridor für das Rotwild. Wildverbiss beeinflusst die Waldentwicklung ganzjährig stark. Eine Naturverjüngung bleibt aufgrund dieser Randbedingungen seit vielen Jahren weitgehend aus. Die geforderte, flächendeckende und nachhaltige Schutzwirkung kann der Baderwald so immer weniger



Abb. 1: Projektgebiet Schutzwald Bader mit Furkastrasse und MGB.

erbringen. Die kantonalen und kommunalen Behörden haben daher zunehmend Bedenken hinsichtlich der Zustandsentwicklung des Baderwaldes und der Entwicklung der Naturgefahrenrisiken auf der Furkastrasse und MGB-Linie.

Ziel: Partizipativ konsensfähige Massnahmen erarbeiten

Zum nachhaltigen Schutz der Furkastrasse und der MGB vor Naturgefahren sollen Lösungsansätze unter Einbezug lokaler und externer Fachleute, Entscheidungsträger und Betroffenen diskutiert und konsensfähige, kostenwirksame Massnahmen zur Risikoreduktion erarbeitet werden.

Begehung Baderwald: Waldbauliche und jagdliche Erkenntnisse

Die Begehung des Baderwaldes durch das Forstingenieurbüro Monika Frehner zusammen mit dem zuständigen Revierförster und dem zuständigen Wildhüter sowie die Beurteilung des Waldzustandes und der Naturverjüngung nach NaiS (Nachhaltigkeit

und Erfolgskontrollen im Schutzwald, BAFU) war eine zentrale Projektgrundlage. Wichtige Erkenntnisse waren:

- Der Baderwald erfüllt seine Schutzfunktion derzeit noch weitgehend.
- Im subalpinen Gebiet mit vorwiegend Fichte und Lärche (ab ca. 1500 m ü. M.) spielt der Wildverbiss eine untergeordnete Rolle; primär das Schneegleiten beeinflusst das Aufkommen der Naturverjüngung hier negativ.
- Im unteren Projektperimeter (unterhalb ca. 1500 m ü. M.) wird die Naturverjüngung so stark verbissen, dass ein Aufkommen der Bäume kaum möglich ist.
- Aufgrund der Prognose der Zustandsentwicklung ist davon auszugehen, dass der Baderwald seine Schutzfunktion in rund 30 Jahren und ohne zusätzliche Massnahmen nicht mehr erfüllen kann.
- Es ist zu erwarten, dass sich die Standortbedingungen aufgrund des Klimawandels mittel- bis langfristig verändern. Eine Änderung der Zusammensetzung

der Baumarten ist daher möglich.

Risikodialog zur Lösungsfindung

Zur Unterstützung des Risikodialoges wurde das IT-Tool RiskPlan (www.riskplan.admin.ch) des Bundesamtes für Umwelt und des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz angewendet. Mit RiskPlan lassen sich Risiken beurteilen und die Wirtschaftlichkeit evaluierter Massnahmen unter Einbeziehen von Fachleuten abschätzen.

An moderierten Workshops schätzten die Fachleute für mehrere gefahrenspezifische Szenarien die Eintretenshäufigkeit und das Schadensausmass für verschiedene Schadensindikatoren ab. Dabei wurden Sachschäden und Personenschäden wie auch indirekte Kosten wie beispielsweise Räumungskosten oder wirtschaftliche Folgekosten, die für die Hotellerie infolge gesperrter Verkehrswege entstehen, berücksichtigt.

Für die Beurteilung des Handlungsbedarfs wurden die Risiken sowohl für den aktuellen wie auch für den in der Zukunft und ohne Treffen zusätzlicher Massnahmen zu erwartenden Zustand („Strategie Zuwarten“) abgeschätzt.

Ergebnisse: Risiken heute und in Zukunft

Die analysierten Risiken für die beurteilten Zustände sind in Abbildung 2 differenziert nach der jeweiligen Naturgefahr und als monetäre Einheiten (Franken pro Jahr) dargestellt. Im Ist-Zustand beträgt das Risiko rund 80'000 Franken pro Jahr. Durch das Verfolgen der Strategie „Zuwarten“ ist davon auszugehen, dass sich die Risiken in den nächsten 30 Jahren in etwa verdoppeln. Eine allfällige Zunahme des Schadenpotenzials wie auch ein erhöhter Unterhaltsbedarf der bestehenden, technischen Schutzmassnahmen wie beispielsweise Steinschlagnetze ist dabei nicht eingerechnet.

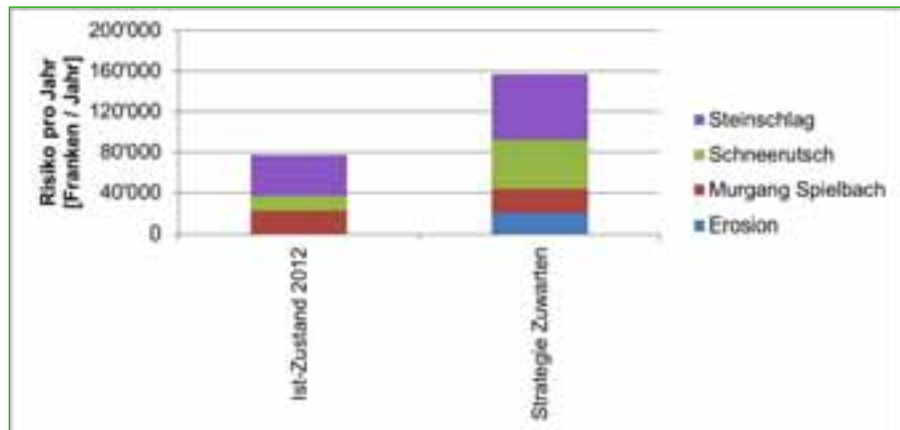


Abb. 2: Risiko pro Jahr in Franken für den Ist-Zustand und einen zukünftigen Zustand „Strategie Zuwarten“ in rund 30 Jahren.

Mögliche Massnahmen zur Risikoreduktion

Unter der Vorgabe, dass sich die künftigen Risiken gegenüber dem aktuellen Risikowert nicht oder nur unwesentlich erhöhen dürfen, weisen die Ergebnisse der Risikoanalyse einen eindeutigen Handlungsbedarf auf. Daher wurden auf zwei Ebenen Massnahmen identifiziert und hinsichtlich des Nutzen-Kosten-Verhältnisses beurteilt:

- Punktuelle Massnahmen, die ihre Wirkung lediglich innerhalb des Projektgebietes entfalten (vgl. Abbildung 3).
- Übergeordnete Massnahmen, die auch ausserhalb des Projektgebietes eine Wirkung entfalten. Dazu zählen beispielsweise:
 - Rotwildbestand reduzieren
 - Äsungsangebot für das Rotwild ausserhalb des Schutzwaldperimeters verbessern
 - Wildruhezone zwischen Lax und Fiescheralp einrichten

- Einschränkung anthropogener Störungen im Winter wie z.B. Varianten-Skifahren in den umliegenden Gebieten.

Die Beurteilung der punktuellen Massnahmen anhand des Nutzen-Kosten-Verhältnisses hat ergeben, dass zwei von insgesamt sechs Massnahmen ein günstiges Verhältnis aufweisen und dementsprechend klar zur Umsetzung empfohlen sind (Massnahmen 5 und 6). Mit diesen Massnahmen allein kann das Sicherheitsniveau des Ist-Zustandes jedoch nicht beibehalten werden. Um das derzeitige Sicherheitsniveau zumindest annähernd halten zu können, wurde die Umsetzung der Massnahme 2 in Kombination mit der Umsetzung von übergeordneten Massnahmen ebenfalls zur Prüfung empfohlen. Ebenfalls wurde im Sinne einer Entwicklungs- und Erfolgskontrolle empfohlen, systematisch die natürliche Waldverjüngung und Verbissintensität zu erheben.

Punktuelle Massnahmen	Nutzen-Kosten-Verhältnis
1. Holzschnerechen und Einzäunung zur Förderung der Naturverjüngung	0.03
2. Einzäunen von ca. 10 Teilflächen von total ca. 6 ha während 25 Jahren zur Förderung der Naturverjüngung	0.7
3. Kapazität des Spielbach-Durchlasses bei der Kantonsstrasse vergrössern	0.7
4. Einzäunen des Waldgebietes zwischen Kantonsstrasse und Felskopf, westlich Spielbach	0.7
5. Verlängerung der Netzreihe in Richtung Tschampfenmatte und Durchforstung des Waldbestandes	1.8
6. Unterfangung des Felskopfs östlich des Spielbaches	5.1

Abb. 3: Verhältnis der erwarteten Kosten pro Jahr und der abgeschätzten Risikoreduktion pro Jahr (Nutzen) der punktuellen Massnahmen.

Schlussfolgerung und Ausblick: Politik sieht Handlungsbedarf

Der verfolgte Ansatz hat sich bewährt. Trotz der Unschärfen, die eine Risikoanalyse per se mit sich bringt, konnten die Tendenzen der Risikoentwicklung nachvollziehbar aufgezeigt und daraus wirtschaftlich sinnvolle Empfehlungen für Massnahmen abgeleitet werden. Es zeigte sich, dass das Einbinden der Fachleute, Entscheidungsträger und Betroffenen zu einem möglichst frühen Zeitpunkt in den Beurteilungs- und Planungsprozess bei vielschichtigen Fragestellungen wichtig ist. Aktuell ist ein Verbauungsprojekt geplant, das technische Massnahmen und den Unterhalt der bestehenden Schutzmassnahmen vor-

sieht. Konkret ist u.a. geplant, die empfohlenen, punktuellen Massnahmen 5 und 6 umzusetzen. Damit das aktuelle Sicherheitsniveau zumindest annähernd gehalten werden kann, ist zudem geplant, die punktuelle Massnahme 2 (Einzäunung von Teilflächen) sowie weitere, übergeordnete Massnahmen umzusetzen. Zwei wichtige Schritte wurden hier bereits gemacht: die Begleitkommission des Ende der 90er-Jahre abgeschlossenen regionalen Wald-Wild-Konzeptes Goms bis Östlich Raron wurde reaktiviert. Zudem fand im November 2013 zum ersten Mal seit mehreren Jahren im Gebiet Aletsch/Östlich Raron wieder eine Nachjagd zur Steigerung der Rotwildstrecke statt. Abschliessend haben das Projekt und dabei

vor allem die Workshop-Diskussionen aber Folgendes verdeutlicht:

- Der Baderwald spielt eine zentrale Rolle beim Schutz der Furkastrasse und der MGB vor Naturgefahren.
- Durch die Umsetzung zusätzlicher, verhältnismässiger Massnahmen kann die Schutzfunktion des Baderwaldes langfristig sichergestellt werden. Zentral ist dabei neben technischen Massnahmen die Schutzwaldpflege in Kombination mit jagdlichen Massnahmen. Es lohnt sich, frühzeitig die Entwicklung eines Schutzwaldes und der damit verbundenen Risiken zu erfassen und den Handlungsbedarf unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit zu beurteilen.



Steilstrecke des WSL-Untersuchungsgebietes Riedbach bei Gasenried, St. Niklaus VS

Bild: J. Schneider, WSL