



FAN

Fachleute Naturgefahren
Spécialistes des dangers naturels
Specialisti in pericoli naturali

2/2021

AGENDA



Guttannen(BE), Murgang Spreitgraben vom 16. September 2021. (Foto: Nils Hählen, Amt für Wald und Naturgefahren Kt. Bern - Abteilung Naturgefahren)

Inhalt

Modellierung von Hangmuren in bewaldetem Gebiet mit dem Simulationsprogramm RAMMS.....	4
Klimawandelauswirkungen auf Murgänge und Setimentfrachten im Illgraben – Die Rolle der Sedimentproduktion und der natürlichen Klimavariabilität.....	10
Schutzziele und Einwirkungen auf Bauwerke – Publikationshinweis: neue SIA Norm.....	18
Praxishilfe Murgang und Hangmurenschutznetze – Jetzt auf Deutsch, Französisch und Englisch verfügbar.....	20
Waldbrand und Naturgefahren – Misox GR – Übersicht FAN-Sommerkurs 2021.....	26
Impressionen vom FAN-Herbstkurs 2021 - Hitzkirch LU - Spannungsfeld der Entscheidungen.....	30

Herausgeber / Editeur
FAN Fachleute Naturgefahren Schweiz

Offizielle Adresse / Adresse officielle
Christoph Graf, WSL
Zürcherstrasse 111
8903 Birmensdorf
Tel. 044 739 24 54, E-Mail: christoph.graf@wsl.ch

Sekretariat, Administration, Kurswesen /
Secrétariat, administration, cours
FAN Sekretariat c/o geo7 AG
Neufeldstrasse 5-9, 3012 Bern
Tel. 031 300 44 33
E-Mail: kontakt@fan-info.ch
Internet: <http://www.FAN-Info.ch>

Redaktion FAN-Agenda /
Rédaction Agenda-FAN
Jean-Jacques Thormann, HAFL, Zollikofen
Rudi Martini, HAFL, Zollikofen
Alexandre Badoux, WSL, Birmensdorf
Martin Frei, MFrei Infra GmbH, Amriswil
Bernard Loup, BAFU, Ittigen

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 400 Mitglieder aus der ganzen Schweiz. Mitgliedschaftsanträge sind an den Präsidenten oder Sekretär zu richten. Die Mitgliedschaft in der FAN kostet Fr. 100.- / Jahr und steht allen Fachleuten aus dem Bereich Naturgefahren offen.

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 400 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. 100.- / an. Elle est ouverte à tous les spécialistes des dangers naturels.

Avant-propos

Chères lectrices, chers lecteurs

Chers membres de la FAN

Nous terminons l'année 2021 comme nous l'avons commencée, avec des restrictions, des annulations, des reports et des incertitudes. Malgré tous ces défis, la FAN a fait preuve de flexibilité et de créativité, et comme l'année précédente, elle s'est mise au service d'une protection globale contre les risques naturels. Le succès du premier forum multilingue et numérique de la FAN, organisé au début de l'année, a été relaté dans notre premier numéro de l'Agenda. L'élan de l'équipe de préparation du cours d'automne FAN dirigée par Gabi Hunziker est également resté élevé malgré le report d'un an. Et cela en a valu la peine ! La manifestation, intitulée « Sources de conflits dans la prise de décisions », était entièrement placée sous le signe d'une activité que nous exerçons quotidiennement, le plus souvent liée à de nombreuses incertitudes : la prise de décision. Une équipe d'exposants très engagée, composée d'experts en dangers naturels, a aménagé dans les locaux du centre de séminaires de Hitzkirch (LU) des postes variés, passionnants, instructifs, interactifs, incitant à la réflexion, stimulants et même divertissants. Durant deux jours, les participants ont pu être guidé à travers ce mélange coloré d'espaces d'exposition pour expérimenter et discuter ensemble de manière ludique. L'événement a été enrichi par deux présentations d'experts de David N. Bresch et Nicole Bischof. Dans l'ensemble, il s'agit d'un format qui a de l'avenir, mais dont le travail de préparation n'est pas négligeable. Que tous les participants soient ici chaleureusement remerciés pour leur grand engagement !

Le présent agenda est placé sous le signe des mouvements de masse. Dans un premier article, nous aborderons l'effet de la forêt sur la distance d'écoulement des coulées de boue de versant, souvent négligé dans les simulations numériques. Les résultats d'un travail de master à l'ETH de Zurich indiquent que la forêt a moins d'impact sur la distance d'écoulement des coulées de boue que sur celle des avalanches. Dans un autre article, nous découvrons l'influence du changement climatique sur la production de sédiments et l'activité des laves torrentielles dans les bassins versants alpins, à l'exemple de l'Illgraben (VS). Ces résultats ont été obtenus dans le cadre du programme de recherche WSL CCAMM (Climate Change Impacts on Alpine Mass Movements). L'agenda est complété par un article de synthèse sur le "Guide pratique pour les filets de protection contre les laves torrentielles et les coulées de boue", une note de publication sur la nouvelle norme SIA 261/1 "Actions sur les structures porteuses - Spécifications complémentaires" et un article sur le congrès d'été 2021 "Incendie de forêt et dangers naturels" du GWG.

Nous vous souhaitons de joyeuses fêtes et nos meilleurs vœux pour l'année 2022. Bonne lecture de votre agenda FAN !

Alexandre Badoux (rédaction de l'agenda FAN) & Christoph Graf (président FAN)

Vorwort

Liebe Leserinnen, liebe Leser

Liebe Mitglieder der FAN

Wir beenden das Jahr 2021 wie wir es begonnen haben, mit Einschränkungen, Absagen, Verschiebungen und Ungewissheiten. All diesen Herausforderungen zum Trotz zeigte sich die FAN wie bereits im Vorjahr flexibel und kreativ und stellte sich in den Dienst eines ganzheitlichen Schutzes vor Naturgefahren. Über das erfolgreiche erste mehrsprachige & digitale FAN-Forum zu Beginn des Jahres berichteten wir in unserer ersten Agenda Ausgabe. Auch der Elan im Vorbereitungsteam unter der Leitung von Gabi Hunziker blieb trotz Verschiebung des FAN-Herbstkurses um ein Jahr hoch. Und es hat sich sehr gelohnt! Die Veranstaltung mit dem Titel «Spannungsfeld der Entscheidungen» stand ganz im Zeichen einer Tätigkeit, die wir tagtäglich, meistens verbunden mit zahlreichen Unsicherheiten ausführen: wir entscheiden uns. Ein sehr engagiertes Ausstellungsteam von Naturgefahrenexpertinnen hat in den Räumlichkeiten des Seminarzentrums Hitzkirch (LU) abwechslungsreiche, spannende, lehrreiche, zum Nachdenken anregende, interaktive, herausfordernde und auch unterhaltsame Posten eingerichtet. Ein Ausstellungsführer hat die Teilnehmenden während zwei Tagen durch die bunte Mischung aus Ausstellungsräumen zum selber Erleben, gemeinsamen Diskutieren und spielerischen Erfahren geführt. Der Anlass wurde durch zwei Fachreferate von David N. Bresch und Nicole Bischof bereichert. Insgesamt ein Format mit Zukunft, bei allerdings nicht zu vernachlässigendem Vorbereitungsaufwand. Allen Beteiligten sei hiermit ganz herzlich für das grosse Engagement gedankt!

Die vorliegende Agenda steht im Zeichen der Massenbewegungen. In einem ersten Beitrag wird auf die Wirkung des Waldes auf die Auslaufstrecke von Hangmuren eingegangen, welche bei numerischen Simulationen oftmals vernachlässigt wird. Resultate einer Masterarbeit an der ETH Zürich deuten darauf hin, dass sich der Wald bei Hangmuren weniger stark auf die Auslaufstrecke auswirkt als bei Lawinen. In einem weiteren Beitrag erfahren wir etwas über den Einfluss der Klimaveränderung auf die Sedi-mentproduktion und die Murgangaktivität in alpinen Einzugsgebieten am Beispiel des Illgraben (VS). Diese Resultate entstanden im Rahmen des WSL Forschungsprogramms CCAMM (Climate Change Impacts on Alpine Mass Movements). Abgerundet wird die Agenda durch einen Übersichtsartikel zur «Praxishilfe Murgang- und Hangmuren-schutznetze», einem Publikationshinweis zur neuen SIA Norm 261/1 «Einwirkungen auf Tragwerke - Ergänzende Festlegungen» und einem Beitrag zur Sommertagung 2021 «Waldbrand und Naturgefahren» der GWG.

Wir wünschen frohe Festtage und alles Gute fürs Jahr 2022. Viel Spass bei der Lektüre Ihrer FAN-Agenda!

Alexandre Badoux (Redaktion FAN-Agenda) & Christoph Graf (Präsident FAN)

Modellierung von Hangmuren in bewaldetem Gebiet mit dem Simulationsprogramm RAMMS

Anita Zuidema¹ (anita.zuidema@bluewin.ch)
 Christian Rickli² (christian.rickli@wsl.ch)
 Monika Frehner¹ (monika.frehner@env.ethz.ch)

¹ Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), Zürich

² Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf

Résumé

L'effet de la forêt sur la distance d'écoulement des laves torrentielles est souvent négligé dans les simulations numériques. Cependant, lors de la modélisation avec RAMMS, l'effet du boisement pourrait être pris en compte avec l'approche dite de retrait de masse. L'application de cette approche aux laves torrentielles a été analysée dans le cadre d'un travail de master.

La modélisation des laves torrentielles avec RAMMS nécessite la connaissance des paramètres de friction et de l'état de la forêt. Les valeurs appropriées pour le paramètre de friction μ peuvent être déterminées avec une méthode nouvellement développée dans le travail de master mentionné. Sur la base des résultats, il est également recommandé de déterminer le paramètre K spécifique à la forêt sur la base du nombre de tiges dans le peuplement forestier. Les résultats indiquent également que la forêt a moins d'effet sur la distance d'écoulement pour les laves torrentielles que pour les avalanches.

Zusammenfassung

Die Wirkung des Waldes auf die Auslaufstrecke von Hangmuren wird bei numerischen Simulationen oftmals vernachlässigt. Bei der Modellierung mit RAMMS könnte der Effekt der Bewaldung jedoch mit dem sogenannten Massenentzugs-Ansatz berücksichtigt

werden. Die Anwendung dieses Ansatzes auf Hangmuren wurde im Rahmen einer Masterarbeit analysiert.

Die Modellierung von Hangmuren mit RAMMS setzt Kenntnisse zu den Reibungsparametern und zum Waldzustand voraus. Die passenden Werte für den Reibungsparameter μ können mit einem in der erwähnten Masterarbeit neu entwickelten Verfahren bestimmt werden. Aufgrund der Ergebnisse empfiehlt es sich zudem, den waldspezifischen Parameter K anhand der Stammzahl des Waldbestandes zu ermitteln. Die Resultate deuten weiter darauf hin, dass sich der Wald bei Hangmuren weniger stark auf die Auslaufstrecke auswirkt als bei Lawinen.

Einleitung

Hangmuren gehören zu den bedeutenden Naturgefahren der Schweiz. Um die von ihnen ausgehende Gefährdung für Lebewesen und Infrastruktur abzuschätzen, können Simulationsmodelle wie RAMMS (Rapid Mass Movement Simulation, Bartelt et al., 2017) und beispielsweise auch debrisInterMixing (von Boetticher, 2020) eingesetzt werden. In diesem Zusammenhang interessiert insbesondere die Auslaufstrecke der einzelnen Ereignisse (vgl. auch Zimmermann et al., 2019). Die Wirkung von Waldstrukturen auf den Transit und die Ablagerung von Hangmuren ist jedoch noch weitgehend unklar und Bestandteil von aktuellen Forschungsprojekten (vgl. beispielsweise BFH, 2021).



Abbildung 1: Hinter Baumstämmen abgelagertes Material einer Hangmure in St. Antönien (Foto: A. Zuidema).

Dementsprechend wird Bewaldung bei Simulationen zurzeit in der Regel noch nicht berücksichtigt. Im Rahmen einer Masterarbeit (Zuidema, 2020) wurde der Einbezug von bewaldeten Gebieten in Hangmuren-Simulationen mit RAMMS analysiert.

RAMMS ist ein Softwarepaket, mit welchem Lawinen, Steinschläge, Murgänge und Hangmuren simuliert werden können (vgl. ramms.slf.ch, Bartelt et al., 2017). Zur Berücksichtigung von Wald im Transitgebiet entwickelten Feistl et al. (2014) für die Modellierung von Lawinen mit RAMMS einen sogenannten Massenentzugs-Ansatz. Dabei wird angenommen, dass der Aufstau der Fließmasse hinter den Bäumen mit einem Verlust an Masse einhergeht (vgl. Abbildung 1). Dadurch reduzieren sich die Fließenergie und die Auslaufstrecke (vgl. Abbildung 2).

Beim Ansatz von Feistl et al. (2014) wird die Wirkung des Waldes durch einen Massenentzugsdruck K charakterisiert. Dieser wird für jeden Waldbestand in Abhängigkeit des Deckungsgrades

und der Oberflächenrauigkeit gewählt. In Zuidema (2020) wurde dieser Ansatz auf die Modellierung von Hangmuren angewendet. Folgende Forschungsfragen sollten dabei beantwortet werden:

- Verbessert die Berücksichtigung von Bewaldung im Prozessgebiet mit Hilfe des Massenentzugs-Ansatzes die Simulationsergebnisse des Auslaufs von Hangmuren?

- Welche waldbaulichen Massnahmen können die Waldstruktur so beeinflussen, dass die Auslaufstrecke von Hangmuren verkürzt wird?

Methodik

Die Basis für die Untersuchungen bildeten 18 dokumentierte Hangmuren-Ereignisse, wovon 10 Ereignisse im Freiland und 8 im Wald abgelaufen sind. Sämtliche untersuchten Ereignisse sind in der WSL-Rutschungsdatenbank erfasst (hangmuren.wsl.ch). Die entsprechenden Hangmuren ereigneten sich beim Unwetter im August 2005 in den Gemeinden St. Antönien (GR) und Flühlil (LU) (vgl. auch Bezzola und Hegg, 2007).

Die Modellierung von Hangmuren mit RAMMS bedingt Kenntnisse zu den Reibungsparametern μ (trockene Coulombreibung) und ξ (viskos-turbulente Reibung) (Bartelt et al., 2017). Falls die Bewaldung berücksichtigt werden soll, muss zudem ein Wert für den Massenentzugsdruck K gemäss Feistl et al. (2014) definiert werden. Für Hangmuren liegen für diese drei Parameter kaum Erfahrungswerte vor. Mögliche Werte müssen deshalb mittels Rückrechnungen dokumentierter Ereignisse kalibriert beziehungsweise ermittelt werden.

In einem ersten Schritt wurde der Reibungsparameter μ durch die Rückrechnung vergangener Hangmuren-Ereignisse im Freiland bestimmt. Der zweite Reibungsparameter ξ blieb dabei konstant. μ hat insbesondere dann einen grossen Einfluss, wenn der Massenfluss beinahe zum Stillstand kommt und beeinflusst deshalb die modellierte Auslaufstrecke massgebend.

Da im Rahmen der Masterarbeit keine einfachen Korrelationen zwischen den kalibrierten Werten von μ und dokumentierten Grössen wie beispielsweise dem Anrissvolumen, der Auslaufstrecke und dem Pauschalgefälle hergeleitet werden konnten, musste ein alternativer Weg zur Bestimmung von μ gefunden werden. Dieser beruht auf einem vereinfachten physikalischen Ansatz, mit welchem μ für ein beliebiges, unbekanntes Hangmuren-Ereignis bestimmt werden kann. Das Verfahren ist in Zuidema (2020) im Detail beschrieben und die wichtigsten Schritte sind nachfolgend dargestellt:

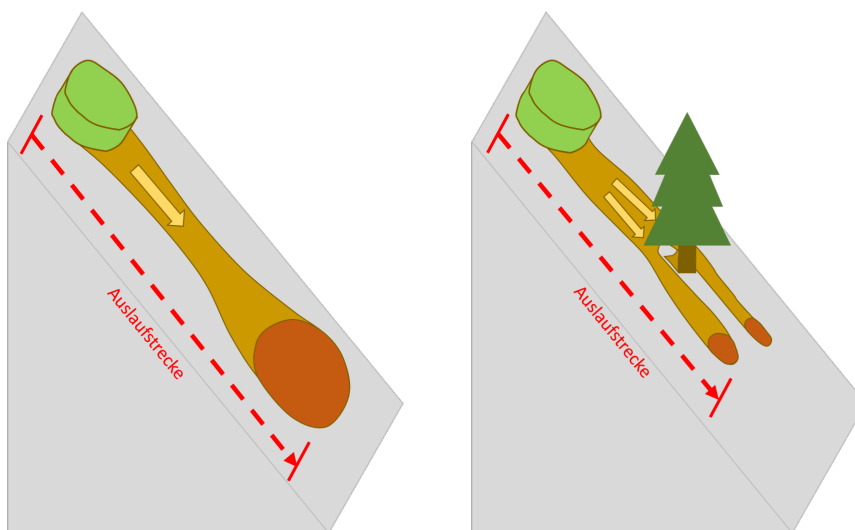


Abbildung 2: Durch den Aufstau hinter Bäumen wird der Hangmure Masse entzogen. Dadurch verkürzt sich die Auslaufstrecke.

1. Definition der Anrissfläche und –mächtigkeit der zu simulierenden Hangmure

2. Durchführung von Vor-Simulationen mit $\mu = 0.05$, $\mu = 0.30$ und $\mu = 0.55$ zur Abbildung möglicher Fließwege bei einem breiten Spektrum von möglichen Werten für μ

3. Bestimmung des Hauptfließwegs anhand der Resultate der Vor-Simulationen (siehe Punkt 2). Darauf basierend Erstellung des entsprechenden Längenprofils, sowie Bestimmung des Formfaktors F: Je kanalisierter der Fließweg, umso höher ist der Formfaktor.

4. Aufteilung des Fließwegs in mehrere Teilstrecken und Berechnung der Auslaufstrecke anhand der folgenden Formel:

$$\text{falls } (\sin \alpha_i - \mu_{BR} * \cos^2 \alpha_i) < 0 \\ V_{i+1} = V_i + (\sin \alpha_i - \mu_{BR} * \cos^2 \alpha_i) * \Delta x * E_1$$

$$\text{sonst } V_{i+1} = V_i$$

$$\text{mit } V_0 = L_R * M_R * F * E_2$$

wobei:

$V_i [m^3]$: Volumen in der Teilstrecke i

$L_R [m]$: maximale Länge der Anrissfläche

$M_R [m]$: mittlere Mächtigkeit der Rutschung

$F [-]$: Formfaktor

$E_1 [m^2]$: Faktor zur Berücksichtigung der Breite und Mächtigkeit der abgelagerten Masse (konst. = 1)

$E_2 [m]$: Faktor zur Berücksichtigung der Breite des Anrisses (konst. = 1)

$\alpha_i [^\circ]$: Hangneigung in der Teilstrecke i

$\mu_{BR} [-]$: äquivalente Bodenreibungszahl, wird als 0.6 angenommen

$\Delta x [m]$: Differenz in der horizontalen Distanz (Schrittweite)

Das Ende der Auslaufstrecke ist dann erreicht, wenn das Volumen des Massenflusses gleich Null ist. Der Mittelwert aller Neigungen der Teilstrecken im Ablagerungsgebiet dient als erste Schätzung von μ .

5. Ausgehend von der Schätzung von μ wird bei Rückrechnungen der Wert von μ solange angepasst, bis die simulierte Auslaufstrecke mit der berechneten (aus Punkt 4) übereinstimmt.

6. Finale Simulation mit dem in Schritt 5 bestimmten Wert von μ .

Mit dem oben dargestellten Verfahren (Punkte 1 bis 6) wurden die μ -Werte für die dokumentierten Wald-Ereignisse bestimmt. Darauf basierend konnte eine Kalibrierung des Wertes für den Massenentzugsdruck K durchgeführt werden. Aus den Ergebnissen der Kalibrierung wurde schliesslich ein Zusammenhang zwischen dem passenden K -Wert und den Waldstruktur-Parametern Deckungsgrad, Grundfläche und Stammzahl sowie der Oberflächenrauigkeit der Transitstrecke gesucht. Zu diesem Zweck wurden die genannten Parameter für jeden betroffenen Waldbestand sowohl im Feld als auch mittels Fernerkundung erhoben.

Ergebnisse und Diskussion

Die Simulationen der Freiland-Ereignisse zeigten, dass die Topographie den grössten Einfluss auf die Auslaufstrecke einer Hangmure hat. Ausserdem spielen auch das Anrissvolumen und die Form des Fließwegs eine Rolle. Diese Faktoren werden deshalb im neu entwickelten Ansatz zur Bestimmung von μ explizit berücksichtigt. Weiter ist aus den Simulationen der Wald-Ereignisse

erkennbar, dass bei Anwendung des Massenentzugs-Ansatzes die simulierten Auslaufstrecken besser mit den beobachteten übereinstimmen. Die Stammzahl scheint dabei am besten geeignet zu sein, um den passenden Wert für K zu bestimmen (vgl. Abbildung 3). Die von Feistl et al. (2014) für Lawinen vorgeschlagenen K -Werte (basierend auf dem Deckungsgrad) sind offenbar für Hangmuren grundsätzlich zu hoch. Durch den zu starken Bremseneffekt unterschätzen die Simulationen die beobachteten Auslaufstrecken. Es ist deshalb anzunehmen, dass bei Hangmuren die Wirkung des Waldes auf die Auslaufstrecke kleiner ist als bei Lawinen. Dies kann damit erklärt werden, dass sich bei Hangmuren oft keilförmige Ablagerungen hinter stehenden Bäumen bilden und dass zudem Unebenheiten durch verlagertes Material aufgefüllt werden. Aufgrund der erheblich grösseren Beständigkeit solcher Ablagerungen im Vergleich zu Schneeablagerungen reduziert sich die Wirkung der stehenden Bäume und der Oberflächenrauigkeit für nachfolgende Ereignisse, da sowohl der Energie- wie auch der Massenverlust durch das vereinfachte Um- und Überfließen von Hindernissen verringert wird. Allerdings gilt dies nur für Gebiete wie die hier untersuchten (St. Antönien), in denen sich bereits früher vermutlich zahlreiche Hangmuren ereignet haben. In bisher nicht betroffenen Wäldern müsste die Wirkung auf Hangmuren in einer weiteren Forschungsarbeit untersucht werden.

Sensitivitätsanalyse

Die Bestimmung der Simulationsparameter μ und K ist mit einigen Unsicherheiten verbunden. Um die Aus-

wirkungen von Abweichungen zu quantifizieren, wurden Sensitivitätsanalysen durchgeführt (vgl. Abbildung 4).

Die Sensitivität der Länge der Auslaufstrecke auf eine Änderung von:

- μ (Reibungsparameter) ist asymmetrisch. Dabei verändert sich die Auslaufstrecke stärker, wenn μ verkleinert wird im Vergleich zu einer Vergrößerung von μ .
- K (Massenzugsdruck) ist sehr gross, wenn K von einem Wert grösser als null auf null reduziert wird. Wird K jedoch von einem beliebigen Wert auf einen anderen Wert grösser als null verändert, beeinflusst dies die Auslaufstrecke nur beschränkt. Bei Hangmuren-Simulationen mit RAMMS muss deshalb insbesondere entschieden werden, ob ein K -Wert eingesetzt wird oder nicht, wobei sein Wert von geringerer Bedeutung ist.
- V (Anrissvolumen) hängt stark von der Topographie ab, und zwar sowohl bei einer Erhöhung wie auch bei einer Reduktion von V .
- F (Formfaktor) ist hoch und verhält sich in etwa linear.

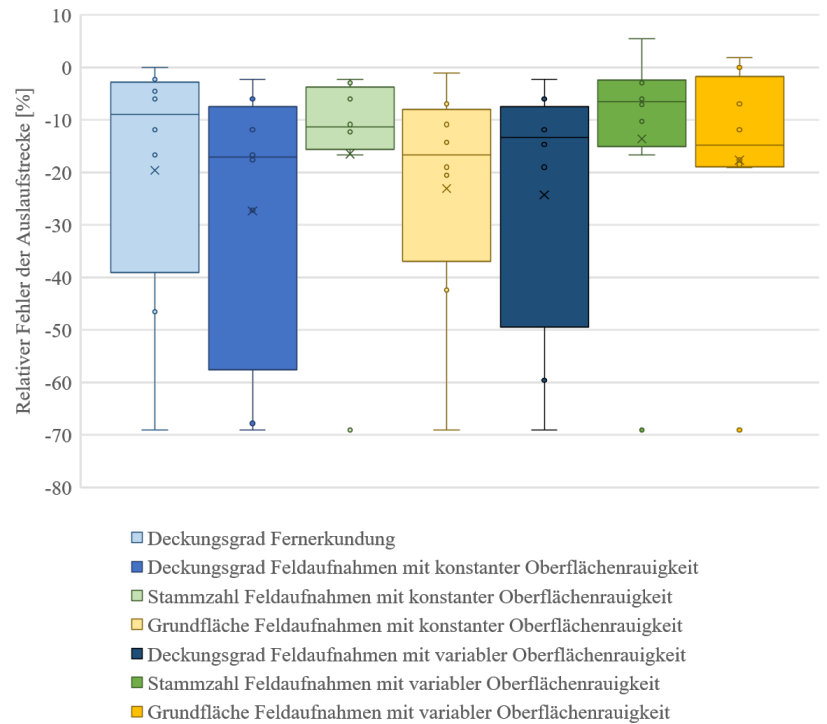


Abbildung 3: Relativer Fehler der simulierten Auslaufstrecke der acht Wald-Ereignisse in Abhängigkeit der verwendeten Methode zur Bestimmung der K -Werte.

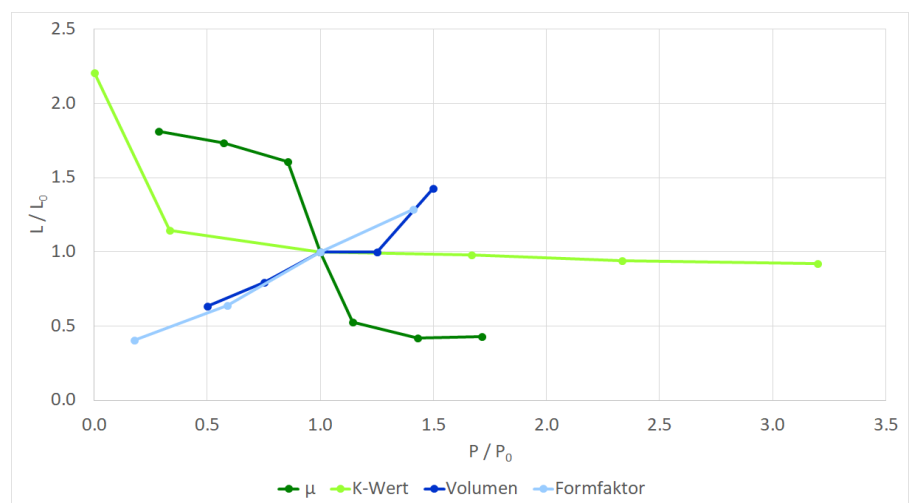


Abbildung 4: Sensitivität der Parameter am Beispiel des Ereignisses GR-2005-R-30131, wobei L = simulierte Auslaufstrecke, L_0 = reale Auslaufstrecke, P = in Simulation verwendeter Wert für den Parameter, P_0 = am besten passender Wert für den Parameter.

Empfehlungen

Die Ergebnisse der Analysen weisen darauf hin, dass sich die Stammzahl am besten dafür eignet, einen passenden K-Wert für die Simulation von Hangmuren in bewaldeten Gebieten zu finden. Folglich kann davon ausgegangen werden, dass ähnlich wie beim Anforderungsprofil gegen Steinschlag gemäss der Wegleitung «Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald» (NaiS, Frehner et al., 2015) ein Waldbestand mit höherer Stammzahl auch eine grössere Wirkung auf die Auslaufstrecke von Hangmuren hat. Weiter ist zu erwarten, dass die Anordnung der Stämme eine entscheidende Rolle spielt. Dies könnte Gegenstand von künftigen Untersuchungen sein.

Literatur

- Bartelt, P., Bühler, Y., Christen, M., Deubelbeiss, Y., Salz, M., Schneider, M., Schumacher, L. (2017). User Manual v1.7.0 – Avalanche. A Numerical Model for Snow Avalanches in Research and Practice. WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF), Davos. 97 S.
- Bezzola, G.R. und Hegg, C. (Ed.) (2007). Ereignisanalyse Hochwasser 2005. Teil 1 – Prozesse, Schäden und erste Einordnung. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern; Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf; Umwelt-Wissen Nr. 0707, 215 S.
- BFH (2021). Wald als Hangmurenbrecher. Berner Fachhochschule. <https://www.bfh.ch/de/forschung/forschungsprojekte/2020-505-279-483>
Zugriff am 09.03.2021.
- Frehner, M., Wasser, B., Schwitter, R., 2005: Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion, Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 564 S.
- Feistl, T., Bebi, P., Teich, M., Bühler, Y., Christen, M., Thuro, K., Bartelt, P. (2014). Observations and modeling of the braking effect of forests on small and medium avalanches. *Journal of Glaciology*, 60 (219), 124-138. DOI: 10.3189/2014JG13J055
- von Boetticher, A. (2020). Angewandte 3D-Murgang- und Hangmurensimulationen berücksichtigen die Materialzusammensetzung – Chancen für die Berechnung von Ereignissen im Klimawandel? FAN-Agenda 2/2020. S. 19 – 24.
- Zimmermann, F., McArdeell, B.W., Rickli, C., Scheidl, C. (2019). 2D runout modeling of hillslope debris flows, based on well-documented events in Switzerland. *Geosciences*, 10(2), 70 (17 pp.). DOI: 10.3390/geosciences10020070
- Zuidema, A. (2020). Modellierung von Hangmuren in bewaldetem Gebiet mit dem Simulationsprogramm RAMMS. Masterarbeit. Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), Zürich. 174 S. DOI: 10.3929/ethz-b-000444528



Anrissgebiet einer Hangmure im Wald bei Marmorera, Gemeinde Surses GR. (Foto: A. Zudema, Amt für Wald und Naturgefahren GR)

Klimawandelauswirkungen auf Murgänge und Sedimentfrachten im Illgraben

Die Rolle der Sedimentproduktion und der natürlichen Klimavariabilität

Jacob Hirschberg^{1,2} (jacob.hirschberg@wsl.ch)
 Brian W. McARDell¹ (brian.mcardell@wsl.ch)
 Peter Molnar² (peter.molnar@ifju.baug.ethz.ch)

¹ Eidg. Forschungsinstitut für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf
² Institut für Umweltingenieurwissenschaften, ETH, Zürich

Résumé

Dans les bassins versants alpins, les changements climatiques influencent la production de sédiments et leur transfert sur les pentes raides et dans les lits de cours d'eau - et donc aussi l'activité des laves torrentielles. Dans le cadre du programme de recherche du WSL CCAMM (Climate Change Impacts on Alpine Mass Movements), nous avons combiné les scénarios climatiques CH2018 avec un générateur météo stochastique et un modèle de cascades de sédiments pour quantifier les impacts du changement climatique, y compris leurs incertitudes, pour l'Illgraben (VS). On prévoit une réduction de la charge sédimentaire totale annuelle (-48%) et de la fréquence des laves torrentielles (-23%) d'ici à 2100. Ces évolutions sont dues à la réduction de la disponibilité des sédiments causée par l'altération par le gel. Des expériences supplémentaires par modèles numériques fournissent des informations sur les changements possibles dans la production de sédiments à différentes altitudes ainsi que sur les sources d'incertitude. En particulier, la variabilité interne irréductible du climat doit être prise en compte dans l'évaluation des dangers naturels. Sinon, il y a un risque de surestimer l'importance des impacts prévus du changement climatique.

Zusammenfassung

In alpinen Einzugsgebieten beeinflussen Klimaveränderungen die Sedimentproduktion und deren Transfer über steile Hänge und durch die Gerinne- und somit auch die Murgangaktivität. Im Rahmen des WSL Forschungsprogramms CCAMM (Climate Change Impacts on Alpine Mass Movements) haben wir die CH2018 Klimaszenarien mit einem stochastischen Wettergenerator und einem Sedimentkaskadenmodell kombiniert, um für den Illgraben (VS) die Klimawandelauswirkungen einschliesslich deren Unsicherheiten zu quantifizieren. Prognostiziert wird eine Reduktion sowohl der jährlichen Gesamtsedimentfracht (-48%) als auch der Murganghäufigkeit (-23%) bis ins Jahr 2100. Diese Entwicklungen sind auf eine verminderte Sedimentverfügbarkeit durch Frostverwitterung zurückzuführen. Zusätzliche numerische Modellexperimente geben Aufschluss über mögliche Veränderungen in der Sedimentproduktion auf unterschiedlichen Höhenlagen sowie über die Quellen der Unsicherheiten. Insbesondere sollte in der Bewertung von Naturgefahren die nicht reduzierbare interne Klimavariabilität berücksichtigt werden. Ansonsten droht eine Überbewertung der Signifikanz der prognostizierten Klimawandelauswirkungen.

Motivation

Studien zu den Auswirkungen des Klimawandels lassen generell eine Zunahme der Häufigkeiten und der Magnituden von Massenbewegungen erwarten (IPCC, 2012). Dies ist mit der erhöhten Sedimentverfügbarkeit durch das Auftauen des Permafrosts und den Gletscherrückgang begründet (z.B. Harris et al., 2009; Patton et al., 2019). Das zusätzlich verfügbare Gesteinsmaterial könnte in Kombination mit einer Zunahme von extremen Niederschlagsereignissen (z.B. Ban et al., 2018) vermehrt mobilisiert werden. Die Quantifizierung der Klimawandelauswirkungen auf Massenbewegungen, inklusive den damit verbundenen Unsicherheiten, bleibt allerdings schwierig.

Hier erläutern wir die wichtigsten Erkenntnisse von Hirschberg et al. (2021) betreffend der Quantifizierung von Klimawandelauswirkungen auf die Murgangaktivität und Sedimentfrachten im Illgraben in der Gemeinde Leuk (VS). Wir zeigen auf, was potentielle Veränderungen antreibt, dass diese von der Höhenlage des Einzugsgebiets abhängig sind und wie mit Unsicherheiten umzugehen ist.

Herausforderungen in der Bewertung von Klimawandelauswirkungen auf Massenbewegungen

Frühere Modellierstudien zum Einfluss des Klimas auf Geschiebefrachten und Massenbewegungen waren stets durch hohe Unsicherheiten gekennzeichnet, die zuverlässige Prognosen erschweren (z.B. Gariano & Guzzetti, 2016; Stoffel et al. 2014). Neben den Unsicherheiten der verwendeten Modelle, sind auch Unsicherheiten der schwer berechenbaren und hoch variablen geomorphologischen Reaktion auf eine Klimaveränderung zu berücksichtigen, welche von Schwellwerten (z.B. kritische Schubspannung) und der zwischenzeitlichen Speicherung von Sedimenten (z.B. auf einem Schuttkegel) abhängig ist. Deshalb erfolgt die geomorphologische Reaktion auf eine Klimaveränderung meist nicht linear.

Ein weiteres Problem ist, dass die Mo-

delle meistens mit Klimadaten angetrieben werden, deren räumlichen und zeitlichen Auflösungen für die Repräsentierung geomorphologischer Prozesse ungeeignet sind. So können die groben Auflösungen der Klimamodelle (~12.5 km, täglich) in topographisch komplexen Regionen wie den Alpen zu grossen Verzerrungen führen. In den CH2018 Klimaszenarien wurden systematische Abweichungen für die MeteoSchweiz Stationen sowie für ein 2km-Netz berücksichtigt, was für lokale Studien sehr wichtig ist.

Selbstverständlich bleibt auch das kontinuierliche Monitoring von Gebieten mit hoher Murgangaktivität sowie das Erkennen verändernder Dispositionen, die Murgänge begünstigen, eine der wichtigsten Herausforderungen.

Methoden

Der Illgraben kann als Sedimentkaskade betrachtet werden (Berger et al., 2011). Felsmaterial wird durch Sturzprozesse von den steilen Hängen im Oberlauf ins Gerinnesystem verfrachtet. Dieses Lockermaterial fliesst periodisch während geschiefbeführenden Hochwassern oder Murgängen ins Tal und in die Rhône. Bennett et al. (2014) entwickelten aufgrund dieses Konzepts das Sedimentkaskadenmodell SedCas. Dabei wurden auch die Abflussbildung sowie die Frostverwitterung basierend auf simplen Konzepten parametrisiert. Die Häufigkeiten der Hangrutschmagnituden im Oberlauf folgen einem Potenzgesetz (Bennett et al., 2012) und widerspiegeln deren inhärente stochastische Eigenschaft. Somit ist nicht nur der Abfluss limitierend für die Auslösung eines Murgangereignisses, sondern gegebenenfalls auch die Verfügbarkeit von Lockermaterial.

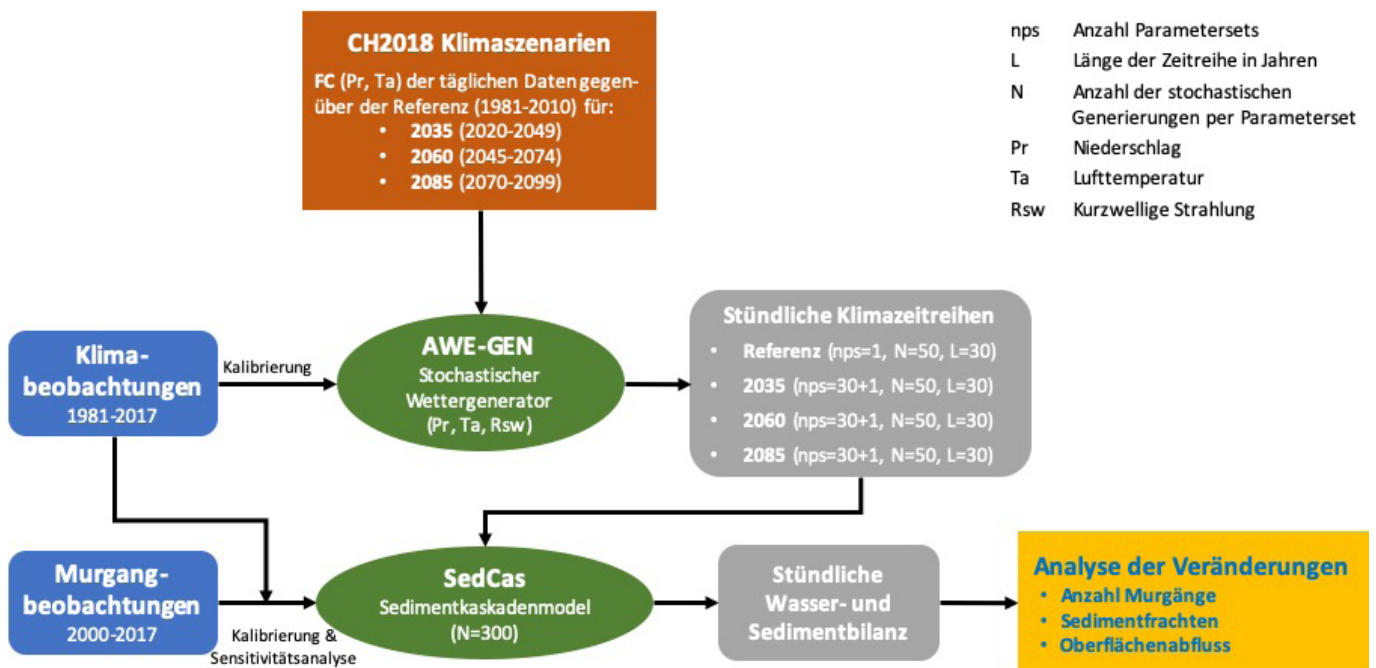


Abbildung 1: Flussdiagramm der Studie, welche sich auf die Modelle AWE-GEN und SedCas (grün) und die damit produzierten Zeitreihen (grau) stützt. Die Modelle wurden mit Klima- und Murgangdaten kalibriert (blau). Dazu wurden von den CH2018 Klimaszenarien Veränderungsfaktoren (FC) abgeleitet (rot) (nach Hirschberg et al. 2021).

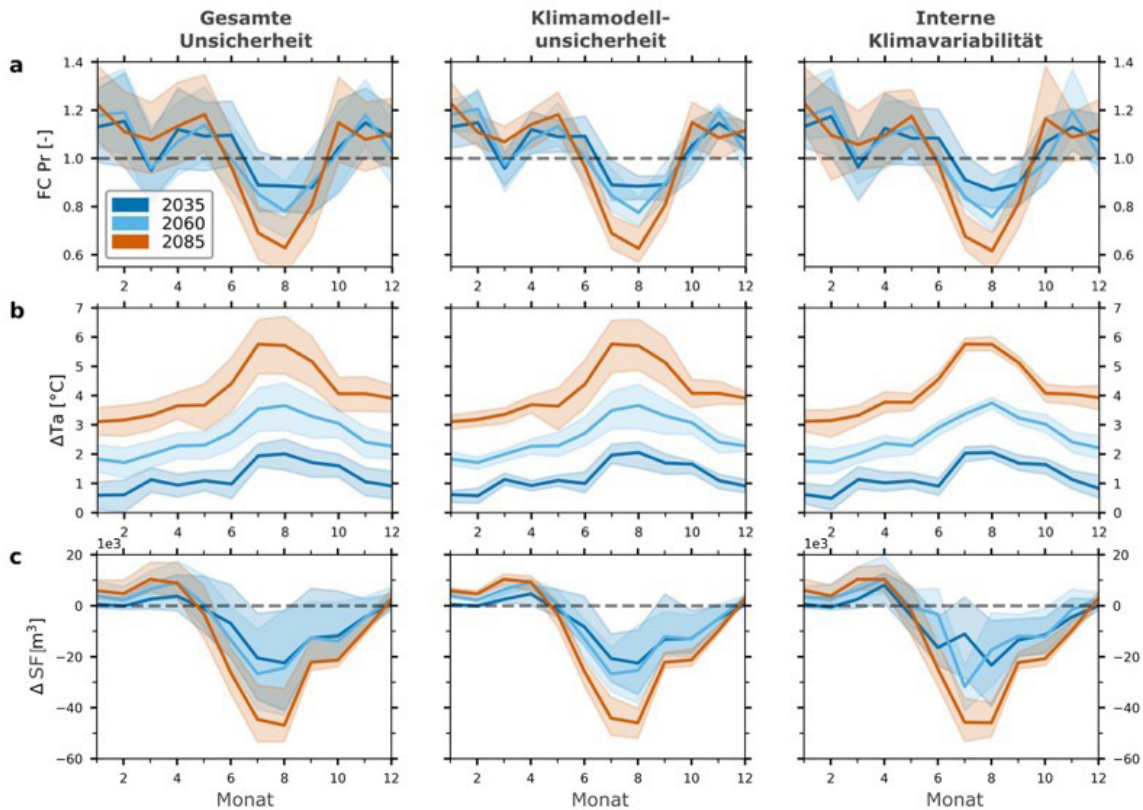


Abbildung 2: Änderungen der wichtigsten Klimavariablen und der Sedimentfrachten im Illgraben für die drei Zukunftsperioden um 2035 (dunkelblau), 2060 (hellblau) und 2085 (rot). Die durchgezogenen Linien repräsentieren die Mediane und die schattierten Bereiche den 10-90-ten Perzentilbereich. Die horizontalen gestrichelten Linien in (a) und (c) stehen für den Wert der Referenzsimulationen mit dem in den Jahren 1981-2010 vorherrschenden Klima. Die linke Spalte zeigt die Gesamtunsicherheiten, die mittlere Spalte die Klimamodellunsicherheiten und die rechte Spalte die interne Klimavariabilität. (a) Relative Änderung des mittleren monatlichen Niederschlags (FC Pr), berechnet mit AWE-GEN. (b) Änderung der mittleren monatlichen Lufttemperatur (ΔT_a), berechnet mit AWE-GEN. (c) Mit SedCas berechnete Änderung der mittleren monatlichen Sedimentfracht (ΔSF) (nach Hirschberg et al. 2021).

Wir benutzen SedCas für die Analyse zukünftiger Murganghäufigkeiten und Geschiebefrachten (Abb. 1).

Die für SedCas als Input benötigten Klimavariablen werden mit dem stochastischen Wettergeneratormodell AWE-GEN (Fatchi et al., 2011) simuliert. Gegenüber dem direkten Einsatz der CH2018 Klimaszenarien bringt dies zwei Vorteile mit sich. Erstens liefert AWE-GEN Zeitreihen in stündlicher (anstatt täglicher) Auflösung, was deutlich näher an der für die Murgangbildung relevanten Zeitskala ist. Zweitens können beliebig viele stochastische Zeitreihen mit denselben statistischen Eigenschaften generiert werden, was die Quantifizierung der internen Klimavariabilität ermöglicht. Dieser zweite Punkt

beschreibt «die sichere Unsicherheit» (Deser, 2020), welche aufgrund der chaotischen Eigenheit des Klimas entsteht und eine Bandbreite von Verläufen liefert, die selbst unter einem statischen Klima zu erwarten ist. Demgegenüber steht die Klimamodellunsicherheit, welche die Bandbreite an Verläufen bei gleicher Änderung des Strahlungsantriebs (d.h. der Veränderung der atmosphärischen CO_2 -Konzentration) vorgibt und sich von Klimamodell zu Klimamodell unterscheidet.

Langjährige Beobachtungen von Klima und Murgangereignissen ermöglichen die Kalibrierung von sowohl SedCas als auch AWE-GEN (Abb. 1). Aus den CH2018 Szenarien wurden Factors of Change (FC, Fatchi et al., 2013) zu ver-

schiedenen Zeitskalen ermittelt und die AWE-GEN Parameter entsprechend angepasst. So wird zum Beispiel für jeden Monat der FC bezüglich der Anzahl der trockenen Tage und der durchschnittlichen Regenmenge bestimmt. Dabei stützten wir uns auf ein extremes Klimaszenario (RCP8.5, siehe CH2018 Klimaszenarien), da es über ein Jahrhundert gesehen die grösste Bandbreite an Klimasignalen hat.

Zukünftige Entwicklungen und Unsicherheiten

Das zukünftige Klima im Einzugsgebiet des Illgrabens ist durch eine Abnahme des Niederschlags in den Sommermonaten um bis zu -40% und höheren Temperaturen gekennzeichnet (Abb. 2). Die Sedimentfracht wird vor allem

in den Sommer- und Herbstmonaten reduziert. Besonders wichtig ist dabei auch, die Unsicherheiten zu beachten. Trotz des extremen Klimaszenarios (RCP8.5), sind die erwarteten Veränderungen in Niederschlag, Oberflächenabfluss und Sedimentfracht erst gegen Ende des Jahrhunderts signifikant. Die Unsicherheiten sind zu einem grossen Teil der internen Klimavariabilität zuzurechnen. Die Unsicherheit der Klimamodelle dominiert nur für die Temperatur.

Was treibt den Rückgang der Sedimentfracht in den Sommermonaten an? Liegt es an der häufigeren Trockenheit oder an reduzierter Frostverwitterung? Um dies zu beantworten, haben wir die Frachten sowohl unter der jeweils alleinigen Berücksichtigung der Sedimentverfügbarkeit als auch der Transportkapazität bestimmt. Dabei wird deutlich, wie die Transportkapazität vor allem in den Frühlings- und Herbstmonaten zunimmt (Abb. 3b). Eine solche Entwicklung wird jedoch durch den limitierten Sedimentspeicher gebremst, welcher früher ausgeschöpft ist (Abb. 3a).

Frühere Studien im Illgraben und ähnlichen geomorphologischen Systemen betrachten die Frostverwitterung als dominanten Prozess für die Sedimentproduktion (Bardou & Delaloye, 2004; Bennett et al., 2013). In SedCas erfolgt der Nachschub an Sedimenten ins Gerinne, wenn die Temperatur unter 0°C fällt und der Fels nicht von Schnee bedeckt und somit nicht von der Lufttemperatur isoliert sondern der Witterung ausgesetzt ist. In diesem Fall erfolgt eine Massenbewegung im Oberlauf (siehe Methoden).

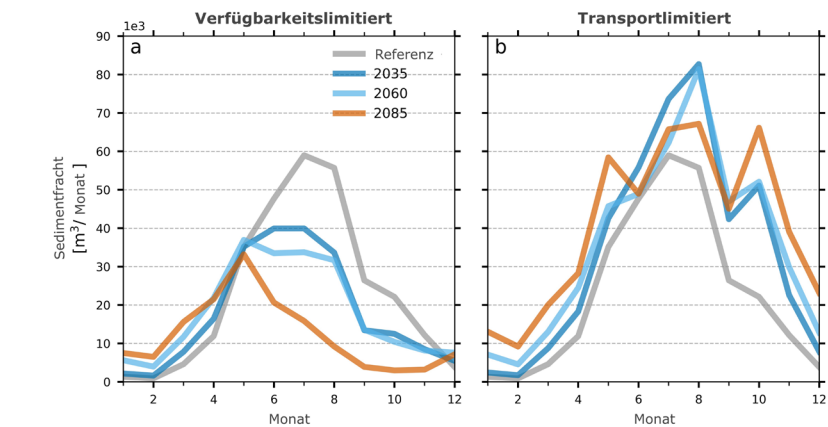


Abbildung 3: Mittlere monatliche Sedimentfracht im Illgraben (1.600 m ü.M.), berechnet mit SedCas für die Referenz- und drei Zukunftsperioden. (a) Sedimentfracht, wenn die Sedimentproduktion durch Frostverwitterung limitiert ist. (b) Sedimentfracht bei transportlimitierten Bedingungen, d.h. wenn die Sedimentverfügbarkeit hypothetisch unbegrenzt ist (nach Hirschberg et al. 2021).

Zukünftig wird der Fels einerseits durch eine Zunahme der schneefreien Tage vermehrt der Witterung ausgesetzt sein. Andererseits wird die Frostverwitterung durch eine Abnahme der Gefriertage reduziert. Insgesamt treten die beiden Bedingungen (schneefreie Gefriertage) für die Frostverwitterung weniger oft gleichzeitig auf (grün/1600 m ü.M. in Abb. 4a-c). Somit wird ein Rückgang der Sedimentzufuhr vom Hang zum Gerinne erwartet. Die Konsequenzen dieser Veränderungen im Oberlauf des Illgrabens sind eine langfristige Veränderung der im Median erwarteten Anzahl Murgänge um -23% und der Sedimentfracht um -48% (grün/1600 m ü.M. in Abb. 5). Es ist keine signifikante Veränderung in den Murgangmagnituden zu erkennen, allerdings werden sie gegenüber den Beobachtungen bereits in der Referenzperiode durch unsere Modellkette überschätzt. Dies ist auf den Wettergenerator zurückzuführen, welcher die Strukturen eines intensiven Regenerereignisses offenbar nicht perfekt nachbilden kann.

Um die Sensitivität der Sedimentkaskade auf die Höhenlage zu testen, haben wir die mittlere Höhe des Einzugsgebiets des Illgrabens hypothetisch um 400 und 900 m erhöht. Somit ergeben sich hauptsächlich eine geringere Temperatur und weniger schneefreie Tage (Abb. 4). Die Resultate dieses Experiments deuten sowohl auf Veränderungen in höher gelegenen Einzugsgebieten hin, als auch auf allfällige Verschiebungen der erosionsaktiven Bereiche im Illgraben. Durch den erwarteten Rückgang der isolierenden Schneebedeckung infolge des Klimawandels wäre der Fels auf 2500 m ü.M. nun öfters Temperaturschwankungen um den Gefrierpunkt ausgesetzt mit folglich erhöhter Verwitterung. Dies würde auch zu einer langfristigen Zunahme der Anzahl Murgänge und der Sedimentfracht führen (Abb. 5).

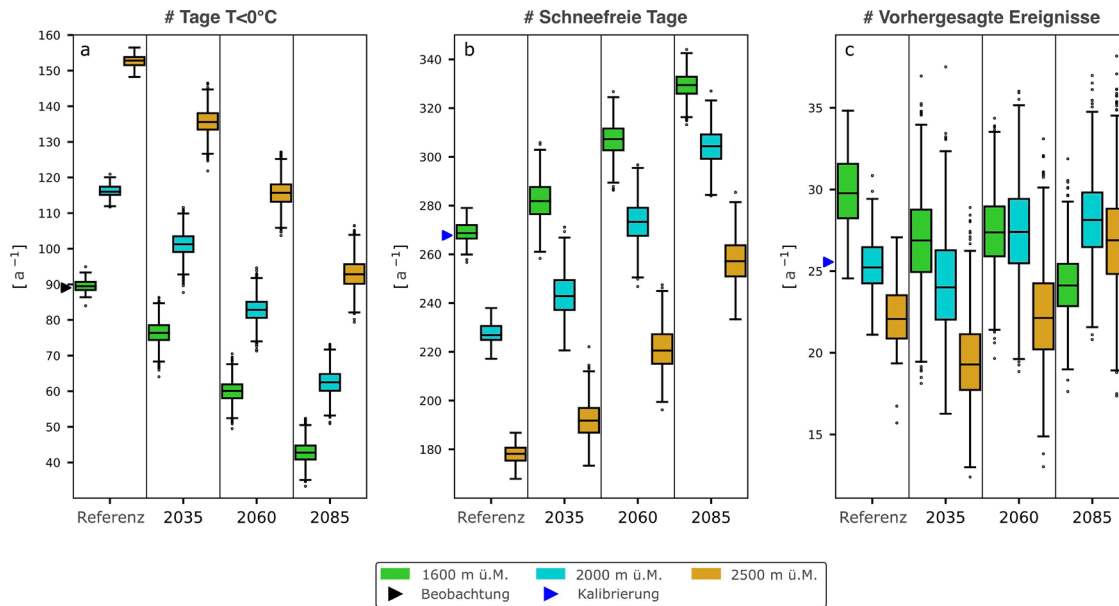


Abbildung 4: Boxplots der Auslösebedingungen von Rutschungen und Sturzereignissen (Ereignisse) im Oberlauf des Illgrabens für das heutige und zukünftige Klima. (a) Anzahl Tage mit Minustemperaturen. (b) Anzahl Tage ohne Schneebedeckung. (c) Anzahl Tage, an denen beiden vorherigen Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind und Massenbewegungen im Oberlauf gemäss SedCas ausgelöst werden. Direkte Beobachtungen sind nur für die Temperatur verfügbar (1600 m ü.M.). Schneefreie Tage und Ereignisse werden mit den Ergebnissen des mit dem beobachteten Klima kalibrierten Modells (1600 m ü.M.) verglichen. Mit der Anwendung des Wettergenerators wird die Anzahl der Ereignisse etwas überschätzt, ist jedoch immer noch im Bereich der Unsicherheiten. Boxplots werden für drei Einzugsgebiets Höhen gezeigt: 1600 (tatsächliche mittlere Höhe des Illgrabens), 2000 und 2500 m ü.M. (nach Hirschberg et al. 2021).

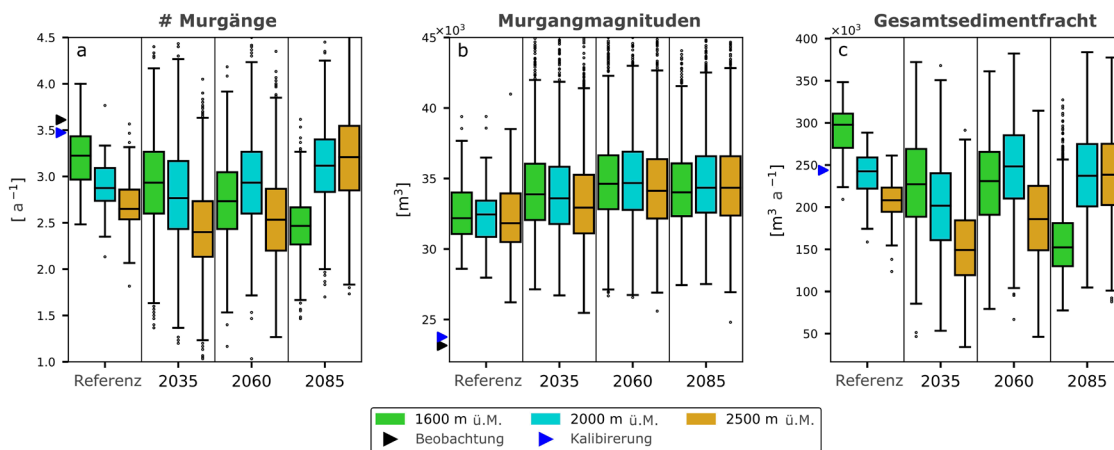


Abbildung 5: Boxplots der wichtigsten Variablen des Sedimentflusses im Illgraben: (a) Anzahl Murgänge, die das Einzugsgebiet verlassen und deren (b) mittlere Magnitude. (c) Gesamtsedimentfracht (Murgänge plus fluvialer Geschiebetransport). Die Beobachtungen der Murgangwaage (McArdell et al., 2007) und die Kalibrierungsergebnisse sind nur mit den Werten auf 1600 m ü.M. und der Referenzperiode zu vergleichen. Die Boxplots sind für drei mittlere Einzugsgebiets Höhen dargestellt: 1600 (mittlere Höhe des Illgrabens), 2000 und 2500 m ü.M. (nach Hirschberg et al. 2021).

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

1. Die hydrologische Transportkapazität im Illgraben wird infolge des Klimawandels zunehmen. Wenn die Sedimentverfügbarkeit im Einzugsgebiet unbegrenzt wäre, würde dies zu einem Anstieg der zukünftigen Sedimentfracht um 23% (2035), 31% (2060) und 48% (2085) führen.

2. Der Hauptmechanismus für die Sedimentproduktion im Illgraben, die Frostverwitterung, ist in einem wärmeren Klima limitiert. Folglich werden kurz- (2035), mittel- (2060) und langfristig (2085) Abnahmen sowohl in der Sedimentfracht (-23%, -22% und -48%) als auch in der Anzahl der Murgänge (-8%, -15% und -23%) prognostiziert.

3. Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Auswirkungen des Klimawandels auf die Sedimentproduktion und die Sedimentfrachten höhenabhängig sind. Die Sedimentverfügbarkeit durch Frostverwitterung nimmt in niedrigeren Lagen (<2000 m) ab und in höheren Lagen zu. Dies hat Auswirkungen auf die Gefahren- und Risikobewertung in einem zukünftigen Klima sowie auf die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Einzugsgebiete.

4. Obwohl für den Illgraben der gleiche Trend für alle zukünftigen Perioden zu sehen ist, liegen die Vorhersagen zumindest für das kurzfristige Szenario größtenteils innerhalb der heutigen natürlichen Variabilität. Daher ist es entscheidend, diese stochastische Unsicherheit bei den Erwartungen der Auswirkungen des Klimawandels auf geomorphologische Systeme zu be-

rücksichtigen. Ansonsten besteht die Gefahr der Überbewertung der Signifikanz von prognostizierten Veränderungen.

Trotz der vorhergesagten Abnahme der Murgänge im Illgraben sind das Auftreten eines aussergewöhnlich grossen Sturzereignisses, wie es 1961 im Illgraben geschah (Hürlimann et al., 2003), oder eine Abnahme der Vegetationsdichte nicht auszuschliessen und könnten zu erhöhter Sedimentverfügbarkeit für Murgänge führen. Dies hätte potenziell auch schwerwiegende Folgen für die Sedimentfracht in der Rhône (z.B. Schlunegger et al., 2009). Die grössten Unsicherheiten unserer Studie bestehen in der konzeptionellen Repräsentierung der Massenbewegungen am Hang und im Gerinne. Feldbeobachtungen sind deshalb weiterhin wichtig, um bessere physikalisch basierte Modelle zu entwickeln. Obwohl sich die hier vorgestellten Ergebnisse und Schlussfolgerungen nur auf den Illgraben beziehen, ist davon auszugehen, dass die Methodik für die meisten geomorphologischen Systeme der Alpen anwendbar ist.

Dank

Diese Studie wurde durch das WSL Forschungsprogram CCAMM (Climate Change Impacts on Alpine Mass Movements) finanziert. Wir danken Alexandre Badoux (WSL) für die Unterstützung in der Erarbeitung und das Lektorat dieses Artikels.

Literatur

- Ban, N., Rajczak, J., Schmidli, J., & Schär, C. (2018). Analysis of Alpine precipitation extremes using generalized extreme value theory in convection-resolving climate simulations. *Climate Dynamics*, 55, 61–75. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4339-4>
- Bardou, E., & Delaloye, R. (2004). Effects of ground freezing and snow avalanche deposits on debris flows in alpine environments. *Natural Hazards and Earth System Science*, 4(4), 519–530. <https://doi.org/10.5194/nhess-4-519-2004>
- Bennett, G. L., Molnar, P., Eisenbeiss, H., & Mcardell, B. W. (2012). Erosional power in the Swiss Alps: Characterization of slope failure in the Illgraben. *Earth Surface Processes and Landforms*, 37(15), 1627–1640. <https://doi.org/10.1002/esp.3263>
- Bennett, G. L., Molnar, P., McArdell, B. W., Schlunegger, F., & Burlando, P. (2013). Patterns and controls of sediment production, transfer and yield in the Illgraben. *Geomorphology*, 188, 68–82. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.11.029>
- Bennett, G. L., Molnar, P., McArdell, B. W., & Burlando, P. (2014). A probabilistic sediment cascade model of sediment transfer in the Illgraben. *Water Resources Research*, 50, 1225–1244. <https://doi.org/10.1002/2013WR013806>
- Berger, C., McArdell, B. W., & Schlunegger, F. (2011). Sediment transfer patterns at the Illgraben catchment, Switzerland: Implications for the time scales of debris flow activities. *Geomor-*

- phology, 125(3), 421–432. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.10.019>
- CH2018. (2018). CH2018 climate scenarios for Switzerland. Technical report. Zurich, Switzerland: National Centre for Climate Services.
- Deser, C. (2020). "Certain uncertainty: The role of internal climate variability in projections of regional climate change and risk management". *Earth's Future*, 8, e2020EF001854. <https://doi.org/10.1029/2020EF001854>
- Fatichi, S., Ivanov, V. Y., & Caporali, E. (2011). Simulation of future climate scenarios with a weather generator. *Advances in Water Resources*, 34(4), 448–467. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2010.12.013>
- Fatichi, S., Ivanov, V. Y., & Caporali, E. (2013). Assessment of a stochastic downscaling methodology in generating an ensemble of hourly future climate time series. *Climate Dynamics*, 40(7–8), 1841–1861. <https://doi.org/10.1007/s00382-012-1627-2>
- Gariano, S. L., & Guzzetti, F. (2016). Landslides in a changing climate. *Earth-Science Reviews*, 162, 227–252. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.08.011>
- Harris, C., Arenson, L. U., Christiansen, H. H., Etzelmüller, B., Frauenfelder, R., Gruber, S., et al. (2009). Permafrost and climate in Europe: Monitoring and modelling thermal, geomorphological and geotechnical responses. *Earth-Science Reviews*, 92(3–4), 117–171. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2008.12.002>
- Hirschberg, J., Fatichi, S., Bennett, G. L., McArdell, B. W., Peleg, N., Lane, S. N., et al. (2021). Climate change impacts on sediment yield and debris-flow activity in an Alpine catchment. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 126, e2020JF005739. <https://doi.org/10.1029/2020JF005739>
- Hürlimann, M., Rickenmann, D., & Graf, C. (2003). Field and monitoring data of debris-flow events in the Swiss Alps. *Canadian Geotechnical Journal*, 40(1), 161–175. <https://doi.org/10.1139/t02-087>
- IPCC. (2012). Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups I and II of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, UK: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-8845-7>
- McArdell, B. W., Bartelt, P., & Kowalski, J. (2007). Field observations of basal forces and fluid pore pressure in a debris flow. *Geophysical Research Letters*, 34, L07406. <https://doi.org/10.1029/2006GL029183>
- Patton, A.I., Rathburn, S.L., and Capps, D.M. (2019). Landslide response to climate change in permafrost regions. *Geomorphology*, 340, 116–128. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.04.029>
- Schlunegger, F., Badoux, A., McArdell, B. W., Gwerder, C., Schnydrig, D., Rieke-Zapp, D., & Molnar, P. (2009). Limits of sediment transfer in an alpine debris-flow catchment, Illgraben, Switzerland. *Quaternary Science Reviews*, 28(11–12), 1097–1105. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.10.025>
- Stoffel, M., Mendlik, T., Schneuwly-Bollschweiler, M., & Gobiet, A. (2014). Possible impacts of climate change on debris-flow activity in the Swiss Alps. *Climatic Change*, 122(1–2), 141–155. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0993-z>



Geschiebereignis nach Starkniederschlag in Cressier (NE) am 22 Juni 2021. (Quelle: Christophe Dénervaud)

Schutzziele und Einwirkungen auf Bauwerke

Publikationshinweis: neue SIA Norm

Dörte Aller¹ (doerte.aller@sia.ch)

¹ Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein, Zürich

Résumé

La norme SIA 261/1 *Actions sur les structures porteuses - Spécifications complémentaires* a été publiée fin 2020. Elle est de plus en plus utilisée dans la pratique. Elle sert de ligne directrice importante entre le maître d'ouvrage, l'architecte et l'ingénieur civil ainsi que les spécialistes des risques naturels.

Zusammenfassung

Die Norm SIA 261/1 *Einwirkungen auf Tragwerke – ergänzende Festlegungen* wurde Ende 2020 publiziert. In der Praxis wird sie immer häufiger angewendet. Sie dient als wichtige Leitlinie zwischen Bauherr, Architekt und Bauingenieur sowie den Naturgefahrenspezialisten.

SIA 261/1 *Einwirkungen auf Tragwerke – ergänzende Festlegungen*

Die Norm SIA 261/1 ergänzt die Norm SIA 261 *Einwirkungen auf Tragwerke*. Die vorliegende Ausgabe der Norm SIA 261/1 ist eine Revision der Ausgabe 2003. Die erkannten Fehler redaktioneller und technischer Art wurden korrigiert und die Norm auf den aktuellen Stand der Technik gebracht. Der Inhalt wurde neu gegliedert. Die Kapitel Gravitative Naturgefahren und Hagel wurden vollständig überarbeitet und massgeblich ergänzt. Sie nehmen Bezug auf die Gefahrengrundlagen, welche die Kantone im Auftrag des Bundes erstellten.

Kapitel 2 legt die Grundsätze und die Bauwerksklassen für die Kapitel 3 bis 9 fest.

Die Einwirkungen zu den Naturgefahren sind wie folgt gegliedert:

- Kapitel 3, Hochwasser: Einwirkungen infolge von Überschwemmungen und Ufererosionen.
- Kapitel 4, Rutschungen: Einwirkungen infolge von spontanen und permanenten Rutschungen und infolge von Dolinen.
- Kapitel 5, Murgänge: Einwirkungen infolge von Murgängen in Gerinnen und von Hangmuren.
- Kapitel 6, Stein-, Block- und Eisschlag: Einwirkungen infolge der Sturzgefahren.
- Kapitel 7, Lawinen: Einwirkungen infolge von Fliess- und Staublawinen.
- Kapitel 8, Schneedruck: Einwirkungen infolge von Gleiten und Kriechen

der Schneedecke auf Hängen.

- Kapitel 9, Hagel: Definition der Hagelwiderstandsklassen

72 Seiten. 190 CHF. www.shop.sia.ch

SIA 261/1 *Actions sur les structures porteuses – Spécifications complémentaires*

La norme SIA 261/1 complète la norme SIA 261 *Actions sur les structures porteuses*. La présente édition de la norme SIA 261/1 résulte d'une révision de l'édition de 2003. Les erreurs identifiées de nature rédactionnelle et technique ont été corrigées et la norme a été adaptée aux connaissances techniques les plus récentes. Son contenu a été restructuré. Les chapitres consacrés aux dangers naturels gravitaires et à la grêle ont été entièrement remaniés et largement complétés. Ils se réfèrent



aux documents de base sur les dangers élaborés par les cantons à la demande de la Confédération.

Le chapitre 2 pose les principes et définit les classes d'ouvrages appliqués aux chapitres 3 à 9.

Les actions dues aux dangers naturels sont subdivisées comme suit :

- Chapitre 3, crues : actions dues aux inondations et à l'érosion des berges.
- Chapitre 4, glissements de terrain : actions dues aux glissements spontanés et permanents ainsi qu'aux dolines.
- Chapitre 5, laves torrentielles : actions dues aux laves torrentielles s'écoulant dans des lits de cours d'eau ainsi qu'aux coulées de boue.
- Chapitre 6, chutes de pierres, de blocs et de glace : actions dues aux processus de chute.
- Chapitre 7, avalanches : actions dues aux avalanches coulantes et poudreuses.
- Chapitre 8, pression due à la neige : actions dues au glissement et au fluage de la neige sur une pente.

• Chapitre 9, grêle : définition des classes de résistance à la grêle.

72 pages. 190 CHF. www.shop.sia.ch

SIA 261/1 Azioni sulle strutture portanti – Disposizioni complementari

La norma SIA 261/1 completa la norma SIA 261 Azioni sulle strutture portanti.

La presente edizione della norma SIA 261/1 è una revisione dell'edizione 2003. Le imprecisioni di carattere redazionale e tecnico sono state corrette ed allineate con l'attuale standard tecnico. Il contenuto è stato rielaborato. I capitoli «Pericoli naturali gravitativi» e «Grandine» sono stati completamente rielaborati e ampliati in modo significativo. Essi fanno riferimento alle documentazioni sui pericoli che i Cantoni hanno elaborato su incarico della Confederazione.

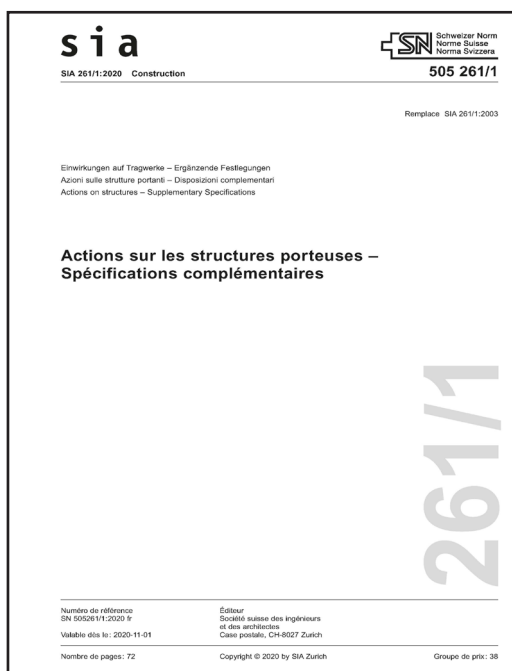
Il capitolo 2 stabilisce i principi e le classi d'opera per i capitoli da 3 a 9.

Le azioni relative ai pericoli naturali

sono suddivise come segue:

- Capitolo 3, Inondazioni: azioni dovute alle inondazioni e all'erosione delle sponde. Capitolo 4, Frane: azioni dovute a frane spontanee e permanenti e a doline.
- Capitolo 5, Colate detritiche (frane di materiale fangoso): azioni dovute alle colate detritiche negli alvei e alle colate detritiche di versante.
- Capitolo 6, Caduta di sassi, blocchi e ghiaccio: azioni dovute ai pericoli di crollo.
- Capitolo 7, Valanghe: azioni dovute a valanghe radenti e nubiformi.
- Capitolo 8, Pressione della neve sui pendii: azioni dovute allo slittamento e allo scorrimento del manto nevoso sui pendii.
- Capitolo 9, Grandine: definizione delle classi di resistenza alla grandine.

72 pagine. 190 CHF. www.shop.sia.ch



Praxishilfe Murgang- und Hangmurenschutznetze

Jetzt auf Deutsch, Französisch und Englisch verfügbar

Philippe Arnold ¹ (philippe.arnold@astra.admin.ch)
Eva Gertsch-Gautschi ² (eva.gertsch@bafu.admin.ch)

¹ Bundesamt für Strassen ASTRA, Bern

² Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern

Résumé

Les filets de protection contre les laves torrentielles et les coulées de boue sont disponibles sur le marché suisse depuis quelques années seulement; ils complètent l'éventail des mesures de protection contre les dangers naturels. Le "Guide pratique pour les filets de protection contre les laves torrentielles et les coulées de boue", publié en allemand à fin 2020, regroupe les connaissances existantes en relation avec ces barrières en filets. L'accent a été mis sur le dimensionnement concret et sur les applications ainsi que sur les avantages et les limites de ces ouvrages. Ce guide pratique a été réalisé sur mandat de l'Office fédéral des routes (OFROU) et de l'Office fédéral de l'environnement

(OFEV). Il a été publié en tant que rapport du WSL, d'abord en allemand, et est désormais également disponible en français et en anglais.

Zusammenfassung

Murgang- und Hangmurenschutznetze sind in der Schweiz erst seit einigen Jahren auf dem Markt verfügbar und ergänzen das Massnahmenspektrum zum Schutz vor Naturgefahren. Die Ende 2020 publizierte «Praxishilfe Murgang- und Hangmurenschutznetze» bündelt das vorhandene Wissen im Umgang mit diesen Netzbarrieren und stellt die Anwendung und Projektierung ins Zentrum. Die Praxishilfe wurde im Auftrag des Bundesamtes für Strassen (ASTRA) und des Bundesamtes für

Umwelt (BAFU) erarbeitet und als WSL Bericht in deutscher Sprache publiziert. Neu ist sie auch auf Französisch und auf Englisch verfügbar.

Ausgangslage

Murgänge und Hangmuren gefährden in gebirgigen Regionen Personen und Sachwerte. Im Rahmen des integralen Risikomanagements können neben der Berücksichtigung von Naturgefahren in der Raumplanung bauliche, organisatorische oder ingenieurbio-logische Schutzmassnahmen getroffen werden. Die kurzen Vorwarnzeiten für Murgänge und Hangmuren und deren hohen Einwirkungen mit entsprechender Zerstörungskraft sind ein wichtiger Grund dafür, dass bei diesen Prozessen



Abbildung 1: Murgangschutznetz im Trachtbach (links, Quelle: Geobruigg AG) und Hangmurenschutznetz am Baltisberg (rechts, Quelle: Pfeifer-Isofer AG).

oft bauliche Massnahmen den Schutz gewährleisten müssen.

Murgang- und Hangmurenschutznetze sind in der Schweiz erst seit einigen Jahren auf dem Markt verfügbar und ergänzen das Massnahmenspektrum (Abbildung 1). Eine charakteristische Eigenschaft dieses Massnahmentyps besteht in der Durchlässigkeit der Netze, welche die gröberen Feststoffe zurückhalten, Wasser und Schwebstoffe jedoch durchfliessen lassen und somit eine Drainage des Murgang- und Hangmurenmaterials bewirken. Neben dem Geschieberückhalt bieten sich weitere Einsatzmöglichkeiten für Netzbarrieren an, z. B. für den Schwemmholzurückhalt, für eine Stabilisierung einer Bachsohle oder zur Umlenkung des Gefahrenprozesses.

Im Rahmen der Projektierung von Schutzmassnahmen und damit auch bei der Frage nach dem zielführendsten Schutzsystem ist wichtig, dass Vor- und Nachteile von unterschiedlichen Bauwerkstypen transparent dargelegt und standortspezifisch beurteilt werden. Murgang- und Hangmurenschutznetze sind relativ neue Massnahmenarten. Umfassende und langjährige Erfahrungen im Ereignisfall sind noch spärlich vorhanden und das notwendige Know-how in Planung, Realisierung, Wartung und Unterhalt bisher noch keinem allgemeinen Fachpublikum zugänglich.

Zielsetzung

Mit der Ende 2020 durch die WSL publizierten «Praxishilfe Murgang- und Hangmurenschutznetze» wollen das Bundesamt für Strassen ASTRA und das Bundesamt für Umwelt BAFU diese Lücke schliessen und für Planer, Be-

hörden und Auftraggeber die bereits gesammelten Erfahrungen mit Netzbarrieren im Ereignisfall aber auch die Anforderungen für eine zweckmässige Projektierung, Realisierung, Wartung und für den Unterhalt aufzeigen. Neben detaillierten technischen Angaben und Hilfestellungen aus der Praxis wird insbesondere auch auf Chancen und Risiken hingewiesen.

Der Weg zur Praxishilfe

Der Startschuss für die Praxishilfe fiel in den Jahren 2017 und 2018 als zwei Workshops von Expertinnen und Experten zum Thema Murgang- und Hangmurenschutznetze an der WSL stattfanden. Initiant war dabei Reto Baumann vom BAFU, der mit grosser Motivation und Engagement das Thema lancierte, die Workshops organisierte und moderierte. Als Fazit aus beiden Workshops resultierte ein grosser Bedarf für einen Wissenstransfer und Erfahrungsaustausch zwischen den verschiedenen Akteuren. Neben dem BAFU interessierte sich auch das ASTRA für das Resultat. Entlang von Nationalstrassen kommen Netzbarrieren neben dem Schutz gegen Steinschlag auch immer öfter zum Schutz vor Murgängen und Hangmuren in grosser Anzahl zum Einsatz.

Das ASTRA und das BAFU entschieden sich deshalb, gemeinsam eine «Praxishilfe Murgang- und Hangmurenschutznetze» erarbeiten zu lassen. Beauftragt wurde eine Kerngruppe, bestehend aus Expertinnen und Experten aus der Wissenschaft und Praxis, welche in ihrer Gesamtheit einen grossen Erfahrungsschatz zum Einsatz von Murgang- und Hangmurenschutznetzen aufweisen konnten. Mitglieder

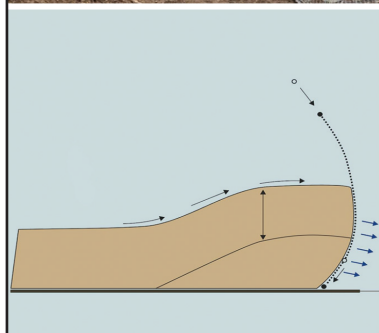
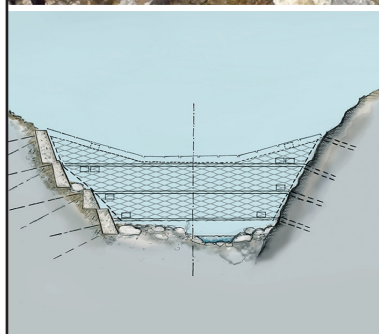
der Kerngruppe und somit Autoren/innen der Praxishilfe waren Catherine Berger (geo7 AG), Matthias Denk (Company200), Christoph Graf (WSL), Lisa Stieglitz (Emch+Berger AG) und Corinna Wendeler (Kanton Appenzell Ausserrhoden, Abteilung Wasserbau).

Eine zehnköpfige Begleitgruppe aus Mitgliedern von Bund, Kantonen, privaten Büros und den drei in der Schweiz tätigen Netzherstellern (Geobrug AG, Pfeifer Isofer AG, Maccaferri/MT Swiss GmbH,) ergänzte die Kerngruppe und trug ihr Fachwissen an zwei Workshops bei. Dies war ein zusätzlicher Gewinn und führte zu einem Gemeinschaftswerk, in welchem ein breites Wissen abgedeckt werden kann, von der Praxis für die Praxis.

Die Praxishilfe wurde ab Mitte 2019 bis Ende 2020 erarbeitet und Ende 2020 als WSL-Bericht digital publiziert (Abbildung 2) (Berger et al., 2020). Der Link zum Download ist im Kapitel Literatur und Download ersichtlich.

Inhalt der Praxishilfe

Die Praxishilfe ist in einen allgemeinen und einen technischen Teil gegliedert. Sie gibt damit eine Übersicht zum Stand der Technik von Murgang- und Hangmurenschutznetzen in der Schweiz und spricht damit sowohl ein allgemeineres als auch technischer orientiertes Publikum an. Der Fokus liegt bei den gravitativen Naturgefahrenprozessen Murgang und Hangmuren und im Zentrum stehen CE-gekennzeichnete Standardsysteme für Netzbarrieren. Ein besonderes Augenmerk wurde auch auf eine ansprechende grafische Illustration gerichtet.



Heft 102, 2020

WSL Berichte

ISSN 2296-3448

Praxishilfe Murgang- und Hangmurenschutznetze

Im Auftrag des Bundesamtes für Strassen ASTRA
und des Bundesamtes für Umwelt BAFU

Catherine Berger
Matthias Denk
Christoph Graf
Lisa Stieglitz
Corinna Wendeler



Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL
CH-8903 Birmensdorf

Abbildung 2: Praxishilfe Murgang- und Hangmurenschutznetze (deutsche Version).

Allgemeiner Teil

Im allgemeinen Teil werden wichtige Rahmenbedingungen wie Zulassungsverfahren und Zuständigkeiten beschrieben und es wird aufgezeigt, wie Netzbarrieren korrekt projektiert und gebaut werden (Abbildung 3). Dabei stehen die Aspekte Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit, Dauerhaftigkeit, Überlast und lokale Gegebenheiten im Zentrum. Anschliessend werden mögliche Schadensbilder und deren Ursachen dargelegt und es wird aufgezeigt, wie diese vermieden werden können. Eine Entscheidungshilfe fasst die wichtigsten Aspekte des allgemeinen Teils zusammen, geht auf Vor- und Nachteile ein und beantwortet häufig gestellte Fragen.

Technischer Teil

Im technischen Teil wird zunächst kurz auf die Szenarienbildung für Murgang- und Hangmurenprozesse eingegangen und anschliessend werden netzspezifische Details erläutert. Konkrete Angaben erfolgen zur Auslegung von Netzbarrieren, beispielsweise in Bezug auf die Restnutzhöhe oder Festlegung des Basisdurchlasses bei Murgangschutznetzen. Bei der Bemessung der Netzbarrieren bilden das Sicherheitskonzept und Lastmodelle die Basis. Die Projektierung der einzelnen Komponenten wird detailliert aufgezeigt. Schutzbautenkontrolle und Unterhalt sind wie bei allen Schutzbauwerken für einen langfristigen Einsatz unabdingbar und entsprechend werden entscheidende Aspekte für Netzbarrieren beschrieben (Abbildung 4). Sonderbauwerke erweitern das Einsatzspektrum von Netzbarrieren und werden vorgestellt. Der Bemessungsablauf für

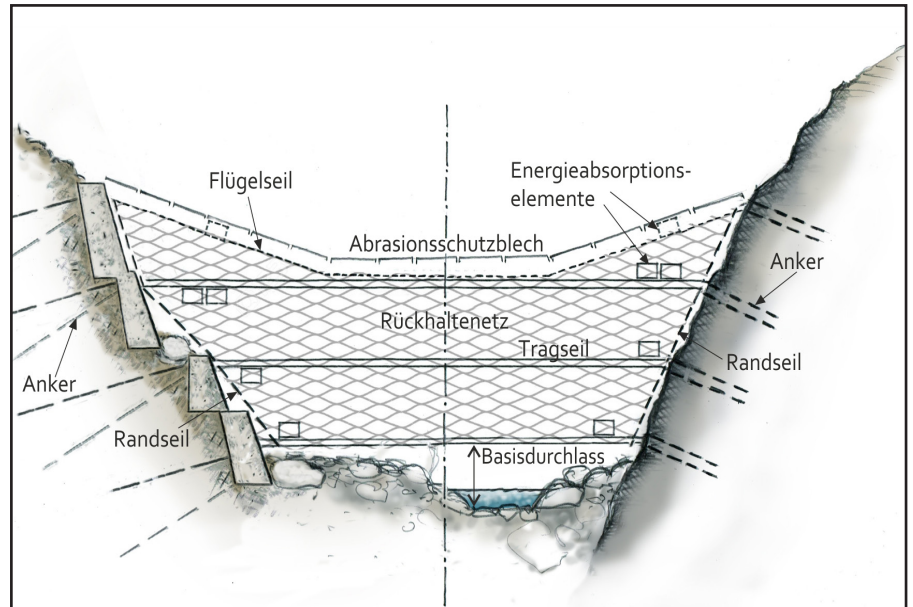


Abbildung 3: Schematische Ansicht der Komponenten und Anordnung eines Murgangschutznetzes für schmale, V-förmige Gerinne (Quelle: Berger et al., 2020)



Abbildung 4: Leerung eines Murgangschutznetzes von der Bergseite her mit Schreitbagger (Quelle: Geobrugg AG).

Hangmuren- und Murgangbarrieren bietet Unterstützung bei der konkreten Dimensionierung und fasst den technischen Teil der Praxishilfe zusammen.

Anhang

Im Anhang befindet sich ein Bemessungsbeispiel, wo die Berechnung der massgebenden Kräfte bei einem Schutznetz mit Stützen an einem

konkreten Fall nach Ablaufschema aufgezeigt wird. Zudem sind Kenndatenblätter und Illustrationen von acht verschiedenen Sonderbauwerken aufgeführt.

Übersetzung auf Französisch

Die Berücksichtigung der unterschiedlichen Landessprachen ist dem Bund sehr wichtig. Deshalb wurde die «Praxis-

hilfe Murgang- und Hangmurenschutznetze» im Auftrag des Bundesamts für Strassen ASTRA und des Bundesamts für Umwelt BAFU vor kurzem zusätzlich auf Französisch übersetzt und ebenfalls durch die WSL publiziert (Link siehe Kap. Literatur und Downloads).

Übersetzung auf Englisch

Die unterschiedlichen Netzhersteller sind auch international tätig. Aus diesem Grund finanzierte die Firma Geobrugg AG zusätzlich eine englische Übersetzung. Dem ASTRA und dem BAFU hätten dazu die gesetzlichen Grundlagen gefehlt. Die englische Fassung wurde ebenfalls durch die WSL publiziert (Link siehe Kap. Literatur und Downloads).

Fazit

Für ein Variantenstudium, für die Projektierung, Realisierung, Wartung und den Unterhalt von Murgang- und Hangmurenschutznetzen steht der Praxis nun eine fundierte neue Grundlage in mehreren Sprachen zur Verfügung. Das ASTRA und das BAFU freuen sich zu sehen, wie sich die neue Praxishilfe bewährt und nehmen Anregungen und Feedback aus der Praxis gerne entgegen.

Literatur und Download

Berger, C.; Denk, M.; Graf, C.; Stieglitz, L.; Wendeler, C., 2020: Praxishilfe Murgang- und Hangmurenschutznetze. Im Auftrag des Bundesamtes für Strassen ASTRA und des Bundesamtes für Umwelt BAFU. WSL Ber. 102. 79 S. Download unter: [wsl.ch/praxishilfe-murgang-hangmurenschutznetze](https://www.wsl.ch/praxishilfe-murgang-hangmurenschutznetze) (DE)

Berger, C.; Denk, M.; Graf, C.; Stieglitz, L.; Wendeler, C., 2021: Guide pratique

pour les filets de protection contre les laves torrentielles et les coulées de boue. Sur mandat de l'Office fédéral des routes OFROU et de l'Office fédéral de l'environnement OFEV. WSL Berichte 114. 79 p. Download unter: [wsl.ch/guide-pratique-filets-de-protection-laves-torrentielles-coules-de-boue](https://www.wsl.ch/guide-pratique-filets-de-protection-laves-torrentielles-coules-de-boue) (FR)

Berger, C.; Denk, M.; Graf, C.; Stieglitz, L.; Wendeler, C., 2021: Practical guide for debris flow and hillslope debris flow protection nets. WSL Berichte 113. 79 p. Download unter: [wsl.ch/practical-guide-debris-flow-hillslope-protection-nets](https://www.wsl.ch/practical-guide-debris-flow-hillslope-protection-nets) (EN)



Hangrune in St. Antonien GR, ausgelöst durch das Unwetterereignis vom August 2005 (Foto: WSL)

Waldbrand und Naturgefahren

Misox GR - Kursübersicht FAN-Sommerkurs 2021

Federico Ferrario¹ (federico.ferrario@ecoeng.ch)

Marco Conedera² (marco.conedera@wsl.ch)

Luca Plozza³ (luca.plozza@awn.gr.ch)

Massimiliano Schwarz⁴ (massimiliano.schwarz@bfh.ch)

¹ EcoEng SA, Porrentruy

² Eidg. Forschungsinstitut für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Cadenazzo

³ Amt für Wald und Naturgefahren Kt. Graubünden

⁴ Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen

Introduction

Les incendies de forêt ne sont plus une rareté en Suisse depuis longtemps et, selon les prévisions actuelles, ils seront de plus en plus fréquents à l'avenir. Toutefois, cela ne signifie pas nécessairement qu'ils causent des dommages plus importants. Grâce à une prévention ciblée et à des concepts de lutte efficaces, il est possible et nécessaire d'éviter les incendies de forêt intenses et à grande échelle, qui entraînent ensuite une vulnérabilité accrue aux risques naturels. Le cours "Feux de forêt et risques naturels", qui s'est déroulé les 30 et 31 août en Misox, traitait précisément de ces sujets. Les participants étaient des spécialistes des risques naturels et de la sylviculture de montagne de toute la Suisse et des pays voisins. Le premier jour du cours a été consacré aux apports théoriques et pratiques. Le lendemain, différents objets situés dans la zone de l'incendie de forêt de Soazza (incendie du 27.12.2016-03.02.2017) ont été visités et discutés.

Introduzione

Gli incendi boschivi hanno smesso da tempo di essere una rarità in Svizzera e, secondo le previsioni attuali, diventeranno più frequenti in futuro. Tuttavia, questo non significa necessariamente che causino un danno maggiore. Con una prevenzione mirata e concetti di controllo efficaci, si possono e si devono prevenire gli incendi boschivi intensivi e su larga scala, che in seguito causano una maggiore vulnerabilità ai rischi naturali. Il corso "Incendi boschivi e pericoli naturali", che ha avuto luogo dal 30 al 31 agosto in Mesolcina, ha trattato proprio questi argomenti. Tra i partecipanti c'erano specialisti dei pericoli naturali e delle foreste di montagna provenienti da tutta la Svizzera e dai paesi vicini. Il primo giorno del corso è stato dedicato agli input teorici e pratici. Il giorno successivo sono stati visitati e discussi diversi oggetti all'interno dell'area dell'incendio boschivo di Soazza (incendio del 27.12.2016-03.02.2017).

Einführung

Waldbrände sind auch in der Schweiz schon lange keine Seltenheit mehr und werden gemäss aktuellen Prognosen in Zukunft häufiger. Dies bedeutet aber nicht zwangsläufig, dass sie grössere Schäden anrichten. Mit zielgerichteter Prävention und effektiven Bekämpfungskonzepten können und sollen intensive und grossflächige Waldbrände verhindert werden, die nachfolgend erhöhte Vulnerabilität gegenüber Naturgefahren verursachen. Mit genau diesen Themen hat sich der Kurs «Waldbrand und Naturgefahren», der vom 30-31. August im Misox stattgefunden hat, beschäftigt. Unter den Teilnehmenden befanden sich Naturgefahrenspezialisten und Gebirgswaldspezialisten aus der ganzen Schweiz und aus dem nahen Ausland. Der erste Kurstag war den Inputs aus Theorie und Praxis gewidmet. Am nächsten Tag wurden verschiedene Objekte innerhalb des Waldbrandgebietes in Soazza (Brand von 27.12.2016-03.02.2017) besichtigt und diskutiert.

Waldbrandgefahr und -Risiko

Die Risikoanalyse ist der erste Schritt zur effizienten Verhinderung grösserer Folgeschäden von Waldbränden (Abb.1 und Abb.2). Die Entzündungs- und Ausbreitungsgefahr ist von den Faktoren Höhe, Neigung, Exposition, Vegetationstyp und der Nähe zu den menschlichen Aktivitäten (Stadt-Land-Verzahnung) abhängig. Das daraus folgende Waldbrandregime wird dann durch die Menge, Zusammensetzung, räumliche Verteilung und Feuchtigkeit des Brandgutes sowie der bestehenden Entzündungsquellen (Mensch, Blitzschlag) bestimmt. Ebenfalls wichtig für die Risikoanalyse sind die potentiellen ökologischen sowie ökonomischen Folgen eines Waldbrandes. Im Falle des Brandes in Soazza war das Schadenpotential bereits während des Ereignis hoch: eine Kantons-, eine Nationalstrasse, eine Hochspannungsleitung, 2 Ferienhäuser, 1 Einfamilienhaus sowie diverse Wanderwege. Nach dem Brand waren vor allem die Verkehrswege und einige Häuser weiterhin von gravitativen Naturgefahren bedroht (Steinschlag, Rutschung, Murgänge, Lawinen usw.). Bei weiterer Ausbreitung des Feuers wären zudem die Dörfer Mesocco und Soazza betroffen gewesen. Die Resultate der Risikoanalyse sind ausschlaggebend bei der Priorisierung der Umsetzung präventiver Massnahmen.

Prävention und Massnahmen

Der nächste Schritt in der Prävention ist die Erarbeitung von Konzepten für den Ernstfall. Dazu gehören organisatorische Massnahmen bei der Bekämpfungsorganisation (Aufbau, Ausrüstung und die Schulung eines Teams von Einsatzkräften sowie deren

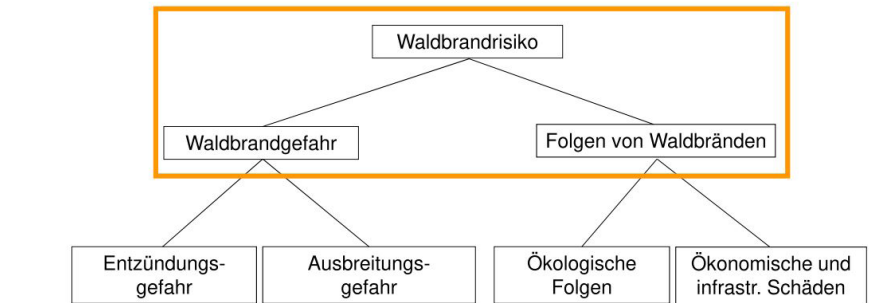


Abbildung 1: Konzeptionelle Darstellung der Ermittlung des Waldbrandrisiko (Quelle: Conedera 2021).

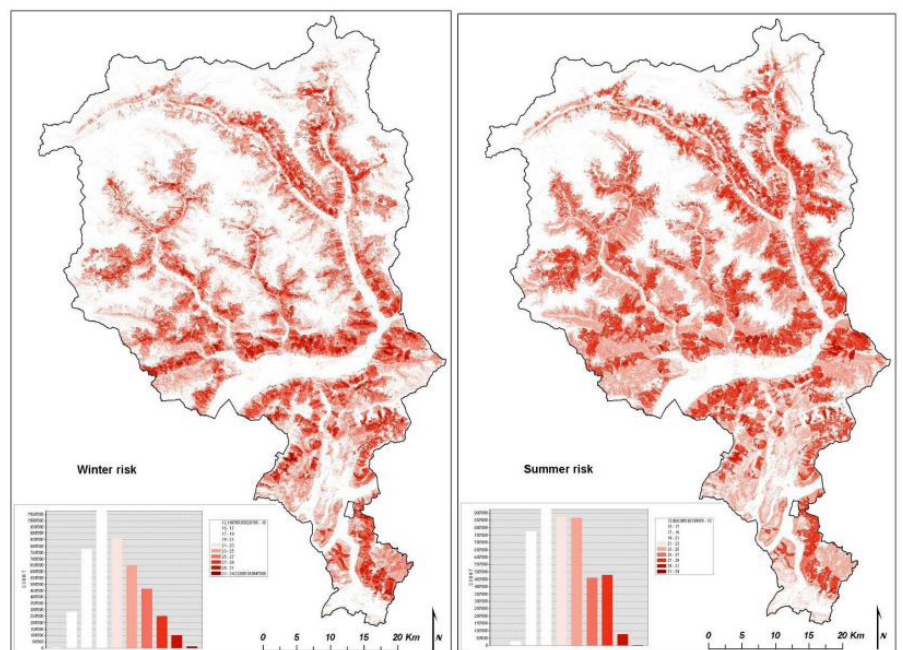


Abbildung 2: Beispiel eines Waldbrandrisiko Karte. (Quelle: Conedera 2021).

Rollen- und Aufgabenverteilung) sowie technische Massnahmen im Gelände (Aufbau und Unterhalt der Löschinfrastuktur wie z.B. Löschwasserbecken, Wasserentnahme stelle, Wegen, usw.). Zum Beispiel sollte ein Helikopter vom Löschwasserbecken zur Brandfläche höchstens 2-5 Minuten benötigen. Diese Infrastrukturen und Einsatzkonzepte sparen im Ernstfall wertvolle Zeit. Wenn ein Ereignis eintritt, ist es wichtig die Löschprioritäten und eine daran angepassten Löschrategie zu definie-

ren. Dafür ist unter anderem auch eine gute Ortskenntnis entscheidend. Diese Faktoren waren im Fall des Brandes in Soazza vorhanden und haben massgeblich zur Einschränkung des Schadens beigetragen.

Naturgefahren während und nach einem Brand

Ein Waldbrand bringt eine erhöhte Wahrscheinlichkeit verschiedene Naturgefahren mit sich. Davon treten einige noch während des

Brandes auf und andere erst Jahre später (Abb.3):

- Während des Brandes: Steinschlag
- 0-2 Jahre nach Brand: Erosion, Oberflächenabfluss und Murgang
- 2-5 (30) Jahre: Steinschlag
- 5-30 Jahre: flachgründige Rutschungen

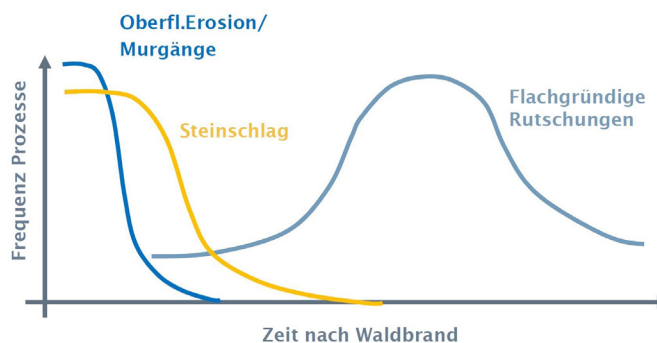


Abb.3: Kozeptionelle Darstellung der Dispositionsdynamik von verschiedene Gefahrenprozesse (Quelle: Schwarz 2021).

Das Ausmass nachfolgender Ereignisse ist neben der Topografie und der Geologie auch von der Resilienz des betroffenen Waldbestandes abhängig.

Bei der Begehung der unteren Waldbrandfläche, die vor 5 Jahren gebrannt hatte, fiel auf, dass der Waldbrand für den Laien kaum mehr sichtbar war. Der Boden war an vielen Stellen wieder durch eine Grasschicht bedeckt und nur wenige Bäume sind tot oder haben nicht wieder ausgeschlagen. Das oberirdische Wachstum darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass durch den Brand viele Wurzeln bei den sterbenden oder wiederausschlagenden Bäumen 5 Jahre nach dem Brand zu einem guten Teil zersetzt sind. Es ist deshalb zu früh zu sagen, dass die Schutzfunktion wieder intakt ist. Die Rutschungen werden vermutlich in den nächsten Jahren eher zunehmen. Eine vom Brand betroffene Fläche mit Eichen ist Teil des Dauerbeobachtungsprogramms der IAP AG. Die Untersuchungen der nächsten Jahre zusammen mit den Daten der vergangenen Jahrzehnte könnten spannende Rückschlüsse auf die Resilienz dieses Bestandes erlauben.

Ein anderes Bild als die betroffenen Laubwälder zeigen die Fichtenwälder im oberen Bereich des Waldbrandes. Um die Ausbreitung von Borkenkä-

fern zu vermeiden wurden zudem an kritischen Orten die Fichten vorsorglich entfernt bzw. für den temporären Schutz vor Steinschlag quergelegt und entrindet. Dort ist zwar der Boden wieder etwas begrünt, viele Fichten sind jedoch in den Jahren nach dem Brand den beschriebenen vorsorglichen Massnahmen zusätzlich abgestorben. Auf diesen Flächen besteht deshalb erhöhte Lawinengefahr.

Nicht direkt von Brand betroffen, aber interessant im Sinne der waldbaulichen Präventionsmassnahme, um Schäden durch Naturgefahren zu verringern, war ein Eingriff auf einem Streifen oberhalb der Kantonsstrasse sichtbar. Viele hohe Laubbäume wurden auf ca. 8-10 Metern geköpft, mit dem Ziel, die Stämme und die Wurzeln stabiler zu machen. Gleichzeitig wollte man die Verjüngung fördern. Somit kann die Verjüngung einleiten und die Stammzahl des Altbestandes hoch halten, ohne gleichzeitig die Steinschlag- und Rutschungsgefahr zu erhöhen.

Fazit

Der Brand in Soazza konnte durch gute Prävention, Organisation und Infrastruktur erfolgreich eingeschränkt werden. Bis jetzt konnten damit grössere

Schäden an Infrastrukturen verhindert werden. Etwas besorgt erwartet man die Zukunft bezüglich der in nächster Zeit möglichen Rutschungen. Ein solches Objekt gibt aber auch immer die Möglichkeit kurz- und längerfristigen Auswirkungen eines Waldbrandes zu beobachten und daraus zu lernen. Weiteres Verbesserungspotential existiert auch bei der Bekämpfungsinfrastruktur. Bei der Schlussdiskussion ist es zum Beispiel vermehrt der Wunsch geäussert worden, bei der Helikopterflotte zu prüfen, ob für die Zukunft auf schweizerischer Ebene 1-2 grössere und für die Waldbrandbekämpfung geeignete Maschinen mit 5'000-10'000 l mit der Möglichkeit, Nachteinsätze zu leisten nicht möglich wären.

Literatur

Schwarz M, 2021. Gefahrenanalyse nach Waldbrand. Kursunterlagen FAN Kurs, unveröffentlicht. Hochschule für Agrar-, Forst und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Zollikofen, 68 S.

Conedera M, 2021. Kartierung der Waldbrandgefahr und -risiko am Beispiel vom Kanton Tessin. Kursunterlagen FAN Kurs, unveröffentlicht. Eidg. Forschungsinstitut für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Cadenazzo 64 S.



Demonstration des Wasserabzugs aus dem Feuerlöschbecken von Cramegn in Soazza mit eine Löschwasser-Aussenlastbehälter für Hubschrauber und Wurf in den Wald. (Foto: Giorgio Moretti)



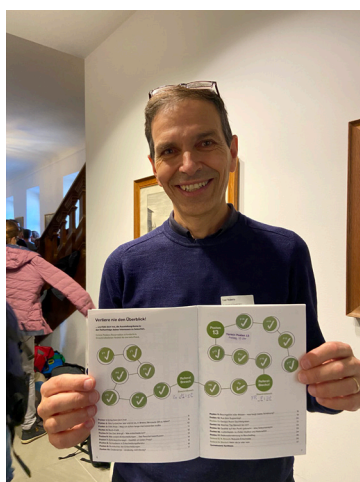
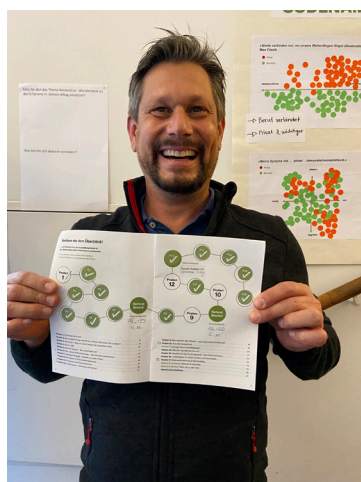
Verbrannte Fläche (Motela Gebiet) im Jahr 2016 direkt über der A13 und der Kantonstrasse: unten sieht man, dass die Eichen immer noch grün und nicht abgestorben sind, in die obere teil sieht man entgegen die gestorbene Fichten. Aus dem oberen Bereich gingen im Winter 2020/2021 zwei Nassschneelawinen ab. Die Lawinen haben sich jedoch im Eichenwald abgelagert. (Foto: Giorgio Moretti)

Impressionen vom FAN-Herbstkurs 2021

Hitzkirch (LU) - "Spannungsfeld der Entscheidungen"



Ausstellungsteam FAN-Herbstkurs 2021 "Spannungsfeld der Entscheidungen" in Hitzkirch.
vordere Reihe, v.l.n.r.: Eva Frick, Sonja Cosandey, Seraina Fehr, Dörte Aller, Jana Hess, Rachel Lüthi, Ingrid Senn, Flurina Schnider, Franziska Egloff, Séverine Boll, Livia Bürkli, Stefanie Almazan Delfini, Annina Stein, Flurina Brunold, Flavia Zumbühl, Annette Bachmann, Sonja Zraggen. Hintere Reihe, v.l.n.r.: Eva Lunz, Catherine Berger, Gabi Hunziker, Maria Winterberger, Claudia Hostenstein, Antonia Haider mit Nachwuchs, Stefanie Lehmann, Cornelia Gusterer, Helene Gosteli. (Foto: Sandro Rütler)



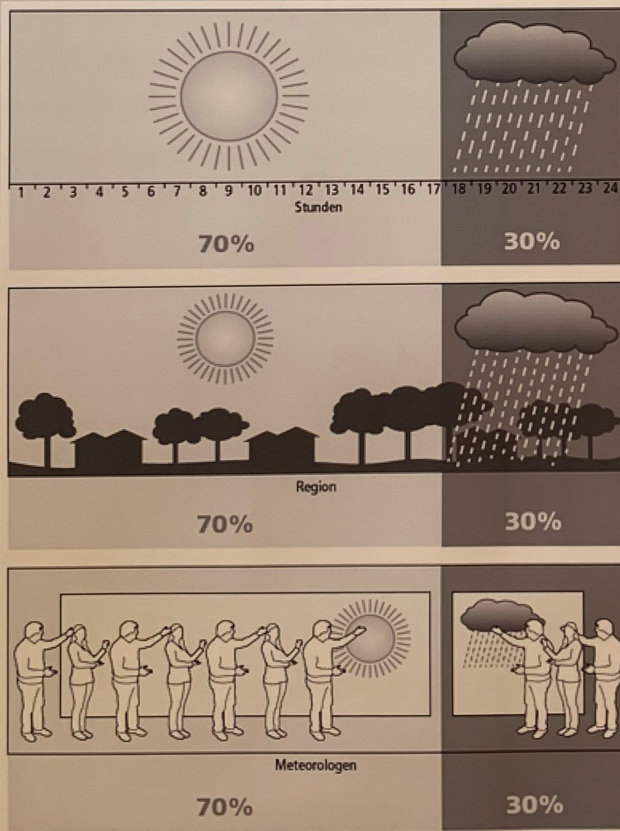
Ausstellungsgrundgang erfolgreich bewältigt. (Fotos: Dörte Aller)

«Experten sind eher Teil des Problems als die Lösung.»

zitiert aus Gerd Gigerenzer: Risiko, Seite 27



Was bedeutet: „Es wird morgen mit einer Wahrscheinlichkeit von 30 % regnen?“



Einige glauben, es werde morgen 30% der Zeit regnen (oberes Bild).

Andere meinen, es werde morgen in 30% der Region regnen (mittleres Bild).

Wiederum andere sind schliesslich der Ansicht, dass drei Meteorologen denken, es werde regnen während 7 das nicht tun (unteres Bild).

Tatsächlich wollen die Meteorologen etwas anderes damit sagen: dass es an 30% der Tage regnen wird, für die diese Vorhersage gilt.

Das Problem ist nicht nur im Kopf der Menschen, sondern besteht auch in der Unfähigkeit von Experten, verständlich zu sagen, was sie meinen.

zitiert aus Gerd Gigerenzer: Risiko, Seite 14f

Gerd Gigerenzer ist ein deutscher Psychologe, Direktor emeritus am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung (Abteilung: "Adaptives Verhalten und Kognition") und Direktor des Harding-Zentrum für Risikokompetenz am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung in Berlin.



Blick auf den Gorweschgraben und die Plaine Madeleine nordöstlich des Erosionsratters des Illgraben (VS). (Foto: Christoph Graf, WSL)