

JAHRRINGREKONSTRUKTION VERGANGENER MURGANGEREIGNISSE UND ERKENNUNG KÜNFTIGER RISIKEN IN 32 WILDBÄCHEN DER WALLISER ALPEN (SCHWEIZ)

TREE-RING BASED RECONSTRUCTIONS OF PAST DEBRIS-FLOW EVENTS AND ASSESSMENT OF FUTURE RISKS IN 32 TORRENTS OF THE VALAIS ALPS (SWITZERLAND)

Markus Stoffel^{1,2} und Michelle Bollschweiler³

ZUSAMMENFASSUNG

Im Auftrag des Schweizerischen Bundesamtes für Umwelt (BAFU) und des Kantons Wallis werden zurzeit in den Walliser Alpen (Schweiz) an 32 Wildbächen und auf deren Kegeln Jahrringanalysen durchgeführt, um so die vergangene Murgangaktivität zu rekonstruieren und detaillierte Grundlagen hinsichtlich der Erstellung von Gefahrenkarten zu erhalten. Die Projektarbeiten sind auf insgesamt fünf Jahre ausgelegt und wurden im Oktober 2006 in Angriff genommen. In diesem Beitrag wird ein Überblick über das Projekt „RUFINE“ im Allgemeinen sowie die Untersuchungsgebiete der 1. Projektphase (2006–2008) vermittelt. Durch die Präsentation erster Resultate aus dem Mattertal wird zudem aufgezeigt, dass Jahrringuntersuchungen auf bewaldeten Kegeln die Ereigniskataster nicht nur um mehrere Jahrhunderte erweitern, sondern auch um Faktoren im zweistelligen Bereich verdichten und so entscheidend bei der Erstellung von Gefahrenkarten helfen können.

Keywords: Frequenz, Magnitude, auslösende Faktoren, Dendrogeomorphologie, Jahrring.

ABSTRACT

By mandate of the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN) and the Canton of Valais, tree-ring analysis are currently being performed at 32 torrent and cones of the Valais Alps (Switzerland) in order to reconstruct previous debris-flow activity and to obtain valuable input data for the realization of hazard maps. The project behind this mandate is called „RUFINE“, has a duration of five years and was launched in October 2006. This paper wants to provide an overview on the project in general and on the study sites of the first phase (2006–2008) in particular. Through the presentation of first results from the Zermatt valley, it is shown that tree-ring analyses may not only help to extend the catastrophe of known events by

¹ Labor für Dendrogeomorphologie, Dept. Geowissenschaften, Universität Fribourg, chemin du Musée 4, 1700 Fribourg, Schweiz (Tel.: +41-26-300-9015; Fax: +41-26-300-9746; email: markus.stoffel@unifr.ch)

² Climate Change and Climate Impacts (C³i), Institut des Sciences de l'Environnement, Université de Genève, route de Drize 7, 1227 Carouge, Schweiz (email: markus.stoffel@unige.ch)

³ Labor für Dendrogeomorphologie, Dept. Geowissenschaften, Universität Fribourg, chemin du Musée 4, 1700 Fribourg, Schweiz (Tel.: +41-26-300-9249; Fax: +41-26-300-9746; email: michelle.bollschweiler@unifr.ch)

several centuries, but also to densify the amount of available data on past events by a two-digit factor, which is of crucial importance for the realization of hazard maps.

Keywords: debris flow, frequency, magnitude, triggers, dendrogeomorphology, tree ring.

EINLEITUNG

Die anhaltenden Niederschläge vom Oktober 2000 haben im Wallis zahlreiche Murgänge ausgelöst und viele Bäche über die Ufer treten lassen. Die Flüsse im Unterlauf vermochten die grossen Wasser-, Geschiebe- und Schwemmholzmengen nicht oder nur bedingt aufzunehmen, weshalb auch hier nachhaltige Beschädigungen oder die völlige Zerstörung von bewirtschaftetem Land und Objekten die Folge waren. Damit stellten die Unwetter vom Oktober 2000 nach den Hochwasserereignissen in den Jahren 1987 und 1993 ein weiteres Ereignis mit beträchtlicher Schadenfolge für den Kanton Wallis dar. Im Zusammenhang mit den erwähnten Unwettern wurden detaillierte Dokumentationen erstellt und mögliche Ursachen erforscht (VAW 1992, BWG 2002). Ebenso wurden im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms (NFP) 31 „Klimaänderung und Naturkatastrophen“ erste Daten zu Hochwasserereignissen der schweizerischen Alpenflüsse während der letzten Jahrhunderte gesammelt (Pfister 1999).

Am Labor für Dendrogeomorphologie der Universität Freiburg (CH) wurden während der letzten Jahre umfangreiche Ereignisrekonstruktionen an Wildbächen und Rinnen vorgenommen, so dass heute namentlich für gewisse Rinnen im Matteredal (Stoffel et al. 2005a, 2008, Stoffel 2008a), Lötschental (Stoffel et al. 2006), Val Ferret (Bollschweiler & Stoffel 2007) sowie bei Naters (Bollschweiler et al. 2007) umfassende Informationen zur vergangenen Muraktivität vorliegen (siehe auch Tabelle 1 unter ‚Vorstudien‘). Durch die umfangreichen Rekonstruktionen von Murreignissen bestehen in den erwähnten Wildbächen und Rinnen bereits heute detaillierte Datenpools zu Ereignissen der Vergangenheit. Im Gegensatz dazu fehlen für andere Einzugsgebiete im Kanton vergleichbare Datengrundlagen oder sind nur lückenhaft vorhanden. So fehlen vorab Angaben zur Frequenz (*wie häufig?*), Volumen (*wie gross?*), räumlichen Mustern (*wo?*) oder Jahreszeitlichkeit (*wann?*) vergangener Ereignisse.

Aus diesem Grund hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) gemeinsam mit dem Kanton Wallis (Dienststelle für Wald und Landschaft, Dienststelle für Strassen und Flussbau) das Labor für Dendrogeomorphologie (www.dendrolab.ch) im Oktober 2006 beauftragt, während fünf Jahren und im Hinblick auf die Erstellung von Gefahrenkarten 32 Rinnen und Wildbäche zu untersuchen und mit Jahrringuntersuchungen vergangene Ereignisse zu erfassen. Nebst der reinen Rekonstruktion vergangener Ereignisse sollen vorab die folgenden Fragen beantwortet werden:

- Wo und wie häufig traten Murgänge auf?
- Wie viel Material wurde bei vergangenen Ereignissen transportiert und wo wurde es abgelagert?
- Wie hat sich die Frequenz in der Vergangenheit verändert?
- Wann und warum sind Murgänge in der Vergangenheit aufgetreten?
- Welche meteorologischen Bedingungen (insbesondere Temperatur und Niederschlag) und welche Grosswetterlagen herrschten während vergangener Ereignisse vor?
- Wo bestehen heute Schwachstellen im Gerinneverlauf?
- Wo traten in der Vergangenheit Ausbrüche, Übermürungen und Übersarungen auf?

Der vorliegende Beitrag kann die aufgeführten Fragen nicht allesamt beantworten. Vielmehr soll er einen Überblick über das Projekt „RUFINE“ (<walliserdeutsch>: Murgang, Hangmure oder Schlammlawine) vermitteln, indem er (i) Einblick in die verwendeten Methoden gibt, die zur Erfassung vergangener Ereignisse verwendet werden und (ii) eine Zusammenstellung der Untersuchungsgebiete gibt. Zudem werden (iii) für das Mattertal erste Resultate präsentiert.

METHODEN

Die Rekonstruktion alter Murgang- und Wildbachereignisse erfolgt durch die Untersuchung von Bäumen, welche durch vergangene Ereignisse beschädigt wurden. Die Analyse der Zuwachsringe von Bäumen erlaubt eine jahrgenaue Rekonstruktion dieser Ereignisse und lässt so Schlüsse über die Frequenz und Grösse älterer wie jüngerer Murgangereignisse zu.

Geomorphologische Detailkartierung der Rinnen und Kegel

Die Durchführung einer Detailkartierung (1:1000) bildet die Grundlage der gesamten weiteren Untersuchung. Durch die Aufnahme der Ablagerungsformen entlang der Rinnen und auf den Kegeln sowie die Lokalisierung geschädigter und zu beprobender Bäume lassen sich (i) die räumliche Ausbreitung von einzelnen Ereignissen aufzeigen und (ii) im Idealfall Ablagerungen bestimmten Ereignissen zuordnen. Für die Kartierung der Formen und Ablagerungen werden Kompass, Distanz- und Neigungsmesser verwendet (Lièvre 2002).

Dendrogeomorphologische Untersuchungen

Aufbauend auf den Ergebnissen der Kartierung und anhand einer äusseren Begutachtung der Bäume werden in einem weiteren Schritt Laub- und Nadelbäume ausgewählt, die durch vergangene Muraktivität Schaden genommen haben. Der Standort der Bäume wird auf die Detailkarte übertragen, die anschliessende Beprobung erfolgt mit Zuwachsbohrern, im Einzelfall werden Bäume gefällt oder von bereits gefällten Baumstrünken Stammscheiben entnommen. Im Jahrringlabor werden die Bohrkerne auf Holzträger geklebt und geschliffen, Jahrringe gezählt sowie die Jahrringbreiten mit einem LINTAB-Messtisch und der Software TSAP 3.0 (Rinntech 2007) vermessen. Die Messkurven der „Murgangsbäume“ werden alsdann mit jenen der Referenzbäume abgeglichen, um so Störungen, die den gesamten Bestand betreffen (Insektenepidemien, klimatische Einflüsse), von Murgangschäden unterscheiden zu können (Cook & Kairiukstis 1990).

Auf den Wachstumskurven wird vorab nach abruptem Wachstumseinbrüchen und –schüben gesucht (Schweingruber 2001) und im Falle schräg gestellter Baumachsen nach exzentrischem Wachstum (Fantucci & Sorriso-Valvo 1999). Schliesslich werden die Bohrkerne auch noch unter dem Binokular untersucht, um weitere Anzeichen vergangener Muraktivität in der Form von Kallusgewebe und traumatischen Harzkanalreihen in der Nähe von Wunden festzustellen (Stoffel et al. 2006, Bollschweiler et al. 2008a, b, Stoffel 2008b). Für weitere Details zur Dendrogeomorphologie, zur Auswahl der Bäume sowie zur Bearbeitung von Bohrkernen und Stammscheiben sei auf Stoffel & Bollschweiler (2008) verwiesen.

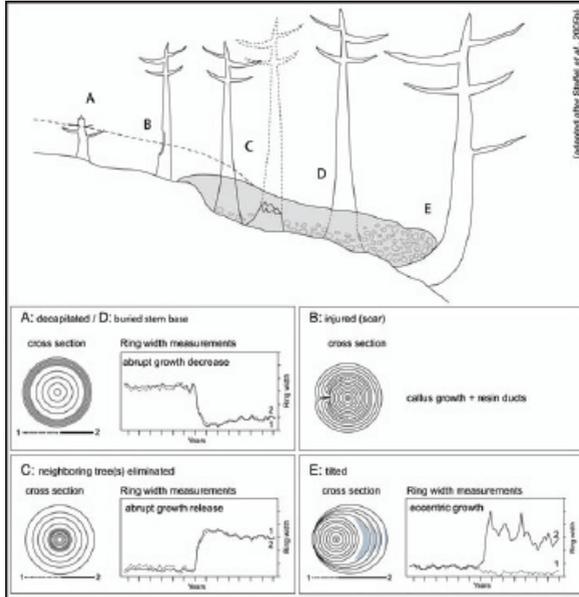


Abb. 1: Bäume können durch Murgänge geköpft, verletzt, schräg gestellt oder verschüttet werden und reagieren auf die Störung mit charakteristischen Wachstumsanomalien (Bildnachweis: Bollschweiler et al. 2007).

Fig. 1: Trees can be decapitated, injured, tilted or (partially) buried by debris flows. They react upon these disturbances with characteristic growth anomalies (Bildnachweis: Bollschweiler et al. 2007).

Frequenzrekonstruktion in einzelnen Wildbäche und Rinnen

Durch die Datierung der Wachstumsanomalien und die räumliche Verteilung der Bäume, die gleichzeitig auf ein Ereignis reagiert haben, lässt sich für die einzelnen Bäche eine Frequenz zur vergangenen Aktivität erstellen. Da aber bei sehr stark eingetieften Rinnen, Bereichen mit jungem Bestand oder sehr flüssigen Muren vereinzelt Ereignisse nicht erfasst werden können, sind die Resultate stets als „minimale Frequenz“ zu betrachten (Bollschweiler et al. 2008a).

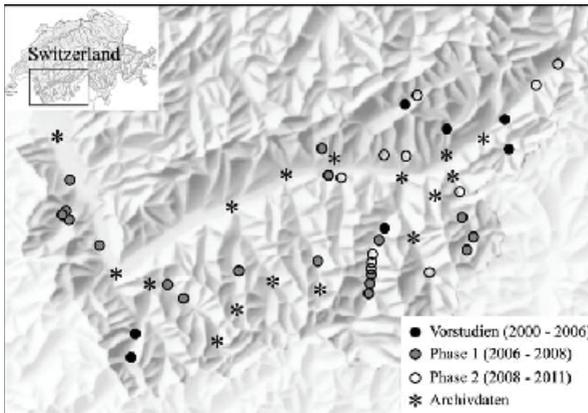
Räumliche Muster, Ausbruchsstellen und Magnituden

In einem weiteren Schritt werden die datierten Reaktionen in den gestörten Bäumen mit der Kartierung der Rinnen und Ablagerungen verbunden, um so ein räumliches Bild für jedes der vergangenen Ereignisse zu erhalten und einzelne Muren und Hochwasserabflüsse in einen Gesamtzusammenhang zu stellen. Dabei kann vor allem die räumliche Ausdehnung von Ereignissen abgeschätzt und das Alter inaktiver Rinnen eruiert werden. Falls in Ablagerungen (Loben, Levées) überlebende Bäume vorhanden sind, lässt sich das beim Ereignis abgelagerte Material quantifizieren und erlaubt so annäherungsweise Rückschlüsse auf die Mindestgröße des Ereignisses. Daneben lässt sich mit Hilfe der Resultate auch eine grobe Abschätzung der unmittelbaren Gefährdung von Gebäuden und Infrastruktur vornehmen. Ein sehr zentraler Aspekt ist dabei die Ausweisung potenzieller Ausbruchsstellen im aktuellen Gerinneverlauf.

Die Rekonstruktionen der einzelnen Untersuchungsgebiete werden in einem aufbauenden Schritt untereinander und alsdann mit den Chronikeintragungen und Abflussdaten der Flüsse im Wallis und Tessin verglichen, um so die Ausdehnung und das räumliche Verhaltensmuster vergangener Ereignisse abzuschätzen (Stoffel et al. 2005a, Bollschweiler & Stoffel 2007). Für Ereignisse der letzten Jahrzehnte sollen auch Niederschlags- und Temperaturdaten (Auer et al. 2005, Begert et al. 2005) herangezogen werden, um das Verhalten der Wildbäche besser abschätzen zu können. Ebenso werden bei Ereignissen mit Tiefdruckgebieten im Golf von Genua und Staulagen am Alpensüdkamm – wie dies im September 1993, September 1994 und Oktober 2000 der Fall war – die Resultate mit Daten aus Norditalien abgeglichen.

UNTERSUCHUNGSGEBIETE

Das Projekt „RUFINE“ wird in zwei Phasen durchgeführt: In einer ersten Phase (Oktober 2006 bis September 2008) werden insgesamt 16 Wildbäche und Rinnen untersucht. Diese sind in Abbildung 2 mit grauen Kreisen dargestellt. Gemeinsam mit den bereits analysierten Rinnen und Kegeln (Vorstudien 2000–2006; schwarze Kreise) sollten somit bis Ende 2008



für 23 Einzugsgebiete im Kan-ton umfassende Informa-tionen zur räumlichen und zeitlichen Muraktivität zur Verfügung stehen. Die mit weissen Kreisen markierten Bäche und Rinnen sind für die zweite Projektphase (2008–2011) vorgesehen, die dargestellte Auswahl ist provisorisch und bedarf der Zustimmung des Kantons Wallis. In den mit Sternen bezeichneten Ortschaften werden Chronikdaten ausgewertet.

Abb. 2: Murgang-Untersuchungsgebiete des Labors für Dendrogeomorphologie im Kanton Wallis (Schweizer Alpen). Rinnen und Wildbäche, die im Rahmen des Projekts „RUFINE“ untersucht werden sollen, sind mit grauen und weissen Kreisen gekennzeichnet.

Fig. 2: Debris-flow study sites of the Laboratory of Dendrogeomorphology in The Canton of Valais (Swiss Alps). The torrents and gullies that shall be analyzed within the project “RUFINE” are indicated with grey and white dots.

Tabelle 1 vermittelt einen Überblick über die Vorstudien (2000–2006) sowie die im Rahmen der ersten Projektphase von „RUFINE“ bearbeiteten Untersuchungsgebiete und das bereits vorhandene Probenmaterial. Bis dato wurden die Projektarbeiten in 13 von 16 Wildbächen in Angriff genommen und auf den Murkegeln sowie entlang der Rinnen 3924 Bohrkerne und Stammscheiben entnommen.

Tab. 1: Detaillierte Übersicht zu den Untersuchungsgebieten des Dendrolabors Fribourg mit Resultaten der Vorarbeiten (2000–2006), Daten zur 1. Phase des Projekts „RUFINE“ (Okt. 2006 – Sept. 2008) und zum aktuellen Stand der Arbeiten (Referenzdatum: Dez. 2007).

Table 1: Detailed overview on the study sites of the Dendrolab Fribourg with results from previous studies, data from the 1st phase of the “RUFINE” project (Oct 2006 – Sept 2008) and the current state of work progress (reference date: Dec 2007).

	Untersuchungsgebiet	Ortschaft	Anzahl Proben	ältestes Ereignis	Anzahl Ereignisse	Abschluss der Arbeiten
Vorstudien	Bruchi	Naters	802	1850	40	abgeschlossen
	Ritigraben	St. Niklaus	2246	1550	123	abgeschlossen
	Birchbach	Blatten	520	1750	19	abgeschlossen
	Reuse de Saleinaz	Orsières	456	1700	39	abgeschlossen
	Torrent de la Fouly	Orsières	100	1800	30	abgeschlossen
Projekt RUFINE (Phase 1, 2006 – 2008)	Laggina	Simplon-Dorf	133	1850	in Bearb.	Mitte 2008
	Grosses Wasser	Gondo	136	1800	in Bearb.	Mitte 2008
	Rots Chi	Zwischbergen	239	1650	in Bearb.	Mitte 2008
	Grosse Grabe	St. Niklaus	222	1800	49	abgeschlossen
	Geisstriftbach	St. Niklaus	719	1750	33	Mitte 2008
	Birchbach	Randa	328	1700	in Bearb.	Ende 2008
	Wildibach	Randa	694	1700	in Bearb.	Ende 2008
	Milibach	Albinen	17	1900	in Bearb.	Mitte 2008
	Illgraben	Leuk-Susten	1315	1800	in Bearb.	Ende 2008
	Torrent du Pétérey	Ayer	70	1850	13	abgeschlossen
	Torrent du Bajin	Pralong	-	-	-	Arbeitsbeginn 2008
	Le Merdenson	Vollèges	51	1850	in Bearb.	Mitte 2008
	Torrent de Lourtier	Bagnes	390	1800	in Bearb.	Ende 2008
	Torrent de la Greffe	Vionnaz	313	1800	in Bearb.	Mitte 2008
	La Vièze	Val d'Illiez	-	-	-	Arbeitsbeginn 2008
St. Barthélemy	St. Maurice	-	-	-	Arbeitsbeginn 2008	

Total (Projekt RUFINE)	4627	-	95
Durchschnitt (Projekt RUFINE)	356	AD 1788	-
Total (inkl. Vorarbeiten 2000-2006)	8751	-	346
Durchschnitt (inkl. Vorarbeiten)	486	AD 1772	-

Eine erste Begutachtung des Probenmaterials zeigt auf, dass aufgrund des beachtlichen Alters der zu untersuchenden Laub- und Nadelbäume in den verschiedenen Untersuchungsgebieten Rekonstruktionen zur Frequenz sowie zu räumlichen Mustern vergangener Ereignisse im Schnitt bis ins späte 18. Jahrhunderts möglich sein dürften. Im Fall der überdurchschnittlich alten und nur minim bewirtschafteten Lärchen-, Fichten- und Arvenbestände des südlichen Mattertals und der Simplon-Südseite erwarten wir für diese Gebiete ausgiebige Resultate ab AD 1700.

Aussagen zu den Frequenzen in den einzelnen Wildbächen sowie zur Anzahl Ereignisse lassen sich zum jetzigen Zeitpunkt nicht machen, da endgültige Resultate zur vergangenen Muraktivität erst für drei Bäche (Grosse Grabe, Geisstriftbach, Torrent de Péteyre) vorliegen und 95 datierte Murgangereignissen umfassen. Gerade für den Grosse Grabe und den Geisstriftbach liefern die Rekonstruktionen mit 49 bzw. 33 Ereignissen sehr wertvolle Daten, da für beide Wildbäche (praktisch) keine Archivangaben zu früheren Ereignissen existierten.

Die Untersuchungen zur Grössenabschätzung vergangener Murgänge auf diesen und anderen Kegeln laufen noch, Ergebnisse liegen noch keine vor. Ebenso ist auch noch kein Abgleich der rekonstruierten Murgang- mit Meteo- oder Chronikdaten erfolgt. Diese Untersuchungen werden erst nach Abschluss der dendrogeomorphologischen Analysen in Angriff genommen werden.

ERSTE RESULTATE AUS DEM MATTERTAL

Das Mattertal ist für dendrogeomorphologische Untersuchungen in verschiedener Hinsicht besonders geeignet. Einerseits fördern das hangparallele Schichtfallen an den Westflanken und die stark zerrütteten Augengneise das Auftreten von Muren aus den hoch gelegenen Anrissgebieten. Daneben entladen sich an den steilen Kämmen und Gletscherkesseln immer wieder Sommergewitter, im Herbst führen Tiefdrucklagen im Golf von Genua durch das Heranführen feucht-warmer Luftmassen an den Alpensüdkamm zu lang anhaltenden und intensiven Niederschlägen (wie im August 1987, September 1993, September 1994 und im Oktober 2000). Andererseits profitieren die Untersuchungen davon, dass die Murkegel im Talgrund mit ausserordentlich alten Nadelwäldern (Lärchen, Fichten und Arven) bestanden sind und so mehrhundertjährige Rekonstruktionen zulassen.

In Abb. 3 sind die bestehenden sowie die weiteren möglichen Untersuchungsgebiete im Mattertal wiedergegeben. Es ist geplant, bis 2011 auf insgesamt acht Kegeln dendrogeomorphologische Untersuchungen durchzuführen. Zum jetzigen Zeitpunkt existieren Rekonstruktionen lediglich für den Geisstriftbach und Grosse Grabe (Projekt „RUFINE“, Phase 1) sowie den Ritigraben (Vorstudien 2000–2006).

Für diese drei Bäche konnten mit 3187 Bohrkernen und Stammscheiben nicht weniger als 205 Murgangereignisse seit der Mitte des 16. Jahrhunderts rekonstruiert werden (siehe Stoffel & Beniston 2006; Bollschweiler et al. 2008a; Stoffel 2008a; Stoffel et al., 2008). Im Vergleich zu den bislang bekannten Ereignissen (15 dokumentierte Murgänge) stellen die Ergebnisse der Jahrringuntersuchungen für jedes der Gebiete eine Erweiterung der vorhandenen Einträge im Ereigniskataster um einen zweistelligen Faktor dar.

Auf allen Kegeln liessen sich durch die Kombination der Jahrringdaten mit den Ergebnissen der Kartierung Ereignisse in heute inaktiven Rinnen rekonstruieren, bevorzugte Ausbruchstellen im Gelände festlegen und Schwachstellen im Gerinneverlauf aufzeigen. Auf dem Kegel des Ritigraben liessen sich überdies sogar Rückschlüsse auf die Grösse von Murgangereignissen ziehen.

Im Wildibach und Birchbach sind zum jetzigen Zeitpunkt die Kartierung sowie die Beprobung der durch Murgänge geschädigten Lärchen und Fichten abgeschlossen (1022 Bohrkern und Stammscheiben). Aufgrund erster Abschätzungen dürften auch für diese

beiden Wildbäche Rekonstruktionen bis ins früheste 18. Jahrhundert möglich sein und umfassende Daten zur vergangenen Muraktivität erarbeitet werden können.

Die Arbeiten im Dorfbach, Fallzug und Bielzug sollen erst in der zweiten Phase des Projekts „RUFINE“ in Angriff genommen werden. In diesen Bächen werden ebenfalls wichtige Informationen zur vergangenen Muraktivität erwartet. Wegen der kleineren Waldbestände auf den Kegeln, dem jüngeren Alter der Bäume sowie der gleichzeitigen Beeinflussung der Bestände durch Lawinen und Murgänge wird aber mit zeitlich eher limitierten und weniger umfassenden Datensätzen gerechnet.

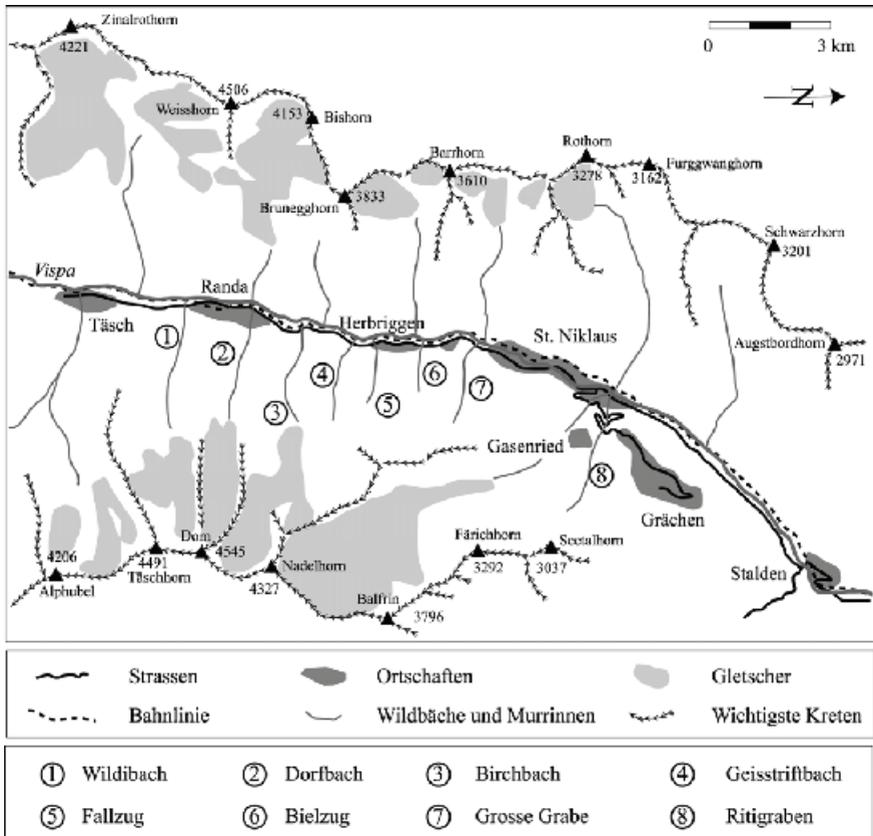


Abb. 3: Untersuchungsgebiete des Labors im Matternal. Für den Geisstriftbach, Grosse Grabe und Ritigraben liegen Resultate bereits vor. Im Wildibach und Birchbach ist die Kartierung und Beprobung abgeschlossen. Der Dorfbach, Fallzug und Bielzug sollen in der zweiten Phase des Projekts „RUFINE“ untersucht werden.

Fig. 3: Study sites in the Zermatt valley. Results already exist for the Geisstriftbach, Grosse Grabe and Ritigraben. The Wildibach and Birchbach torrents are currently being analyzed, whereas analyses in the Dorfbach, Fallzug and Bielzug are only planned for the second phase of the “RUFINE” project.

Die rekonstruierten Frequenzen des Geisstriftbachs, Grosse Grabe und Ritigraben seit 1850 sind in Abb. 4 wiedergegeben. Obwohl die drei Wildbäche vergleichbare Verhältnisse im Anrissgebiet aufweisen, auf ähnlicher Höhe ihren Ursprung haben und nur wenige Kilometer voneinander entfernt sind, weisen sie doch deutliche Unterschiede in der rekonstruierten Frequenz auf. Es scheint, als ob der Ritigraben das mit Abstand aktivste Gerinne sei und im Geisstriftbach die geringste Aktivität vorgeherrscht haben dürfte.

Die beprobten Bäume auf den drei Kegeln weisen allesamt ein beachtliches Alter auf, weshalb sie Ereignisse in ihren Jahrringserien hätten registrieren müssen. Obwohl es durchaus möglich ist, dass die Aktivität in den drei Rinnen tatsächlich verschieden ausgeprägt war, so scheint es auch wahrscheinlich, dass einzelne Ereignisse des Grosse Grabe und des Geisstriftbachs das (stark) eingetiefte Gerinne nicht verlassen haben und sich so der dendrogeomorphologischen Rekonstruktion entziehen konnten.

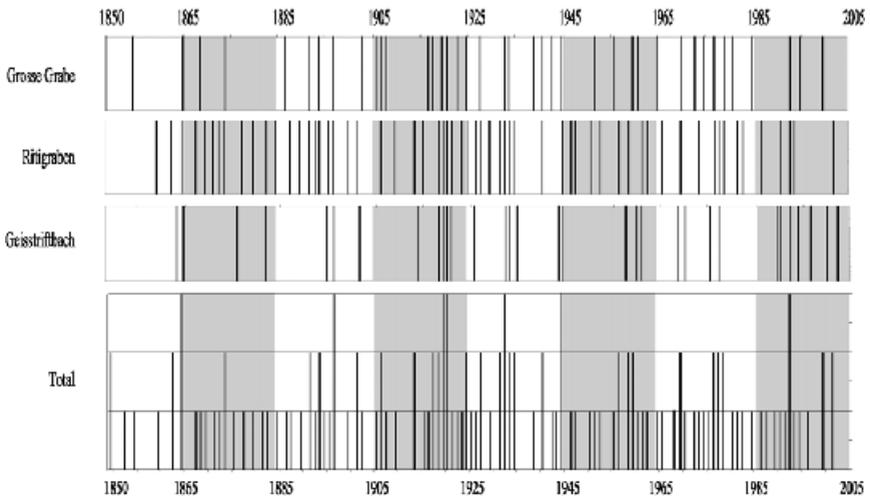


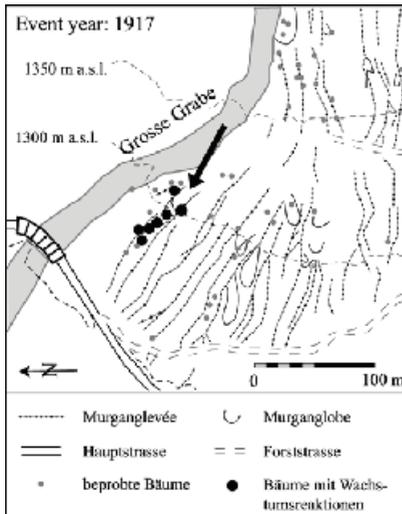
Abb. 4: Vergleich der rekonstruierten Murgangfrequenzen (1850–2007) im Ritigraben, Grosse Grabe und Geisstriftbach. Es fällt auf, dass in einzelnen Jahren mehrere Bäche aktiv waren (Total), in anderen aber nur in jeweils einer Rinne Bäume auf Muren reagiert haben.

Fig. 4: Comparison of frequencies (1850–2007) reconstructed for the Ritigraben, Grosse Grabe and Geisstriftbach torrents. It also seems as if several torrents would have been active during particular events (Total), whereas only one torrent has caused damage to trees in other years.

Nebst den Unterschieden in den einzelnen Bächen und trotz der erwähnten Einschränkungen lassen sich durchaus Ähnlichkeiten im Murgangverhalten ausmachen. So erkennen wir etwa mehrere Jahre, in welchen mindestens zwei Bäche Murgänge produzierten, in anderen Jahren können für alle drei Bäche Ereignisse rekonstruiert werden.

Des Weiteren fällt auf, dass zu Beginn des 20. Jahrhunderts und bis in die 1930er zahlreiche Murgänge auftraten – dies in einer Zeit, als in den Alpen warm-feuchte Sommer vorherrschten (Pfister 1999). Ebenso fällt die geringe Aktivität des späten 20. Jahrhunderts und der letzten Jahre auf, während derer nur sehr vereinzelt Ereignisse registriert wurden. Da

das Material im Anrissgebiet nicht als limitierender Faktor angesehen werden kann, wird davon ausgegangen, dass im Mattertal vorab der Niederschlag den limitierenden Faktor für die Auslösung von Murgängen darstellt. Ein detaillierter Vergleich der rekonstruierten Murgangfrequenzen mit meteorologischen Daten in einem nächsten Schritt wird hier hoffentlich Klarheit schaffen können



Nebst den Erkenntnissen zur Frequenz konnten durch die Jahrringuntersuchungen auch das räumliche Verhalten einzelner Ereignisse in den drei vorgenannten Bächen erfasst und dadurch Ausbruchstellen aus dem Gerinne und die Aktivität in heute nicht mehr benutzten Rinnen rekonstruiert werden. In Abbildung 5 ist ein solcher Ausbruch aus dem Grosse Grabe (bei St. Niklaus) dargestellt, wie er sich beispielsweise bei einem Murgang im Jahre 1917 zugetragen hat.

Durch die detaillierte Ausweisung bevorzugter Ausbruchstellen vergangener Ereignisse und die Begutachtung der Situation im Gelände lassen sich Sektoren mit bestehendem Schutzdefizit ausweisen oder prioritäre Bereiche für bauliche Massnahmen definieren.

Abb. 5: Aufgrund der räumlichen Verteilung der Bäume, die durch einen Murgang im Jahre 1917 Schaden genommen haben, lassen sich Ausbruchstellen aus dem Gerinne und Murgänge in einer heute inaktiven Rinne rekonstruieren (verändert nach Bollschweiler et al. 2008a).

Fig. 5: Based on the spatial distribution of trees affected by a debris flow in 1917, it is possible to identify past breakout locations and to reconstruct debris-flow activity in currently abandoned channels (verändert nach Bollschweiler et al. 2008a).

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Im vorliegenden Beitrag wurden ein Überblick sowie erste Resultate zum Projekt „RUFINE“ vermittelt, in welchem während fünf Jahren umfassende Daten zur Murganggeschichte in 32 Wildbächen und Rinnen der Walliser Alpen erhoben werden sollen. Die Daten zur ehemaligen Muraktivität werden durch die Untersuchung geschädigter Bäume auf Kegeln und entlang von Abflussrinnen rekonstruiert und dürften für jedes der Gebiete mehrere Jahrhunderte abdecken.

Dank dieser Daten wird es möglich sein, Gefahren besser abschätzen, gezielter bauliche Massnahmen vorschlagen sowie bei künftigen Ereignissen gefährdete Gebiete besser abgrenzen zu können. Schliesslich werden die umfangreichen Ergebnisse auch dazu beitragen, dass der Prozess Murgang als solcher (noch) besser verstanden wird.

DANK

Diese Arbeit wird durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU) sowie die Dienststellen für Wald und Landschaft (DWL) und Strassen und Flussbau (DSF), Kanton Wallis finanziert. Die Autoren sind ihren Masterstudierenden und Doktorierenden Patrick Aeby, Estelle Arbella, Nathalie Chanez, Michael Graupner, Oliver M. Hitz, Astrid Leutwiler, Joëlle Pfister, Romain Schlaeppy, Annina Sorg und Susanne Widmer zu aufrichtigem Dank für die Arbeit und Hilfe im Gelände und Labor verpflichtet.

LITERATUR

- Auer, I., Böhm, R., Jurkovi, A., Orlik, A., Potzmann, R., Schöner, W., Ungersböck, M., Brunetti, M., Nanni, T., Maugeri, M., Briffa, K., Jones, P., Efthymiadis, D., Mestre, O., Moisselin, J. M., Begert, M., Brazdil, R., Bochnicek, O., Cegnar, T., Gajiapka, M., Zaninovi, K., Majstorovi, S., Szalai, S., Szentimrey, T., Percalli, L. (2005): „A new instrumental precipitation dataset for the greater alpine region for the period 1800-2002.“ *Int. J. Climatol.*, 25: 139-166.
- Begert, M., Schlegel, T., Kirchhofer, W. (2005): „Homogeneous temperature and precipitation series of Switzerland from 1864 to 2000.“ *Int. J. Climatol.*, 25: 65-80.
- Bollschweiler, M., Stoffel, M. (2007): „Debris flows on forested cones – reconstruction and comparison of frequencies in two catchments in Val Ferret, Switzerland.“ *Nat. Hazard Earth Syst. Sci.*, 7: 207-218.
- Bollschweiler, M., Stoffel, M., Schneuwly, D. M. (2008a): „Dynamics in debris-flow activity on a forested cone – a case study using different dendroecological approaches.“ *Catena*, 72: 67-78.
- Bollschweiler, M., Stoffel, M., Schneuwly, D. M., Bourqui, K. (2008b): „Traumatic resin ducts in *Larix decidua* stems impacted by debris flows.“ *Tree Physiol.*, 28: 255-263.
- Bollschweiler, M., Stoffel, M., Ehmisch, M., Monbaron, M. (2007): „Reconstructing spatio-temporal patterns of debris-flow activity using dendrogeomorphological methods.“ *Geomorphology* 87: 337-351.
- BWG (Bundesamt für Wasser und Geologie) (2002): „Hochwasser 2000 – Les crues 2000.“ *Berichte des Bundesamtes für Wasser und Geologie, Serie Wasser 2*: 1-248.
- Cook, E.R., Kairiukstis, L.A. (1990): „Methods of dendrochronology – applications in the environmental sciences.“ London: Kluwer.
- Fantucci, R., Sorriso-Valvo, M. (1999): „Dendrogeomorphological analysis of a slope near Lago, Calabria (Italy).“ *Geomorphology* 30: 165-174.
- Lièvre, I. (2002): „Détermination de la fréquence de laves torrentielles sur le torrent du Ritigraben (Valais, Suisse).“ *Diplomarbeit, Universität Fribourg*, 61 pp.
- Pfister, C. (1999): „Wetternachhersage. 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen.“ Bern, Stuttgart, Wien: Paul Haupt.
- Rinntech. 2007. <http://www.rinntech.com/Products/Lintab.htm>.
- Schweingruber, F. H. (2001): „Dendroökologische Holzanatomie.“ Bern, Stuttgart, Wien: Paul Haupt.
- Stoffel, M. (2008a): „Murgangaktivität auf einem bewaldeten Kegel der Schweizer Alpen seit dem späten Holozän. Lehren aus der Vergangenheit – Auswirkungen für die Zukunft.“ 11. Kongress Interpraevent 2008, Dornbirn, Tagungsband.
- Stoffel, M. (2008b): „Dating past geomorphic processes with tangential rows of traumatic resin ducts.“ *Dendrochronologia*: in press.

- Stoffel, M., Bollschweiler, M. (2008): "Tree-ring analysis in natural hazards research – a state of the art." *Nat. Hazard. Earth. Syst. Sci.* 8: in press.
- Stoffel, M., Beniston, M. (2006): "On the incidence of debris flows from the early Little Ice Age to a future greenhouse climate: A case study from the Swiss Alps." *Geophys. Res. Letter* 33: L16404.
- Stoffel, M., Conus, D., Grichting, M.A., Lièvre, I., Maître, G. (2008): Unraveling the patterns of late Holocene debris-flow activity on a cone in the Swiss Alps: chronology, environment and implications for the future. *Glob. Planet. Change*: in press.
- Stoffel, M., Bollschweiler, M., Hassler, G.R. (2006): "Differentiating events on a cone influenced by debris-flow and snow avalanche activity – a dendrogeomorphological approach." *Earth Surf. Process. Landf.* 31(11): 1424-1437.
- Stoffel, M., Lièvre, I., Conus, D., Grichting, M.A., Raetzo, H., Gärtner, H.W., Monbaron, M. (2005a): "400 years of debris-flow activity and triggering weather conditions: Ritigraben, Valais, Switzerland." *Arct. Antarc. Alp. Res.* 37(3), 387-395.
- Stoffel, M., Schneuwly, D., Bollschweiler, M., Lièvre, I., Delaloye, R., Myint, M., Monbaron, M. (2005b) "Analyzing rockfall activity (1600-2002) in a protection forest – a case study using dendrogeomorphology." *Geomorphology* 68(3-4), 224-241.
- VAW (Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie) (1992): „Murgänge 1987. Dokumentation und Analyse im Auftrag des Bundesamtes für Wasserwirtschaft.“ Bericht Nr. 97.6. Zürich. 620 pp.