



FAN Forum 2018

Wie gut ist gut genug? Qualitätssicherung bei Gefahrenbeurteilungen

Schafberg, Pontresina. Foto: M. Kaufmann, 2013.

Inhalt

"Umgang mit Risiken aus Naturgefahren" Strategie 2018	3
Indizes zur Validierung von Hochwassermodellen	11
Ist die Erosionsabschätzung mittels RAMMS::DEBRISFLOW schon praxistauglich?	16
Evaluation Locale de Risque dans le cadre des demandes de permis de construire	20
Gefahrenbeurteilungen von Wildbächen in der Schweiz - quo vadis? Standortbestimmung und kurzer Ausblick	25
Führt die satellitengestützte Rader-Interferometrie zu besseren Gefahrenbeurteilungen?	31
Kann die Dokumentation von Gefahrenbeurteilungen nachvollziehbar gestaltet werden?	37

Herausgeber / Editeur

FAN Fachleute Naturgefahren Schweiz

Offizielle Adresse / Adresse officielle

Nils Hählen, Abteilung Naturgefahren
Schloss 2
3800 Interlaken
Tel. 031 633 12 01, E-Mail: nils.haehlen@vol.be.ch

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

FAN Sekretariat c/o geo 7, Ursula Stettler
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
Sonja Zraggen, Amt für Tiefbau, Kanton Uri
Alexandre Badoux, WSL, Birmensdorf
Martin Frei, MFrei Infra GmbH, Amriswil

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

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

Zielsetzung der FAN

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

Mitgliedschaft bei der FAN

Die Mitglieder der FAN sind Fachleute, welche sich mit Naturgefahren gemäss Zielsetzung der Arbeitsgruppe befassen. Total umfasst die FAN über 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. Bedingung ist zudem, dass jeweils innerhalb von drei Jahren einmal vom Kursangebot Gebrauch gemacht wird.

Objectif de la FAN

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

Adhésion à la FAN

Les membres de la FAN sont des spécialistes qui s'occupent de dangers naturels conformément aux objectifs du groupe de travail. La FAN comprend au total plus de 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. Une seule condition imposée est de fréquenter tous les trois ans au moins l'un des cours proposé.

Vorwort

Liebe Leserinnen, liebe Leser

Liebe Mitglieder der FAN;

Das diesjährige FAN Forum 2018, welches am 23. Februar in Olten stattgefunden hat, setzte sich mit dem Thema 'Qualitätssicherung in der Gefahrenbeurteilung' auseinander. In verschiedenen Referaten wurde dabei die Qualität der heute verwendeten Eingangsgrössen für die Gefahrenbeurteilung aber auch für Simulationsmodelle kritisch unter die Lupe genommen. Unter Qualitätsniveau wird dabei das Ausmass an geforderter oder vorhandener Qualität verstanden.

Im Eingangsreferat wurde die Bedeutung guter Grundlagen bei der Umsetzung der PLANAT- Strategie 2018 beleuchtet. Es geht dabei insbesondere auch darum, die Grundsätze des integralen Risikomanagements auf breiter Stufe zu verankern, damit Ereignisse besser bewältigt werden können. Die zwei folgenden Referate befassten sich mit Indizes zur Validierung von Hochwassermodellen sowie mit der Erosionsabschätzung mittels RAMMS DEBRISFLOW. Eine weitere interessante Sichtweise bezüglich Qualitätsanforderungen bei Gefahrenbeurteilungen wurde durch einen Vertreter einer kantonalen Gebäudeversicherung vorgetragen. Das Erreichen resp. die Sicherstellung eines bestimmten Qualitätsniveaus wird nicht unwesentlich von den verwendeten Grundlagen beeinflusst. Bezüglich Wildbachprozesse wurde die Nachvollziehbarkeit und Transparenz bei der Beschreibung von Wildbachprozessen vertiefter analysiert. Das Referat über die satellitengestützte Radar- Interferometrie für die Gefahrenbeurteilungen zeigt nicht nur die Möglichkeiten dieser relativ neuen Erkundungstechnik auf, sondern auch deren Grenzen. Abgerundet wurde der Referatsblock schlussendlich mit einem Beitrag über die Nachvollziehbarkeit der Dokumentationen zur Gefahrenbeurteilung.

In der vorliegenden Ausgabe finden Sie die Beiträge der Referentinnen und Referenten in zusammengefasster Form.

Bei der Lektüre wünschen wir Ihnen viel Spass!

Martin Frei

Redaktion FAN-Agenda

«Umgang mit Risiken aus Naturgefahren» Strategie 2018

Dörte Aller ^{1,2} (aller-rm@bluewin.ch)
 Helen Gosteli ¹ (helen.gosteli@bafu.admin.ch)
 Fabrice Wullschleger ¹ (fabrice.wullschleger@bafu.admin.ch)

¹ Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT, Bern
² Aller Risk Management, Zürich

Résumé

Ce document présente brièvement la stratégie intitulée « Gestion des risques liés aux dangers naturels » et expose les nouveautés par rapport à la stratégie de 2003. Il aborde la mise en œuvre de la stratégie en se référant au plan d'action en vigueur et à l'ordre de priorité recommandé par PLANAT. Un exemple d'application portant sur le canton de Zurich explique comment établir le niveau de risque acceptable en impliquant tous les protagonistes. L'existence de bonnes bases est essentielle pour appliquer la stratégie. Les exigences envers ces bases sont exposées ici.

Zusammenfassung

Die Strategie «Umgang mit Risiken aus Naturgefahren» wird kurz vorgestellt und es wird aufgezeigt, was neu ist gegenüber der Strategie von 2003. Für die Umsetzung wird auf den bestehenden Aktionsplan und die von der PLANAT empfohlene Prioritätensetzung eingegangen. Ein Anwendungsbeispiel aus dem Kanton Zürich erläutert, wie die Entwicklung des akzeptierten Risikos unter Einbezug aller Akteure umgesetzt werden kann. Gute Grundlagen sind ein zentraler Baustein für die Umsetzung der Strategie. Welches die Anforderungen an diese Grundlagen sind, soll hier aufgezeigt werden.

Einleitung

In den vergangenen Jahren haben Fachleute Erkenntnisse aus verschiedenen Naturgefahren-Ereignissen gewonnen. Mit der Umsetzung des Integralen Risikomanagements in Projekten sind weitere Erfahrungen gesammelt worden. Die stärkere Nutzung unseres Lebensraums und die mit dem Klimawandel zusammenhängende Zunahme extremer Wetterereignisse führen dazu, dass Risiken aus Naturgefahren trotz bisheriger Schutzanstrengungen zunehmen. Gleichzeitig sind die Ressourcen im Umgang mit Naturgefahren begrenzt.

Vor diesem Hintergrund hat die PLANAT die Strategie von 2003 aktualisiert: Die Strategie 2018 definiert die Ziele im Umgang mit Risiken aus Naturgefahren und erläutert, nach welchen Grundsätzen sie erreicht werden können (siehe Seite 5). Bewährte Elemente sollen dabei weiterverfolgt und weiterentwickelt werden, so zum Beispiel der Ansatz des Integralen Risikomanagements. Die Strategie 2018 berücksichtigt auch die Strategien anderer Bereiche und wurde hinsichtlich des Kriteriums Resilienz erweitert. Sie wurde in der hier vorgestellten Form dem Bundesrat unterbreitet und wird voraussichtlich im Sommer 2018 publiziert.

Die Strategie 2018 richtet sich an alle, die mit ihrer Tätigkeit und ihren Entscheiden den Umgang mit Risiken aus Naturgefahren beeinflussen.

Neues in der Strategie 2018

Anstrengungen im Umgang mit Naturgefahren haben sich bisher meist darauf konzentriert, die Widerstandsfähigkeit zu erhöhen. In der aktualisierten Strategie 2018 (siehe Seite 5) sind die Regenerations- und Anpassungsfähigkeit ebenfalls wichtige Ziele.

Mit dem Bericht „Umgang mit Naturgefahren in der Schweiz“ wurde 2016 eine umfassende und breit abgestützte Standortbestimmung für die Schweiz erarbeitet. Der Bericht zeigt die aus Sicht aller Akteure notwendigen Massnahmen auf, welche wesentlich zur Umsetzung der aktualisierten Strategie 2018 beitragen. Aus diesem Grund bedarf es zur Umsetzung der Strategie 2018 keines zusätzlichen Aktionsplans. Hingegen empfiehlt die PLANAT Prioritäten zur Erreichung der in der Strategie formulierten Ziele (siehe Seite 5) und hält fest, welche Akteure angesprochen sind.

Eine wichtige Priorität sieht die PLANAT in der Verankerung des Integralen Risikomanagements auf allen Ebenen - insbesondere auch auf strategischer Ebene. Dies bedingt die Implementierung eines zukunftsgerichteten Risikomonitorings.

Auch die Erweiterung und der Austausch des Wissens haben einen hohen Stellenwert. Wissen stärkt das Verantwortungsbewusstsein der Akteure, ist Voraussetzung für die Vermeidung inakzeptabler Risiken und fördert die Solidarität. Gute Gefahrengrundlagen stehen am Anfang der Kette.

Umgang mit Risiken aus Naturgefahren Strategie 2018



Vision

«Wir sind eine risikokompetente Gesellschaft – wir gehen bewusst und zukunftsgerichtet mit Risiken aus Naturgefahren um.»

Ziele

Im Umgang mit den möglichen Folgen von Naturereignissen setzt sich die Schweiz folgende Ziele:

1. Die Schweiz ist widerstandsfähig. Auswirkungen von Naturereignissen sind für Gesellschaft und Wirtschaft tragbar.
2. Die Schweiz ist regenerationsfähig. Gesellschaft und Wirtschaft erlangen nach Naturereignissen schnell wieder ihre Handlungsfähigkeit.
3. Die Schweiz ist anpassungsfähig. Gesellschaft und Wirtschaft stellen sich rechtzeitig auf sich verändernde Rahmenbedingungen ein.

Grundsätze

Um die Ziele einer widerstands-, regenerations- und anpassungsfähigen Schweiz zu erreichen, richtet sich der Umgang mit Naturgefahren nach folgenden bewährten Grundsätzen:

- A. Die Schweiz lebt eine umfassende Risikokultur.
- B. Alle beteiligen sich am Integralen Risikomanagement.
- C. Der Umgang mit Risiken aus Naturgefahren erfolgt solidarisch.
- D. Das Wissen zu Naturgefahren und Risiken ist aktuell und zugänglich.
- E. Der Umgang mit Risiken berücksichtigt alle Aspekte der Nachhaltigkeit.

Prioritäten

Folgende Punkte sind der PLANAT wichtig:

- Einheitliches Vorgehen im Umgang mit Risiken aus Naturgefahren
- Integrales Risikomanagement auf allen Ebenen etablieren
- Neue inakzeptable Risiken vermeiden
- Zuständigkeiten klären
- Bewusstsein für Verantwortung schaffen
- Wissen erweitern und austauschen
- Solidarität fördern



Zentral ist der vergleichbare Umgang mit Risiken. Das Vorgehen zum Entwickeln der im konkreten Fall angemessenen Sicherheit muss überall eingeführt und konsequent etabliert werden. Die Strukturierung dieses Vorgehens stellt eine grosse Herausforderung dar. Sie ist gleichzeitig aber auch eine Chance und Bedingung für den Risikodialog sowie für tragfähige und nachhaltige Lösungen.

Der Einbezug der Verantwortungs- und insbesondere der Risikoträger ist Voraussetzung für die Akzeptierbarkeit der verbleibenden Risiken und somit für die Definition der angemessenen Sicherheit.

Wegweiser zum akzeptierten Risiko

Das in diesem Abschnitt vorgestellte Beispiel für das gemeinsame Erarbeiten des akzeptierten Risikos stammt aus dem Kanton Zürich. Das Vorgehen (siehe Seite 7) wurde in Wasserbauprojekten entwickelt und angewandt. Es ist für Gebiete unterschiedlicher Grösse und auch für andere Gefahren anwendbar.

Im ersten Schritt (siehe Seite 7) wird die Ausgangslage geklärt, indem der Ist-Zustand, die Probleme und Ziele sowie die Entscheidungskompetenzen der Akteure erfasst werden. Hier reicht meist ein grober Überblick über die Gefährdung und die betroffenen Schutzgüter. Diese groben Grundlagen können im Laufe des Vorgehens, wenn nötig, jederzeit vertieft werden.

Um ein akzeptierbares Risiko zu entwickeln, ist es nötig, alle relevanten Akteure möglichst früh zu identifizieren. Die Risikoträger und Betroffenen sind stärker und früher als bisher einzubinden. Sie bringen wichtiges Wissen über mögliche Auswirkungen und auch über die Regenerationsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit mit in die Diskussion ein. Sie sind zudem ein wichtiges Element im Integralen Risikomanagement, da sie die verbleibenden Risiken tragen.

In jedem der weiteren Schritte sind die benötigten Grundlagen, betroffenen Schutzgüter und Akteure zu prüfen und falls nötig zu vertiefen und ergänzen.

Der zweite Schritt wird geleitet von der Frage «Was kann passieren?» und ermittelt die Charakteristik des Risikos. Neben den bei gravitativen Naturgefahren üblichen 30-, 100- und 300-jährlichen Szenarien, sollte auch der Schadenanfang und mögliche Sprünge in den Auswirkungen zwischen den Standardszenarien abgeschätzt werden. Unsicherheiten lassen sich grob in Bandbreiten veranschaulichen. Auch die Auswirkungen möglicher Extremereignisse sollen grob berücksichtigt werden.

Die Charakteristik des Risikos hängt von dem jeweiligen Schutzgut und dem Akteur ab. Je nach Situation sind auch indirekte Auswirkungen und zukünftige Änderungen zu berücksichtigen.

Beim Ausloten des akzeptablen Risikos im nächsten Schritt ist es wichtig, auch die Frage «Was darf passieren?» zu diskutieren und zu beantworten. Bisher wurde das akzeptable Risiko vor allem darüber definiert, was nicht passieren darf. Wenn die Verantwortungsträger und Risikoträger jedoch gemeinsam entwickeln, was passieren darf, kommt man dem akzeptierten Risiko deutlich näher.

Zu Beginn ist die Bandbreite des akzeptablen Risikos oft noch sehr gross. Die gemeinsame Diskussion bringt neue Erkenntnisse und erhöht das gegenseitige Verständnis unter den Akteuren. So wird die Bandbreite des akzeptablen Risikos kleiner und differenzierter. Das akzeptable Risiko kann für die verschiedenen Schutzgüter und auch für einzelne Objekte unterschiedlich sein. Es ist nicht das Ziel und auch nicht möglich, nur ein einziges akzeptables Risiko für das betrachtete Gebiet zu entwickeln. Über die Diskussion, was passieren darf, wird meist klar, bei welchem der Schutzgüter welches Massnahmenziel angestrebt werden soll. Häufig werden dabei schon erste

mögliche Massnahmen diskutiert.

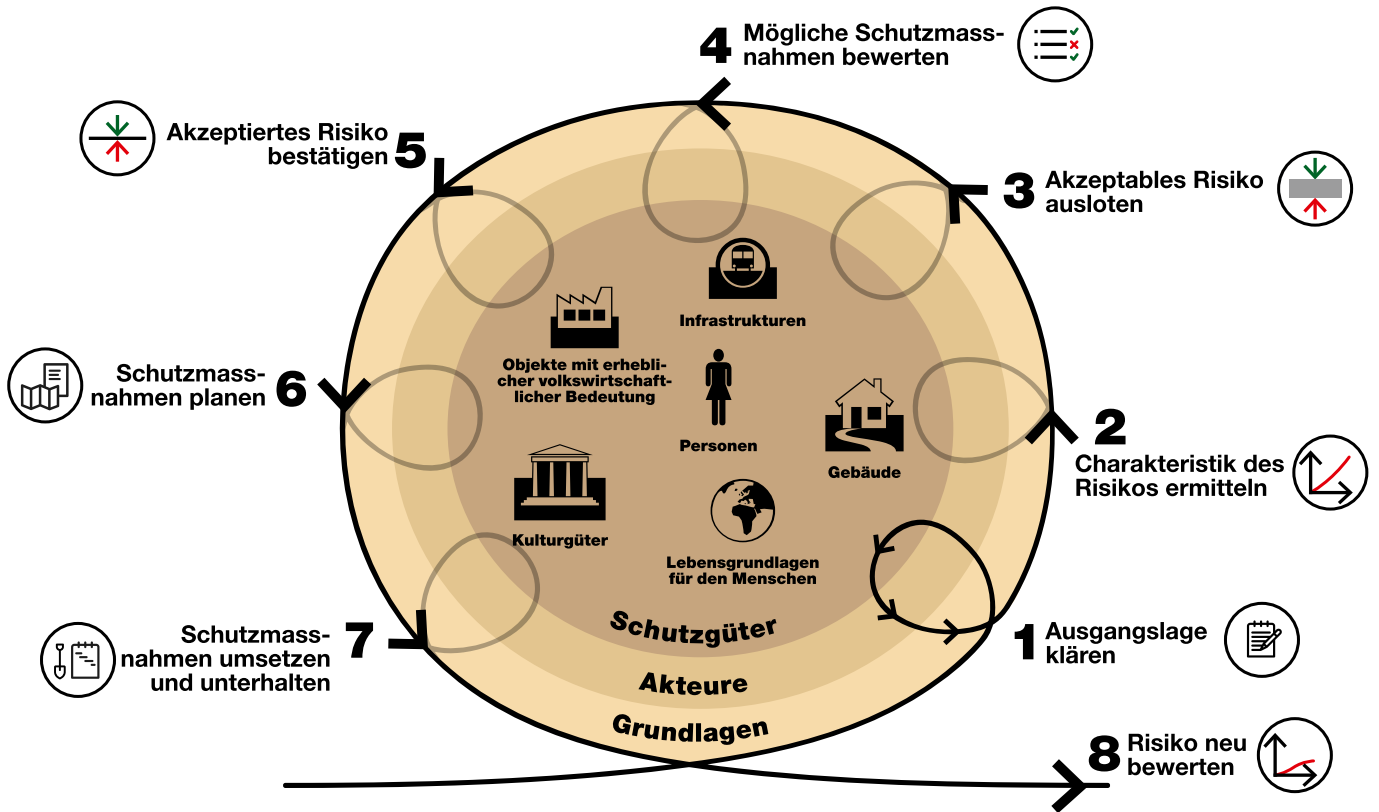
Im nächsten Schritt sammeln die Akteure mögliche Massnahmen(-kombinationen), welche das jeweils verbleibende Risiko nach Massnahmen auf ein akzeptables Niveau senken und halten sollen. Dies soll möglichst breit erfolgen und Ideen der verschiedenen Akteure einbeziehen. Bei der Diskussion der Bewertung der Massnahmen(-kombinationen) steht das verbleibende Risiko im Vordergrund. Die Abschätzung des verbleibenden Risikos berücksichtigt die Robustheit und die Funktionsfähigkeit der Massnahme. Weitere Bewertungskriterien der möglichen Massnahmen sind ihre soziale Verträglichkeit, ökologische Vertretbarkeit und ökonomisch Verhältnismässigkeit.

Die gemeinsame Diskussion von Massnahmen(-kombinationen) schärft die Sicht auf das jeweils verbleibende, akzeptable Risiko. Dabei soll die Bandbreite des akzeptablen Risikos kleiner werden und es erlauben, dass die Akteure im folgenden Schritt das jeweils verbleibende Risiko akzeptieren können. Die (schriftliche) Bestätigung der Akteure, dass das verbleibende Risiko aufgrund der geplanten Massnahmen(-kombination) akzeptiert wird, ist zentral. Erst dann kann die detaillierte Planung der Schutzmassnahmen beginnen und deren Umsetzung eingeleitet werden.

Dieses Vorgehen setzt nicht voraus, von Anfang an alles wissen zu müssen. Das Wissen kann gezielt dort vertieft werden, wo es nötig ist. Dieser Erarbeitungsprozess stellt für die Projektplanung und -führung eine Herausforderung dar. Es braucht klare Strukturen, ein aktives Erwartungsmanagement und Offenheit. Dafür kann das Vorgehen helfen, akzeptierte Lösungen zu finden und häufig auch Chancen zu erkennen und zu nutzen. Wichtig ist es, nach jedem Schritt mit den Akteuren ein gemeinsames Verständnis zu erlangen, bevor man zum nächsten Schritt übergeht.

Wegweiser zum akzeptierten Risiko

Sicherheitsniveau – ökologisch vertretbar, ökonomisch verhältnismässig, sozial verträglich



Schutzgüter: Welche sind betroffen? Welche sind relevant?

Akteure: Wer ist verantwortlich? Wer trägt ein Risiko? Wer ist betroffen?

Grundlagen: Was ist vorhanden? Wo lohnt es sich, diese zu ergänzen?

Schlaufen zum Prüfen, Vertiefen oder Erweitern.

Vorgehensschritte

1 Ausgangslage klären

Projektorganisation festlegen. Ist-Zustand, Probleme und Ziele ermitteln. Wichtig: auch künftige Änderungen berücksichtigen. Fragestellungen:

- Welche (Gefahren-)Grundlagen sind vorhanden?
- Welche Schutzgüter sind betroffen?
- Welche Akteure sind (wann) einzubeziehen?
- Wer entscheidet was und wann?

2 Charakteristik des Risikos ermitteln

Schadenausmass für verschiedene Jährlichkeiten pro Schutzgut:

- Ab wann treten Schäden auf? Gibt es Sprünge?

- Was passiert im Extremfall?
- Ist-Zustand? Zukünftige Änderungen?

3 Akzeptierbares Risiko ausloten

- Was darf passieren? Was darf nicht passieren? (ergibt Bandbreite) Zu berücksichtigen: Widerstandsfähigkeit, Erholungsfähigkeit, Anpassungsfähigkeit. Für jedes der Schutzgüter zu betrachten.
- Ist das Risiko für die Risikoträger tragbar?

4 Mögliche Schutzmassnahmen bewerten

- Welche Schutzmassnahmen und Massnahmenkombinationen sind möglich? Ziel: nicht akzeptierbares Risiko für jedes Schutzgut so weit wie möglich reduzieren. Die Massnahmenkombination so wählen, dass für alle relevanten Akteure das verbleibende Risiko akzeptabel ist.

Zu beachten:

- Wie stark schränken die Massnahmen die Nutzung ein? Sind sie sozial verträglich? Sind sie ökologisch vertretbar? Sind sie ökonomisch verhältnismässig?
- Wie robust sind die Massnahmen auch unter (Über-)Belastung? Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie funktionieren? (Funktionsgrad)

5 Akzeptiertes Risiko bestätigen

Die Beteiligten bekräftigen ihren Willen, das verbleibende Risiko zu tragen.

6 Schutzmassnahmen planen

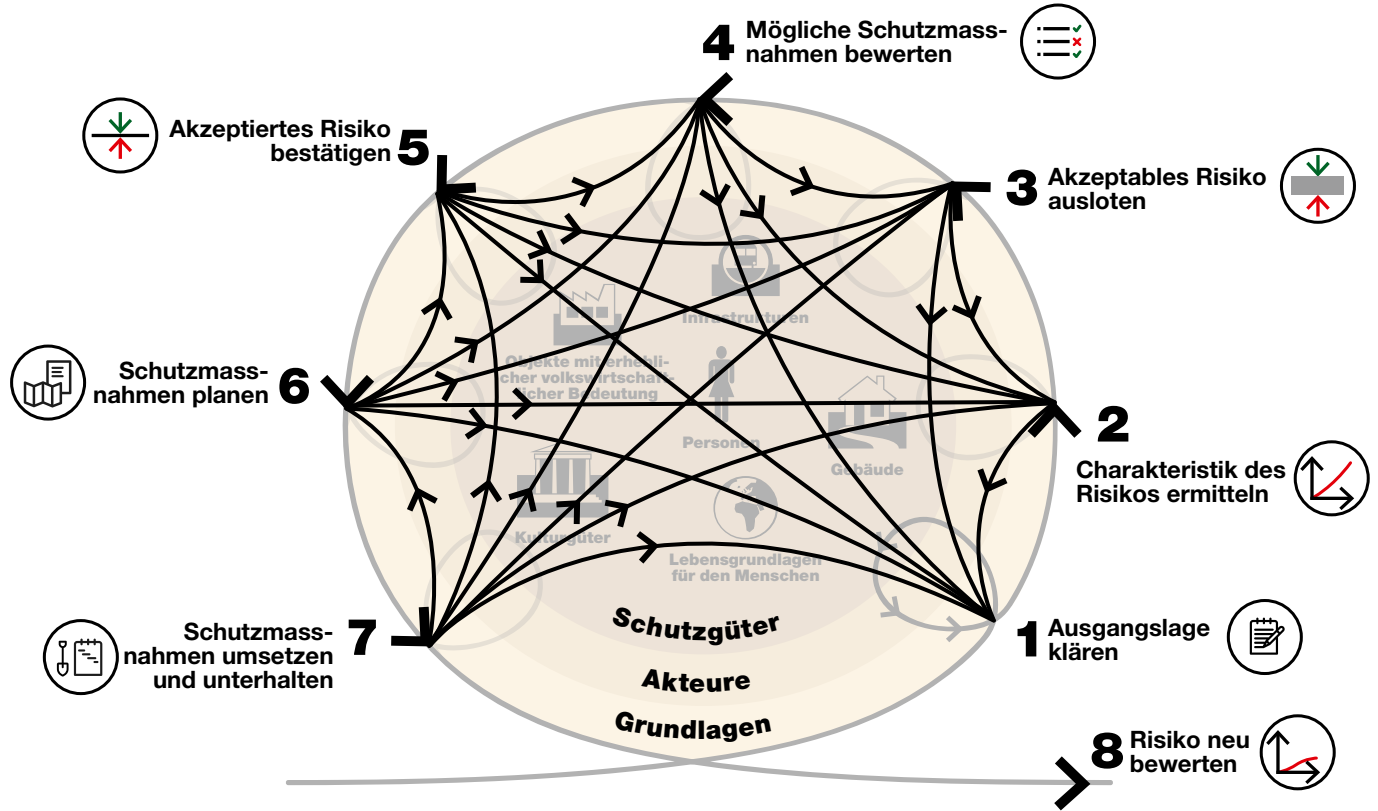
7 Schutzmassnahmen umsetzen und unterhalten

8 Risiko neu bewerten, regelmässig oder nach Ereignis

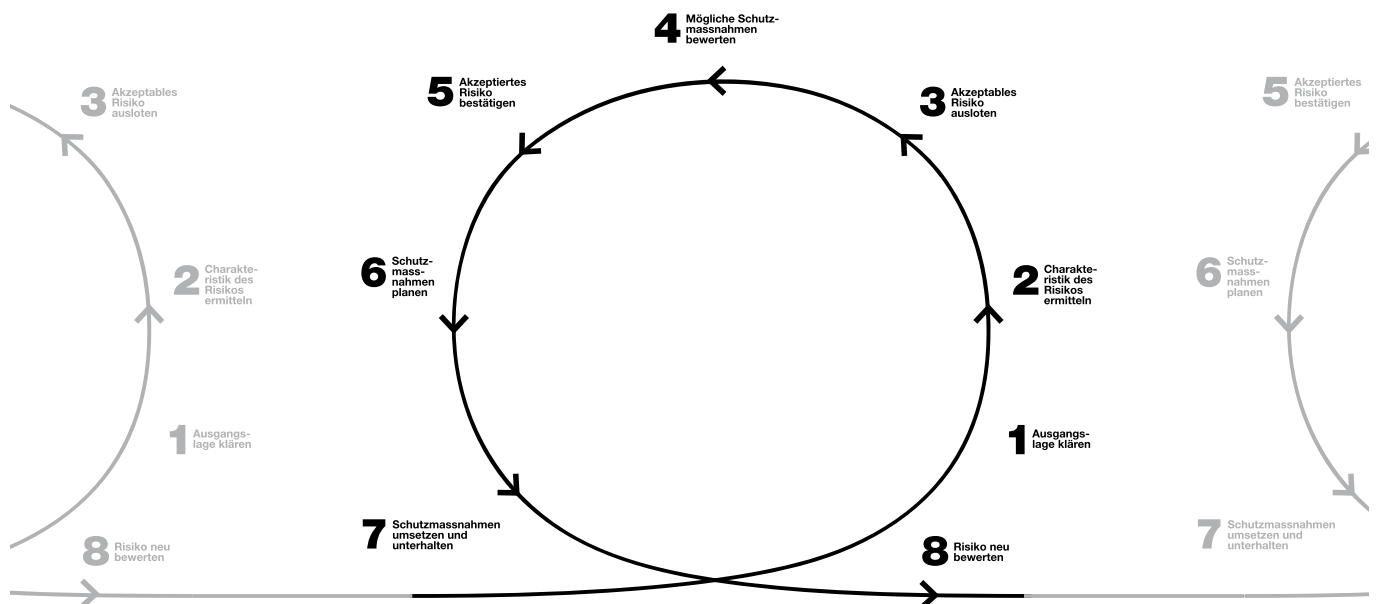
Ziel bei jedem Schritt: gemeinsames Verständnis der wichtigen Akteure

Wegweiser zum akzeptierten Risiko

Zusatzschleifen zur Klärung



Risiko in regelmässigen Abständen prüfen



Die Schritte werden zwar nacheinander durchlaufen, es kann jedoch nötig sein, eine zusätzliche Schlaufe zu drehen und zu einem der vorhergehenden Schritte zurückzukehren (Seite 8 oben). Dies kann z.B. der Fall sein, wenn neue Erkenntnisse gewonnen wurden, welche eine angepasste Beurteilung zur Folge haben. Wenn ein neuer Akteur einbezogen wird, muss meist auch die Risikocharakteristik angepasst und das akzeptable Risiko erweitert oder angepasst werden. Stellt sich heraus, dass keine sinnvollen Massnahmen das Risiko wie angestrebt reduzieren können, ist eine neuerliche Runde des Auslotens des akzeptierten Risikos nötig. Dies heisst aber nicht, dass die Risikoträger das Risiko einfach tragen müssen. Aus den Diskussionen können sich auch neue Varianten von Massnahmen ergeben. Ist das Rad einmal durchlaufen, wird das Risiko in regelmässigen Abständen überprüft. Dabei beginnt der Prozess wieder von vorne. (Seite 8 unten).

Bedeutung guter Grundlagen für die Umsetzung der Strategie

Gute Gefahrengrundlagen leisten einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung der Strategie 2018 - Umgang mit Risiken aus Naturgefahren. Gefahrengrundlagen werden herangezogen, um gut informierte Entscheidungen zu treffen. Dazu werden die Gefahrengrundlagen mit anderen Grundlagen verknüpft und von Akteuren verwendet, die häufig keine Fachleute sind. Es ist wichtig, diese Tatsachen im Auge zu behalten und Gefahrengrundlagen immer mit Blick auf ihre Verwendung zu erstellen.

Für die Entwicklung und den Entscheid für Massnahmen(-kombinationen) zur Erreichung der angestrebten Widerstands-, Regenerations- und Anpassungsfähigkeit (Resilienz) sind Gefahrengrundlagen unerlässlich.

Gefahrengrundlagen sind eine wichtige Voraussetzung für die adäquate Abbildung der Charakteristik des Risikos und helfen somit, die Frage «was kann passieren?» zu beantworten. Sie unterstützen die Akteure ausserdem dabei, die Bandbreite des akzeptablen Risikos zu definieren und zu verkleinern (was darf passieren?). Gefahrengrundlagen werden ferner für die Planung von Massnahmen benötigt, welche das Risiko vermeiden, vermindern oder tragen (was ist zu tun?).

Gefahrengrundlagen werden sowohl dazu benötigt, zu hohe Risiken auf ein tragbares und akzeptables Niveau zu senken, als auch dazu, Risiken auf einem akzeptablen Niveau zu halten.

Auch sollen sie helfen, die Bedeutung und Grenzen der Solidarität zu erkennen. Dadurch befähigen sie zur nötigen Eigenverantwortung.

Was macht gute Grundlagen aus?

Gute Grundlagen sind geeignet für ihre Verwendung, vollständig, nachvollziehbar, transparent, zugänglich, aktuell und verständlich:

- **Eignung und Vollständigkeit:**
In Bezug auf die Gefahrenkarte heisst dies, dass auch Intensitätskarten und ein technischer Bericht vorliegen. Die räumliche und zeitliche Auflösung muss für die Fragestellung geeignet sein. Bezogen auf das Projekt und die verschiedenen Projektphasen können die Ansprüche unterschiedlich sein. Teilweise reichen grobe Angaben bzgl. der Gefahrengrundlagen, teilweise sind im Projektverlauf Ergänzungen und Vertiefungen nötig. Je nach Projekt reicht die zeitliche Auflösung (30-, 100-, und 300-jährlich) nicht und es müssen häufigere oder sehr seltene Szenarien oder Zwischenschritte ergänzt werden.

- **Nachvollziehbarkeit und Transparenz:**
Die Methoden und Annahmen müssen für Dritte nachvollziehbar dokumentiert sein. Die Nachvollziehbarkeit hat einen hohen Stellenwert, wenn erst im Laufe eines Projektes klar wird, welche Grundlagen zusätzlich vertieft werden sollen. Die bekannten Unsicherheiten und Genauigkeiten sind aufzuzeigen.
- **Zugänglichkeit:**
Die erstellten Produkte müssen für die verschiedenen Akteure (einfach) zugänglich sein. Vorhandene aber nicht zugängliche Informationen können Misstrauen erzeugen.
- **Aktualität:**
Die verwendeten Methoden und Eingangsdaten entsprechen dem neuesten Stand der Technik.
- **Verständlichkeit:**
Die Resultate sind für die Zielgruppen verständlich oder werden mit Übersetzungshilfen ergänzt.

Schlussfolgerungen

Mit der Umsetzung der Strategie «Umgang mit Risiken aus Naturgefahren» wird der Lebens- und Wirtschaftsraum Schweiz heute und künftig angemessen gegen die Auswirkungen von Naturgefahren geschützt. Gute Grundlagen und ein einheitliches Vorgehen mit Einbezug der Verantwortungs- und Risikoträger stellen sicher, dass die verfügbaren Ressourcen nachhaltig eingesetzt werden.

Dank

Die PLANAT dankt

- Allen, die mitdiskutiert haben, z.B. an der PLANAT-Tagung 2016, in persönlichen Gesprächen mit PLANAT-Mitgliedern oder die in Projekten Neues entwickelt und ausprobiert haben. Diese wichtigen Beiträge sind in die Entwicklung der Strategie 2018 eingeflossen.
- Allen, die sich für die Umsetzung der Strategie einsetzen.

Literaturhinweise

PLANAT (2018): Umgang mit Risiken aus Naturgefahren. Strategie 2018.

PLANAT (2015): Sicherheitsniveau für Naturgefahren - Materialien.

PLANAT (2012): Instrumente für den Risikodialog.

Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT, Downloads: www.planat.ch

Umgang mit Risiken aus Naturgefahren - Strategie 2018



Herausgeberin:

Nationale Plattform Naturgefahren, PLANAT, Bern

Sprachen:

Deutsch, Französisch, Italienisch, Rumantsch, Englisch

PDF-Download:

www.planat.ch (ab Sommer 2018)

Gedruckte Version:

- Bestellung ab Sommer 2018 über die PLANAT-Webseite
- Die FAN-Mitglieder erhalten ein gedrucktes Exemplar im Sommer 2018 zugestellt.

Indizes zur Validierung von Hochwassermodellen

Markus Mosimann ¹ (markus.mosimann@giub.unibe.ch)
 Daniel Benjamin Bernet ¹ (daniel.bernet@giub.unibe.ch)
 Veronika Röthlisberger ¹ (veronika.roethlisberger@giub.unibe.ch)
 Andreas Zischg ¹ (andreas.zischg@giub.unibe.ch)

¹ Universität Bern, Geographisches Institut, Oeschger-Zentrum für Klimaforschung (OCCR), Mobiliar Lab für Naturrisiken, Bern.

Résumé

Pour le pronostic d'éventuels dommages causés par les inondations, il faut des modèles de simulation permettant de bien prédire le déroulement des inondations, en particulier dans les zones urbanisées. Sur la base des données d'assurance et des surfaces inondables cartographiées, nous validons le modèle de simulation d'inondation 2D BASEMENT à l'aide d'indices courants dans le cadre d'une analyse d'exposition. Par rapport à la validation basée sur les secteurs inondables observés, la validation par les données sur les dommages ne montre que des écarts mineurs dans trois sur quatre cas testés, tandis que la différence est claire dans le quatrième cas. Cette comparaison suggère que les résultats de validation des deux types de données donnent des résultats comparables. Dès que les erreurs des modèles spatiaux sont plus prononcées dans les zones à forte densité de valeurs menacées, l'utilisation de données sur les dommages peut conduire à une estimation plus prudente de la qualité.

Zusammenfassung

Für die Prognose möglicher Schäden durch Hochwasser sind Simulationsmodelle erforderlich, die den Hochwasserablauf insbesondere in besiedelten Gebieten gut vorhersagen können. Anhand von Versicherungsdaten und kartierten Überschwemmungsflächen validieren wir mit gebräuchlichen Indizes das 2D-Hochwassersimulationsmodell BASEMENT im Rahmen einer Expositionsanalyse. Im Vergleich mit der Validierung anhand beobachte-

ter Überschwemmungsgebiete zeigt die Validierung mit Schadendaten in drei von vier Testfällen nur geringe Abweichungen, während der Unterschied im vierten Fall deutlich ist. Dieser Vergleich legt nahe, dass die Validierungsergebnisse beider Datentypen durchaus vergleichbare Resultate liefern. Sobald räumliche Modellfehler in Gebieten mit einer hohen Dichte gefährdeter Werte stärker ausgeprägt sind, kann die Verwendung von Schadendaten zu einer konservativeren Güteschätzung führen.

Einleitung

Die Analyse von Hochwasserrisiken und damit auch das Erfassen von überschwemmunggefährdeten Gebieten mittels Hochwassersimulationen ist eine weit verbreitete Praxis, welche in jüngster Zeit dank immer besseren und anwenderfreundlicheren Modellen zugenommen hat. Dabei ist die Bewertung der Vertrauenswürdigkeit der eingesetzten Modelle mittels Validierungen von zentraler Bedeutung. In der Praxis besteht eine solche Validierung meist aus dem optischen Vergleich von modellierten Überschwemmungsflächen mit (kartographischen) Ereignisdokumentationen oder es werden an Schwachstellen modellierte Abflusskapazitäten mit erfassten Kapazitäten früherer Ereignisse verglichen. Quantitative Erhebungen und Angaben zur Güte von Modellen, welche eine objektive Abschätzung der Qualität und Vergleichbarkeit ermöglichen, sind hingegen selten. Dies obwohl nach Suter et al. (2016) zumindest bei Hochwasserschutzprojekten Ereignisdokumentationen vorhanden

sein sollten, denn gemäss der genannten Studie war in 48 von 57 untersuchten Projekten ein vergangenes Ereignis zumindest ein Mitgrund für dessen Initiierung.

Der vorliegende Beitrag stellt verschiedene Indizes zur quantitativen Bewertung der Modellgüte am Beispiel von gut dokumentierten Hochwasserereignissen vom August 2005 in der Schweiz (Stansstad, Buochs, Ennetbürgen, Thun und Interlaken) vor. Mit den Indizes sollen Hochwassersimulationen in BASEMENT mit dokumentierten Überschwemmungsflächen und Schadendaten von Gebäude- und Fahrha-beversicherungen verglichen werden.

Daten und Methoden

Untersuchungsgebiet

Die vier untersuchten Modellregionen Thun, Interlaken (BE), Stansstad und Buochs / Ennetbürgen (NW) zeichnen sich insbesondere durch die Verfügbarkeit guter Datengrundlagen aus. So sind dank Abflussmessungen der Engelberger Aa, der Aare, der Lütschine, sowie Pegelmessungen des Vierwaldstätter-, Thuner- und Brienersees (BAFU 2017a) nicht nur die hydrologischen Gegebenheiten reproduzierbar, dank detaillierten Überschwemmungskarten zum Ereignis vom August 2005 ist ebenfalls die räumliche Ausdehnung der Überschwemmungen bekannt. In den untersuchten Regionen im Kanton Nidwalden wurden die hohen Schäden vor allem durch den zweithöchsten je gemessenen Pegel des Vierwaldstättersees (1910 nur 3 cm höher) sowie die Überschwemmungen der Engelberger Aa (Ennetbürgen) und des Giessli-

bachs (Stansstad) verursacht. In Interlaken führten nebst dem Briener- und Thunersee auch die Aare und speziell der Dambruch der Lütchine zu grossflächigen Überschwemmungen. In Thun waren es der See und die Aare, deren Überschwemmungen zahlreiche Schäden nach sich zogen.

Überflutungsmodell

Für die Berechnung der Überschwemmungsflächen wird das numerische Modell BASEMENT (siehe Vetsch et al. 2017) verwendet. In einem ersten Schritt wird das Berechnungsgitter nach der Methode von Shewchuck (2002), implementiert im QGIS-Plug-in BASEmesh (Vetsch et al. 2017), erstellt. Dammkrone, Böschungsfuss und die hydraulisch relevanten Strukturen in der Schwemmebene werden ins Berechnungsgitter eingebunden. Für die Modellierungen im Kanton Bern dient als Höhenmodell der hochaufgelöste (0.5 x 0.5 Meter) LIDAR-Datensatz des Kantons Bern (KAWA 2015), im Kanton Nidwalden der schweizweit verfügbare Datensatz swissALTI3D (2 x 2 Meter) des Bundesamtes für Landestopographie (SWISSTOPO 2017). Da bei diesen Höhenmodellen jeweils die Wasseroberfläche erfasst wurde, wird der Bereich innerhalb des Gerinnes anhand von Querprofilen des Bundesamtes für Umwelt (BAFU 2017b) korrigiert. Hierzu interpolieren wir die Querprofilhöhen entlang der Strömungslinie (angepasst nach Merwade et al. (2008a), Conner und Tonina (2014), Costabile und Macchione (2015)). Bei der Generierung des Berechnungsgitters wird anschliessend keine Kalibrierung anhand von bekannten Schwachstellen oder P-Q-Beziehungen durchgeführt. Stattdessen liegt der Fokus auf einem qualitativ hochstehenden Berechnungsgitter mit möglichst genauer Berücksichtigung der Topographie. Nach der Reproduktion der Ereignisse mittels BASEMENT wird der Überschwemmungspereimeter mit den Gebäudegrundrissen des swissTLM3D (SWIS-

STOPO 2017b) verschnitten. Bei jeglicher Überschneidung wird das Gebäude als hochwassere exponiert betrachtet. Die Details des Verfahrens können in der Studie von Zischg et al. (2018) nachgelesen werden.

Validierungsdaten

Nebst den bereits erwähnten kartographischen Hilfsmitteln stehen zur Validierung das anonymisierte Gebäudeportfolio und die anonymisierten Gebäudeschäden der Nidwaldner Sachversicherung mehrheitlich bereits geokodiert zur Verfügung. Für Interlaken und Thun werden bereits verortete Schaden- und Bestandesdaten von Hausratsversicherungs-policen der Schweizerischen Mobiliar Versicherungsgesellschaft AG verwendet. Während die Daten der Nidwaldner Sachversicherung aufgrund des Monopolrechts Informationen über jedes (beschädigte oder nicht beschädigte) Gebäude des Kantons liefern, beschreiben Daten von Privatversicherungen lediglich einen dem Marktanteil entsprechenden Teilbestand aller versicherten Objekte. Die Verwendung von Daten aus Kantonen mit Versicherungsmonopol ist insofern vorteilhaft, als auf Basis dieser Daten auch *false alarms* und *correct negatives* definierbar sind und die ermittelte Modellgüte repräsentativer abgeschätzt werden kann.

Durch die Geokodierung ist jeder Schaden punktgenau lokalisierbar. Für die Validierung wird die Binärinformation auf dem Schadepunkt (Schaden: JA / NEIN) auf das umhüllende Gebäudepolygon übertragen und zusam-

men mit der Vorhersage aus dem Modell, ebenfalls als Binärinformation (Fliesstiefe > 0 cm: JA; Fliesstiefe = 0 cm: NEIN) angegeben.

Validierungsindizes

Nach der Übertragung von Informationen aus der Modellvorhersage und aus den Versicherungsdaten auf die Gebäudegrundrisse werden die Validierungsindizes berechnet. Die meist verbreitetsten sind einerseits der *model fit* (Bates and de Roo, 2000; Horritt and Bates 2002; s. Gleichung 1) und andererseits der *Flood Area Index FAI* (Falter et al. 2013, s. Gleichung 5). Die Gleichungen 2 bis 4 zeigen weitere Indizes aus Bennett et al. (2013). Tabelle 1 zeigt die für die Index-Berechnung relevanten Variablen und deren Definition.

Bezüglich *FAI* entspricht *M1D1* der Terminologie der *hits*, *MOD1* den *misses* und *M1D0* den

$$\begin{aligned} \text{model fit} &= \frac{\text{hits}}{\text{hits} + \text{misses} + \text{false alarms}} \quad (1^1) \\ \text{bias score} &= \frac{\text{hits} + \text{false alarms}}{\text{hits} + \text{misses}} \quad (2^1) \\ \text{hit rate} &= \frac{\text{hits}}{\text{hits} + \text{misses}} \quad (3^1) \\ \text{false alarm ratio} &= \frac{\text{false alarms}}{\text{hits} + \text{false alarms}} \quad (4^1) \\ \text{FAI} &= \frac{\text{M1D1}}{\text{M1D1} + \text{M1D0} + \text{MOD1}} \quad (5^2) \end{aligned}$$

¹ Auf Gebäude oder Objekte basierend

² Flächenbezogener Index

Tabelle 1: Kontingenztafel

		Treffer aus Schadendaten		
		JA	NEIN	Total
Treffer durch Modell	JA	<i>hits</i>	<i>false alarms</i>	modelliert Ja
	NEIN	<i>misses</i>	<i>correct negatives</i>	modelliert Nein
	Total	beobachtet Ja	beobachtet Nein	Total

false alarms. Nach der Berechnung soll der flächenbezogene Index FAI (5) mit den anderen auf Versicherungsdaten basierenden Indizes verglichen und diskutiert werden.

Auf *correct negatives* wird nicht weiter eingegangen, da es für die daraus abgeleiteten Indizes entscheidend ist, wie gross der Modellperimeter gewählt wird. Solche Indizes können durch die Wahl eines grösseren Modellperimeters zu Gunsten des Modells manipuliert werden.

Resultate Validierung

In Tabelle 2 sind die Resultate zu den angesprochenen Indizes aufgeführt. Abbildung 1 zeigt in kartographischer Form wie die verwendeten Validierungsgrundlagen der untersuchten Gebiete im Kanton Nidwalden räumlich verteilt sind.

Für Wohngebäude konnten wir den Gebäudebestand im Jahr 2005 mit Hilfe der Gebäude- und Wohnungsstatistik des Bundesamtes für Statistik rekonstruieren, d.h. alle Neubauten nach 2005 wurden aus dem Validierungsdatensatz entfernt. Auffallend sind die unterschiedlichen Ausprägungen der Indizes in Stansstad und Buochs / Ennetbürgen bei Be-

Tabelle 2: Validierungsindizes zu den vier Untersuchungsgebieten. Indizes 1-4: Gebäudespezifisch, Werte in runden Klammern beziehen sich nur auf Gebäude mit Wohnnutzung. Index 5 (FAI): Flächenspezifisch, bei Werten in eckigen Klammern wurde die Gerinnefläche zu MID1 (hit) hinzugefügt, Seefläche wurde in keinem Fall berücksichtigt.

Validierungsindizes	Buochs / Ennetbürgen	Stansstad	Thun	Interlaken
Model fit	0.66 (0.71)	0.74 (0.78)	0.56 (0.56)	0.47 (0.47)
Bias score	1.02 (0.96)	1.14 (1.11)	1.20 (1.21)	0.90 (0.90)
Hit rate	0.81 (0.81)	0.91 (0.92)	0.79 (0.79)	0.61 (0.61)
false alarm ratio	0.21 (0.15)	0.20 (0.17)	0.34 (0.35)	0.33 (0.32)
FAI	0.73 [0.74]	0.67	0.61 [0.68]	0.66 [0.69]

rücksichtigung von ausschliesslich Wohngebäuden. Für die meisten Indizes können in diesen beiden Regionen bessere Resultate für Wohngebäude als bei Berücksichtigung aller Gebäudetypen beobachtet werden. In Interlaken und Thun sind diesbezüglich keine Unterschiede auszumachen.

Für den *model fit* wird generell ein Modell, das mindestens den Wert 0.7 erzielt, als gut definiert. Im Fall der vier Regionen, die in dieser Studie betrachtet wurden, ist dies nur bei Stansstad ($F = 0.74$) der Fall. Deutliche Unterschiede zeigen sich beim Vergleich zwischen Stansstad und Buochs / Ennetbürgen ($F = 0.66$) mit Thun ($F = 0.56$) und Interlaken ($F = 0.47$). Für

die Modellierung in Interlaken bedeutet dies beispielsweise, dass 53% aller vom Modell vorhergesagten und / oder beobachteten Schäden entweder *misses* (Unterschätzung) oder *false alarms* (Überschätzung) sind, während nur rund 47% *hits* erzielt werden.

Der *bias score* zeigt, in welchem Verhältnis die *false alarms* zu den *misses* stehen, relativiert durch die Anzahl der erzielten *hits*. Ein Wert grösser als eins steht hierbei für ein tendenziell überschätzendes Modell (mehr *false alarms* als *misses*), während ein Wert unter eins für eine Unterschätzung steht. Interlaken ist die einzige Region mit einem *bias score* unter eins (0.9), was bedeutet, dass das Modell stärker

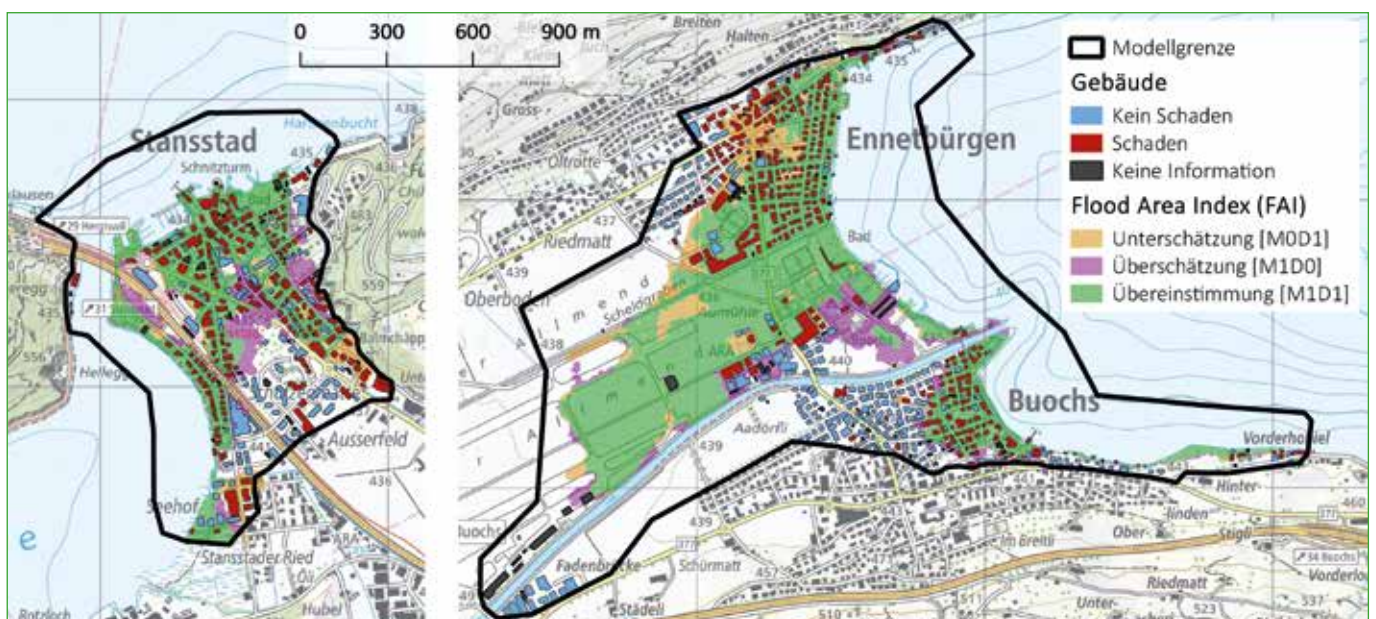


Abbildung 1: Karte mit den Überschwemmungsflächen für die Regionen Stansstad und Buochs/Ennetbürgen. Quellen: SWISSTOPO (Hintergrundkarte, reproduziert durch die Erlaubnis von SWISSTOPO (BA17073), Nidwaldner Sachversicherung (Schäden), Kanton Nidwalden (Ereignisdokumentation).

unter- als überschätzt, während in Stansstad (1.14) und Thun (1.2) die Anzahl exponierter Gebäude eher überschätzt wird. In Buochs / Ennetbürgen befindet sich der berechnete Wert (1.02) nahe am optimalen Wert.

Die *hit rate* zeigt den Anteil aller beobachteten Schäden, welche vom Modell ebenfalls erfasst wurden. Der schlechteste Wert wird in Interlaken erzielt (61%), gefolgt von Thun (79%), Buochs / Ennetbürgen (81%) und schlussendlich Stansstad, wo von 180 Schäden 164 auch vom Modell erfasst wurden (91%).

Während die *hit rate* gewissermassen auch ein Indiz dafür ist, wie stark das Modell unterschätzt (100% - *hit rate* = Anteil an *misses*), ist die *false alarm ratio* ein Mass dafür, in welcher Grössenordnung das Modell überschätzt. Sie zeigt den Anteil an *false alarms* an der Anzahl vom Modell vorhergesagten Schäden. So generiert die Modellierung in Thun und Interlaken für rund jedes dritte, in Buochs / Ennetbürgen und Stansstad für rund jedes fünfte Gebäude einen *false alarm*.

Interessant sind die Resultate des Flächenindex *FAI* verglichen mit dem *model fit*, wobei der *FAI* analog zum *model fit* definiert ist, jedoch auf der überschwemmten Fläche und nicht der Anzahl betroffener Gebäude basiert. Betrachtet man die Kantone separat und vergleicht Thun mit Interlaken, errechnet sich der höhere *FAI* in Interlaken, während der deutlich bessere *model fit* in Thun festgestellt wurde. Ähnliches gilt für die Simulationen in Nidwalden: Für Stansstad wird eine deutlich höhere Güte in Bezug auf den *model fit* erreicht, während die Qualität bezüglich Fläche schlechter ist als in Buochs / Ennetbürgen.

Wie das Beispiel Thun aufzeigt, kann es ausserdem relevant sein, ob die Gerinnefläche mit in die Berechnung des *FAI* einfliesst oder nicht. Da in dieser Studie vor allem die Auswirkungen ausserhalb des Gerinnes in der Überschwemmungsebene von Interesse sind, werden die Flächen der Gerinne nicht mit einbezogen. Das macht vor allem dann Sinn, wenn zwei

Modelle miteinander verglichen werden und die Qualität der Modellierung der Gerinneabgrenzung mitentscheidend ist.

Validierung in der Praxis

Bei der Entwicklung von Gefahrenanalysen oder bei Modellierungen im Rahmen von Hochwasserschutzprojekten wird häufig auf eine quantitative Validierung verzichtet. Diese Studie zeigt aber, dass eine Validierung aus verschiedenen Gründen Vorteile in Bezug auf die Einschätzung der Modellgüte bietet.

Differenzierte Einschätzung der Modellqualität

Die Verwendung mehrerer Validierungsindizes basierend auf unterschiedlichen Daten lässt eine umfassendere Modelleinschätzung zu. So zeigt sich, dass beispielsweise in Stansstad das Modell die Anzahl beschädigter Gebäude zufriedenstellend reproduzieren kann, jedoch in Bezug zu modellierten Überschwemmungsflächen Schwächen aufweist. Der *model fit* und der *FAI* sind sehr hilfreiche Gütemasse, weil sie gleichermaßen Über- und Unterschätzung mit einbeziehen. *Bias score*, *hit rate* und *false alarm ratio* helfen weiter, die gefundenen Qualitätsangaben zu differenzieren und Über- und Unterschätzung separat zu betrachten. Zusammen ergeben sie ein quantitatives, differenziertes und vergleichbares Abbild der Modellqualität.

Übertragbarkeit auf Risikoabschätzung

Ein weiteres Vorteil, welches durch die hier verwendete Validierung generiert wird, ist die Übertragbarkeit auf Risikoabschätzungen, wie zum Beispiel im Zusammenhang mit der Planung einer Hochwasserschutzmassnahme. So lässt sich vermuten, dass beispielsweise bei einem hohen *bias score* auch das Szenarienspezifische Schadenpotential zu hoch sein könnte. Durch die Bewertung der Modellgüte wird also auch eine bessere Bewertung von Risikoabschätzungen ermöglicht.

Diskrepanzen in den Validierungsdaten

Ein interessanter Aspekt ist der Vergleich der Resultate unterschiedlicher Validierungsgrundlagen. So konnten für grosse Teile in Matten und entlang der Aare in Interlaken, sowie im Thuner Bälliz anhand der Versicherungsdaten eine Vielzahl an Schäden lokalisiert werden, wo gemäss kartographischer Ereignisdokumentation gar keine Überschwemmungen stattgefunden haben. Im Sinne einer Validierung entspräche dies den *misses*. Auch vereinzelte Gebäude ohne Schäden innerhalb des dokumentierten Überschwemmungsperrimeters – in dem Sinne *false alarms* – deuten auf Diskrepanzen hin. Diese können vermutlich aufgrund topographischer Eigenschaften auf Mikroskala erklärt werden oder wurden beispielsweise dank Objektschutz oder anthropogenen Eingriffen von Schäden geschützt.

Versicherungsdaten in der Validierung

Die Vorteile der Verwendung von Versicherungsdaten gegenüber herkömmlichen Ereignisdokumentationen bestehen in den konsequenten und relativ homogenen Erhebungen über die Zeit und in der Erfassung kleiner Ereignisse. Die grössten Herausforderungen sind die aus Datenschutzgründen erschwerte Datenverfügbarkeit und die sorgfältige Aufbereitung der Daten. So müssen einerseits die Gebäude etwa hinsichtlich Baujahr überprüft werden. Andererseits sollten Schäden, die durch andere Prozesse – wie z. B. Oberflächenabfluss (vgl. Bernet et al. 2017) - entstanden sind, möglichst ausgeschlossen werden. Insgesamt bieten Schadendaten zur Validierung nicht nur eine Alternative zur Qualitätsbestimmung mit teils schwierig bewertbaren Ereignisdokumentationen, sondern zeigen auch die Grenzen der Hochwassersimulation auf.

Literaturverzeichnis

- BAFU: Hydrologische Daten und Vorhersagen. Bundesamt für Umwelt BAFU. Bern. Verfügbar unter <https://www.hydrodaten.admin.ch/en/stations-and-data.html>, letzter Zugriff: 17. Mai 2017.
- BAFU: Querprofile Engelberger Aa. Bundesamt für Umwelt BAFU, Hazard Prevention Division. Bern. Verfügbar unter: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/office/divisions-sections/hazard-prevention-division.html>, letzter Zugriff: 09. Februar 2018.
- Bates, P., de Roo, A., 2000. A simple raster-based model for flood inundation simulation. *J. Hydrol.* 236 (1–2), 54–77.
- Bennett, N.D., Croke, B.F., Guariso, G., Guillaume, J.H., Hamilton, S.H., Jakeman, A.J., Marsili-Libelli, S., Newham, L.T., Norton, J.P., Perrin, C., Pierce, S.A., Robson, B., Seppelt, R., Voinov, A.A., Fath, B.D., Andreassian, V., 2013. Characterising performance of environmental models. *Environ. Modelling Software* 40, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.09.011>.
- Bernet, D.B., Prasuhn, V., Weingartner, R., 2017. Surface water floods in Switzerland. What insurance claim records tell us about the damage in space and time. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 17 (9), 1659–1682.
- Conner, J.T., Tonina, D., 2014. Effect of cross-section interpolated bathymetry on 2D hydrodynamic model results in a large river. *Earth Surface Processes Landforms* 39, 463–475. <https://doi.org/10.1002/esp.3458>.
- Costabile, P., Macchione, F., 2015. Enhancing river model set-up for 2-D dynamic flood modelling. *Environ. Modelling Software* 67, 89–107. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.01.009>.
- Falter, D., Vorogushyn, S., Lhomme, J., Apel, H., Gouldby, B., Merz, B., 2013. Hydraulic model evaluation for large-scale flood risk assessments. *Hydrol. Process.* 27 (9), 1331–1340.
- Horritt, M.S., Bates, P.D., 2002. Evaluation of 1D and 2D numerical models for predicting river flood inundation. *J. Hydrol.* 268, 87–99. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00121-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00121-X).
- KAWA: Lidar Höhenmodell 2014. Kanton Bern, 2015.
- Merwade, V., Cook, A., Coonrod, J., 2008a. GIS techniques for creating river terrain models for hydrodynamic modeling and flood inundation mapping. *Environ. Modelling Software* 23, 1300–1311. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2008.03.005>.
- Shewchuk, J.R., 2002. Delaunay refinement algorithms for triangular mesh generation. *Comput. Geometry Theory Appl.* 22 (1–3), 21–74.
- Suter, Hannes, Thomi, Luzius, Weingartner, Rolf, Zischg, Andreas Paul, 2016. Was macht Hochwasserschutzprojekte erfolgreich? *Wasser Energie Luft*, 108(2), pp. 115–120. Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
- SWISSTOPO: swissALTI3D. Bundesamt für Landestopographie, swisstopo. Verfügbar unter: https://shop.swisstopo.admin.ch/de/products/height_models/alti3D, letzter Zugriff: 09. Februar 2018.
- SWISSTOPO: swissTLM3D. Bundesamt für Landestopographie, swisstopo. Verfügbar unter: <https://shop.swisstopo.admin.ch/de/products/landscape/tlm3D>, letzter Zugriff: 09. Februar 2018.
- Tayefi, V., Lane, S.N., Hardy, R.J., Yu, D., 2007. A comparison of one- and two-dimensional approaches to modelling flood inundation over complex upland floodplains. *Hydrol. Process.* 21, 3190–3202. <https://doi.org/10.1002/hyp.6523>.
- Vetsch, D., Siviglia, A., Ehrbar, D., Facchini, M., Gerber, M., Kammerer, S., Peter, S., Vonwiler, L., Volz, C., Farshi, D., Mueller, R., Rousselot, P., Veprek, R., Faeh, R., 2017. BASEMENT – Basic Simulation Environment for Computation of Environmental Flow and Natural Hazard Simulation., Zurich. Verfügbar unter: www.basement.ethz.ch.
- Zischg, A. P., Mosimann, M., Bernet, D. B., Röthlisberger, V., 2018. Validation of 2D flood models with insurance claims. *Journal of Hydrology* 557, S. 350–361. [10.1016/j.jhydrol.2017.12.042](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.12.042).

Ist die Erosionsabschätzung mittels RAMMS::DEBRISFLOW schon praxistauglich?

Peter Schürch¹ (p.schuerch@meierpartner.ch)
David Jud¹
Brian McArdeall²

¹ Meier und Partner AG, St. Gallen
² Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf

Résumé

Afin d'évaluer les risques liés aux mouvements de masse, l'OFEV a besoin de scénarios pour des périodes de retour définies. Dans le cas du processus de lave torrentielle, cette tâche est en général difficile à accomplir en raison d'un manque de données sur ce processus et parce que la progression de l'érosion était jusqu'à présent difficile à prévoir. Le programme de simulation numérique RAMMS::DEBRISFLOW offre maintenant la possibilité de modéliser l'érosion des laves torrentielles. Dans le cadre d'un projet de protection contre les crues, nous avons testé le modèle dans le but d'élaborer des scénarios à la fin du trajet d'écoulement (cône de rejet) à partir de scénarios de déclenchement d'une manière compréhensible.

Zusammenfassung

Für die Beurteilung von Massenbewegungsgefahren fordert das BAFU Szenarien zu definierten Wiederkehrperioden. Beim Prozess Murgang ist diese Anforderung in der Regel nur schwer erfüllbar, weil die Daten dazu fehlen und der Prozessverlauf hinsichtlich Erosion bisher schlecht prognostizierbar war. Das numerische Simulationsprogramm RAMMS::DEBRISFLOW bietet nun die Möglichkeit zur Modellierung der Murgangerosion. Im Rahmen eines Hochwasserschutzprojekts testeten wir das Modell mit dem Ziel, aus Auslöseszenarien auf nachvollziehbare Weise Szenarien am Ende des Fliesspfads (Schuttkegel) herzuleiten.

Ausgangslage und Fragestellungen

In den massgebenden BAFU-Publikationen (BU-WAL 1997, BAFU 2016) wird gefordert, dass für die Beurteilung von Massenbewegungen bzw. Murgängen Szenarien definiert werden und "Es sollen jährliche Eintretenswahrscheinlichkeiten [...] bestimmt werden, die mit den Wiederkehrperioden (30, 100, 300, >300 Jahre) der Prozesse Hochwasser und Lawinen übereinstimmen." Allerdings ist unter Fachleuten seit langem bekannt, dass die Häufigkeitsverteilung der Murgangvolumina in einem Einzugsgebiet in der Regel unbekannt ist (Davies 1997, Rickenmann 1999). Dasselbe trifft auch auf den Parameter Spitzenabfluss zu. In der Schweiz gibt es ein Einzugsgebiet mit einer guten (aber nicht ausreichenden)

Datenbasis – und dieses Einzugsgebiet ist für die Murgangbildung in den Alpen nicht unbedingt typisch. Für den Illgraben im Wallis existiert eine längere Zeitreihe von Murgangdaten (Volumina, Abfluss, Geschwindigkeiten) mit der die Wiederkehrperiode 30 Jahre knapp geschätzt werden könnte (Bennet et al. 2014). Offensichtlich besteht also ein beträchtlicher Widerspruch zwischen geforderten Grundlagen und effektiv verfügbaren Daten für die Gefahrenbeurteilung eines beliebigen Murgangeinzugsgebiets. In der Praxis hat dies fatale Auswirkungen: Bei der Erarbeitung der Gefahrenkarten werden den geforderten Wiederkehrperioden Szenarien zugeordnet, die teilweise schwer nachvollziehbare Werte bezüglich Murgangfrachten mit sich bringen (Abbildung 1). Das gezeigte

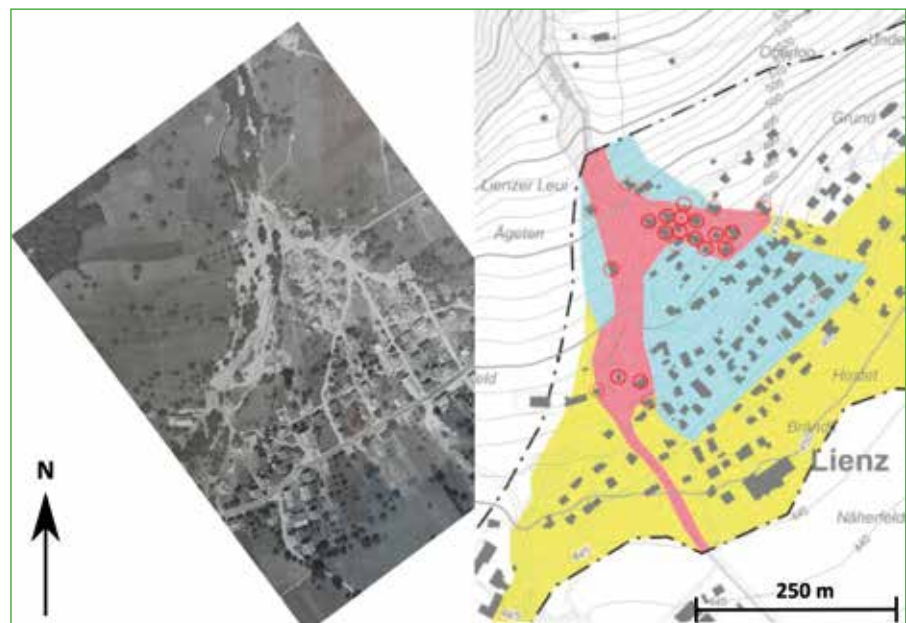


Abbildung 1: Links: Grösstes bekanntes Murgangereignis in Lienz SG (50'000 m³). Rechts: Gefahrenkarte 300jährliches Ereignis (15'000 m³).

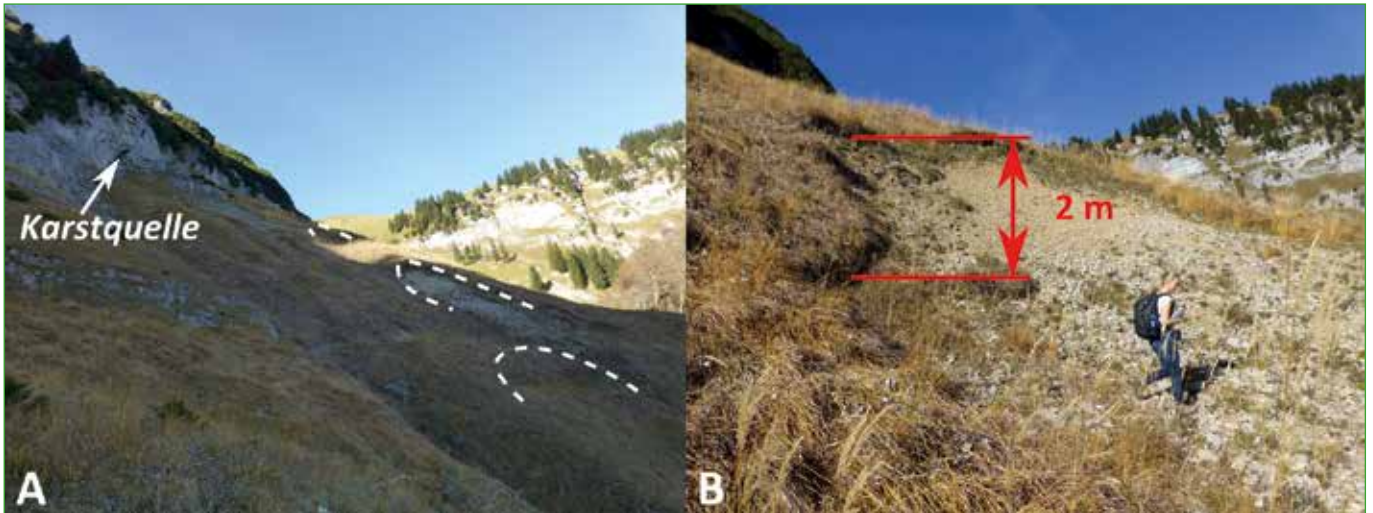


Abbildung 2: A) inaktive Schutthalden im Gebiet Unterbüttel/Vordere Better mit Spontanrutschungen (weisse Linien) und Karstquelle. B) Nahaufnahme einer Spontanrutschung mit 2 m Mächtigkeit (Fotos: Meier und Partner AG).

Ereignis hatte gemäss historischen Dokumenten von 1967 rund 50'000 m³ Material im Dorf Lienz (SG) abgelagert. Die Gefahrenkarte für das 300-jährliche Ereignis sieht eine ähnliche Ausdehnung wie diejenige des Ereignisses 1967 vor, aber postuliert eine Ereignisgrösse von 15'000 m³.

Weder die historischen Dokumente noch die alten Luftbilder deuten darauf hin, dass dieser Murgang auf einen Bergsturz oder eine Grossrutschung im Einzugsgebiet zurückzuführen ist. Möglicherweise handelt es sich also nicht um ein allzu seltenes Ereignis, das auf einen speziellen Umstand zurückzuführen war. Somit ergeben sich ein paar interessante Fragen für die künftige Planung der Schutzmassnahmen in Lienz (SG): 1) Wo befindet sich die Sedimentquelle im Einzugsgebiet? 2) Wie entstehen Murgänge von dieser Grössenordnung? 3) Welche Ereignisgrösse soll der Dimensionierung von Schutzbauten zu Grunde gelegt werden?

Die ersten beiden Fragen beantworten wir nachstehend. Hierzu setzen wir einerseits auf klassisches geomorphologisches Prozessverständnis und andererseits auf die Abschätzung der Murgangerosion mittels RAMMS:DEBRISFLOW (Berger et al. 2011,

Schürch et al. 2011, Frank et al. 2015). Daneben versuchen wir eine kritische Bewertung unserer Erfahrungen mit diesem Vorgehen.

Das Einzugsgebiet des Lienzer Bachs (1.71 km²) befindet sich auf der Ostseite des Hohen Kastens (1'791 m ü.M.). Beim Einzugsgebiet handelt es sich um ein typisches Wildbacheinzugsgebiet mit Hangneigungen von teilweise über 50°. Das Hauptgerinne bis zum Kegelhalbs weist ein Längsgefälle von 23° (44%) auf. Der Untergrund des Einzugsgebiets besteht aus Fels, Gehängeschutt und Moränenmaterial. Die Böden im Einzugsgebiet sind eher geringmächtig.

Aus den Felswänden auf der orographisch rechten Talseite ist aufgrund der bergwärts einfallenden Schichten gelegentlich mit kleineren und grösseren Felsabbrüchen zu rechnen. Auf der orographisch linken Seite begünstigt das hangparallele Schichtfallen das Abgleiten ganzer Schichtpakete und so die Entstehung von grösseren Felsrutschungen. Die Hangschuttkegel sind im ganzen Einzugsgebiet mit wenigen Ausnahmen inaktiv und weisen deshalb eine fast durchgehende Vegetationsdecke auf. Trotzdem stellen sie das wichtigste Geschiebereservoir im Einzugsgebiet dar, das bei Starkniederschlägen

remobilisiert werden kann. Die Remobilisation geschieht durch Spontanrutschungen bzw. Hangmuren (Abbildung 2). Im Gelände sind einige Ausbruchnischen solcher Spontanrutschungen sichtbar. Einige sind frisch, d.h. 1-2 Jahre alt, andere schon wieder vollkommen mit Gras überwachsen (Abbildung 2A). Diese Spontanrutschungen sind wiederkehrende Ereignisse mit Volumina zwischen 20 m³ und 150 m³ (Meier und Partner AG 2017).

Für den Moment halten wir fest: 1) Zuerst im Einzugsgebiet besteht ein Potenzial von vergleichsweise kleinen Spontanrutschungen; 2) auf dem Schuttfächer werden Murgänge von einigen 10'000 m³ Volumen beobachtet. Was passiert dazwischen?

Vorgehen

Die Erosionsabschätzung in RAMMS basiert auf drei einfachen Annahmen, die sich auf wenige Feldmessungen abstützen. Die Geschwindigkeit der (vertikalen) Gerinneerosion eines Murgangs ist begrenzt, hierfür gibt es eine Messung (Berger et al. 2011). Für die maximale Erosionstiefe wird ein Zusammenhang mit der Sohlschubspannung hergestellt, ebenso für den Beginn der Erosion (Schürch et al. 2011). Diese empirischen Erkenntnisse

wurden in ein einfaches Erosionsmodell eingesetzt, das nun in RAMMS verfügbar ist (Frank et al. 2015). Die drei Parameter Erosionsgeschwindigkeit, maximale Erosionstiefe als Funktion der Sohlschubspannung und die kritische Sohlschubspannung, unterhalb jener keine Erosion stattfindet, bestimmen das Erosionsverhalten. Die Sohlschubspannung ist proportional zu Fliesstiefe (h), Gefälle (J), Dichte des Murganggemisches (ρ) sowie der Erdbeschleunigung (g): $\tau = \rho g h J$.

Wird RAMMS mit Erosionsmodell verwendet, wächst das Murgangvolumen infolge Erosion entlang des Fließpfades an, sofern die Voraussetzungen (siehe oben) erfüllt sind. Weil RAMMS das Murgangfliessen gut abbildet, wird implizit die kombinierte Wirkung von Gerinnequerschnitt und Spitzenabfluss auf die Sohlschubspannung berücksichtigt und so die kumulierte Erosion entlang des Fließpfades ermittelt.

Im obersten Teil des Einzugsgebietes betrachten wir zwei Auslöseszenarien mit mehreren kleinen Spontanrutschungen von 300 bzw. 1'500 m³ Gesamtvolumen (Abbildung 3). Weiter berücksichtigen wir die zwei Varianten, dass Erosion entlang der Sperrentreppe möglich ist (=Versagen der Sperrentreppe) oder nicht (=Sperrren bleiben intakt). Unterhalb der Sperrentreppe bis zum Schuttfächer verläuft der Bach in einem Felsgerinne, dort ist also keine Erosion möglich. Für die Erosionsparameter beschränken wir uns auf eine geringfügige Variation der empirisch ermittelten Erosionstiefe (-0.1 m/kPa oder -0.05 m/kPa). Die Erosionsrate (-0.025 m/s) und die kritische Schubspannung (1 kPa) belassen wir bei den Standardeinstellungen (Berger et al. 2011, Schürch et al. 2011).

Um die Wirkung eines kleinen Rückhaltevolumens oben im Einzugsgebiet auf die Volumina unten in der Nähe des Kegels zu untersuchen, haben wir einige Szenarien mit einem Rückhaltevolumen von 2'500 m³ im Gebiet Roti Platte gerechnet.

Resultate und Modellierung

Die Resultate der Murgangmodellierung sind in Abbildung 3 dargestellt. Bei den angegebenen Minimalwerten im Gebiet Furnis ist somit ein Rückhalt im Gebiet Roti Platte von 2'500 m³ berücksichtigt und es wurde ein mittleres Erosionsszenario zu Grunde gelegt. Die Maximalwerte ergeben sich aus einer Modellierung ohne Rückhalt im Gebiet Roti Platte bei einem extremen Erosionsszenario. Der Rückhalt im Gebiet Roti Platte reduziert das Murgangvolumen im Gebiet Furnis jeweils um rund 10'000 m³.

Bei einem grossen Ereignis (oben in Abbildung 3) ist im Gebiet Roti Platte mit einem Murgangvolumen von 5'000 bis 18'000 m³ zu rechnen. Wird Erosion der Sperrentreppen zugelassen, ergeben sich Volumina zwischen 20'000 und 80'000 m³ im Gebiet Furnis. Ohne Erosion der Sperrentreppe ergeben sich um 50% reduzierte Volumina. Die Volumina bei einem kleinen Auslöse-Ereignis sind unten in Abbildung 3 analog dargestellt.

Ein Ereignis, wie es sich 1967 ereignete, ist möglich, ohne dass sich im Einzugsgebiet eine Grossrutschung ereignet. Die Hypothese, dass grössere Murgangereignisse durch eine Serie kleinerer Spontanrutschungen hoch oben im Einzugsgebiet ausgelöst werden können, ist somit plausibel und das Ereignis von 1967 deshalb als nicht allzu aussergewöhnlich zu bewerten.

Diskussion

Das rasante Anwachsen des Murgangvolumens ist vor allem auf die Steilstrecke entlang des Schindlerenbaches zurückzuführen, weil dort hohe Sohlschubspannungen auftreten. Der auf diesem Abschnitt geschätzte Volumenzuwachs der Murgänge infolge Erosion passt gut zum durch uns geschätzten Geschiebepotential von rund 38'000 m³ aus Sohle und Böschungen (Meier und Partner AG 2017). Für die im Gebiet Furnis ankomm-

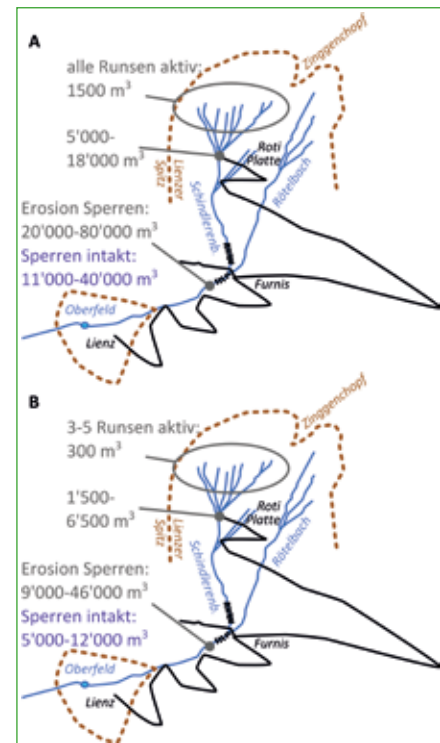


Abbildung 3: Skizze des Einzugsgebietes des Schindlerenbaches aus der Vögelschau (nicht massstäblich). Resultate der Murgangmodellierung mit RAMMS::DEBRISFLOW im Lienzer Bach. A) grosses Auslöseereignis. B) kleines Auslöseereignis.

menden Murgangvolumina ist der Zustand der Sperrentreppe entscheidend. Wird diese Strecke als erodierbar betrachtet, verdoppelt sich das Murgangvolumen. Der künftige Unterhalt dieser Bauwerke ist somit sehr wichtig.

In unserem konkreten Anwendungsfall hat sich RAMMS::DEBRISFLOW mit Verwendung des Erosionsmodells als praxistauglich erwiesen, solange folgende Punkte berücksichtigt werden:

- 1) Die Interpretierbarkeit des Outputs von RAMMS hängt stark vom Wissen um die relevanten geomorphologischen Prozesse im Einzugsgebiet und den geologischen Rahmenbedingungen ab. Erst daraus ergeben sich Hypothesen, die zu sinnvollen Inputszenarien führen. Erst dann kommt die Stärke des Modells zum Tragen: Mit dem Modell kann die Entwicklung des Ereignisses entlang des

Fließpfades untersucht werden. Somit hilft das Modell aufgrund plausibler Auslöseszenarien in nachvollziehbarer Weise Szenarien für das Ende des Fließpfads, z.B. auf dem Schuttkegel, zu formulieren.

- 2) Aufgrund der Funktionsweise des Modells lassen sich mit entsprechend unsinniger Parameterwahl auch unsinnige Erosionsvolumina produzieren. Hier ist deshalb Vorsicht geboten. Zur Definition von sinnvollen Wertebereichen für die drei grundlegenden Parameter des Erosionsmodells (kritische Sohlschubspannung, maximale Erosionstiefe, Erosionsrate) liegen noch zu wenig Erfahrungswerte vor. Hier besteht dringender Bedarf nach zusätzlichen Datensätzen in der Art jener vom Illgraben (Berger et al. 2011, Schürch et al. 2011), aber aus anderen Gefällebereichen, anderen Gerinneformen und anderen Lockergesteinstypen.
- 3) Weil die effektive Erosionsleistung implizit aus der Gerinnegeometrie und dem jeweiligen Spitzenabfluss folgt, kommt der adäquaten Abbildung der

Gerinnegeometrie im Höhenmodell eine grosse Bedeutung zu. Das heisst, ein schmales, V-förmiges Gerinne muss mit einem höher aufgelösten Höhenmodell abgebildet werden als ein weites, offenes Gerinne. Ansonsten resultieren falsche Sohlschubspannungen und somit falsche Erosionsleistungen.

Literatur

BAFU (2016). Schutz vor Massenbewegungsgefahren. Umwelt-Vollzug. S. 100.

Bennet 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, doi:10.1002/2013WR013806.

Berger, C., McArdell, B.W., and Schlunegger, F., 2011, Direct measurement of channel erosion by debris flows, Illgraben, Switzerland: *J. Geophys. Res.*, v. 116, p. F01002.

BUWAL (1997). Empfehlungen 1997, Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Reihe Naturgefahren. 32 S.

Davies T. R. H. (1997). Using hydroscience and hydrotechnical engineering to reduce debris flow hazards. *Proc. First Int. Conf. On Debris Flow Hazards Mitigation*, San Francisco. ASCE, pp. 787-810.

Frank, F., McArdell, B. W., Huggel, C. & Veli A. (2015). The importance of entrainment and bulking on debris flow runout modeling: examples from the Swiss Alps. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 15, 2569–2583.

Meier und Partner AG (6.7.2017). Hochwasserschutz Lienzer Bach, Geschiebestudie und Schutzkonzept. Projekt 1596. 50 S.

Rickenmann D. (1999). Empirical Relationships for Debris Flows. *Nat. Haz.* 19, 47-77.

Schürch, P., Densmore, A. L., Rosser, N. J. & McArdell, B. W. (2011). Dynamic controls on erosion and deposition on debris-flow fans. *Geology*. v. 39. No. 9: p. 827-830.

Niveau de détail et qualité requise pour une Evaluation Locale de Risque dans le cadre des demandes de permis de construire

Giuseppe Franciosi¹ (giuseppe.franciosi@eca-vaud.ch)
 Marc Choffet¹ (marc.choffet@eca-vaud.ch)

¹ Prévention éléments naturels, Etablissement d'assurance contre l'incendie et les éléments naturels du Canton de Vaud (ECA-Vaud), Pully

Zusammenfassung

Der im Kanton Waadt implementierte umfassende Risikomanagementprozess basiert auf den im gesamten Kanton durchgeführten multiphänomenalen Gefahrenbeurteilungen, die in Karten zusammengefasst sind, welche die räumliche Ausdehnung der potenziell von Naturgefahren betroffenen Gebiete abbilden.

Gerade in Gebieten mit instabilem Gelände sieht man sich bei Bauprojekten mit diversen Umweltauflagen und administrativen Einschränkungen konfrontiert. Denn gemäss Art. 89 des kantonalen Raumplanungsgesetzes ist in instabilen Gebieten jegliche Tätigkeit verboten, bevor nicht Massnahmen zur Beseitigung der Gefahren oder zur Verringerung der Gefährdung umgesetzt worden sind.

Die Projekte verändern und entwickeln sich ab den ersten Machbarkeitsanalysen stetig weiter hin zu Projektstudien und Ausführungsplänen. Die kritische Phase in diesem Prozess ist dabei die Überprüfung der Projektübereinstimmung bezüglich Gefahrensituation und Vulnerabilität auf Parzellenebene. Genau in dieser Projektphase sollte das Schutzdefizit berücksichtigt und der Miteinbezug eines Naturgefahrenspezialisten zur Unterstützung des Planers vorgesehen werden, da damit erhebliche Kosteneinsparungen generiert werden können (Optimierung zeitlicher und finanzieller Ressourcen zur Bearbeitung administrativer Verpflichtungen).

Das ECA («Etablissement d'assurance contre l'incendie et les éléments naturels», Kanton

Waadt) hat zur Vereinheitlichung der Qualitätsstandards solcher Expositions- und Vulnerabilitätsanalysen ein Verfahren entwickelt und dieses den Akteuren im Risikomanagement im Kanton Waadt zugänglich gemacht. Es ist als Praxisleitfaden zur Realisierung des «Bericht zur standortbezogenen Risikobeurteilung» (Französisch rapport d'évaluation locale de risque «ELR») zu verstehen und erlaubt es, Naturgefahren bereits zu Beginn der Bauprojektausarbeitung zu berücksichtigen und die abzugebende Dokumentation anlässlich des Baubewilligungsgesuches (Art. 69 RLATC) zu vervollständigen.

Die Berücksichtigung von Präventionskonzepten und Objektschutzmassnahmen ist bereits bei umfassenden Bauvorhaben nicht gewährleistet. Bei gewöhnlichen Bauten oder Teilrenovierungen ist deren Vernachlässigung noch deutlich heikler, da meistens der Beizug eines Projektgenieurs begrenzt ist.

Die Suche nach einem Optimum zwischen der Entwicklung technischer Lösungen und der Einhaltung von Grundsätzen wie der Verhältnismässigkeit von Investitionen oder erworbenen Rechten erfordert die Beherrschung aller Parameter der Risikobewertung.

Résumé

Le processus de gestion intégrale du risque mis en application sur le canton de Vaud se fonde sur l'évaluation du danger multi-phénomènes réalisés sur l'ensemble du territoire cantonal et synthétisé par des cartes délimi-

tant l'extension spatiale de secteurs potentiellement exposés à des dangers naturels gravitaires.

Un projet de construction voit le jour dans un territoire affecté de contraintes environnementales et administratives établies notamment en cas de terrains instables. De ce fait, selon l'art. 89 LATC, toute construction dans les secteurs définis comme terrain instable est interdite avant l'exécution de travaux propres à écarter ces dangers ou diminuer l'exposition.

Les projets évoluent et se développent progressivement depuis les premières analyses de faisabilité, vers des études de projet et des plans d'exécution.

La phase critique de ce processus est celle de la validation de la conformité du projet vis-à-vis de sa situation de danger au niveau de la parcelle et de sa vulnérabilité. C'est à ce stade que le déficit de protection doit être pris en compte et que l'intervention d'un spécialiste en dangers naturels en appuis du porteur du projet doit être planifiée, car elle engendre des économies financières notables (optimisation du budget et du temps de traitement des obligations administratives). Une procédure d'uniformisation du standard de qualité de ces analyses d'exposition et vulnérabilité a été développée par l'ECA et diffusée à l'ensemble des acteurs de la gestion des risques naturels du canton de Vaud. Elle prend la forme d'un guide pratique pour la réalisation de Rapport d'Evaluation locale de Risque (ELR) permettant la prise en compte des dangers naturels tout

au long de l'élaboration du projet architectural, et de compléter la documentation fournie lors de la demande de permis de construire (art. 69 RLATC). L'intégration de concepts de prévention et de mesures de protection à l'objet n'est déjà pas acquise pour les constructions de grande ampleur, mais elle devient encore plus délicate et sensible pour les bâtiments ordinaires ou lors de rénovations partielles, pour lesquels l'implication de l'ingénieur de projet est souvent particulièrement limitée. La recherche d'un optimum entre l'élaboration de solutions techniques et le respect de principes tels que la proportionnalité des investissements ou le droit acquis nécessitent une maîtrise de l'ensemble des paramètres de l'évaluation du risque.

Les données de base

Les **produits cartographiques** réalisés pour définir les phénomènes gravitaires géologiques, hydrologiques et nivologiques (Cartes intégrées de dangers, Etat de Vaud 2015) ont été synthétisés respectivement par des cartes de dangers (pour les zones à affectation spéciale et les zones à bâtir) ou par des cartes indicatives de danger (CIDN) sur le reste du territoire cantonal. Elles ont été réalisées par bassins versants homogènes et édités à des échelles entre 1: 2000 et 1: 10'000 tant pour les cartes des dangers naturels (CDN) que pour les cartes indicatives des dangers naturels (CIDN).

Ces documents constituent les données de base, au sens du règlement d'application de la loi cantonale sur la géoinformation (RLGéo-VD du 8 mai 2012) pour l'analyse de l'exposition des biens et des personnes aux dangers naturels gravitaires.

Qu'il s'agisse de zones urbanisées (CDN) ou non (CIDN), ces produits ont été réalisés sur un territoire représenté par un modèle numérique du terrain (MNT-MO) ne prenant pas en compte d'environnement bâti. De ce fait, l'influence,

la portée et la vulnérabilité des constructions existantes ou futures ainsi que leur exposition ne sont pas évaluées.

Dangers naturels et occupation du territoire

La **gestion intégrée des risques** élaborée par la PLANAT et approuvée par le Conseil Fédéral en 2004, fait place à l'analyse des dangers fondée sur la caractérisation des aléas et la modélisation des phénomènes.

Le cercle vertueux publié par la PLANAT est présent à tous les esprits des spécialistes des dangers naturels.

C'est une vision cyclique, circulaire ou en spirale qui décrit l'évolution du processus. En guise de clés de voûte: l'évènement. Il s'agit donc d'une conception de la gestion des risques centré sur l'aléa et qui permet d'améliorer les connaissances, les modèles et les outils d'analyse de risque à chaque nouvelle reproduction d'un évènement.

C'est la voie empruntée par le scientifique des sciences de la terre pour atteindre sa formulation de l'exposition au danger dans la gestion du territoire.

Les résultats des analyses sont pondérés au moyen des fameux diagrammes des degrés de danger (intensité-probabilité) et édités sous forme de carte dangers. Le processus suit les principes énoncés par la confédération dans les Recommandations de 1997-98. Il aboutit à un «document de base du plan directeur et d'affectation du sol, de même que pour les projets de mesures de protection».

La phase d'étude et de cartographie intégrale des dangers sur l'ensemble du territoire cantonal s'est déployée sur cette base et s'est conclue en 2015 avec la publication des différentes cartes thématiques.

Des directives cantonales relatives à la transcription des données sur les dangers naturels dans l'aménagement du territoire (en zone à bâtir) ont été éditées en 2014.

En résumé, dans un territoire vierge et non affecté, nous pourrions appliquer les règles de police des constructions illustrées par le principe de base suivant :

- Danger fort : zone d'interdiction
- Danger moyen, zone de réglementation et mesures de protection nécessaires
- Danger faible, zone de sensibilisation et mesures de protection adaptées

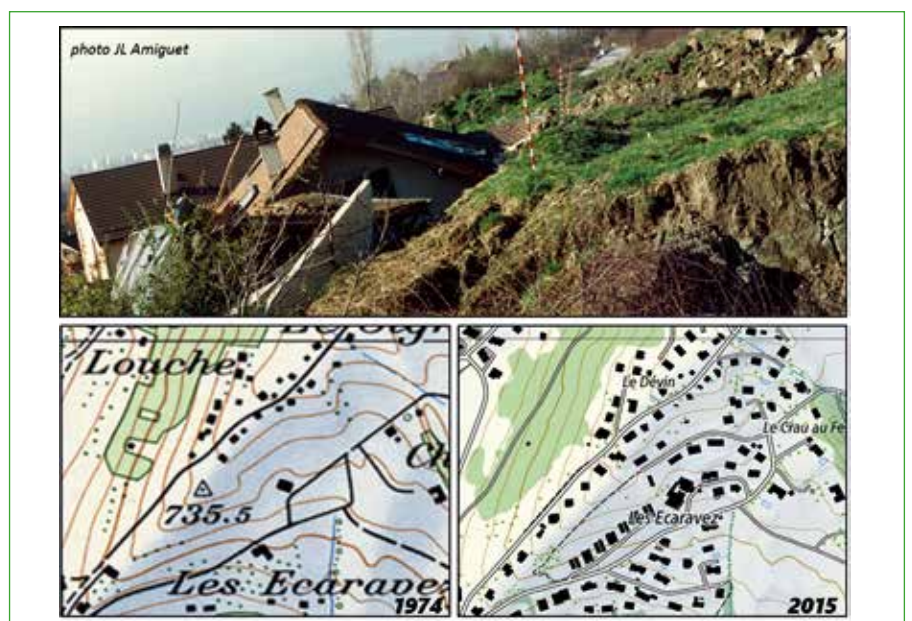


Figure 1 : Glissement de terrain février 1990 Belmont-s-Lausanne et extraits de la carte nationale

Mais voilà, au-delà des études et des processus centrés sur l'aléa et les modèles, il y a le monde réel. Et celui-ci est déjà construit, réglementé et son urbanisation se poursuit à un rythme soutenu.

Pour exemple, le glissement préhistorique de Coverney-Taillepieud dans la cuvette morphologique d'Ecaravez (communes de Belmont et Lutry).

La masse glissée est composée de parties déstructurées, altérées et mobilisées du soubassement rocheux marno-gréseux de la Molasse châtienne à charbon de Belmont et correspond à un phénomène de glissement couche sur couche sur des plans linéaires de pendage conforme au versant. Les dislocations sont partiellement dues à l'effondrement des anciennes exploitations minières artisanales. L'ensemble se trouve dans un état limite de stabilité, ce qui conduit ici et là à l'apparition de glissements spontanés.

Un évènement catastrophique majeur a eu lieu dans ce versant en février 1990 suite à des travaux de construction d'un nouveau quartier de villas (figure 1). A cette époque la carte géologique de Weidmann (1974) reportait déjà l'étendue de la zone instable et le rapport DUTI (Bonnard & Noverraz 1986) avait établi la carte d'instabilité de versant. Cependant, les informations géologiques n'avaient pas été intégrées dans les outils de la planification communale.

Depuis, sur la base de cette expérience, le règlement communal sur les constructions et l'aménagement du territoire rédigé en 1996 demande que tout projet mis à l'enquête soit obligatoirement accompagné par un rapport géologique et géotechnique.

Ainsi, pour chaque parcelle gravée par une même affectation, pour chaque projet de villa dans ce territoire, l'objectif de protection à atteindre est le même conformément au principe constitutionnel d'équité de traitement. Au fil du temps, la population et la valeur vénale des biens exposés dans ce même périmètre augmente à mesure de sa densification. Dans cette configuration, un moyen d'action pour la réduction du risque est la diminution de la vulnérabilité.

Le partage du risque

Du point de vue du Propriétaire immobilier, la prise en compte des dangers naturels est un processus sagittal qui se calque, dans l'exemple d'une nouvelle construction, sur les différentes phases d'évolution d'un projet. Celles-ci ont été synthétisées par la norme SIA 112 Modèle "Etude et conduite de projet" de 2014 (figure 2).

Si on résume grossièrement: l'idéation et la phase d'étude, l'obtention des permis administratifs, la réalisation et l'exploitation / utilisation du bien immobilier.

Et enfin, pour les territoires inscrits en zone

de danger, avec une probabilité plus ou moins grande que l'évènement se produise avec l'occurrence de dommages sur l'objet immobilier et jusqu'à la réhabilitation avec l'appui d'un Etablissement cantonal d'assurance ou des assureurs privé en absence d'un ECA.

Un projet de construction voit le jour dans un territoire affecté de contraintes environnementales, et administratives établies et, parfois dans des terrains instables.

Pour ce dernier cas, selon la Loi cantonale sur l'Aménagement du Territoire, toute construction dans les secteurs couverts par des CDN ou des CIDN est de ce fait interdite avant l'exécution de travaux propres à le consolider ou à écarter ces dangers (art. 89 LATC).

La jurisprudence fixe le cadre légal dans lequel peut s'exercer le droit administratif et public en lien avec les cartes de danger et les demandes de mesures de protection.

Quelques exemples suffisent à en apprécier l'impact :

A Préonzo (TI) où, malgré l'éboulement de 2012 à l'amont de la zone industrielle, deux entreprises continuent l'exploitation faisant valoir entre autre le principe constitutionnel du droit à la propriété et du droit acquis.

A Arveyes (VD) où malgré l'existence d'une zone rouge de danger de glissement, en 2009 un projet de construction a pu être développé sur la base du plan d'affectation en zone à bâtir en vigueur (AC2009.0027).

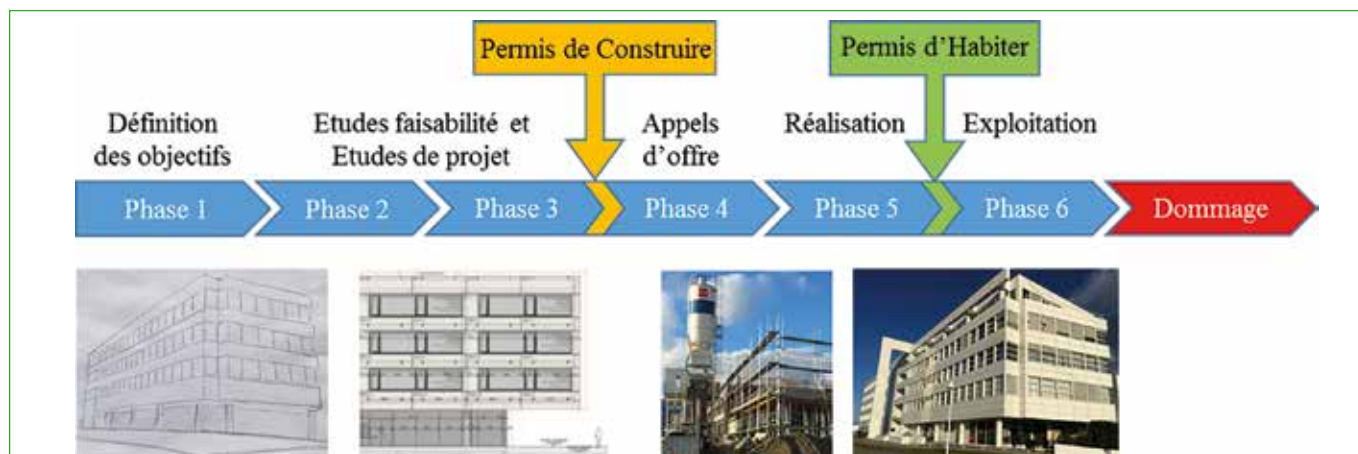


Figure 2 : Progression des phases de projet

A Gryon (VD) où pour la construction de trois chalets en zone de dissolution de dolines, il était contraire au principe de proportionnalité d'exiger au stade de la procédure du permis de construire l'établissement d'un rapport géologique et géotechnique complet (AC2010.0353).

On voit donc comme parallèlement à la définition des paramètres du risque liés à l'aléa traités par la communauté scientifique, d'autres acteurs peuvent avoir une influence déterminante dans la gestion intégrée du risque au niveau de la prévention (figure 3) :

- Les lois et la jurisprudence ;
- Le propriétaire foncier ;
- Les autorités compétentes pour la délivrance du permis de construire.

Chaque interlocuteur poursuit ses objectifs sur la base de ses besoins, ses lois et directives ou ses règles de l'art. Dans ce contexte les confrontations et conflits sont presque inévitables.

Dans le cadre des demandes de permis de construire pour les parcelles inscrites dans des périmètres de dangers naturels (indicatifs ou non), selon la procédure en vigueur dans le Canton de Vaud, le requérant doit se voir délivrer une Autorisation Spéciale (art. 120 LATC) qui, dans le cas des dangers naturels gravitaires est délivrée par l'Etablissement Cantonal d'Assurance (ECA).

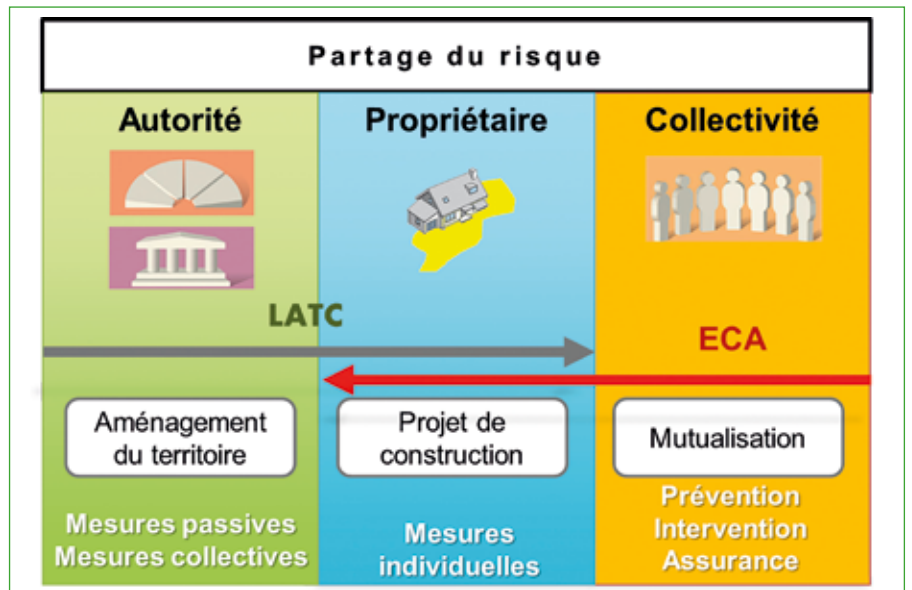


Figure 3 : Le partage du risque et ses acteurs

L'ELR : une approche centrée sur les phases de projet

La recherche d'un optimum entre l'élaboration de modélisations phénoménologiques de détail, solutions techniques de pointe et le respect de principes tels que la proportionnalité des investissements ou le droit acquis, nécessitent une maîtrise de l'ensemble des paramètres de l'évaluation du risque. C'est pourquoi, une procédure d'uniformisation du standard de qualité de ces analyses d'exposition et vulnérabilité a été développée par l'ECA avec l'appui de l'AGGV et de bureaux spécialisés en hydrologie et diffusée à l'ensemble des acteurs de la gestion des risques naturels du canton de Vaud. Elle prend la forme d'un guide pratique pour la réalisation des Rapports d'Evaluation

locale de Risque (RELRL) permettant la prise en compte des dangers naturels tout au long de l'élaboration du projet architectural et de compléter la documentation fournie lors de la demande de permis de construire.

Les quatre étapes du Rapport d'Evaluation Locale de Risque (ELR) selon le cahier des charges défini par l'ECA (figure 4) sont:

- Etape 1 : Descriptif succinct du projet et du cadre réglementaires
- Etape 2 : Situation de danger à la parcelle, évaluation de l'exposition au phénomène
- Etape 3 : Vulnérabilité du projet et proposition de mesures de protection
- Etape 4 : Recommandations constructives ou organisationnelles pour le projet d'exécution et son suivi

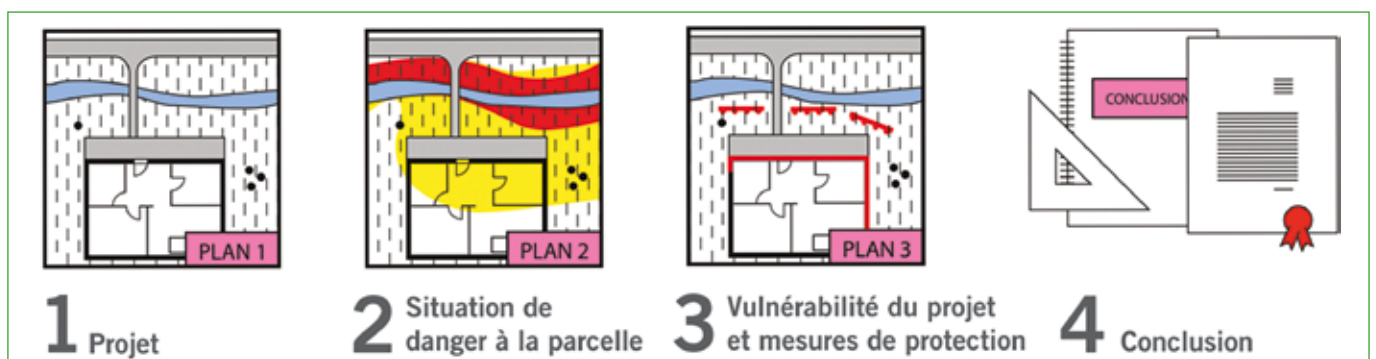


Figure 4 : Schéma de l'ELR

Les informations contenues dans les cartes de dangers ne traitent pas de la vulnérabilité des constructions exposées au danger. Par ailleurs, pour chaque situation de danger, il existe souvent plusieurs mesures possibles, voire des combinaisons, permettant de diminuer le niveau de risque auquel la construction est exposée.

Pour ce qui est des niveaux de sécurité à atteindre, force est de constater que les objectifs de protection utilisés par les spécialistes (par exemple ARE 2005 pour le danger d'inondation) sont basés sur les intensités des phénomènes regroupées par fourchettes d'hauteur, de vitesse ou d'énergie. Ce qui est traduit par les cartes de dangers en degrés de danger (résiduel, faible, moyen, fort).

Ces degrés de danger sont définis avec une fourchette d'intensité trop large pour permettre le traitement de la vulnérabilité réelle de l'objet.

Le cas spécifique d'objets immobiliers dont la vulnérabilité du bien ou de ses occupants est élevée sera traité différemment. Dans ces cas, pour ramener le déficit de protection au niveau de sécurité déterminé, la mise en place de mesures de protection à l'objet spécifiques ne pourra se faire que sur la base de valeurs de dimensionnement précis (hauteurs, énergies, vitesse).

Il peut également s'avérer qu'aucune mesure ne soit nécessaire si le projet ne présente aucun déficit de protection. Il revient donc au maître d'ouvrage de déterminer, grâce à une évaluation locale de risque, quelles sont les mesures les mieux appropriées à son projet et les plus proportionnées en termes de coûts. Il pourra dès lors les faire figurer sur les plans d'enquête.

L'ELR met en évidence la nécessité de mettre en place des mesures de protection à l'objet pour ramener le risque au niveau de sécurité défini par les objectifs de protection. Elle permet aussi, dans certains, de démontrer

l'inutilité de prendre des mesures car la vulnérabilité du bien n'est pas engagée.

Les mesures issues du scénario retenu doivent démontrer la compatibilité de l'objet avec l'affectation de la parcelle (droit acquis) et être proportionnelles à la valeur du bien à protéger (principe de proportionnalité).

L'ampleur des investigations et des études nécessaires à la définition de ces mesures doivent eux aussi être proportionnels aux investissements consentis à ce stade de l'élaboration du projet (jurisprudence vaudoise).

Conclusions

Les investigations et les travaux nécessaires à la réalisation d'une étude spécifique complète du déficit de protection aux dangers naturels (qu'il soit géotechnique, géologique, hydrologique ou nivologique) font partie des prestations relatives à l'établissement des plans d'exécution de l'ouvrage. Ces travaux impliquent un investissement qu'il n'est pas raisonnable d'exiger avant que le droit de construire sur le terrain ne soit sanctionné par un permis de construire.

Il ne s'agit pas d'élaborer systématiquement des études trop détaillées sur un niveau de danger qui s'avèrent peu pertinentes d'un point de vue du projet soumis à permis de construire et des exigences administratives en vigueur.

La précision optimale d'une étude est celle qui permet de répondre aux objectifs de protection fixés par niveau de danger sur la base de la vulnérabilité de l'objet.

Le déploiement de l'outil ELR développée par l'ECA répond au besoin exprimé par les différents acteurs de la prévention des risques naturels d'une procédure d'uniformisation du standard de qualité des analyses d'exposition et vulnérabilité des projets immobiliers.

Le contenu de l'évaluation locale de risque doit être proportionné au niveau de danger, ainsi que à l'ampleur du projet et sa sensibilité sociétale.

Bibliographie essentielle

Bonnard Ch, Noverraz F., 1986 : Rapport final DUTI, projet d'école (EPFL)

Camenzind R., Loat R., 2014 : Aménagement du territoire fondé sur les risques (PLANAT)

Denzer L., 2017 : Utilisation du territoire et dangers naturels (OFEV)

Lateltin O., 1997 : Prise en compte des dangers naturels dus aux mouvements de terrain dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire (Recommandations OFEFP/OFAT/OFEE)

Weidmann M., 1974 : Atlas géologique de la Suisse, Feuille 1243 Lausanne

Etat de Vaud, 1985 : Loi Cantonale sur l'Aménagement du Territoire (RS 700.11 du 4 décembre 1985)

Etat de Vaud, 2012 : Règlement d'application de la Loi sur la Géoinformatique (RS510.62.1 du 28 novembre 2012)

Etat de Vaud, 2014 : Prévention des dangers naturels, Transcription des données relatives aux dangers naturels dans l'aménagement du territoire (Directives cantonales du 18 juin 2014)

ECA-Vaud, 2016 : Evaluation locale de risque (ELR) : Guide pratique pour l'élaboration du rapport de l'ELR

Informations

www.eca-vaud.ch/se-premurer-des-dangers/construction-renovation/dangers-naturels/procedure-de-permis-de-construire

Gefahrenbeurteilungen von Wildbächen in der Schweiz - quo vadis? Standortbestimmung und kurzer Ausblick

Dieter Rickenmann ¹ (dieter.rickenmann@wsl.ch)
 Alexandre Badoux ¹ (alexandre.badoux@wsl.ch)

¹ Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf

Résumé

L'évaluation des dangers liés aux torrents en Suisse au cours des 20 dernières années est analysée dans cet article en prenant compte des travaux de recherche, des enseignements tirés de la pratique et des contributions des autorités. Notre étude englobe les thèmes suivants: (i) l'inventaire des principaux aspects traités au cours des 20 dernières années en se basant sur l'analyse des titres et contenus de diverses publications; (ii) la discussion des éventuelles lacunes des rapports techniques sur l'évaluation des dangers; et (iii) l'identification de possibilités d'amélioration en matière de formation et de formation continue. Pour effectuer un état des lieux, des magazines spécialisés et des publications de Suisse ou comprenant des articles émanant de Suisse (Interpraevent) consacrés aux dangers naturels liés aux torrents et rivières de montagne ont fait l'objet d'une analyse quantitative. Dans un second temps, les principaux éléments et les conclusions de nos propres études sur la comparaison de rapports techniques portant sur l'évaluation des dangers (WSL, 2011) ainsi que sur la comparaison de trois modèles de simulation numériques de laves torrentielles (Raymond Pralong et al., 2018) ont également été intégrés. On a finalement réalisé une brève évaluation des possibilités en matière d'enseignement et de formation continue en ce qui concerne les dangers naturels proposées principalement par les universités et hautes écoles suisses, mais également par les associations spécialisées.

Les principaux résultats de cette étude révè-

lent les lacunes suivantes: (i) Sous-évaluation de l'importance d'études portant sur la description des processus liés aux torrents (en comparaison avec le grand intérêt accordé au thème des analyses des dangers et des risques); (ii) Documentation insuffisante des méthodes de description des processus; (iii) Absence partielle de transparence et de possibilité de vérification dans les rapports traitant de l'évaluation des dangers liés aux processus des torrents; (iv) Lacunes au niveau de la formation et de la formation continue de spécialistes des dangers naturels selon des normes communes.

Les possibilités d'amélioration de la qualité de l'évaluation des dangers concernent les éléments suivants: (a) Mise en place d'offres (supplémentaires) appropriées d'enseignement et de perfectionnement en vue d'une formation (plus) complète et comparable de spécialistes en matière de dangers naturels; (b) Elaboration d'un cahier des charges (détaillé) pour l'évaluation des dangers liés aux torrents (rapports techniques); (c) Promotion de la recherche consacrée aux processus de dangers naturels, et élaboration de documentations systématiques sur les méthodes d'évaluation des processus liés aux torrents et la réalisation d'études systématiques portant sur la comparaison de ces méthodes (par exemple, les volumes de sédiments transportés par les torrents, les phénomènes de glissements de terrain et coulées de boue, les programmes de simulation de laves torrentielles, le calcul du charriage de sédiments).

Einleitung

In der Schweiz traten in den 1990er Jahren neue rechtliche Grundlagen zum Umgang mit Naturgefahren in Kraft (BUWAL/BWW/BRP, 1997; BWW/BRP/BUWAL, 1997). Zur Erstellung von Gefahrenkarten und Hochwasserschutzkonzepten müssen zum Beispiel die Prozessintensitäten und die potentiell gefährdeten Räume quantifiziert werden. Anlässlich des 25-Jahre-Jubiläums des Vereins Fachleute Naturgefahren (FAN) stellte Bart (2017) basierend auf einer Auswertung der FAN-Weiterbildungskurse fest: „Eher überraschend ist der geringe Anteil der Behandlung des Prozessverständnisses“. Man könnte in diesem Zusammenhang auch fragen, ob in den letzten rund 20 Jahren in der Schweiz genügend Anstrengungen unternommen wurden, um die Prozessforschung zum Thema Wildbäche ausreichend zu fördern, ob allenfalls ein Zusammenhang zur Qualität von Gefahrenbeurteilungen besteht, und wie es um die Aus- und Weiterbildung von Fachleuten in diesem Themenbereich steht.

Ziel dieses Beitrages ist eine Untersuchung der Gefahrenbeurteilung von Wildbächen in der Schweiz in den letzten 20 Jahren, unter Berücksichtigung der Beiträge aus der Forschung, der Praxis und von Behörden. Dabei werden die folgenden Themen behandelt: (i) Bestandaufnahme bezüglich der in den letzten etwa 20 Jahren hauptsächlich behandelten Aspekte, basierend auf einer quantitativen Auswertung von Titeln und Inhalten von verschiedenen Publikationen; (ii) Diskussion von möglichen Lücken bei technischen Berichten

zur Gefahrenbeurteilung; und (iii) Identifizierung von Verbesserungsmöglichkeiten in der in der Aus- und Weiterbildung.

Methode und Grundlagen

Zur Durchführung der Standortbestimmung wurde in dieser Studie wie folgt vorgegangen. Als erstes analysierten wir die in den letzten 20 Jahren erschienenen Artikel und Berichte (nachfolgend kurz „Publikationen“ genannt) zum Thema Naturgefahren in Wildbächen und Gebirgsflüssen. Dabei berücksichtigten wir verschiedene für dieses Fachgebiet relevante Fachzeitschriften und Schriftenreihen aus der Schweiz bzw. mit Beiträgen aus der Schweiz (Interpraevent). Für die meisten der in Tabelle 1 aufgelisteten Veröffentlichungen wurde die Periode 1998 bis 2017 berücksichtigt. Um einen

Hinweis auf eine mögliche zeitliche Änderung der thematischen Schwerpunkte der Publikationen zu erhalten, wurden für die internationalen Symposien Interpraevent zusätzlich die Beitrags-Titel für den Zeitraum 1980 bis 1997 untersucht.

In einem weiteren Schritt wurden Hauptaussagen und Schlussfolgerungen aus den eigenen Untersuchungen zum Vergleich von technischen Berichten zu Gefahrenbeurteilungen (WSL, 2011) sowie zum Vergleich dreier numerischer Simulationsmodelle für Murgänge (Raymond Pralong et al., 2018) beigezogen. Schliesslich erfolgt hier eine kurze Beurteilung der Situation im Bereich der Lehre und Weiterbildung zum Thema Naturgefahren, die primär von Schweizer Universitäten und Hochschulen aber auch von Fachvereinigungen angeboten wird.

Schwerpunkte der Themenbereiche in Publikationen

Die beurteilten Publikationen wurden gemäss ihrem Titel und Inhalt klassifiziert und einem oder mehreren der folgenden Themenbereiche zugewiesen: (i) Beschreibung Wildbachprozesse, (ii) Beschreibung Gebirgsflussprozesse, (iii) Ereignisdokumentationen zu den beiden Prozessen, (iv) Gefahren- und Risikoanalyse, (v) Warnung und Intervention sowie (vi) Aufbereitung und Bereitstellung von Grundlagen (v.a. Geodaten). Dabei wurde auch für die Bereiche (iv) bis (vi) ein Bezug zu Naturgefahren in Wildbächen und/oder Gebirgsflüssen vorausgesetzt. Die Bereiche (i) bis (iii) wurden für die weitere Analyse zum Überbereich Prozessbeschreibung zusammengefasst (Tabelle 1, Abb. 1).

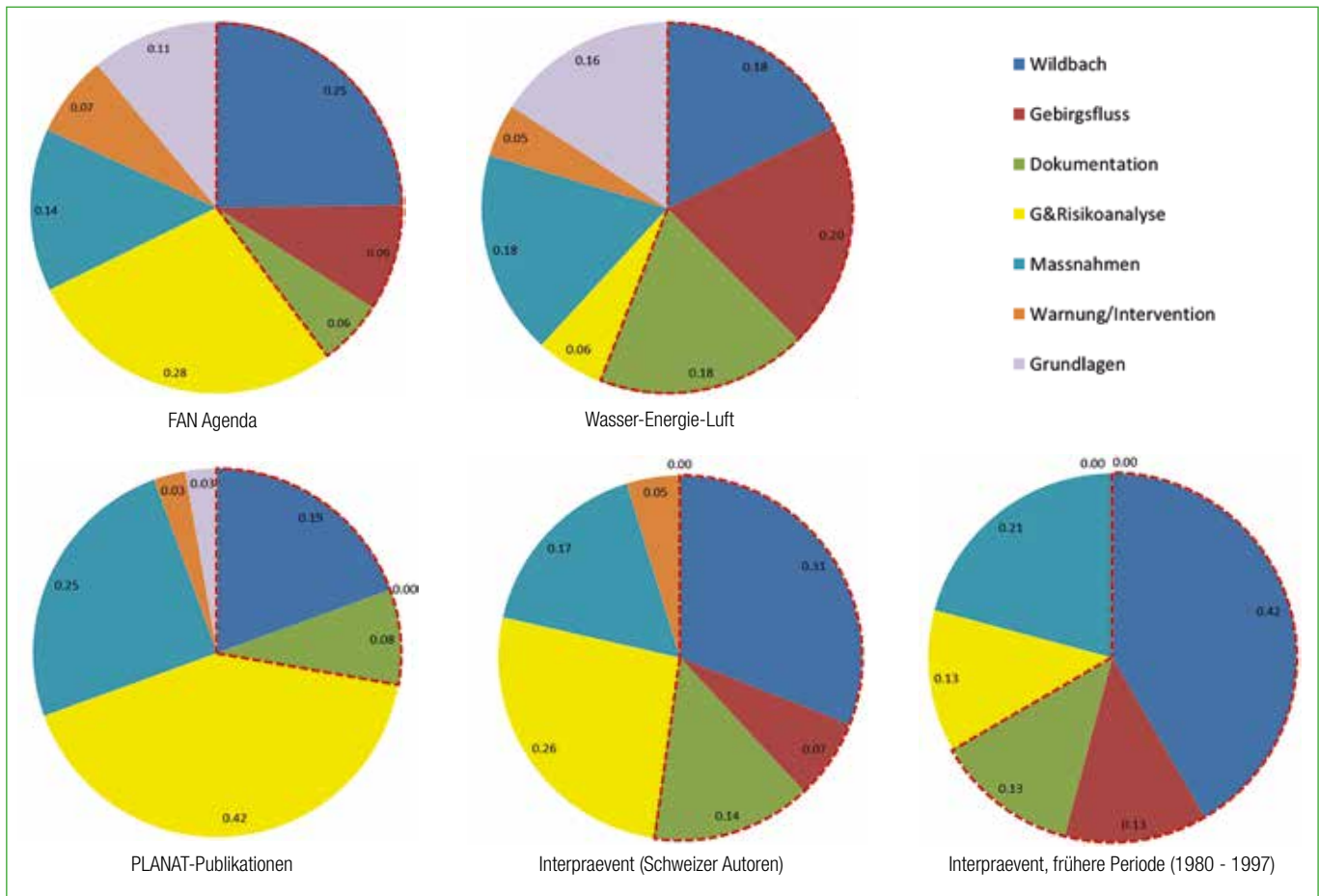


Abbildung 1: Anteile verschiedener Themenbereiche an allen berücksichtigten Themenbereichen für fünf der in Tabelle 1 aufgeführten Fachzeitschriften bzw. Berichtsreihen. Der rot-gestrichelte Bereich umfasst die Themenbereiche Wildbach- und Gebirgsfluss-Prozesse sowie Ereignisdokumentationen (identisch mit letzter Spalte in Tabelle 1). Die analysierte Periode umfasst die Jahre 1998-2017, ausser bei der letzten Grafik.

Tabelle 1: Liste der in der vorliegenden Studie berücksichtigten Fachzeitschriften und Berichte von Behörden, Fachvereinigungen und ähnlichen Institutionen. In der rechten Spalte ist der Prozentsatz des Themenbereiches Prozessbeschreibung (Wildbach und Gebirgsflüsse) sowie Ereignisdokumentation im Verhältnis zu allen berücksichtigten Themenbereichen (s. Text) angegeben (vgl. auch Abb. 1)

Publikationstyp (-organ)	Anzahl erfasster Artikel	Periode	Anteil Prozessbeschreibung und Dokumentation
FAN Agenda	136	1998 - 2017	40%
Wasser-Energie-Luft	78	1998 - 2017	56%
Bulletin für angewandte Geologie	30	1998 - 2017	68%
SGmG-Publikationen	22	1998 - 2017	93%
Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen & Bündner Wald	17	1998 - 2017	41%
BWG-BUWAL-BAFU-Publikationen	32	1998 - 2017	59%
PLANAT-Publikationen	20	1998 - 2017	27%
Interpraevent (Schweizer Autoren)	30	1998 - 2017	52%
Interpraevent früher (Schweizer Autoren)	18	1980 - 1997	68%

Abkürzungen: FAN = Fachleute Naturgefahren; SGmG = Schweiz. Gesellschaft für Geomorphologie; BWG = (ehemaliges) Bundesamt für Wasser und Geologie; BUWAL = (ehemaliges) Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft; BAFU = Bundesamt für Umwelt; PLANAT = Plattform Naturgefahren.

Der ermittelte Anteil des Themenbereichs Prozessbeschreibung variiert für die verschiedenen Publikationen beträchtlich. Mit 93% ist dieser Anteil für SGmG-Publikationen am höchsten und mit 27% für PLANAT-Publikationen am niedrigsten. Die FAN-Agenda weist einen relativ tiefen Wert von 40% auf. Insgesamt gesehen stellen wir fest, dass der Anteil Prozessbeschreibung ziemlich gering ist. In der Untersuchungsperiode wurde mit Zusatzmitteln oder als (neuer, nationaler) Schwerpunkt das Thema Gefahren- und Risikoanalysen besonders gefördert, was sich z.B. bei den PLANAT-Publikationen zeigt (Tabelle 1). Wie aus der Analyse der Interpraevent-Publikationen hervorgeht, scheint das Thema der Gefahren- und Risikoanalysen in den letzten 20 Jahren mehr Gewicht erhalten zu haben als in den 16 Jahren zuvor, weitgehend auf Kosten der Beschreibung der Wildbachprozesse.

Technische Berichte zu Gefahrenbeurteilungen

In einem gemeinsamen Projekt mit der Walliser Fachstelle für Flussbau, Geologie und Naturgefahren (frühere Dienststelle für Strassen- und Flussbau) erarbeitete die WSL vor einigen Jahren eine Studie über Form und Inhalt von technischen Berichten zu Gefahrenkarten und Hochwasserschutzkonzepten im Kanton Wallis (WSL, 2011). Ziel dieser Untersuchung war eine vergleichende Zusammenstellung der verwendeten Methoden und eine Beurteilung der Form der Berichte. Als Grundlage dienten technische Berichte zu acht verschiedenen Gebieten im Kanton Wallis.

Die Schlussfolgerungen aus diesem Projekt wiesen darauf hin, dass (i) eine vergleichende Bewertung solcher technischer Berichte schwierig war, da für die Erstellung der Gefahrenkarten und insbesondere für die Prozessbeurteilung teilweise sehr unterschiedliche Methoden verwendet wurden, und dass (ii) in mehreren Berichten die verwen-

deten Methoden und Grundlagen wie etwa Eingabe- oder Modellparameter nicht ausreichend dokumentiert waren. In der Studie WSL (2011) wurden auch einige wichtige Elemente zusammengestellt, welche die Grundlage für die Formulierung eines Pflichtenheftes für Aufträge zur Gefahrenbeurteilung bilden könnten. Nach Kienholz (1999) und Kienholz et al. (2002) sind die sachliche Richtigkeit und die gute Nachvollziehbarkeit die zwei wichtigsten Anforderungen an technische Berichte im Zusammenhang mit der Beurteilung von Naturgefahren. In mehreren der in WSL (2011) untersuchten Berichte wurde festgestellt, dass diese Anforderung nach Transparenz bezüglich Ablauf der Beurteilung und bezüglich der eingesetzten Methoden nur unzureichend erfüllt war. Die Wahl und Dokumentation von Methoden bei der Erarbeitung von Gefahrenkarten ist allerdings anerkanntermassen schwierig. Der Grund dafür liegt in der Tatsache, dass es für die Prozessbeurteilung von hydrologisch bedingten Naturgefahren in Wildbächen und z.T. auch in Gebirgsflüssen allgemein fast keine geeigneten Übersichten zu vorhandenen bzw. bewährten Methoden gibt. Dies gilt speziell für die Prozesse des fluvialen Geschiebetransportes und der Murgänge.

Prozessforschung und Methoden-Dokumentation

Beispiel Murgangsimulation: Modellvergleich

Im Rahmen einer weiteren Zusammenarbeit der WSL mit der kantonalen Fachstelle für Flussbau, Geologie und Naturgefahren des Kantons Wallis wurden drei numerische Simulationsmodelle zur Berechnung des Fließ- und Ablagerungsverhaltens von Murgängen auf mehreren Alpenen Wildbachkegeln angewendet und die Simulationsergebnisse verglichen (Raymond Pralong et al., 2018). Bei allen drei Modellen wurden zuerst geeignete Reibungsparameter anhand von Referenz-

ereignissen kalibriert und anschliessend zukünftige Murgangereignisse simuliert. Trotz der vorgängigen Eichung zeigten die Resultate der drei Modelle (bzw. der unterschiedlichen rheologischen Ansätze für das Fließverhalten) eine beträchtliche Variabilität. Das gilt hauptsächlich für die Ablagerungsflächen (Reichweiten), Fließhöhen und Fließgeschwindigkeiten. Dadurch resultierten zum Teil deutliche Unterschiede in der räumlichen Verteilung der simulierten Intensitätsklassen.

Generell kann festgestellt werden, dass systematische Studien zum Vergleich von Murgang-Simulationsmodellen, welche über die Untersuchung eines Referenzereignisses hinausgehen, sowohl in der Schweiz als auch auf internationaler Ebene nach wie vor fehlen. Dasselbe gilt ähnlich auch für andere Wildbach- und Gebirgsflussprozesse: Wissenslücken bestehen insbesondere auch bei der Abschätzung von Ereignisfrachten in Wildbächen (Wasser und Feststoffe), bei der räumlichen und zeitlichen Prognose des Auftretens von Rutschungen und Hangmuren, oder bei der Berechnung des möglichen Transportes von Geschiebe- und Schwemmh Holz in Wildbächen und Gebirgsflüssen.

Methoden-Dokumentation

Nach der Einführung der neuen rechtlichen Grundlagen zum Umgang mit Naturgefahren in den 1990er Jahren wurde im Auftrag des damaligen Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) eine Übersicht über „Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren“ erarbeitet (Heinimann et al., 1998). Obwohl seither in der Forschung gewisse weiterführende Ansätze entwickelt wurden, blieb es im Wesentlichen bei dieser einen Übersichts-Publikation. Die Notwendigkeit einer aktualisierten, neueren Dokumentation der vorhandenen Methoden zur Gefahrenbeurteilung von Wildbächen wurde später auf internationale Initiative hin diskutiert. Daraus

resultierte die Publikation OptiMeth (Rimböck et al. 2013) mit dem Titel „Beitrag zur optimalen Anwendung von Methoden zur Beschreibung von Wildbachprozessen“. Allerdings bietet diese Publikation nur einen summarischen Überblick. Etwas später wurden in einer Publikation über „Methoden zur quantitativen Beurteilung von Gerinneprozessen in Wildbächen“ (Rickenmann, 2014) einige Teilaspekte etwas mehr im Detail diskutiert.

Grundsätzlich muss aber festgehalten werden, dass systematische und aktuelle Dokumentationen zu den Methoden zur Beurteilung von Wildbachprozessen nach wie vor fehlen. Die Dokumentationen sollten auch verschiedene Anwendungsbeispiele und Vergleiche der Resultate mit Diskussion der Vor- und Nachteile der verschiedenen Methoden enthalten. Als positive Initiative bezüglich einer Verbesserung der Dokumentationslage in einem Teilbereich ist die Fachstelle für Forstliche Bautechnik zu erwähnen (<http://www.fobatec.ch>), welche unter anderem eine Sammlung zu ausgeführten Schutzmassnahmen im Wildbachbereich aufbaute und damit einen Teil der weggefallenen Kompetenzen der ehemaligen Abteilung Forstwissenschaften an der ETH Zürich ersetzen konnte.

Lehre und Weiterbildung

Ausbildungshintergrund und Hauptstudium

Wird der Ausbildungshintergrund der Mitglieder des Vereins Fachleute Naturgefahren Schweiz (FAN) unter die Lupe genommen (FAN, 2018), fällt vor allem eine breite Streuung auf. Knapp ein Viertel der Vereinsmitglieder (24%) sind Forstingenieure, während rund 18% Geographie und 13% Geologie studiert haben (Tabelle 2). Die Anteile der Bauingenieure, Umweltingenieure und Erdwissenschaftler liegen alle je unter 10%. Im Hinblick auf eine einheitliche Ausbildung und einheitliche Standards bei der Gefahrenbeurteilung ist die Situation in Österreich im Vergleich zur Schweiz viel einfacher: Für Mitarbeitende in der öffentlichen Dienststelle „Wildbach- und Lawinerverbau WLV“, die einem Bundesministerium untersteht, ist ein Studium an der Universität für Bodenkultur in Wien Voraussetzung.

Erschwerend für die Situation in der Schweiz kommt dazu, dass der ETH-Diplomstudiengang Forstwissenschaften an der ETH Zürich seit 2004 nicht mehr angeboten wird. In der Zeit davor bot dieses Studium am ehesten eine relativ umfassende Ausbildung im Themenbereich Naturgefahren inklusive Wildbach-

Tabelle 2: Liste der Ausbildung (Studienrichtung) der FAN Mitglieder (Stand Januar 2018).

Studienrichtung bzw. Ausbildung	Anzahl Mitglieder	Anteil prozentual
Forstingenieure ETH und FH (und Ausland)	104	23.7%
Geografen (alle Universitäten)	80	18.3%
Geologen (alle Universitäten)	57	13.0%
Bauingenieure ETH und FH (und Ausland)	38	8.7%
Umweltwissenschaften und Kulturingenieure	34	7.8%
Erdwissenschaftler (v.a. ETH)	31	7.1%
Umweltnaturwissenschaftler (v.a. ETH)	14	3.2%
Andere Studienrichtungen (z.B. Physiker, ...)	12	2.7%
Technische Berufe, unklar, oder keine Angabe	68	15.5%

prozesse an. Weiter zu berücksichtigen sind zeitliche Änderungen der Vorlesungsangebote im interessierenden Themenbereich an den verschiedenen Hochschulen und Fachhochschulen, was einer einheitlichen Ausbildung nicht unbedingt förderlich ist.

Nachdiplom-Studium und andere Weiterbildungsangebote

Das Kompetenzzentrum Naturgefahren CENAT vereinigte in der Periode von ca. 1998 – 2003 in der Schweiz Fachleute zu Naturgefahren aus den beiden ETHs, Universitäten und Fachhochschulen. Ein Initiative des CENAT zur Einrichtung eines Nachdiplom-Studiums zum Thema Naturgefahren und Risikomanagement scheiterte. Erfolgreicher war ein anderes Projekt von CENAT, dank welchem im Rahmen des Swiss Virtual Campus ein e-learning Kurs zum Thema „Umgang mit Naturgefahren und Risiko“ eingerichtet wurde (<http://www.nahris.ch>). Diese Webseite ist heute noch aktiv, aber die Unterlagen wurden in der Zwischenzeit nicht aktualisiert. Später wurde von der ETH Zürich ein Nachdiplomstudium Master of Advanced Studies in „Natural Hazards Management“ eingerichtet, welches aber nur einmal durchgeführt wurde (2009 - 2011). An der Universität Genf wird seit längerem ein Nachdiplomstudium zum Thema „Assessment and management of geological and climate related risk“ angeboten (<http://www.unige.ch/sciences/terre/CERG-C>). Die Ausrichtung dieses Studiums beinhaltet auch vulkanische und seismische Naturgefahren, und wurde in der Vergangenheit auch von zahlreichen ausländischen Studierenden besucht.

Kürzlich wurde der Bericht „Umgang mit Naturgefahren in der Schweiz“ (Bundesrat, 2016) veröffentlicht. Die Publikation identifiziert auch aktuelle und zukünftige Handlungsfelder für die Umsetzung des integralen Risikomanagements (IRM) bei Naturgefahren für die

öffentliche Hand auf allen Staatsebenen und für weitere relevante Akteure. Eine mögliche Stärkung der Ausbildung über Naturgefahren an den Hochschulen ist leider nicht als wichtiges Thema erwähnt.

Im Naturgefahrenbereich erbringen vor allem die beiden Fachorganisationen Fachleute Naturgefahren Schweiz (FAN) sowie die Kommission für Hochwasserschutz (KOHS) des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes wichtige Leistungen mit regelmässigen Weiterbildungskursen, welche die Gefahrenbeurteilung und das Risikomanagement von Naturgefahren auch in Wildbächen betreffen. Nach unserer Einschätzung fehlen aber gebündelte Lehrangebote zu einer umfassenden und systematischen Ausbildung weitgehend. Diese Tatsache sowie die fehlenden Übersichts-Dokumentationen und vergleichenden Analysen von Methoden zur Gefahrenbeurteilung dürften zusammen einen wichtigen Grund darstellen, weshalb die Transparenz und Nachvollziehbarkeit bei technischen Berichten nicht immer vorhanden sind.

Nach Auskunft der Geschäftsleitung der FAN soll in naher Zukunft mit Unterstützung des BAFU ein „Praxiskurs Gefahrenbeurteilung“ vor allem für Studienabgänger bzw. für Naturgefahrenfachleute mit geringer Praxiserfahrung angeboten werden. Damit soll ein Beitrag geleistet werden zur Verbesserung des Weiterbildungsangebotes im Hinblick auf ein qualitativ hochstehendes und möglichst einheitliches Vorgehen bei der Beurteilung der Gefahrenprozesse Hochwasser, Murgang, Rutschungen, Lawinen und Sturz.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Zusammenfassend sind wir der Meinung, dass bezüglich der folgenden Aspekte Defizite bestehen: (i) Unterbewertung der Bedeutung von Studien zur Beschreibung von Wildbachprozessen (im Vergleich zur starken Förderung

des Themas Gefahren- und Risikoanalysen); (ii) Unzureichende Dokumentationen der Methoden zur Prozessbeschreibung; (iii) Zum Teil fehlende Transparenz und Nachvollziehbarkeit in Berichten zur Gefahrenbeurteilung von Wildbachprozessen; (iv) Lücken in der Aus- und Weiterbildung von Naturgefahren-Fachleuten nach einheitlichen Standards.

Mögliche Elemente zur Verbesserung der Qualität der Gefahrenbeurteilungen könnten sein: (a) Einrichtung von (zusätzlichen) geeigneten Lehr- und Weiterbildungsangeboten für eine umfassende(re) und vergleichbare Ausbildung von Naturgefahren-Fachleuten; (b) Formulierung eines (detaillierten) Pflichten-heftes für Gefahrenbeurteilungen in Wildbächen (technische Berichte); (c) Förderung der Prozessforschung, inklusive der Erstellung von systematischen Dokumentationen der Methoden zur Beurteilung von Wildbachprozessen sowie der Durchführung von systematischen Studien zum Vergleich von Methoden zur Prozessbeurteilung (z.B. Wildbach-Ereignisfrachten, Auftreten von Hangrutschungen und Hangmuren, Murgang-Simulationsmodelle, Berechnung des Geschiebetransportes).

Literatur

Bart, R. (2017): 25 Jahre FAN. Fachleute Naturgefahren Schweiz, FAN Agenda 1/2017, 3-8.

Bundesrat (2016): Umgang mit Naturgefahren in der Schweiz. Bericht des Bundesrats in Erfüllung des Postulats 12.4271 Darbellay vom 14.12.2012, Bundesamt für Umwelt BAFU 2016.

BUWAL/BWW/BRP (1997): Empfehlungen: Berücksichtigung der Massenbewegungs-gefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Herausgeber: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW), Bun-

- desamt für Raumplanung (BRP), Bern, 42p
- BWW/BRP/BUWAL (1997): Empfehlungen: Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Herausgeber: Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW), Bundesamt für Raumplanung (BRP), Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Biel, 32p.
- FAN (2018): Mitgliederverzeichnis FAN, erhalten von der Geschäftsleitung Fachleute Naturgefahren Schweiz im Januar 2018, anonymisiert ohne Namen (internes Dokument).
- Heinimann, H.R., Hollenstein, K., Kienholz, H., Krummenacher, B., Mani, P. (1998): Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren. Umwelt-Materialien Nr. 85. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 248p.
- Kienholz, H. (1999): Anmerkungen zur Beurteilung von Naturgefahren in den Alpen. In: Relief, Boden, Paläoklima, Gebr. Borntraeger: Berlin, Stuttgart, v.14, 165-184.
- Kienholz, H., Herzog, B., Bischoff, A., Willi, H.P. (2002): Fragen der Qualitätssicherung bei der Gefahrenbeurteilung. Bündner Wald, 55 (1/02), 57-67.
- Raymond Pralong, M., Rickenmann, D., Schneider, T. (2018): Vergleich dreier numerischer Simulationsmodelle für Murgänge: Anwendung auf Wildbachkegel im Kanton Wallis. Wasser Energie Luft, 110 (1), 39-48.
- Rickenmann, D. (2014): Methoden zur quantitativen Beurteilung von Gerinneprozessen in Wildbächen. Eidg. Forschungsanstalt WSL, WSL Bericht, 9, 105p.
- Rimböck A., Barben M., Gruber H., Hübl, J., Moser M., Rickenmann D., Schober S., Schwaller G. (2013): OptiMeth – Beitrag zur optimalen Anwendung von Methoden zur Beschreibung von Wildbachprozessen. Internationale Forschungsgesellschaft INTERPRAEVENT, Schriftenreihe 1, Handbuch 3, Klagenfurt, 35p. + Anhang.
- WSL (2011): Vergleich von Technischen Berichten zu Gefahrenkarten und Hochwasserschutzkonzepten: Vergleichende Analyse und Empfehlungen im Hinblick auf ein Pflichtenheft. Interner Bericht der WSL im Rahmen der Aktivitäten des Projektes HYDRALP, erstellt zu Handen der Dienststelle für Strassen- und Flussbau, Kanton Wallis; Autoren: D. Rickenmann, V. Métraux, A. Klaiber, Eidg. Forschungsanstalt WSL, November 2011.

Führt die satellitengestützte Radar-Interferometrie zu besseren Gefahrenbeurteilungen?

Rafael Caduff¹ (caduff@gamma-rs.ch)
 Urs Wegmüller¹ (wegmuller@gamma-rs.ch)

¹ GAMMA Remote Sensing AG, Gmülden

Résumé

L'interférométrie radar par satellite est étudiée intensivement depuis 1991 et sans cesse perfectionnée. Cette méthode est également employée de plus en plus de manière opérationnelle depuis approximativement 2005. Un des nombreux domaines d'application comprend la détection des déplacements du sol et des mouvements de masse et la mesure précise des vitesses de déplacement. Avec la dernière génération de satellites, des applications de surveillance proches du temps réel sont devenues possible grâce à la mise à disposition rapide des données. L'amélioration de la qualité des systèmes et processus réalisée au cours de ces 27 dernières années se reflète également dans la qualité des données et dans les résultats obtenus. De plus, la diminution des coûts engendrée par le changement de stratégie dans l'exploitation des données vers leur libre accès (open data) permet maintenant de réaliser commercialement des analyses non seulement à grande échelle mais également à petite échelle. Bien que l'applicabilité de cette technique doive être clarifiée pour chaque évaluation des risques de manière individuelle, nous pouvons présumer qu'en particulier pour des mouvements de masse continus elle apportera dans de nombreux cas une plus-value pour l'évaluation des risques.

Zusammenfassung

Satellitengestützte Radarinterferometrie wird seit 1991 intensiv erforscht und stetig weiter entwickelt. Seit etwa 2005 wird die Methode

auch zunehmend operationell eingesetzt. Einer der vielen Einsatzbereiche umfasst das Erkennen von Bodenverschiebungen und gravitativen Massenbewegungen und das präzise Messen derer Bewegungsgeschwindigkeiten. Mit der neuesten Generation von Satelliten sind durch die schnelle Datenbereitstellung auch zeitnahe Monitoring-Anwendungen möglich. Die Qualitätssteigerung in den Systemen und Abläufen, die in den letzten 27 Jahren erreicht werden konnten, schlagen sich auch in der Datenqualität und den damit verbundenen Auswertungen nieder. Da auch die Kosten durch die veränderte Datennutzungsstrategie hin zu „OpenData“ markant zurückgegangen sind, werden nicht nur grossräumige, sondern auch kleinräumige Analysen wirtschaftlich. Obwohl die Anwendbarkeit für spezifische Gefahrenbeurteilungen einzeln abgeklärt werden muss, kann davon ausgegangen werden, dass im Speziellen für kontinuierliche gravitative Massenbewegungen in vielen Fällen ein Mehrwert für die Gefahrenbeurteilung zu erwarten ist.

Hochpräzise Messungen aus dem All

Wenn wegen dichter Bewölkung oder in der (polaren) Nacht die optischen Satelliten die Arbeit einstellen müssen, können die aktiven Radar-Erdbeobachtungssatelliten ungehindert Daten aufnehmen. Sie liefern zuverlässig Informationen zum Zustand der Erdoberfläche. Auch in garstigen Wetterbedingungen wird Radarbild um Radarbild aufgenommen und

heutzutage ohne Verzögerung zur Erde gesendet und verfügbar gemacht. Auch wenn die Radarbilder bzw. die Rückstreu-Information in schmucklosen Graustufen mit meist eher körniger Auflösung gehalten ist, wird ihr einmaliges Potential in der Erkennung und Quantifizierung von Deformationen der Erdoberfläche seit 1991 für die Beobachtung von Naturgefahrenprozessen rege verwendet. Phasenverschiebungen, die durch den Vergleich der Phasendurchgänge der zu verschiedenen Zeiten empfangenen Radarechos berechnet werden, sind in der Lage, feinste Bewegungen an der Erdoberfläche im mm- bis cm-Bereich abzubilden.

Den Beginn der Ära der Radar-Erdbeobachtung läutete 1991 der europäische Satellit ERS-1 ein. Es konnten erstmals die Deformationsfelder nach Erdbeben, vulkanisch bedingter Hebungen und Senkungen und zum Teil sogar von Rutschungen gemessen werden. Weitere Anwendungsgebiete kamen nach und nach hinzu (Abbildung 1). Wie es eine junge Technologie so mit sich bringt, gab es aber auch viele Einschränkungen. Zum einen war die von der Umlaufbahn und Abdeckungsgrad bestimmte Wiederkehrperiode mit 35 Tagen sehr lang. Die Folge davon ist, dass in dieser Zeit die Wahrscheinlichkeit für Störeinflüsse steigt. Vegetation, Schnee, starke Regenfälle aber auch die Bewegung selbst kann dafür sorgen, dass in den Interferogrammen das Signal dekorreliert und nur noch Rauschen übrig bleibt. Das andere Problem betrifft eher den operationellen Gebrauch der Satelliten



Abbildung 1: Mögliche Anwendungspalette von satellitengestützten Radardaten im Bereiche der Naturgefahren. Aufgelistet sind vor allem die etablierten Methoden. Dabei ist die Bewegungsdetektion kleinster Geländebebewegungen im Millimeter- bis Zentimeterbereich eine sehr wichtige interferometrische Anwendung. Durch weitere Analysen, z.B. der Rückstreuungsinformation lassen sich weitere Informationen gewinnen, die für Gefahrenbeurteilungen und Ereignisanalysen wichtig sein können.

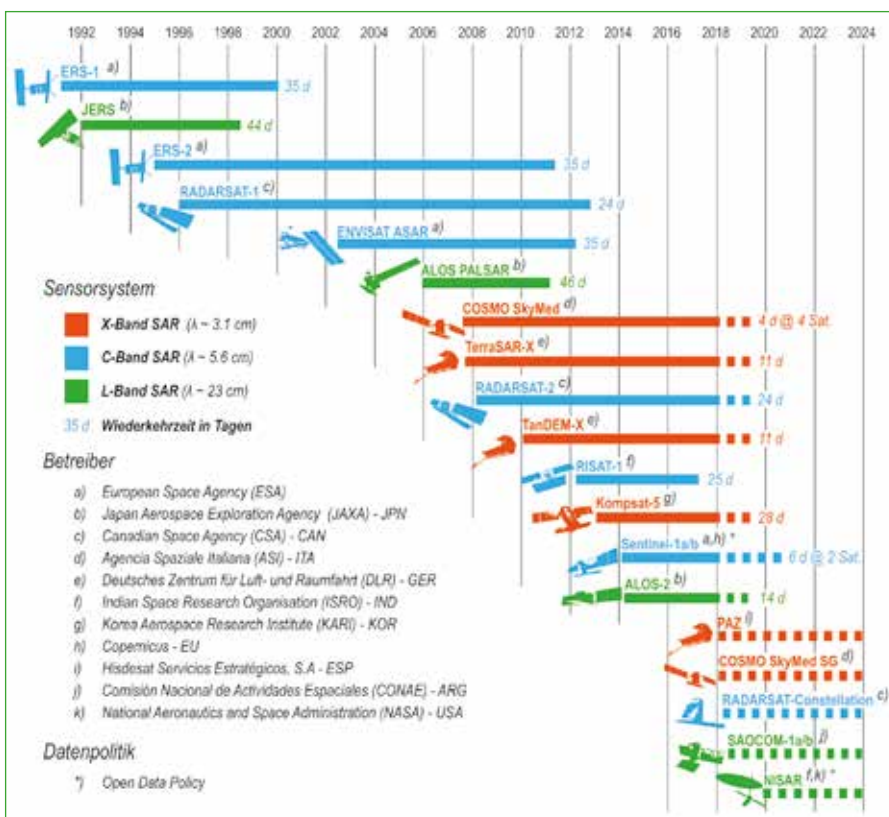


Abbildung 2: Auflistung beendeter, laufender und geplanter hauptsächlich zivil genutzter SAR Satelliten Missionen, mit welchen interferometrische Auswertungen möglich sind.

für das Katastrophenmanagement. Lange Wiederkehrperioden machten die zeitnahe Analyse schwierig. Dazu kam die relativ lange Zeit bis die Rohdaten geliefert wurden. Doch die Rohdaten allein sind noch nutzlos. Eine komplizierte und rechenaufwändige Prozesskette liefert erst die verständlichen und damit brauchbaren Resultate. Infolge limitierter Rechenleistung und noch nicht ausgereifter Algorithmen gab es auch hier empfindliche Zeitverluste.

Trotz anfänglicher Euphorie, welche die Technologie auslöste, fand die Methode in der breiten Öffentlichkeit nur geringen Anklang. Wichtiger war jedoch, dass durch die Spezialistenkreise der potentielle Nutzen dieser Technik aufgezeigt wurde und dass weltweit mehrere nationale und internationale Konsortien den Entschluss fassten, an weiteren Missionen zu arbeiten, um die Einschränkungen möglichst zu minimieren. Die ESA arbeitete mit ERS-2 und dem Sensor ASAR auf dem Satelliten ENVISAT bereits an zwei C-Band (5.6 cm Wellenlänge) Nachfolgeemissionen. Die Wahl von Japan (JAXA) fiel auf einen L-Band Sensor (~23 cm). Dieser ist weniger anfällig auf Störeinflüsse durch Vegetation, zu grosse Bewegung oder atmosphärische Einflüsse. Jedoch ist die Sensitivität auf Bewegung geringer. Es dauert also länger, bis man kleine Bewegungsraten erkennt.

Den gegenteiligen Weg punkto Wellenlänge schlugen die nationalen Institute Italiens (ASI) und Deutschlands (DLR) ein. Sie verwenden in Ihren Sensoren mit 3.1 cm Wellenlänge einen Bereich aus dem X-Band. Die Gewichtung hier liegt stark auf der höheren räumlichen Auflösung und Sensitivität für Bewegungen. Abstriche in der Abdeckung werden in Kauf genommen, auch da eine flexible Steuerung und Konstellationsflüge stark variable Wiederkehrperioden bis zu 1 Tag erlauben. Beide Missionen sind seit 2007 in Betrieb (Abbildung 2).

Qualitätsgewinn mit 27 Jahren Erfahrung

Durch die gestiegene Zahl der Satelliten, unterschiedlich eingesetzte Wellenlängen und diverse Tests mit kurzen Wiederkehrzyklen konnten für viele unterschiedliche Naturgefahrenprozesse relevante Beobachtungen gemacht werden. Es können nicht mehr nur grossflächige Deformationen der Erdkruste wie nach Erdbeben beobachtet werden. Mittlerweile werden kontinuierliche Fels- und Rutschungsbewegungen, sowie das Fliesen von Blockgletschern und Gletschern mit einer Ausdehnung von kleiner als 100x100 m beobachtet. Die Spanne der Bewegungsgraten, die bestimmt werden kann, wurde erhöht und reicht zwischen wenigen mm bis zu mehreren 100 m pro Jahr.

Ereignisse wie grössere Stürze, Seeneubildungen, Überschwemmungen etc. können erkannt und kartiert werden. Beispiele von Bewegungsmessungen und Ereignisdetektion sind in Abbildung 3 exemplarisch aufgezeigt. Durch die Breite der Anwendungen und der gesellschaftlichen Relevanz des Monitorings von Naturgefahrenprozessen - sogar durch die Möglichkeit der Früherkennung - nahm auch der Druck zu, operationelle Systeme zu entwickeln und zu unterhalten.

Qualitätsrelevante Missionsparameter

Aufahmeintervalle

Die sonnensynchronen Umlaufbahnen sowie der gewünschte Abdeckungsgrad der Datenaufnahme definieren, wie lange die Wiederkehrzeit eines Satelliten ist. Eine Möglichkeit, die Dauer der Wiederkehrperiode zu verkürzen ist, mehrere baugleiche Satelliten auf derselben Umlaufbahn mit einer periodischen Verzögerung zu führen (180°, 120°, 90° Konstellationsflug von 2,3 oder 4 Satelliten auf den exakt gleichen Bahnen). Die Wiederkehrperiode verkürzt sich entsprechend. Die Vorteile

daraus sind eine bessere zeitliche Auflösung und eine geringere Störanfälligkeit durch Dekorrelation. Vegetation und Schnee sind nun unter Umständen kohärent und leicht bewachsene oder unter Schnee liegende Bewegungskörper können vermessen werden.

Aufnahmemodus und Orbitkontrolle

Das Satelliten- und insbesondere das Antennendesign führt zu besserer Bildqualität, besserer Auflösung und bei gleichbleibender Auflösung zu einer besseren Abdeckung (Sentinel-1: 250 km Streifenbreite bei ~5x20m Auflösung). Somit wird sichergestellt, dass keine Aufnahmelücken entstehen, und nur geringe Abstriche bei der Auflösung gemacht werden müssen. Die Orbitkontrolle sichert, dass die Bahnen bei einem erneuten Durchgang nicht mehrere 100 m auseinander liegen. So wird sichergestellt, dass unerwünschte störende Effekte in den Interferogrammen möglichst nicht auftreten.

Missionsplanung

Einerseits kann der Schwerpunkt darauf liegen, dass unabhängig von Ereignissen möglichst viele Gebiete der Erde mit möglichst kurzen Intervallen abgedeckt werden. Andererseits begünstigen steuerbare Satelliten und eine flexibel gestaltete Aufnahmeplanung, dass im Ereignisfall alle verfügbaren Ressourcen auf das Ereignis gerichtet werden können. Für diesen Fall muss aber in Kauf genommen werden, dass die Basis-Messreihe für andere Gebiete unterbrochen werden muss.

Datenbereitstellung

Zu Beginn der Satellitendatenmissionen wurden noch Daten auf Magnetbändern ausgeliefert. Bis die Daten zum Endnutzer gelangt sind, ist eine relativ lange Zeit verstrichen. Heutzutage können wenige Stunden nach Aufnahme bereits Level0 und Level1 Daten online bezogen werden.

Datenprozessierung

Die Datenprozessierung selbst hat seit 1991 auch markante Fortschritte gemacht. Trotz anfänglich nur spärlich vorhandener und lückenhafter Datensätze war der Wille da, trotzdem das Maximum an Information aus den Daten zu ziehen, was zu verbesserten Prozessiermethoden und Algorithmen führte. Auch wurde die Performance der verschiedenartigen Softwaresysteme verbessert. Und die verfügbare schnellere Hardware tat ihr Übriges. Viele Auswertungsschritte lassen sich heute automatisieren, insbesondere da die verfügbare Datenqualität sehr hoch ist und die durch die Dekorrelation bedingten Lücken durch die heute kürzeren Wiederkehrperioden reduziert sind. Die Datendichte wird schlussendlich erhöht und redundante Beobachtungen ermöglichen eine Reduktion der Unsicherheiten im Analysemodell.

Erfahrung in der Dateninterpretation

Die Radarinterferometrie ist vom Prinzip her ein abbildendes Verfahren, das nebst der quantitativen Auswertung auch eine qualitative Interpretation zulässt. Damit lassen sich zusätzliche Informationen aus einer entsprechenden Betrachtung gewinnen. Hierbei sind Erfahrungswerte und dokumentierte Vergleichswerte wichtig, die entscheidend zum Prozessverständnis beitragen können. Zonierungen können erkannt werden, inkohärent wirkende gefahrenbildende Prozesse können von harmlosen dekorrelationsbildenden Prozessen zum Teil gut getrennt werden.

Kosten

Da vor allem die grossen staatlichen und internationalen Plattformbetreiber (z.B. ESA, NASA) zunehmend auf frei verfügbare Daten (Open Data) setzen, reduzieren sich die Kosten für eine Detailanalyse markant. Die Datenkosten für rein kommerzielle Systeme sind relativ hoch, vor allem wenn nur ein kleiner

Datenausschnitt benötigt wird. Kommerzielle Plattformen können hingegen mit speziellen Produkten (z.B. extrem hohe Auflösung) und einer steuerbaren Aufnahmeplanung Punkten, welche die Datenkosten rechtfertigen.

Aufgrund aller dieser Punkte sind im Moment zuverlässige Systeme für die interferometrische Radar-Fernerkundung im Einsatz, welche wertvolle Einsichten in natürliche Prozessbereiche (allen voran den Bereich der Massenbewegungen) liefern und für gross- wie auch kleinräumige Gefahrenbeurteilung und Prozessanalysen verwendet werden können.

Umfangreiche Archive und schnelle Datenverfügbarkeit - Segen und Fluch zugleich

Für Früherkennungsaufgaben, aber auch für die Ereignisdetektion ist es enorm wichtig, dass durch die Satellitenbetreiber eine Grunddatenabdeckung gewährleistet wird. Diese Datenbeschaffung auf Vorrat haben sich vor allem die ESA mit der Sentinel-1 Mission, aber auch die CSA mit der geplanten Radarsat Constellation Mission oder die JAXA mit der laufenden ALOS2 Mission als Schlüsselparameter in ihre Aufnahmeplanung aufgenommen. So ist mit Sentinel-1 beispielsweise für ganz Europa alle sechs Tage eine interferometrische Aufnahme verfügbar.

Falls nun beispielsweise bei einer mutmasslichen Beschleunigung einer grösseren Felsinstabilität (Beispiel: Moosflue Abbildung 3, Mitte) erkannt wird, kann durch die vorhandenen Archivdaten eine Zeitreihenanalyse erstellt werden, welche ein umfassendes Prozessverständnis ermöglicht. Diese Möglichkeit ist einzigartig, da auch kleinste Bewegungen im Gegensatz zu optischen Systemen bereits früh erkannt werden können.

Die Beobachtungen, seien sie quantitativer (Bewegungsraten, laterale Ausdehnung) oder qualitativer Natur (Zonierungen im Deformationsfeld, Zeitpunkt oder Lage kleinere Abbrüche, ungefähre Deformationsrate bei geringer Kohärenz etc.), können die Beurteilung des

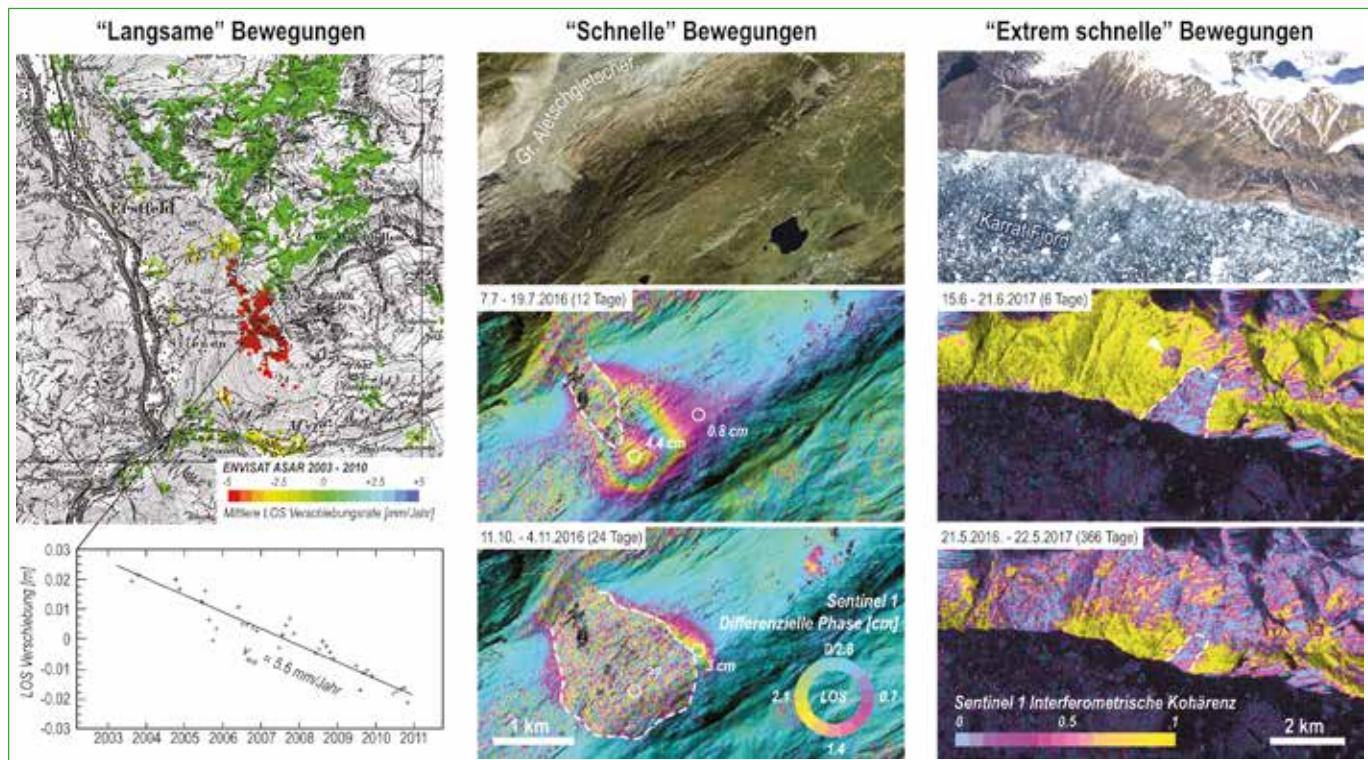


Abbildung 3: Links: Punktbasierte Auswertung einer ENVISAT (ASAR) Zeitreihe an der Kleinen Windgälle (UR). Die mittlere Verschiebungsrates in Blickrichtung ist an einzelnen Punkten angegeben. Von jedem Punkt lassen sich auch Zeitreihen extrahieren. Punktbildungen mit höherer Informationsdichte finden sich auf kohärenten Oberflächen wie Fels oder Schutt (Daten aus: Wegmüller et al. 2013).

Mitte: Sentinel-1 Differenzielle Interferogramme an der Moosflue während der Beschleunigungsphase im Sommer 2016. Nebst Verschiebungsgeschwindigkeiten lassen sich bei der Betrachtung unterschiedlicher Zeiträume und Intervalle auch Trennflächen und Zonierungen (weiss gestrichelte Linien) lokalisieren. Dies auch wenn durch die grossen Bewegungsrates keine absoluten Verschiebungswerte mehr bestimmt werden können (Dekorrelation). Luftaufnahme: DigitalGlobe / Interferogramme aus Radardaten von Sentinel-1: esa/Copernicus.

Rechts: Sentinel-2 Bild (oben) und Sentinel-1 Kohärenzbildern (Mitte und unten) des Tsunami-verursachenden Bergsturzereignisses in den Karrat-Fjord (W-Grönland). Nebst dem 1.5 km breiten Sturz- und Ablagerungsbereich (weiss gestrichelt), ist im 6-Tages Intervall (Mitte) ein Gebiet zu erkennen, dass durch die hohen Bewegungsrates dekoriert ist (weisser Pfeil). Im 1-Jahres-Kohärenzbild (unten) ist eine nicht durch Schnee/Rutschbewegungen erklärbar „Anomalie“ zu erkennen, die auf ein weiteres Ereignis hindeutet. Eine detaillierte Nachanalyse der Rückstreubilder zeigt, dass sich zwischen dem 5.-17.11.2016 bereits ein grösserer Sturz ereignet hat. Luftaufnahme: Sentinel-2 / Interferogramme aus Radardaten von Sentinel-1: beide esa/Copernicus.

Glossar

Ascending / Descending (Mode, Track): Radar-Satelliten verlaufen in leicht geneigten polaren Umlaufbahnen. Die Aufnahme geschieht schräg (meist rechts-schauend). Daher ist die Blickrichtung unterschiedlich, wenn die Satelliten auf einem auf- oder absteigenden Durchlauf sind. Im Idealfall werden alle Gebiete pro Zyklus einmal im auf- und einmal im absteigenden Durchgang aufgenommen.

Interferogramm: Differenz zwischen zwei unabhängigen Phasen[bildern]. Enthält die Terme der Topografie bei unterschiedlicher Beobachtungsposition, der Atmosphärenänderungen bei zeitlich unterschiedlichen Aufnahmen und der Bodenverschiebungen. Ein Interferogramm, bei welchem topographische und unter Umständen auch atmosphärische Terme rechnerisch entfernt wurden wird differentielles Interferogramm genannt (Abb. 3, Mitte). Im Idealfall entsprechen die Phasenverschiebungen nun der Bewegungs-distanzen des Bodens.

Kohärenz, interferometrische: Mass für das Phasenrauschen im Interferogramm. Bei zu geringer Kohärenz spricht man von Dekorrelation (Abb. 3, rechts)

LOS: Abkürzung für „line of sight“. Mittels InSAR Methode wird nur die LOS Komponente der Verschiebung gemessen.

Phasenambiguität: Mehrdeutigkeit der Phase. Phasenverschiebungen, die grösser sind als eine Wellenlänge müssen in einer geeigneten Weise zusammengehängt werden (phase-unwrapping) ansonsten wird die effektive Verschiebung um ein ganzzahliges Vielfaches der halben Wellenlänge unterschätzt.

PSI: Abkürzung für „Persistent Scatterer Interferometrie“. Auswertungsmethode, bei welcher einzelne, zeitlich kohärente Pixel mit dominantem Streuer (z.B. Fels, Kunstbauten etc.) prozessiert und deren Verschiebung bestimmt werden. Die Punkt- und damit die Informationsdichte ist

räumlich ungleich verteilt. Da die Methode auf eine grosse Anzahl Aufnahmen abstützt ist die Präzision der Verschiebungsmessungen sehr hoch (mm/Jahr). (Abb. 3, links)

SAR: Abkürzung für „Synthetic Aperture Radar“. Im Ggs. zu Systemen mit realer Apertur wird die Antenne im Raum bewegt (Flugbahn) und rechnerisch die Bildauflösung stark vergrössert. InSAR bedeutet, dass aus den Radarbildern eine Interferometrische Auswertung erstellt wurde.

Shadow / Layover: Radarschatten (shadow) entsteht durch die schräge Aufnahmegeometrie. Gebiete zum Beispiel hinter Bergflanken sind nicht sichtbar. Überlagerungseffekte (layover) treten dort auf, wo die Information von nicht zusammengehörigen Bodenpunkten gemischt werden, da sie in der gleichen Distanz zum Sensor liegen (z.B. Fussbereich und Gipfel eines Berges). In beiden Bereichen sind kaum sinnvolle Auswertungen möglich.

Naturgefahrenprozesses unterstützen. Hingegen mit Vorsicht zu betrachten sind Schlüsse aus Beurteilungen der Vorgeschichte im Nachgang eines Ereignisses. Es gibt Beispiele, in welchen nach dem Abbruch grösserer Massen im Nachgang eine Vorgeschichte der Deformation mittels InSAR bestimmt werden konnte (z.B. Karrat Fjord in Caduff et al. 2017). In dieser Analyse zeichnete sich ab, dass sich eine verstärkte Bewegung vor dem Abbruch abgezeichnet hat, was den Schluss nahelegt, dass das Ereignis „vorhersehbar“ gewesen wäre. Die Information als solches ist sehr wertvoll und soll so auch in die Prozessanalyse mit einfließen. Aus diesem Sachverhalt nun (verantwortungs)rechtliche Schlüsse zu ziehen ist hingegen fraglich. Es muss an dieser Stelle gesagt werden, dass es im Nachgang eines Ereignisses deutlich einfacher ist, InSAR Daten zu interpretieren, als wenn ohne die Information zum Ort und zur Ausdehnung eine Bewegungsanalyse erstellt werden muss. Häufig wird die Nadel im Heuhaufen gesucht,

ohne Garantie, dass sie irgendwann gefunden wird. Sei dies auch, weil während der Analyse der Blick auf die eventuell zahlreichen anderen sichtbaren und klaren Massenbewegungen gelenkt werden kann.

Hinzu kommt auch die Frage nach der Bearbeitungstiefe einer InSAR Analyse im Rahmen eines Screenings. Trotz mehrheitlich wegfallender Datenkosten ist eine grossräumige Analyse mit Interpretation immer noch sehr aufwändig und zeitintensiv. Eine regionale Analyse verschiedener Prozesse im Aufnahmerythmus der Satelliten ist schlicht nicht mit vernünftigen Aufwand zu bewerkstelligen. Anders hingegen sieht es für lokale Prozessräume aus.

Kurze Aufnahmeintervalle und schneller Datenbezug – Wegbereiter fürs Monitoring

Eine kleinräumige prozessmassstäbliche Datenanalyse im Aufnahmerythmus des Satelliten - also eine beinahe „Echtzeit“-Auswertung -

ist dann wirtschaftlich und sinnvoll, wenn die Rohdaten frei verfügbar sind und mit nur kurzer zeitlicher Verzögerung zur Verfügung stehen. Es muss also nicht das gesamte Bild teuer erstanden werden, wenn das Interesse nur auf einem kleinen Ausschnitt liegt.

Die Echtzeit-Auswertungen selbst werden auch für die Gefahrenanalyse im Akut-Fall interessant, da sehr schnell markante Zustandsänderungen erkannt werden können. Sentinel-1 nimmt beispielsweise über der Schweiz mehrere, zum Teil überlappende Bildstreifen auf. Gewisse Gebiete werden so bis zu 4 Mal innerhalb von 6 Tagen abgedeckt. Zusammen mit der schnellen Datenverfügbarkeit innert weniger Stunden entsteht die Möglichkeit eines Monitorings auf Prozessmassstab. Auch wenn eine lokale Auswertung weitgehend automatisiert und dadurch schnell durchgeführt werden kann, sollte zu Beginn einer solchen Analyse Klarheit geschaffen werden, ob ein „Mehr“ an Daten auch ein „Mehr“ an Erkenntnis schafft. Unter Umständen kann

auch mit einer Einzelbildauswertung bereits zu einem vereinfachten Prozessmodell gelangt werden.

Schlussfolgerungen

In 27 Jahren sind die radar-interferometrischen Satellitenmissionen so weit entwickelt, dass für viele naturgefahrenrelevante Prozesse von operationellen Einsatzmöglichkeiten gesprochen werden kann. Insbesondere gravitative Massenbewegungen lassen sich nur mittels dieser Methode in regionalen Screenings flächendeckend erkennen und quantifizieren, wenn dies die topografische Grunddisposition zulässt. Durch ein Wiederholen eines Screenings nach einer längeren Dauer lassen sich Veränderungen in der Bewegungsaktivität erkennen. Mit zunehmender Tendenz zu frei verfügbaren Datensätzen werden sehr lokale

(prozessmassstäbliche) und zeitnahe (in der Regel Stunden nach Bildaufnahme) Analysen möglich und auch wirtschaftlich. Diese Möglichkeit erhöht aber auch den Druck, die Methoden in den Gefahrenbeurteilungen standardmässig anzuwenden. Die Daten werden von den Satelliten flächendeckend und weitgehend unabhängig von Ereignissen auch aufgenommen und in Archiven bereitgestellt. Im Ereignisfall können diese ausgewertet werden und daraus kann nachträglich eine Prozessanalyse erstellt werden. Satellitendaten bilden heute mehr denn je eine wertvolle Informationsquelle, die sicherlich in jeder qualitativ guten Gefahrenanalyse zumindest in Betracht gezogen werden sollte. Für den Fall, dass eine Analyse vorgenommen wird, sollte im Voraus unbedingt Klarheit über die Bearbeitungstiefe herrschen.

Referenzen

Caduff, R., Wiesmann, A., Mätzler, E., Langley, K., 2017. Slope Stability Analysis and Event Reconstruction of the Karrat Fjord (W Greenland) Rock Avalanche from June 2017 using Sentinel-1 and Sentinel-2 Data. AGU Fall Meeting, 11.-15. Dec. 2017. New-Orleans.

Wegmüller, U., Strozzi, T., Gruner, U., Gislér, Chr., Hauser, M., 2013. Verschiebungsmessungen mittels Satellitenradar im Urner Reusstal oberhalb der Nord-Süd-Verkehrsachse im Zeitraum 1992 – 2010. Swiss Bull. Angew. Geol. 18(2): 139-153.

Kann die Dokumentation von Gefahrenbeurteilungen nachvollziehbar gestaltet werden?

Bastian Schmid ¹ (bastian.schmid@nipo.ch)
 Andrea Pozzi ¹ (andrea.pozzi@nipo.ch)

¹ Niederer + Pozzi Umwelt AG, Uznach

Résumé

Oui, la documentation de danger peut être constituée de manière retraçable. L'expérience acquise jusqu'à présent a toutefois montré qu'une documentation détaillée des données de base, des modèles et des hypothèses utilisés est essentielle à l'utilisation des résultats à long terme.

Selon les parties prenantes, d'autres aspects sont prioritaires et une documentation plus ou moins approfondie est judicieuse. En plus du dossier technique détaillé, un résumé simplifié des processus pertinents, des dangers et des spécifications qui en résultent pour les non-experts s'impose.

Il est de plus en plus important de tenir à jour les géodonnées. Des procédures standardisées d'importation et de contrôle qualité aident les autorités cantonales à y parvenir.

Zusammenfassung

Ja, Gefahrendokumentationen können nachvollziehbar gestaltet werden. Die bisherigen Erfahrungen haben aber gezeigt, dass für eine langfristige Verwendbarkeit der Resultate eine ausführliche Dokumentation der verwendeten Grundlagen, Modelle und Annahmen zwingend notwendig ist.

Je nach Anspruchsgruppen stehen andere Themen im Mittelpunkt und unterschiedliche Tiefen der Dokumentation sind sinnvoll. Neben dem ausführlichen Technischen Dossier ist eine vereinfachte Zusammenfassung der massgebenden Prozesse, Gefährdungen und der sich daraus ergebenden Vorgaben für Nichtfachleute sinnvoll.

Das Unterhalten der Geodaten spielt eine immer wichtigere Rolle. Standardisierte Import- und Qualitätsprüfungsverfahren helfen den kantonalen Fachstellen dabei.

Einleitung

Die Gefahrenkarten sind für die Schweiz praktisch vollständig erstellt. Allen gemeinsam sind die vom Bund vorgegebenen Intensitäten und Gefahrenstufen. Sowohl in der Dokumentation der Erstellung, als auch bei der Form der Geodaten gibt es aber sehr grosse Unterschiede.

Es hat sich gezeigt, dass insbesondere ältere Gefahrenkarten oft unzulänglich dokumentiert sind. Fehlende Angaben zu den massgebenden Prozessen erschweren Schutzprojekte, Nachführungen und Gefahrennachweise. Wichtige Grundlagen sind teilweise nicht einmal dem Auftraggeber bekannt. Im Extremfall muss bei mangelhafter Dokumentation eine Gefahrenanalyse komplett neu erstellt werden.

Neben der vollständigen Dokumentation der technischen Grundlagen und Annahmen, haben in der Vergangenheit aber auch oft vereinfachte Angaben für Nichtfachleute gefehlt. Vereinzelt haben fachlich ausgezeichnet erarbeitete Gefahrenkarten, aufgrund fehlender Anleitungen für die Vollzugsbehörde, den Weg in die Umsetzung nicht gefunden.

Anspruchsgruppen

Für die Beantwortung der Frage, was eine gute Dokumentation ausmacht, lohnt sich ein Blick auf die verschiedenen Anspruchsgruppen. Der Bauherr in der blauen Zone hat nicht die gleichen Bedürfnisse wie der Naturgefahrenexperte, welcher eine Nachführung für eine Gefahrenkarte erarbeitet.

In Abbildung 1 sind die Ansprüche an den Detaillierungsgrad verschiedener Interessensgruppen grob vereinfacht dargestellt. Das Erstellen der Gefahrenkarten ist Aufgabe der Kantone. In ihrer Funktion als Auftraggeber

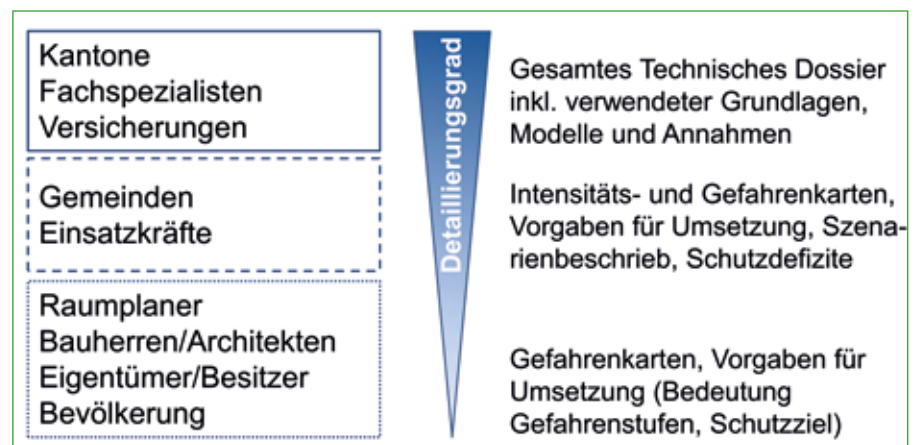


Abbildung 1: Ansprüche verschiedener Interessensgruppen an Gefahrenkartierungen

und Qualitätssicherung bei Gefahrenkartierungen haben diese die höchsten Ansprüche an den Detaillierungsgrad. Die Gefahrenkarten zeigen Schutzdefizite auf und helfen Kantonen und Gemeinden bei der Priorisierung und Bewertung von Schutzmassnahmen. Für Nachführungen bei einer veränderten Gefährdungslage sollen sämtliche verwendeten Grundlagen und Modellannahmen dokumentiert und digital vorhanden sein.

Fachspezialisten greifen bei Gefahrennachweisen, Planung von Schutzmassnahmen und Nachführungen auf die bestehenden Gefahrenkarten und die ihnen zugrundeliegenden Szenarien und Annahmen zurück.

Gebäudeversicherungen sind in vielen Kantonen bei Gefahrenkartierungen in der Begleitgruppe. Sie überprüfen Gefahrennachweise und haben ein grosses Interesse an den massgebenden Prozessen und den ihnen zugrundeliegenden Modellannahmen.

Die Gemeinden sind verantwortlich für die raumplanerische und baurechtliche Umsetzung der Gefahrenkarten sowie für die Information der Betroffenen. Unterstützt durch Fachplaner und den Kanton planen die Gemeinden Schutzmassnahmen.

Feuerwehr und Zivildienst dienen die Gefahrenkarten und Szenarien als Grundlage für die Notfallplanung. Als Grundlage für die Notfallplanung müssen die massgebenden Prozesse bekannt sein.

Über Geoportale sind Gefahrenkarten für sämtliche Schweizer Bürger einsehbar. Architekten, Bauherren und Anwohner können sich darüber eine schnelle Übersicht verschaffen. Je grösser das Verständnis für die ablaufenden Prozesse ist, desto grösser die wahrgenommene Eigenverantwortung.

Bewährte Strukturen und Angaben

Die Dokumentation einer Naturgefahrenanalyse soll den verschiedenen Anspruchsgruppen einen schnellen Einstieg liefern und die relevanten Daten rasch verfügbar machen. Eine Aufteilung in ein ausführliches Technisches Dossier für Fachleute und ein vereinfachtes Dossier für Nichtfachleute hat sich als hilfreich erwiesen. Das vereinfachte Dossier sollte folgende Punkte enthalten:

- Einführung ins Thema
- Beschreibung der Prozesse
- Gefahrenstufen
- Bedeutung für Umsetzung

Neben den Gefahrenstufen ist insbesondere auch der betrachtete Perimeter relevant. Da farblich nicht zwischen "keine Gefährdung" und "nicht kartiert" unterschieden wird, sind Angaben über die räumliche Gültigkeit der Gefahrenstufen zwingend notwendig.

Gefahrenkarten werden in der Regel für einen Massstab von 1:10'000 bis 1:2'000 erstellt. Mit der digitalen Anzeige in Geoinformationssystemen können Massstäbe dargestellt werden, welche eine höhere Genauigkeit vortäuschen als tatsächlich erarbeitet worden ist. Entsprechend wichtig ist die klare Definition des massgebenden Massstabes. Es ist darauf hinzuweisen, dass auch eine fein abgestufte Fliesstiefenkarte einen Gefahrennachweis durch einen Spezialisten nicht ersetzt.

Im ausführlichen Technischen Dossier sollen, neben den Produkten Intensitäts-, Gefahren- und allenfalls Schutzdefizitkarten, sämtliche verwendeten Grundlagen und Annahmen enthalten sein. Verwendete Modelle, Parameter und Randbedingungen sind zu beschreiben. Es muss klar definiert sein, welche Prozesse berücksichtigt und welche für die maximale Gefährdung massgebend sind.

Eine Unterscheidung der Szenarien nach Prozessquellen hat sich für das Verständnis, wie

auch für die Planung von Schutzmassnahmen und Nachführungen von Gefahrenkarten als sehr hilfreich erwiesen (siehe auch Abbildung 2).

Letztendlich sind es auch Kleinigkeiten, die darüber entscheiden, ob Missverständnisse entstehen oder nicht. Bei den Abflüssen und Austritten in Gefahrenkarten Hochwasser ist beispielsweise zu definieren, ob es sich dabei um die natürlichen oder um die bereits durch Austritte oder Rückhalt im Oberlauf reduzierten Werte handelt. Hilfreich für die Planung von Schutzmassnahmen ist eine Angabe beider Werte. Dasselbe gilt für Schwemmholz und Geschiebe. Es sollte ersichtlich sein, ob sämtliche Schwachstellen oder nur die für die maximale Gefährdung massgebenden erfasst worden sind.

Umgang mit Geodaten

Für die Abgabe der den Karten zugrundeliegenden Geodaten werden von den Kantonen unterschiedliche Schnittstellen definiert.

Geodaten können mit standardisierten Schritten auf Fehler und inkonsistente Inhalte überprüft werden. Verschnitte der verschiedenen Intensitätskarten zur Gefahrenkarte und allfälligen weiteren Produkten lassen sich für gleichbleibende Datenmodelle standardisieren. Bei welchem Arbeitsschritt die Übergabe vom Fachplaner an die kantonale Fachstelle geschieht, variiert von Kanton zu Kanton. Traditionell wurden die gesamte Aufbereitung der Geodaten sowie die Qualitätssicherung vom beauftragten Fachplaner gemacht. Heute stellen wir eine Tendenz zu automatischen Kontrollverfahren und auch Verschnitten und Bereinigungen bei den kantonalen Fachstellen fest. Die Vorteile einer Bearbeitung in den kantonalen Fachstellen liegen auf der Hand. So können einheitliche Qualitätsstandards mit relativ geringem laufendem Aufwand eingehalten werden. Dem gegenüber stehen der hohe

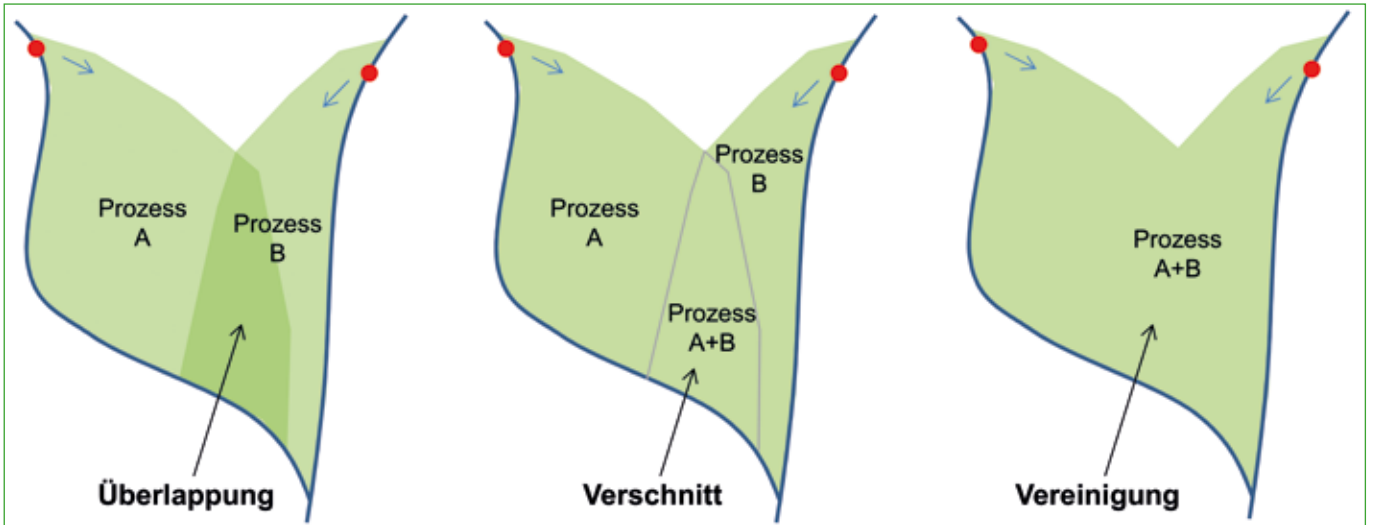


Abbildung 2: Umgang mit Gefahren unterschiedlicher Prozessquellen am Beispiel von Wasseraustritten aus zwei Bächen
 Links: Überlappende Geodaten werden für sämtliche Prozessquellen erstellt. Bei Nachführungen kann im Optimalfall die Fläche einer Prozessquelle komplett gelöscht werden. Es besteht jedoch die Gefahr einer fehlerhaften Darstellung. Topologieprüfungen sind für jede einzelne Prozessquellen zu machen.
 Mitte: Die Flächen werden verschnitten und über ein Feld einer oder mehrerer Prozessquellen zugeordnet. Nachführungen werden dadurch geringfügig aufwändiger. Topologieprüfungen und Darstellung werden hingegen vereinfacht.
 Rechts: Keine Unterscheidung nach Prozessquelle. Das separate Bereinigen einer einzelnen Prozessquelle ist nicht möglich. Bei gutachterlichen Kartierungen wird dadurch die Ersterstellung vereinfacht.

Aufwand und das notwendige Fachwissen für die Erarbeitung der GIS-Werkzeuge für Verschnitt und Kontrolle. Auf der Fachplanerseite müssen die Werkzeuge ohnehin vorhanden sein, um die Qualitätsstandards einhalten und die Gefahrenkarten als Endprodukte erstellen zu können.

Nachführung

Gefahrenanalysen sind Momentaufnahmen, welche periodisch nachzuführen sind. Bereits bei der Erstellung ist eine Definition der nachzuführenden Daten und Dokumente sinnvoll. Der grössere Aufwand für eine ausführliche Dokumentation von Gefahrenkarten macht sich bei Nachführungen bezahlt. Mit klaren Definitionen der erforderlichen Abgabedaten bei der Ausschreibung können Missverständnisse vermieden werden. In vielen Kantonen sind unterdessen Merkblätter mit Minimalanforderungen an Gefahrenkartierungen und Nachführungen im Internet aufgeschaltet. Eine klare Trennung nach Prozessquellen macht Nachführungen und Schutzprojekte einfacher

und erhöht das Prozessverständnis (siehe Abbildung 2).

Mit einer Vorgabe zur Trennung der Projektierung von Schutzmassnahmen und der Nachführung Gefahrenkarte wird in einigen Kantonen eine zusätzliche Qualitätskontrolle erreicht. Diese unabhängige Kontrolle wird allerdings durch einen grösseren Gesamtaufwand erkauft.

Fazit

Die Dokumentation von Gefahrenbeurteilungen kann nachvollziehbar gestaltet werden. Folgende Punkte sind dabei zu beachten:

- Sämtliche verwendeten Grundlagen und Annahmen müssen dokumentiert sein.
- Verwendete Modelle, Parameter und Randbedingungen sind zu beschreiben.
- Es muss klar definiert sein, welche Prozesse berücksichtigt und welche für die maximale Gefährdung massgebend sind.
- Schon bei der Ersterstellung von Gefahrenkarten ist zu definieren, welche Produkte nachzuführen sind.
- Eine klare Trennung nach Prozessquellen vereinfacht Nachführungen und Schutzprojekte.
- Um den Bedürfnissen aller verschiedenen Anspruchsgruppen gerecht zu werden, ist eine Unterteilung in eine Dokumentation für Fachleute und eine für Nichtfachleute hilfreich.

