

FAN Forum 2014: 20 Jahre Gefahrenbeurteilung

Bilanz und Lehren für die Zukunft



Inhalt

Gefahrenbeurteilung - von der Idee zu den Standards3	Inwiefern eignen sich numerische Modellsimulationen für die Gefahrenkartierung von Murgängen - ein Vergleich21	Sensitivitätsanalysen bei 2D-Überflutungsmodellierungen28
16 Jahre am Puls der Gefahrenkartierung - Kostenentwicklung im Kanton Zürich8	Aus den Bäumen lesen - Der Beitrag der stummen Zeugen zur Gefahrenbeurteilung24	Hydrologische Grundlagen - Schnittstelle Gefahrenkarte / Hochwasserschutzprojekte33
Unsicherheiten bei der Gefahrenbeurteilung von Spontanrutschungen / Hangmuren und Konsequenzen.....11	Auf dem Weg zur besseren Nachvollziehbarkeit von Gefahrenbeurteilungen26	Gefahregrundlagen im Dienste der kantonalen Gebäudeversicherungen35
Frequenz und Magnitude bei Murgängen - Szenarienanalyse16		20 Jahre Gefahrenbeurteilung - Bilanz und Lehren für die Zukunft aus Sicht des Bundes37

Herausgeber / Editeur

FAN Fachleute Naturgefahren Schweiz

Offizielle Adresse / Adresse officielle

Nils Hählen, Abteilung Naturgefahren
Schloss 2
3800 Interlaken
Tel. 033 826 42 81, E-Mail: nils.haehlen@vol.be.ch

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

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

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

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

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

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

Zielsetzung der FAN

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

Mitgliedschaft bei der FAN

Die Mitglieder der FAN sind Fachleute, welche sich mit Naturgefahren gemäss Zielsetzung der Arbeitsgruppe befassen. Total umfasst die FAN über 400 Mitglieder aus der ganzen Schweiz. Mitgliedschaftsanträge sind an den Präsidenten oder Sekretär zu richten. Die Mitgliedschaft in der FAN kostet Fr. 80.– / Jahr und steht allen Fachleuten aus dem Bereich Naturgefahren offen. Bedingung ist zudem, dass jeweils innerhalb von drei Jahren einmal vom Kursangebot Gebrauch gemacht wird.

Objectif de la FAN

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

Adhésion à la FAN

Les membres de la FAN sont des spécialistes qui s'occupent de dangers naturels conformément aux objectifs du groupe de travail. La FAN comprend au total plus de 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. 80.– / an. Elle est ouverte à tous les spécialistes des dangers naturels. Une seule condition imposée est de fréquenter tous les trois ans au moins l'un des cours proposé.

Vorwort

Liebe Leserinnen,
liebe Leser

Das diesjährige FAN-Forum stand unter dem Titel „20 Jahre Gefahrenbeurteilung – Bilanz und Lehren für die Zukunft“. In dieser Ausgabe finden Sie eine Vielzahl spannender Artikel der Referentinnen und Referenten, welche unterschiedliche Aspekte in der Entwicklung von Gefahrenkarten bei verschiedenen Naturgefahrenprozessen beleuchten.

Die Gefahrenbeurteilung in der Schweiz hat sich über die letzten Jahrzehnte stets weiterentwickelt. Die Qualität der Datengrundlagen, der einzelnen Arbeitsschritte und deren Darstellung haben sich dabei – nicht zuletzt dank neuer technischer Möglichkeiten – laufend verbessert. Dennoch existieren auch heute noch vielzählige Herausforderungen und Unsicherheiten, welche es zu lösen gilt.

Trotz der unterschiedlichen Herangehensweisen und untersuchten Aspekte in den einzelnen Artikeln zeigt sich immer wieder, wie wichtig fundierte Analysen und der bewusste Umgang mit Unsicherheiten sind. Unabdingbar scheint dabei eine breit abgestützte Beurteilung der Gefahrensituation, welche idealerweise konventionelle Methoden wie die gutachterliche Feldbeurteilung, die Analyse historischer Ereignisse und Expertenwissen kombinieren mit modellbasierten Simulationen, welche objektiv quantifizierbare Aussagen erlauben. Ebenfalls wird die Wichtigkeit einer transparenten und nachvollziehbaren Dokumentation bei der Erstellung von Gefahrenkarten unterstrichen, welche schliesslich auch zu einer breiteren Akzeptanz der generierten Resultate führen kann.

Die bisherige Entwicklung im Bereich der Gefahrenkartierung zeigt, dass sich die Gefahrenbeurteilung auch hinsichtlich der grundsätzlichen Betrachtungsweise stark verändert hat. Der früher stark sektoriell geprägte Blickwinkel hat sich gewandelt zu umfassenderen und auf das gesamte Einzugsgebiet bezogene Betrachtungen. Heute richtet man den Blick vermehrt hin zu einem über die reine Gefahrenbeurteilung hinausgehenden, risikobasierten Ansatz im Sinne des integralen Risikomanagements.

Wir wünschen Ihnen viel Spass bei der Lektüre und einen schönen Sommer

Für das Redaktionsteam:

Jean-Jacques Thormann
Kathrin Kühne

Titelbild: Beispiel einer alten Gefahrenkarte. Arbeitsgruppe Schutz vor Naturereignissen der Gebirgskantone. Beispiel Gefahrenkarte: Steinschlag- und Felssturzgefahr. Bannwald, Gemeinde Altdorf. Kanton Uri, Amt für Forst- und Jagdwesen. Altdorf, im Dezember 1991.

Gefahrenbeurteilung - von der Idee zu den Standards

Arthur Sandri (Bundesamt für Umwelt BAFU, arthur.sandri@bafu.admin.ch)

Ausgangslage

Zu Beginn der 90iger Jahre waren verschiedene Personen in Verwaltung, Wissenschaft und Privatwirtschaft, die sich mit Naturgefahren beschäftigten, zur Überzeugung gelangt, dass sowohl die Betrachtungsweise als auch das Massnahmeninstrumentarium beträchtlich erweitert werden sollten. Auslöser dafür waren einerseits Erkenntnisse aus Grossereignissen der 70iger und 80iger Jahre wie der Lawinenwinter 74/75 mit der Zerstörung von Acla, die Überflutung des Urner Talbodens 1977 und vor allem das Unwetter 1987. Diese Ereignisse zeigten klar die Konsequenzen der sektoriellen Betrachtungsweise, führten die zunehmenden Probleme mit der unkontrollierten Raumnutzung vor Augen und deckten die Grenzen der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Schutzbauwerken auf. Andererseits hatten einige Kantone damit begonnen, für bestimmte Prozesse Gefahrenkarten zu erstellen und integrale Schutzmassnahmenprojekte zu erarbeiten. Um diese neuen Instrumente unterstützen zu können, fehlten die gesetzlichen Grundlagen und sie vergrösserten bei den Genehmigungsbehörden die Unsicherheit, welche Anforderungen an Schutzmassnahmenprojekte gestellt werden sollten.

Die Waldgesetzrevision von 1991, die im Gleichklang mit der Revision des Wasserbaugesetzes erfolgte, sah deshalb zwei wesentliche Neuerungen im Bereich Naturgefahren vor:

1. Den verbindlichen Auftrag an die Kantone, Massnahmen zum Schutz von Menschenleben und erheblichen Sachwerten zu ergreifen (vorher bestand dazu nur

eine Kann-Vorschrift, die zudem auf das Waldareal beschränkt war).

2. Den Auftrag, Gefahrenkataster und Gefahrenkarten zu erstellen sowie Messstellen und Frühwarndienste einzurichten.

Der zweite Punkt wurde auf Initiative des Ständerates in das Gesetz geschrieben, nachdem er in der Vorlage der Verwaltung nicht mehr enthalten war. Er war aufgrund der Vernehmlassungsergebnisse aus dem Entwurf gestrichen worden. Weil er in der Verwaltungsvorlage nicht enthalten war, finden sich in der Botschaft zum Gesetz auch keine Erläuterungen dazu, was mit den Begriffen Gefahrenkataster, Gefahrenkarten und Messstellen genau gemeint war und welche Anforderungen an sie gestellt werden sollten?

Initiative der Kantone

In dieser Situation haben einige Kantone – welche auch hinter der Initiative des Ständerates steckten – das Heft selbst in die Hand genommen und im April 1991 eine „Arbeitsgruppe Schutz vor Naturereignissen der Gebirgskantone“ ins Leben gerufen mit dem Auftrag, Minimalanforderungen für Gefahrenkataster und Gefahrenkarten zuhanden der eidg. Forstdirektion zu definieren.

Diese Arbeitsgruppe hat an insgesamt vier Sitzungen bis Dezember 1991 entsprechende Vorschläge für Gefahrenkataster und Gefahrenkarten ausgearbeitet. Sie hat zudem Vorschläge für die Verwendung dieser Unterlagen in der Raumplanung zusammengestellt und Anregungen zur Aus- und Weiterbildung auf dem Gebiet der Gefahrenbeurteilung und zu Forschungsbedürfnissen verfasst.

Mitglieder der AG, Schutz vor Naturereignissen der Gebirgskantone

Beat Annen, UR

Urs Braschler, NW

Josef Hess, OW

Jean-François Huck, VD

Heinz Langenegger, BE

Gianni Della Valle, BE

Thomas Rageth, GL

Vito Rossi, TI

Arthur Sandri, GR

Jürg Trümpler, SG

Theo Weber, SZ

Charly Wuillod, VS

Danilo Zuffi, FR

Gefahrenkataster sollten demnach aus einem Text- und einem Kartenteil bestehen und Antwort auf die Frage: „Wann sind Schadenergebnisse vorgekommen und wie haben sie sich ausgewirkt?“ geben. Als Beispiele wurden der Lawinenkataster Obergoms, der Rutschungskataster Sierre und der Gefahrenkataster Buholzloch und Zuflüsse Wolfenschiessen mitgeliefert.

Gefahrenkarten sollten ebenfalls aus einem Text- und einem Kartenteil bestehen und zusätzlich zum Kataster noch Antwort geben auf die Fragen:

Welche Naturgefahren entstehen wo und wie laufen die entsprechenden Prozesse ab?

Welche Objekte sind dadurch wie gefährdet?

Welche Schutzmassnahmen werden bisher ergriffen und wie haben sie sich bewährt?

Als Beispiele wurden die Gefahrenkarten ‚Lawinen Matthorn‘, ‚Steinschlag und Felssturz Bannwald Altdorf‘, ‚Rutschung Panadeglias Schluein‘ und ‚Überschwemmung Buholzloch‘

bach und seine Zuflüsse' mitgeliefert.

Zur Umsetzung in die Raumplanung wurde vorgeschlagen, die Informationen der Gefahrenkarten mit Angaben zu Intensität und Häufigkeit der massgebenden Prozesse zu ergänzen. Es wurde auch angeregt, die Informationen mittels Auswertung stummer Zeugen und Resultaten von Modellierungen abzustützen. Die Arbeitsgruppe wies darauf hin, dass Gefahrenkarten nur eine mögliche Anwendung der Gefahrenbeurteilungen sei; namentlich erwähnt wurde noch die Verwendung für die Planung von Schutzmassnahmen.

Mit Nachdruck betonte die Arbeitsgruppe, dass nur für den Prozess Lawinen praktisch erprobte Grundlagen für die Abstufung unterschiedlicher Gefahrenbereiche bestehen würden und dass deshalb für die anderen Gefahrenprozesse die Umsetzung in die Raumplanung kaum vollzogen werden könne, weil die Festlegung von Gefährungsgraden subjektiv erfolgen würde. Die Ausarbeitung entsprechender Kriterien für die Gefahrenbewertung sei deshalb vordringlich, sprengte den Auftrag der Arbeitsgruppe jedoch bei weitem.

Die Aus- und Weiterbildung wurde als wichtiger Hebel zur Umsetzung des Gesetzesauftrages erkannt und die Weiterentwicklung der forstlichen Arbeitsgruppe für Wildbach- und Hangverbau auf der Basis der sog. Schwarzsee-Gespräche vom Oktober 1991 empfohlen. Diese Bestrebungen führten im Folgejahr in Hilterfingen zur Gründung der FAN.

Flankierende Massnahmen zur Einführung des neuen Waldgesetzes (FLAM)

Der Vorschlag der ‚Arbeitsgruppe Schutz vor Naturereignissen der Gebirgskantone‘ wurde in der eingereichten Form nicht berücksichtigt. Er führte aber dazu, dass die eidg. Forstdirektion die Ausschreibung zum FLAM-Modul

Übersicht: Modifizierte Zielsetzungen der Ausschreibung des FLAM-Moduls Naturgefahren

Grobziele	Teilziele
Naturgefahren dokumentieren	1.1 Informationsbedürfnisse der verschiedenen Stellen klären 1.2 Einheitliche Datenstruktur definieren 1.3 Strategie für ein Informationssystem Stufe Bund und Schnittstellen zu den Kantonen definieren 1.4 Grösstmögliche Datenverfügbarkeit sicherstellen (v.a. regionenbezogen)
Naturgefahren analysieren und bewerten	2.1 Risikokategorien für die Naturgefahren gemäss Waldgesetz definieren (risk management) und Schadenpotentiale quantifizieren 2.2 Brauchbare, praxistaugliche Prognosemodelle anpassen / ergänzen 2.3 Brauchbarkeit von Gefahrenkartierungsmodellen prüfen 2.4 Kriterien für die Gefahrenbewertung definieren
Ergebnisse der Gefahrenanalyse und -bewertung umsetzen	3.1 Aktive und/oder passive Massnahmen zur Gefahrenabwehr bewerten 3.2 Kriterien für die Kosten-Wirksamkeit im Bereich Naturgefahren erarbeiten 3.3 Raumplanerische Umsetzung der Schutzzonen und Schutzziele sicherstellen 3.4 Praxistaugliche Richtlinien für das Vorgehen erstellen

Naturgefahren annullierte und mit einer neuen Zielsetzung ausschrieb, die aus dem Vorschlag der Arbeitsgruppe abgeleitet wurde.

Von den darauf eingegangenen Offerten erhielten vier Projekte einen Zuschlag:

1. Das Projekt des Geographischen Instituts der Universität Bern „Gefahrenbeurteilung und Gefahrenbewertung – Wege zur stufengerechten Gefahrenkarte und gleichwertigen Aussage für die verschiedenen Gefahrenarten“ zu den Teilzielen 2.3 und 2.4
2. Das Projekt der GEOTEST AG „Standardisierung der Erfassung und Dokumentation von Naturgefahren / Modellierung und Prognostizierung des Naturgefahrenbereichs Erd- und Felsbewegungen“ zu den Teilzielen 1.2 und 2.2
3. Das Projekt der geo7 AG „Erfassen der Wildbachgefahren mit Hilfe von GIS-basierten Modellen“ zum Teilziel 2.2
4. Das Projekt der ETH Zürich von Prof. Heinimann „Analyse, Bewertung und Management von Naturrisiken“ zu den Teilzielen 3.1 und 3.2

Aus den Projekten GIUB, GEOTEST und geo7 sind mehr oder weniger direkt hervorgegangen:

- Der Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene 1995
- Die Empfehlung Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten 1997
- Die Empfehlung Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten 1997
- Das Glossar Begriffsdefinitionen zu den Themen Geomorphologie / Naturgefahren / Forstwesen / Sicherheit / Risiko 1998

Aus dem Projekt Heinemann entstand mit 2jähriger Verspätung die Dissertation Holenstein:

- „Analyse, Bewertung und Management von Naturrisiken“ und anschliessend die Publikation ‚Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren‘ 1999.

Schlussfolgerungen

Der Weg von der Idee bis zu anerkannten Standards war demnach lang und ist nicht geradlinig, sondern über verschiedene Zwischenstationen verlaufen.

Gewisse fundamentale Grundsätze haben von Anfang an ihre Richtigkeit behalten, auch wenn sie zwischenzeitlich etwas in den Hintergrund geraten sind. So z.B. die Idee, dass die Gefahrenbeurteilung das zentrale Produkt ist und die Umsetzung in die Raumplanung eine mögliche Nutzenanwendung davon; weitere Anwendungen sind etwa die Planung von Schutzmassnahmen oder die Erarbeitung von Notfallplänen. Oder die Einsicht, dass die Beurteilung von Intensität und Eintretenswahrscheinlichkeit integraler Bestandteil der Gefahrenbeurteilung sein müssen. Oder die Erkenntnis, dass die Wirkungsbeurteilung bestehender Schutzmassnahmen eine obligatorische Voraussetzung für die Gefahrenbeurteilung ist.

Verbessert haben sich in den letzten 23 Jahren in erster Linie die Qualität der einzelnen Arbeitsschritte und der Darstellung, weniger die grundsätzlichen Inhalte. Die Nachvollziehbarkeit der Beurteilung ist nach wie vor ein Thema und nicht immer abschliessend gelöst. Der grösste Schwachpunkt dürfte aber die Umsetzung in die Raumplanung geblieben sein. Dies hat einerseits sicher mit der schwachen Stellung der Raumplanung in der Schweiz generell zu tun. Andererseits leiden die empfohlenen Konsequenzen der Gefahrenstufen für die Bau- und Zonenreglemente auch unter einem gewissen starren Schematismus, der die Umsetzung nicht befördert. Wie man flexibler auf aktuelle oder zukünftige Nutzungen eingehen könnte, ohne neue inakzeptable Risiken entstehen zu lassen oder rechtsungleiche Willkürentscheide zu treffen, ist aber noch nicht im Detail klar. Roberto Loat wird in seinem Beitrag auf die Ideen zu einer risikobasierten Raumplanung eingehen.

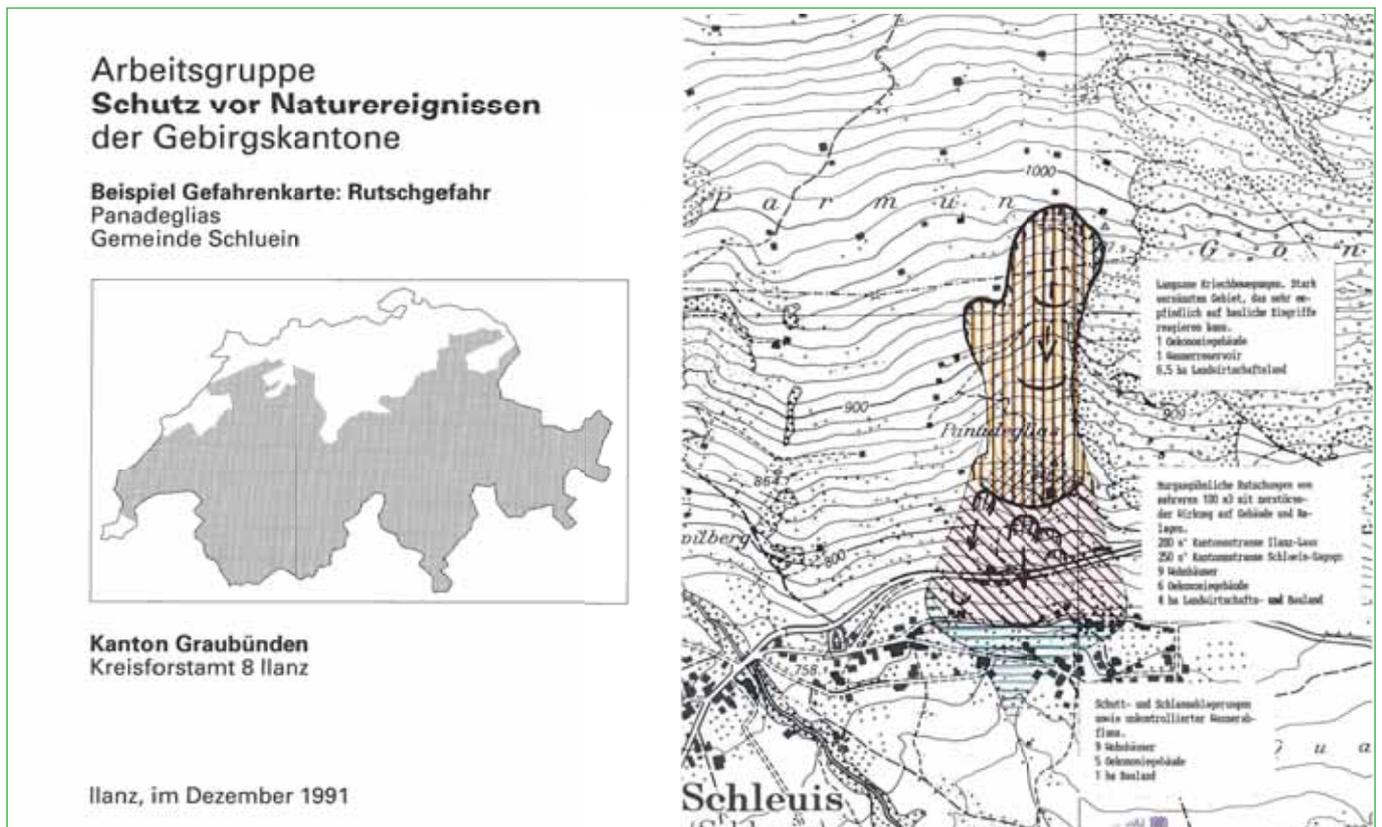


Abb. 1: Beispiel einer alten Gefahrenkarte.

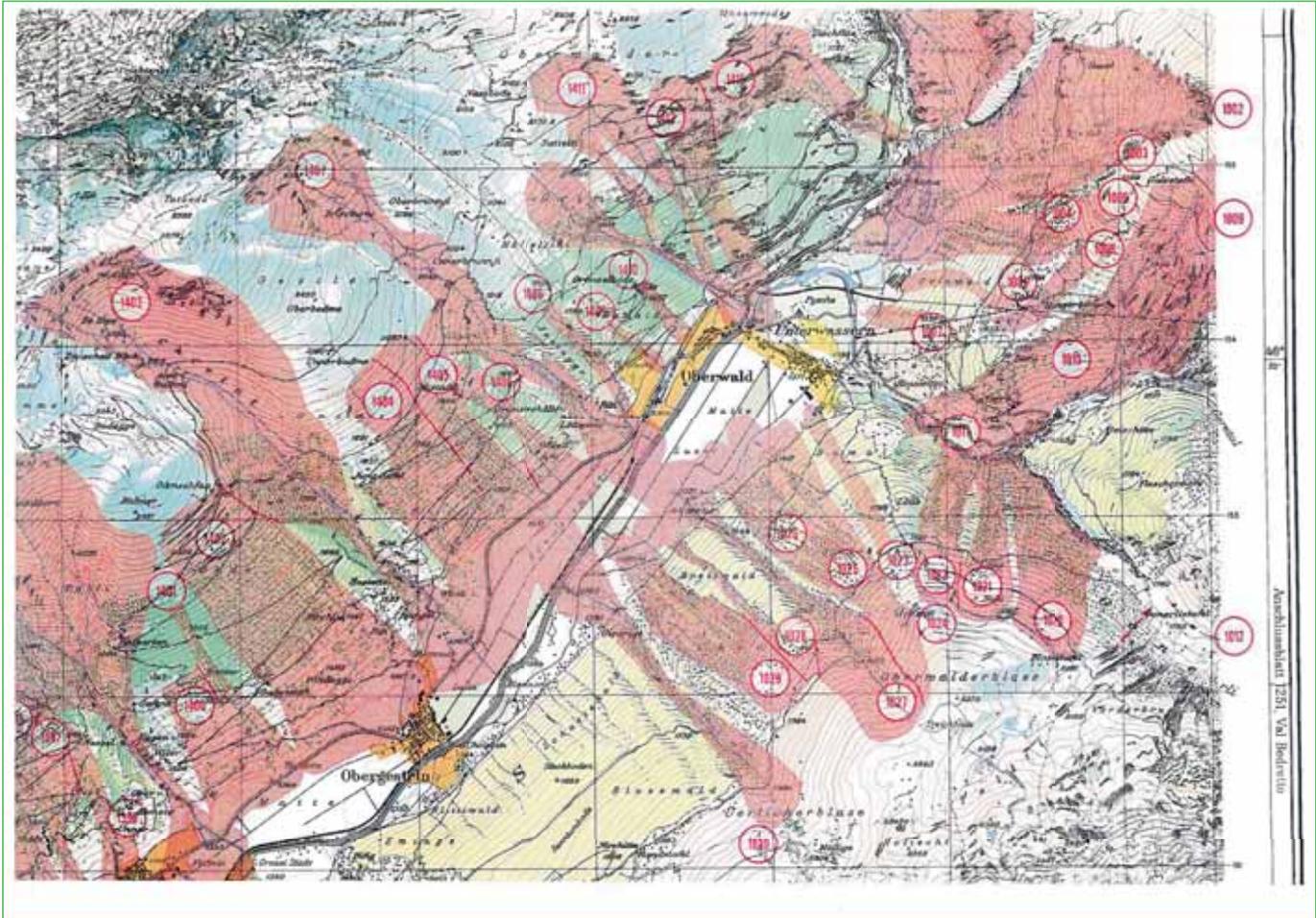


Abb. 2: Beispiel eines alten Lawinenkatasters: Karte. Arbeitsgruppe Schutz vor Naturereignissen der Gebirgskantone - Beispiel Lawinenkataster: Gebiet Obergoms. Kanton Wallis, Dienststelle für Wald und Landschaft. Sitten, im Dezember 1991.

LAWINENBLATT

Karte & No.: *1.289* Lawinennummer: *1493* Gemeinde: *OBBERGESTEN*
 Koord.: *157.580 / 667.100* Forstkreis: *7* Lokalname: *Mühlbach*

1. BESCHREIBUNG DER LAWINE

1.1.	Höhe	Exposition	Lawinentyp	Bemerkungen
Anrisszone:	<i>289</i>	<i>SS</i>	<i>F/S</i>	<i>F/CS</i>
Sturzbahn:	<i>199</i>			<i>Staub</i>
Auslaufzone:				

1.2. Andere Schneeformationen in der Anrisszone

Typ	Wind	Periode	Beobachtete Dicke (m)
<input checked="" type="checkbox"/> Gwächten	<i>Nordwest</i>		<i>6-8 m</i>
<input type="checkbox"/> Treibschnee			

1.3. Berechnungsgrundlagen und Resultate: (Einzelheiten nach dem Berechnungsblatt)

Breite	Form	Dichte	Anrisshöhe	Neigung	max. Länge	μ	χ	Wiederkehrdauer	V	d	Pn	Qo
					<i>4.5 m</i>							

1.4. Chronik

Datum der Information: Quelle: Beobachtete Wiederkehrdauer:

Bekannte Schäden	Datum	Typ	Grösse	Koordinaten	Bemerkungen
<input type="checkbox"/> Wälder	(Aren):				
<input type="checkbox"/> Gebäude	(Anzahl):				
<input type="checkbox"/> Personen	(Anzahl):				
<input type="checkbox"/> Fahrzeuge	(Anzahl):				
<input type="checkbox"/> Kunstbauten	(Anzahl):				
<input type="checkbox"/> Transportmittel (m')	<i>799</i>		<i>4.5 m</i>	<i>157.580 / 667.100</i>	<i>alt. 2.9. 1991</i>

1.5. Studien

Art: *Lawinenschutz*
 Datum: *Juni 1991*
 Verfasser: *Chr. Penzlin*

2. KONFLIKTE

Typ	Einheit	Grösse
<input checked="" type="checkbox"/> Oberbaute Fläche	(Aren)	<i>199</i>
<input checked="" type="checkbox"/> Bauzone	(Aren)	<i>299</i>
<input type="checkbox"/> Mairnässzone	(Aren)	
<input checked="" type="checkbox"/> Landwirtschaftszone	(Aren)	<i>299</i>
<input checked="" type="checkbox"/> Kantonsstrasse	(m')	<i>299</i>
<input checked="" type="checkbox"/> Gemeindestrasse	(m')	<i>299</i>
<input checked="" type="checkbox"/> Eisenbahnlinie	(m')	<i>299</i>
<input type="checkbox"/> Elek. Installationen	(m')	
<input type="checkbox"/> Skipisten	(Aren)	
<input type="checkbox"/> Wälder	(Aren)	
<input type="checkbox"/>		

3. REALISATION

3.1. Arbeiten in Ausführung beendet

Name des Projektes:	Beginn:	Ende:
Arbeiten	Typ	Anzahl
<input type="checkbox"/> Stahlwerke		
<input type="checkbox"/> Holzwerke		
<input type="checkbox"/> Mauern		
<input type="checkbox"/> Kolktafeln		
<input type="checkbox"/> Netze		
<input type="checkbox"/> Treibschneewände		
<input checked="" type="checkbox"/> Dämme	<i>Abknt.</i>	
<input type="checkbox"/> Spaltkeile		
<input type="checkbox"/> Sprengungen		
<input checked="" type="checkbox"/> Galerien	<i>ev. 80%</i>	
<input type="checkbox"/> Aufforstung		
<input type="checkbox"/>		

3.2. Vorgeschlagene Massnahmen

Arbeiten	Typ	Anzahl
<input type="checkbox"/> Stahlwerke		
<input type="checkbox"/> Holzwerke		
<input type="checkbox"/> Mauern		
<input type="checkbox"/> Kolktafeln		
<input type="checkbox"/> Netze		
<input type="checkbox"/> Treibschneewände		
<input type="checkbox"/> Dämme		
<input type="checkbox"/> Spaltkeile		
<input type="checkbox"/> Sprengungen		
<input type="checkbox"/> Galerien		
<input type="checkbox"/> Aufforstung		
<input type="checkbox"/>		

4. SICHERHEITSDIENST

Organisation: *SPMA* Verantwortlich: *F. Gasser* Adresse: *Walden* Tel.:
 Mittel: Wetterstation; Patrouilleur; Anzahl Beobachter
 Massnahmen: Sprengung; Evakuierung; Sperrung;
Referenzen

Datum	Verfasser	Datum	Verfasser	Datum	Verfasser	Datum	Verfasser
<i>2.8.90</i>	<i>(Jue)</i>						

18.1.91

Abb. 3: Beispiel eines alten Lawinenkatasters: Lawinenblatt. Arbeitsgruppe Schutz vor Naturereignissen der Gebirgskantone - Beispiel Lawinenkataster: Gebiet Obergoms. Kanton Wallis, Dienststelle für Wald und Landschaft. Sitten, im Dezember 1991.

16 Jahre am Puls der Gefahrenkartierung - Kostenentwicklung im Kanton Zürich

Sonja Stocker (Ernst Basler + Partner, Zollikon, sonja.stocker@ebp.ch)
 Jürg Elsener Metz (Ernst Basler + Partner, Zollikon, juerg.elsener-metz@ebp.ch)
 Christian Willi (Ernst Basler + Partner, Zollikon, christian.willi@ebp.ch)

Einleitung

Die Anfänge der Gefahrenkartierung im Kanton Zürich gehen auf das Jahr 1998 zurück. Seit diesem Zeitpunkt unterstützt Ernst Basler + Partner das AWEL (Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft) mit der Begleitung und Koordination sowie der Qualitätssicherung. Zum aktuellen Zeitpunkt ist die Gefahrenkartierung für mehr als die Hälfte der Gemeinden resp. 90% der Bevölkerung im Kanton Zürich abgeschlossen.

Entwicklungen 1998 - 2014

1998 bis 2014: In diesen 16 Jahren hat sich die Erarbeitung der Gefahrenkartierung hinsichtlich verschiedenster Aspekte grundlegend verändert – immer auch mit Auswirkungen auf die Kosten.

Hier werden die acht wichtigsten Entwicklungen vorgestellt.

1. Vorgehen

Von 1998 bis 2005 wurde für rund 15 einzelne Gemeinden (mit hohem erwartetem Schadenpotenzial) eine Gefahrenkartierung durchgeführt, für weitere Gemeinden war eine solche geplant.

Folgende Gründe veranlassten den Kanton Zürich, ab 2006 einen Konzeptwechsel zu vollziehen und die Gefahrenkartierung für jeweils mehrere Gemeinden, einzugsgebietsbezogen, gleichzeitig erarbeiten zu lassen: Einerseits zeigten die Erfahrungen, dass eine Bearbeitung in grösseren, hydrologisch zusammenhängenden Gebieten vorteilhaft ist (Abhängigkeiten, Synergien, Austausch zw. Gemeinden). Andererseits konnte das Ziel des Bundes, das nach dem Hochwasserereignis 2005 formuliert wurde – flächendeckende

Gefahrenkartierung bis 2011 – mit dem bisherigen Konzept nicht erreicht werden.

Seit 2006 werden die 170 Gemeinden in insgesamt 7 Prioritäten erarbeitet, wobei jede Priorität 3 Projekte mit mehreren Gemeinden beinhaltet (Abbildung 1).

Diese Vorgehensweise bedeutet eine grosse Effizienzsteigerung und wirkt sich deutlich kostensenkend aus.

2. Grundlagen

Im Lauf der Jahre standen immer detailliertere Grundlagen zur Verfügung.

Einige Beispiele:

- Digitales Terrainmodell DTM-AV (geflogen erstmals 2002)

- Querprofilaufnahmen, v.a. für kantonale Gewässer
- Detaillierte hydrologische Studien, v.a. für kantonale Gewässer
- Vielfältige Methoden zur Bestimmung der Hydrologie kleinerer Gewässer (vom c-Wert nach Kürsteiner zu HAKESCH bzw. HQx_meso_CH für grössere Einzugsgebiete)

Der Einbezug einer Vielzahl von Grundlagen führt zu aussagekräftigeren und belastbareren Resultaten, impliziert jedoch mehr Arbeitsaufwand und -kosten.

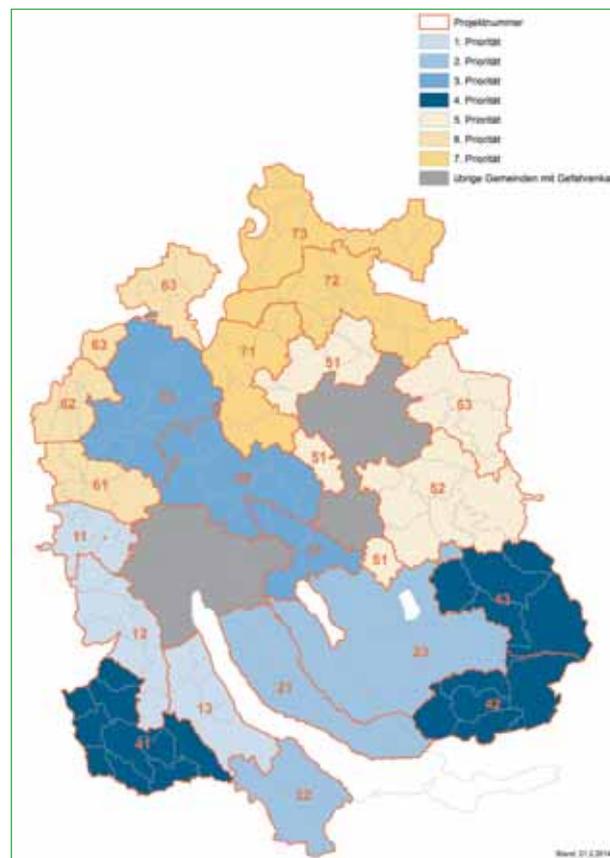


Abb.1: Erarbeitung der Gefahrenkartierung von 2006 bis 2014 in 7 Prioritäten. Jede Priorität beinhaltet 3 Projekte mit jeweils 5 bis 12 Gemeinden. Die Prioritäten 1 bis 4 sind abgeschlossen. Die Prioritäten 5 bis 6 sind in Erarbeitung. Mit den Projekten der Priorität 7 wird demnächst gestartet.

3. Modelle

Lange Zeit wurden die Überflutungsflächen sowie die dazugehörigen Wassertiefen und Fliessgeschwindigkeiten ausschliesslich gutachtlich im Feld abgeschätzt (sog. „Methode der Fliesswege“).

Heute hat sich die Modellierung mit Hilfe von 2D-Software als Standard durchgesetzt. Viele Ingenieurbüros wenden diese Methode nicht nur in flachem Gelände an (wo eine gutachtliche Beurteilung im Feld schwierig ist), sondern für alle Überflutungsflächen. Die Resultate werden im Feld verifiziert.

Die Auswirkung auf die Bearbeitungskosten ist schwierig abzuschätzen.

4. Untersuchte Prozesse

Zu Beginn wurden im Kanton Zürich nur der Prozess Hochwasser sowie der Hinweisprozess Oberflächenabfluss berücksichtigt.

Seit Vorliegen der Gefahrenhinweiskarte des Kantons 2006 werden zusätzlich Massenbewegungen untersucht.

Heute umfasst das Prozess-Portfolio des Kantons Zürich 12 Prozesse (Tabelle 1). Vor allem die Erweiterung um die Massenbewegungen bedeutet eine deutliche Erhöhung des Bearbeitungsaufwandes und somit der Kosten.

Tabelle 1: Prozess-Portfolio des Kantons Zürich

Hauptprozess Hochwasser	
Unterprozesse	Hochwasser Fliessgewässer Seehochwasser
Hinweisprozesse	Oberflächenabfluss / Vernässung Ufererosion Übermuring / Übersarung Grundwasseraufstoss Rückstau in Kanalisation
Hauptprozess Massenbewegungen	
Unterprozesse	Steinschlag / Blockschlag Rutschungen permanent Rutschungen spontan Hangmuren
Hinweisprozesse	Inaktive Rutschungen

5. Beteiligung

Während die Gefahrenkartierung zu Beginn in einer kleinen Fachgruppe erarbeitet wurde, hat sich der Kreis der Beteiligten mittlerweile deutlich erweitert. Dies zeigt Abbildung 2 eindrücklich.

Zwei Aspekte sind speziell hervorzuheben: Mit dem Einbezug der Massenbewegungsprozesse sind bei der Gefahrenkartierung zu meist zusätzlich ein Geologie-Büro sowie das Tiefbauamt des Kantons beteiligt. Mit Beteili-

gung der Gebietsingenieure des AWEL sowie der frühzeitigen Information und Mitarbeit der Gemeinden und der GVZ können äusserst wertvolle Lokalkenntnisse eingebunden werden. Dadurch steigen die Qualität und auch die Akzeptanz der Gefahrenkarten. Selbstredend vergrössert sich mit dem Kreis der Beteiligten – u.a. auch infolge des erhöhten Koordinationsbedarfs – der Arbeitsaufwand.

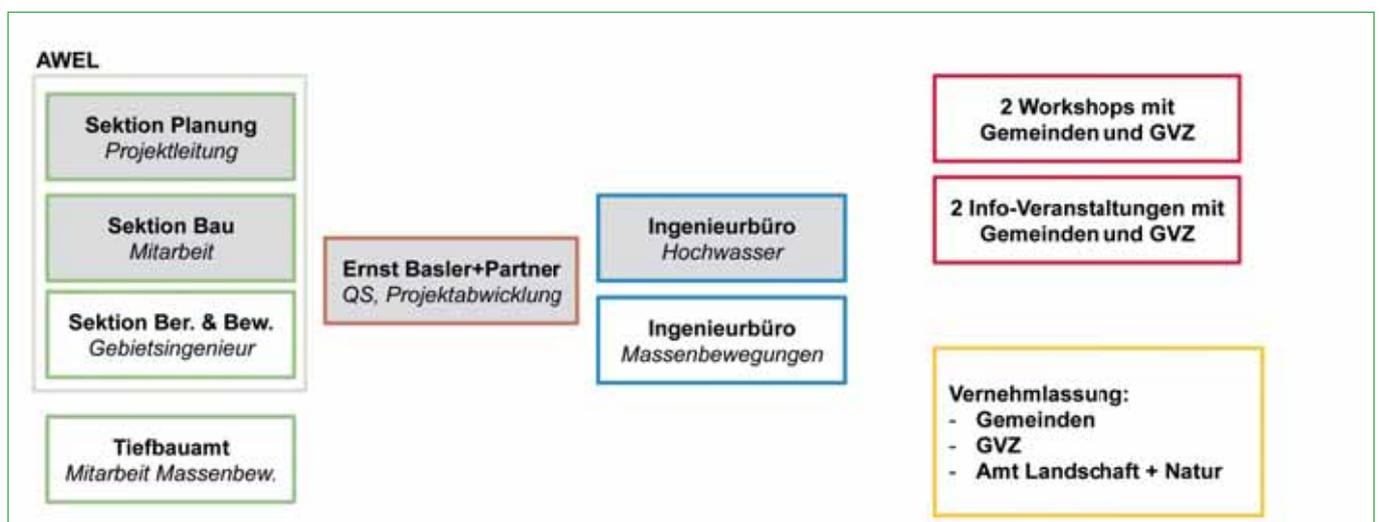


Abb.2: Beteiligung an der Erarbeitung der Gefahrenkartierung im Kanton Zürich. Grau hinterlegt: Beteiligte in der ersten Phase 1998-2006.

6. Anforderungen

Mit der Gefahrenkartierung für den Prozess Hochwasser im Mittelland nahm der Kanton Zürich ab 1998 eine Pionierrolle ein. Es gab lediglich punktuelle Vorgaben und Standards. Die Büros erarbeiteten die Gefahrenkartierung zu einem guten Teil nach eigenen Vorstellungen und Methoden.

2006 wurde das Pflichtenheft für den Prozess Hochwasser im Kanton Zürich erstellt. 2011 wurde es revidiert und erweitert. Für den Prozess Massenbewegungen wurde 2011 ebenfalls ein Pflichtenheft erstellt. Die Pflichtenhefte beschreiben die Grundlagen, den Ablauf, die methodischen Vorgaben und die Produkte. Ziel der Pflichtenhefte ist es, die Einheitlichkeit über den ganzen Kanton zu gewährleisten: Die verschiedenen Gefahrenkarten sollen über alle Gemeinden hinweg hinsichtlich Bearbeitungstiefe und Methodik der Erarbeitung vergleichbar sein.

Die Einführung der Pflichtenhefte sowie die konsequente Qualitätssicherung führen zu einer Zunahme der Bearbeitungskosten.

7. Ansprüche

Als die Gefahrenkartierung in Angriff genommen wurde, war sie als reines Instrument der Raumplanung konzipiert.

Mittlerweile hat die Gefahrenkartierung (inklusive der Intensitäts- bzw. der Wassertiefenkarten) vielfältige Verwendungszwecke zu erfüllen: u.a. soll sie Grundlage für die Notfallplanung, die Risikobestimmung und die detaillierte Massnahmenplanung sein.

Im Kanton Zürich wurden die Zwischen- und Endprodukte der Gefahrenkartierung zurückhaltend auf diese Verwendungszwecke ausgerichtet, deshalb ist die Kostensteigerung nur moderat.

8. Markt/Konkurrenz

Zu Beginn waren nur wenige Ingenieurbüros auf die Erarbeitung der Gefahrenkarten spezialisiert.

Heute bieten zahlreiche Ingenieurbüros in diesem Gebiet ihre Dienste an. Dies führt zu verschärfter Konkurrenz auf dem Markt und punktuell zu tiefen Angebotspreisen. Hier muss der Qualitätsaspekt durch den Kanton verstärkt beachtet werden.

Fazit

Abb. 3 gibt einen Überblick über die diskutierten Entwicklungen vom Beginn der Gefahrenkartierung im Kanton Zürich 1998 bis heute. Neben Kostentreibern sind zwei Entwicklungen zu beobachten, welche den Kostenaufwand für die Gefahrenkartierung deutlich senkten: Das neue Konzept 2006 (gebietsweise statt gemeindeweise Erarbeitung) sowie die Marktverhältnisse.

In Abb. 4 sind die Kosten für die Erarbeitung der Gefahrenkartierung pro km² Gemeindefläche aufgeführt.

Der Bund geht für die Gefahrenkartierung von 5'000 CHF pro km² aus (Daten 1998 – 2004, zumeist Gefahrenkarten mit allen Prozessen, vielfach ohne Lawinen). Nach 2006 fielen die Kosten im Kanton Zürich für alle Prioritäten niedriger aus als die vom Bund geschätzten Kosten.

Mit den Projekten der 7. Priorität wird die Gefahrenkartierung im Kanton Zürich 2016 abgeschlossen sein.



Abb.3: Überblick über die acht beschriebenen Entwicklungen vom Beginn der Gefahrenkartierung im Kanton Zürich 1998 bis heute.

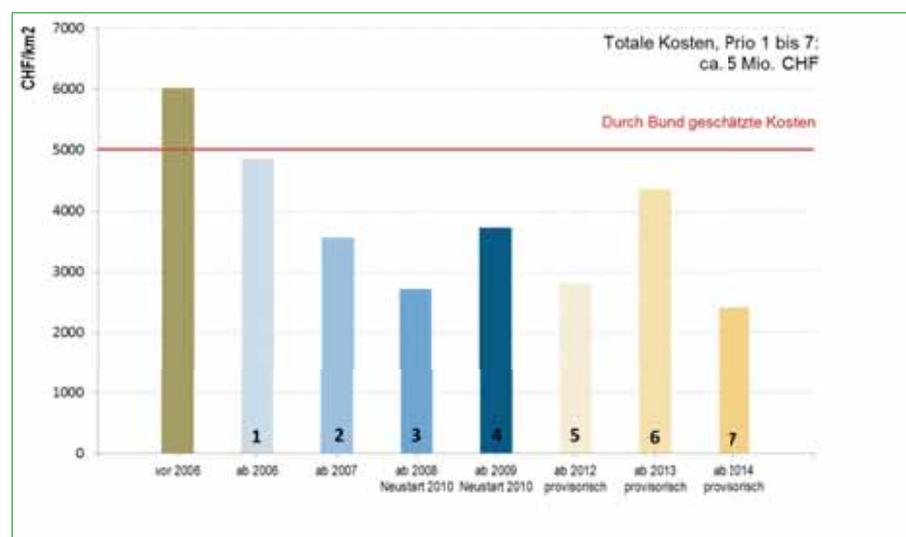


Abb. 4: Kosten in CHF pro km² Gemeindefläche. Braune Säule: vor 2006, d.h. Erarbeitung der Gefahrenkartierung für einzelne Gemeinden (Kosten ausgewertet für 11 Gemeinden). Nachfolgende Säulen: Prioritäten 1 bis 7, nach 2006, d.h. Erarbeitung der Gefahrenkartierung für mehrere Gemeinden zusammen

- Prioritäten 1 bis 4: abgeschlossen
- Prioritäten 5 und 6: in Bearbeitung (Kosten provisorisch)
- Priorität 7: Start 2014 (Kosten provisorisch)

Unsicherheiten bei der Gefahrenbeurteilung von Spontanrutschungen / Hangmuren und Konsequenzen

Fallbeispiel Laugneri / Horloui, Weggis LU

Klaus Louis (Louis Ingenieurgeologie GmbH, Weggis, klaus@louis-weggis.ch)



Abb.1: Luftbild mit den Siedlungsgebieten Laugneri (links) und Horloui (rechts) vom April 2004 (Foto: K. Louis).

Die GK Weggis (Teil 1: Rigi Kaltbad, 2002; Teil 2: Weggis Dorf, 2004) war das Pilotprojekt „Naturgefahrenkarten“ des Kt. Luzern; die Gefahrenanalyse erfolgte mit einem überdurchschnittlich hohen Bearbeitungsaufwand und Detaillierungsgrad. Dennoch hat sich in der Folge des Augustunwetters 2005 gezeigt, dass mancherorts die tatsächlichen geologischen Verhältnisse und die daraus abgeleiteten Szenarien von den prognostizierten Modellen abwichen. Insbesondere das Gebiet Laugneri / Horloui offenbarte bei diesem Ereignis zahlreiche Überraschungen im Kontext mit der Gefahrenanalyse von Spontanrutschungen und Hangmuren. Bis heute wurden im genannten Gebiet folgende Abklärungen - und die daraus resultierenden, modifizierten Gefahreneinschätzungen - ausgeführt:

- 2002-2004: Erstellung der GK Weggis
- 2004: Vorstudie Objektschutz Laugneri
- 2005: Unwetter August, mit zahlreichen Spontanrutschungen (SR) und Hangmuren (HM); Ereignisdokumentation und Einstufung der Ereignisse im Hinblick auf die bestehende GK
- 2006/2007: Ausführung von diversen Schutzmassnahmen
- 2008: Überarbeitung GK Weggis – Neue Erkenntnisse aus Ereignis 2005; Bildung neuer Szenarien; neue Intensitätsableitung nach Methodik der AGN 2004 [1], Berücksichtigung der neuen Schutzmassnahmen
- 2013/2014: Vorstudie Schutzmassnahmen Laugneri / Horloui und Evaluierung der zugrunde gelegten Szenarien

GK Weggis 2004: Gefahrenerkennung, Szenarien, Wirkungsanalyse

Allgemeines

Der Autor wohnt und arbeitet seit 1993 in Weggis und war der Projektleiter der Prozesse Sturz und Rutsch der Naturgefahrenanalyse Weggis. Zu Auftragsbeginn verfügte er bereits über ein grosses Vorwissen zu den lokalen geologischen Verhältnissen. Als Einwohner wendete er für die Gefahrenanalyse und die Ereignisdokumentation viel Einsatz auf und es wurden ihm mehr Informationen zugetragen als das üblicherweise der Fall ist. Zur Zeit der Bearbeitung waren die AGN-Empfehlungen „Gefahreneinstufung Rutschungen i.w.S.“ [1] noch nicht publiziert; die grundlegende Einstufung erfolgte im Wesentlichen auf Basis der „Empfehlungen zur Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten (BWW, BRP, BUWAL, 1997 [2]).

Bei der Gefahrenanalyse 2004 wurde zwischen Spontanrutschung und Hangmuren unterschieden, wobei beide Prozessarten in einer einzigen Prozess-GK „Rutsch“ dargestellt wurden. Die Beurteilung erfolgte anhand der folgenden Prozessverständnisse:

- *Spontanrutsch (SR):*
Lockergesteinsmasse an einer Hanglage, die infolge eines plötzlichen Versagens der Scherfestigkeit einer diskreten Scherfläche (meist im Zusammenhang mit Starkregenereignissen) spontan abgleitet und Horizontal- und Vertikalverschiebungen zur Folge hat; das ursprüngliche Bodengefüge bleibt dabei oft

weitgehend erhalten.

- **Hangmure (HM):**

Bei hohem Wasseranteil können sich, bevorzugt an relativ steilen Hängen, aus SR auch HM entwickeln (Prozesswechsel; „Verflüssigung“). Kennzeichnend ist ein rasch und dynamisch oberflächlich abfließendes Gemisch aus Boden, Lockergestein, Vegetation und Wasser, das über weite Strecken bis in flaches Terrain verfrachtet werden kann, wobei das ehemalige Schichtgefüge vollständig aufgelöst wird.

Ursprung einer Hangmure ist (fast) immer eine Spontanrutschung. Aus einer Spontanrutschung muss sich jedoch nicht zwangsläufig eine Hangmure entwickeln.

Gefahrenerkennung

Die benachbarten Siedlungsgebiete Laugneri (Bauzone) und Horlauri (keine Bauzone) wurden aufgrund der vergleichbaren geologischen und topographischen Grunddisposition zu einer Gefahrenquelle zusammengefasst.

Der 30-40° steile Hang wird von mehreren Nagelfluh-Felsbändern durchzogen. Ein niedriges Felsband verläuft auch im hangseitigen Teil des Siedlungsgebietes Laugneri. Auf dem gesamten Hang gibt es 2 gefasste Quellen sowie ein kleines, temporär wasserführendes Gerinne („Horlauribach“).

Die Lockermaterialauflage wurde meist auf <1 m, örtlich auch auf 1-2 m, und in begrenztem Umfang auf etwas mehr als 2 m geschätzt. Es wurden keine Sondierungen zur Verifikation dieser Annahmen ausgeführt.

Gemäss den Angaben der befragten Grundstückbesitzer wurde in den Baugruben der obersten Häuserreihe von Laugneri sowie bei den Häusern in Horlauri in geringer Tiefe gewachsener Fels angetroffen. Diese Hinweise entsprachen durchaus den Erwartungen des Autors und flossen auch entsprechend in die

Szenarienbildung ein.

Im gesamten Gebiet waren keine Rutschergebnisse bekannt oder dokumentiert und auf dem grossteils bewaldeten Hang waren keine typischen Rutschphänomene zu erkennen.

Wirkungsanalyse

Die Wirkungsanalyse erfolgte auf der Grundlage der folgenden Szenarien:

- WP 1-30:
keine SR/HM.
- WP 30-100:
SR: <100 m³, geringe Intensität
(Rutschmächtigkeit <0.5 m)
HM: keine HM.
- WP 100-300:
SR: <250 m³, mittlere Intensität
(Rutschmächtigkeit 0.5-2 m)
HM: bis max. 250 m³, geringe Intensität
(h < 0.5 m und v < 0.5m/s und V < 500 m³).

Die Zuordnung der halbierten Matrixfelder des 9-feldrigen Intensitäts-Wahrscheinlichkeitsdiagramms erfolgt nach brutalem (HM) oder gradueller (SR) Prozess [2]; demzufolge resultierte für das Siedlungsgebiet Laugneri in der Prozess-GK *Rutsch 2004* der „gelbe Gefahrenbereich“.

In dem am Ostrand der Gefahrenquelle gelegenen Gebiet Horlauri wurde die Hangflanke um die Wohnhäuser in der Prozess-GK *Rutsch 2004* gutachterlich als „weiss“ belassen, da dort die Rutschdisposition als sehr gering eingeschätzt wurde (viele Felsaufschlüsse, dazwischen schmale, mutmasslich dünne Lockermaterialauflage, keine Ereignisse bekannt, keine Rutschphänomene vorhanden, kleines Wassereinzugsgebiet, durch Häuser „versiegelte“ Oberfläche).

Sekundärsturz (Remobilisierung von Blöcken durch Rutschprozesse) wurde in der Prozess-GK Sturz abgebildet. In der Prozess-GK Sturz 2004 (und somit auch in der synoptischen GK 2004) lagen die oberen Bereiche der Sied-

lungsgebiete Laugneri und Horlauri aufgrund von starken Intensitäten von Grossblockschlag bei WP 100-300 im „roten Gefahrenbereich“.

Vorstudie Objektschutz Laugneri 2004

Auf der Grundlage der Gefahrenanalyse 2004 wurde eine Vorstudie „Schutzmassnahmen Laugneri / Horlauri“ erarbeitet. Im Jahre 2006 sollte im Hang oberhalb der Wohnhäuser Laugneri ein 350 m langes Schutznetz zum Schutz vor Sturzprozessen und „kleinen“ Hangmuren erstellt werden. Im Nachhinein betrachtet war es ein „Glücksfall“, dass dieses teure Schutzbauwerk nicht schon früher erstellt wurde, weil es bei den 2005 aufgetretenen, unerwartet intensiven Hangprozessen wohl massiv überlastet worden wäre.

Augustunwetter 2005

Vom 19.-22. August fielen in Weggis 330 mm Niederschlag; die maximale 24h-Regenmenge betrug 205 mm. An der Rigi-Südseite ereigneten sich dutzende SR und HM, sowie zahlreiche Sekundärblockstürze. In der näheren Umgebung von Laugneri entstanden mehrere SR und HM mit Intensitäten und Wirkungsbereichen, so wie sie in der Gefahrenanalyse 2004 abgeschätzt wurden, und wo sich die „gelbe Gefahrenstufe“ für dieses sehr seltene Ereignis als zutreffend erwies.

Laugneri

Im hydrologischen Einzugsgebiet von Laugneri bildeten sich infolge anthropogener Geländeänderungen und ungenügender Strassenentwässerungen unerwartet starke Oberflächenwasserabflüsse, die mitten durch das Gebiet Laugneri flossen. Gleichzeitig traten in Laugneri nie vorher gesehene, ergiebige Quellaustritte aus Felsklüften auf. Aufgrund eindeutiger Anzeichen von sich anbahnenden Sekundärblockschlägen wurden drei Wohnhäuser vorsorglich evakuiert.



Abb. 2: Oberflächenwasserabfluss am 22. August 2005 im Gebiet Laugneri. Das Haus rechts wurde wenige Stunden nach dieser Aufnahme durch eine mehrere Tausend m³ grosse Rutschmasse eingedrückt (Foto: K. Louis).

Wenige Stunden später kam es anstatt der innerhalb der 300-jährlichen Betrachtungsperiode erwarteten SR, HM und Sekundärblockschläge jedoch zu einem translatorischen, flach- bis mittelgründigen Abrutschen der Lockergesteinsdecke auf der hangparallel geneigten Felsoberfläche mit einer gesamthaften Rutschfläche von über 10'000 m² und einer Rutschkubatur von ca. 15'000 m³. Mit den Rutschmassen wurden auch Dutzende grosse Blöcke (Grössenspektrum mehrere m³ bis über 100 m³) verfrachtet. Die drei evakuierten Wohnhäuser wurden von den Rutschmassen eingedrückt; ein Haus wurde durch den Impact eines ca. 25 m³ grossen Sekundär-Sturzblockes regelrecht vom Sockel gestossen. Der tatsächlich stattgefundenen Prozess wurde in der wenige Monate zuvor abgeschlossenen Gefahrenbeurteilung als ein Restgefährdungsszenario beurteilt („wenn der ganze Hang auf einmal kommt“). Die betroffenen Flächen und Kubaturen waren rund 50-mal grösser als sie für ein 300-jährliches Ereignis erwartet wurden. Die Art des aufgetretenen Massenbewegungsprozesses ist am treffendsten als „Debris Slide“ zu bezeichnen (keine typische SR, HM, Sekundärsturz).

Obschon es sich um ganz verschiedene Prozesse handelte, stimmte die Farbverteilung auf der synoptischen GK 2004 „zufälligerweise“ dennoch recht gut mit der 2005 entstandenen Situation überein: zwei der drei zerstörten Häuser lagen teilweise im roten Gefahrenbereich; das dritte zerstörte Haus stand im blauen Gefahrenbereich, nahe unterhalb des roten Gefahrenbereiches.

Bei der Ereignisanalyse der Unwetterschäden zeigte sich, dass folgende anthropogene Faktoren die Rutschauslösung begünstigten:

- Anthropogen beeinflusste Oberflächenwasserabflüsse.
- Die drei zerstörten, 30-40 Jahre alten Wohnhäuser standen jeweils direkt unterhalb von ~2 m hohen, ungesicherten Hanganschnitten (ehemalige Baugrubenböschungen). Beim Ereignis 2005 rutschten diese künstlich angeschnittenen Bereiche der Lockermaterialdecke am weitesten ab.
- In den betroffenen Grundstücken rutschten auch mehrere Hundert m³ grosse künstliche Auffüllungen mit ab, welche seinerzeit für Terraingestaltungen aufgeschüttet wurden.

Horlauri

Im Gebiet Horlauri traten weder Rutsch- noch Sturzprozesse auf. Die Ausscheidung des weissen Gefahrenbereiches in der Prozess-GK Rutsch 2004 traf für dieses Ereignis zu.

Überarbeitung GK 2008: nach Unwetter 2005 / Schutzmassnahmen 2007

Laugneri

Bei den Aufräumarbeiten wurde die abgerutschte Lockergesteinsdecke vollständig bis zum gewachsenen Fels abgetragen. Dabei bestätigte sich, dass die Lockergesteinsmächtigkeit grossteils effektiv weniger als 2 m mächtig war. Allerdings stellte sich auch heraus, dass das Felsoberflächenrelief leicht gewellt ist und dass die Mächtigkeit der abgerutschten Lockergesteinsüberdeckung (inkl. künstliche Aufschüttungen) im mittleren und östlichen Bereich wider Erwarten lokal bis zu 5 m betrug.

Zum Schutz des Siedlungsgebietes Laugneri wurde ein Schutzdamm projektiert. Für die geotechnische Baugrunderkundung wurden 7 Rotationskernbohrungen abgeteuf und mit Inklinometern ausgerüstet. Mittels Markierversuch wurde festgestellt, dass die Felsquellen im abgerutschten Bereich in hydraulischer Verbindung mit dem mehrere Hundert Meter entfernten Chienbach stehen.

Bei den vertieften geologischen Abklärungen und Recherchen wurden wertvolle neue geologische und hydrogeologische Informationen sowie Angaben zu historischen und prähistorischen Rutschereignissen gewonnen. Es stellte sich heraus, dass die 2 Jahre zuvor von Grundstückbesitzern gemachten Angaben zum Teil unvollständig oder auch unrichtig waren.

Mit den neuen Erkenntnissen wurden die Szenarien folgendermassen modifiziert:

- WP 1-30:
SR, HM, Mächtigkeit < 2 m, <100 m³



Abb.3: Im Westteil von Laugneri: nach dem Abtrag der Rutschmassen vom August 2005 zeigte sich, dass die Lockergesteinsmächtigkeit in diesem Bereich erwartungsgemäss weniger als 2 m mächtig war (Foto: K. Louis).

- WP 30-100:
SR, HM, Mächtigkeit < 2 m, bis 1'000 m³
- WP 100-300:
SR, HM, Mächtigkeit > 2 m, bis 5'000 m³
- Restgefährdung:
SR, HM, Mächtigkeit > 2 m, mehrere Zehntausend m³

Die Wirkungsanalyse basierte nun auf der Systematik der AGN [1]. Aufgrund der erwarteten Fliess-/Ablagerungshöhe der Hangmuren >1 m wurde die Intensität von Hangmurenprozessen als „stark“ beurteilt (resultierend Gefahrenstufe „rot“).

Der westliche Teil des Schutzdammes Laugneri wurde 2006/2007 gebaut. Das von Gemeinde, Kanton und Bund favorisierte Schutzprojekt Laugneri Ost wurde jedoch bei der Abstimmung 2009 vom Souverän verworfen und konnte nicht gebaut werden.

Horlauri

Hier wurden keine geologischen Sondierungen durchgeführt; bei einer vertieften historischen Recherche stellte sich aber heraus, dass sich der Flurname „Horlauri“ von „Hor“ und „Lauri“

ableitet, was im Rigigebiet „SchlammLawine“ oder „Steinlawine“ bedeutet. Im Sinne eines Analogieschlusses wurden die neuen Rutschszenarien aus dem Gebiet Laugneri für das Gebiet Horlauri übernommen, so dass folglich im Gebiet Horlauri für Rutschprozesse neu ebenfalls der rote Gefahrenbereich resultierte. 2007 erarbeitete die AGN eine fachliche Zweitmeinung, in der die getroffenen Szenarienbildungen und Gefahrenausscheidungen grundsätzlich anerkannt wurden.

Vorstudie Schutzmassnahmen 2013/2014

Gemäss Masterplan Naturgefahren Weggis sind in den nächsten Jahren verschiedene Schutzmassnahmen geplant. Die einzelnen Schutzprojekte sollen Ende 2014 zur Abstimmung vorgelegt werden.

Laugneri

Der 2007 erstellte Schutzdamm Laugneri I soll, so weit als topographisch / geotechnisch möglich, nach Osten verlängert werden, um auch die östlichen Wohnhäuser von Laugneri

zu schützen.

Horlauri

Zum Schutz der Liegenschaften gegen intensive Sturz- und Hangmurenprozesse wurden 5 Massnahmenvarianten (Kombinationen aus Überwachung, Felssicherung, Felsabtrag, Schutznetzen, Aussiedlung) ausgearbeitet. Gemäss EconoMe-Berechnungen sind 4 der 5 Schutzmassnahmen nicht kostenwirksam. Die grösste Risikoreduktion würde mit der Variante „minimale Felssicherung + Überwachung, Aussiedlung + Entschädigung der Grundstückbesitzer, Rückbau der Gebäude“ erzielt.

Überprüfung Szenarien Wirkungsanalyse 2014

Die betroffenen Anwohner von Horlauri wurden vom Gemeinderat über dieses ernüchternde Ergebnis (Aussiedlung und Entschädigung) und die einschneidenden persönlichen Konsequenzen direkt orientiert. Das grosse Gefahrenpotential von Sturzprozessen wurde seitens der Anwohner nicht angezweifelt. Jedoch wurde hinsichtlich der Prozess-GK Rutsch moniert, dass die Bestimmung der rutschfähigen Lockergesteinsmächtigkeit im Gebiet Horlauri nicht auf konkrete Sondierbefunde basiere.

Aufgrund der erheblichen emotionalen, finanziellen (und absehbar juristischen) Tragweite wurde für das Gebiet Horlauri eine vertiefte Gefahrenprozessanalyse, inkl. einer geologischen Erkundung zur Ermittlung der Lockergesteinsmächtigkeit (5 Sondierbohrungen, kombiniert mit seismischen Untersuchungen (Hybridseismik), in Auftrag gegeben.

Aktueller Stand der Erkenntnisse (Mitte Februar 2014): im östlichen Bereich von Horlauri (wo die Wohnhäuser stehen) liegt ein ausgeprägtes treppenförmiges Oberflächenrelief vor. Zwischen den senkrechten Nagelfluhbändern befinden sich weniger steile Hangflanken, unter denen Schlammsteine („Mergel“) anstehen, deren Verwitterungszone mehrere Meter

in den Fels hinein reicht. Die effektive Lockergesteinsauflage ist weniger als 1 m mächtig. Im Gebiet Horlauri können daher nun zwei Gefahrenquellen für Rutschprozesse differenziert ausgeschieden werden:

- A) Östlicher Bereich: Felsbänder/Felshochlage mit sehr geringmächtiger (wenige dm bis 1 m) rutschfähiger Lockergesteinsauflage im Bereich der Wohnhäuser.
- B) Westlicher Bereich: Hangflanken mit flachgründiger (<2 m) Lockergesteinsdecke und mit vorwiegend hangparallel geneigter Mergeloberfläche im Untergrund.

Anhand dieser neuen Erkenntnisse drängt sich wohl eine Neubeurteilung der Rutschszenarien des Gebiets Horlauri auf.

Schlussfolgerungen

Für das Gebiet Horlauri wurden in den letzten 10 Jahren drei unterschiedliche massgebliche Szenarien für Hangmurgangprozesse festgelegt, dies jedes Mal aufgrund von einleuchtenden und stichhaltigen Argumenten.

Trotz detaillierter Untersuchungen, guter Kenntnis des Gebiets und deren geologischen Gegebenheiten bleibt die Einschätzung von Rutschprozessen in Raum und Zeit von zahlreichen, unabwägbaren Einflussfaktoren

abhängig und in vielen Fällen schwierig zu quantifizieren.

Bei Gefahrenbeurteilungen von zweifelhaften oder uneindeutigen Gebieten (insbesondere solche mit hohem Gefahrenpotential und/oder absehbar erheblichen Konsequenzen) sind nach Ansicht des Schreibenden unbedingt Sondierungen/geophysikalische Untersuchungen auszuführen, um die Szenarienbildung auf objektive, quantifizierbare und nachvollziehbare Beurteilungsgrundlagen abzustützen. Und auch diese gewonnenen Erkenntnisse können nur Abschätzungen über Geometrie und Kubaturen potentieller Rutschmassen ergeben, liefern jedoch keinerlei Anhaltspunkte über die Häufigkeiten, bzw. Eintretenswahrscheinlichkeiten entsprechender Massenbewegungsprozesse.

Oberflächenwasserabflüsse können für die Auslösung von spontanen Rutschprozessen und für die Ausbreitung von Hangmuren eine entscheidende Rolle spielen. Anthropogene Terrainveränderungen haben hierbei oft einen erheblichen Einfluss. In überbauten Gebieten können ungenügend gesicherte Böschungen und Terrainaufschüttungen die Auslösung und die Ausbreitung von Rutschprozessen begünstigen.

Bei der Erstellung von neuen, resp. der Überarbeitung von bestehenden Gefahrenkarten „Rutschprozesse“ ist eine weiter verbesserte Vorgehensmethodik sehr zu empfehlen. Eine Unterscheidung in brutale (HM) und graduelle (SR) Prozesse sowie die unterschiedliche Zuordnung der „halbierten Matrixfelder“ sind nach Ansicht des Schreibenden nicht zweckdienlich (eine Spontanrutschung ist kein „gradueller“, sondern ein spontaner Prozess, der ebenfalls sehr „brutal“ sein kann).

Literatur

- [1] AGN; Bollinger, D., Keusen, H. R., Rovina, H., Wildberger, A. und Wyss, R. (Entwurf vom 24. März 2004): Gefahreinstufung Rutschungen i. w. S. – Permanente Rutschungen, spontane Rutschungen und Hangmuren.
- [2] BRP, BWW, BUWAL (Empfehlungen 1997): Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten.

Frequenz und Magnitude bei Murgängen - Szenarienanalyse

Margreth Keiler (Geographisches Institut der Universität Bern, Bern, margreth.keiler@giub.unibe.ch)
Sven Fuchs (Institut für Alpine Naturgefahren, Universität Bodenkultur, Wien, sven.fuchs@boku.ac.at)

Abstract

Frequenz-Magnitude-Beziehungen sind wesentliche Bestandteile in der Gefahrenbeurteilung geomorphologischer und hydrologischer Prozesse. Aufgrund des häufig nur episodischen Auftretens von Massenbewegungen ist die Ableitung dieser Parameter aus vergangenen Ereignissen stark limitiert. Veränderungen des Prozessverhaltens, beeinflusst durch den aktuellen Umweltwandel, stellen eine zusätzliche Herausforderung bei der Einschätzung von Frequenz und Magnitude in Wildbacheinzugsgebieten dar. Im Folgenden werden die Limitierungen der Analyse von Frequenz und Magnitude, sowie von Frequenz-Magnitude-Beziehungen, für Wildbacheinzugsgebiete aufgezeigt und ein alternativer ergänzender Ansatz – die Formative Szenarioanalyse – vorgestellt.

In den letzten Dekaden wurden grosse Fortschritte in der Entwicklung und Verbesserung von Methoden zur Gefahren- und Risikobeurteilung für Wildbachprozesse, sowie deren flächendeckende Umsetzung in der Praxis, erzielt. Trotz dieser Fortschritte und der Verwendung von innovativen Analyseverfahren sowie Modellierungen bleiben Unsicherheiten in der Abschätzung von individuellen Murgängen oder anderen Wildbachprozessen bestehen (Zimmermann 2013), insbesondere wenn sich verändernde Umweltbedingungen (Keiler et al. 2010), wirtschaftliche und gesellschaftliche Veränderungen (Keiler et al. 2006, Fuchs et al. 2008) und unterschiedliche Ansprüche an das Risikomanagement (Hübl et al. 2009) berücksichtigt werden. Die beiden Parameter Frequenz und Magnitude, meist synonym verwendet als Wahrscheinlichkeit (Wiederkehrperiode) und Intensität, erlauben die Beschrei-

bung des Grades der Gefährdung und ergeben mittels einer Matrix die Gefahrenstufen in der Schweiz. Weitgehend fehlen Langzeitbeobachtungen und Daten, um robuste Frequenz-Magnitude-Beziehungen für individuelle Wildbacheinzugsgebiete zu erstellen. Zusätzlich zeigen regionale Studien eine hohe Variabilität auf und erschweren somit eine Übertragung von Ergebnissen eines Einzugsgebietes auf benachbarte Einzugsgebiete. Diese Unsicherheiten in der Abschätzung der Frequenz-Magnitude-Beziehung stellen bei der Erstellung der Gefahrenkarten eine grosse Herausforderung für die Praxis dar und addieren sich oft in der Risikobeurteilung (Jakob 2013).

Limitierungen der Analyse von Frequenz und Magnitude

Die Analyse vergangener Wildbachereignisse wird durch lückenhafte Dokumentation, unterschiedliche Anwendungsmöglichkeiten der Methoden oder aufgrund ökonomischer Rahmenbedingungen eingeschränkt. Wesentliche Einschränkungen für die Frequenzanalyse, wie sie in der Hydrologie angewandt wird, ergeben sich aus den Anforderungen an die Datengrundlagen für statistische Analysen (Unabhängigkeit zwischen den Ereignissen, Homogenität, kontinuierliche Messungen), die in Wildbacheinzugsgebieten in der Regel nicht erfüllt sind. Meist wird hierbei auf die Berechnung der Wiederkehrperiode ausgewichen unter der Annahme, dass die Unsicherheiten bei der Bestimmung der Magnitude der Ereignisse noch grösser sind als bei der Anzahl der Ereignisse im Beobachtungszeitraum (Jakob 2013). Die beschriebene rückwärtsgerichtete Indikation berücksichtigt kaum mögliche Änderungen im gewählten Betrachtungszeitraum des Wildbachsystems, wie beispielsweise na-

türliche (Klimawandel, Waldbrände) oder anthropogene Veränderungen (Abholzung, Strassenbau, Verbauungen). Diese Veränderungen schränken aufgrund der unterschiedlichen Ausgangsbedingungen aussagekräftige statistische Analysen ein. Aus diesem Grund wird die Frequenz von Wildbachprozessen meist unter der Verwendung von Proxy-Daten (Niederschlag/Abfluss), und somit von einer einzelnen Auslösebedingung, abgeleitet oder es sind nur qualitative Beschreibungen möglich. Methoden zur Erfassung der Magnitude für unterschiedlicher Ereignisse können wie folgt klassifiziert werden: a) Einzugsgebietsparameter, b) geomorphologische Kartierung und Abschätzung der Geschiebeverfügbarkeit im Gerinne, c) Abschätzung der Feststoffraten und d) detaillierte Untersuchungen der Wildbachkegel (Jakob 2005). Auch hier bestehen grosse Einschränkungen hinsichtlich der Datenverfügbarkeit (Erfassung der unterschiedlichen Bandbreiten möglicher Magnituden) und der hohen Unsicherheiten, die aufgrund von Überschreitungen von Schwellenwerten zu nicht-linearen Effekten führen können. Um Frequenz-Magnitude-Beziehungen für individuelle Wildbacheinzugsgebiete im Rahmen einer Gefahren- und Risikobeurteilung ableiten zu können, müssen qualitativ hochwertige Grundlagendaten für die Ermittlung beider Faktoren vorhanden sein. Dies trifft in den wenigsten Fälle zu, darüber hinaus ist die Frequenz-Magnitude-Beziehung aufgrund von Umweltwandel, Sedimentverfügbarkeit, Veränderungen im Einzugsgebiet (Waldbrände, Aufforstung, Verdichtung des Bodens, grosse Massenbewegungen) oder unterschiedlichen Auslösemechanismen (Jakob 2013) hoch variabel. Entsprechend dieser Ausführungen ist eine Abschätzung von Frequenz-Magnitude-

Beziehungen nur basierend auf vergangenen Ereignissen mit grossen Unsicherheiten für eine Abschätzung zukünftiger Ereignisse belegt. Die Anwendung alternativer Techniken und ergänzender Methoden, die eine nachvollziehbare Szenarientwicklung erlauben, sind für die Gefahren- und Risikobeurteilung deshalb von grosser Bedeutung.

Formative Szenarioanalyse

Szenarioanalysen werden seit den 1970er Jahren verstärkt im Bereich des Managements, der Wirtschaft und umweltbezogener Entscheidungsverfahren eingesetzt, wo aufgrund der komplexen Zusammenhänge deterministische Modellierungen an ihre Grenzen

stossen (Scholz & Tietje 2002). Szenarien enthalten drei zentrale Punkte: Sie repräsentieren a) mögliche b) zukünftige Zustände und Entwicklungen von c) komplexen Systemen. Sie haben daher einen hypothetischen Charakter und zeigen unterschiedliche Alternativen auf. Das Ergebnis einer Szenarioanalyse ist eine Repräsentation von verschiedenen möglichen Entwicklungen unter Unsicherheit, und sind keine eindeutigen Prognosen (Scholz & Tietje 2002). Das Vorgehen bei einer Formativen Szenarioanalyse ermöglicht die Definition und Strukturierung von Einflussfaktoren, von Annahmen über das System, den Unsicherheiten und der Dynamik unter Einbeziehung verschiedener Wissensquellen (Ereignisdo-

kumentation, Kartierung, Modellierung, Experten aus unterschiedlichen Bereichen der Wissenschaft, Praxis, Lokalwissen ...). Aus der Kombination dieser Einflussfaktoren werden durch eine quantitative Analyse, welche eine fachliche Bewertung der Möglichkeit und Konsistenz aller Kombinationen beinhaltet, stimmige Szenarien erstellt. Um eine weitere Auswahl bei einer grossen Anzahl möglicher konsistenter Szenarien zu erhalten, wurden mathematische Auswahlverfahren entwickelt (vgl. Tietje 2005). Mittels klarer Beschreibung der Annahmen, Einflussfaktoren und Analyse-kriterien sowie -verfahren wird die Szenari-bildung somit nachvollziehbar und reproduzierbar. Die Formative Szenarioanalyse erlaubt

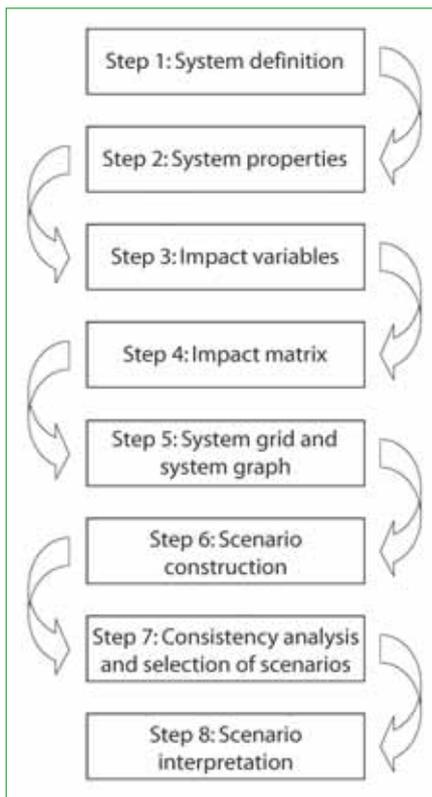
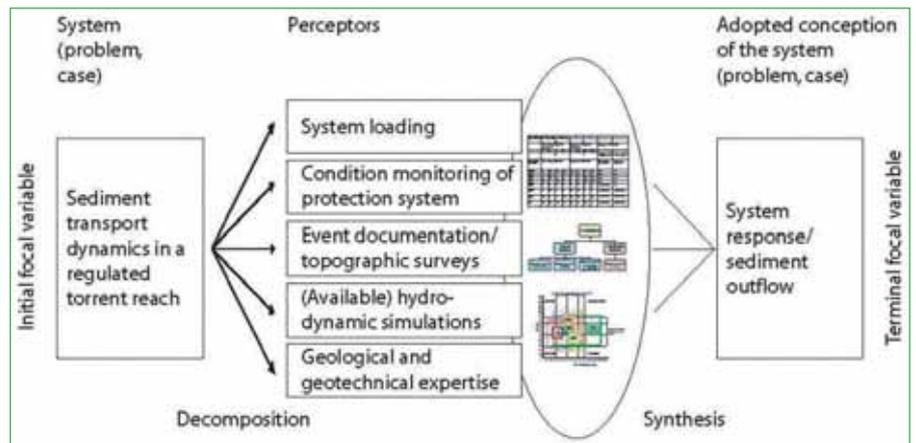


Abb.1: Mehrstufiges Verfahren der Formativen Szenarioanalyse (verändert nach Mazzorana et al. 2009).



Impact variable	Short description		Impact levels defined
SLIT	Incoming solid transport and liquid discharge	a_1^1	Hypo-concentrated sediment transport – SLIT.HYPO
		a_1^2	Average sediment transport – SLIT.ORD
		a_1^3	Debris flow – SLIT.DF
ED	Erosion/deposition behaviour	a_2^1	Erosion propensity – ED↓
		a_2^2	Equilibrium propensity – ED→
		a_2^3	Deposition propensity – ED↑
PSR	Protection system reliability	a_3^1	Failures likely – FL
		a_3^2	Failures unlikely – FU
SSA	Sediment availability in the system	a_4^1	Availability high – SSA.H
		a_4^2	Availability low – SSA.L
VSO	Variation of solid outflow (sedimentogram)	a_5^1	Positive variation – VSO↑
		a_5^2	No variation – VSO→
		a_5^3	Negative variation – VSO↓

Abb.2: Auswahl der möglichen Einflussfaktoren. Oben: Schema für Ablauf der Fallstudie und berücksichtigte Hauptkomponenten. Unten: Definition von Schlüsselvariablen und von zusätzliche Ausprägungen des Einflusses (Ebenen) dieser Schlüsselvariablen (nach Mazzorana et al. 2009).

	SLIT	ED	PSR	SSA	VSO	Activity	Impact strength	Mean activity	5
SLIT	0	2	1	1	2	6	6.00		
ED	1	0	1	2	2	6	0.86		
PSR	0	1	0	1	2	4	1.00		
SSA	0	2	1	0	2	5	1.00		
VSO	0	2	1	1	0	4	0.50		
Passivity	1	7	4	5	8				
Involvement	6	42	16	25	32				
Mean passivity	5								

Abb. 3: Einflussmatrix der Fallstudie. Abkürzung entsprechend Abb. 2b. Bewertung: 0 = kein oder nur geringer Einfluss; 1 = mittlerer Einfluss; 2 = hoher Einfluss (nach Mazzorana et al. 2009).

aufgrund der vielfältigen Kombinationen der Einflussfaktoren auf bisher nicht beobachtete oder erkannte – jedoch in Zukunft mögliche – Systemzustände und Dynamiken aufmerksam zu werden, und diese im Management zu berücksichtigen.

Formative Szenarioanalyse in der Gefahren- und Risikobeurteilung

Wildbachprozesse, sowie im Allgemeinen geomorphologische und hydrologische Prozesse, können als komplexe Systeme angesehen werden (vgl. Keiler 2011). Sie sind durch eine Vielzahl von Interaktionen, Koppelungen (z. B. Hang-Gerinne), und Schwellenwerten gekennzeichnet, die bei einer Überschreitung zu einem veränderten Prozessverhalten führen können. Das Prozessverhalten wird neben internen Abläufen durch sich verändernde Umweltbedingungen und Eingriffe des Menschen (Verbauungen, Infrastruktur) beeinflusst. Diese vielfältigen Kombinationen und Veränderungen erschweren das Abschätzen zukünftiger Systemzustände und somit quantitative Risikoanalysen.

In einer Pilotstudie wurde die Anwendbarkeit der Formativen Szenarioanalyse im Rahmen einer Gefahren- und Risikobeurteilung getestet und das Verfahren weiterentwickelt (Mazzorana et al. 2009; 2012a, b). Am Beispiel des möglichen Ausmaßes von Feststoffverlagerungen in verbauten Gerinneabschnitten wird

die Anwendungsmöglichkeit einer Formativen Szenarioanalyse im Folgenden aufgezeigt.

Die Bildung von Szenarien ist in ein mehrstufiges Verfahren (Abb. 1.; vgl. Scholz & Tietje 2002) unterteilt und die Schritte 1-4 sowie 7-8 werden in einem Experten-Team (unter Abdeckung der unterschiedlichen notwendigen Expertisen aus Wissenschaft und Praxis) gemeinsam durchgeführt. In dem ersten Schritt definieren und beschreiben die Experten das betrachtete System entsprechend der Fragestellung und identifizieren die wesentlichen Schlüsselvariablen (impact variables), welche den aktuellen Systemzustand und die zukünftige Entwicklung beeinflussen. Dieser

Prozess kann in mehreren iterativen Workshops erfolgen unter Einbeziehung qualitativer und quantitativer Wissensquellen. Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse hinsichtlich der Fragestellung des möglichen Feststofftransports in einem verbauten Wildbach (Schritt 1-3), wobei unterschiedliche Daten, Modellierungen oder auch Grundlagen aus bestehenden Ansätzen wie SedEx (Frick et al. 2011) oder ETAlp (ETAlp 2003) berücksichtigt wurden. Im nächsten Schritt (4) wird der gegenseitige direkte Einfluss jeder Schlüsselvariablen auf eine andere Variable durch die Experten eingestuft (0 = kein oder nur geringer Einfluss; 1 = mittlerer Einfluss; 2 = hoher Einfluss) und das Ergebnis mittels Einflussmatrix strukturiert (Abb. 3). Die Einflussmatrix ermöglicht es, quantitative Unterschiede zwischen den Schlüsselvariablen aufzuzeigen. Dies sind:

- Aktivität stellt die Effektivität des Einflusses einer Variablen auf eine andere Variable dar (= Summe der Zeilen).
- Passivität (Sensitivität) beschreibt die Abhängigkeit einer Variablen von einer anderen Variablen (= Summe der Spalte).
- Einflussstärke (impact strength) ist der durchschnittliche Einfluss einer Variablen

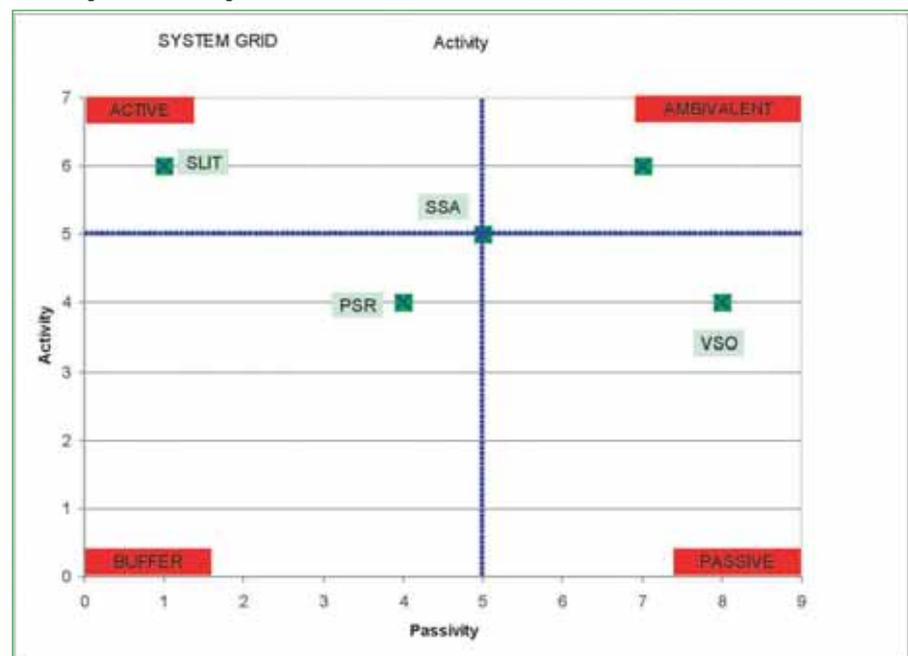


Abb. 4: System Grid und Einordnung der Schlüsselvariablen (nach Mazzorana et al. 2009).

		SLIT		ED				
Impact variable	Impact levels defined							
		Hypo-concentrated sediment transport – SLIT.HYPO Average sediment transport – SLIT.ORD Debris flow – SLIT.DF Erosion propensity – ED↓ Equilibrium propensity – ED→ Deposition propensity – ED↑						
ED	a_1^1	Erosion propensity – ED↓	0	1	3			
	a_2^2	Equilibrium propensity – ED→	1	1	1			
	a_3^3	Deposition propensity – ED↑	3	1	0			
PSR	a_4^1	Failures likely – FL	0	1	3	3	0	1
	a_5^2	Failures unlikely – FU	3	1	0	0	1	3

Abb. 5: Auszug der Konsistenzzuweisung zwischen Ausprägungen des Einflusses (Ebenen) der Schlüsselvariablen. Bewertung der logischen Konsistenz: 3 = vollständige Konsistenz; 1 = teilweise oder schwache Inkonsistenz; 0 = Inkonsistenz (nach Mazzorana et al. 2009).

auf die gesamte Fallstudie (= Aktivität der Variable/Passivität der Variable).

- Einbindung (involvement) zeigt auf, wie stark eine bestimmte Variable im System verbunden ist (= Aktivität der Variable x Passivität der Variable).

Die graphische Darstellung (system grid, Schritt 5) mit den relativen Verhältnissen zur durchschnittlichen Aktivität und Passivität im System (blaue Linien in Abb. 4) unterstützt das Expertenteam in der Überprüfung, ob alle wesentlichen Schlüsselvariablen integriert sind oder eine weitere Reduktion der Schlüsselvariablen möglich ist. Abbildung 4 zeigt, dass der Eintrag von Sediment und Wasser (SLIT) eine aktive Rolle spielt, Verbauungen (PSR) fungieren als Puffer und das Verhältnis von Erosion und Akkumulation (ED) weist ein ambivalentes Verhalten auf. Für den nächsten Schritt (6) wurden vom Expertenteam zusätzliche Ausprägungen des Einflusses (Ebenen) der Schlüsselvariablen definiert (vgl. Abb. 2b). Ein Szenario wird als Vektor durch eine Kombination von bestimmten Ebenen aller Schlüssel-

variablen dargestellt. Entsprechend der Anzahl der Schlüsselvariablen und der definierten Ebenen ergibt sich eine hohe Anzahl von Szenarien, welche durch Schritt 5 oder durch mathematische Verfahren (vgl. Tietje 2005) verringert werden kann. In der Konsistenzzuweisung werden durch die Experten die unterschiedlichen Kombinationen der jeweiligen definierten Ebenen der Schlüsselvariablen nach ihrer logischen Konsistenz

bewertet (3 = vollständige Konsistenz; 1 = teilweise oder schwache Inkonsistenz; 0 = Inkonsistenz; vgl. Abb. 5). Unterschiedliche Ergebnisse dieser Konsistenzmatrizen in Abhängigkeit der Zusammensetzung der Experten-Teams erlauben Rückschlüsse auf Interpretationsspielräume oder unterschiedliche Einschätzungen zukünftiger Entwicklungen, und stellen ein wertvolles Ergebnis dar. In weiterer Folge werden inkonsistente Kom-

binationen von der Szenarienbildung ausgeschlossen. Anschliessend (Schritt 7) können mögliche Szenarien aufgrund eines hohen additiven Konsistenzwertes bestehend aus den noch verbleibenden möglichen Kombination der Schlüsselvariablen mit den jeweiligen Ebenen ausgewählt werden (siehe Abb. 6, hervorgehobene Werte). Das Szenario 1 (Wert 20; VSO, PSR.FL, SSA.H, ED, SLIT.DF) beschreibt, dass eine hohe Variabilität des Feststoffaustrags konsistent ist mit einer hohen Versagenswahrscheinlichkeit des Schutzbauwerkes, grosser Sedimentverfügbarkeit, hoher Erosionsanfälligkeit und dem Auftreten von Murgängen. Das Verfahren der Formativen Szenarioanalyse endet mit dem anspruchsvollen Schritt (8) der Szenarieninterpretation, der die Grundlage für weitere Schritte in der Gefahren- und Risikobeurteilung, sowie im Risikomanagement beinhaltet.

Frequenz-Magnitude-Beziehungen liefern eine wichtige Information für die Gefahren- und Risikobeurteilung vergangener Ereignisse. Formative Szenarioanalysen unterstützen demgegenüber das Berücksichtigen unerwarteter und dynamischer Systemzustände, und können insbesondere für die Abschätzung des zukünftigen Systemverhaltens herangezogen werden. Sie ermöglichen eine Fokussierung

Erosion/deposition behaviour – ED	ED ↓ ED ↓ ED ↓ ED → ED → ED → ED ↑ ED ↑ ED ↑									Variation of solid outflow – VSO	Protection system reliability – PSR	Sediment availability in the system – SSA
	SLIT.HYPO	SLIT.ORD	SLIT.DF	SLIT.HYPO	SLIT.ORD	SLIT.DF	SLIT.HYPO	SLIT.ORD	SLIT.DF			
1	13	15	20	10	11	14	14	13	15	VSO ↑	FL	SSA.H
2	4	8	11	4	5	8	8	7	9	VSO →	FL	SSA.H
3	4	6	11	4	5	8	11	10	12	VSO ↓	FL	SSA.H
4	13	14	18	7	7	9	8	6	7	VSO ↑	FL	SSA.L
5	7	8	12	4	4	6	5	3	4	VSO →	FL	SSA.L
6	10	11	15	7	7	9	11	9	10	VSO ↓	FL	SSA.L
7	9	8	10	10	8	8	15	11	10	VSO ↑	FU	SSA.H
8	3	2	4	7	5	5	12	8	7	VSO →	FU	SSA.H
9	6	5	7	10	8	8	15	14	13	VSO ↓	FU	SSA.H
10	11	9	10	9	6	5	10	6	4	VSO ↑	FU	SSA.L
11	8	6	7	9	6	5	10	6	4	VSO →	FU	SSA.L
12	14	12	13	15	12	11	20	15	13	VSO ↓	FU	SSA.L

Abb. 6: Set aller möglichen Szenarien und Auswahl der jener Szenarien mit der höher Konsistenz (Herzvorhebung)(nach Mazzorana et al. 2009).

auf Wechselwirkungen und Kaskadeneffekte in Wildbacheinzugsgebieten und im Gerinne; und erlauben die Integration von sich verändernden Rahmenbedingungen. Darüber hinaus kann nachvollziehbar die Entwicklung von kohärenten Szenarien für Einzelgefahren sowie von Multi-Gefahren und den dadurch induzierten Risiken abgeleitet werden. Ein grosser Vorteil ist die Integration von verschiedenen qualitativen und quantitativen Wissensquellen (Daten, Modelle, Expertenwissen, ...), die es erlaubt, robuste Gefahren- und Risiko-beurteilungen zu erstellen und entsprechende Managementstrategien abzuleiten.

Literatur

ETAlp (2003): ETAlp – Erosion, Transport in Alpinen Systemen „Gesamtheitliche Erfassung und Bewertung von Erosions- und Transportvorgängen in Wildbacheinzugsgebieten“. ETAlp-Handbücher und Kompendien. BM-LFUW.

Frick, E.; Kienholz, H. & H. Romang (2011): SEDEX – Anwenderhandbuch. Geographica Bernensia P42. Geographisches Institut der Universität Bern, Bern.

Fuchs, S.; Keiler, M. & A. Zischg (2008): Multi-temporale skalenabhängige Schadenpotenzialanalyse. Wildbach- und Lawinenverbau 158: 146-156.

Hübl, J.; Keiler, M. & S. Fuchs (2009): Risikomanagement für alpine Naturgefahren. Wildbach- und Lawinenverbau 163: 60-74

Jakob, M. (2005): Debris-flow hazard analysis. In: Jakob, M. & O. Hunger (Eds.): Debris-flow Hazards and Related Phenomena. Heidelberg. Springer: 411-444.

Jakob, M. (2013): Events on Fans and Cones: Recurrence Interval and Magnitude. In: Schneuwly-Bollschweiler, M.; Stoffel, M.; & Rudolf-Miklau, F. (Eds.): Dating Torrential Processes on Fans and Cones - Methods and Their Application for Hazard and Risk Assessment. Heidelberg. Springer: 95-108.

Keiler, M. (2011): Geomorphology and complexity – inseparably connected?. Zeitschrift für Geomorphologie 55, Suppl. 3: 235-259

Keiler, M., Knight, J. & Harrison, S. (2010): Climate change and geomorphological hazards in the Eastern European Alps. Philosophical Transactions of the Royal Society A 368: 2461-2479.

Keiler, M.; Sailer, R.; Jörg, P.; Weber, C.; Fuchs, S.; Zischg, A. & S. Sauer Moser (2006): Avalanche risk assessment – a multi-temporal approach, results from Galtür, Austria. Natural Hazards and Earth System Sciences 6 (4): 637-651.

Mazzorana, B.; Comiti, F.; Scherer, C. & S. Fuchs (2012a): Developing consistent scenarios to assess flood hazards in mountain streams. Journal of Environmental Management 94 (1): 112-124.

Mazzorana, B.; Hübl, J. & S. Fuchs (2009): Improving risk assessment by defining consistent and reliable system scenarios. Natural Hazards and Earth System Sciences 9 (1): 145-159.

Mazzorana, B.; Levaggi, L.; Keiler, M. & S. Fuchs (2012b): Towards dynamics in flood risk assessment. Natural Hazards and Earth System Sciences 12: 3571-3587.

Scholz, R. & O. Tietje (2002): Formative scenario analysis. In: Scholz, R. & O. Tietje (Eds.): Embedded case study methods. Thousand Oaks. Sage: 79-116.

Tietje, O. (2005): Identification of a small reliable and efficient set of consistent scenarios. European Journal Operational Research 162: 418-432.

Zimmermann, M. (2013): Hazard Assessment. In: Schneuwly-Bollschweiler, M.; Stoffel, M.; & Rudolf-Miklau, F. (Eds.): Dating Torrential Processes on Fans and Cones - Methods and Their Application for Hazard and Risk Assessment. Heidelberg. Springer: 343-353.

Inwiefern eignen sich numerische Modellsimulationen für die Gefahrenkartierung von Murgängen - ein Vergleich

Marco Walser (Universität Zürich, marcowalser@gmx.net)

Dr. Brian McCardell (Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, brian.mcardell@wsl.ch)

Dr. Christian Huggel (Universität Zürich, christian.huggel@geo.uzh.ch)

Christoph Graf (Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, christoph.graf@wsl.ch)

Gefahrenkarten sind das Verbindungsglied zwischen der prozessbezogenen Grundlagenforschung und der Raumplanung, welche die Naturgefahren gesetzlich berücksichtigt. Um der raumplanerischen Verbindlichkeit der Gefahrenbeurteilung Rechnung zu tragen, diese der Gesellschaft zu kommunizieren und eine einheitliche Beurteilung zu garantieren, ist eine objektive und reproduzierbare Gefahrenkartierung ein wichtiges Ziel. Bis anhin basieren Murgang-Gefahrenkarten vorwiegend auf der Analyse von historischen Ereignissen, empirisch hergeleiteten Kennwerten und Expertenwissen. Diese konventionelle Methode führt zwar zu einer angemessenen Gefahrenbeurteilung, entspricht aber einer subjektiven Einschätzung des Experten und ist daher schwierig zu reproduzieren. Die Fortschritte der letzten Jahre bei der praktischen Anwendung von dynamischen und kinematischen Modellen zur Simulation von Murgang-Fließverhalten bereichern die Gefahrenbeurteilung um eine objektive Methode. Modellsimulationen, ihre Analyse und Überprüfung sind ein zentrales Thema der Forschung, es fehlen allerdings Arbeiten, welche die neuesten Modellgenerationen auf ihre Eignung zur Unterstützung der Gefahrenkartierung evaluieren und sie mit konventionellen Methoden vergleichen. In dieser Studie wurde daher durch den Vergleich von Gefahrenkarten, die konventionell gefertigt wurden mit solchen, die ausschliesslich auf numerischen Simulationen beruhen, ein weiterer Schritt hin zur adäquaten, objektiven und besser nachvollziehbaren Gefahrenkartierung gemacht.

Modellierung und Kartierung

Die Grundlage dieser Studie bilden Simulationen von elf Murganggerinnen in zwei Untersuchungsgebieten in den Schweizer Alpen. Gadmen und Leissigen sind zwei Gemeinden im Berner Oberland, welche sich aufgrund ihrer topographischen Gegebenheiten und der bisher beobachteten und erwarteten Murgangmagnituden für diese Studie gut eignen.

Die Modellierungen wurden mit dem Simulationsprogramm RAMMS der eidgenössischen Forschungsanstalt WSL (Christen et al., 2010) realisiert, welches auf die nachfolgend erläuterten Input-Parameter angewiesen ist: Um die Modellresultate mit den offiziellen Karten zu vergleichen, wurden die Abschätzungen der Murgangvolumen aus den technischen Berichten der jeweiligen Gefahrenkarten verwendet (Geotest, 2007 und Geo7, 2008), und zwar für jeweils 30-, 100-, und 300-jährliche Szenarien. Die Spitzenabflüsse der Murgänge wurden anhand einer empirischen Formel nach Rickenmann (2005) berechnet und sind abhängig von den erwähnten Murgangvolumen. Die Modellkalibration anhand historischer Ereignisse resultiert in gebietspezifischen Reibungsparametern (ϵ und μ). Als digitales Höhenmodell (DHM), wurde swissALTI3D verwendet. Die Fließgeschwindigkeit des Murganges normalisiert sich mit zunehmender Distanz zum Startpunkt der Simulation (Hydrograph Initiation) anhand der Hangneigung und ist daher vernachlässigbar. Die Modellsimulationen lieferten die Murgangabflusshöhen und -fließgeschwindigkeiten für jede Gitterzelle entlang der Fließwege,

als Basis für die Bestimmung der Intensitäten gemäss den offiziellen Empfehlungen (BWW, 1997). Die Intensitäten aller 3 Szenarien (30-, 100-, und 300-jährlich) wurden anschliessend in einem Geoinformationssystem (GIS) gemäss der 3x3 Matrix für Gefahrenkartierungen zu einer Gefahrenkarte verschnitten. Um die modellierten Gefahrenkarten besser mit den offiziellen Karten zu vergleichen, wurden die Resultate in einem weiteren Arbeitsschritt manuell generalisiert.

Vergleich

Ein visueller Vergleich der beiden Karten für Gadmen (Abb. 1) und für Leissigen (Abb. 2) zeigt auf den ersten Blick eine grundsätzlich gute Übereinstimmung. Die Tendenz zur Unterschätzung der gefährdeten Zonen auf den modellierten Karten beruht vor allem auf den folgenden zwei Aspekten: Die gelben Gefahrenzonen der offiziellen Gefahrenkarten für Hochwasser werden dem Prozess Überschwemmung zugeschrieben, da nach den Empfehlungen 1997 keine Wertebereiche für schwache Intensität definiert sind und entsprechend keine geringe Gefahrenstufe für Murgänge zugewiesen werden kann. Dies steht im Widerspruch zum Gefahrenstufendiagramm, welches einem 300-jährlichen Ereignis bei mittlerer Intensität eine geringe bis mittlere Gefahr zuweisen würde. Dies ist auch der Fall für die modellierten Karten. Daher können die gelben Zonen der beiden Karten nicht miteinander verglichen werden und die Unstimmigkeit in Theorie und Praxis sollte diskutiert werden.

Die grösser gehaltenen blauen Zonen in der offiziellen Karte von Gadmén (Abb. 1) für den Spreitbach (rechts) und den Bündengraben (dritter von rechts) sind auf die Art der Berücksichtigung historischer Ereignisse zurückzuführen. Da dem Ereigniskataster keine Spezifikationen zum Fließscharakter und Morphologie der Ablagerungen zu entnehmen sind, ist die eindeutige Prozesszuteilung dieser Ereignisse schwierig. Ob in älteren Beschreibungen eine sedimentgesättigte Überflutung oder ein Murgang klassiert und kartiert wurde, ist oft nicht zu unterscheiden.

Abgesehen von den erwähnten Unstimmigkeiten der gelben Zonen sind die Gefahrenzonen für Leissigen ähnlich (Abbildung 2). Einzig die blaue Zone des Griessbachs (links) wird von den Modellresultaten deutlich überschätzt. Die Unterschiede der roten Zonen dürften auf die Beurteilung im Feld zurückzuführen sein, da sie mögliche Verkläuerungen an Brücken und daraus resultierender Ausbruch aufzeigen. Die zu geringe Auslaufdistanz aus der Simulationen beruht auf der einphasigen Modellierung

des Murgangs, welche keine Unterscheidung zwischen festen und flüssigen Anteilen zulässt und entsprechend die Entwässerung eines Murganges nicht wiedergeben kann.

Diskussion

Auf Grund der Resultate und Erfahrungen dieser Arbeit können die folgenden Aspekte hinsichtlich der Praxis der Murgang-Kartierung und der Grenzen und Schwierigkeiten der Murgang-Simulationen genauer erläutert werden:

- Die Empfehlungen zur Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten aus dem Jahr 1997 sind für die Anwendung auf Simulationsergebnisse problematisch, da sich deren Resultate auf diskrete Werte beziehen. Als Beispiel ist etwa anzuführen, dass Orte mit geringer Fließhöhe und mit Fließgeschwindigkeiten über 1m/s für ein 100-jährliches Ereignis auf Grund der resultierenden hohen Intensität als blaue Zone ausgedehnt werden.
- Dies hebt die Schwäche des Klassifikationsschemas für seine Anwendung auf Simulationsergebnisse hervor. Ein weiterer Konflikt zwischen den Empfehlungen und den Simulationen ist die Tatsache, dass sich die konventionelle Methode auf die Ablagerungshöhe bezieht, wobei aus der Simulation die Fließhöhe resultiert. Dies führt vor allem in steilem Gelände zu Schwierigkeiten und Unterschieden in der Beurteilung. Die Frage, ob nun die Ablagerungshöhe oder die Fließhöhe die adäquatere Variable ist, ist ebenfalls klärungsbedürftig. Es ist aber festzuhalten, dass die aktuell gültige Klassifikation für die konventionelle Gefahrenbeurteilung sehr geeignet ist, da sich das Ablagerungsvolumen mit dem mobilisierbaren Material deckt und die Fließgeschwindigkeit von der Hangneigung abhängig ist.
- Das Murgangsvolumen ist eine sehr wichtige Eingangsgröße und typischerweise Basis der Szenariendefinition und somit

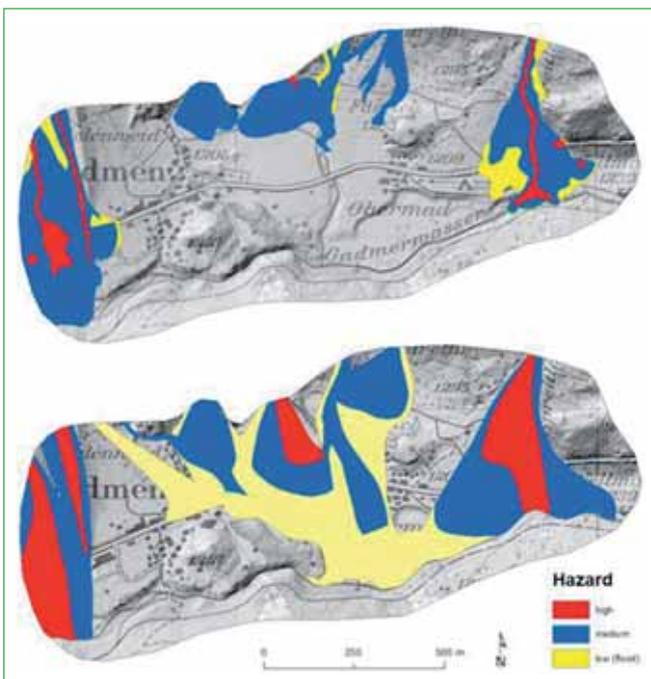


Abb.1: Manuell generalisierte Murgang-Gefahrenkarte von Gadmén, basierend auf Modellsimulationen (oben) und die offizielle, konventionelle Murgang-Gefahrenkarte von Geotest AG, 2007 (unten).

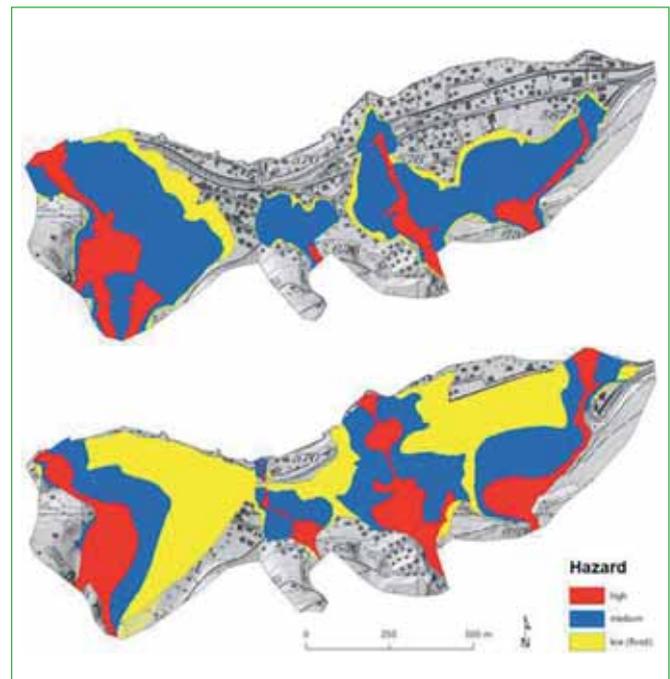


Abb.2: Manuell generalisierte Murgang-Gefahrenkarte von Leissigen, basierend auf Modellsimulationen (oben) und die offizielle, konventionelle Murgang-Gefahrenkarte von Geo7, 2008 (unten).

stark bestimmend für die Gefahrenbeurteilung (ob konventionell oder auf Simulationen beruhend). Da diese Abschätzung mit enormen Unsicherheiten behaftet ist, relativieren sich die oben festgestellten Unterschiede zwischen den modellierten und den offiziellen Gefahrenkarten. Da die Murgang-Spitzenabflüsse über eine empirische Formel berechnet wurden, beziehen sie sich auf das Murgangvolumen.

- Historische Ereignisse sind sowohl für die konventionelle Gefahrenkartierung als auch für die Arbeit mit Modellsimulationen sehr wichtig. Für die Kalibration des Modells ist ein gut dokumentiertes Ereignis essentiell. Wie bereits erwähnt, können aufgrund von fehlenden Spezifikationen der Ablagerungen Abschätzungen gemacht werden, welche eine falsche Kalibration des Modells zur Folge haben.
- Einschränkungen des Modells an sich können zu Fehleinschätzungen der Murgang-Gefahr führen. So resultiert aus der einphasigen Modellierung des Murgangs, welcher nur eine Fließcharakteristik zuweisbar ist, in der Unterschätzung der sedimentgesättigten Überschwemmung im Frontbereich des Murgangs. Die fehlende Implementierung der Sohlenerosion im Modell und die fehlende Berücksichtigung der Levée-Bildung führen zu weiteren Abweichungen für Auslaufdistanz und Fließhöhe.
- Die Topographie ist einer der wichtigsten Inputgrößen der Simulation, da sie die Fließrichtung des Murganges definiert. Das DHM muss daher auf dem neusten Stand sein, was bei hoch aufge-

lösten Höhenmodellen aus praktischen und finanziellen Gründen oft schwierig ist. Inwiefern Gebäude, Strassen etc. in der Modellierung berücksichtigt werden sollen, ist eine weitere Frage, die sich in dicht besiedelten Gebieten aufdrängt, weil solche Bauten entscheidenden Einfluss auf die Murgangausbreitung haben können. Auch die Variabilität der Topographie ist zu beachten, da sich die Ausgangslage zwischen Ereignissen über Jahre als auch zwischen einzelnen Schüben in wenigen Stunden entsprechend verändert. Diesen Überlegungen muss aber auch die Unsicherheit der Input-Parameter, im speziellen der Murgang-Volumen, entgegengestellt werden. Wie sinnvoll das genaueste Modell ist, wenn sehr unsichere Input-Parameter den grössten Einfluss haben, ist fragwürdig.

Schlussfolgerungen

Die Fallstudien zeigen eine gute Übereinstimmung mit Tendenz zur Unterschätzung der modellierten Gefahr im Vergleich zur offiziellen Gefahrenkarte. Sorgfältiges Modellieren in Kombination mit Beurteilungen im Feld kann und muss daher als vielversprechende Methode zur Gefahrenbeurteilung betrachtet werden. Weitere Untersuchungen in Bezug auf den Einfluss von Unsicherheiten der Input-Variablen auf die Kartierung sind noch ausstehend. Auch die Prüfung weiterer Standorte wäre nötig, um die erarbeiteten Grundlagen weiterzuentwickeln.

Die Erkenntnisse unterstreichen die Notwendigkeit der Überarbeitung und Ergänzung der bestehenden Empfehlungen mit Rücksicht auf den Einsatz und die Möglichkeiten von Modellsimulationen zur Gefahrenbeurteilung von Murgängen. Die Erarbeitung eines adäquaten Klassifizierungsschemas und neuer Richtlinien

ist daher zu begrüssen.

Die Resultate dieser Studie legen nahe, dass die Kombination von konventionellen Techniken mit Modellsimulationen zu einer verbesserten und vor allem objektiven und reproduzierbaren Murgang-Kartierung führen können. Expertenwissen gilt auch bei der Anwendung von Modellsimulationen nach wie vor als wichtigste Voraussetzung, um die Fehler der Simulationsresultate korrekt einzuordnen und richtig zu interpretieren.

Literatur

BWW (1997). Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Bundesamt für Wasserwirtschaft.

CHRISTEN, M., KOWALSKI J., BARTELT, P. (2010). RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. *Cold Regions Science and Technology*, Vol. 63, 1-2, pp. 1 - 14.

GEOTEST (2007). Gadmen, Gefahrenkarte: Bericht zur Gefahrenkarte. GEOTEST AG, Birkenstrasse 15, 3052 Zollikofen.

GE07 (2008). Gefahrenkarte Leissigen: Technischer Bericht. Geo7 AG, Neufeldstrasse 5-9, 3012 Bern.

RICKENMANN, D. (2005). Runout prediction methods. In: Jakob, M. und Hungr, O. (Hrsg.): *Debris-flow hazards and related phenomena*. Springer Berlin Heidelberg 2005, 305–321.

WALSER, M. (2013). Hazard mapping for debris flows. Empirical, analytical techniques compared to numerical model simulations. Masterarbeit Geographisches Institut Universität Zürich (Prof. Dr. A. Vieli, Dr. B. McArdeil (WSL), Dr. C. Huggel).

Aus den Bäumen lesen - Der Beitrag der stummen Zeugen zur Gefahrenbeurteilung

Markus Stoffel (dendrolab.ch, Universität Bern, markus.stoffel@dendrolab.ch)
Daniel Trappmann (dendrolab.ch, Universität Bern, daniel.trappmann@dendrolab.ch)

Steinschlag ist der wohl am häufigsten auftretende Naturgefahren-Prozess in steilem Gelände und kann vorab bei Tauwetter oder infolge starker Niederschläge beobachtet werden. Zudem muss durch die anhaltende Klimaerwärmung im Hochgebirge vermehrt mit Steinschlag gerechnet werden. In der Schweiz schützen 8% der Waldfläche die Bevölkerung, Sachwerte und Infrastruktur vor Sturzprozessen.

Da Steinschlagereignisse zumeist nur wenige Kubikmeter Material umfassen und dadurch oft unbemerkt ablaufen, gestaltet sich die Beurteilung von Gefahren und Risiken in der Praxis oft als schwierig. Eine Beurteilung der Steinschlagwahrscheinlichkeit wurde in der Vergangenheit vielfach mit Hilfe „stummer Zeugen“ im Gelände und einer geologischen Beurteilung der Ablösegebiete oder Steinschlagmodellen vorgenommen. Die Beurteilung seltener Ereignisse wurde dabei weitgehend der Interpretation des Gutachters überlassen. Das Fehlen von Archivdaten zu vergangener Ereignisaktivität erweist sich nicht zuletzt auch für die Kosten-Nutzen-Berechnung als kritisch, da fehlende Informationen zu vergangener Aktivität zu einer Unterschätzung des berechneten Nutzens von Bauwerken führen und somit die Realisierung von baulichen Massnahmen erschweren können.

Die Bergwälder der Voralpen und Alpen bieten nicht nur einen hochwertigen Schutz gegen Steinschlag und andere Naturgefahren, sondern sind zugleich auch ein hervorragendes Archiv der vergangenen Steinschlagaktivität. In unseren Breiten bilden die Bäume jedes Jahr einen Baumring aus, in welchem nebst

klimatischen Einflüssen auch mechanische Störungen des Baumes registriert werden. Wird ein Baum von einem Stein verletzt, so wird dieser die Wunde so schnell wie möglich gegen Schädlinge zu schützen versuchen. Dies geschieht beispielsweise durch die sofortige Ausbildung von Harzkanälen und Harzproduktion in Nadelbäumen, oder durch die Bildung kleinerer Gefässe in Laubbäumen. Zudem wird ein Baum infolge der Verletzung und des Verlustes von Astmaterial auch deutlich schmalere Jahrringe ausbilden, die wiederum für das Erfassen der vergangenen Steinschlagaktivität herbeigezogen werden können.

Durch die systematische Beprobung von Bäumen an Steinschlaghängen mit Zuwachsbohrern kann so die Aktivität über lange Zeiträume – teils mehrere Jahrhunderte – in Raum und Zeit erfasst werden. Die Häufigkeit (Wiederkehrdauer) von Steinschlag lässt sich durch die Analyse der Schäden im Baum und die Position des Baumes am Hang punktgenau festlegen, so dass für jeden Bereich eines Hanges Trajektorienfrequenzen (Steindurch-

gänge) berechnet werden können. Die Trefferhöhen an den Baumstämmen lassen Schlüsse auf die Sprunghöhen zu und liefern so wertvolle Informationen zur Gefährdung am Hang. Die Daten aus den Bäumen eignen sich insbesondere auch für die Validierung und Kalibrierung von Steinschlagmodellen, wobei die modellierte Anzahl Durchgänge in reale Trajektorienfrequenzen übersetzt werden kann. Jahrringdaten und Steinschlagmodellierung ergänzen sich somit bei der Gefahrenbeurteilung in idealer Weise: Mit den gewonnenen Daten zu Frequenzen, räumlicher Ausdehnung und Reichweiten einzelner Ereignisse liefert die sogenannte Dendrogeomorphologie wichtige Erkenntnisse zu realen, vergangenen Steinschlägen. Somit können optimale Standorte für Steinschlagnetze, Dämme oder Galerien gefunden werden. Die anhand der Jahrringdaten kalibrierten Steinschlagmodelle ermöglichen eine zuverlässige(re) Berechnung von Steinschlagenergien und so eine optimierte Dimensionierung von Schutzbauwerken.

Der Ansatz, der zu Beginn ausschliesslich

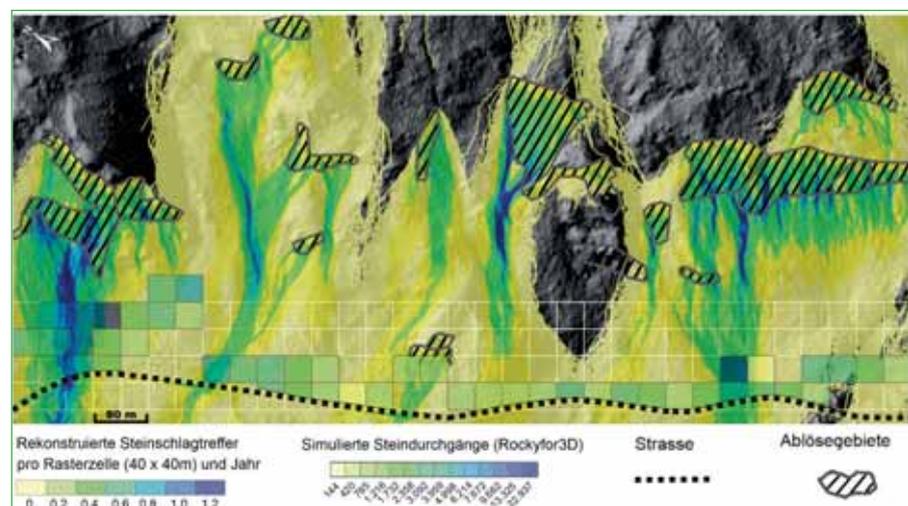


Abb.1: Abschätzung der Gefährdung einzelner Strassenabschnitte: Dendrogeomorphologie erlaubt die Erfassung tatsächlicher Steinschlagfrequenzen und ermöglicht zudem eine Validierung der Simulationsergebnisse (Grafik: Daniel Trappmann).



Abb.2: Im Holz steckende Splitter belegen rezente Steinschlagaktivität. Der Baum wird auf das Ereignis mit einer Steinschlag-typischen Wuchsstörung reagieren, die präzise datiert werden kann (Bild: Daniel Trappmann).

der Grundlagenforschung diente, hat in den letzten Jahren zunehmend auch den Weg in die Praxis gefunden. So hat das dendrolab.ch etwa aufgrund der akuten Gefährdung der Kantonsstrasse Stalden–Saas Fee auf mehreren Strassenabschnitten mittels Dendrogeomorphologie die Steinschlagaktivität dokumentiert und den betroffenen Gemeinden und dem Kanton Wallis so wertvolle Daten zur vergangenen Steinschlagaktivität geliefert. Die Erkenntnisse aus den Jahrringuntersuchungen lieferten nicht nur eine wertvolle Grundlage für die Kosten-Nutzen-Berechnungen, sondern wurden von den kantonalen Instanzen und den beauftragten Ingenieurbüros ebenso



Abb.3: Auch wenn die Bäume teils schwere Schäden erleiden: Intakte Schutzwälder bieten vielerorts einen effektiven Schutz vor Steinschlaggefahren (Bild: Sébastien Guillet).

für die Positionierung und Dimensionierung von baulichen Massnahmen genutzt.

Bei Les Clièves, einem Weiler unterhalb Evolène, wurden ebenfalls Jahrringuntersuchungen durchgeführt um so die Häufigkeit von Steindurchgängen auf der Hauptstrasse abzuschätzen. Da in Les Clièves entlang der Strasse Bäume teilweise fehlten, wurde die Steinschlagaktivität im Bereich der Strasse mittels einer Kombination von Dendrogeomorphologie und prozess-orientierter Steinschlagmodellierung durchgeführt. Jahrringdaten wurden in einem oberhalb der Strasse gelegenen Waldbereich gewonnen und für die Kalibrierung des Modells im Bereich des bewaldeten Hangs

genutzt. Unter Berücksichtigung der Ablagerung von Steinen zwischen dem Waldstück und der Strasse konnten alsdann die Anzahl Steindurchgänge pro Laufmeter Hauptstrasse definiert werden.

Die Analyse der Steinschlagschäden in Bäumen kann ebenfalls verwendet werden um den Einfluss des Klimawandels auf die Prozessaktivität zu dokumentieren. Dabei zeigt sich, dass die Klimaveränderung der letzten Jahrzehnte sich an tiefer gelegenen Standorten weder auf die Steinschlaghäufigkeit noch auf die Grösse der Steinschläge ausgewirkt hat. Anders ist die Situation an Standorten mit Loslösegebieten im Permafrost, wie etwa im Täschgufel (bei Täsch, Matteredal) oder bei Plattjen (Saas Almagell, Saastal). Hier konnte der teils massive Anstieg in der Steinschlagaktivität zweifelsfrei den allgemein steigenden Temperaturen sowie aussergewöhnlich warmen Jahren zugeschrieben werden. Aufgrund des prognostizierten weiteren Temperaturanstieges und dem damit verbundenen Anstieg der Permafrostgrenze ist auch zukünftig mit vermehrtem Steinschlag aus bislang gefrorenen Felspartien zu rechnen. Viele der gefährdeten Hänge in tieferen Lagen sind heute bereits ausreichend geschützt, und es kann davon ausgegangen werden, dass sich der Fokus der Verbauungsaktivität in Zukunft noch stärker auf Steinschläge aus Gebieten oberhalb der Waldgrenze konzentrieren wird.

Auf dem Weg zur besseren Nachvollziehbarkeit von Gefahrenbeurteilungen

Luuk Dorren (Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, luuk.dorren@bfh.ch)
Philippe Arnold (Bundesamt für Strassen ASTRA, Bern, philippe.arnold@astra.admin.ch)

Ausgangslage

Obwohl sich in den letzten 23 Jahren die Qualität der einzelnen Arbeitsschritte sowie die Darstellung von Gefahrenbeurteilungen verbessert haben, ist die Nachvollziehbarkeit der Beurteilungen noch immer ein Diskussionspunkt. Nachvollziehbarkeit von Gefahrenbeurteilungen ist wichtig, weil man das Resultat an Dritte kommunizieren muss. Einerseits, weil die/der GutachterIn heute nicht mehr alleine ein Produkt erstellt oder damit weiterarbeitet, sondern mit andern zusammenarbeiten muss. Andererseits dienen Gefahrenbeurteilungen mehrheitlich der Information der Öffentlichkeit und werden deshalb auch mit öffentlichen Mitteln finanziert. Wenn man dann den wirtschaftlichen Einsatz der öffentlichen Mittel im Bereich der Gefahrenbeurteilungen transparent nachweisen will, ist Nachvollziehbarkeit unabdingbar. In diesem Sinne ist der Bereich der Gefahrenbeurteilungen ein völlig anderes Marktsegment als jenes von Coca-Cola. Obwohl in beiden Bereichen ein gutes Produkt hergestellt werden muss – gemäss dem Weltmarkt ist das bei Coca-Cola der Fall – kann Coca-Cola das zugrunde liegende Rezept geheim halten. Bei Gefahrenbeurteilungen ist das heute nicht mehr der Fall. In diesem Artikel möchten wir einige gute und schlechte Beispiele aufzeigen, damit die Nachvollziehbarkeit von Gefahrenbeurteilungen sich zukünftig noch weiter verbessern kann.

Nachvollziehbarkeit

Nachvollziehbarkeit steht gemäss Wikipedia für:

- Reproduzierbarkeit, also die Möglichkeit, etwas zu wiederholen
- Rückverfolgbarkeit, also die Verfolgbarkeit von Anforderungen über den gesam-

ten Entwicklungsprozess

- Verstehen einer Argumentation oder eines Verhaltens.

Nachvollziehbar wird eine Gefahrenbeurteilung, wenn erstens alle verwendeten Daten sowie die getroffenen Annahmen offen gelegt werden (Transparenz). Zweitens müssen alle zugrunde liegende Zusammenhänge zwischen den Informationen, welche für eine vollständige Gefahrenbeurteilung benötigt werden, deutlich erklärt werden (klare Argumentation). Beim Bundesamt für Strassen ASTRA - als direkter Auftraggeber - sowie beim Bundesamt für Umwelt BAFU - indirekt über die Kantone - werden sehr unterschiedliche Gefahrenbeurteilungen zur Stellungnahme eingereicht. Leider kann man auch heute noch feststellen, dass nur bei einem kleinen Teil dieser Gefahrenbeurteilungen sowohl eine vollständige Transparenz wie auch eine klare Argumentation gewährleistet sind. In den meisten Fällen fehlt das Aufzeigen der Überlegungen, welche zu einem gewissen Resultat geführt haben, obwohl die verwendeten Daten offengelegt wurden. Das umgekehrte passiert seltener. In einigen Fällen fehlen aber sowohl die Daten und Annahmen als auch die klare Argumentation.

Fehlende Transparenz oder Argumentation

Im Fall von fehlender Transparenz liegen Daten, welche für die Gefahrenbeurteilung verwendet wurden, nicht vor oder getroffene Annahmen sind nirgends beschrieben. Beispiele sind: Fehlende Daten zu Schutzbauten (Auffangvolumen, Damm oder Netzhöhe, Energieaufnahmekapazität, usw.); zu verwendeten Vertrauensintervallen für die Definition von Ausreissern in Modellergebnisse oder

fehlende Angaben zu den Stammzahlen und Durchmesserverteilungen im Schutzwald, obwohl der Wald in die Wirkungsanalyse miteinbezogen wurde. Auch wenn im allgemeinen Teil des technischen Berichts die möglichen Parameterwerte für das verwendete Berechnungs- oder Simulationsmodell aufgelistet sind, aber diese nicht spezifisch für jede Prozessquelle vorliegen, ist die Wirkungsanalyse nicht nachvollziehbar.

Im Fall von fehlender oder unklarer Argumentation liegen meistens viele verwendete Zahlen und Grundlagen vor, aber die Überlegungen des/der Gutachters/in sind nicht erklärt. Somit müssen Dritte, welche mit diesen Informationen weiter arbeiten, mühsam den ganzen Prozess rekonstruieren. Beispiel: in einem technischen Bericht zum Prozess Hochwasser werden für jede Prozessquelle pro Szenario der Hochwasserabfluss, die Abflussfläche, die Abflussgeschwindigkeit sowie die Verklausungswahrscheinlichkeit angegeben. Zusätzlich gibt es im Anhang eine Übersichts-Intensitätskarte für den gesamten Projektperimeter, aber weitere Bemerkungen zum Schwemmholz oder wie sich die Verklausungswahrscheinlichkeit genau auf die Hochwasser-Intensität beim Schadenpotential auswirkt, fehlen. Der logischen Gedankengang von den Basisinformationen und historischen Ereignissen, der Disposition, den bestehenden Schutzbauten, den Grundszenarien und der Wirkungsanalyse zu den Intensitätskarten und weiteren prozessspezifischen Informationen, die für Risikoanalysen wichtig sind, ist nicht vorhanden. Die Übersicht über den Gefahrenprozessablauf in die spezifische Prozessquelle geht dann verloren.

Ein anderes Beispiel betrifft Sturzgefahrenbeurteilung. Sehr oft werden - wenn vorhanden

- die historischen Ereignisse, die Disposition, die bestehenden Schutzbauten sowie die Grundszenarien gut beschrieben. Was aber oft fehlt, ist die kurze Beschreibung der Überlegungen im Schritt von der Wirkungsanalyse zu den Intensitätskarten. Hierbei sind numerische Modellierungen zunehmend ein unentbehrliches Hilfsmittel. Weil Sturzmodelle niemals die Realität 1:1 abbilden können, ist eine Plausibilisierung mit dokumentierten Ereignissen, anhand der Feldbeobachtungen und/oder mit der Pauschalgefällemethode (siehe Dorren et al, 2011 und Rovina et al., 2011) und Interpretation der Ergebnissen immer notwendig. Abweichungen zwischen Modellergebnissen und Feldbeobachtungen können aus verschiedenen Gründen entstehen: zum Beispiel wegen Unsicherheiten (oder fehlenden Kenntnissen) bei der Festlegung der Input-Parameter, der Wirkung von Schutzmassnahmen, Wanderwegen und Betonmauern. Eine Anpassung ist in diesem Fall notwendig. Anschließend kann die maximale Reichweite des modellierten Sturz-szenarios festgelegt werden. Dies bedeutet, dass Ausreisser, falls vorhanden, aus den erzeugten Datensätzen entfernt und dokumentiert werden müssen (Dorren et al., 2013). In vielen Fällen werden die Simulationsergebnisse und anschließend direkt die Intensitätskarte gezeigt, ohne Erklärung der Überlegungen, die dabei gemacht wurden.

Nachvollziehbare Gefahrenbeurteilungen: Ein Beispiel

Im ASTRA Projekt «Naturgefahren Nationalstrassen» hat sich die Projektleitung nach einem Vorschlag von André Burkhard entschieden, mit Prozessquellen-Faktenblätter (Abb. 1) zu arbeiten. Diese erlauben es, alle verwendeten Daten transparent und übersichtlich darzustellen. Die getroffenen Annahmen sowie die zugrunde liegenden Zusammenhänge sollen deutlich im dazugehörigen technischen Bericht erklärt werden. Mit Ausnahme von Spezialfällen muss dies dann nicht nochmal

für jede Prozessquelle beschrieben werden. Tabelle 1 zeigt den Inhalt eines typischen Prozessquellen-Faktenblatts.

Schlussfolgerungen

Nachvollziehbarkeit von Gefahrenbeurteilungen ist wichtig, weil man das Resultat an Dritte kommunizieren muss. Nachvollziehbar ist eine Gefahrenbeurteilung, wenn alle verwendeten Daten sowie die getroffenen Annahmen transparent sind und alle zugrunde liegenden Zusammenhänge zwischen den verwendeten Informationen deutlich erklärt werden. Verbesserungspotenzial gibt es vor allem bei der klaren Argumentation und dem Offenlegen der Annahmen. Eine Dokumentatin, welche einen allgemeinen technischen Bericht und sorgfältig dokumentierte Prozessquellen-Faktenblätter enthält, kann dazu beitragen.

Tab. 1: Inhalt eines typischen Prozessquellen-Faktenblattes

Blatt Nr.	Information
1	<ul style="list-style-type: none"> Prozessquelle: Prozesstyp, Prozessquellenname, Gemeinde/Ort Bestehende Grundlagen: Pläne, Studien, Pläne Schutzbauten, Bemerkungen Historische Ereignisse: mündl. Angaben, Katasterangaben: was, wann und wo, Bemerkungen
2	<ul style="list-style-type: none"> Disposition: für Entstehungsgebiet und Transit-/Ablagerungsgebiet: Hangneigung, Hangform, Geologie, Rauigkeit, Vegetation, Bemerkungen usw. Schutzbauten / -wald: Typ, Wirksamkeit (PLANAT-PROTECT), Bemerkungen Grundszenarien: spez. Prozessinformationen (Abfluss, Geschiebe, Anrissfläche und -mächtigkeit, Volumen/Dimensionen Sturzmasse usw.), Wirksamkeit Schutzbauten / -wald pro Szenario, Bemerkungen
3	<ul style="list-style-type: none"> Wirkungsanalyse: Berechnungsparameter (μ; Xi, Rauigkeit, Bodentyp usw.), gutachterlich/simuliert, Unsicherheiten, Bemerkungen Intensitäten und Risikoinfos: spez. Prozessinformationen (Gefahrenprozess detailliert; Ablagerungshöhen, Lawinendruck, Fließgeschwindigkeit, Ekin_total usw.), räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit, Schäden an Kunst-/Schutzbauten
4	<ul style="list-style-type: none"> Zusammenfassung der Gefährdung: Prozessquellennummer und -name, Information pro Szenario: Intensität und Lawinendruck/Fliessgeschwindigkeit/Sturzenergie sowie Ablagerungshöhe auf der Fahrbahn, Wirkung Schutzbauten und Schutzwald
5	<ul style="list-style-type: none"> Relevante Bilder und bestehende Gefahrenkarten oder Ereigniskarten
6	<ul style="list-style-type: none"> Karte mit Abgrenzung Prozessraum
7	<ul style="list-style-type: none"> Relevante Ergebnisse der Berechnungen oder Simulationen (Karten oder Graphiken)
8	<ul style="list-style-type: none"> Intensitätskarten pro Szenario

Literatur

Dorren, L.K.A., Loup, B., Raetzo, H., 2012. Einsatz von Modellen in der Schweizer Sturzgefahrenbeurteilung. Journal für Wildbach-, Lawinen, Erosions- und Steinschlagschutz 169.

Dorren L.K.A., Domaas U., Kronholm K., Labiouse V. (2011). Methods for predicting rockfall trajectories and run-out zones. In: S. Lambert & F. Nicot (eds.). Rockfall engineering. ISTE Ltd. and John Wiley & Sons Inc.: 143 - 173.

Rovina H., Liniger M., Jordan P., Gruner U., Bollinger D. (2011). Empfehlungen für den Umgang mit Sturzmodellierungen. Swiss Bull. Angew. Geologie (16/1): 57-79.

Sensitivitätsanalysen bei 2D-Überflutungsmodellierungen

Rolf Bart (Ingenieure Bart AG, St. Gallen, rolf@bart.ch)

Bei vielen Modellierungen im Rahmen von Gefahrenabklärungen stellte sich immer wieder die Frage, wie das Ergebnis ausgefallen wäre, wenn die verwendete Oberfläche geringfügig anders wäre. Diese Fragestellung weist zwei grundsätzlich unterschiedliche Aspekte auf.

- Die Qualität des DTM an sich (Genauigkeit, Datenstruktur, Detaillierung).
- Die Umsetzung des DTM in ein Rechennetz, das in der 2D-Überflutungsmodellierung konkret verwendet wird.

Die Erstellung eines Rechennetzes ist unter anderem vom verwendeten hydraulischen Modell abhängig. Es wird hier vorausgesetzt, dass der Anwender sein Rechennetz nach den projektspezifischen Anforderungen optimal an das zugrundeliegende DTM angleicht. Die Erstellung der Rechennetze wird hier nicht weiter behandelt.

In der Praxis erfüllen DTM unterschiedliche Anforderungen. Von reinen Punktdaten bis zur differenzierten Erfassung von Bruchkanten findet sich alles. Dabei ist unklar, wie genau DTM-Daten zu erfassen sind und wie sich Messfehler auf die Ergebnisse auswirken.

Im Blickfeld der Sensitivitätsanalyse steht hier einzig der Einfluss von Messfehlern bei der DTM-Erstellung. Sollte die Sensitivitätsanalyse aufzeigen, dass selbst minimalste Veränderungen an den topographischen Grundlagen zu relevant abweichenden Ergebnissen führen, so muss eine Strategie gefunden werden, mit solchen Unsicherheiten umzugehen.

Abbildung 1 zeigt, dass die zufälligen Variationen der DTM-Höhen über die gesamte Bandbreite gleich häufig sind. Die Abweichungen für ein daraus abgeleitetes Rechennetz zeigen eine Normalverteilung. Dargestellt sind Werte

des DTM für den Dorfbach Goldach. Die absolute Anzahl der Punkte ist beim Rechennetz kleiner, da es insgesamt weniger Punkte enthält als das DTM.

In der Folge werden Beispiele zum Moosbach in Abtwil (Einzugsgebiet 0.13 km²) und dem Dorfbach Goldach (Einzugsgebiet 4.1 km²) verwendet. Am Moosbach wurden die Höhenmessungen in der Bandbreite von maximal ± 10 cm, ± 20 cm und ± 50 cm variiert. Beim Dorfbach Goldach wurden die Höhen im Rahmen des erwarteten, mittleren Fehlers von ca. ± 15 cm gestreut. Für jeden Streubereich wurden je 20 veränderte DTM erstellt. Pro Gewässer existierte je ein Rechennetz mit identischer Dreiecksvermaschung. Veränderlich waren einzig die Höhen der Knoten, welche aus den unterschiedlichen DTM übernommen resp. interpoliert wurden. Für jedes Rechennetz wurden die für die Gefahrenkartierung

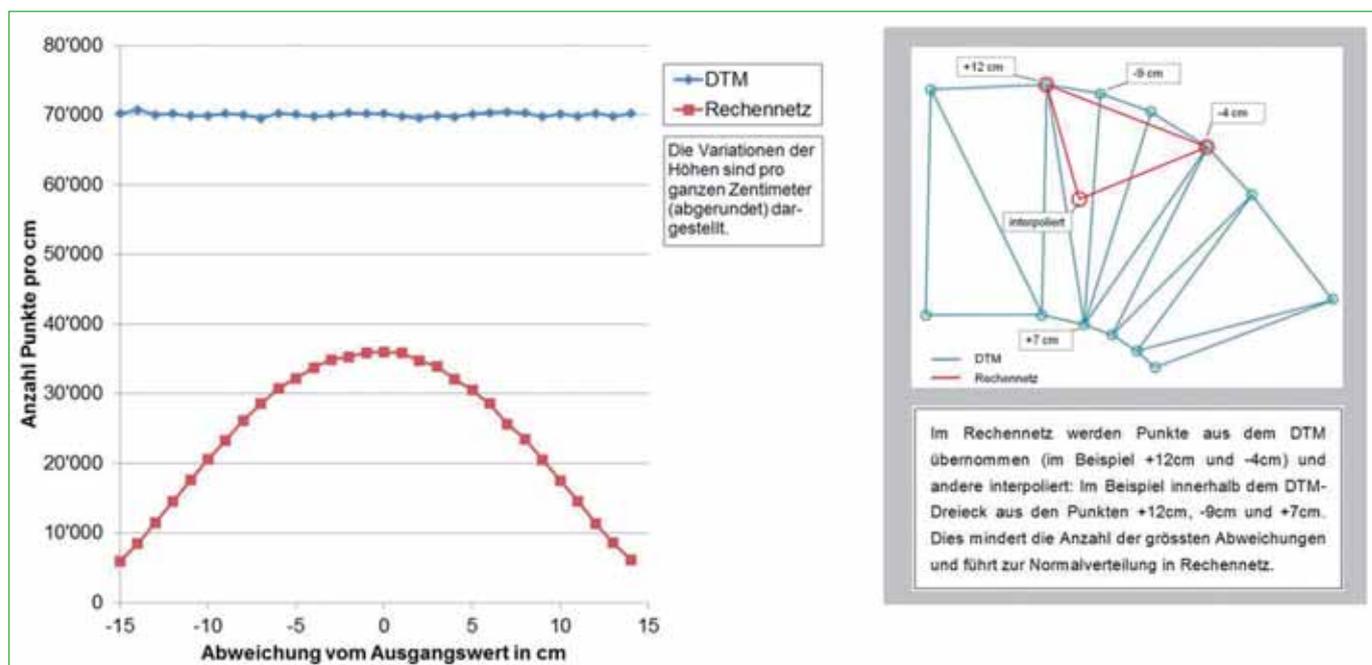


Abb.1: Verteilung der Unsicherheiten an Höhenmessungen.

Tab.1: Kennzahlen zu den beiden Gewässern

Abflüsse in m ³ /s, Häufigkeiten:	Q ₃₀	Q ₁₀₀	Q ₃₀₀	EHQ
Moosbach	2.2	3.5	4.5	7.0
Dorfbach Goldach	23	35	46	61

vollständigen Modellierungen mit allen Szenarien ausgeführt. Die Ergebnisse wurden in die Wahrscheinlichkeitsklassen nach Gefahrenstufendiagramm aufgeteilt, wobei die Wahrscheinlichkeit des Hochwasserabflusses und die einzelnen Szenariowahrscheinlichkeiten berücksichtigt wurden.

Die Unsicherheiten an modellierten Fließwegen sind dort erheblich, wo das Gewässer nicht dem Talweg folgt. Typische Fälle

sind Schuttkegel oder besiedelte Gebiete, wo künstliche Strukturen die Fließwege prägen. Am Dorfbach Goldach kann dies am Übergang auf den Schuttkegel aufgezeigt werden (Abbildung 2). Im schwach ausgeprägten Geländeeinschnitt vor dem Kegel ist die Streuung nicht relevant. Dass kein Gebäude grau eingefärbt ist (jedesmal benetzt) liegt am Umgang mit den Gebäuden als Szenarien: sie werden einmal als durchlässig und einmal als dicht ange-

nommen. Die Abflussmengen sind oft umstrittene Größen, welchen der entscheidende Einfluss auf die Gefährdung beigemessen wird. Daher wurden vorerst unterschiedliche Wassermengen mit Unsicherheiten an den DTM-Messungen verglichen (Abbildung 3). Der Unterschied zwischen dem Q₃₀ und dem EHQ ersetzt hier die Betrachtung einer (sehr) unsicheren Bestimmung eines bestimmten Abflusses.



Abb.2: Anzahl Benetzungen beim EHQ am Übergang auf den Kegel.

Q_{30} und EHQ auf DTM 08

Q_{30} auf DTM 08 und DTM 14

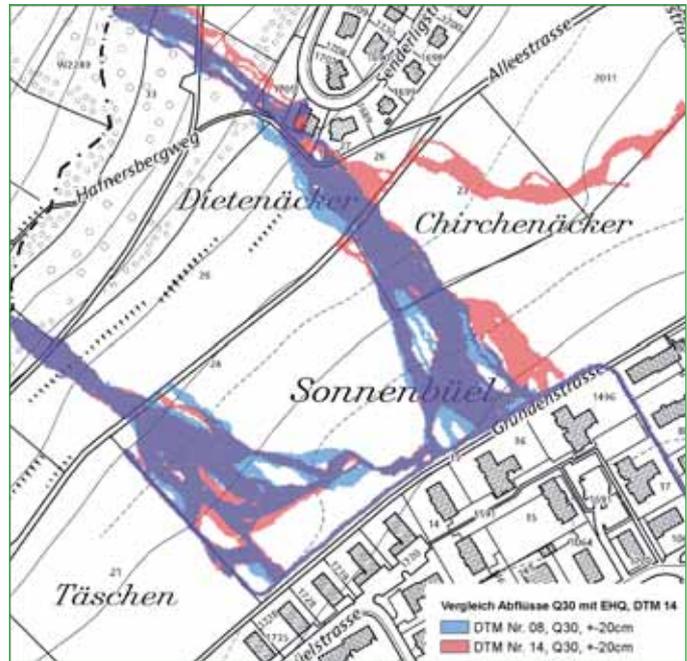
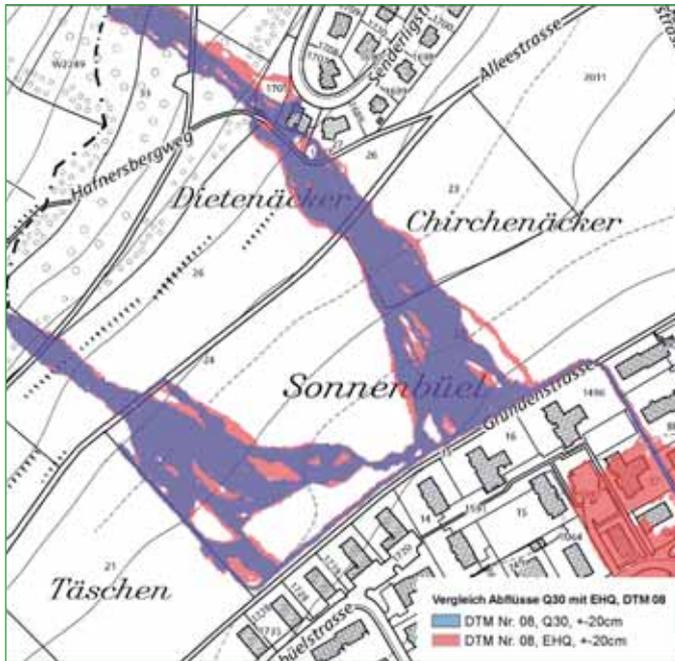


Abb.3: Vergleich von Unterschieden bei Abflüssen und DTM.

Die rote Fläche über der Bildlegende im linken Bild ist Folge eines Szenarios beim EHQ und kommt daher im rechten Bild nicht vor und ist für die vorliegende Betrachtung nicht von

Bedeutung. Rot und blau sind die Einzelergebnisse der unterschiedlichen Abflüsse resp. DTM. Die Mischfarbe violett bezeichnet die Stellen, an welchen sich die Einzelergebnisse

überlagern. Der Einfluss geringfügiger Unsicherheiten an den DTM-Höhen ist deutlich grösser als es beträchtliche Unterschiede bei den Abflüssen sind.

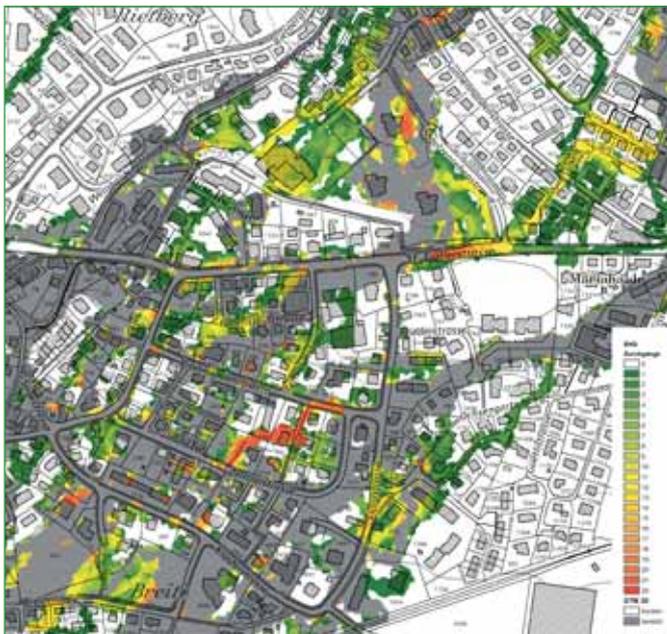


Abb.4: Dorfbach Goldach, EHQ des DTM 20 (grau) und alle Ergebnisse (farbig).

Mit einer DTM-Variante werden selbst bei grossen Abflüssen nicht alle bedeutsamen und möglichen Überflutungsflächen erkannt.

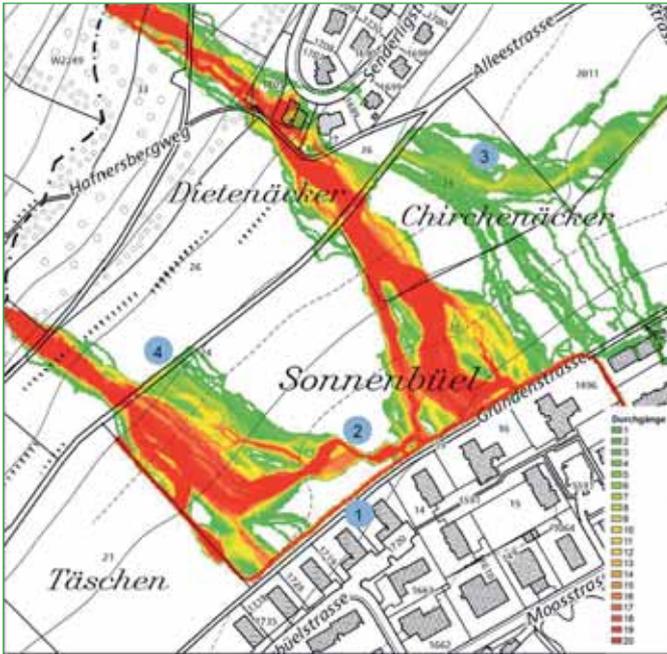


Abb.5: Moosbach, Q_{30} DTM-Variation max. ± 20 cm.

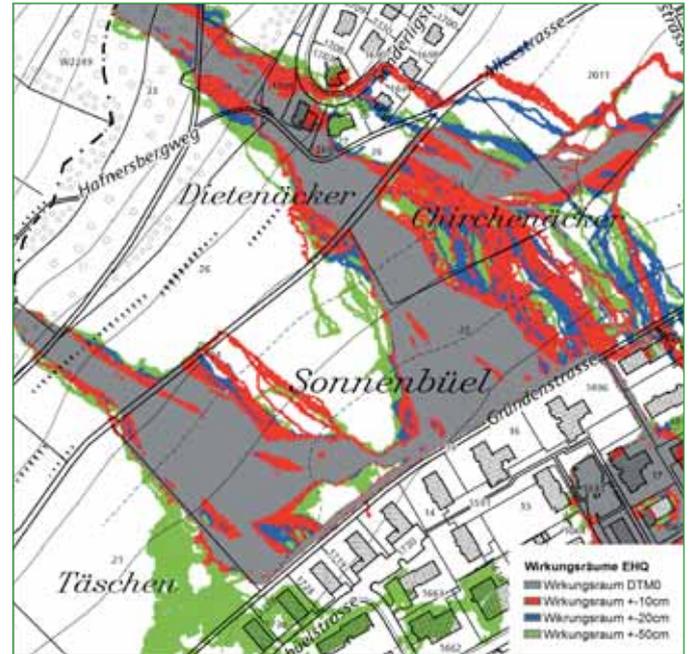


Abb.6: Moosbach, EHQ, DTM0 verglichen mit allen DTM-Variationen

Punkt 1 markiert das Gerinne, welches als klar vorgegebener Fliessweg keine Variationen zeigt. Mulden als relativ klar vorgegebene Fliesswege ergeben geringe Variabilität (Punkt 2), während in Geländepartien ohne Mulden und Rinnenbildungen die Überflutungen stark streuen (Punkt 3). Feinmorphologische Strukturen müssen im DTM vorhanden sein, sonst kann deren Einfluss nicht erkannt werden (Punkt 4, Feldweg). Feine Strukturen wirken sich auch mit Variationen über dem mittleren Fehler noch aus (Abbildung 6).

Bereits eine sehr geringe Unsicherheit (max. ± 10 cm) an den DTM-Höhen führt zu beträchtlichen Abweichungen gegenüber einer unveränderlichen DTM-Oberfläche. Dies lässt sich an der Differenz zwischen der grauen und roten Fläche erkennen. Wird die Variation verdoppelt (max. ± 20 cm, Zunahme von roter zu blauer Fläche), so nimmt die zusätzlich benetzte Fläche leicht zu: Die relevanten Variationen sind erkannt. Mit einer fünf Mal grösseren Variation an den DTM-Höhen (max. ± 50 cm, Zunahme von blauer zu grüner Fläche) nimmt

die benetzte Fläche nur noch geringfügig zu. Ausnahme ist die grüne Fläche bei Täschen, wo die Variation der Höhen zur Erschliessung einer Geländepartie führt, welche in allen anderen Fällen nicht erreicht wird. Gemessen an der DTM-Qualität sind Variationen von 10 bis 20 cm richtig. 50 cm wären nur vertretbar, wenn zufällige Ablagerungen dies erfordern würden (was hier nicht der Fall ist).

1 GK aus einem DTM



2 GK aus allen DTM aggregiert



3 GK aus allen DTM statisch



Abb.7: Umsetzung der Ergebnisse in Gefahrenkarten (GK).

Die fehlende Berücksichtigung der DTM-Unsicherheit führt zu Überschätzungen der Wahrscheinlichkeiten, mit welchen Flächen benetzt werden. Im linken Bild (1) ist die Gefahrenkarte gemäss kantonaler Abklärung auf einem DTM dargestellt. Die mittlere Gefährdung stammt praktisch ausschliesslich von schwacher Intensität in der Häufigkeitsklasse 1 bis 30 Jahre. Im mittleren Bild wurden alle Modellierungen nach der Abflusshäufigkeit und der Intensität in Gefahrenstufen umgerechnet. Jede Benetzung des 30-jährlichen Abflusses führt zu mittlerer Gefährdung. Dies auch in jenen Fällen, in welchen nur eine der 21 Modellierungen zur Benetzung führt. Im Bild rechts sind die Häufigkeiten statistisch gerechnet. Da ein 30-jährliches Ereignis zur Modellierung verwendet wurde, bleibt dies in der betroffenen Fläche nur dann auch tatsächlich ein 30-jährliches Ereignis, wenn der Bereich bei jeder Variation benetzt wird. Es verbleiben nur die eng begrenzten Talwege in der mittleren Gefährdung. Das Ergebnis korreliert gut mit Abflussmenge und Morphologie. Eine lange, lückenlose Ereignisaufzeichnung würde statistisch ausgewertet der Variante im rechten Bild am nächsten kommen.

Besonders in Gelände ohne klare Fließwege streuen Überflutungsflächen bereits bei kleinen Höhenvariationen im Rechnetz erheblich. Die Grösse der Abflüsse ist dabei nicht entscheidend, da die Geländeformen in diesen Fällen die Abflüsse rasch aufteilen resp. der spezifische Abfluss in der Ausbreitung rasch abnimmt. Diese generelle Feststellung führt zu verschiedenen konkreten Folgerungen:

- Die geschilderten Fälle sind relevant, da sie im Siedlungsgebiet insgesamt die Mehrheit bilden.
- Ohne DTM Variation wird der Wirkungsraum unterschätzt, jedoch die Häufigkeit in der Fläche überschätzt.
- Ohne DTM Variation wird die Häufigkeit am betrachteten Ort überschätzt.
- Da bei der Intensität das Maximum gewählt wird, ergibt sich gegenüber einer einmaligen Modellierung eine leichte Erhöhung, maximal um den Betrag der Variation.
- Mit der DTM Variation kann ungenügende DTM Qualität nicht kompensiert werden.

Hinsichtlich der Anwendung in der Gefahrenkartierung sind nachstehende Punkte hervorzuheben:

- Kleine Geländeänderungen mit Einfluss auf die Ausbreitung sind vorweggenommen.
- Bei Nachmodellierungen beeinflussen kleinste Veränderungen das Ergebnis. Mit der DTM Variation ist die Chance gross, dass „unbegründete“ Veränderungen bereits erfasst sind.
- Gefahrenverlagerungen, ermittelt an DTM ohne Variation, dürften oft Effekte aufzeigen, welche in der Variation statistisch gleichwertiger Ergebnisse enthalten sind und streng genommen keine Gefahrenverlagerungen darstellen.

Mit geeigneten Werkzeugen und Verfahren sind DTM-Variationen effizient ausführbar. Kurz gefasst sind solche Ergebnisse wesentlich robuster als Modellierungen auf einer unveränderlichen Oberfläche. Die Sensitivitätsanalyse zeigt zudem, dass Fragen nach der optimalen DTM-Qualität und generell der Umgang mit Unsicherheiten und Wahrscheinlichkeiten in der Praxis noch zu wenig präzise geklärt sind.

Siehe auch www.bart.ch unter Naturgefahren / Analysemethoden.

Hydrologische Grundlagen - Schnittstelle Gefahrenkarte / Hochwasserschutzprojekte

Simon Scherrer (Scherrer AG - Hydrologie und Hochwasserschutz, Reinach/BL, info@scherrer-hydrol.ch)
 Roger Frauchiger (Scherrer AG - Hydrologie und Hochwasserschutz, Reinach/BL, info@scherrer-hydrol.ch)

Einleitung

In der „Gefahrenkarte Wasser“ werden die gefährdeten Bereiche ausgewiesen und damit Hochwasserschutzdefizite aufgezeigt. Aufgrund dieser Beurteilung werden Hochwasserschutzmassnahmen geplant und baulich umgesetzt. Die hydrologischen Grundlagen der Gefahrenkarten, welche Aussagen über die Grösse von 30-, 100-, 300-jährlichen und das Extrem-Hochwasser (HQx) machen, spielen dabei eine zentrale Rolle. Eine Fehleinschätzung der HQx hat einerseits Einfluss auf das „Gesicht“ einer Gefahrenkarte und andererseits auf die spätere Planung und Umsetzung von Hochwasserschutzmassnahmen. Es wird aufgezeigt, wie bei einer Revision einer Gefahrenkarte die hydrologischen Grundlagen besser abgestützt werden können.

Standard-Schätzverfahren

Für die Gefahrenkarten (GK) müssen hydrologischen Grundlagen (HQx) hergeleitet werden, um die Hochwassergefährdung beurteilen zu können. Für diese Arbeiten wurden verschiedene bekannte Standardschätzverfahren zusammengestellt (BWG, 2003). Die beiden Verfahren HAKESCH für Einzugsgebiete < 10 km² und HQx_meso_CH für Einzugsgebiete

von 10 bis 200 km² liefern rasch die notwendigen Hochwasserabflüsse unterschiedlicher Jährlichkeit. Abbildungen 1a-c zeigen aber, wie stark die Ergebnisse der Abschätzungen streuen können. Welcher Wert für das betreffende Gebiet angemessen ist, kann kaum entschieden werden. Die Verfahren haben den Anspruch, schweizweit anwendbar zu sein. Daher verwundern die grossen Unsicherheiten nicht.

Übergang GK zur Planung von Hochwasserschutzmassnahmen

Abbildung 2 zeigt die Gefährdungssituation von Meilen (Böhringer, 2010). Für einen angemessenen Hochwasserschutz müssten demnach mit teuren Massnahmen in Millionenhöhe die Engpässe bei den Eindolungsstrecken vergrössert werden. Angesichts der Kosten stellte sich die Behörde die Frage, ob die gewählten HQx realistisch sind. Die Gemeinde liess daraufhin die hydrologischen Grundlagen überprüfen.

Historische Recherche zur Überprüfung der HQx

Am Dorfbach Meilen steht erst seit 2003

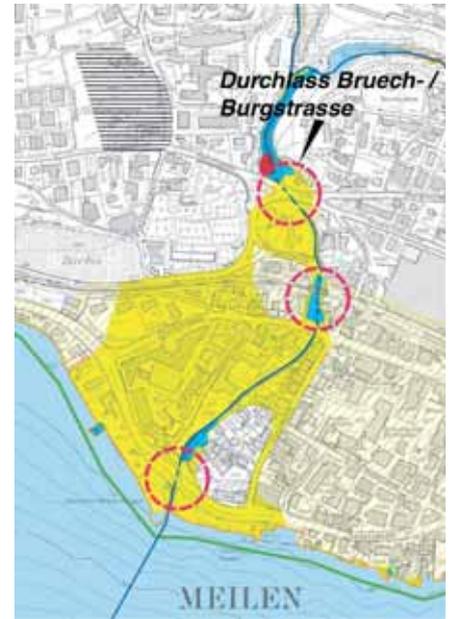


Abb.2: Ausschnitt aus der GK Meilen mit den rot eingekreisten Problemstellen (Eindolungsstrecken) (Böhringer AG, 2010).

eine Abflussmessstelle des AWEL Kt. ZH. Die Messungen sind nützlich, aber die Periode ist zu kurz für eine statistische Herleitung der HQx. Die Hochwassergeschichte wurde aufgearbeitet (Abb. 3) und der überblickbare Zeitraum damit vergrössert. Ausgehend vom Ereigniskataster der GK konnte die Hochwassergeschichte seit dem Ausbau des Dorfbachs in den 1940er-Jahren durch Archivdaten, Befragungen von Anwohnern und Gewährsper-

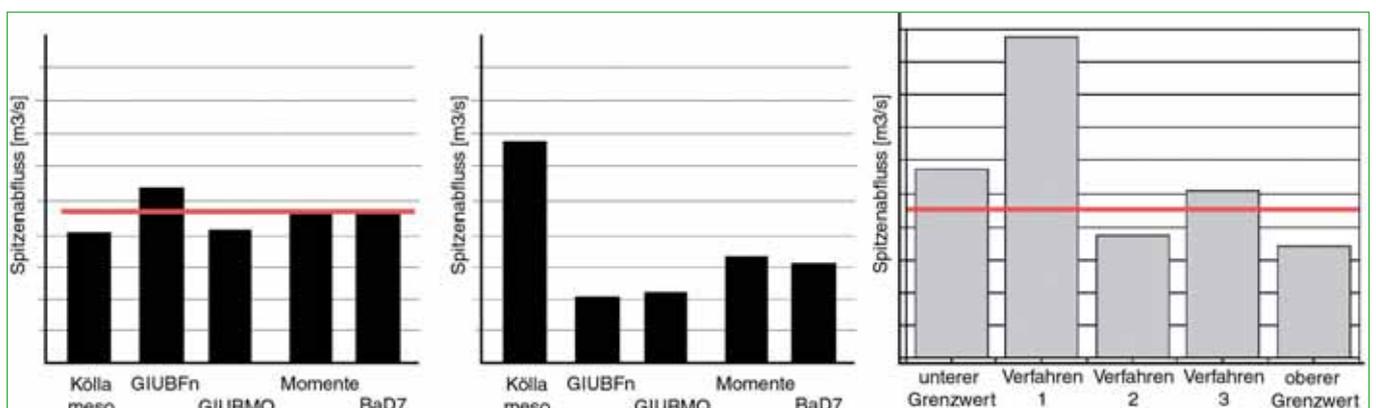


Abb.1: Schematisierte Ergebnisse der Schätzverfahren HQx_meso_CH und HAKESCH (BWG, 2003, leicht verändert).

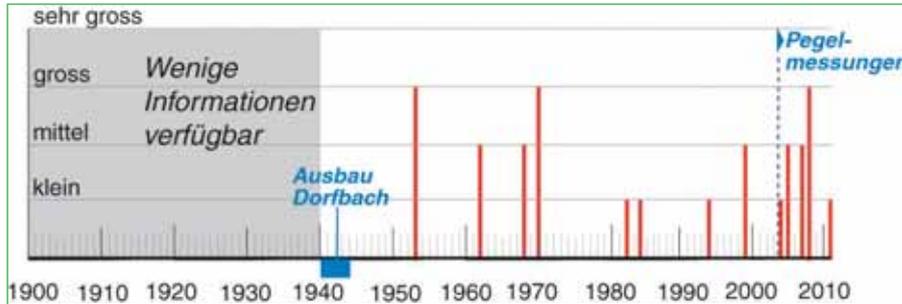


Abb. 3: Historische Hochwasser am Dorfbach Meilen seit 1940. Charakterisierung der Grösse einzelner Hochwasser anhand der untersuchten Quellen. (Klassierung der Hochwasser nach ihrer Grösse: kleine Hochwasser: $3 - 6 \text{ m}^3/\text{s}$; mittlere HW: $6 - 9 \text{ m}^3/\text{s}$; grosse HW: $9 - 12 \text{ m}^3/\text{s}$; sehr grosse HW: $> 12 \text{ m}^3/\text{s}$).

sonen, etc. aufgearbeitet werden.

Abbildung 3 zeigt die Hochwassergeschichte am Dorfbach. Die Grösse der einzelnen historischen Hochwasser konnten eingegrenzt werden und den seit 2004 vorhandenen Abflussmessungen gegenübergestellt werden. In den letzten 70 Jahren waren 3 grosse Hochwasser im Bereich von $9 - 12 \text{ m}^3/\text{s}$ aufgetreten (1953, 1972, 2008). Bei all den Hochwassern wurde dabei die Eindolung Bruech-/Burgstrasse (Abflusskapazität $16 \text{ m}^3/\text{s}$) nie eingestaut.

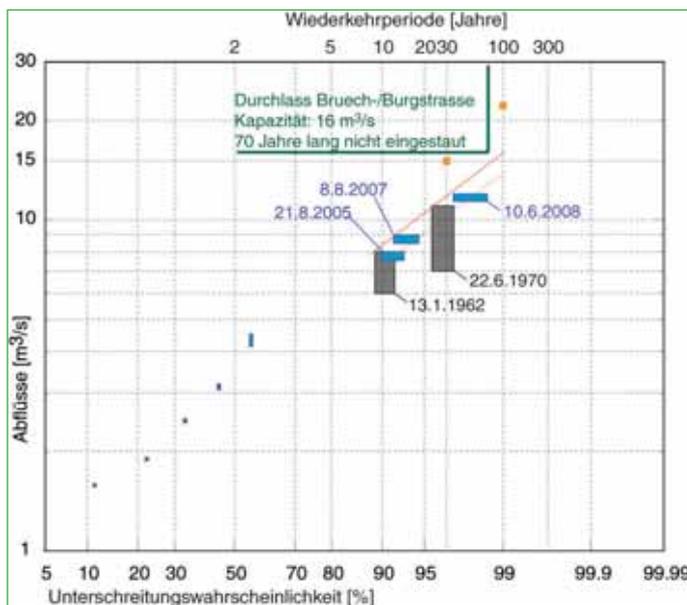


Abb. 4: Frequenzdiagramm des Dorfbachs in Meilen beim Pegel (5.1 km^2). Eingetragen sind die gemessenen Jahreshochwasser (2004 - 2011, blau) sowie die abgeschätzten Hochwasser der Jahre 1962 und 1970 (grau). Der Durchlass Bruech-/Burgstrasse mit einer Kapazität von $16 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde seit dem Bau vor ca. 70 Jahren nie eingestaut (grün). Die rote resp. rot gepunkteten Linien markieren die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit. Zum Vergleich dazu sind die HQx der Gefahrenkarte (HQ30 und HQ100) orange eingetragen.

Synthese aus Historie und Abflussmessungen

Die Ergebnisse der historischen Recherchen wurden im Frequenzdiagramm (Abb. 4) den Abflussmessungen seit 2004 gegenübergestellt. Das Hochwasser vom 10.6.2008 ($11.4 - 12 \text{ m}^3/\text{s}$) war das grösste oder nach dem Hochwasser vom 26.6.1953 das zweitgrösste (Ränge 1 - 2) der vergangenen 70 Jahre. Entsprechend wird diesem Ereignis eine Wiederkehrperiode von 35 - 70 Jahren zugeordnet. Das Hochwasser vom 22.6.1970 ($7 - 11 \text{ m}^3/\text{s}$) war kleiner als das Hochwasser vom

10.6.2008 und kleiner oder grösser als das Hochwasser vom 26.6.1953 (Ränge 2 - 3; Wiederkehrperiode 23 - 35 Jahre). In den vergangenen 70 Jahren erreichte der Dorfbach den für einen Einstau des Durchlasses Bruech-/Burgstrasse notwendigen Abfluss von $16 \text{ m}^3/\text{s}$ nie, ein Hochwasserabfluss mit einer Wiederkehrperiode von 70 Jahren ist folglich kleiner als $16 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Roten Linien zeigen den neuen Vor-

schlag der HQx. Aufgrund dieser Einschätzung erübrigten sich vorgesehene Hochwasserschutzmassnahmen.

Hydrologische Grundlagen und Revision der GK

Die Glaubwürdigkeit der GK steigt, wenn für die Planung der Hochwasserschutzmassnahmen dieselben Grundlagen verwendet werden können. Dies schafft Vertrauen in die Arbeit der Gefahrenkartierer aber auch in die verantwortlichen Behörden. Halten im Gegenzug die hydrologischen Grundlagen und die GK einer genaueren Überprüfung nicht stand, breitet sich Unbehagen bei Behörden, Planern und Anwohnern aus. Beim Beispiel des präsentierten Dorfbachs handelt es sich um keinen Einzelfall. HQx werden mit den Standardschätzverfahren oft überschätzt aber eine Unterschätzung des Risikos wurde in einzelnen Fällen auch schon beobachtet. Bei GK-Revision sollten daher die HQx-Werte einer genaueren Prüfung unterzogen werden. Dies kann mit historischen Recherchen geschehen, welche von den Schätzverfahren unabhängig sind. Zieht die Gefährdungssituation sehr teure Massnahmen nach sich, wären ohnehin detaillierte hydrologische Abklärungen sinnvoll.

Literatur

Böhringer AG (2010): Gefahrenkartierung Naturgefahren Zürichsee Rechts, Technischer Bericht und Kartenbeilagen. Im Auftrag des AWEL des Kt. ZH.

BWG (2003): Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten - Praxishilfe. Berichte des BWG, Serie Wasser - Rapports de l'OFEG, Série Eaux - Rapports dell'UFAEG, Serie Acque Nr. 4 - Bern 2003.

Scherrer AG (2012): Hochwasserabflüsse des Dorfbachs Meilen (Kt. ZH). Auftraggeber: Gemeinde Meilen. Bericht 12/163.

Gefahrengrundlagen im Dienste der kantonalen Gebäudeversicherungen

Markus Imhof (Interkantonaler Rückversicherungsverband IRV, Bern, markus.imhof@irv.ch)

Die KGV als Akteure und Nutzniesser der Gefahrenkartenprojekte

Kantonale Gebäudeversicherungen (KGV) sind in 19 der 26 Kantone tätig. Sie versichern rund 82 % des Schweizer Gebäudebestandes, entsprechend über 2.2 Mio. Gebäude mit einem Versicherungswert von insgesamt CHF 2'160 Mia. In den KGV-Kantonen besteht ein Versicherungsobligatorium mit Monopolstruktur, d.h. die Hauseigentümer sind verpflichtet, bei der Kantonalen Gebäudeversicherung ihres Kantons Versicherungsschutz zu erwerben. Im Gegenzug sind die KGV verpflichtet, alle in ihrem Hoheitsgebiet befindlichen Gebäude in ihren Versicherungsschutz aufzunehmen, und zwar unabhängig von deren räumlicher Risikoexposition, was eine für die Versicherungsnehmer nachteilige Bevorzugung «guter Risiken» ausschliesst.

Aufgrund dieser Vorgaben ist Elementarschadenprävention bei den KGV ein zentrales Thema: Durch die Monopolstruktur kommen ihnen (und ihren Versicherungsnehmern) die getätigten Präventionsaufwendungen direkt und uneingeschränkt zugute. Da Vorbeugemassnahmen zum Schutz von Gütern in der Regel kostengünstiger sind als die Vergütung eingetretener Schäden, liegen wirksame Präventionsmassnahmen im ureigenen Interesse der KGV. Sie können so den Mitteleinsatz zwischen Prävention und Schadenzahlungen risikosteuernd optimieren.

Entsprechend waren die KGV schon früh an den Gefahrenkartenprojekten interessiert und beteiligt: Etliche unterstützten die Projekte finanziell und stellten ihre Datengrundlagen (insbesondere Schadendaten) zur Verfügung. Einige KGV sind zudem Mitglied kantonalen Naturgefahrenkommissionen. Im Rahmen von

Baubewilligungsverfahren sind die KGV direkt an der Umsetzung der Gefahrenkarten beteiligt.

Bezüglich der realisierten Schadensumme sind Wassergefahren für die KGV der weitaus bedeutendste gravitative Gefahrenprozess (Abb. 1). Daher fokussieren sie ihre Präventionsanstrengungen stark auf diesen Bereich.

KGV und Bauvorhaben

Die KGV sind bestrebt, insbesondere Gebäudebesitzer bzw. die Bauherrschaft für die Naturgefahrenthematik zu sensibilisieren und stellen daher entsprechendes Informationsmaterial (Anleitungen, Ratgeber, Checklisten) zur Verfügung (www.schutz-vor-naturgefahren.ch). Eine Möglichkeit zur Schadenverminderung beizutragen, bietet sich den KGV im Rahmen des Baubewilligungsprozesses. Von Gesetzes wegen sind Gemeindeeigentümer bis zu einem gewissen Grad zur Schadenverhütung verpflichtet:

«Der Gebäudeeigentümer ist verpflichtet, alles Zumutbare zu unternehmen, um Schäden zu verhindern. Insbesondere muss er das Gebäude ordnungsgemäss unterhalten» (Art. 20 GVG Kt. SG). «Dazu gehören auch einfache Schutzvorkehrungen gegen versicherte Elementargefahren» (Art. 32 VzGVG Kt. SG).

Für Bauvorhaben in Gefahrenzonen ist – sofern ein Schutzdefizit vorliegt – ein Hochwasserschutznachweis zu erbringen. Hierbei stehen die Naturgefahrenexperten der KGV der Bauherrschaft beratend zur Seite. Da für Flächenschutzmassnahmen in erster Linie Bund und Kantone zuständig sind, konzentrieren sich die Anstrengungen der KGV auf den Objektschutz. Für entsprechende Massnahmen an bereits bestehenden Gebäuden bieten die KGV kostenlose Beratung an und leisten unter gewissen Bedingungen finanzielle Unterstützung. So beteiligt sich beispielsweise die Aargauische Gebäudeversicherung mit bis zu 40 % an den Kosten freiwilliger baulicher Objektschutzmassnahmen und schafft damit einen Anreiz, entsprechende Massnahmen vorzunehmen.

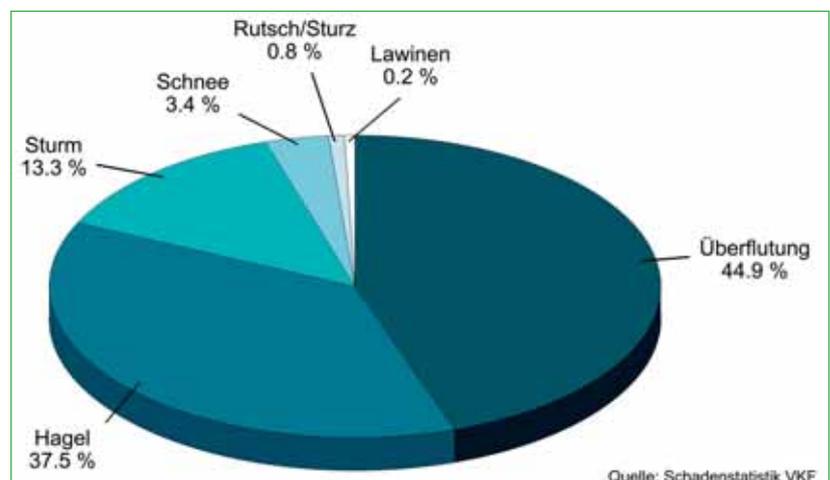


Abb. 1: Relative Anteile der Elementarschadenkategorien bezüglich der Gebäudeschadenhöhe über alle KGV im Zeitraum 2003 – 2012, indiziert anhand der Versicherungssumme. Hochwasser / Überflutung ist demnach der bei weitem wichtigste gravitative Schadenprozess.

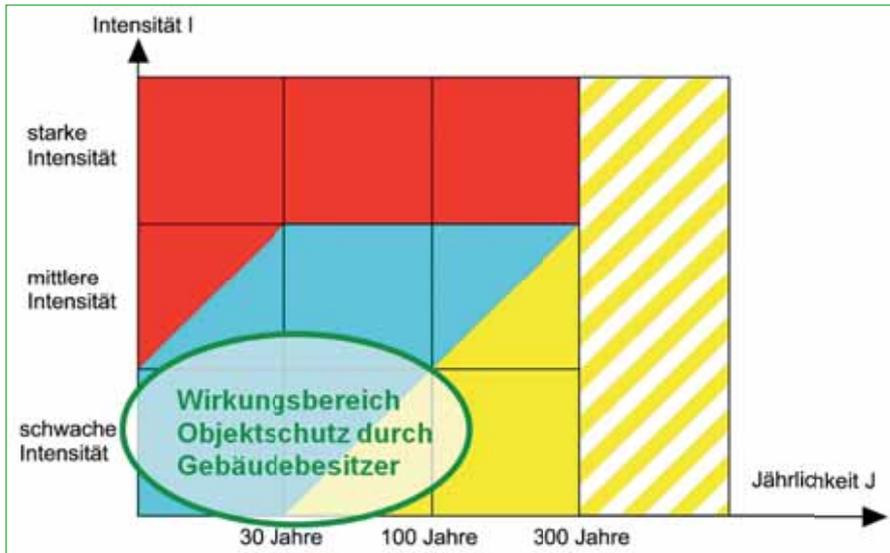


Abb.2: Gefahrenstufendiagramm mit hauptsächlichem Wirkungsbereich von Objektschutzmassnahmen.

Was bringt Objektschutz?

«Objektschutz ist als Ergänzung zum Flächenschutz zu verstehen» (BAFU, 2012). Im allgemeinen sind Objektschutzmassnahmen vorwiegend für im linken unteren Bereich des Gefahrenstufendiagramms angesiedelte Ereignisse schwacher Intensitäten und kurzer Wiederkehrperioden wirksam und wirtschaftlich sinnvoll (Abb. 2). Dennoch ist das Potenzial für Objektschutzmassnahmen beträchtlich,

da die Anzahl gefährdeter Gebäude insbesondere in der gelben Gefahrenzone bedeutend ist (Abb. 3). In der Periode 2003 – 2012 vergüteten die KGV für jeden Gebäudeschaden durch wasserbedingte Gefahrenprozesse (statische und dynamische Überflutung, Ufererosion, Übersarung, Übermürung) im Schnitt rund CHF 12'000.- (netto, d.h. nach Abzug des Selbstbehaltes). Dies macht die Anstrengungen der KGV zugunsten wirksamer Schutzmassnahmen verständlich.

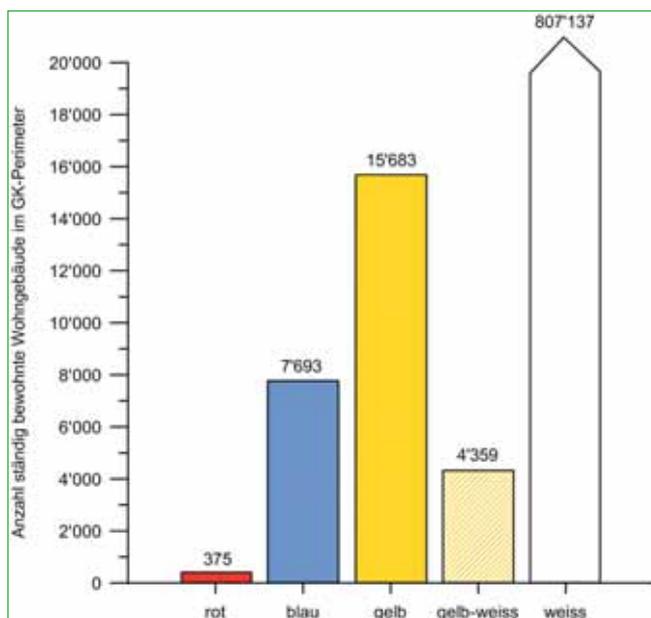


Abb.3: Anzahl ständiger Wohngebäude pro Gefahrenzone im Gefahrenkartenperimeter des Kantons Bern, Prozessbereich «Wassergefahren» (nach: Ryter & Pfammatter, 2014).

Gefahrengrundlagen: Ausgangsbasis für Objektschutz-Beratungen

Für die Beratung bei Objektschutzmassnahmen bieten Ereigniskataster und Gefahrenkartendossiers eine unentbehrliche Grundlage. Einerseits liefern sie wertvolle Informationen zur Art und Dimensionierung

vorzuziehender Massnahmen, andererseits bilden sie ein neutrales und überzeugendes Kommunikationsmittel in der Diskussion mit den Gebäudebesitzern: Der Berater kann anhand früherer Ereignisse die Gefährdungssituation belegen und mittels Intensitäts- und Gefahrenkarte veranschaulichen. So stellen sich die Berater der Gebäudeversicherung Zürich vor ihrem Kundenbesuch auf dem kantonalen GIS-Portal (www.maps.zh.ch) jeweils ein massgeschneidertes Beraterset bestehend aus Gefahren- und Fliesstiefenkarten zusammen und rufen den zugehörigen Technischen Bericht ab. Damit ausgerüstet sind sie in der Lage, der Kundschaft geeignete Objektschutzmassnahmen vorzuschlagen. Für Fragestellungen zur Dimensionierung und der technischen Ausführung stehen ihnen zudem die beiden VKF-Wegleitungen «Objektschutz Naturgefahren» (Egli, 2005, 2007) zur Verfügung.

Literatur

Ryter U. & Pfammatter, Ch. (2014): Naturgefahren im Kanton Bern. Eine Analyse der gefährdeten Gebiete und Schadenpotenziale sowie der daraus abgeleiteten Risiken. Arbeitsgruppe Naturgefahren des Kantons Bern (Hrsg.); Interlaken. 41 S.

BAFU (2012): Aufgabenteilung zwischen Versicherungen und der öffentlichen Hand im Bereich Naturgefahren. Zusammenfassender Bericht; Bern. 35 S.

Egli, T. (2005): Wegleitung Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren. Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (Hrsg.); Bern. 109 S.

Egli, T. (2007): Wegleitung Objektschutz gegen meteorologische Naturgefahren. Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (Hrsg.); Bern. 146 S.

20 Jahre Gefahrenbeurteilung - Bilanz und Lehren für die Zukunft aus Sicht des Bundes

Roberto Loat (Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, roberto.loat@bafu.admin.ch)

Gefahrenbeurteilung hat Tradition

Die Gefahrenbeurteilung hat in der Schweiz eine lange Tradition. Bereits nach dem verheerenden Lawinenwinter 1950/51 wurden erste Gefahrenkarten für Lawinen (Gadmen 1954, Wengen 1960) erstellt. Seit 1979 verpflichtet das Bundesgesetz über die Raumplanung (RPG) die Kantone, die durch Naturgefahren erheblich bedrohten Gebiete festzustellen. Die ersten Richtlinien und Standards zur Beurteilung von Naturgefahren wurden 1984 als „Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten“ vom damaligen Bundesamt für Forstwesen publiziert. Kernstück dieser Publikation ist das Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramm, das die Gefährdung in Abhängigkeit der Intensität und der Wahrscheinlichkeit ausdrückt. Die drei Gefährdungsstufen werden mit den Farben rot, blau und gelb dargestellt. Diese Richtlinie ist für die Lawinen bis heute gültig.

Mit der Revision der Bundesgesetze über den Wasserbau (WBG) und über den Wald (WaG) sowie dem Inkrafttreten der beiden zugehörigen Verordnungen im Jahr 1994 ist der Auftrag zum Erarbeiten von Gefahrengrundlagen wie Ereigniskataster und Gefahrenkarten konkretisiert worden. Beide Gesetze verlangen, dass die Kantone:

- Gefahrenkarten für alle gravitativen Prozesse (Hochwasser, Lawinen, Rutschungen und Sturzprozesse) erarbeiten und
- sie bei ihrer Richt- und Nutzungsplanung berücksichtigen.

1997 haben das damalige Bundesamt für Wasserwirtschaft BWW, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL und das

Bundesamt für Raumplanung BRP dann die zwei Empfehlungen zur Berücksichtigung der Hochwassergefahren, resp. Massbewegungsgefahren, bei raumwirksamen Tätigkeiten publiziert. Diese Empfehlungen übernahmen und adaptierten die Lawinenstandards von 1984 für alle anderen gravitativen Naturgefahrenprozesse.

Ziele weitgehend erreicht

Spätestens ab 1997 haben alle Kantone mit der Gefahrenkartierung begonnen oder zumindest Pilotprojekte gestartet. Im Bereich Lawinen war zu diesem Zeitpunkt die Kartierung bereits weit fortgeschritten. Bis 2005 lagen schweizweit erst rund 30% der Gefahrenkarten für Hochwasser-, Rutsch- und Sturzprozesse vor. Unter dem Eindruck der verheerenden Unwetterereignisse vom August 2005, welche die halbe Schweiz betroffen haben, hat der Bund den Druck auf die Kantone zur schnelleren Fertigstellung der Gefahrenkarten erhöht und ihnen eine Frist bis 2011 gesetzt.

Das Ziel 2011 konnte nicht ganz erreicht werden. Heute, 20 Jahre nach dem Inkrafttreten der Wasserbau- und Waldverordnung, ist jedoch die Erstkartierung aller Gefahrenprozesse praktisch abgeschlossen:

- > 90% der Gefahrenkarten sind erarbeitet
- > 66% sind in den Nutzungsplänen umgesetzt

In Zukunft wird das Schwergewicht bei der Überprüfung und Nachführung der bestehenden Gefahrenkarten liegen und bei der Erfassung bisher nicht kartierter Gebiete (z.B. entlang von Verkehrsachsen oder weniger dicht besiedelter Gebiete). Eine grosse Bedeutung

kommt auch der Beurteilung bisher vernachlässigter Gefahrenarten wie Oberflächenabfluss oder Grundwasseraufstoss zu.

Obschon sich die Prozesskenntnisse über die Jahre verbessert haben, leistungsfähigere Methoden und Tools vorhanden sind oder bessere Grundlagendaten zur Verfügung stehen, sind bis heute bei der Gefahrenbeurteilung viele Fragen noch offen, z.B. bezüglich:

- Szenarienbildung (z.B. bei Prozessverkettungen, Schwellenprozesse, Prozesswechsel)
- Prozessverständnis (z.B. Ufererosion)
- Einschätzung von Wahrscheinlichkeit und Intensität
- Umgang mit Unsicherheiten und Unschärfen
- Nachvollziehbarkeit der Beurteilung

Trotz diesen Problemen hat die Ereignisanalyse der Unwetter von 2005 ergeben, dass in über 90% der Gefahrenkarten die vom Ereignis betroffenen Gebiete vollständig und zutreffend erfasst waren. Dort wo es Abweichungen gab, wurden meist die Intensitäten unterschätzt oder die Prozesse nicht richtig erkannt. Auch die Analyse der Ereignisse 2007 oder 2013 in verschiedenen Regionen der Schweiz haben ähnlich gute Resultate gezeigt. Diese Ergebnisse helfen insbesondere auch die Akzeptanz der Gefahrenkarten zu verbessern.

Probleme bei der Umsetzung

Weniger gut sieht es bei der Umsetzung der Gefahrengrundlagen aus. Sich konkurrierende Interessen und fehlendes Know-how führen des Öfteren zu suboptimalen Lösungen. Als Stichworte können genannt werden:

- Lokalpolitik: Druck zu optimistischen An-

nahmen bei der Gefahrenbeurteilung

- Projekte: Druck zu pessimistischen Annahmen zwecks besserem Wirtschaftlichkeitsindex (EconoMe)
- Umgang mit den Farben rot und gelb, bzw. gelb-weiss in der Raumplanung (strenge Handhabung von rot und keine risikosenkende Massnahmen in gelb und gelb-weiss)
- geringe Akzeptanz wenn Gefahrenstufe nach Neubeurteilung verschärft oder Gefahrengebiete ausgedehnt werden
- unkontrollierte Nutzungsintensivierung und wieder steigende Risiken nach getroffenen Schutzmassnahmen
- offene Fragen beim Umgang mit Unsicherheiten und Unschärfen bei der Umsetzung

Die Erfahrungen zeigen, dass den Gefahrenkarten als fachtechnische Grundlage aufgrund der bereits vorweggenommenen Empfehlungen für die raumplanerische Umsetzung eine zu grosse Bedeutung zukommt. Dies verursacht einen unzulässigen Druck auf die Naturgefahrenexperten, welche Gefahrenbeurteilungen durchführen. Die Gefahrengrundlagen sollen die bestehende Gefahrensituation aufzeigen und dürfen nicht durch Partikulärinteressen beeinflusst werden.

Die Erfahrungen zeigen auch, dass die Schäden primär von der Nutzung und weniger vom Grad der Gefährdung abhängig sind. So treten hohe Schadenssummen häufig auch in gelben oder gelb-weissen Gefahrengebieten auf. Die Gefahrenkarten sagen nichts über die Höhe der Risiken aus. Daraus folgt, dass die bisher praktizierte „1 zu 1“ Umsetzung der Gefahrenkarten in die Nutzungsplanung nach dem Motto rot = Bauverbot, blau = Gebot und gelb, resp. gelb-weiss = Hinweissbereich so nicht zielführend ist, um die Risiken langfristig zu steuern. Eine risikobasierte Raumplanung,

welche bestehende Risiken reduziert und neue untragbare Risiken verhindert, ist die beste Vorbeugung. Das heisst, Auflagen sind für alle Gefahrenstufen vorzusehen!

Von der Gefahren- zur Risiko-beurteilung

Ursprünglich diente die Gefahrenbeurteilung und die daraus abgeleitete Gefahrenkarte primär raumplanerischen Zwecken. Mit den Jahren wurden die Gefahrenkarten zusätzlich auch für die Notfallplanung, den Objektschutz, für Risikoabschätzungen etc. verwendet, obwohl sie dafür nicht vorgesehen waren und für diese Zwecke auch nicht sonderlich gut geeignet sind.

Seit einigen Jahren stehen nun die Intensitätskarten als zentrales Produkt der Gefahrenbeurteilung im Zentrum. Sie dienen nicht nur der Erstellung von Gefahrenkarten, sondern eignen sich auch als Grundlage für planerische, technische oder organisatorische Massnahmen.

Will man aber künftig die Risikoentwicklung steuern und Schäden wirkungsvoll reduzieren, so muss der Fokus stärker auf die Raumnut-

zungen und das damit verbundene Schadenpotenzial gerichtet werden. Bestehende Risiken müssen ermittelt und sichtbar gemacht werden. Dazu reichen Gefahrenbeurteilungen nicht aus. An deren Stelle sind Risikobeurteilungen vorzunehmen (s. Abb. 1). Aus der Erfassung und Bewertung der Risiken leiten sich der Handlungsbedarf und die Prioritäten ab. Durch eine umfassende und integrale Massnahmenplanung, bei der verstärkt auch raumplanerische und organisatorische Massnahmen einbezogen werden, kann die Risikoentwicklung wirkungsvoll gesteuert werden. Die Risikobeurteilung steht somit im Zentrum des Integralen Risikomanagements IRM!

Ausblick

Bis heute ist die Gefahrenprävention stark auf die Reduzierung der Gefahren ausgerichtet. Die zunehmend hohen Kosten für den Unterhalt der bestehenden Schutzbauten, die Unsicherheiten bezüglich den Folgen des Klimawandels oder auch die Erkenntnis, dass der Schutz vor Naturgefahren nicht nur eine Aufgabe der Naturgefahrenverantwortlichen ist, sondern eine Verbundaufgabe mit zahlreichen Akteuren ist, führen dazu, dass sich das BAFU in Zusammenarbeit mit den Kantonen,

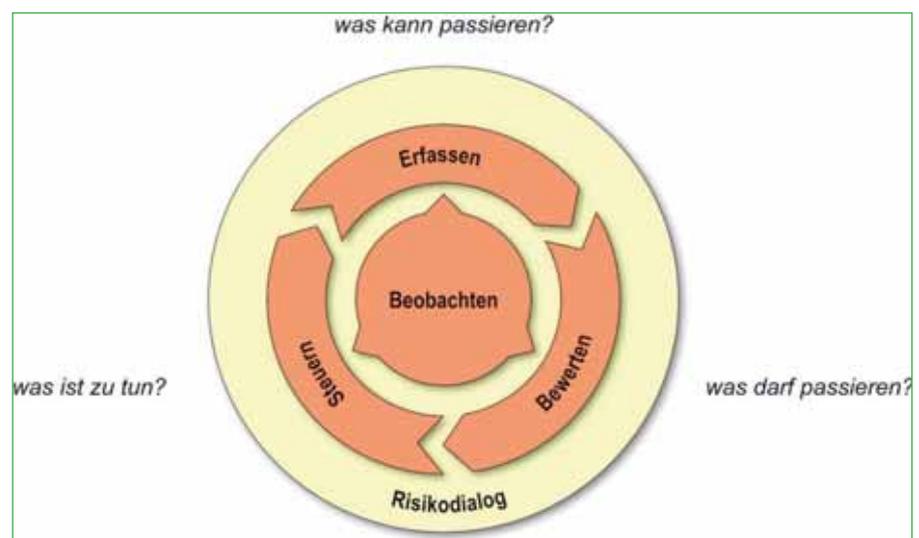


Abb.1: Risikomanagement ist die laufende systematische Erfassung und Bewertung von Risiken sowie die Planung und Realisierung von Massnahmen zur Reaktion auf festgestellte und künftig mögliche Risiken (Steuern der Risiken).

Versicherungen und weiteren Partnern grundlegende Gedanken über die Zukunft der Gefahrenprävention machen.

Diese Gedanken und Überlegungen fliessen in den Bericht „Naturgefahren Schweiz“ ein. Dieser ist die Antwort auf das Postulat 12.4271 von Nationalrat Christophe Darbellay vom 14. Dezember 2012. Im Bericht werden der Umgang mit Naturgefahren in der Schweiz und laufende Aktivitäten analysiert. Es wird der Handlungsbedarf aufgezeigt sowie geprüft, inwieweit Verbesserungsmassnahmen für den ganzheitlichen Umgang mit Naturgefahren unter Berücksichtigung zukünftiger Herausforderungen zweckmässig sind. Notwendige Anpassungen an den gesetzlichen Grundlagen werden vorgeschlagen. Dies betrifft vor allem die Einführung des Risikobegriffs und der Grundlagen des integralen Risikomanagements.

Parallel zum Bericht zum Postulat Darbellay läuft das Projekt „Aufgabenteilung zwischen

Versicherungen und der öffentlichen Hand im Bereich Naturgefahren“. Getragen wird das Projekt durch das BAFU in Zusammenarbeit mit dem Schweizerischen Versicherungsverband (SVV), der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) / Interkantonalen Rückversicherungsverband (IRV), dem Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA) und der eidgenössische Finanzmarktaufsicht (FINMA).

Gemeinsam wurde ein Massnahmenpaket mit neun prioritären Massnahmen definiert, welche in den nächsten drei Jahren umgesetzt werden sollen:

1. Entwicklung eines Prozesses zur risikobasierten Projektzieldefinition
2. Risikodialog PLANAT fördern, bekanntmachen und umsetzen
3. Einführung der Erdbebenversicherung
4. Gemeinsames Ausbildungskonzept unter Einbezug der Bildungsinstitutionen erstellen
5. Koordinationsplattform „Zusammenar-

beit öffentliche Hand und Versicherungen im Bereich Naturgefahren“

6. Aufbau einer gesamtschweizerischen GIS-Plattform zu Naturgefahren und Risiken
7. Behördenverbindliche Abstimmung von Flächenschutzmassnahmen und Siedlungsentwicklung im Richtplanverfahren, eigentümerverbindliche Umsetzung der Naturgefahrenkarten im Nutzungsplanverfahren.
8. Naturgefahrenberechtigtes Bauen muss Pflicht werden d.h. eingefordert und kontrolliert werden
9. Anreizsysteme für die Förderung von Objektschutzmassnahmen flächendeckend schaffen

Ziel all dieser Aktivitäten ist es, die Gefahrenprävention breiter abzustützen, einen bewussten Umgang mit Risiken zu fördern und nachhaltige und tragbare Lösungen für die Zukunft zu finden.

Abbildung Rückseite:

Schäden und Folgen des Unwetters im August 2005, welche v.a. durch Hangmuren und Sekundärsturprozesse im «Chilewald» ausgelöst wurden. Südhang der Rigi, Ortsrand von Weggis LU. Foto: K. Louis, September 2005.

