Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Umwelt BAFU
Abteilung Gefahrenprävention

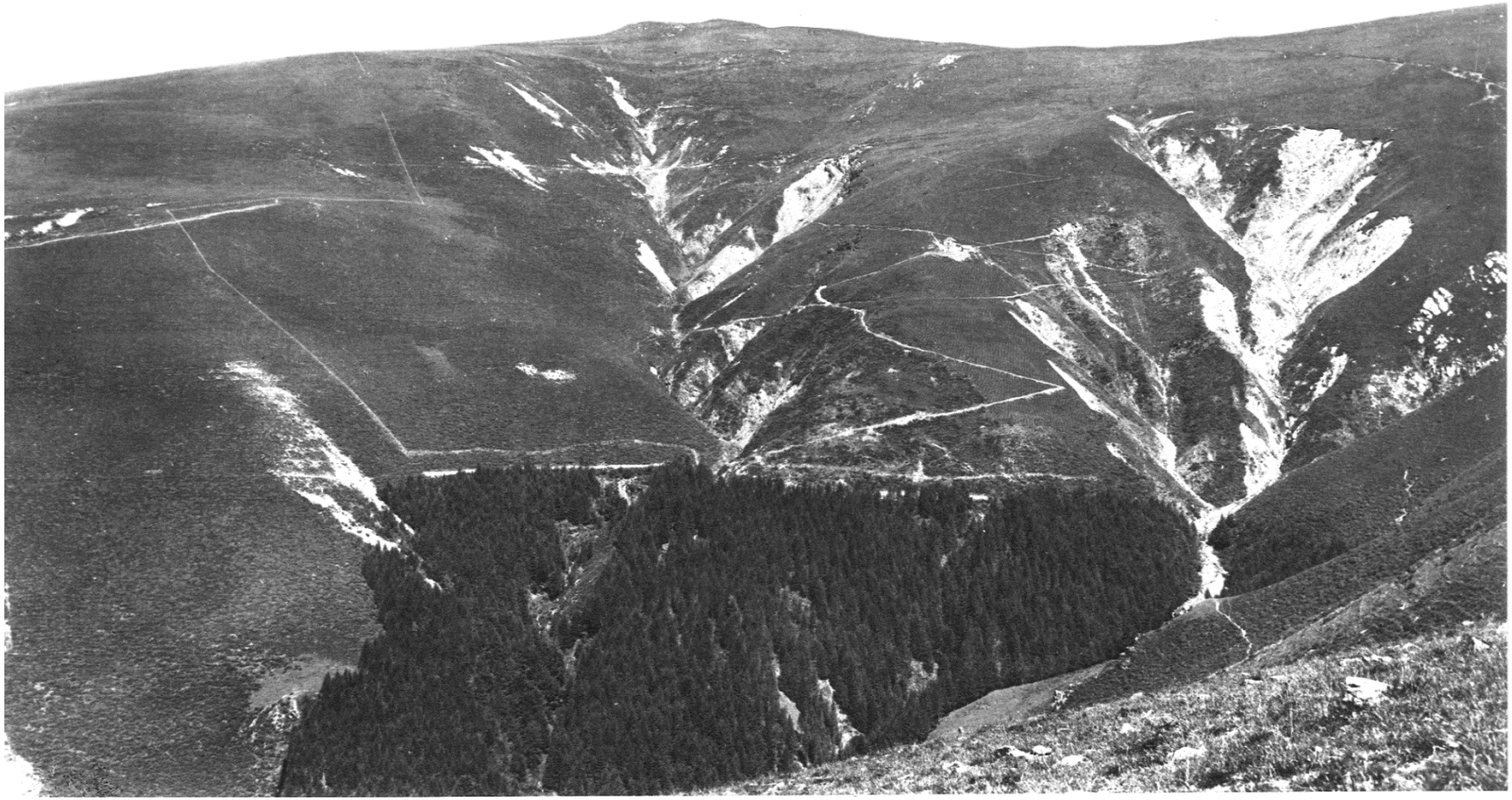
Spontane Rutschungen und Hangmuren – eine Herausforderung für die Beurteilung und Massnahmenplanung

FAN-Herbstkurs 2019

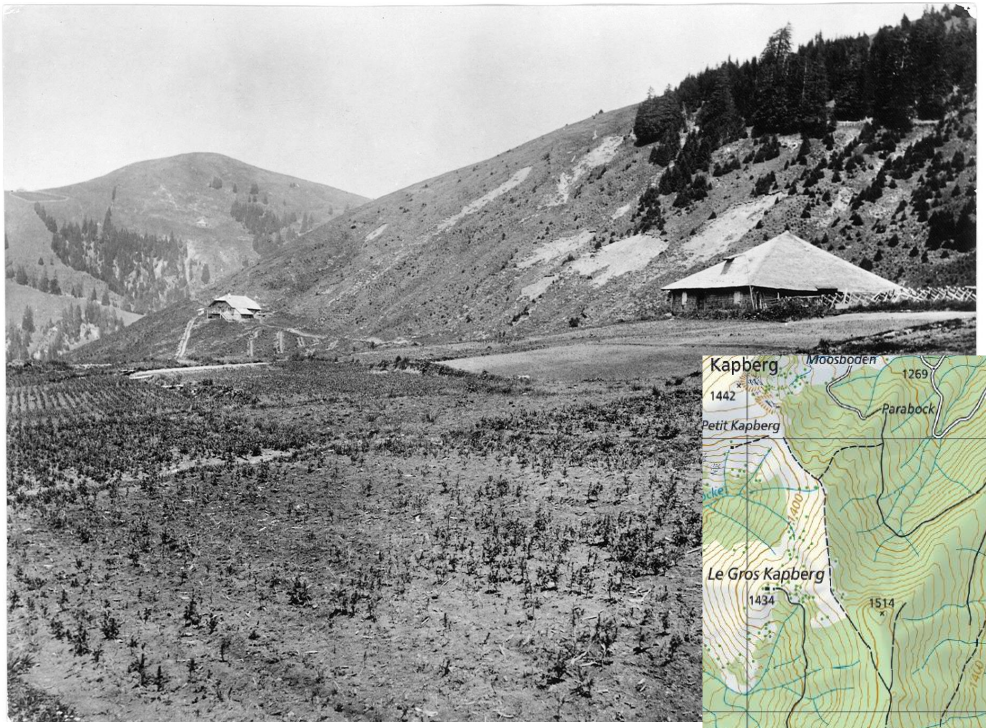
Höllbach, Kt. Fribourg, 1899

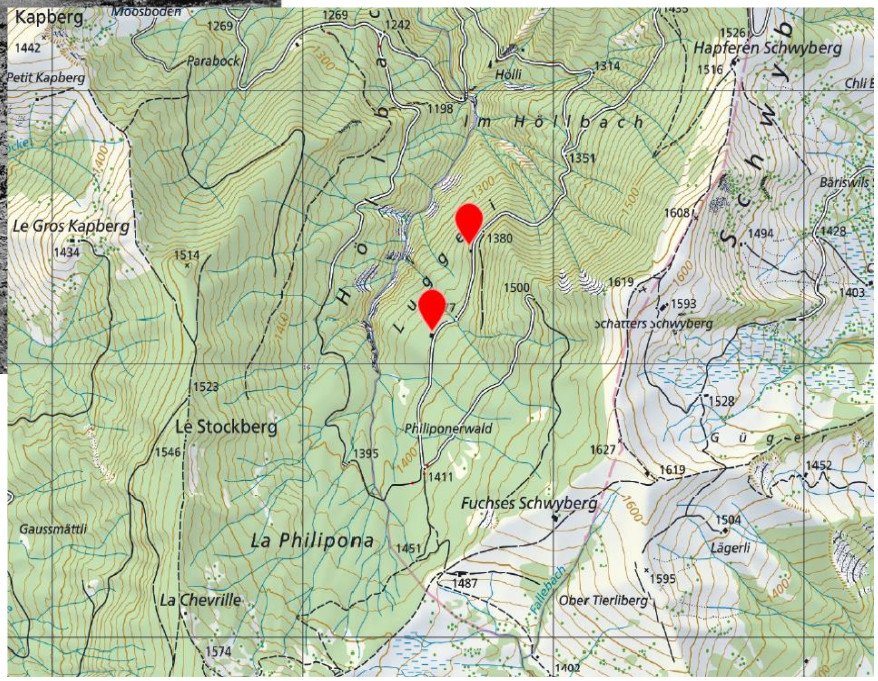
Gangbach, Kt. Uri, 1911

Val Colla, Kt. Tessin, 1943



Höllbach, Kt. Fribourg





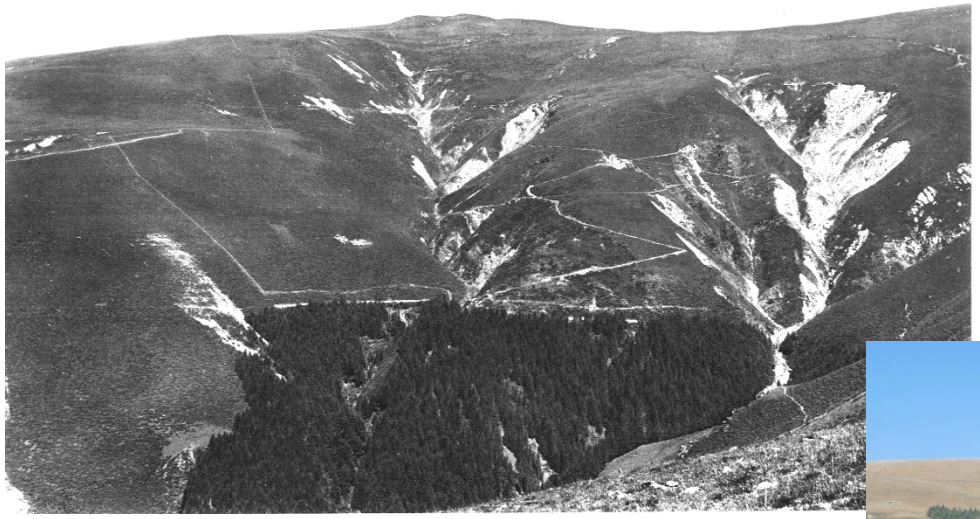
1899 Photo: ?

Gangbach, Kt. Uri

1911 Photo: Eidg. Oberforstdirektion

1981 Photo: A. Sandri

Val Colla, Kt. Tessin



1943 Photo: Eidg. Oberforstdirektion

2018 Photo: S. Mariotta

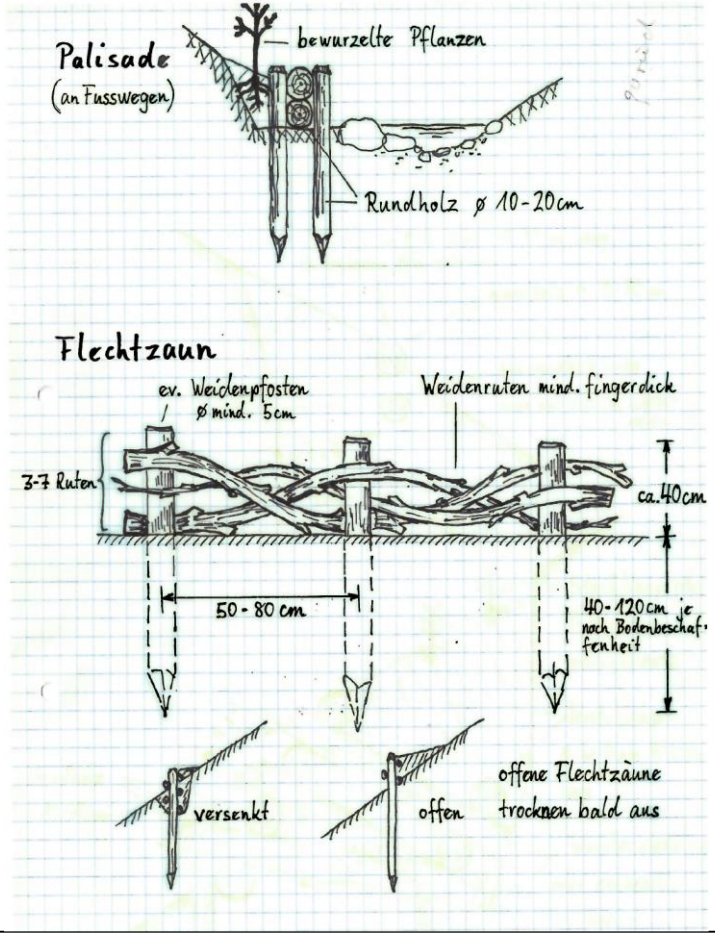
Historischer Kontext

- Spontane Ruschungen und Hangmuren waren noch vor 100 Jahren in CH in vielen Einzugsgebieten ein Massenphänomen.
- Da sie sich häufig zu Erosionsrutschgebieten («Verrüfung») weiterentwickelten, wurden sie als wichtigste Geschiebequelle bei Hochwasser angesehen.

➔ Spontane Rutschungen und Hangmuren führten zusammen mit den häufigen Hochwassern Ende des vorletzten Jahrhunderts zur Wasserbaupolizei-Forstpolizei-Gesetzgebung

Historischer Kontext

Der Fokus lag damals auf Massnahmen zum Schutz des Lebensraumes ➔ «Rüfenverbau»



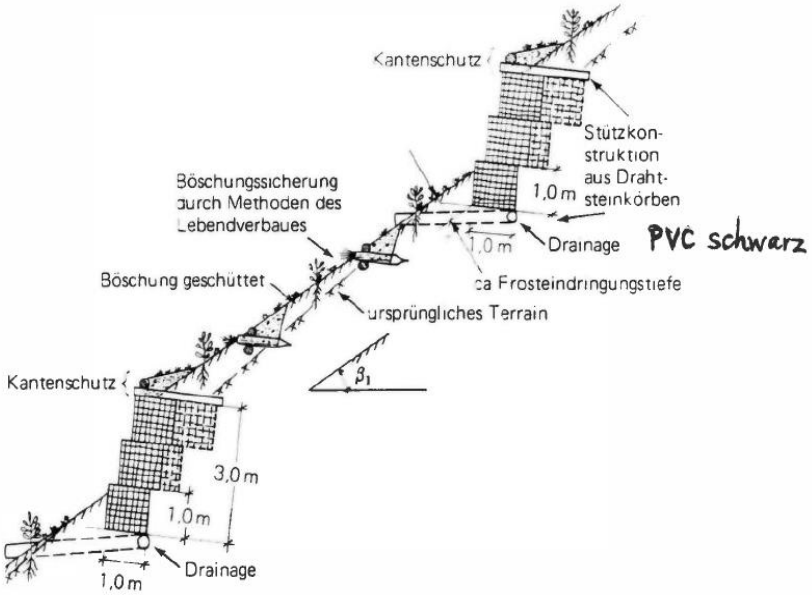
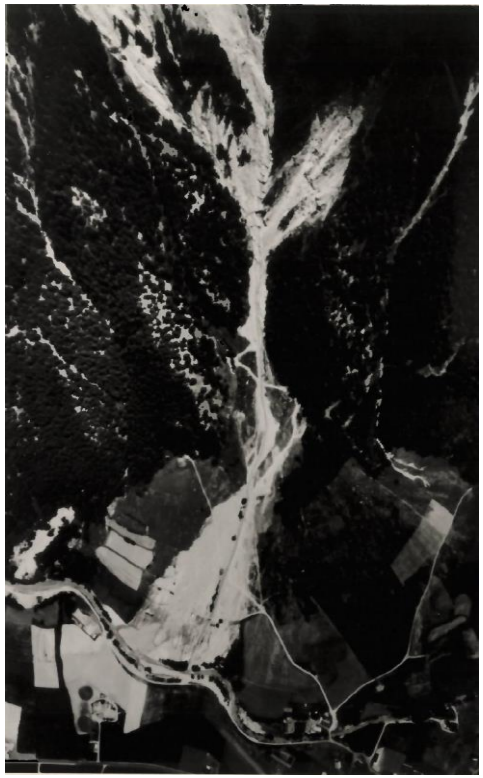


Abbildung 6. Detail der Hangsanierung mit kombiniertem technischen Verbau und Lebendverbau.

Ereignisse 1977 Schächental und 1984 Val Müstair/Vintschgau

Spontane Rutschungen und Hangmuren sind bei entsprechenden Starkniederschlägen weiterhin ein Massenphänomen. Ein vertieftes Prozessverständnis fehltl!



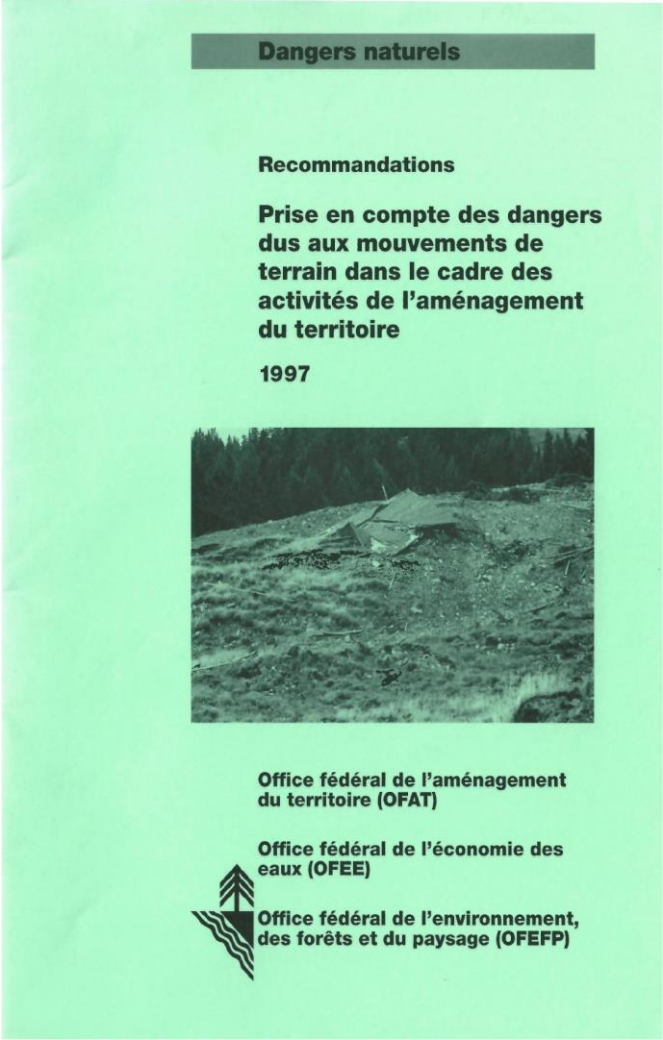
Ursachenanalyse Hochwasser 1987 Teilprojekt Oberflächenerosion

- Wie gross ist der Anteil an der gesamten Feststoff-produktion, der aus Oberflächenerosion stammt?
- Kann eine Wirkung des Waldes auf das Entstehen von Flächen- und Rillenerosion festgestellt werden?

Untersuchungsgebiete: Val Bedretto, Obergoms, Urserental, Rigi-Nordlehne, Fideris, Alptal, Gersau, Grosses Melchtal, Wartau

- ➢ Anteil an Feststoffproduktion hängt stark von der Bodenart ab. Klein in kristallinen Gebieten, gross in tonhaltigen, rutschungsempfindlichen Böden.
- ➢ Geschlossene Vegetationsdecke kann vor Ober-flächenerosion schützen; keine Ereignisse 1987 im Hochwald.

Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren… 1997



Probabilité		Période de retour
qualificatif	exemple sur une période d'utilisation de 50 ans	période de retour comme indication de la probabilité en années
élevée	100 à 82 %	1 à 30
moyenne	82 à 40 %	30 à 100
faible	40 à 15 %	100 à 300

Phénomène	Intensité faible	Intensité moyenne	Intensité forte
Chute de pierres/ Chute de blocs	E ≤ 30 kJ	30 < E < 300 kJ	E > 300 kJ
Eboulement/ Ecroulement	—	—	E > 300 kJ
Glissement de terrain	v: ≤ 2 cm/an	v: dm/an (> 2 cm/an)	Forts mouvements différentiels; v > 0.1 m/j pour les glissements superficiels; déplacement > 1m par événement
Coulée de terre			
potentielle	e < 0.5 m	0.5 m < e < 2 m	e > 2 m
réelle	—	h < 1m	h > 1m
Tassement	—	présence de dolines	—

E: énergie cinétique; e: épaisseur de la couche mobilisable; h: épaisseur du dépôt de la coulée de terre; v: vitesse de glissement moyenne à long terme.

Eintretenswahrscheinlichkeit von spontanen Rutschungen / Hangmuren

Mit welcher Wahrscheinlichkeit eines Schadens ist innerhalb einer bestimmten Nutzungsperiode zu rechnen?

Wahrscheinlichkeit		Wiederkehrperiode
verbal	am Beispiel einer Nutzungsperiode von 50 Jahren	Wiederkehrperiode als Mass für die Wahrscheinlichkeit in Jahren
hoch	100 bis 82 %	1 bis 30
mittel	82 bis 40 %	30 bis 100
gering	40 bis 15 %	100 bis 300

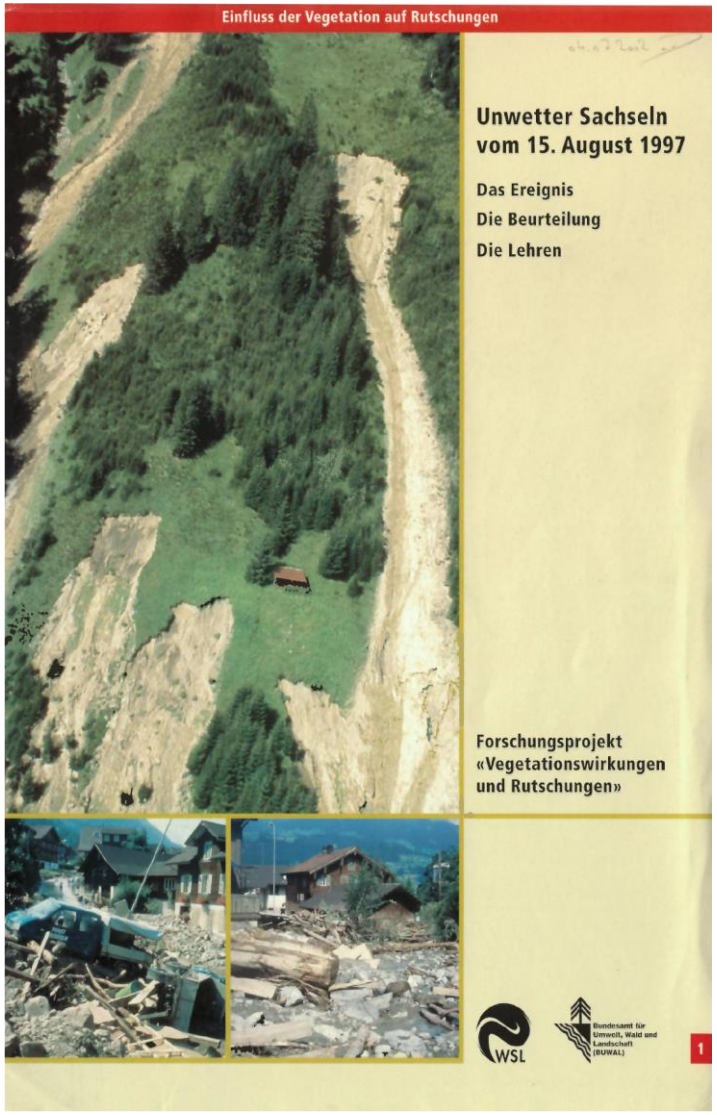
Als Mass für die Beurteilung der Eintretenswahrscheinlichkeit wird von der Disposition eines Hanges zur Bildung einer spontanen Rutschung / einer Hangmure ausgegangen.

Intensität von Hangmuren

- Starke Intensität: Menschen und Tiere sind auch innerhalb von Gebäuden gefährdet; mit erheblichen Schäden an Gebäuden bis zur plötzlichen Zerstörung ist zu rechnen.
  Anrissmächtigkeit M > 2 m oder
  Ablagerungsmächtigkeit h > 1 m

➢ Im allgemeinen besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Schichtmächtigkeit und dem umgelagerten Volumen. Bei Schichtmächtigkeiten unter 0.5 m wird eine Zuordnung zur schwachen Intensität vorgeschlagen.

Sachseln, 15. August 1997



- Rund 400 oberflächen-nahe Rutschungen
- 60’000 m3 Geschiebe
- 5’000 m3 Schwemmholz
- Niederschlagsmenge > 80 mm/2 Std.
- Hangneigungen 28° < 39° > 45°
- Geologie: entscheidend war Art der Lockerge-steine
- Waldzustand entscheid-end für Rutschhäufigkeit

Unwetter 2002, Napfgebiet und Appenzell

- 90% der Rutschungen weisen ein Volumen von weniger als 300 m3 auf

- Intensität nach Mächtigkeit der mobilisierbaren Schicht muss überdacht werden (3 Todesopfer in Wohnhaus bei M < 2.0 m)

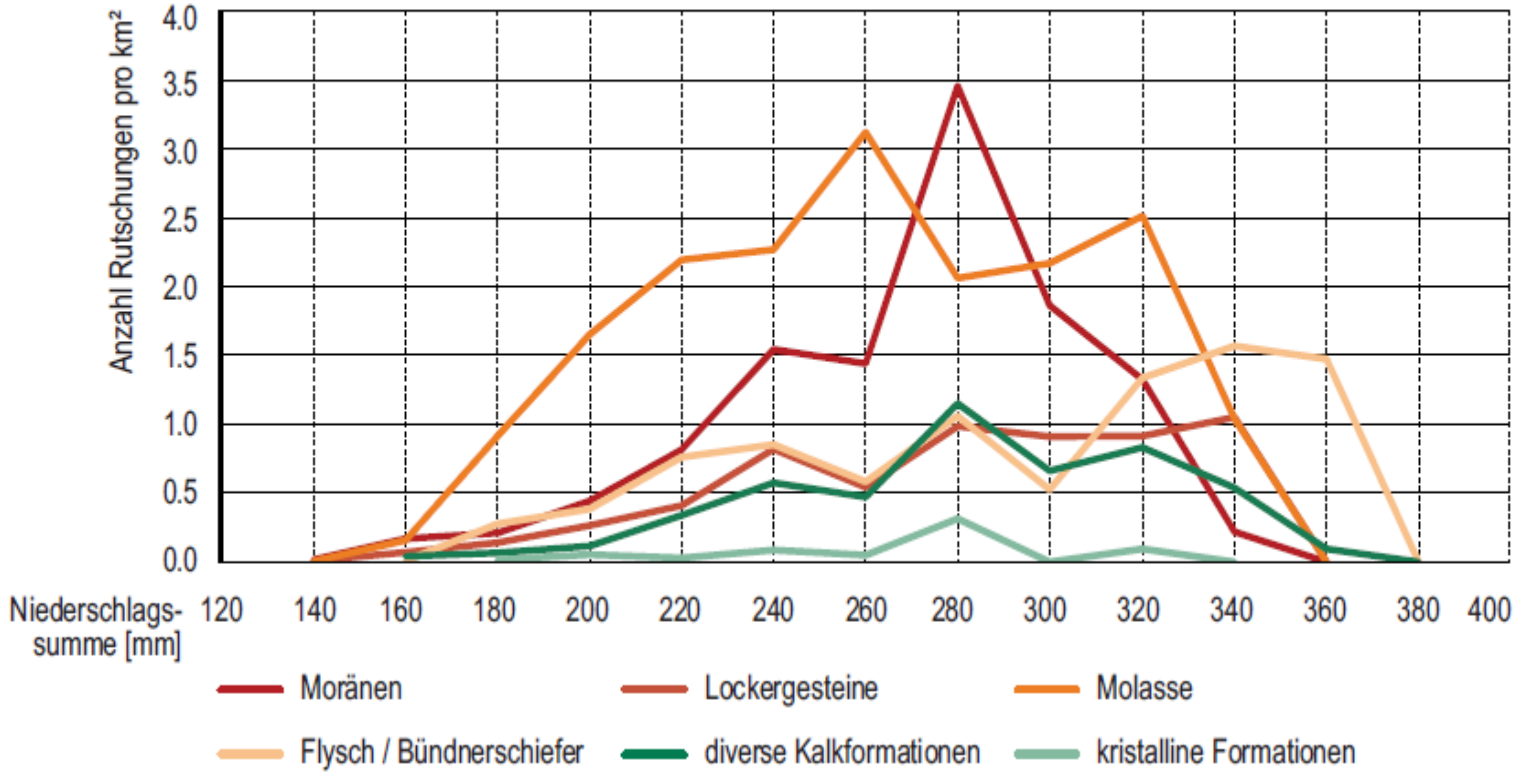
Oberflächennahe Rutschungen, ausgelöst durch die Unwetter vom 15.-16.7.2002 im Napfgebiet und vom 31.8.-1.9.2002 im Gebiet Appenzell

Bundesamt für Wasser und Geologie BWG
Office fédéral des eaux et de la géologie OFEG
Ufficio federale delle acque e della geologia UFAEG

Eidg. Forschungsanstalt WSL
Institut fédéral de recherches WSL
Instituto federale di ricerca WSL

Ereignisanalyse Hochwasser 2005

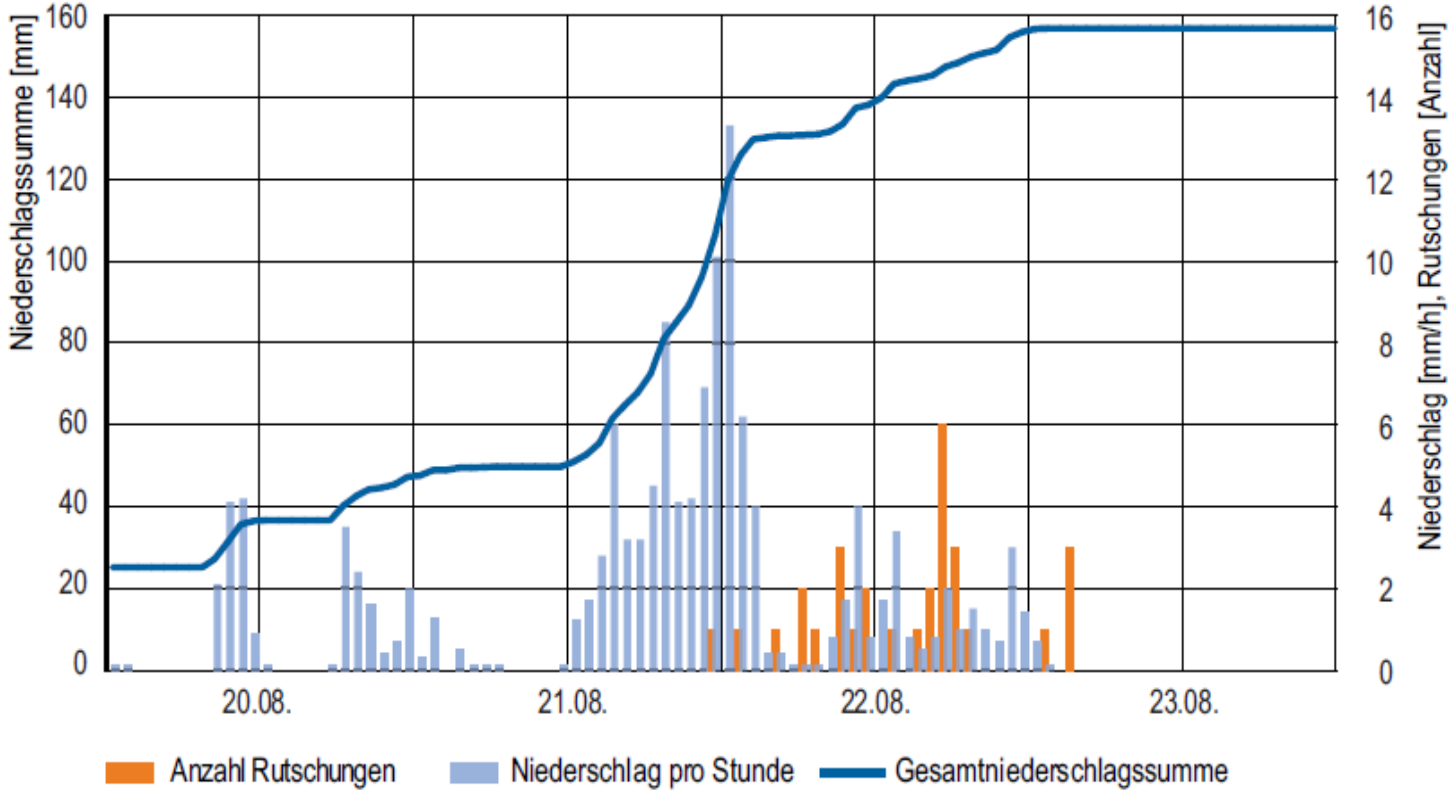
Grundlagen: vereinfachte geotechnische Karte der Schweiz 1 : 200'000 (© BFS GEOSTAT/BUWAL), Niederschlagssumme vom 18.08. 06:00 UTC bis 23.08. 06:00 Uhr, Prozessdaten: Angaben der Kantone (StorMe) und WSL.



Lockergesteine: Gehängeschutt, Bachablagerungen, Schotter

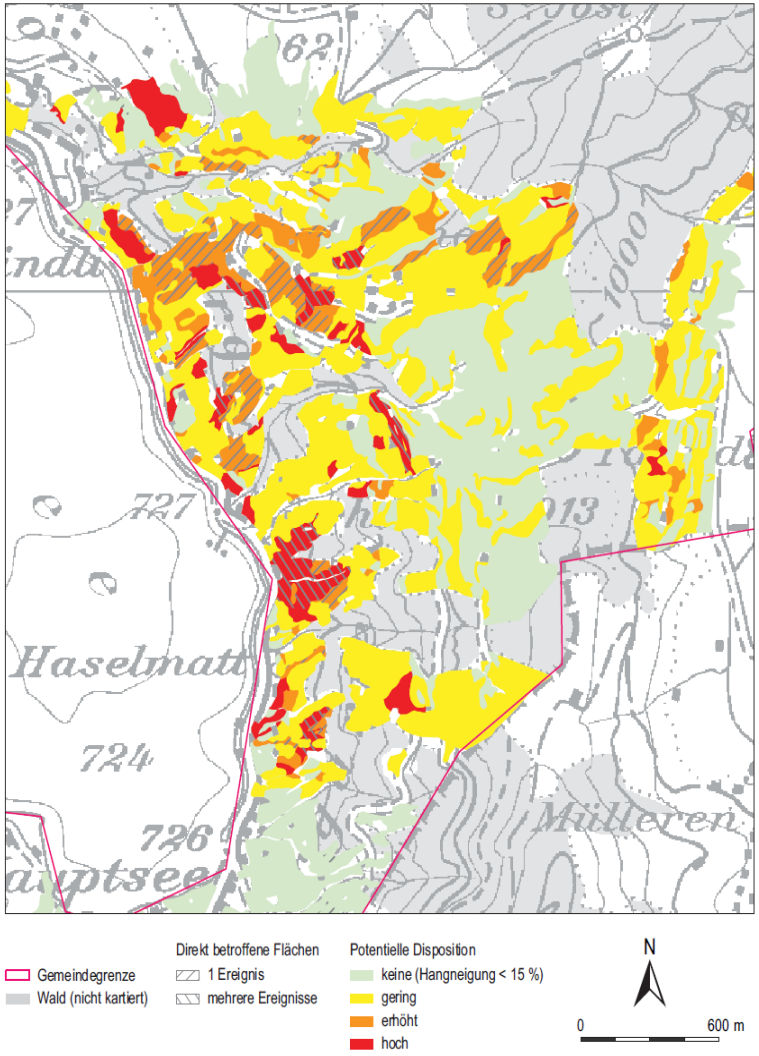
Ereignisanalyse Hochwasser 2005

Abb. 3.5 > Niederschlagsverlauf und Stundensummen (Regenintensität) ab dem 18.08.05, 06:00 UTC für die ANETZ-Station Luzern sowie ausgelöste Hanginstabilitäten im Umkreis von 20 km um die Messstation.



Ereignisanalyse Hochwasser 2005

Abb. 3.3 > Disposition flachgründiger Rutschungen, Extrapolation mittels Bodenkarte.



Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA081421)

Bodenkundliche Klassifikation nach FAL/BGS 1992

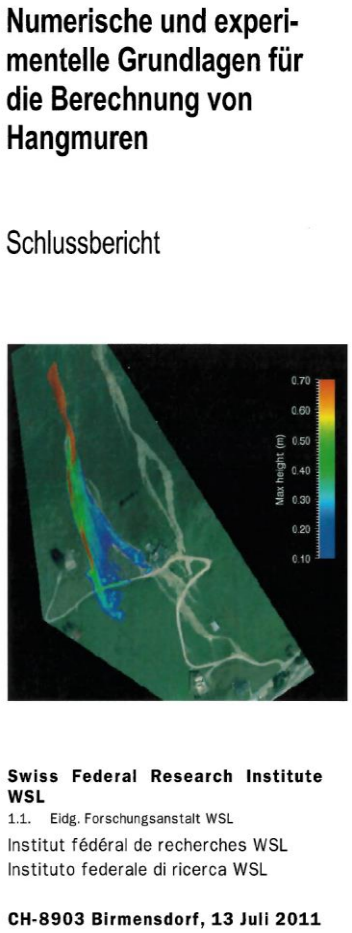
- Hangneigungen > 21°
- Einfluss von Hangwasser

Ereignisanalyse Hochwasser 2005

Erkenntnisse

- Mehr als 5’000 Hanginstabilitäten
- Möglichkeiten von Prognosen in örtlicher und zeitlicher Hinsicht sind immer noch begrenzt
- Hydrologische und geologische Detailinformationen für den Einsatz deterministischer Modelle fehlen
- Niederschlags-Schwellenwerte scheinen räumlich zu variieren
- Anthropogene Einflüsse (präferentielle Fliesswege) können eine wichtige Rolle spielen
- Weitere detaillierte Analysen sind notwendig

Modellierungen


Numerische und experimentelle Grundlagen für die Berechnung von Hangmuren

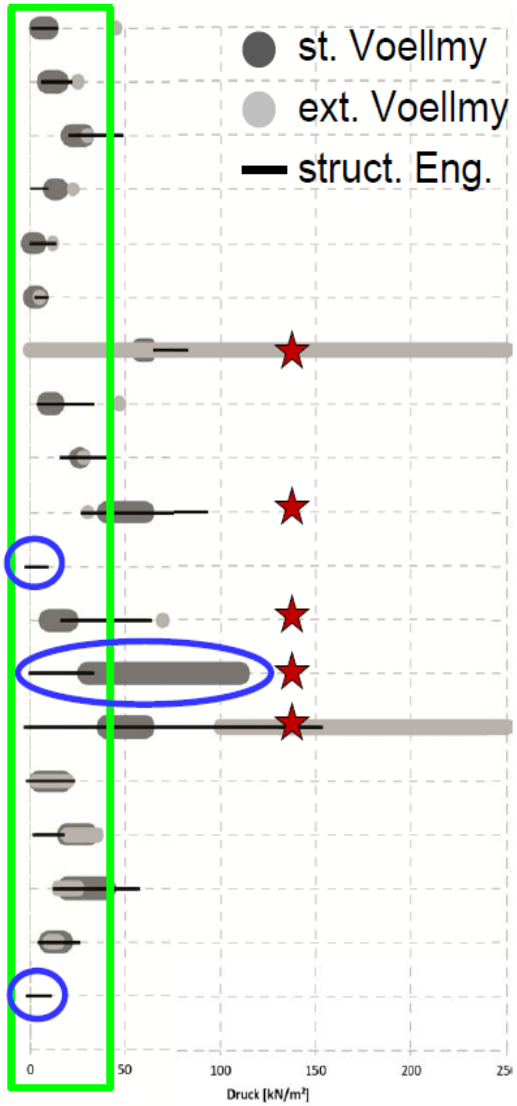
Schlussbericht

Swiss Federal Research Institute WSL
1.1. Eidg. Forschungsanstalt WSL
Institut fédéral de recherches WSL
Instituto federale di ricerca WSL

CH-8903 Birmensdorf, 13 Juli 2011

- RAMMS kann für die Rückrechnung von Hangmuren verwendet werden
- Um Ablagerungs-muster zu prognosti-zieren, muss man sich zwischen einem «fluid-type» und einem «landslide-type» entscheiden

Baustatische Rückrechnungen



Egli 2009, 20 Fallbeispiele:

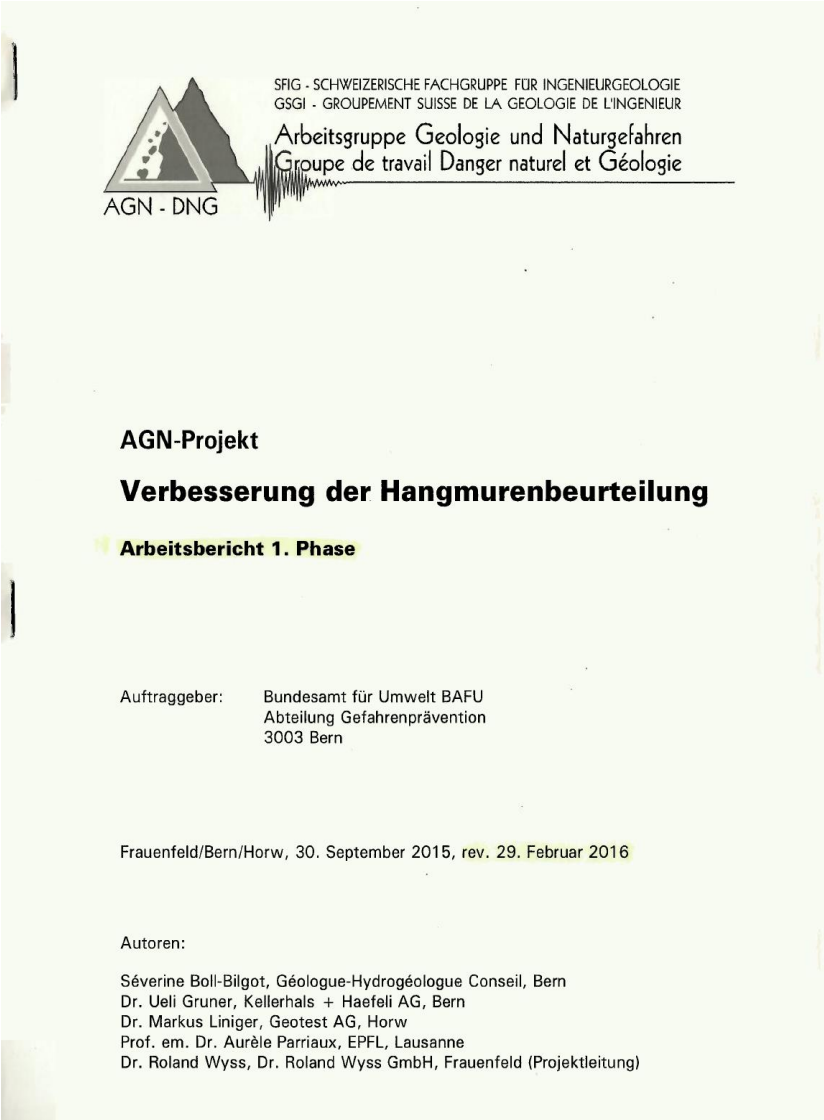
Gute Korrelation bei «kleinen» Drücken (< 50 kN/m2)

Grössere Abweichungen bei höheren Drücken

Modellierung nicht immer möglich

- kein Treffer
- kein Fliessen (Rotationsrutschung)
- extreme Verflüssigung

Verbesserungsvorschläge



SFIG - SCHWEIZERISCHE FACHGRUPPE FÜR INGENIEURGEOLOGIE
GSGI - GROUPEMENT SUISSE DE LA GEOLOGIE DE L'INGENIEUR
Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren
Groupe de travail Danger naturel et Géologie
AGN - DNG

AGN-Projekt

Verbesserung der Hangmurenbeurteilung

Arbeitsbericht 1. Phase

Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt BAFU
Abteilung Gefahrenprävention
3003 Bern

Frauenfeld/Bern/Horw, 30. September 2015, rev. 29. Februar 2016

Autoren:

Séverine Boll-Bilgot, Géologue-Hydrogéologue Conseil, Bern
Dr. Ueli Gruner, Kellerhals + Haefeli AG, Bern
Dr. Markus Liniger, Geotest AG, Horw
Prof. em. Dr. Aurèle Parriaux, EPFL, Lausanne
Dr. Roland Wyss, Dr. Roland Wyss GmbH, Frauenfeld (Projektleitung)

- Klare Korrelation zwischen Anrissgebieten und hydro-geologischen Förderfaktoren
- Keine klare Korrelation zwischen Anrissgebieten und der Plastizität bzw. Korngrössenverteilung
- Lokale, manuelle Erkundung des Untergrundes bleibt ein wichtiges Element der Hangmurenbeurteilung

Verbesserung der Datengrundlagen

Datenbank Hangmuren

Schlussbericht Phase 1

WSL

Erstellt im Auftrag von:
Bundesamt für Umwelt BAFU
CH-3003 Bern

Auftragnehmer:
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL,
Forschungseinheit Gebirgshydrologie und Massenbewegungen
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf

Projektbearbeitung:
Christian Rickli, Reto Buchli, Maike Schneider, Stefanie Steinemar

Projektleitung:
Dr. Brian McArdell

Birmensdorf, den 28. November 2014

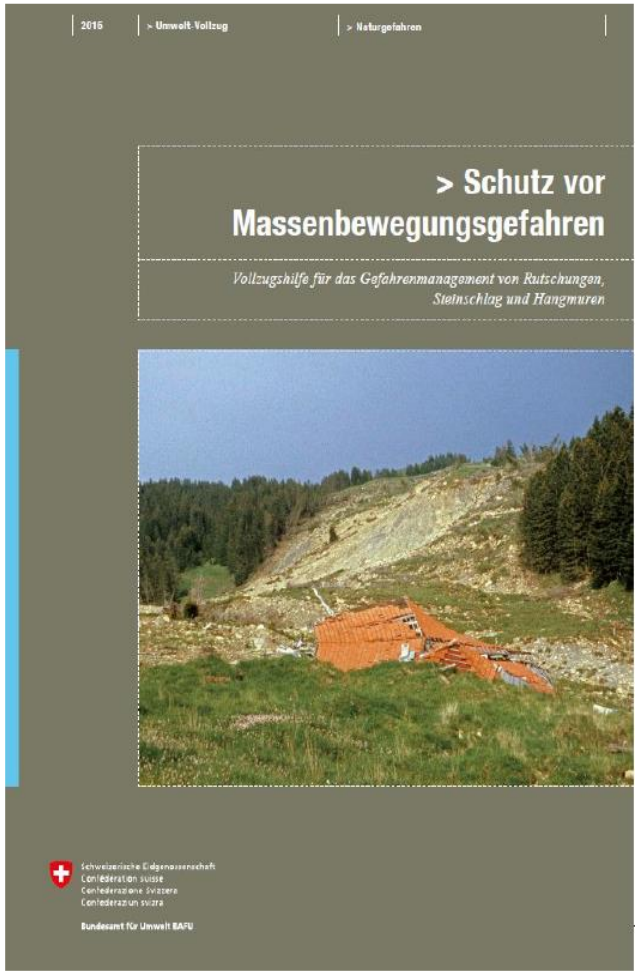
> 750 Einträge stehen für wissenschaftliche Untersuchungen zur Verfügung

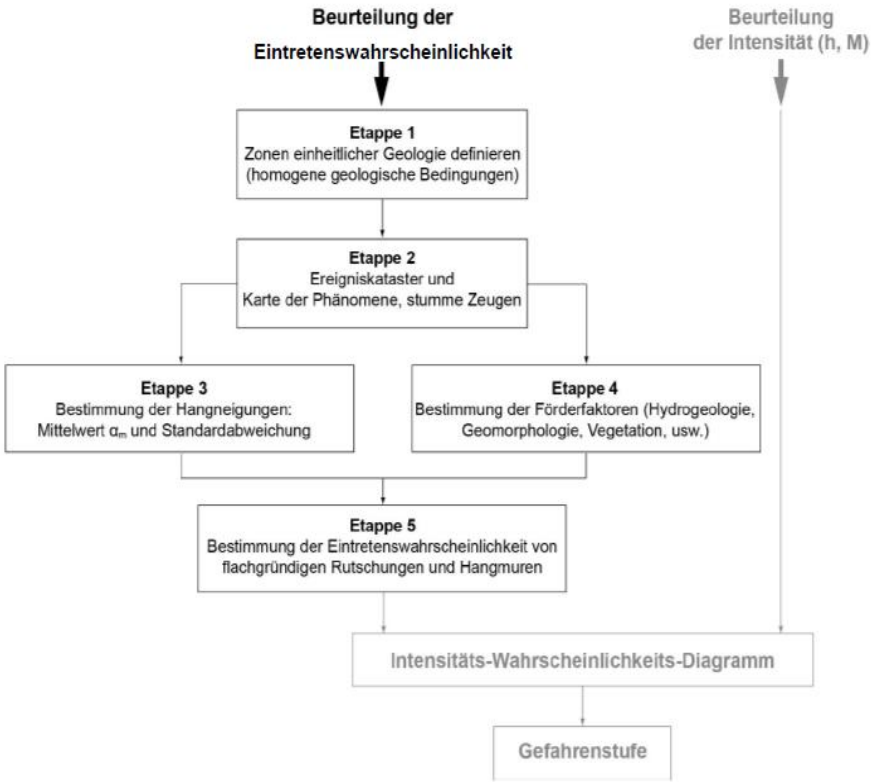
Tabelle 1: Datensätze der WSL-Arbeiten (BAFU-Projekte Ereignisse 1997, 2002 und 2005, Masterarbeit Eriz 2012). Teilerhebung: bei Felderhebung bereits verbaute oder zu kleine Rutschungen, d.h. nicht alle Parameter konnten erhoben werden.

Inventare	*vollständige Datensätze*	*Teilerhebung verbaut*	*Teilerhebung < 30 m³*	*Total*
Sachseln 1997	244	36	0	280
Appenzell 2002	88(*)	1	18	107
Napf 2002	48	3	13	64
Entlebuch 2005	43	4	19	66
Prättigau 2005	50	0	13	63
Napf 2005	36	0	18	54
Eriz 2012	25	0	0	25
Total	534	44	81	659

(*) davon 7 Rutschungen ausserhalb des Untersuchungsperimeters

Beurteilung von Massenbewegungsgefahren 2016





Beurteilung von Massenbewegungsgefahren 2016

Mögliche Förderfaktoren:

- Morphologie (Hangkanten)
- Oberflächennahe Durchlässigkeitsdiskontinuitäten
- Hydrogeologische Gegebenheiten
- Hydrologische Gegebenheiten
- Landnutzung, Vegetationszustand
- Anthropogene Einflüsse

Auslösefaktoren

Niederschlags-Schwellenwerte

Kombination von Niederschlagssumme und Niederschlagsintensität ist relevant

Ereignisanalyse Hochwasser 2005

- Niederschlagssummen: 63 bis 143 mm
- Niederschlagsintensitäten: 3.6 bis 12.6 mm/Std.

Grosse Streuung der Resultate

Niederschlagssummen bis zur Auslösung zeigen eine Abhängigkeit von der Geologie

Intensität

Kriterien zur Bestimmung der Intensität

Prozess	schwache Intensität	mittlere Intensität	starke Intensität
2.2 Spontane Rutschungen	M < 0.5 m	0.5 m < M < 2 m h < 1 m	M > 2 m h > 1 m
3. Fliessprozesse Hangmuren	M < 0.5 m; Übersarung (h) im Dezimeterbereich	0.5 m < M < 2 m h < 1 m	M > 2 m h > 1 m

M = Mächtigkeit der mobilisierbaren Masse (potentiell) [m]

h = Höhe der Ablagerung (Murganghöhe) [m]

Damit lassen sich Einwirkungen auf Bauteile nicht richtig herleiten

Offene Fragen

- Regionalisierung von Niederschlags-schwellenwerten?
- Regionalisierung von kritischen Hangneigungs-bereichen?
- Regionalisierung aufgrund geologischer oder geotechnischer Kriterien?
- Potential der Oberflächenabflusskarte für hydrologische Detailinformationen?
- dynamische oder statische Einwirkungen?
- Kriterien zur Bestimmung der Intensität als Energie oder Staudruck?

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!