

**Empfehlungen 1997**

**Berücksichtigung  
der Massenbewegungsgefahren  
bei raumwirksamen Tätigkeiten**

**Version pdf**

**Bundesamt für Raumplanung  
BRP**

**Bundesamt für Wasserwirtschaft  
BWW**

**Bundesamt für Umwelt, Wald  
und Landschaft BUWAL**

Zur Sache	3
Massenbewegungen	6
Gefahrenerkennung	12
Gefahrenbeurteilung	18
Massnahmenplanung	30
Anhang	38

Die neuen Bundesgesetze über den Wasserbau und den Wald verpflichten die Kantone, Gefahrenkarten zu erstellen und diese bei ihren raumwirksamen Tätigkeiten zu berücksichtigen. Die vorliegende Publikation gibt Empfehlungen für die Erfüllung dieser Aufgaben. Sie richtet sich deshalb sowohl an die **Fachleute** bei Bund, Kantonen und Gemeinden, die Massenbewegungsgefahren beurteilen und die für Schutzmassnahmen zuständig sind, als auch an die **politischen Instanzen**, welche Entscheide über raumwirksame Tätigkeiten treffen. Angesprochen sind zudem jene **Grundeigentümer**, die über die Gefährdung ihrer Grundstücke informiert sein sollen.

Ausgearbeitet wurden diese Empfehlungen von einer interdisziplinären Arbeitsgruppe unter der Leitung der LHG (Landeshydrologie und -geologie). Der Arbeitsgruppe gehörten Fachleute aus dem Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL, Eidg. Forstdirektion), dem Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW) und – neben anderen Fachstellen des Bundes – auch Vertreter der Kantone BE, FR, TI, VS sowie von Hochschulen und privaten Büros an.

Die Raumplanung benötigt für alle Naturgefahren gleichwertige Unterlagen. Die vorliegenden Empfehlungen lehnen sich daher inhaltlich an die «Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten» (Bundesamt für Forstwesen, 1984) und die «Empfehlungen zur Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten» (BWW/BRP/BUWAL, 1997) an. Die vorliegenden Empfehlungen\* sind bei der Erstellung von Gefahrenkarten und bei deren Anwendung zu berücksichtigen.

*Manfred Spreafico*  
Direktor a.i. Landeshydrologie und -geologie

*Heinz Wandeler*  
Eidgenössischer Forstdirektor

*Christian Furrer*  
Direktor Bundesamt für Wasserwirtschaft

*Fritz Wegelin*  
Für die Geschäftsleitung des Bundesamtes für Raumplanung

\* Diese Empfehlungen sollen zu einem späteren Zeitpunkt und unter Berücksichtigung der nötigen Korrekturen und Anpassungen als Richtlinien herausgegeben werden (analog zu den Lawinenrichtlinien).

**Herausgeber**  
Bundesamt für Raumplanung BRP  
Bundesamt für Wasserwirtschaft BWW  
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL

**Autor**  
Olivier Lateltin  
BUWAL-LHG; Bern

**Begleitende Arbeitsgruppe**  
Jean-Pierre Tripet, Vorsitz  
BUWAL-LHG, Bern  
Albert Boell  
WSL, Birmensdorf  
Christophe Bonnard  
EPF-DGC-ISRF, Lausanne  
Jörg Hansen  
Dipartimento del Territorio,  
Cadenazzo  
Bernhard Krummenacher  
GIUB, Bern; Geotest AG, Zollikofen  
Roberto Loat  
BWW, Biel  
Bernard Loup  
BRP, Freiburg  
Jean-Daniel Rouiller  
DVBU, Sitten  
Jean-F. Schneider  
Ingenieurgeologie ETH, Zürich  
Konrad Schrenk  
BLW, Bern  
Claire-Lise Suter  
BUWAL F+D, Bern  
Gianni della Valle  
WEA, Bern  
Laurent Vulliet  
EPF-DGC-ISRF, Lausanne  
†Danilo Zuffi  
Kantonsforstamt, Freiburg

**Redaktion und Realisation**  
Daniel Bollinger  
Kellerhals+Haefeli AG, Bern

**Version pdf (2001)**  
Büro Felix Frank, Bern

**Bezugsquelle**  
EDMZ, 3000 Bern  
Bestellnummer:  
310.023 d (deutsche Version)  
310.023 f (franz. Version)

Bern, 1997 (pdf 2001)

## Zur Sache: Die Gefahrenkarte als Grundlage für die Massnahmenplanung

In der Schweiz beträgt der flächenmässige Anteil der hinsichtlich Massenbewegungen instabilen Gebiete **sechs bis acht Prozent**. Am stärksten davon betroffen sind die Alpenkantone, die voralpinen Gebiete zwischen dem Genfer- und dem Bodensee sowie Teile des Faltenjura.

Verschiedene Ereignisse wie etwa die Felsstürze von Randa (VS) 1991 oder die Rutschung Falli-Höllli (FR) 1994 haben mit aller Deutlichkeit gezeigt, dass den Massenbewegungsgefahren oft nicht alleine mit Schutzbauten oder Sicherungsmassnahmen begegnet werden kann. Nach wie vor Gültigkeit hat deshalb die in früheren Zeiten praktizierte Maxime: Nutzungen haben sich den natürlichen Gegebenheiten anzupassen.

Allen Schwierigkeiten zum Trotz, die ein dicht besiedelter und intensiv bewirtschafteter Lebensraum wie die Schweiz bietet, soll demnach das Schadenpotential in erster Linie durch **raumplanerische Massnahmen** vermindert werden. Nur dort, wo eine schützenswerte Nutzung bereits besteht, oder dort, wo nach Abwägung aller Interessen eine Nutzung unbedingt erforderlich ist, sollen bauliche Massnahmen das Gefahrenpotential mindern. Die neuen, im Jahre 1991 eingeführten Bundesgesetze über den Wald (WaG) und den Wasserbau (WBG) haben diese Prioritätensetzung rechtskräftig gemacht.

Der verantwortungsvolle Umgang mit Naturgefahren erfordert vorerst ihre bewusste **Wahrnehmung**. Nur wenn die jeweilige Gefährdung allen Akteuren verständlich gemacht werden kann, sind auch nachhaltige Resultate zu erwarten.

Angesprochen von diesen neuen Zielsetzungen der genannten Gesetze sind deshalb zum einen die Planer und die Bewilligungsbehörden, welche raumwirksame Entscheidungen treffen, zum anderen die Versicherungen und Grundeigentümer, die aktiv zur Verminderung des Schadenpotentials beitragen können.

Eine wesentliche Voraussetzung für eine Umsetzung der genannten Gesetze durch raumplanerische Massnah-

men ist das Erstellen von **Gefahrenkarten**. Dieses Instrument wird sowohl vom Waldgesetz wie auch dem Wasserbaugesetz gefordert (vgl. Anhang Rechtsgrundlagen). Gefahrenkarten zeigen, durch welche Massenbewegungsgefahren und in welchem Ausmass (Ausdehnung, Intensität und Wahrscheinlichkeit eine bestimmte Fläche bedroht ist. Eine solche Bedrohung durch Naturgefahren ist eine **Standorteseigenschaft**, vergleichbar der Bodenfruchtbarkeit oder der Hangneigung, denn sie beeinträchtigt oder verunmöglicht bestimmte Nutzungen. Im Rahmen der Nutzungsplanung weisen die Behörden die Gebiete entsprechend ihrer Eignung den verschiedenen Nutzungsarten zu.

Zum Schutz von Menschenleben und zur Verhinderung von Sach- und Umweltschäden sollen gewisse Nutzungen in Gebieten mit hoher oder mittlerer Gefahr verboten oder nur unter bestimmten Auflagen gestattet werden.

Die **rechtliche Durchsetzung**, sei es im Bewilligungsverfahren, in kantonalen Raumplanungs- oder Baugesetzen oder in der Nutzungsplanung, ist Aufgabe der Kantone beziehungsweise der Gemeinden.

Der Grundeigentümer kann durch eigene Massnahmen das Schadenpotential weiter verringern.

Gefahrenkarten sollen möglichst für alle massgebenden Naturgefahren gleichzeitig – und wenn möglich für geschlossene Planungsräume – erstellt werden. Die **Einteilung in Gefahrenstufen** erfolgt unabhängig von der derzeitigen Nutzung.

### Zweck der Empfehlungen

Nur wenn die gefährdeten Räume und die Art der Bedrohung verbindlich,

objektiv und nachvollziehbar aufgezeigt werden, können bestehende Nutzungskonflikte dargestellt und künftige vermieden werden. Die hier vorliegenden Empfehlungen sollen dazu beitragen, dass:

- den Massenbewegungsgefahren bei allen raumwirksamen Tätigkeiten Rechnung getragen wird (Erarbeitung und Genehmigung von Richt- und Nutzungsplänen, Konzepten und Sachplänen, Planung und Errichtung von Bauten und Anlagen, Erteilung von Bewilligungen und Konzessionen, Gewährung von Subventionen, usw.);
- durch eine geeignete Raumnutzung bzw. Raumbewirtschaftung ein ungewolltes Anwachsen des Schadenpotentials verhindert wird und die baulichen Eingriffe für Schutzmassnahmen minimiert werden können;
- in der ganzen Schweiz sowohl das Erfassen als auch das Berücksichtigen der Naturgefahren nach einheitlichen Kriterien und Massstäben in interdisziplinärer Zusammenarbeit erfolgt;
- die Behörden und Grundeigentümer über mögliche Gefährdungen informiert werden und in ihrer Verantwortung Vorsorge treffen, damit unnötige Risiken vermieden werden.

### Vorgehen

Der Umgang mit Naturgefahren erfordert ein schrittweises Vorgehen. An erster Stelle steht die Frage: **«was kann wo passieren?»**. Anschliessend werden Wahrscheinlichkeit und Stärke möglicher Ereignisse beurteilt, und schliesslich die nötigen Massnahmen geklärt.

Obwohl die Übergänge fließend sind, ist es wichtig, alle diese Teilschritte bewusst nachzuvollziehen. Auch wenn die Gefahr und die Ursachen von vorneherein erkannt werden, sollten

**Massnahmen zur Hangsicherung  
vermindern das Gefahrenpotential,  
raumplanerische Massnahmen  
das Schadenpotential**

Massnahmen nur ergriffen werden, wenn sich diese infolge der entstehenden Schadenwirkung rechtfertigen lassen.

### Schritt 1

Der erste Schritt ist die **Gefahrenerkennung** und die **Gefahrendokumentation**. Die Beobachtungen, die auf eine bestehende Gefahr hindeuten, sind zu erfassen und wertfrei zu dokumentieren. Ein früheres Ereignis ist immer ein wichtiger Hinweis, insbesondere wenn im betreffenden Gebiet seit dem Ereignis keine Veränderungen, etwa durch die Errichtung von Schutzbauten, stattgefunden haben. Die natürliche und die durch den Menschen beeinflusste Dynamik eines Gebietes verlangen eine periodische Neubeurteilung, welche die Veränderungen mitberücksichtigt.

Die in diesem ersten Schritt erarbeiteten Grundlagen geben Auskunft, warum ein Gebiet als gefährdet einzustufen ist. Sie sind daher ursachenbezogen und dienen sowohl der Abgrenzung von Gefahrengebieten als auch der Massnahmenplanung.

#### Grundsätze

1. Die Berücksichtigung von Naturgefahren bei der Richt- und Nutzungsplanung ist ein gesetzlicher Auftrag. Gefahrenkarten sind hierfür eine Voraussetzung.
2. Gefahrenkarten sind für sich selbst noch nicht rechtsverbindlich, sondern werden dies erst im Rahmen der Genehmigung der Richt- und Nutzungsplanung.
3. Es ist Aufgabe der Kantone, dafür zu sorgen, dass Gefahrenkarten erstellt werden.
4. Gefahrenkarten sind eine Voraussetzung, um Subventionen für Projekte zum Schutz vor Naturgefahren gemäss Wald- und Wasserbaugesetz zu erhalten.

## **Gefahrenkarten sind die grundlegende Voraussetzung für die Verwirklichung des Schutzes vor Massenbewegungsgefahren**

### Schritt 2

Der zweite Schritt beinhaltet die **Gefahrenbeurteilung** und die Ausarbeitung von **Gefahrenkarten**. Aufgrund aller verfügbaren Unterlagen sollen Aussagen über die Wahrscheinlichkeit und das Ausmass möglicher Ereignisse gemacht werden. Die Beobachtungen werden gewichtet und gewertet und wenn nötig durch Modellrechnungen oder erweiterte Untersuchungen ergänzt.

Für Massnahmen zur Verringerung der Gefahr, also für Schutzbauten oder für Massnahmen im Rutsch- oder Sturzgebiet, interessieren die gefährlichen Prozessabläufe. Für Massnahmen der Raumplanung steht die Wirkung auf der gefährdeten Fläche im Zentrum des Interesses.

Die Gefahrenkarte ist eine Grundlage zur Ermittlung des Schadenpotentials und dient der wirtschaftlichen Rechtfertigung von Massnahmen. Den Planern hilft sie bei der Festlegung einer angepassten Nutzung. Den Grundeigentümern schliesslich dient sie als Grundlage zum Ergreifen individueller Vorsorgemassnahmen.

### Schritt 3

Der dritte Schritt ist die eigentliche **Massnahmenplanung**: ist eine Gefahr in bezug auf Ausmass und Wahrscheinlichkeit aufgezeigt, welche im Konflikt mit einer bestehenden oder geplanten Nutzung steht, stellt sich sofort die Frage, was man dagegen tun kann. Hierbei ist zu unterscheiden zwischen Massnahmen zur Verringerung des Schadens, zur Verringerung der Gefahr und zur Begrenzung des Restrisikos:

- mit **passiven Massnahmen** wird das mögliche Ausmass eines Schadens verringert, ohne den Ablauf des

Ereignisses zu beeinflussen. Die Massnahmen der Raumplanung sollen eine der Gefährdung angepasste Nutzung sicherstellen. Der Objektschutz durch eine der Gefährdung angepasste Bauweise kann im Baubewilligungsverfahren sichergestellt werden (gestützt auf entsprechende Vorschriften der Nutzungsplanung).

- mit **aktiven Massnahmen** wird der Ablauf des Ereignisses beeinflusst, wobei zu beachten ist, dass in der Regel die Wahrscheinlichkeit, nicht aber in allen Fällen die Intensität der Einwirkung beeinflusst wird. Neben den klassischen, punktuellen baulichen Schutzmassnahmen (z.B. Steinschlagnetze) müssen auch flächendeckende Massnahmen (z.B. Schutzwaldpflege, Aufforstungen und Entwässerungen) im Herkunfts- oder Ursachengebiet zu dieser Massnahmenkategorie gerechnet werden.

- **Notfallmassnahmen** zur Begrenzung des Restrisikos können das Schlimmste verhüten (Frühwarnsysteme, Warndienste, Evakuierung, Katastrophenhilfe und andere, rasch einsetzbare Hilfsmittel). Allerdings kann jede ergriffene Schutzmassnahme versagen. Insbesondere kann das Ausmass von Naturereignissen die Schutzwirkung übertreffen. Hat das Ereignis erst seinen Lauf genommen, geht es darum, Menschen und Tiere zu retten. Die Höhe des Sachschadens kann oft nur unwesentlich beeinflusst werden. Mit Elementarschadenversicherungen kann der erlittene Schaden für die Betroffenen in erträglichem Rahmen gehalten werden.

# Schrittweise Erfassung und Umsetzung von Naturgefahren

**1**

**Gefahrenerkennung:**  
«Was kann wo passieren?»

ursachenbezogene Dokumentation durch:

**Grundlagen**

Karten

Beobachtungen

Messungen

**Ereignisdokumentation**

Karte der Phänomene

**2**

**Gefahrenbeurteilung:**  
«Wie oft und wie stark kann es passieren?»

flächen- und wirkungsbezogene Auswertung durch:

**Gefahrenkarten**

**3**

**Massnahmenplanung:**  
«Wie können wir uns schützen?»

Umsetzung in den Bereichen:

**Raumplanung**

**Schutzmassnahmen**

**Notfallplanung**

**Massenbewegungen sind hangabwärts gerichtete Verlagerungen von Fest- und/oder Lockergesteinen (sowie Bodenmaterial). Sie umfassen zur Hauptsache Sturzprozesse (Stein- und Blockschlag, Fels- und Bergsturz), Rutschungen und Hangmuren. Sie können schnell und plötzlich auftreten (z.B. Sturzprozesse) oder als langsame, kontinuierliche Prozesse ablaufen (z.B. Rutschungen). Hinsichtlich Entstehung, Ablauf und Wirkungsweise sind Massenbewegungen äusserst verschiedenartig. Durch ihr plötzliches Eintreten können sie Menschen an Leib und Leben gefährden sowie Gebäude, Kulturland und Wald zerstören. Zudem können sie langsam aber kontinuierlich zur Beschädigung oder Zerstörung von Gebäuden, Kulturland und Wald führen.**



Truffer, Felssturz

## Massenbewegungen

## Ursachen

Bei Massenbewegungen handelt es sich um bruchhafte oder bruchlose, unter der Wirkung der Schwerkraft hangabwärtsgerichtete Verlagerungen von Fest- (Fels) und/oder Lockergesteinen (inkl. Bodenmaterial und Wasser).

Sie können schnell und plötzlich als «schlagende» (Stein- und Blockschlag, Fels- und Bergsturz, spontane Rutschungen, Hangmuren und Einsturzphänomene) oder langsam als «schleichende» Prozesse (Hangkriechen, kontinuierliche Rutschungen) erfolgen.

Massenbewegungen sind in ihrer Entstehung sehr komplex und beruhen selten auf nur einer Ursache. Geologie, Relief und Exposition sind grundlegende, über längere Zeiträume mehr oder weniger konstant bleibende Parameter, welche die **Grunddisposition** zu Hanginstabilitäten bestimmen. Die Disposition zu einer Instabilität hat ihren Anfang bereits bei der Bildung des Gesteins, wenn dessen chemischphysikalische Eigenschaften weitgehend festgelegt werden. Solche bestimmen beispielsweise das Verhalten gegenüber Verwitterung und Erosion. Während der Eiszeiten wurden die Alpentäler durch verschiedene Gletschervorstöße trogförmig ausgeschliffen. Nach dem Zurückschmelzen des stützenden Eises blieben oft übersteilte und instabile Talflanken zurück.

Massenbewegungen beruhen auf Veränderungen des Kräftegleichgewichtes (Verhältnis der rückhaltenden und treibenden Kräfte) infolge physikalischer und/oder chemischer Prozesse, welche ihrerseits durch verschiedene Faktoren gesteuert werden. So beeinflussen langfristig wirksame Verwitterungsprozesse (abbauende Kräfte) wie auch die Schwankungen des Grundwasserspiegels die Stabilität eines Hanges kontinuierlich. Ein Hang kann indessen auch kurzfristig destabilisiert werden, sei es infolge Erosion des Hangfusses durch ein Fließgewässer oder – in selteneren Fällen – durch ein Erdbeben.

Bei Massenbewegungen spielt das Wasser generell eine entscheidende Rolle. Es erzeugt hydrostatische Drücke in Poren, Klüften und Spalten

sowie Strömungsdrücke. In gefrorenem Zustand vermag es zudem eine erhebliche Sprengwirkung zu entfalten. Ferner kann es Tonmineralien zum Quellen bringen, was wiederum Quelldrücke zur Folge hat. Durch diese verschiedenartigen Wirkungsweisen des Wassers kann die Stabilität in kritischen Hängen wesentlich vermindert werden.

Die **Auslösung** eines gefährlichen Prozesses erfolgt dann, wenn der Schwellenwert des einen oder anderen, relevanten Parameters erreicht bzw. überschritten wird. Frost- und Auftauzyklen, sporadisch auftretende, heftige oder anhaltende Niederschläge – eventuell in Kombination mit Schneeschmelze – führen häufig zu spontanen Massenbewegungen.

Massenbewegungen werden nicht selten durch **anthropogene Einflüsse** begünstigt. So können die Überbelastung eines Hanges durch Bauten und Aufschüttungen, ungesicherte Hanganschnitte bei baulichen Aktivitäten, Erhöhung des Hangwasserspiegels, Sprengungen, unsachgemäßer Abbau von Rohstoffen oder ungeeignete Landnutzung die Gefahr von Massenbewegungen erhöhen. Der anthropogene Einfluss kann sich auch in einer langfristigen Destabilisierung im Zusammenhang mit anderen Aktivitäten und deren möglichen Folgeerscheinungen manifestieren, wie z.B. Entwaldung, mangelnde Waldpflege, Überweidung, Intensivnutzung und Denudation.

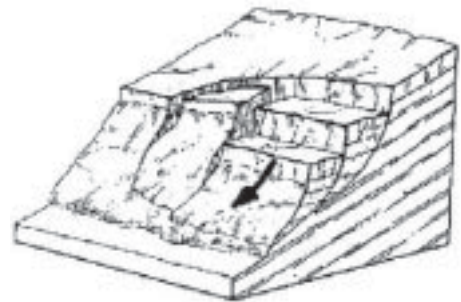
## Grundtypen

Basierend auf Kriterien wie Bewegungsmechanismen, Materialzusammensetzung, Geschwindigkeit der Prozesse oder Auslösemechanismen bestehen zahlreiche Modelle zur Klassifikation von Massenbewegungen. Zur Übersicht und zur Vermeidung von Verwechslungen können die wichtigsten Grundtypen\* der Massenbewegungen gemäss dem «Multilingual Landslide Glossary» (WP/WLI) wie folgt charakterisiert werden:

- **Gleiten (Rutschprozesse):** Hangabwärts gerichtete Bewegung von Fest- und/oder Lockergestein entlang von Gleitflächen oder entlang von verhältnismässig dünnen Zonen intensiver Scherverformung.
- **Fallen (Sturzprozesse):** Ablösen von Fest- und/oder Lockergestein in einem steilen Hang entlang einer Fläche, auf welcher nur geringe oder keine Scherbewegungen stattfinden. Das Material stürzt grösstenteils frei fallend, springend und/oder rollend ab.
- **Fliessen (Fliessprozesse, zum Beispiel Hangmure):** Räumliche, kontinuierliche Bewegung, bei der Scherflächen nur kurzzeitig ausgebildet, dicht angeordnet und gewöhnlich nicht erhalten sind. Die Geschwindigkeitsverteilung der bewegten Masse gleicht der einer viskosen Flüssigkeit.



Fallen



Gleiten



Fliessen

\* Die Grundtypen, zwischen denen oft fließende Übergänge bestehen, können sich in vielerlei Erscheinungsformen manifestieren.



# Rutschung

Rutschungen sind hangabwärts gerichtete, gleitende Bewegungen von Hangteilen aus Fest- und/oder Lockergestein (sowie Bodenmaterial). Sie sind das Ergebnis eines Scherbruches und treten im allgemeinen an mässig geneigten bis steilen Böschungen und Hängen auf. Natürliche Instabilitäten dieser Art sind in der Schweiz ausserordentlich häufig und weisen eine erstaunliche Vielfalt von Erscheinungsformen auf.

Sehr viele unter ihnen sind alt und heute weitgehend passiv, können aber bei ungünstigen Bedingungen plötzlich neu belebt werden. Bei Rutschungen spielt das Wasser meist eine wichtige Rolle, sei es durch die Wirkung von Porenwasserdrücken, von Sickerströmungen oder von Quelldrücken infolge des Quellens von Tonmineralien. Stark vereinfacht können zwei Typen von Rutschungen unterschieden werden:

- **Rotationsrutschungen** beinhalten im allgemeinen ein beschränktes Volumen. Sie bilden sich hauptsächlich in homogenen, v.a. tonigen und siltigen Lockergesteinen aus. Die Gleitfläche ist kreisförmig und fällt in der Ausbruchsnische nahezu vertikal ein. Der Gleitmechanismus bewirkt in der Regel nur eine schwache Umarbeitung des Rutschmaterials. Oft sind in der oberen Hälfte der Rutschung Nackentälchen und Zerrspalten sichtbar. Frontal wird die Rutschmasse aufgestaucht, zerfällt und geht bei starker Wassersättigung teils in schlammige Fließerutschungen (sog. Hangmuren) über.

- In **Translationsrutschungen** gleiten Schichten oder Schichtpakete auf einer bestehenden Schwächezone (oft Schicht-, Schieferungs-, Kluftoder Bruchflächen). Die flächenmässige



Noverraz, Translationsrutschung

Ausdehnung solcher Rutschungen ist sehr variabel und kann Flächen von einigen m<sup>2</sup> bis zu mehreren km<sup>2</sup> umfassen. Die Mächtigkeit der Rutschmassen erreicht häufig mehrere Zehner von Metern. Gebiete mit Flysch, kalkigen Mergelschiefern oder metamorphen Schieferen sind prädestiniert für die Bildung solcher Rutschungen.

### Rutschgeschwindigkeiten

Die durchschnittlichen Rutschgeschwindigkeiten liegen bei substabilen bis schwach aktiven Rutschungen meist in der Grössenordnung von einigen mm, bei aktiven Rutschungen bei mehreren cm bis dm pro Jahr. Seltener treten auch bedeutend raschere Verschiebungen auf, welche unter Beibehaltung einer in sich kohärenten Rutschmasse mehrere Dezimeter pro Tag erreichen können. In Ausnahmefällen können auch sehr rasche Verschiebungen erfolgen, wie dies z.B. von der Rutschung Falli-Höllli (FR) dokumentiert ist (im August 1994 rund 6 Meter pro Tag).

### Klassifikation der Rutschungen

Rutschungen können je nach der mutmasslichen **Tiefenlage der Gleitfläche** und der durchschnittlichen, langfristigen **Geschwindigkeit** (als Ausmass der Aktivität) der Bewegungen klassifiziert werden. Bei der Beurteilung des Gefahrenpotentials von Rutschungen sind nicht allein das Volu-

men oder die Rutschgeschwindigkeit massgebend.

Zu berücksichtigen sind auch die auftretenden **Differentialbewegungen**, welche zu Verkippungen von Bauten und zu Rissbildungen führen können. Rutschungen können ferner in Fließerutschungen (Hangmuren) übergehen und dadurch grössere Reichweiten erlangen. Im weiteren zu beachten sind die gegenseitigen **Wechselwirkungen** zwischen **Rutschungen und Fließerwassern**, durch welche grosse Mengen von Geschiebematerial mobilisiert werden können. Dies kann zum Rückstau eines Fließerwassers und zur Bildung von Murgängen führen, wodurch auch weit talabwärts liegende Gebiete gefährdet sind.

Klassifikation nach Tiefe der Gleitfläche (in m unter Terrain)	
Rutschung	Gleitfläche
oberflächlich	0 bis 2m
mitteltief	2 bis 10m
tief	>10m

Klassifikation nach Aktivität	
Entspricht der über einen längeren Zeitraum feststellbaren, durchschnittlichen Rutschgeschwindigkeit in cm pro Jahr:	
Rutschung	Rutschgeschwindigkeit
substabil, sehr langsam	0 bis 2cm
wenig aktiv, langsam	2 bis 10cm
aktiv (oder langsam mit schnellen Phasen)	> 10cm

# Sturzprozesse

Sturzprozesse sind schnelle Massenbewegungen, bei welchen das längs Trennflächen (Schicht-, Schieferungs-, Kluft- oder Bruchflächen) aus dem Gebirgsverband ausgebrochene Material den grössten Teil des Weges in der Luft zurücklegt.

Man kann sie in drei Kategorien unterteilen: Stein- und Blockschlag, Felssturz und Bergsturz.

Sturzprozesse können generell in drei Teilbereiche unterteilt werden: das Ausbruchgebiet, die Transitstrecke und das Ablagerungsgebiet.

## Block- und Steinschlag

Block- und Steinschlag sind charakterisiert durch mehr oder weniger isolierte Stürze von Blöcken ( $\varnothing > 50\text{ cm}$ ) und Steinen ( $\varnothing < 50\text{ cm}$ ). Dieser wiederholt oder mit saisonalen Spitzen ablaufende Prozess dokumentiert den stetigen, durch Geologie, Exposition und Verwitterung bestimmten Zerfall einer Felswand. Auch hier ist die Bestimmung des absturzgefährdeten Gesteinsvolumens nur mit detaillierten Untersuchungen möglich.

Die Sturzeschwindigkeiten liegen im Bereich von 5 bis 30 m/s. Bei den Bewegungen eines Steines oder Blockes ist zwischen Springen und Rollen zu unterscheiden. Bei einer Hangneigung von weniger als ca. 30° kommen bewegte Steine und Blöcke im allgemeinen zum Stillstand. Der Wald spielt eine sehr wichtige Rolle, indem durch die Kontaktreaktionen der Blöcke mit den Bäumen die kinetische Energie zum Teil stark reduziert wird.

## Felssturz

Beim Felssturz löst sich ein grösseres, in sich mehr oder weniger stark fragmentiertes Gesteinspaket «en bloc» aus dem Gebirgsverband und stürzt ab. Das Materialvolumen beschränkt sich im allgemeinen auf 100 bis 100 000 Kubikmeter pro Ereignis. In Ausnahmefällen können auch bedeutend grössere Volumina auftreten (z.B. Randa, 1991: zwei aufeinanderfolgende Felsstürze mit total rund 30 Millionen Kubikmetern). In der Praxis verlangt die Bestimmung eines potentiell absturzgefährdeten Gesteinsvolumens umfas-



Geotest AG, Blockschlag

sende Untersuchungen, inklusive einer detaillierten Analyse der räumlichen Anordnung der Trennflächen.

Die Art des Losbrechens hat meist wenig Einfluss auf die Fortsetzung des Ereignisses. Im Vergleich zum Bergsturz sind die Interaktionen zwischen den Sturzkomponenten sowie die dabei entstehenden Energien relativ gering. Die Transportgeschwindigkeiten liegen häufig im Bereich von 10 bis 40 m/s.

## Bergsturz

Beim Bergsturz handelt es sich um ein plötzliches Ausbrechen grossvolumiger Gesteinsmassen (1 Million bis mehrere Millionen Kubikmeter). Die Art des Ausbrechens ist nicht definiert. Der initiale Mechanismus kann zum Beispiel das Ausbilden einer rampenförmigen Bruchfläche sein. Der Bewegungsmechanismus des Bergsturzes wird durch die Topographie sowie durch ausgeprägte Interaktionen und starke Fragmentierung der Komponenten innerhalb der Sturzmasse bestimmt.

Kennzeichnend sind hohe Sturzeschwindigkeiten (über 40 m/s) und sehr grosse Transportdistanzen (oft mehrere Kilometer). Infolge der grossen Volumina vermögen Bergstürze die Landschaft nachhaltig zu verändern. In den Gebirgstälern führen die enormen Sturzmassen oft zu einem Aufstau von Bächen und Flüssen, verbunden mit der Gefahr eines unter Umständen katastrophalen Wasserausbruchs und der Überflutung der talabwärts liegenden Gebiete.

### Klassifikation nach Grösse bzw. Volumen und Geschwindigkeit der Komponenten

<b>Steinschlag</b>	$\varnothing < 50\text{ cm}$
<b>Blockschlag</b>	$\varnothing > 50\text{ cm}$
<b>Felssturz</b>	
Volumen	100 – 100 000 m <sup>3</sup>
Geschwindigkeit	10 – 40 m/s
<b>Bergsturz</b>	
Volumen	> 1 Mio. m <sup>3</sup>
Geschwindigkeit	> 40 m/s

## Hangmuren und andere Prozesse

### Hangmure (Fliessrutschung, Hautrutsch, flow slide)

Kennzeichnend für diese Form der Massenbewegung ist ein oberflächliches Gemisch aus Lockergestein (meist Boden und Vegetationsbedeckung) und Wasser. Hangmuren bilden sich an relativ steilen Hängen, wobei eine klare Gleitfläche fehlt. Das umgelagerte Volumen ist im allgemeinen beschränkt (Grössenordnung 20 000 m<sup>3</sup>).

Der verhältnismässig grosse Wasseranteil hat eine hohe Prozessgeschwindigkeit (1 bis 10 m/s) mit entsprechend zerstörerischer Wirkung zur Folge. Er begünstigt zudem das räumliche Ausmass der Materialverfrachtung, welches die Fläche der Anrisszone rund um den Faktor 10 bis 100 übersteigen kann. Bei Einmündung in ein Fließgewässer kann sich dieses Phänomen zu Murgängen im engeren Sinne entwickeln. Ein gradueller Übergang besteht auch zu den Rutschungen.

Für diese Art der Instabilitäten besonders disponiert sind steile Hänge mit eher gering durchlässigen Quartärbildungen (tonige Moräne und Gehängelehm). Deren Bildung wird zudem begünstigt durch Quellwasseraustritte und durch intensive Niederschläge.

### Absenkungs- und Einsturzphänomene

Absenkungs- und Einsturzphänomene sind im Zusammenhang mit der Auslaugung eines löslichen Untergrundes (Gips, Rauhacke) oder infolge unterirdischer Hohlräume (z.B. Karsthohlräume) zu beachten.

Typische Erscheinungsformen sind **Dolinen**. Insbesondere in Schichtfolgen mit Gips und Rauhacke können solche Phänomene verbreitet sein. Sie finden sich auch in verkarsteten Kalken der Alpen und des Juras, wo sie gehäuft auftretend Flächen bis zu einigen km<sup>2</sup> einnehmen können. Schichtköpfe des anstehenden Felses können unter dem Einfluss der Schwerkraft talwärts bis zu subvertikalem Einfallen umgebogen werden. Dieses als **Hakenwurf** bezeichnete Phänomen erfasst vor allem geschichtete, gebankte, plattige und schiefrige Serien. Selbst grobba-

nige Schichten können ihm unterworfen sein. Hakenwurf tritt in der Regel im Bereich der obersten Meter bis Zehner von Metern auf. Mit zunehmendem Zerfall der Felsböschung kann er zu Sackungen sowie zu Stein- und Blockschlag oder gar zu Felsstürzen Anlass geben. Das Phänomen des Hakenwurfes als solches wird in den vorliegenden Empfehlungen nicht berücksichtigt.

### Hangkriechen

Hangkriechen ist eine über lange Zeiträume anhaltende, langsame Verformung im Lockergestein oder Fels. Dabei finden bruchlose, kontinuierliche Verformungen und/oder ein diskontinuierliches Kriechen mit Gleitvorgängen auf zahlreichen kleinen Trennflächen statt. Im Gegensatz zu den Rutschungen sind keine durchgehenden Gleitflächen ausgebildet. Phänomene wie **Talzus Schub** und Bergzerreissung sind Formen von tiefgründigen Kriechbewegungen.

### Solifluktion

Solifluktion ist ein Kriechen oberflächennaher Bodenschichten im Zusammenhang mit Frost- und Auftauzyklen. Bei kriechenden oder gleitenden Hangbewegungen kann in manchen Fällen nicht eindeutig auf das Vorhandensein einer durchgehenden Gleitfläche geschlossen werden. Diese Prozesse sind oft eng mit eigentlichen Rutschungen verknüpft, weshalb sie zweckmässigerweise zusammengefasst werden.

### Sackungen

Sackungen sind gravitative Bewegungen in Festgesteinen mit einer ausgeprägten vertikalen Bewegungskomponente längs Trennflächen. Der Übergang zu einer Rutschung ist fließend und die Wirkungsweisen sind ähnlich, weshalb diese Prozesse ebenfalls zusammengefasst werden.



Kienholz, Hangmure

**Grundlage jeglicher Beurteilung von Massenbewegungsgefahren ist die wertfreie Dokumentation aller Beobachtungen und Messungen, die auf eine bestehende Gefahr hindeuten. Es sind objektive Beobachtungen festzuhalten, welche möglichst frei von Interpretation sind. Dabei sind Angaben über die Qualität der Beobachtungen – ob sie auf Schätzungen, Berechnungen oder Messungen beruhen – unbedingt erforderlich.**



Foto Klopfenstein AG, potentielles Felssturzgebiet

## Gefahrenerkennung

# Grundlagen

## Topographische Karten

Die topographische Karte ist die Grundlage jeder Stabilitätsbetrachtung. In Form verschiedener Signaturen und Zeichnungselemente enthält sie zahlreiche, für die Gefahrenerkennung relevante Informationen. So ist zum Beispiel die Morphologie von Rutschgebieten oft aus dem bombierten Verlauf der Höhenlinien ersichtlich, und Blockschutt-Signaturen am Fuss einer Felswand können auf eine erhöhte Produktivität des Herkunftsgebietes hindeuten.

## Geologische Karten

Die geologische Karte gibt Auskunft über die Lithologie (z.B. Art des Gesteins), den strukturellen Rahmen (Orientierung und Einfallen von Schichtflächen und Diskontinuitäten) und die Art der Quartärbedeckung (z.B. Moräne, Gehängeschutt, Rutschung). Sie liefert im weiteren Hinweise zu den Grund- bzw. Gebirgswasserverhältnissen. Auf der Basis dieser Kartengrundlage lassen sich die geologischen Einheiten in ihrem dreidimensionalen und für die Beurteilung von Massenbewegungen letztlich unerlässlichen Kontext beurteilen.

Die verschiedenen Formen von Hanginstabilitäten, wie Rutschungen, Felsstürze oder Sackungen, sind auf einer geologischen Karte im Massstab 1:25000 im allgemeinen durch ihre Begrenzung dokumentiert. Angaben zur Intensität oder zur Häufigkeit des Prozesses werden nicht gemacht. Diese Informationen erlauben es aber, die gegenüber Massenbewegungen sensiblen Zonen zu lokalisieren, welche Gegenstand von umfassenden Untersuchungen sein sollten.

## Weitere Karten

Die folgenden Karten existieren in der Schweiz nur punktuell oder liegen in kleinen Massstäben (z.B. 1:100000) vor. Dennoch beinhalten sie wichtige Hinweise für die Gefahrenbeurteilung.

So liefert die **geomorphologische Karte** detaillierte Informationen zur quartären Bedeckung. Die **hydrogeologische Karte** dient dem Verständnis der Rolle des Wassers als auslösender

Faktor von Instabilitäten. Im Gebirgskörper ist zirkulierendes Wasser eng mit den Trennflächensystemen des Felsens verknüpft. Die in unterschiedlichen Massstäben vorhandenen **geotechnische Karte** und die **Bodenkarte** sind ebenfalls Bestandteil der Grundlagendokumente, welche zu einer besseren Kenntnis der standortspezifischen Gegebenheiten in instabilem Gelände beitragen.

## Luftbildanalysen und Messungen

Stereoskopische Luftfotos (Massstab ca. 1:20000 oder 1:25000; in Schwarz-Weiss, Echt- oder Falschfarben) sind ein wichtiges Hilfsmittel bei der Beurteilung von Massenbewegungen und deren räumlicher Begrenzung. In Kombination mit der topographischen Karte (1:10000 bis 1:25000) bilden sie die Grundlage für eine generelle geomorphologische Geländeanalyse.

Bei Flächen grösser als 1 Hektare erlauben sie im allgemeinen die Identifikation verschiedener Phänomene, welche für Massenbewegungen kennzeichnend sind. Ausserdem können aus den Luftfotos die wesentlichen geologisch-tektonischen Grundzüge des Gebietes hergeleitet werden. Mit den Verfahren der Photogrammetrie können Terrainverschiebungen (Verschiebungsvektoren) ermittelt werden.

Zur genauen Ermittlung der Verschiebungsbeträge in instabilen Zonen werden die verschiedenen Verfahren der geodätischen Vermessung (z.B. Triangulation, Polygonzug, Nivellement, Distanzmessungen, Global-Positioning-System GPS) eingesetzt. Bewegungen im Untergrund und Öffnungsraten von Zerrspalten oder Brüchen können mittels Extensometern und Gleitmikrometern, eventuell unter permanenter Datenerfassung durch einen Datalogger, registriert werden. Die Tiefe von Gleitflächen, die Bewegungsrate und die Richtung wird am zweckmässigsten mit einem, in einem Bohrloch versetzten, Inklinometer oder Gleitmikrometer bestimmt.

An der Terrainoberfläche lassen sich differentielle Bewegungen (z.B. Öffnung von Zerrspalten) in ausreichender Genauigkeit oft auch mit einfachen

Distanzmessungen bestimmen. All diese Messsysteme können mit einem (automatischen) Alarmdispositiv ausgestattet werden.

## Ereignisdokumentation

Die Ereignisdokumentation ist ein Verzeichnis beobachteter Ereignisse. Sie umfasst Angaben zum Prozess, zum Wirkungsbereich, zum festgestellten Schaden, zu den auslösenden Faktoren (insbesondere den meteorologischen Randbedingungen).

Die Aufzeichnung eines Ereignisses kann in Abhängigkeit des Ausmasses und der Schadenwirkung in verschiedenen Detaillierungsgraden erfolgen. Die Ereignisdokumentation gibt mindestens Antwort auf die Frage, **was** sich **wann**, **wo** und in **welchem Ausmass** ereignet hat.

Die detaillierte Ereignisdokumentation geht zusätzlich der Frage nach, wie sich das entsprechende Ereignis abgespielt hat und weshalb es zu Schäden gekommen ist. Sie kommt insbesondere bei Ereignissen mit grösseren Auswirkungen zum Einsatz und sollte gut dokumentiert sein.



LHG, Geschiebeanalyse

### Übersicht über die Ereignisdokumentation

#### Inhalt

Angaben zu Ereignissen, deren Ursachen und deren Schadenwirkung. Der Detaillierungsgrad steht in Abhängigkeit zur Bedeutung der Ereignisse.

#### Massstab

Darstellung der betroffenen Flächen im Massstab 1:2000 bis 1:25 000.

#### Nachführung

Laufend; im Falle eines Ereignisses ohne zeitlichen Verzug. Die betroffenen und untersuchten Flächen sind abzugrenzen.

## Karte der Phänomene

Die Karte der Phänomene hält die im Feld beobachteten Merkmale und Indikatoren sowie deren wertfreie Interpretation kartographisch und textlich fest. Sie stellt die Phänomene gefährlicher Prozesse dar und bezeichnet die gefährdeten Gebiete, unabhängig von der Gefahrenstufe.

Die **Geländeanalyse** bildet die Grundlage zur Erstellung der Karte der Phänomene. Sie ist eine wichtige Ergänzung zur Ereignisdokumentation und dient der Erkennung sowie der Abschätzung (Disposition, Auslösemechanismen, Wirkungsweise) möglicher Gefahrenarten. Die Geländeaufnahme stützt sich einerseits auf die Beobachtung und Interpretation von Geländeformen (z.B. kritische Stellen), gefügeanalytische und geomechanische Eigenschaften der Trennflächen in der Ausbruchszone von Sturzprozessen, andererseits auch auf «stumme Zeugen» (z.B. abgestürzte Blöcke) von früher abgelaufenen oder gegenwärtig ablaufenden, gefährlichen Prozessen. Damit wird es möglich, Ursachen, Auftretenswahrscheinlichkeiten und weitere wichtige Faktoren oder Begleitumstände von Ereignissen zu eruieren.

### Übersicht über die Karte der Phänomene

#### Karte

Erfassung und Darstellung von Merkmalen und Indikatoren von Massenbewegungen (z.B. so genannten «stumme Zeugen»). Angaben zur Disposition von gefährlichen Prozessen.

#### Massstab

1:1000 bis 1:25000 (in Abhängigkeit des Verwendungszweckes).

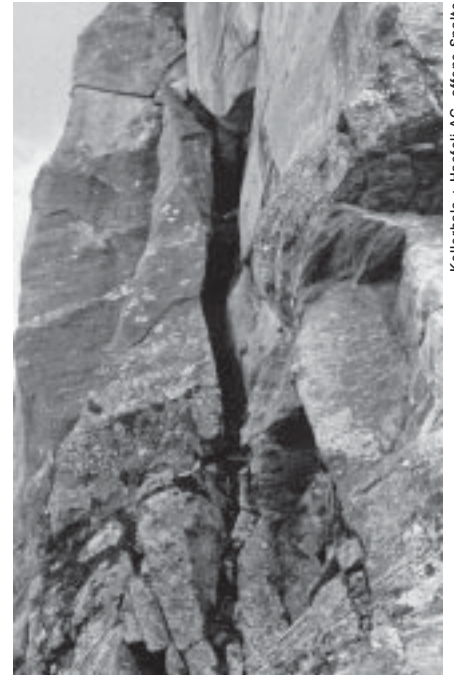
#### Nachführung

Nachführung bei Überarbeitung der Gefahrenkarte.

Um die Gefahren glaubwürdig zu kartieren, ist ein gründliches Wissen über den Zustand des Einzugsgebietes sowie dessen Vergangenheit und die daraus abgeleiteten Entwicklungsmöglichkeiten erforderlich.

Um die Inhalte und Darstellungsweisen verschiedenster Gefahrenarten (Wasser, Lawinen, Rutschungen, Steinschlag etc.) und unterschiedlicher Massstäbe zu harmonisieren, haben das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) und das Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW) gemeinsam eine Empfehlung zur Erstellung entsprechender Karten mit Legendenvorschlag unter dem Titel **Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene** ausgearbeitet und 1995 in der Reihe «Naturgefahren» publiziert\*. Diese Empfehlung bezweckt die bessere Vergleichbarkeit und gute Nachvollziehbarkeit der Gefahrenbeurteilungen sowie eine einfachere Handhabung bei der Kartierung.

Bei der **Felsturz- und Bergsturzgefahr** ist eine reine Darstellung der beobachteten Sturzablagerungen nicht ausreichend. Die Beurteilung der Gefahrenpotentiale und der möglichen Auslösemechanismen im Herkunftsgebiet ist in diesem Falle unumgänglich. Dies beinhaltet eine Bestimmung der räumlichen Anordnung der Trennflächen, des Verwitterungszustandes der Felswand, des mutmasslichen Volumens der instabilen Felspartie und der Blockgrössen. Diese Eigenschaften können in einer **Karte der Gefahrenpotentiale** zusammengefasst werden, wie dies im Kanton Wallis gehandhabt wird (Rouiller & Marro, 1997).



Kellerhals + Haefeli AG, offene Spalte

\* Bezugsquelle:  
EDMZ, 3003 Bern (Bestellnummer 310.022 d/f)



Reproduziert mit Bewilligung des Vermessungsamtes des Kantons Bern vom 5.9.1997

Ausschnitt aus einer Karte der Phänomene, publiziert in den Empfehlungen «Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene» (1995).



# Beurteilung von bestehenden Schutzmassnahmen

## Technische Massnahmen

Innerhalb ihrer geforderten Lebensdauer und insbesondere nach Ereignissen sind Schutzbauwerke (z.B. Steinschlagnetz) in konsequenter Weise periodisch auf ihre allgemeine Funktionstüchtigkeit hin zu überprüfen. Dabei sind neben der Beurteilung des Tragwiderstandes und der Gesamtstabilität der einzelnen Werke auch ihr Zustand und ihr Einfluss auf die Hangstabilität zu beurteilen. Dies gilt besonders auch für Entwässerungsanlagen (z.B. Rutschentwässerung).

## Biologische Massnahmen

Die Wirkung eines Schutzwaldes hängt von seinem Zustand sowie von seiner Entwicklung ab. Die Überprüfung dieser Faktoren ist Bestandteil der forstlichen Planung. Nach Waldkatastrophen (Sturm, Brand, Käferbefall) sind sie jedoch zusätzlich zu überprüfen.

## Unterhalt

Unterhalt, Reparaturen, Ergänzung und Ersatzmassnahmen sind problem- und zeitgerecht zu planen und auszuführen.



Kellerhals + Haefeli AG, schadhafte Rutschentwässerung

Basierend auf den verschiedenen Grundlagen sind in einem zweiten Schritt im Umgang mit Gefahren Intensität und Wahrscheinlichkeit möglicher Massenbewegungen in einer Gefahrenkarte festzuhalten. Dieses Instrument stellt die Massenbewegungsgefahren und die daraus resultierende Gefährdung für Menschen und erhebliche Sachwerte räumlich dar. Dabei ist stets zu beachten, dass eine Gefahrenkarte eine bestehende Gefährdung nach dem Urteil des Gutachters aufzeigt und somit als solche nicht rechtsverbindlich ist. Die rechtsverbindliche Umsetzung bleibt der kantonalen und kommunalen Gesetzgebung und Planung beziehungsweise den Bewilligungsbehörden im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens vorbehalten.



Haeberli, gefährdete Siedlung

## Gefahrenbeurteilung

## Gefahrenkarte

Gefahrenkarten zeigen die zum Zeitpunkt der Begutachtung bestehende Gefährdung (Gefahrenart und Mass der Gefährdung) auf. Die Gefährdung eines Gebietes wird durch die **drei Gefahrenstufen** rot, blau oder gelb dargestellt.

Die Abgrenzung zwischen den verschiedenen Gebieten (Gefahrenzonen) basiert auf der Karte der Phänomene, der Ereignisdokumentation und gegebenenfalls anderen Grundlagen (vgl. Kapitel Gefahrenerkennung).

Modellierungen (Sturzbahnanalysen oder Stabilitätsberechnungen für Rutschungen) können fallweise verwendet werden, sei es, um die mögliche Ausdehnung von steinschlaggefährdeten Gebieten zu bestimmen oder um Angaben über die rechnerische Stabilität eines potentiell instabilen Hanges zu erhalten.

Die Beurteilung der Gefährdung erfolgt auf der Basis des **aktuellen Zustandes**. Bestehende Schutzbauten sind jedoch nur zu berücksichtigen, wenn deren Funktionstüchtigkeit und deren **Unterhalt langfristig** gewährleistet sind. Geplante Schutzmassnahmen, seien es nun Neubauten oder die Wiederinstandstellung von bestehenden, älteren Anlagen, dürfen erst dann in der Gefahrenkarte berücksichtigt werden, wenn diese Arbeiten ausgeführt sind.

### Zweck und Bedeutung

Die Gefahrenkarte ist eine Eignungskarte die aufzeigt, welche Gebiete wegen bestehender Naturgefahren nicht oder nur bedingt für bestimmte Nutzungen geeignet sind. Sie bildet daher die fachliche Grundlage für die:

- Umsetzung in der **Raumplanung** (Ausarbeitung von Konzepten und Sachplänen von Bund und Kantonen, Erarbeitung von kantonalen Richtplänen oder von Nutzungsplänen inklusive Ausscheidung von Gefahrenzonen, Erlass von Bauvorschriften, Bewilligung von Bau- und Nutzungsgesuchen);
- Planung von Massnahmen des **Objektschutzes** und von Massnahmen der Grundeigentümer zur Schadenverminderung. Durch die Überlagerung

mit den bestehenden Nutzungen werden Konflikte aufgezeigt. Da bestehende Nutzungen oft nicht geändert werden können, sind meist bauliche Massnahmen notwendig, um den erforderlichen Schutzgrad zu erreichen. Die Gefahrenkarte dient daher auch der Planung von **baulichen Schutzmassnahmen**, der Einrichtung und der Organisation der Notfallplanung.

### Gefahren-Hinweiskarte

#### Zweck

Grundlage für die Richtplanung zur ersten, groben Erkennung der Interessenkonfliktgebiete, falls noch keine Gefahrenkarten vorhanden sind.

#### Inhalt

Grobe Übersicht über die Gefährdungssituation; Angabe der Gefahrenart, in der Regel jedoch nicht der Gefahrenstufe (ohne Angaben zu Intensität und Wahrscheinlichkeit); grossräumige Ausscheidung.

#### Bearbeitungstiefe

Geringe Bearbeitungstiefe.

#### Masstab

1:10000 bis 1:50000

#### Erfasste Gebiete

Regionen oder ganze Kantone

### Gefahrenkarte

#### Zweck

Grundlage für die Richt- und Nutzungsplanung sowie für die Projektierung von Schutzmassnahmen.

#### Inhalt

Genauere Angaben zu Gefahrenart, räumlicher Ausdehnung und Grad der Gefährdung in drei Gefahrenstufen, detaillierte Dokumentation.

#### Bearbeitungstiefe

Hohe Bearbeitungstiefe («parzellenscharfe» Abgrenzung muss möglich sein).

#### Masstab

1:2000 bis 1:10000

#### Erfasste Gebiete

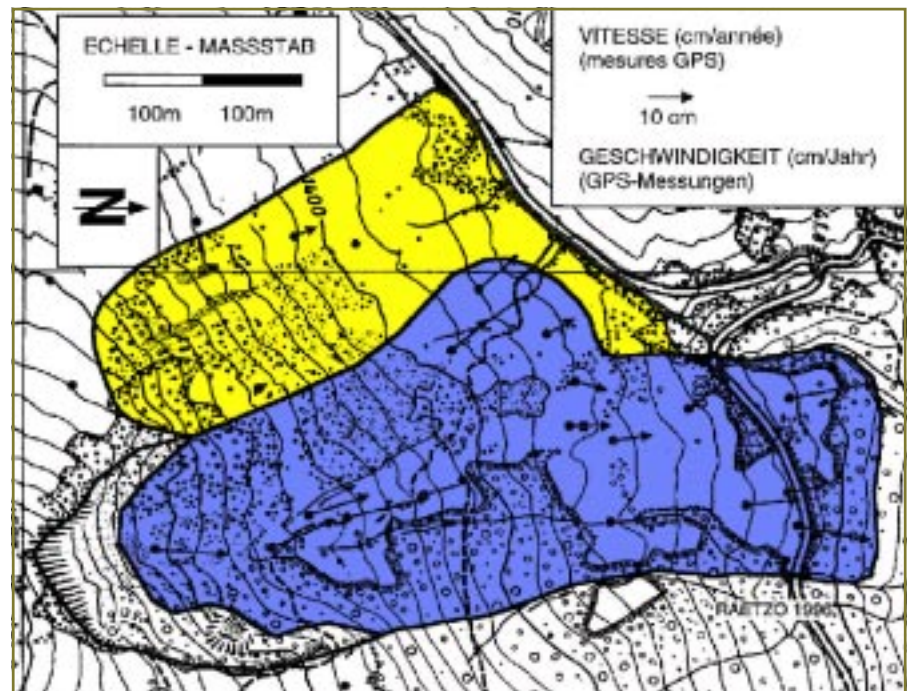
Schweres Gewicht auf besiedelten, erschlossenen oder künftig zu erschliessenden Gebieten sowie auf Verkehrswegen und evtl. touristischen Anlagen.

**Überprüfung:** Periodisch im Rahmen der Richt- und Nutzungsplanrevisionen.

**Nachführung:** Bei erheblich veränderter Gefahrensituation (zum Beispiel infolge von Schutzmassnahmen oder Veränderungen der natürlichen Voraussetzungen).

# Beispiele von Gefahrenkarten

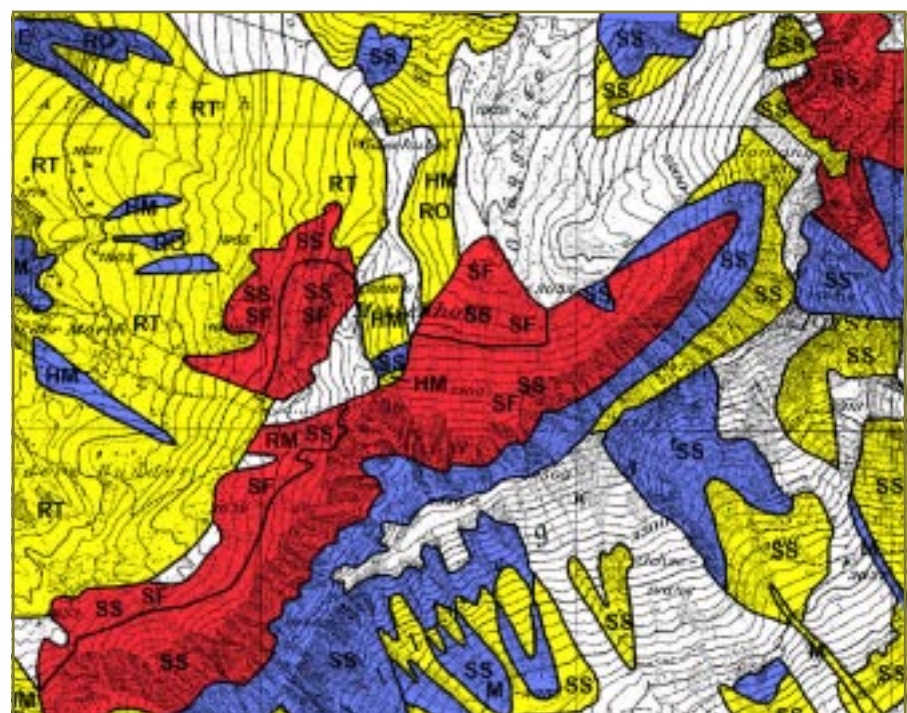
## Rutschung



Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 15.12.1997

## Kombinierte Karte:

- Sturz
- Rutschung
- Hangmure



Kellerhals+Haefeli AG (2)

Indizes siehe Text Seite 22

## Erstellung

Die Gefahrenkarte besteht aus einem **Kartenteil** (wobei als kartografische Grundlagen Karten oder Pläne im Massstab z.B. 1:10000 oder grösser zu verwenden sind) und einem **Textteil** (einem technischen Bericht mit Begründung und Beschreibung der Gefahrengebiete).

Auf der Gefahrenkarte ist der untersuchte Perimeter abzugrenzen. Dadurch ist eine klare Unterscheidung zwischen nichtgefährdeten Gebieten und solchen, die nicht untersucht worden sind, gewährleistet.

Die Erstellung von Gefahrenkarten hat ausschliesslich nach nachvollziehbaren, **wissenschaftlichen Kriterien** zu erfolgen (vgl. Kapitel Gefahrenerkennung). Der Gutachter ist in der Wahl seiner Methoden grundsätzlich frei, sofern diese dem anerkannten Stand der Wissenschaft entsprechen.

Die Bearbeitungstiefe von Gefahrenkarten hängt einerseits stark vom vorhandenen und zu erwartenden Schadenpotential, andererseits vom Gefahrenpotential ab. Bei der Erstellung von Gefahrenkarten sind möglichst **geschlossene Planungsräume** zu erfassen. Letztlich gilt es auch, die Gefahrenkarten periodisch den geänderten Verhältnissen anzupassen.

### Gefahren-Hinweiskarte

Ein Spezialfall der Gefahrenkarte ist die Gefahren-Hinweiskarte. Sie gibt eine grobe Übersicht über die Gefährdungssituation, und stellt flächenhaft fest, welche Gefahren vorhanden sind. Im Gegensatz zur eigentlichen Gefahrenkarte werden bei der Gefahren-Hinweiskarte in der Regel **keine Gefahrenstufen** unterschieden.

Die Gefahren-Hinweiskarte eignet sich besonders auf der Stufe Richtplanung (in den Massstäben 1:25000 oder 1:50000). Mit geringem Aufwand und über einen grösseren Raum – etwa einen ganzen Kanton – lassen sich mit ihr vorgängig der Erstellung einer detaillierten Gefahrenkarte vorhandene Konfliktgebiete feststellen.



## Gefahrenstufen

Um eine einheitliche und gleichwertige Bewertung der verschiedenen Arten von Naturgefahren (Hochwasser, Lawinen, Rutschungen etc.) zu gewährleisten, wurden – ausgehend von den bestehenden «Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten» (BFF/EISFL 1984) – harmonisierte Gefahrenstufendiagramme entwickelt.

Als Grad der Gefährdung werden die beiden Parameter **Intensität** und **Wahrscheinlichkeit** (Häufigkeit oder Wiederkehrdauer) der jeweiligen Gefahrenart festgelegt. Diese Parameter werden in einer Matrix zu Gefahrenstufen zusammengefasst. Es wird zwischen **drei Gefahrenstufen** (rote, blaue und gelbe Farbe) unterschieden.

Als Besonderheit im Vergleich mit anderen Massenbewegungsgefahren kann bei Fels- und Bergsturz eine Überprüfung der Gefahrensituation für sehr seltene Ereignisse vorgenommen werden (Klärung der **Restgefährdung** bzw. des **Restrisikos**). Die allenfalls betroffenen Flächen werden gelb-weiss schraffiert dargestellt.

Die Gefahrenstufen werden so gewählt, dass sie auf eine bestimmte Art von Verhaltensweisen bzw. Nutzungs-

vorschriften schliessen lassen. Sie zeigen den Grad der Gefährdung von Menschen, Tieren und erheblichen Sachwerten auf. Dabei wird berücksichtigt, dass bei den Massenbewegungsgefahren die Sicherheit von Menschen in Gebäuden zum Teil wesentlich höher ist als im Freien.

Die gefährdende Schadenwirkung wird für jede Gefahrenart und Gefahrenstufe beschrieben. Die Gefahrenstufen werden grundsätzlich für jede Gefahrenart getrennt bestimmt. Diese ist mit einem **Index** in der Gefahrenkarte anzugeben. Die Indizes stehen für folgende Prozesse:

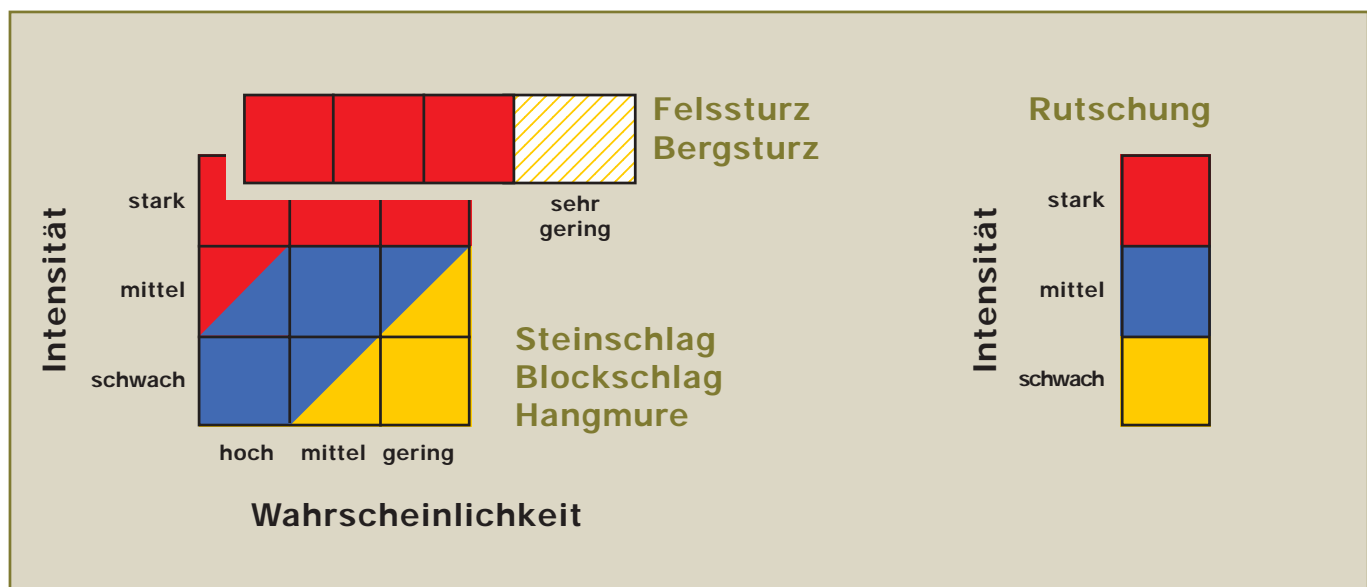
- **SS** Stein- und Blockschlag
- **SF** Felssturz
- **SB** Bergsturz
- **RO** oberflächliche Rutschung
- **RM** mitteltiefe Rutschung
- **RT** tiefgründige Rutschung
- **HM** Hangmure
- **D** Einsturz

Falls eine Fläche durch **mehrere Gefahrenarten** bedroht ist, beispielsweise durch häufige Sturzprozesse in einem Rutschgebiet, so wird diesem Umstand auf der Gefahrenkarte in geeigneter Form Rechnung getragen. Massgebend ist die jeweils höchste Gefahrenstufe. In der Regel erfolgt bei der Überlagerung durch mehrere Gefahrenarten keine Umteilung in eine höhere Stufe, da ja gegen jede einzelne Gefahr Massnahmen zur Schadenvermeidung ergriffen werden können. In Gebieten, die durch mehrere Gefahren bedroht sind, wird es bei der raumplanerischen Umsetzung in vielen Fällen sinnvoll sein, Auflagen und allfällige Verbote differenziert zu erlassen.

In den vorgeschlagenen Diagrammen sind «Wahrscheinlichkeit» und «Intensität» nicht als metrische Grössen, sondern als Klassen dargestellt.

Prinzipiell wurde das Ziel verfolgt, sämtliche zu berücksichtigenden Naturgefahren in einem einzigen, allgemein gültigen Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramm darzustellen. Bei den Massenbewegungen bedingt die Vielfalt der Prozesse jedoch die Verwendung von drei verschiedenen Diagrammen.

Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramme (Gefahrenstufendiagramme)



## rot: erhebliche Gefährdung

- Personen sind sowohl innerhalb als auch ausserhalb von Gebäuden gefährdet.
- Mit der raschen Zerstörung von Gebäuden ist zu rechnen.  
oder:
- Die Ereignisse treten zwar in schwächerem Ausmass, dafür aber mit hoher Wahrscheinlichkeit auf. In diesem Fall sind entweder Personen vor allem ausserhalb von Gebäuden gefährdet oder Gebäude werden unbewohnbar.

Das rote Gebiet ist im wesentlichen ein Verbotsbereich.

## blau: mittlere Gefährdung

- Personen sind innerhalb von Gebäuden kaum gefährdet, jedoch ausserhalb davon.
- Mit Schäden an Gebäuden ist zu rechnen, jedoch sind rasche Gebäudezerstörungen in diesem Gebiet nicht zu erwarten, falls gewisse Auflagen bezüglich Bauweise beachtet werden.

Das blaue Gebiet ist im wesentlichen ein Gebotsbereich, in dem schwere Schäden durch geeignete Vorsorgemassnahmen (Auflagen) vermieden werden können.

## gelb: geringe Gefährdung

- Personen sind kaum gefährdet.
- Mit geringen Schäden an Gebäuden bzw. mit Behinderungen ist zu rechnen.

Das gelbe Gebiet ist im wesentlichen ein Hinweissbereich.

## gelb-weiss gestreift: Restgefährdung\*

Gefährdungen mit einer sehr geringen Eintretenswahrscheinlichkeit und einer hohen Intensität können durch eine gelb-weiss gestreifte Signatur bezeichnet werden. Das gelb-weiss gestreifte Gebiet ist ein Hinweissbereich, der eine Restgefährdung bzw. ein Restrisiko aufzeigt.

\* Die Ausscheidung von Hinweissbereichen ist restriktiv zu handhaben. Sie soll prozessspezifisch und schadenpotentialorientiert erfolgen.

**weiss: nach dem derzeitigen Kenntnisstand  
keine oder vernachlässigbare Gefährdung**

## Intensität und Wahrscheinlichkeit

Die beiden in der Gefahrenstufen-Matrix verwendeten Parameter sind für jeden Prozess zu bestimmen, wobei die Bandbreite eine schwache, mittlere oder starke Intensität bzw. eine geringe, mittlere oder hohe Wahrscheinlichkeit zulässt.

### Intensität

Um das Ausmass eines möglichen Schadenereignisses zu beschreiben, werden die Grenzwerte für die Gefahrenstufen nach der möglichen Schadenwirkung auf die wichtigste Nutzungsform – das Siedlungsgebiet – abgestimmt. Für andere Nutzungsformen sind die möglichen Schäden analog abzuleiten. Die Angabe der Intensität erfolgt in drei Stufen:

- **starke Intensität:** Menschen und Tiere sind auch innerhalb von Gebäuden gefährdet; mit erheblichen Schäden an Gebäuden bis zu plötzlichen Gebäudezerstörungen ist zu rechnen.
- **mittlere Intensität:** Menschen und Tiere sind ausserhalb von Gebäuden stark, innerhalb von Gebäuden jedoch kaum gefährdet; mit Schäden an Gebäuden ist zu rechnen.
- **schwache Intensität:** Menschen und Tiere sind auch ausserhalb von Gebäuden kaum gefährdet (Ausnahme: bei Block- und Steinschlag können Menschen und Tiere verletzt oder sogar getötet werden); in und an Gebäuden muss mit Sachschäden gerechnet werden.

### Wahrscheinlichkeit

Anstelle einer graduellen Skala, zum Beispiel durch Angabe der Wiederkehrperiode, wurde für die Wahrscheinlichkeit ebenfalls eine Klassenbildung gewählt. Die Klassengrenzen liegen bei 30 und 300 Jahren und lehnen sich an die Vorgabe seitens der Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr (BFF/EISFL 1984).

Bei Massenbewegungen sind Angaben zur Eintretenswahrscheinlichkeit mit **Unsicherheiten** behaftet. Die einem bestimmten Ereignis zuzuordnende Wahrscheinlichkeit ist nie eindeutig zu bestimmen, sondern umfasst immer einen Bereich, der mit den gewählten Klassengrenzen zusammenfallen kann.

Die Begriffe Häufigkeit, Wiederkehrperiode und Eintretenswahrscheinlichkeit werden synonym verwendet, wobei Häufigkeit und Wiederkehrperiode eigentlich nur für sich wiederholende Ereignisse zutreffend sind.

Im Gegensatz zu periodischen Hochwasserereignissen oder Lawinenniedergängen sind Massenbewegungen oft Prozesse, die sich nicht wiederholen. Die Angabe einer Wiederkehrperiode ist ausser für Ereignisse wie Steinschlag, Blockschlag und Hangmure, welche im weitesten Sinne mit bestimmten, sich wiederholenden Witterungsbedingungen korrelieren, wenig sinnvoll. Vielmehr ist die Eintretenswahrscheinlichkeit eines Ereignisses innerhalb einer angemessenen Nutzungsdauer zu bewerten.

Dies ist auch näher am wahren Problem, denn für den Nutzungswilligen stellt sich primär nicht die Frage nach Jährlichkeiten, sondern mit welcher Wahrscheinlichkeit eines Schadens innerhalb einer bestimmten Nutzungsperiode zu rechnen ist oder wie sicher eine Örtlichkeit vor Naturgefahren ist. Eintretenswahrscheinlichkeit und Wiederkehrperiode lassen sich numerisch verbinden, sofern von einer einheitlichen Nutzungsperiode ausgegangen wird. Die Gleichung lautet:

$$p = 1 - (1 - 1/T)^n$$

wobei **n** die betrachtete Nutzungsperiode (z.B. 30 oder 50 Jahre), **T** die Wiederkehrperiode und **p** die Eintretenswahrscheinlichkeit eines Ereignisses gleich oder grösser als jenes der

Wiederkehrperiode **T** innerhalb der Nutzungsperiode ist.

Nimmt man 30 Jahre (eine Generation) als Betrachtungszeitraum, so ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein 30-jährliches Ereignis eintritt 64% (oder knapp 2/3), ein 100-jährliches 26% (oder ungefähr 1/4) und ein 300-jährliches knapp 10%.

Die Berechnung der Eintretenswahrscheinlichkeit in einer betrachteten Nutzungsperiode verdeutlicht, dass selbst bei einer relativ langen Wiederkehrperiode (z.B. 300 Jahre) das verbleibende Risiko nicht vernachlässigbar ist: Hat ein Ereignis eine Wiederkehrperiode von 300 Jahren, so besteht eine Wahrscheinlichkeit von 15%, dass dieses in einer Periode von 50 Jahren eintritt. Dies entspricht immerhin etwa der Wahrscheinlichkeit, bei einem einmaligen Wurf eine 6 zu würfeln!

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



## Restgefährdung

Grundsätzlich ist die Wahrscheinlichkeitsskala in die Richtung der sehr geringen Wahrscheinlichkeiten offen, genauso wie die Intensitätsskala in die Richtung der sehr hohen Intensitäten. Gefahrenarten, die mit einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit auftreten, werden für übliche Nutzungen der Restgefährdung (bzw. dem Restrisiko) zugeordnet (anstelle von Restgefährdung wird oftmals der Begriff Restrisiko verwendet, welcher im Zusammenhang mit der Gefahrenbeurteilung nicht richtig ist).

Die Grenze zwischen den Wahrscheinlichkeiten, die im Rahmen der Planung von üblichen Nutzungen noch berücksichtigt werden und jenen Risiken, die zur Restgefährdung (Restrisiko) zählen, wurde für die Massenbewegungsgefahren etwa bei einem 300-jährlichen Ereignis angesetzt.

Die Schwierigkeiten der numerischen Abschätzung entbinden nicht von der Notwendigkeit, Begriffe wie **hohe, mittlere oder geringe Wahrscheinlichkeit** wenigstens ungefähr zu quantifizieren. Dabei kann es sich jedoch nur um Richtgrössen handeln. Da die Wahrscheinlichkeiten über die verschiedenen Gefahrenarten hinweg gleich beurteilt werden sollten, werden die gleichen Klassengrenzen wie bei anderen Naturgefahren verwendet.

Im Restgefährdungsbereich können erkennbare, aber sehr seltene und somit schwer quantifizierbare Gefährdungen durch eine gelb-weiss gestreifte Signatur angezeigt werden. Die Darstellung ist insbesondere dann angebracht, wenn hohe Intensitäten möglich sind, das Schadenpotential gross ist oder wenn die Möglichkeit besteht, dass sich die Eintretenswahrscheinlichkeit gegenüber heute erheblich erhöhen könnte. Dies ist besonders der Fall bei potentiell durch Berg- oder Felsstürze gefährdeten Gebieten, wenn nicht eine offensichtliche Aktivität im Herkunftsgebiet auf ein unmittelbar bevorstehendes Ereignis schliessen lässt. Die Abgrenzung von gelb-weiss zu weiss (keine oder vernachlässigbare Gefährdung) wird nicht zahlenmässig definiert.



Kellerhals + Haefeli AG, Felssturz als Restgefährdung

## Kriterien zur Beurteilung der Intensität

Es gibt kein allgemein gültiges Mass, um die Intensität von Massenbewegungen zu beschreiben. Aufgrund der Wirkungsmechanismen der verschiedenen Prozesse können hingegen Werte festgelegt werden, mit welchen die Grenzen der Klassen von starker, mittlerer und schwacher Intensität definiert sind. Die dazu verwendeten Kriterien beziehen sich im allgemeinen auf die Zone der Prozesswirkung bzw. das gefährdete Gebiet. Bei rein potentiellen Gefahren (z.B. drohender Felssturz) muss die Beurteilung der zu erwartenden Intensität allein auf die Disposition im Herkunftsgebiet abgestützt werden.

### Block- und Steinschlag

Das massgebende Kriterium ist die Aufprallenergie (Energie aus Translation und Rotation) im gefährdeten Bereich. Es werden folgende Grenzwerte empfohlen (E = kinetische Energie):

- starke Intensität  $E > 300 \text{ kJ}$
- mittlere Intensität  $30 < E < 300 \text{ kJ}$
- schwache Intensität  $E < 30 \text{ kJ}$

Die Grenze von 300 kJ entspricht ungefähr derjenigen Aufprallenergie, welche von einer armierten Betonmauer aufgefangen werden kann, sofern das ganze Gebäude entsprechend dimensioniert ist (rechnerischer Nachweis erforderlich). Die Grenze von 30 kJ entspricht ungefähr derjenigen Aufprallenergie, welche von einer Eisenbahnschwelle aus Eichenholz aufgenommen werden kann.

### Fels- und Bergsturz

Es wird immer eine starke Intensität ( $E > 300 \text{ kJ}$ ) erreicht. Die Bestimmung der theoretisch vorhandenen Zonen schwacher und mittlerer Intensität im Auslaufbereich der Sturzbahnen ist mit Unsicherheiten behaftet. Deshalb wird empfohlen, auf eine mehrheitlich künstliche Begrenzung der Zonen mit geringerer Intensität zu verzichten.

### Rutschungen

Die meisten Rutschungen zeigen kontinuierliche Bewegungen, gelegentlich auch kombiniert mit schnellen Reaktivierungen. Für schwache Intensitäten kann von langfristigen, jährlichen Durchschnittsbewegungen bis zu

2 cm/Jahr, bei mittlerer Intensität von solchen bis zu einigen dm/Jahr ausgegangen werden. Eine starke Intensität bleibt vorbehalten für Zonen, in denen ausgeprägte Scher- bzw. Differentialbewegungen stattfinden. Eine starke Intensität kann auch dann zugeordnet werden, wenn starke Reaktivierungen beobachtet wurden oder in lokalisierten Bereichen Verschiebungen von über 1 m pro Ereignis eintreten können. Die starke Intensität kann ferner für oberflächliche Rutschungen mit hohen Geschwindigkeiten ( $> 0.1 \text{ m/Tag}$ ) verwendet werden. Bei den Rutschungen werden diese Intensitätskriterien direkt in Gefahrenstufen umgesetzt.

### Hangmuren

Bei Gebieten, die hinsichtlich Hangneigung, Bodenbeschaffenheit und klimatischen Randbedingungen für die Bildung von Hangmuren disponiert sind, hängt die Intensität von der Mächtigkeit der durch diesen Prozess potentiell mobilisierbaren Schicht ab. Im all-

gemeinen besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Schichtmächtigkeit und dem umgelagerten Volumen ( $100 \text{ m}^3$  bis mehrere  $1000 \text{ m}^3$ ). Bei Schichtmächtigkeiten unter 0.5 m wird eine Zuordnung zur schwachen Intensität vorgeschlagen.

Die Grenze zwischen mittlerer und starker Intensität liegt bei einer Mächtigkeit von rund 2 m.

### Absenkung, Einsturz

Bei Absenkungs- und Einsturzerscheinungen infolge unterirdischer Lösungsprozesse und der Verkarstung von Gesteinen hängt die Intensität insbesondere von der Mächtigkeit der Überdeckung ab (z.B. Moräne). Die Gegenwart zahlreicher Dolinen ist kennzeichnend für eine mittlere Intensität dieses Prozesses.

Prozess	schwache Intensität	mittlere Intensität	starke Intensität
<b>Block-/Steinschlag</b>	$E < 30 \text{ kJ}$	$30 < E < 300 \text{ kJ}$	$E < 300 \text{ kJ}$
<b>Fels- und Bergsturz</b>	-	-	$E > 300 \text{ kJ}$
<b>Rutschung</b>	$v: \leq 2 \text{ cm/Jahr}$	$v: \text{ dm/Jahr}$ $(> 2 \text{ cm/Jahr})$	starke Differentialbewegungen; $v > 0.1 \text{ m/Tag}$ bei oberflächlichen Rutschungen; Verschiebungen $> 1 \text{ m}$ pro Ereignis
<b>Hangmure potentiell</b>	$M < 0.5 \text{ m}$	$0.5 \text{ m} < M < 2 \text{ m}$	$M > 2 \text{ m}$
<b>Hangmure real</b>	-	$h < 1 \text{ m}$	$h > 1 \text{ m}$
<b>Absenkung, Einsturz</b>	-	Dolinen	-

E = kinetische Energie  
M = Mächtigkeit der mobilisierbaren Schicht  
h = Mächtigkeit der Ablagerung durch Hangmure  
v = langfristige durchschnittliche Rutschgeschwindigkeit

## Kriterien zur Beurteilung der Wahrscheinlichkeit

### Block- und Steinschlag

Sind z.B. innerhalb der letzten 30 Jahre («stumme Zeugen», Archive) Block- oder Steinschlag eindeutig und deutlich aufgetreten, so ist von einer hohen Eintretenswahrscheinlichkeit ( $p > 2/3$ ) auszugehen. Sind nur sehr unsichere Spuren vorhanden oder liegen vergleichbare Ereignisse länger zurück, so ist eine mittlere Wahrscheinlichkeit anzunehmen ( $1/4 < p < 2/3$ ). Die Abgrenzung zu geringer Eintretenswahrscheinlichkeit ( $1/10 < p < 1/4$ ) muss weitgehend der Interpretation des Gutachters hinsichtlich der vorhandenen Stabilitäten und Sicherheiten überlassen werden.

### Fels- und Bergstürze

Bei Fels- und Bergstürzen handelt es sich meist um einmalige Ereignisse, bei denen nicht von Eintretenswahrscheinlichkeiten im engeren Sinne gesprochen werden kann. Deshalb wird auf eine Unterscheidung von hoher, mittlerer und geringer Wahrscheinlichkeit verzichtet. Hingegen ist zu beurteilen, ob eine Eintretenswahrscheinlichkeit von  $p > 1/10$  (in 30 Jahren) besteht (und damit eine Einstufung zur roten Gefahrenzone zur Folge hat), oder ob diese eine Zuordnung zur Restgefährdung (Restrisiko) rechtfertigt.

In allen Fällen, in denen aktive Bewegungen, offene Spalten oder einzelner Steinschlag aus den gefährdeten Partien zu beobachten sind, ist die Einstufung als rote Gefahrenzone angezeigt. In Fällen, wo ein Verdacht besteht, ist eine Zuordnung zur Restgefährdung (Restrisiko), also einer gelbweiss gestreiften Zone, gerechtfertigt. Letztere hat keine unmittelbaren Auswirkungen auf den Grundeigentümer, würde aber die Behörden zu einer periodischen Beobachtung und Überwachung veranlassen.

### Rutschungen

Bei den Rutschungen handelt es sich mehrheitlich um kontinuierliche Prozesse. Eine Eintretenswahrscheinlichkeit im engeren Sinne existiert daher nicht. Aktive Rutschphasen sind dagegen oft witterungsbedingt und unterliegen daher der Eintretenswahrschein-

lichkeit von besonderen Witterungsverhältnissen (z.B. anhaltende Niederschläge in Kombination mit Schneeschmelze). Gefährlich sind vor allem differentielle, sich beschleunigende Bewegungen. Die Wahrscheinlichkeit der Beschleunigung einer permanenten Rutschung ist um so höher, je grösser die durchschnittliche Bewegungsgeschwindigkeit ist. Insofern sind die beobachteten langfristigen, mittleren Bewegungsgeschwindigkeiten gleichzeitig ein Mass für die Wahrscheinlichkeit einer plötzlichen, differentiellen Beschleunigung.

Ähnliches gilt auch für die spontane Bildung von oberflächennahen Fliessprozessen (Hangmuren), z.B. bei Extremniederschlägen. Die spontane Bildung oder Reaktivierung von bereits bestehenden Rutschungen kann aber auch durch Wildbachprozesse provoziert werden. Die Eintretenswahrscheinlichkeit richtet sich dann nach jener der verursachenden Wildbachprozesse.

### Absenkung und Einsturz

Absenkungen infolge der Auslaugung eines wasserlöslichen Untergrundes stellen mehrheitlich kontinuierliche Prozesse dar. Je nach Beschaffenheit des Untergrundes und der Mächtigkeit der Überdeckung kann es zu «aktiven Phasen», in Form von Einstürzen über Hohlräumen kommen. Obschon es sich dabei um spontane Ereignisse handelt, für die theoretisch eine Eintretenswahrscheinlichkeit besteht, betrachten wir diese als permanente Prozesse, zumal die Beurteilung der Eintretenswahrscheinlichkeit in solchen Fällen äussert spekulativ ist.

## Gefährdung

Die Gefährdung von Menschen und Tieren ist bei überraschenden Ereignissen besonders hoch. **Vorwarnzeiten** sind daher ein Hinweis zur Beurteilung der Gefährdung:

- **Sturzprozesse** treten meist plötzlich ein. Die Vorwarnzeit ist daher kurz bis sehr kurz, weshalb kaum Zeit für eine Evakuierung besteht. **Fels- und Bergstürze** kündigen sich allerdings oft schon Tage oder Wochen im voraus durch vermehrte Stein- und Blockschlagaktivität an. Wenn solchen Anzeichen die notwendige Beachtung geschenkt wird, können entsprechende Notmassnahmen (Überwachung, Frühwarnsysteme, Bereitstellung von technischen Mitteln) eingeleitet und zu gegebener Zeit eine Evakuierung angeordnet werden (z.B. Felssturz Randa VS, 1991). Bei der akuten Gefahr von Fels- oder Bergstürzen ist die Rückkehr von Personen in die deklarierte Gefahrenzone zu verhindern, da ein solches Ereignis dermassen schnell

abläuft, dass absolut keine Fluchtmöglichkeit besteht (z.B. 1987 Bergsturz Val Pola, Veltlin mit 28 Toten).

- Bei **Rutschungen** ist die Vorwarnzeit im allgemeinen relativ lang, so dass Notmassnahmen und Evakuierungen rechtzeitig eingeleitet werden können. Bei vernünftigem Verhalten sind Personen daher kaum gefährdet. Bei Rutschungen, die durch eine hochwasserbedingte **Ufererosion** entstehen, ist die Gefährdung in der Regel einige Zeit (Bruchteile von Stunden) im voraus erkennbar. Bei rechtzeitiger Vorwarnung und bei vernünftigem Verhalten sind Menschen daher ebenfalls kaum gefährdet. Das Abrutschen kann aber plötzlich erfolgen.

- Vorwarnungen bei **Hangmuren** sind äusserst schwierig zu treffen. Bei gegebener Disposition (Topographie, Bodenaufbau, Vegetation) stellen Extremniederschläge den auslösenden Faktor dar. Da sich diese auch im mutmasslichen Wirkungsbereich einer Hangmure bemerkbar machen, tritt aber meist kein eigentlicher Überraschungseffekt ein (ausgenommen bei Nacht). Die Gefährdung kann daher im voraus erahnt werden (eine halbe Stunde bis zu wenigen Stunden zuvor), und es können vorsorgliche Massnahmen getroffen werden.

## Modellrechnungen

Die Methoden, mit denen das Gleichgewicht von instabilen Massen oder deren Bewegungen modelliert werden, basieren auf Annahmen und erfordern präzise Eingabeparameter. Jede Modellierung liefert nur dann aussagekräftige Resultate, wenn die Grundlagendaten plausibel und die getroffenen Annahmen realistisch sind (siehe Anhang).

Es ist zu beachten, dass allzu starke und vereinfachende Verallgemeinerungen wohl zu konkreten, nicht aber unbedingt aussagekräftigen Resultaten führen.



Bonnard, Rutschschäden

## Rutschungen

### Starke Intensität

Starke Terrainveränderungen führen zu erheblichen differentiellen Bewegungen des Untergrundes und zu einer substantiellen Beeinträchtigung der Gebäudestabilität. Infolge von Rissen in statisch tragenden Gebäudeteilen, Absenkungen und Kippungen ist ein partieller oder totaler Einsturz möglich. Türen und Fenster sind nicht benutzbar. Menschen und Tiere sind in Gebäuden gefährdet. Bei Einsturz besteht Lebensgefahr. Reparaturen sind nur mit grossem Aufwand zu realisieren. Meist sind die strukturellen Schäden indessen so gross, dass eine Evakuierung und die Zerstörung des Gebäudes unausweichlich sind. Infrastrukturanlagen sind stark beeinträchtigt (z.B. unterbrochene Strassen). Es kommt zu Leitungsbrüchen. Ein Rückstau von Wasserläufen ist möglich.

### Mittlere Intensität

Terrainbewegungen verursachen Risse in Mauern, nicht jedoch an strukturellen Elementen, welche die Gebäudestabilität gewährleisten. Die Dichtigkeit von Fugen und die Verbindungen zwischen verschiedenen Bauteilen sind beeinträchtigt. Fenster und Türen verkeilen sich. Menschen und Tiere sind in Gebäuden nicht unmittelbar gefährdet. Die Schäden beeinträchtigen indessen die Wohnqualität. Reparaturen sind im allgemeinen mit verhältnismässigem Aufwand realisierbar. Bei Infrastrukturanlagen treten Beeinträchtigungen auf (z.B. Deformation von Strassen sowie von ober- und unterirdischen Leitungen). Drainagen können verstopfen.

### Schwache Intensität

Geringe Terrainbewegungen führen zu leichten Schäden (kleine Risse, Schäden am Verputz). Die Gebäudestabilität ist in keiner Weise beeinträchtigt. Grössere, steife Bauten sind im allgemeinen nicht betroffen. Menschen und Tiere sind nicht gefährdet. An Strassen können geringfügige Schäden auftreten.

## Sturzprozesse

### Starke Intensität

Der Aufprall von Steinen und Blöcken führt zu erheblichen Schäden. Grosse Risse in tragenden Gebäudeteilen und Löcher im Mauerwerk oder Dach können einen teilweisen oder totalen Einsturz zur Folge haben. Menschen und Tiere sind stark gefährdet, auch innerhalb von Gebäuden. Bei Einsturz besteht Lebensgefahr. Reparaturen sind nur mit grossem Aufwand zu realisieren. Oft sind die strukturellen Schäden so gross, dass eine Evakuierung und die Zerstörung des Gebäudes nicht abzuwendend sind. Durch die Ablagerung von Sturzmaterial kann es zum Rückstau von Wasserläufen (Ausbruchgefahr) kommen. Oberirdische Infrastrukturanlagen können stark beschädigt und unterbrochen werden (z.B. Strassen, Stromleitungen).

### Mittlere Intensität

Der Aufprall von Steinen verursacht je nach Baubeschaffenheit der Wände grössere Schäden, ohne jedoch die Gebäudestabilität zu beeinträchtigen (falls das Gebäude dafür konzipiert und entsprechend geprüft wurde). Türen werden stark beschädigt oder zerstört. Menschen und Tiere sind in Gebäuden gefährdet. Die Schäden beeinträchtigen die Wohnqualität. Reparaturen sind im allgemeinen mit verhältnismässigem Aufwand realisierbar. Die Ablagerung von Sturzmaterial kann den Aufstau kleiner Bäche zur Folge haben. Strassen und oberirdische Leitungen können beschädigt und kurzfristig unterbrochen werden.

### Schwache Intensität

Bei Sturzprozessen können Löcher im Mauerwerk entstehen. Menschen und Tiere sind innerhalb von Gebäuden in der Regel kaum gefährdet (rechnerischer Nachweis erforderlich).

## Hangmuren

### Starke Intensität

Der Aufprall von grossen, mit Wasser durchmischten Geröll-, Schlamm- und Holzmassen auf tragende Gebäudeteile kann zu grossen strukturellen Schäden am Gebäude führen oder die plötzliche Zerstörung zur Folge haben. Infolge Einsturz- und Überflutungsgefahr sind Menschen und Tiere stark gefährdet. Reparaturen sind oft mit grossem Aufwand verbunden. Erhebliche Terrainveränderungen mit grossen Erosionsflächen, Geröllablagerungen und Überflutungen führen zur Unterbindung, Beschädigung oder Zerstörung von Infrastrukturen (Strassen; Leitungen).

### Mittlere Intensität

Trotz der geringen Tiefe sind auslaufende Hangmuren wegen des mitgeführten Gerölls gefährlich. Der Aufprall von Steinen und Blöcken sowie eindringendes Wasser können Schäden an der Gebäudehülle und im Inneren verursachen, ohne jedoch die Gebäudestabilität zu beeinträchtigen. Menschen und Tiere im Freien sind gefährdet. Die Wohnqualität kann erheblich beeinträchtigt werden. Reparaturen sind im allgemeinen mit verhältnismässigem Aufwand durchführbar. Die Ablagerung von Geröll, Schlamm und Holz kann eine Beschädigung und Unterbrechung insbesondere von oberirdischen Infrastrukturanlagen (z.B. Strassen) zur Folge haben. Durchlässe, Rohrleitungen und Drainagen können verstopft werden.

### Schwache Intensität

Praktisch nur im Auslaufbereich von Hangmuren durch geringmächtige und abgebremste Schuttmassen oder durch eindringendes Wasser. Geringe Schäden an der Gebäudehülle oder im Inneren. Die Gebäudestabilität ist in keiner Weise beeinträchtigt. Personen und Tiere sind auch im Freien kaum gefährdet.

Bei der Gefahrenbeurteilung stellte sich die Frage, was passieren kann. Bei der Massnahmenplanung stellt sich nun die Frage, was passieren darf bzw. wie wir uns schützen können. Mit der Festlegung von Schutzzielen wird für verschiedene Objektkategorien die gewünschte Sicherheit definiert. Ist der bestehende Schutzgrad ausreichend, muss durch Unterhalt und geeignete Nutzungsvorschriften sichergestellt werden, dass das Gefahren- bzw. Schadenpotential nicht unkontrolliert wächst und deshalb Schutzmassnahmen notwendig werden. Infolge der intensiven baulichen Entwicklung sind aber vielerorts Schutzdefizite entstanden, die nicht mehr allein durch Unterhalt und raumplanerische Massnahmen behoben werden können. Der Entscheid, welche Massnahmen ergriffen werden sollen, hängt von einer Abwägung der Interessen ab.



BLS, Schutzmassnahmen

## Massnahmenplanung

## Raumplanerische Massnahmen

Die Gefahrenkarte bildet die fachliche Grundlage für die Berücksichtigung der Naturgefahren bei allen raumwirksamen Aufgaben und Tätigkeiten. Zu berücksichtigen sind die Naturgefahren insbesondere bei:

- Der Erarbeitung und Genehmigung von Richt- und Nutzungsplänen, Konzepten und Sachplänen des Bundes sowie in den dazu erforderlichen Grundlagen;
- Der Planung, Errichtung, Veränderung und Nutzung von Bauten und Anlagen;
- Der Erteilung von Konzessionen und Bewilligungen für Bauten und Anlagen sowie anderer Nutzungsrechte;
- Der Ausrichtung von Beiträgen an Bauten und Anlagen (insbesondere Verkehrs- und Versorgungsanlagen, Wohnungsbauten), Hangsanierungen, Bodenverbesserungen oder Schutzmassnahmen.

Mit den Gesetzesbestimmungen und den Instrumenten der Raumplanung ist der Rahmen für eine angemessene Berücksichtigung der Naturgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten gegeben. Beim Vollzug geht es in erster Linie darum, die Möglichkeiten zu nutzen und den vorhandenen Spielraum auszuschöpfen. Anpassungen und Ergänzungen an den kantonalen Gesetzen müssen bei Bedarf vorgenommen werden.

### Übersicht über die Berücksichtigung der Naturgefahren

#### in der Richtplanung (Art. 6 bis 12 RPG)

##### Zuständigkeit für die Richtplanung

Kanton

##### Form

Karte und Text; Grundlagen

##### Kartenmassstab/ Konkretisierungsgrad

in der Regel 1:50000

##### Aufgabe

Koordination auf angestrebte Raumordnung hin von allen raumwirksamen Sachbereichen von Bund, Kanton und Gemeinden.

##### Inhalt bezüglich Gefahren

Abstimmungsanweisungen zum weiteren Vorgehen im Text, evtl. grobe Abgrenzung der Gefahrengebiete auf der Karte.

##### Gefahrenstufen

In der Regel 1-stufig: Gefahr vorhanden, Gefahr nicht vorhanden, zusätzlich Angabe über die vorherrschende Hauptgefahrenart:

H = Hochwasser

L = Lawine

M = Massenbewegungen

##### Genauigkeit

Keine (nur Text) oder grobe, umhüllende Berücksichtigung der Gefahrengebiete.

##### Nachführung

Ergänzung bzw. Nachführung bei veränderten Verhältnissen oder neuen Aufgaben; gesamthafte Überprüfung der Richtplanung und nötigenfalls Überarbeitung alle 10 Jahre.

##### Verbindlichkeit der Richtplanung

behördenverbindlich

#### in der Nutzungsplanung (Art. 14 bis 24 RPG)

##### Zuständigkeit für die Nutzungsplanung

Gemeinde

##### Form

Zonenplan und Baureglement

##### Kartenmassstab/ Konkretisierungsgrad

1:2000 bis 1:5000

##### Aufgabe

Festlegung der Nutzungsarten. Trennung von Siedlungs- und Nichtsiedlungsgebiet.

##### Inhalt bezüglich Gefahren

Berücksichtigung der in der Gefahrenkarte bezeichneten Gefahrengebiete nach Gefahrenarten, Gefahrenstufen und den entsprechenden Konsequenzen für die Nutzung.

##### Gefahrenstufen

3-stufig: erhebliche Gefährdung, mittlere Gefährdung, geringe Gefährdung; Angaben zur Art der Gefahr und zu den daraus abzuleitenden Konsequenzen für die Nutzung.

##### Genauigkeit

Berücksichtigung der Gefahrengebiete parzellengenau.

##### Nachführung

Wenn sich die Gefährdung durch Naturereignisse erhöht oder durch erstellte Schutzmassnahmen nachweisbar verringert; bei Totalrevision des Zonenplanes (ca. alle 10 bis 15 Jahre).

##### Verbindlichkeit der Nutzungsplanung

grundeigentümerverbindlich

## Richtplanung

Gemäss Artikel 6 des Bundesgesetzes über die Raumplanung (RPG) haben die Kantone in den Grundlagen zu ihrem Richtplan unter anderem festzustellen, «welche Gebiete durch Naturgefahren oder schädliche Einwirkungen erheblich bedroht sind.»

Der **kantonale Richtplan** dient der räumlichen Ordnung, der Koordination und der Vorsorge. Formal besteht er aus Karte und Text und stützt sich auf Grundlagen.

Der Richtplan liefert richtungweisende Festlegungen und Abstimmungsanweisungen. Er zeigt zudem die massgebliche planerische und räumliche Ausgangslage. Dabei fallen dem Richtplan, der behördenverbindlich ist, eine ganze Reihe von Aufgaben zu:

- er zeigt, wie die raumwirksamen Tätigkeiten im Hinblick auf die anzustrebende räumliche Entwicklung aufeinander abgestimmt werden;
- er bestimmt die Richtung der weiteren Planung und Zusammenarbeit und bezeichnet die dafür notwendigen Schritte;
- er gibt den planenden Gemeinwesen aller Stufen verbindliche Vorgaben für die Ausübung ihres Planungsermessens.

### Sachbereich Naturgefahren

Für den Sachbereich Naturgefahren kann der Richtplan insbesondere die folgenden Aufgaben übernehmen:

- die frühzeitige Erkennung von möglichen Konflikten zwischen Nutzungen und Naturgefahren und die Bezeichnung der jeweils beizuziehenden Fachstellen;
- den Überblick über die bereits vorhandenen oder noch zu erarbeitenden Grundlagen bezüglich Naturgefahren (beispielsweise Erstellung von Gefahrenkarten, koordiniertes Vorgehen für die verschiedenen Gefahrenarten);
- die Formulierung der Grundsätze des Kantons beim Schutz vor Naturgefahren;
- die Nennung von Vorgaben und Aufträgen an die nachstehende Planung, insbesondere an die kommunale Nutzungsplanung (z.B. Ausscheiden von Gefahrenzonen).



Kellerhals+Haeffel AG, gefährdetes Siedlungsgebiet

### Richtplan-Karte

In der Karte wird man sich darauf beschränken müssen, die Gefahrengebiete in der Ausgangslage grob zu umreissen. Konkrete Nutzungskonflikte infolge Naturgefahren oder geplante Schutzbauten sind als Richtplaninhalte denkbar.

### Richtplan-Text

Bei der Richtplanung liegt für die Naturgefahren das Hauptgewicht im Text. Dieser Text soll eine Übersicht über bereits vorhandene und noch zu erarbeitende Grundlagen (Konzept Gefahrenkarten) geben, die Grundsätze beim Schutz vor Naturgefahren nennen und die notwendigen Massnahmen samt den betroffenen Fachstellen auflisten. Schliesslich kann er den Gemeinden den Auftrag geben, bei der Nutzungsplanung für Gefahrengebiete wo nötig Bauverbote und Nutzungseinschränkungen vorzusehen.



## Nutzungsplanung

Auf der Ebene der Nutzungsplanung sind Konkretisierungsgrad und Rechtsverbindlichkeit so, dass eine angemessene Berücksichtigung der Naturgefahren ermöglicht und sichergestellt werden kann.

Angestrebt wird die Ausscheidung **rechtsverbindlicher Gefahrenzonen** (analog Bau-, Landwirtschafts- und Schutzzone im Nutzungsplan) bzw. eine gleichwertige rechtliche Umsetzungsmöglichkeit. Nach Art.18 des Bundesgesetzes über die Raumplanung, welcher «Weitere Zonen und Gebiete» behandelt, kann das kantonale Planungsrecht neben Bau-, Landwirtschafts- und Schutzzone weitere Nutzungszonen vorsehen.

Auf dieser gesetzlichen Basis können in der Nutzungsplanung Gefahrenzonen ausgedehnt werden, welche für Behörden wie auch Grundeigentümer verbindlich sind.

Die der Gefährdung angepassten Vorschriften sind im **kommunalen Baureglement** festgelegt. Dieses regelt die Bedingungen und die Nutzungseinschränkungen, welche bis hin zu einem Bauverbot gehen können. Unter Beachtung der vorhandenen Gefährdung kann das kommunale Baureglement zudem eine differenzierte Nutzung vorsehen.

Obschon bei der Erarbeitung des Nutzungsplanes eine Interessenabwägung vorgesehen ist, kann praktisch ausgeschlossen werden, dass andere Interessen eine Nichtberücksichtigung oder eine Modifikation einer Gefahrenzone rechtfertigen würden.

### Bedeutung der Gefahrenstufen

Die Gefahrenstufen wurden primär auf die Konsequenzen für bauliche Nutzung abgestimmt und sollen die Gefährdung von Mensch und Tier vermeiden und Sachschäden möglichst gering halten. Im Stadium des Baugesuchs können in einzelnen Fällen weitere detaillierte Untersuchungen notwendig sein, zum Beispiel zur konkreten Umschreibung der erforderlichen Auflagen. In der Landwirtschaftszone gelten bezüglich Gefahrenstufen für Bauten die gleichen Anforderungen wie in der Bauzone. Zur eigentlichen

Art der landwirtschaftlichen Nutzung äussert sich die Raumplanung in der Regel nicht. Verträge mit dem einzelnen Bauern können hier sinnvoll sein.

### Alarm- und Evakuationspläne

Alarm- und Evakuationspläne (Notfallplanung) sind für alle Gefahrengebiete vorzubereiten. Insbesondere müssen Fluchtwege ins gefahrlose Gebiet bestehen.

### Sensible Objekte

Sensible Objekte sind einerseits Gebäude und Anlagen, in denen sich besonders viele **Menschen** aufhalten, die schwer zu evakuieren sind. Dies gilt beispielsweise für Spitäler, Heime und Schulen. Sensible Objekte umfassen andererseits Gebäude und Anlagen, an welchen bereits bei Einwirkung kleiner Intensitäten grosse **Folgeschäden** auftreten können. Das gilt insbesondere für Lagereinrichtungen, für Produktionsstätten mit hohen Beständen gefährlicher Stoffe oder für Deponien. Zu den sensiblen Objekten sind ferner Gebäude und Anlagen zu rechnen, an welchen bereits bei Einwirkungen kleiner Intensitäten direkt oder indirekt grosse **finanzielle Schäden** zu befürchten sind. Dazu zählen beispielsweise Telefonzentralen, Schaltzentralen, EDV-Anlagen, Trinkwasserversorgungen und Kläranlagen.

### Rote Zone: Erhebliche Gefährdung



Es dürfen grundsätzlich keine Bauten und Anlagen, die dem Aufenthalt von Mensch und Tier dienen, errichtet oder erweitert werden. Nichtüberbaute Bauzone sollen rückgezogen werden. Zerstörte Bauten dürfen nur in Ausnahmefällen – wenn sie zwingend auf diesen Standort angewiesen sind – wieder aufgebaut werden (und auch dann nur mit den entsprechenden Sicherheitsmassnahmen). Umbauten und Zweckänderungen sind nur gestattet, wenn dadurch das Risiko vermindert wird (das heisst, wenn der gefährdete Personenkreis nicht erweitert und die Sicherheitsmassnahmen verbessert werden). Bei bestehenden Siedlungen sind bei gravierendem Sicherheitsdefizit nach Möglichkeit Schutzmassnahmen vorzusehen.

### Blaue Zone: Mittlere Gefährdung



Bauen ist mit Auflagen erlaubt. Diese sollen mit einem der jeweiligen Gefahrenart entsprechendem Inhalt im Bau- und Zonenreglement festgehalten werden. Im Einzelfall können auch weitere detaillierte Abklärungen nötig sein. Es sind keine besonders sensiblen Objekte zu erstellen, und es sollen nach Möglichkeit keine neuen Bauzone ausgedehnt werden.

### Gelbe Zone: Geringe Gefährdung



Die Grundeigentümer sind auf die bestehende Gefährdung und auf mögliche Massnahmen zur Schadenverhütung aufmerksam zu machen. Eine spezielle Massnahmenplanung für sensible Objekte ist notwendig.

### Gelb-weiss gestreifte Zone



Die gelb-weiss gestreifte Zone zeigt das Restrisiko auf. Eine Notfallplanung und spezielle Massnahmen für sensible Objekte sind notwendig. Anlagen mit sehr hohem Schadenpotential sind zu vermeiden.

## Ergänzung zum Bau- und Zonenreglement

### Gefahrenzonen: Rutschzonen

Diese Zonen umfassen Gebiete, welche der Rutschgefahr ausgesetzt sind. Sie werden im Zonen-nutzungsplan mit hinweisendem Charakter aufgeführt. Sie werden wie folgt unterschieden:

**Rote Zone = erhebliche Rutschgefahr**

**Blaue Zone = mittlere Rutschgefahr**

**Gelbe Zone = geringe Rutschgefahr**

#### Rote Gefahrenzone (erhebliche Rutschgefahr)

In diesem Gebiet, welches erfahrungsgemäss einer erheblichen Gefahr ausgesetzt ist, oder welches voraussichtlich durch eine derart grosse Gefahr bedroht ist, dass Menschen, Tiere und erhebliche Sachwerte bedroht sind, wird keine Baute bewilligt. Einzig ein das gesamte Gebiet betreffendes geologisches Gutachten ermöglicht eine eventuelle Freigabe von Sektoren für eine Bebauung unter Bedingungen, welche aufgrund des Gutachtens festzulegen sind.

#### Blaue Gefahrenzone (mittlere Rutschgefahr)

Es handelt sich um ein Gebiet, wo die geologischen Kenntnisse zeigen, dass eine reelle Gefahr besteht. Diese kann aber mittels baulicher Massnahmen erheblich verringert werden. Generell ist in diesem Gebiet – mangels oder in Ergänzung kollektiver Massnahmen – jeder Neu- oder Umbau, welcher eine Erweiterung der Wohnkapazität nach sich zieht, an ein Abwasser- und Regenwasserkanalisationsnetz anzuschliessen. Letzterer Punkt gilt auch für die Zufahrten.

Für jeden Neu- oder Umbau in diesem Gebiet muss mit dem Baubewilligungsgesuch ein durch einen diplomierten Geologen ausgestelltes Gutachten beigelegt werden. In diesem Gutachten sind die aufgrund der Beschaffenheit des Geländes und der erwogenen Ereignisszenarien zu ergreifenden baulichen Massnahmen zu beschreiben. Namentlich beinhaltet dies einen Beschrieb des Bodens, eine Beurteilung der auf ober- und unterirdische Gewässer zurückzuführenden Rutschrisiken sowie die zu ergreifenden Massnahmen (Foundationsart, Baugrundverbesserung, besondere Strukturen für die Baute und die Kanalisation etc.). Das Gutachten soll formell durch die Gemeindeverwaltung und den Kantonsgeologen gebilligt werden.

In diesem Gebiet sind folgende Mindestmassnahmen zu treffen:

- das Gebäude ist auf einer Bodenplatte, das Untergeschoss in armiertem Beton zu erstellen;
- die von Dächern, Zufahrtsstrassen und anderer ober- und/oder unterirdischer Herkunft stammenden Wässer (Sickerleitung) sind bis zur kommunalen Sammelleitung abzuleiten;
- während des Baus sind die Arbeiten entsprechend dem durch die SIA-Normen 160 und 191 vorgeschriebenen Sicherheitsplan auszuführen.

Auf alle Fälle soll das jeweilige Gutachterbüro die Bauarbeiten auf die korrekte Einhaltung der empfohlenen Massnahmen hin überprüfen. Es erstellt zu Händen der Gemeinde und des Kantonsgeologen einen Konformitätsbericht.

#### Gelbe Gefahrenzone (geringe Rutschgefahr)

die oben genannten baulichen Massnahmen sind in diesem Gebiet grundsätzlich für jede Baute mit einem Volumen grösser/gleich 700m<sup>3</sup> SIA anzuwenden. Aufgrund eines geologischen Gutachtens kann der Gesuchsteller jedoch Abweichungen von diesen Vorschriften verlangen.

## Hinweise zur angepassten Nutzung

Hinsichtlich des Gefahrenpotentials Massenbewegungen sind für Siedlungen, Infrastrukturanlagen, landwirtschaftliche Nutzflächen und Freizeitanlagen unterschiedliche Auflagen oder Hinweise zur angepassten Nutzung zu berücksichtigen.

### Siedlungen

In der **blauen Gefahrenzone** sind Neubauten, Erweiterungen und Umbauten nur unter Beachtung von Auflagen zu gestatten, welche sich je nach Gefahrenart unterscheiden. Die zu treffenden Massnahmen sind von Fall zu Fall durch einen Experten (Geologe, Bauingenieur) zu ermitteln. Zur Vermeidung von Schäden gilt im allgemeinen:

#### Rutschungen\*

- ungünstige Hanganschnitte und Lastkonfigurationen vermeiden;
- Foundation auf den Fels;
- Foundation der Gebäude unter die Gleitfläche;
- durchgehende Fundamentplatte in Stahlbeton (Aufnahme von differentiellen Bewegungen);
- eventuell Hangvernagelung oder ähnliches Verfahren bis unter die Gleitfläche zur Erhöhung der Hangstabilität;
- flexible Leitungsanschlüsse;
- gegebenenfalls Absenkung des Hangwasserspiegels;
- keine Versickerung von Meteorwasser.

#### Sturzprozesse

- konstruktive Ausgestaltung der bergseitigen Wand gegen die Stosswirkung von Einzelkomponenten (z.B. Stahlbeton);
- minimale Öffnungen (Fenster und Türen in der bergseitigen Wand).

#### Hangmuren

- erhöhte Eingänge und keine Fenster mindestens in den untersten 50 cm oberhalb der Terrainoberfläche;
- konstruktive Ausgestaltung der bergseitigen Wand gegen die Stosswirkung von Einzelkomponenten und den Staudruck (z.B. Stahlbeton).

In der **gelben Gefahrenzone** sind die obengenannten Massnahmen ebenfalls zweckmässig. Übermässiger Sachschaden kann insbesondere durch durchgehende Fundamente in Stahlbeton (Rutschungen), minimale Fenster- und Türöffnungen (Sturzprozesse) und erhöhte Eingänge oder Fenster (Hangmuren) in der bergseitigen Wand vermieden werden.

### Infrastrukturanlagen

Infrastrukturanlagen wie Eisenbahnen, Strassen und Übertragungsleitungen sind meist standortgebunden und von öffentlichem, oft nationalem Interesse, was einen Schutz durch technische Massnahmen im Herkunftsgebiet einer Gefahr oder am Objekt erfordert. Die mitunter hohe Gefährdung von Personen, oder die wirtschaftlichen und ökologischen Folgewirkungen von Unterbrüchen oder Beschädigungen, beispielsweise bei Einrichtungen der Stromversorgung, erfordern generell ein hohes Sicherheitsniveau.

### Landwirtschaft

Gebiete, die häufig von Schadenereignissen betroffen sind (rote und blaue Gefahrenzone) sind für intensive Landwirtschaft wenig geeignet. Für die notwendigen Einrichtungen (z.B. Unterstände, Tränken) sind möglichst Gebiete ausserhalb der roten Zonen zu suchen, insbesondere wenn die Einstufung aufgrund von häufigen Ereignissen erfolgte.

Generell gilt für die Landwirtschaft: Durch Hangmuren oder Sturzprozesse werden landwirtschaftliche Kulturen meist vernichtet. In vielen Fällen gilt dies auch bei stark aktiven Rutschungen. Die Bodenfruchtbarkeit der betroffenen Flächen kann durch Ablagerung von Geröll oder durch Erosion der Humusschicht nachhaltig vermindert werden. Empfindliche landwirtschaftliche Kulturen auf permanenten Rutschungen sind zu vermeiden.

### Freizeitanlagen

Nutzungen mit Erholungsfunktion sind in der Regel mit geringer Sachwertkonzentration, jedoch mit erhöhter Personengefährdung verbunden. In der Re-

gel herrscht bei Freizeitanlagen eine höhere Risikoakzeptanz. Die Personengefährdung kann oft durch ein entsprechendes Warnkonzept auf ein akzeptables Mass gesenkt werden, wenn weder mit hilfebedürftigen Personen noch mit Überraschung im Schlaf gerechnet werden muss. Gesondert zu überprüfen ist, wie weit ein möglicher Sachschaden an den Infrastrukturanlagen und eine erweiterte Verwendung von Nebenanlagen (z.B. Klubhaus) die Bewilligung als zulässig erscheinen lässt.

Je nach Art der Freizeitanlagen sind folgende Besonderheiten zu berücksichtigen:

- **Parkanlagen und Grünflächen**, die der Erholung dienen: Keine Beschränkung durch Gefahrenzonen.

- **Sportanlagen** wie etwa Tennis-, Fussballplätze oder Leichtathletikanlagen: Vermeidung der Zonen mit häufigen und hohen Intensitäten (rote Gefahrenzone), insbesondere bei Sturzprozessen und Hangmuren. Bei roten Zonen mit seltenen Ereignissen (also mit einer Wiederkehrperiode grösser als 100 Jahren), ist eine Zulassung möglich.

- **Campingplätze**: es besteht ein erhöhtes Risiko der Personengefährdung, weil sommerliche Extremniederschläge (und somit eine erhöhte Disposition zu Hangmuren, Rutschungen oder Sturzprozessen) und dichteste Belegung zeitlich zusammentreffen können. Deshalb sind eine Alarmorganisation und sichere Fluchtwege vorzubereiten. Längerfristig bewohnte Campingplätze mit ausgebauter Infrastruktur und überwiegenden Dauerstandplätzen für Wohnwagen sind im Bereich häufiger Ereignisse abzulehnen, da die Gefährdung in Fahrzeugen grösser ist als für Personen im Freien.

- **Grossveranstaltungen**: in Gebieten mit plötzlich auftretenden, intensiven Gefahrenarten (Hangmuren, Sturzprozesse) und geringen Vorwarnzeiten sind Grossveranstaltungen zu untersagen, wenn nicht eine rechtzeitige Evakuations sichergestellt werden kann.

\* Bei diesen Massnahmen ist die Tiefe aktiver oder potentieller Gleitflächen zu beachten.

## Technische Massnahmen

### Rutschungen

Bei Rutschungen stehen folgende Massnahmen im Vordergrund:

- Absenkung des Hangwasserspiegels durch Entwässerungsgräben und Drainagen;
- Fassung von Wasseraustritten;
- Verhinderung der Infiltration von Bächen in die Rutschmasse durch Ableitung;
- eventuell Materialabtrag im treibenden Teil bzw. Aufschüttung im bremsenden Teil (Rutschfuss);
- Einbringen von Scherwiderständen auf der Gleitfläche durch Vernagelung, Anker oder Pfähle;
- Verbesserung der bodenmechanischen Eigenschaften durch Injektionen;
- Stützkonstruktionen;
- verschiedene ingenieurbio-logische Massnahmen.

### Stein- und Blockschlag

Zum Schutz vor Stein- und Blockschlag sowie kleineren Felsstürzen können folgende Massnahmen angewendet werden:

- Vernagelung oder Verankerung von Felspartien;
- Unterfangung oder Abstützung von instabilen Felspartien durch Stützpfiler oder ähnliches;
- Verkleidung mit Steinschlagnetzen;
- Aufbringen von Spritzbeton (Verwitterungsschutz);
- Felssäuberung;
- Absprengen instabiler Felspartien;
- Auffang- oder Leitdämme;
- Steinschlagnetze.

### Hangmuren

Bei Hangmuren konzentrieren sich die Massnahmen auf die Verhinderung von offenen Erosionsflächen bzw. deren Eindämmung durch den Einsatz von Geotextilien oder ingenieurbio-logischen Massnahmen auf der Ursachen-seite. Am gefährdeten Objekt ist eine Ablenkung mittels Erdkeil oder Aufschüttung in Betracht zu ziehen.

Diese Palette von baulichen Massnahmen ist keineswegs vollständig. Von Fall zu Fall können auch andere Massnahmen angezeigt sein. Generell sind Massnahmen nur dann wirksam, wenn sie periodisch auf ihre Funktionstüchtigkeit hin überprüft und unterhalten werden (z.B. Säuberung von Steinschlagnetzen, Nachspannen von Auffangbremsen, Reinigung von Entwässerungsgräben und Drainagen).

Punktueller bauliche Massnahmen können ergänzt werden durch weitere Schutzmassnahmen, wie etwa die Schutzwaldpflege oder den Unterhalt von Fliessgewässern.

Technische Massnahmen sind durch einen im entsprechenden Bereich erfahrenen Spezialisten zu projektieren und ihre Ausführung ist von diesem zu überwachen.



Kellerhals + Haefeli AG, Steinschlagnetz

## Weitere Massnahmen

### Not- und Rettungsmassnahmen

Ebensowenig wie der beste Brandschutz die Feuerwehr ersetzen kann, können Vorsorgemassnahmen nicht jedes Risiko ausschliessen. Zur Begrenzung des Restrisikos, bzw. zur Verminderung des Schlimmsten, im Falle eines alle Erwartungen übertreffenden Ereignisses, sind für Rettungsmassnahmen geeignete Frühwarnsysteme und Alarmdispositive zu errichten sowie ausreichende personelle und materielle Mittel bereitzustellen. Die moderne Technik, mit Hubschraubern, Funkverbindungen, Warnsystemen, schweren Baumaschinen, etc. ermöglicht heute eine effektivere Hilfe als in vergangenen Jahrhunderten.



Henzen, durch Blockschlag zerstörtes Haus

### Versicherungen

Eine Elementarschadenversicherung ist keine Massnahme zur Schadensvermeidung, sondern eine Solidaritätsleistung der Gemeinschaft. Versicherungen sind daher, wie Rettungsmassnahmen, ein Mittel, um mit der Restgefährdung leben zu können. Das **Solidaritätsprinzip** beruht darauf, den Schaden auf eine möglichst grosse Anzahl von Personen zu verteilen, und kommt sicher bei Grosseignissen (Bergstürze, grosse Felsstürze, grosse Rutschungen) zum Tragen.

In diesen Fällen übersteigt die notwendige Vorsorgeleistung die Möglichkeiten des Einzelnen und die Seltenheit der Ereignisse den eigenen Erfahrungsschatz. Hingegen zählt die Vorsorge gegenüber häufigen kleinen Ereignissen zur Eigenverantwortung. Die Versicherungen können aktiv zur Verminderung des Schadenpotentials beitragen, indem sie dort, wo vom Versicherungsnehmer erhöhte Risiken eingegangen werden, die Deckung ausschliessen, begrenzen oder von Bedingungen abhängig machen. Der Appell an die Verantwortung des Einzelnen zu einer dem Risiko angepassten Nutzung ist sinnlos, wenn im Ereignisfall jeder Schaden von den Versicherungen gedeckt wird.

### Institutionelle Massnahmen

In verschiedenen Kantonen (z.B. Freiburg, Graubünden, St. Gallen) hat sich

die Bildung einer Gefahrenkommission als äusserst nützlich erwiesen. Die Kommissionen sind interdisziplinäre Fachgremien. Sie sind insbesondere zuständig für die Erstellung und Nachführung der Gefahrenkarten und unterstützen, als beratendes Organ, deren Umsetzung.

Dabei gilt: Gefahrenkommissionen beschränken sich in der Regel auf die Beratung und Antragsstellung. Sie erlassen keinerlei Entscheide und Verfügungen. In solchen Kommissionen sollten die durch die Erfassung und Umsetzung von Naturgefahren betroffenen Stellen vertreten sein: der Wasserbau, der Forstdienst, die Raumplanung, die Baubehörde, die Gebäudeversicherung und die jeweils zuständigen Gemeindevertreter. Mögliche Hauptaufgaben einer Gefahrenkommission sind:

- Überwachung, Begutachtung und Koordination der Erstellung und Nachführung von Gefahrenkarten (und allenfalls von Gefahrenkatastern);
- Beratung bei der Umsetzung von Gefahrengrundlagen in die Richt- und Nutzungsplanung;
- Beratung von Behörden und Amtsstellen sowie, wo vorhanden, der kantonalen Gebäudeversicherung;
- Prüfung von Gefahrenzonenplänen.

Daneben können Gefahrenkommissionen die folgenden, weiteren Aufgaben übernehmen:

- Beurteilung von Bauvorhaben in Gefahrenzonen;
- Erarbeitung und Sicherstellung von Grundsätzen über den Einsatz von öffentlichen Mitteln zum Schutz vor Naturgefahren;
- Unterstützung der zuständigen Behörden bei Naturkatastrophen;
- Sicherstellung des verwaltungsinternen Informationsaustausches;
- Öffentlichkeitsarbeit.

Die Methoden, mit denen das Gleichgewicht von instabilen Massen oder deren Bewegungen modelliert werden, basieren auf Annahmen und erfordern präzise Eingabeparameter. Jede Modellierung liefert nur dann aussagekräftige Resultate, wenn die Grundlagendaten plausibel und die getroffenen Annahmen realistisch sind. Es ist zu beachten, dass allzu starke und vereinfachende Verallgemeinerungen wohl zu konkreten, nicht aber unbedingt aussagekräftigen Resultaten führen.

Es sind zwei Kategorien von Berechnungen zu unterscheiden:

- **Statische Berechnungen** basierend auf Grenzgleichgewichtszuständen längs eines Hangprofils unter Verwendung eines im allgemeinen zweidimensionalen (2-D) Modelles. Sie liefern einen Sicherheitsfaktor gegenüber Rutschbewegungen (deterministische Methode mit fixen Parametern) oder eine Bruchwahrscheinlichkeit (probabilistische Methode mit variablen Parametern). Sie werden vor allem für potentielle Instabilitäten angewandt und können die Empfindlichkeit eines Hanges gegenüber der Variation der relevanten Parameter und gegenüber jeder Form von künstlichen Eingriffen (zum Beispiel Terrainveränderungen, Sanierungsmassnahmen) zum Ausdruck bringen.

- **Dynamische Berechnungen** beschreiben die Bewegungen einer Masse oder jene von Blöcken in Raum und Zeit. Die einzigen valablen Modelle sind jene, welche die Prozesse dreidimensional (3-D) behandeln. Mangels verlässlicher Referenzwerte ist die Wahl der zu verwendenden Eingabeparameter jedoch heikel.

### Grundlagen

Für die Anwendung rechnerischer Verfahren sind folgende Grundlagen unerlässlich:

- **Geometrische Grundlagen:** Oberflächentopographie der instabilen oder der gefährdeten Zone; frühere Bewegungen.

- **Geologische Grundlagen:** Begrenzung der aktiven oder der potentiell instabilen Masse, einschliesslich der Bestimmung oder Modellierung der

Gleitfläche, der Lokalisierung von Spalten und von Brüchen.

- **Hydraulische Grundlagen:** Grundwasserspiegel, Wasserdrücke, Grundwasserspeisung und Abflussverhältnisse, Sättigungsgrad der nicht permanent wassergesättigten Zone.

- **Geotechnische Grundlagen:** Winkel der inneren Reibung, Kohäsion und Raumgewicht; Viskositätsparameter; Durchtrennung des Felses (Abstand und Ausdehnung von Trennflächen); Dämpfungscharakteristik beim Aufprall eines Blockes auf den Boden.

- **Umweltfaktoren:** Bedeckung (z.B. Wald, Bodenbeschaffenheit), anthropogene Einflüsse und Nutzungen (z.B. Entwaldungen, Drainagen, alpwirtschaftliche Nutzung, Geländeanschnitte).

### **Statische Rutschungsberechnungen**

Die zur Anwendung kommenden Methoden weisen verschiedene Verfeinerungsgrade auf und basieren auf restriktiven Annahmen. Die hauptsächlich, die Gleichgewichtsverhältnisse des Hanges beschreibenden Methoden sind jene von Fellenius, Bishop, Janbu und Morgenstern & Price. Das Gleichgewicht ist theoretisch sichergestellt, wenn der errechnete Sicherheitsfaktor  $F_s$  grösser ist als 1 (die bremsenden Kräfte sind grösser als die treibenden Kräfte). In der Praxis können jedoch auch Bewegungen auftreten, wenn  $F_s$  kleiner ist als 1.1 bis 1.2. Bei einem Sicherheitsfaktor  $F_s$  kleiner als 1 überwiegen die treibenden Kräfte und die Hangstabilität ist nicht gewährleistet.

### **Dynamische Rutschungsberechnungen**

Um den Deformationen der instabilen Masse Rechnung zu tragen, wurden verschiedene Konzepte entwickelt. So kann man die Bewegung einer Masse geringer Mächtigkeit (Mächtigkeit ca. 1/10 der Länge) auf einem Hang im Laufe der Zeit durch Gleiten und/oder durch Kriechen beschreiben. Die Deformation der Komponenten in Abhängigkeit der auf sie wirkenden Kräfte kann auch in einem pseudostatischen

Modell berücksichtigt werden. Diese wenig geläufigen Methoden erfordern Eingabeparameter, welche nur schwierig zu ermitteln oder abzuschätzen sind. Ausserdem wichtig sind frühere Grundlagendaten, welche eine Kalibrierung der Methoden erlauben. Solche Methoden sind jedoch notwendig, um abzuklären ob beispielsweise eine Rutschung einen Bachrückstau verursachen kann.

### **Felssturz-, Stein- und Blockschlag**

Abgesehen von Analysen des Pauschalgefälles oder des Energieverlustes bestehen wenige Methoden zur Behandlung von Sturzprozessen. Der Sturz einer körnigen Masse auf einem Hang kann unter der Annahme eines inkompressiblen Materials zweidimensional beschrieben werden. Allerdings kann die Ausbreitung dieser Masse am Hangfuss aufgrund des Auslösemechanismus (phasenweiser Ausbruch) stark variieren.

Die meisten verfügbaren dynamischen Modelle behandeln den Sturz isolierter Blöcke. Die dreidimensionale Sturzbahnanalyse kann Aufpralleffekte (elastischer oder inelastischer Stoss), die Blockform (Rollen oder Gleiten) und die Rauigkeit des Bodens berücksichtigen.

Andere Modelle, welche von einfacheren Annahmen ausgehen (z.B. Masse in einem Punkt konzentriert), sind ebenfalls anwendbar. All diese Modelle gehen davon aus, dass die zu Beginn definierte Masse des Blockes bis zum Ende der Sturzbahn konstant bleibt, was oft nicht der Fall ist. Durch die Modellierungen wird eine Zone am Hangfuss bestimmt, welche durch Sturzprozesse erreicht werden kann. Sie liefern Informationen zu den Geschwindigkeiten, den Sprunghöhen und den Energien der Blöcke während ihres Sturzes, aber sie liefern keine Angaben zur zeitlichen Frequenz von Aufprällen.

### **Hangmuren (Rüfen)**

Unter Berücksichtigung des Scherwiderstandes des Bodenmaterials und der klimatischen Verhältnisse kann die Disposition eines Hanges zur Bildung

von Muren (Rüfen) bestimmt werden. Oft wurden die mobilisierbaren Materialien jedoch bereits durch ein früheres Ereignis umgelagert. Zur Bestimmung möglicher Startgebiete und der betroffenen Massen kommt der Beobachtung vor Ort (insbesondere der geologischen) deshalb eine grosse Bedeutung zu. Es bestehen viele Modelle zur Beschreibung des Abflusses und der Ablagerung von Muren. Hinsichtlich der Auswahl der Parameter sind sie oft nur schwierig anzuwenden.

## Rechtsgrundlagen

Die Empfehlungen zur Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten stützen sich auf eine Reihe von Bundesgesetzen und die entsprechenden Verordnungen:

### Bundesgesetz vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung (RPG, SR 700)

#### Art. 1 Ziele

<sup>1</sup> Sie [Bund, Kantone und Gemeinden] achten dabei [bei ihren raumwirksamen Tätigkeiten] auf die natürlichen Gegebenheiten sowie auf die Bedürfnisse von Bevölkerung und Wirtschaft.

#### Art. 6 Grundlagen

<sup>2</sup> Sie [die Kantone] stellen fest, welche Gebiete  
c. durch Naturgefahren oder schädliche Einwirkungen erheblich bedroht sind.

#### Art. 18 Weitere Zonen und Gebiete

<sup>1</sup> Das kantonale Recht kann weitere Nutzungszonen vorsehen.

### Bundesgesetz vom 21. Juni 1991 über den Wasserbau (WBG, SR 721.100)

#### Art. 3 Massnahmen

<sup>1</sup> Die Kantone gewährleisten den Hochwasserschutz in erster Linie durch den Unterhalt der Gewässer und durch raumplanerische Massnahmen.

<sup>2</sup> Reicht dies nicht aus, so müssen Massnahmen wie Verbauungen, Eindämmungen, Korrekturen, Geschiebe- und Hochwasserrückhalteanlagen sowie alle weiteren Vorkehrungen, die Bodenbewegungen verhindern, getroffen werden.

#### Art. 6 Abgeltung an wasserbaulichen Massnahmen

<sup>1</sup> Der Bund leistet [...] Abgeltungen für Massnahmen des Hochwasserschutzes, namentlich für:  
b. die Erstellung von Gefahrenkatastern und Gefahrenkarten, [...]

### Verordnung vom 2. November 1994 über den Wasserbau (WBV, SR 721.100.1)

#### Art. 1 Voraussetzungen

<sup>2</sup> Für Massnahmen zum Schutz von Bauten und Anlagen, die in ausgeschiedenen Gefahrenzonen oder bekannten Gefahrengebieten erstellt werden, wird grundsätzlich keine Abgeltung gewährt.

#### Art. 20 Richtlinien

Das Bundesamt erlässt Richtlinien namentlich über:  
b. die Erstellung der Gefahrenkataster und Gefahrenkarten.

#### Art. 21 Gefahrengebiete

Die Kantone bezeichnen die Gefahrengebiete und berücksichtigen sie bei ihrer Richt- und Nutzungsplanung sowie bei ihrer übrigen raumwirksamen Tätigkeit.

#### Art. 22 Überwachung

Die Kantone überprüfen periodisch die Gefahrensituation an den Gewässern und die Wirksamkeit der getroffenen Massnahmen des Hochwasserschutzes.

#### Art. 27 Grundlagenbeschaffung durch die Kantone

<sup>1</sup> Die Kantone:  
b. führen Gefahrenkataster;  
c. erstellen Gefahrenkarten und führen sie periodisch nach;  
e. dokumentieren grössere Schadereignisse.

### Bundesgesetz vom 4. Oktober 1991 über den Wald (WaG, SR 921.0)

#### Art. 1 Zweck

<sup>2</sup> Es soll ausserdem dazu beitragen, dass Menschen und erhebliche Sachwerte vor Lawinen, Rutschungen, Erosion und Steinschlag (Naturereignisse) geschützt werden.

#### Art. 19 Schutz vor Naturereignissen

Wo es der Schutz von Menschen oder erheblichen Sachwerten erfordert, sichern die Kantone die Anrissgebiete von Lawinen sowie Rutsch-, Erosions- und Steinschlaggebiete und sorgen für den forstlichen Bachverbau.

#### Art. 36 Schutz vor Naturereignissen

Der Bund leistet Abgeltung [...] namentlich an die Kosten für:  
c. die Erstellung von Gefahrenkatastern und Gefahrenkarten, [...]

### Verordnung vom 30. November 1992 über den Wald (WaV, SR 921.01)

#### Art. 15 Grundlagen

<sup>1</sup> Die Kantone erarbeiten die Grundlagen für den Schutz vor Naturereignissen, insbesondere Gefahrenkataster und Gefahrenkarten.

<sup>2</sup> Bei der Erarbeitung der Grundlagen berücksichtigen sie die von den Fachstellen des Bundes durchgeführten Arbeiten und aufgestellten technischen Richtlinien.

<sup>3</sup> Die Kantone berücksichtigen die Grundlagen bei allen raumwirksamen Tätigkeiten, insbesondere in der Richt- und Nutzungsplanung.

#### Art. 43 Gefahrenkarte, Messstellen, Frühwarndienste

<sup>1</sup> Die Erstellung von Gefahrenkatastern und Gefahrenkarten, [...] wird [...] abgegolten.



**Aktive Massnahme:** Schutzmassnahme, die dem Naturereignis aktiv entgegenwirkt, um die Gefahr zu verringern oder um den Ablauf eines Ereignisses oder dessen Eintretenswahrscheinlichkeit wesentlich zu verändern. Neben den klassischen, punktuellen technischen Schutzmassnahmen wie zum Beispiel Stützmauer oder Felsanker sind auch flächendeckende Massnahmen im Einzugsgebiet, beispielsweise Aufforstungen oder Entwässerungen, dieser Kategorie zuzuordnen.

**Bergsturz:** Absturz sehr grosser, im ursprünghchen Felsverband mehr oder weniger kohärenter Felsmassen unter Erreichung hoher Geschwindigkeiten, wobei der Transportmechanismus durch eine starke Wechselwirkung zwischen den Komponenten («Sturzstrom») gekennzeichnet ist.

**Ereignisdokumentation:** Dokumentation nachgewiesener Naturgefahrenereignisse in einer systematischen, strukturierten und interpretierbaren Art und Weise.

**Felssturz:** Sturz einer Felsmasse, die während des Sturzes oder beim Aufprall in Blöcke und Steine fraktioniert wird, wobei die Interaktionen zwischen den Komponenten keinen massgebenden Einfluss auf die Dynamik des Ereignisses haben.

**Gefahr:** Zustand, Umstand oder Vorgang, aus dem ein Schaden für Mensch, Umwelt und/oder Sachgüter entstehen kann.

**Gefährdung:** Gefahr, die sich ganz konkret auf eine bestimmte Situation oder ein bestimmtes Objekt bezieht.

**Gefahrenhinweiskarte:** nach objektiven, wissenschaftlichen Kriterien zu erstellende Übersichtskarte (Massstab 1:50000 bis 1:10000) mit Hinweisen auf Gefahren, die erkannt (identifiziert) und lokalisiert, jedoch nicht im Detail analysiert und bewertet sind.

**Gefahrenkarte:** streng nach objektiven wissenschaftlichen Kriterien zu erstellende Karte (Massstab 1:10000 bis 1:2000), welche innerhalb des klar abzugrenzenden Untersuchungsperimeters flächendeckend und für jede Stelle folgende Aussagen macht:

- Gefährdung bzw. Nichtgefährdung der Stelle im Gelände;
- Art der gefährlichen Prozesse (Gefahrenart);
- erwartete Intensität und Eintretenswahrscheinlichkeit (Häufigkeit) der betreffenden Prozesse.

**Gefahrenpotential:** Summe der gefährdenden oder schädigenden Faktoren im betrachteten Gebiet.

**Gefahrenzonenplan:** auf der Gefahrenkarte basierendes, rechtlich verbindliches Planungsinstrument, das durch die zuständigen politischen Instanzen genehmigt wurde.

**Hangmuren:** an relativ steilen Hängen erfolgendes, schnell abfahrendes Gemisch aus Lokkergestein (meist Boden und Vegetationsbedeckung) und viel Wasser, ohne Vorhandensein bzw. Ausbildung einer Gleitfläche.

**Notfallmassnahmen:** temporäre Massnahmen zur Rettung von Menschen und zum Schutz von Sachwerten bei drohender Gefahr.

**Objektschutz:** Schutz eines Objektes (Gebäude oder Anlage) durch ein Bauwerk, das am oder um das Objekt erstellt wird.

**Passive Massnahme:** Schutzmassnahme, die zu einer Reduktion des Schadens führen soll, ohne den Ablauf des Naturereignisses aktiv zu beeinflussen (z.B. raumplanerische Massnahme, Objektschutz, Notfallplanung).

**Restrisiko:** nach der Realisierung aller vorgesehenen Sicherheitsmassnahmen noch verbleibende Gefährdung.

**Risiko:** Grösse und Wahrscheinlichkeit eines möglichen Schadens.

**Rutschung:** hangabwärts gerichtete Bewegung von Hangbereichen aus Fels- und/oder Lokkergesteinsmassen längs eines Scherbruches (Gleitfläche).

**Schadenpotential:** Grösse des möglichen Schadens.

**Steinschlag/Blockschlag:** Fallen, Springen und Rollen von isolierten Steinen ( $\sigma < 50$  cm) und Blöcken ( $\sigma > 50$  cm).

## Literaturhinweise

Amanti, M., Castaldo, G., Marchionna, G. & Pecci, M. (1992): Classificazioni dei fenomeni franosi. Bolletino del servizio geologico d'italia, Vol. CXL, tav.1.

Bundesamt für Forstwesen BFF/Eidgenössisches Institut für Schnee und Lawinenforschung EISLF (1984): Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL/Bundesamt für Wasserwirtschaft BWW (1995): Naturgefahren, Empfehlungen: Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene. Reihe Naturgefahren.

Bundesamt für Wasserwirtschaft BWW/Bundesamt für Raumplanung BRP/Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (1997): Empfehlungen zur Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Reihe Naturgefahren.

International Union of Geological Sciences, Working Group on Landslides, IUGS (1995): A suggested method for describing the rate of movement of a landslide. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, IAEG 52, 75-78.

Kienholz, H. (1995): Gefahrenbeurteilung und -bewertung. Auf dem Weg zu einem Gesamtkonzept. Schweiz. Z. Forstwesen 146/9, 701-725.

Plate, E. (1993): Naturkatastrophen und Katastrophenvorbeugung. Bericht zur IDNDR, Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG, ISBN 3-527-27028-0.

Rouiller, J.D. & Marro, Ch. (1997): Application de la méthodologie Matterock à l'évaluation du danger lié aux falaises. Eclogae geol. Helv, Vol. 90/3.

Schweizerischer Ingenieur- und Architekten Verein SIA (1989): Norm SIA 160, Einwirkungen auf Tragwerke, Zürich.

WP/WLI (1993): Multilingual Landslide Glossary. Bitech, Richmond, British Columbia.