

## Alpen: Naturgefahrenprozesse

Naturgefahrenprozesse in den Alpen haben in den letzten Jahren in steigendem Maße das Interesse einer breiten Öffentlichkeit geweckt. Vordergründig hängt dies vor allem mit einer zunehmenden medialen Auseinandersetzung mit dem Thema zusammen. Die Aktualität derartiger Schadensereignisse lässt sich teilweise sicherlich durch Sensationsgier nach Katastrophenberichten erklären. Offen bleiben aber die Fragen nach den Hintergründen; sie bedürfen einer wissenschaftlichen Diskussion.

Folgt man Berichten von Versicherungsunternehmen (z. B. Münchener Rückversicherung 2000), dann ist in den jüngsten Jahrzehnten anhand der exponentiellen Zunahme der Schadensummen ein deutlicher Anstieg des Naturgefahrenrisikos zu verzeichnen. Interpretiert man das [Risiko](#) als Größe und Wahrscheinlichkeit eines möglichen Schadens, abhängig von Ausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit des natürlichen Prozesses sowie von Wert und Präsenzwahrscheinlichkeit potentieller Schadenobjekte (s. z. B. KIENHOLZ et al. 1998), gilt es zu klären, welcher dieser Parameter sich wie verändert hat.

Unter [www.pgm-online.de](http://www.pgm-online.de) ⇒ **Exkursion** sind weitere praktische Hinweise zu dieser Exkursion eingestellt. Dazu gehören neben dem üblichen kommentierten Quellen- und Literaturverzeichnis diesmal ein Glossar zur Naturgefahrenforschung sowie Detailbeschreibungen der verschiedenen Haltepunkte, Vorschläge für zusätzliche Exkursionsstandorte sowie Internetlinks zu weiteren Hintergrundinformationen.

Als Ergebnis von Untersuchungen zu den Folgeerscheinungen des globalen Klimawandels wurden von zahlreichen Autoren Hinweise publiziert, die eine Zunahme von Intensität und Häufigkeit alpiner Naturgefahrenprozesse postulieren. Im Rahmen des Schweizer Nationalen Forschungsprogramms [NFP 31](#) konnte nachgewiesen werden, dass in Zukunft speziell bei Hochwasser, Murgängen und Rutschungen mit einer erhöhten Prozessdynamik zu rechnen sein wird (BADER & KUNZ 1998). Für Sturzprozesse und Lawinen werden dagegen keine signifikanten Veränderungen erwartet. Als Erklärung für die Intensitätszunahme der durch Wasser kontrollierten Prozesse kann die prognostizierte Akzentuierung des Niederschlagsgeschehens im Sommerhalbjahr mit intensiveren Einzelereignissen gesehen werden (WANNER et al. 2000). Hinzu kommt bei Murprozessen die erhöhte Disposition murfähigen Lockermaterials aufgrund des Rückschmelzens der Gletscher (z. B. MAISCH et al. 1998) sowie des Ausschmelzens von Permafrostkörpern (z. B. HÄBERLI et al. 1998).

In der jüngsten Vergangenheit lässt sich eine scheinbare Häufung von relativ großen Naturgefahrenereignissen unterschiedlicher Prozess-typen beobachten (s. z. B. STÖTTER et al. 2002 a), die als Hinweis auf einen generellen Trend gesehen werden kann. Demgegenüber stehen aber auch Überlegungen, dass es sich hierbei vielleicht lediglich um zufällige Kumulationen handelt, wie sie im Holozän in den Alpen immer wieder aufgetreten sind. Anhand der großen Murkegel im Tiroler Inn-

tal zeigt PATZELT (1996), dass während der letzten 10 000 Jahre wechselnde Phasen der Murtätigkeit unterschieden werden können. Dabei weist er Zeiträume mit erhöhter Dynamik den kühleren und Zeiträume mit reduzierter Aktivität den wärmeren Abschnitten des Holozäns zu. Ob nun warme oder kalte Temperaturbedingungen die Morphodynamik von Muren oder vergleichbaren Prozessen entscheidend steuern, kann hier nicht eindeutig entschieden werden. Vieles spricht dafür, dass vor allem in Zeiten eines raschen Übergangs von einem thermischen Zustand zu einem anderen das Hochgebirgssystem aufgrund unterschiedlich schnell reagierender und sich anpassender Landschaftselemente instabil ist und zu erhöhter Prozessdynamik neigt.

Neben diesen beobachteten Erscheinungen des Wandels im Naturraum haben in wesentlich stärkerem Maße Veränderungen im alpinen Kulturraum die Entwicklung des Risikos in den letzten 50 Jahren entscheidend beeinflusst. Anhand vieler Gemeinden im Ostalpenraum lässt sich ein Übergangsprozess von einer agrarisch geprägten zu einer vorherrschend dienstleistungsorientierten Gesellschaft aufzeigen, der aus Bergbauerndörfern Tourismuszentren entstehen ließ. Mit dieser Entwicklung ging eine markante Zunahme der Bevölkerung einher (BÄTZING 1993).

Aus der Überlagerung der Zunahme der einheimischen Bevölkerung und der temporär anwesenden Touristen resultiert eine extreme Konzentration von Personen in den potentiell gefährdeten Räumen. Hinzu kommt eine Ausweitung des Siedlungs- und Wirtschaftsraums, in dem ursprünglich in Zahl und Größe limitierte landwirtschaftliche Gebäude von immer mehr und immer größeren Bauten zu Beherbergungs- und Freizeitwecken verdrängt wurden. Anstelle relativ einfacher Bausubstanz mit limitiertem Wert stehen nun teils luxuriöse, hoch versicherte Gebäude, so dass eine Vervielfachung der exponierten Werte festgehalten werden kann. Aus der Überlagerung der extremen Zunahme von Wert

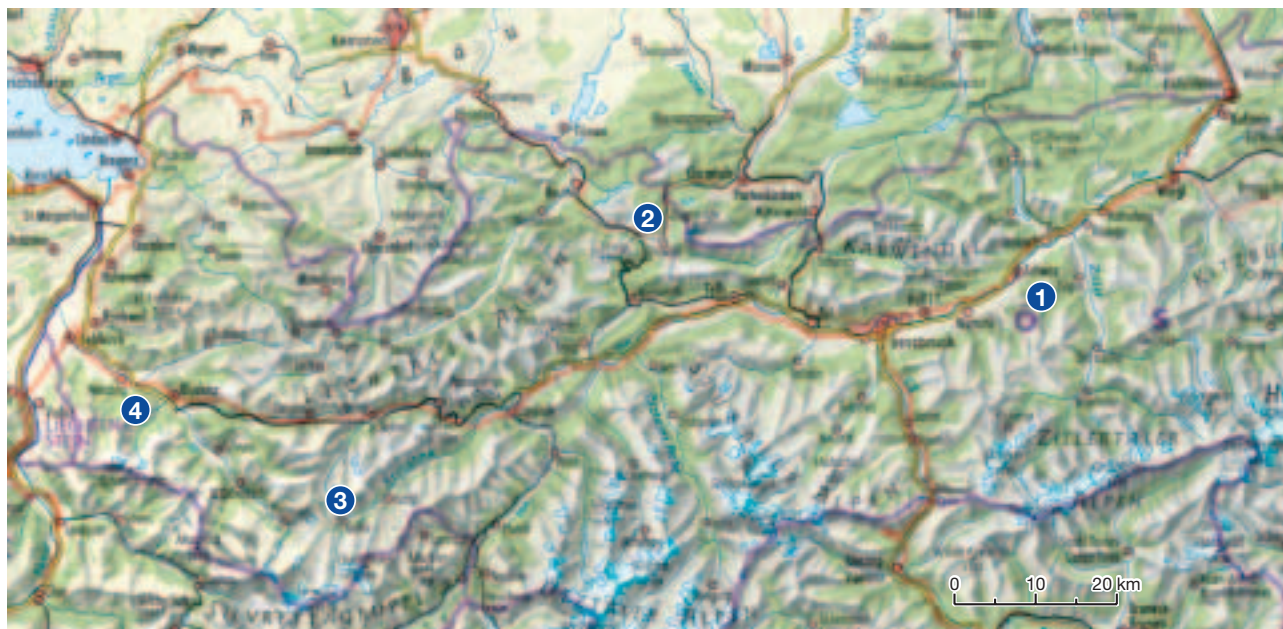


Fig. 1 Übersicht zum Exkursionsgebiet (Basiskarte: Tirol Atlas. Karte „Alpen – Überblick“. Innsbruck 1996)

und Präsenzwahrscheinlichkeit mit zumindest teilweise zunehmendem Ausmaß und nicht abnehmender Eintrittswahrscheinlichkeit der Naturgefahrenprozesse ist die anfänglich zur Diskussion gestellte Zunahme des Risikos in alpinen Räumen gut nachvollziehbar.

Die Exkursion, die über das Tiroler Inntal, das Paznaun und das Montafon führt (Fig. 1), soll anhand unterschiedlicher Beispiele die Vielfalt der alpinen Naturgefahrenprozesse aufzeigen. Als angemessene Zeit werden mindestens zwei Tage empfohlen.

### Eiblschrofen (HP 1)

Zum Felssturzgebiet Eiblschrofen gelangt man, indem man die A12 bei der Ausfahrt Schwaz verlässt. Man folgt nun der B171 in Richtung Wörgl und biegt ca. 1,4 km hinter dem Ortsende von Schwaz nach rechts in die Bergwerksstraße ab (Hinweisschild: „Schaubergwerk“). Vom Gewerbegebiet (z. B. von den Adlerwerken) hat man den besten Blick auf das Sturzgebiet (HP).

Die deutlich sichtbare Abbruchnische am Eiblschrofen in ca. 1100 m ü. d. M. oberhalb des Schwazer Ortsteiles Ried entstand als Folge einer Serie von Felsstürzen während des

Sommers im Jahre 1999. Nach dem ersten Sturz am 10. Juli 1999, bei dem mehrere Tausend Kubikmeter Gestein den unterhalb des Eiblschrofens gelegenen Waldbestand zerstörten, wurde durch Experten eine erste Gefahrenbeurteilung durchgeführt. Da mit noch weiteren, auch größeren Felsstürzen zu rechnen war, mussten 285 Personen aus 56 Wohnhäusern aus dem potentiellen Gefahrenbereich evakuiert und acht Gewerbebetriebe vorübergehend geschlossen werden (BAYER et al. 2000; POISEL et al. 2002).

Um den Evakuierungszeitraum so kurz wie möglich zu halten, wurde unter großem Zeitdruck ein Schutzkonzept erarbeitet und installiert: Innerhalb weniger Wochen wurden oberhalb des Ortsteiles Ried zwei Auffangdämme mit einer Kubatur von insgesamt 180000 m<sup>3</sup> und, zum Schutz von zwei seitlich gelegenen Häusern, ein 130 m langes Steinschlagschutznetz errichtet (BAYER et al. 2000). Zirka drei Monate nach dem ersten Felssturz konnten die letzten Bewohner in ihre Häuser zurückkehren. Die Kosten für die Errichtung der Dämme betrugen rund 4,36 Mio. Euro.

Zur Erkundung der Bewegungsvorgänge im Eiblschrofen wurde ein umfangreiches Beobachtungs- und Messsystem installiert (SCHEIKL et al.

2000). Dieses ermöglichte Vorhersagen über weitere Entwicklungen im Sturzgebiet und diente als Warnsystem für die Arbeiter auf der Dammbaustelle.

Aufgrund der Felsstürze am Eiblschrofen nahm die Attraktivität des Wohngebietes im Ortsteil Ried ab, wie die stark gesunkenen Immobilienpreise zeigen. Das Silber-Schaubergwerk, das geschlossen werden musste, weil sich der Stolleneingang im Gefahrenbereich befand, verzeichnete nach der Wiedereröffnung deutlich geringere Besucherzahlen.

Die Felsstürze sind in der komplexen geologischen Struktur des Gebietes an der Nahtstelle zwischen der paläozoischen Grauwackenzone und der permotriassischen Sedimentauflage der nördlichen Kalkalpen begründet. Der Eiblschrofen besteht aus Schwazer Dolomit; im Hangenden schließt sich Wildschönauer Schiefer (beide paläozoisch), im Liegenden permo-skythischer Buntsandstein an. Die Wandstufe des Eiblschrofens weist parallel zum Inntal streichende, sowohl berg- als auch talwärts einfallende Klufflächen auf (SCHEIKL et al. 2000).

Kontrovers diskutiert wird die Rolle des Dolomitabbaus (Untertagebau der Montanwerke Brixlegg), im Zuge dessen große Hohlräume im Inneren des Berges entstanden.



Fig. 2 Sturzgebiet am Eiblschrofen oberhalb des Ortteils Ried bei Schwaz (Foto: MEISSL, August 2002)

Am [2. Mai 1993](#) bildete sich am Zintberg westlich des Eiblschrofens ein Einsturztrichter, da ein Teil der Abbauzone zu nah an inkompetentes Gestein und tektonische Störungen herangeführt worden war. Zur Rolle des Bergbaus beim Sturz am Eiblschrofen gibt es unterschiedliche, sich widersprechende Gutachten. Die Stadt Schwaz ist bestrebt, eine endgültige Schließung des Bergbaubetriebes zu erreichen.

### Fernpassbergsturz (HP 2)

Der Fernpass stellt einen von alters her genutzten Übergang über eine mächtige Bergsturzablagerung dar, der das Inntal mit dem Außerfern verbindet. Die Zufahrt führt von der A12 bei der Abfahrt Mötzt auf der B189 über das [Mieminger Plateau](#) nach Nassereith und weiter auf der B314 zum Fernpass. Für die Rückkehr Richtung Inntal und Weiter-

fahrt nach Galtür führt die Route ab Nassereith auf der B189 zur A12 (Auffahrt Imst).

Etwa 3 km nördlich der Ortslage Tarrenz kann man von der untersten Schleife der Straße vom Mieminger Plateau hinab die [ersten Ausläufer](#) der Ablagerungen des [Fernpassbergsturzes](#) erkennen. Bäume stocken hier inselförmig auf 1–2 m hohen [Tomahügeln](#) aus Hauptdolomitschutt. Im Bereich der Ortschaft Nassereith sind diese Hügel vom Schwemmkegel des Strangbaches überdeckt. Auf der Weiterfahrt Richtung Norden werden die Erhebungen immer mächtiger, bis sie sich schließlich im Bereich des nördlichen Tunnelportals der Ortsumfahrung Nassereith zu einer einheitlichen Bergsturzmasse zusammenschließen. Die höchsten Erhebungen der Bergsturzmasse befinden sich in der Talmitte. Im Bereich des unruhigen Reliefs der Bergsturzablagerung finden sich zahlreiche Seen,

deren größter der Fernsteinsee ist (HP). Aus dessen Mitte ragt eine der vielen für Bergsturzlandschaften typischen, isolierten Vollformen mit der Ruine der Sigmundsburg auf. Die Engstelle von Fernstein hat seit [historischer Zeit](#) eine strategische Bedeutung.

Auf der Höhe des Fernsteinsees steigt die Straßen-trasse im Anstehenden des westlichen Talhanges langsam gegen die Passhöhe an. In einer weit nach Osten ausgreifenden Schleife überwindet sie den markanten, bis 300 m hohen Südabfall der Hauptmasse des Bergsturzes.

Beim Abgleiten des Bergsturzes blieb ca. die Hälfte der Sturzmasse unmittelbar am Fuße der Abbruch-nische zurück, da sich die Massen durch Aufprall am nahe gelegenen Gegenhang aufstauten. Dieser Trümmerschutt bildet den heutigen Passübergang. Die große Mächtigkeit der Ablagerungen ist auf die kurze Transportstrecke und die damit einherge-

hende relativ geringe Zerlegung der Massen zurückzuführen (ABELE 1991). Knapp 40 % der Bergsturzmasse sind um etwa 25° nach Nordosten abgelenkt worden und bedecken heute die nördliche Fernpassfurche. 10 % der Masse wurden um mehr als 130° (!) nach Süden abgelenkt. Diese ungleiche Masseverteilung erklärt den großen Höhenunterschied zwischen den akkumulierten Trümmern im Bereich des Passübergangs und dem Ablagerungsgebiet im Süden (HP Passhöhe).

Westlich der Passhöhe (1216 m ü. d. M.) befindet sich das Abbruchgebiet des Bergsturzes. Zwischen Kälbertal und Klausbachtal („Afriggall“) greift eine Hohlform tief in die Ostflanke des Loreakopf-/Kreuzjochmassivs ein. Sie bedeckt eine Fläche von knapp 5 km<sup>2</sup>, das Hohlvolumen beträgt rund 1 km<sup>3</sup>. Interessanterweise fehlt hier die für Bergstürze dieser Größenordnung typische Abgleitfläche. ABELE (1991) führt dies auf die intensive tektonische Zerrüttung des Hauptdolomits im Bereich einer Schwächezone im Kreuzjochmassiv zurück. Die auffälligen Wallstrukturen quer zur Talrichtung lassen sich als Ergebnis von Abscherungen quer zur Ausbruchrichtung deuten, die mit dem Verlust des Widerlagers zusammenhängen (ABELE 1991). Mehrfach wurden beim Bau der Fernpassstraße große zusammenhängende Schollen angeschnitten, die „en bloc“ abgeglitten sein müssen (z. B. entlang des Straßenabschnitts Lermooser Tunnel – Weibensee). Durch das Abgleiten der Trümmermasse verlor der östlich des Kälbertals gelegene Nordflügel der Ausbruchnische sein Widerlager und bewegte sich in Folge als sekundäre Sackung hangabwärts (Sackungsmasse „Am Saum“).

Im Kontrast zu der ungleichen Masseverteilung steht die jeweilige Reichweite der Sturzmassen: Der nördliche Ablagerungsbereich endet nach 6,5 km (von der Passhöhe aus gemessen), der südliche nach 11,5 km. Die große Reichweite hängt möglicherweise mit der Aufnahme wassergesättigter Sedimente vom Talboden beim Abgleitvorgang zusammen (ERISMANN & ABELE 2001).



Fig. 3 Bergsturzgebiet im Bereich des Blindsees (Foto: KEILER, Juli 2001)

Hierfür spricht auch der geringe Fahrböschungswinkel von 5° bis 7° (ABELE 1997). Nach ABELE (1994) sind die Überdeckungen durch spätglaziale Moränen des Inngletschers durch den Bergsturz selbst in ihre heutige Position transportiert worden, da einerseits Bergsturz- durch Moränenmaterial überlagert ist, andererseits aber Moräneneinschlüsse in Form von Sedimenttaschen in Aufschlüssen im Bergsturz zu finden sind. Die nördliche Fernpassfurche ist durch hintereinander gestaffelte Quermulden und -wälle geprägt, welche gegen Nordosten an Höhe verlieren. Die Mulden sind großteils mit Seen gefüllt, wie z. B. dem Blindsee (HP Gasthof „Zugspitzblick“). Wie schon am südlichen Anstieg beschrieben, sind die höchsten Erhebungen auch hier in der Talmitte zu finden. Die Ortschaft Biberwier mit den letzten markant aufragenden Tomahügeln bildet den Endpunkt dieses Exkursionsteils. Steht hier Zeit zur Verfügung (mindestens ½ Tag), empfiehlt sich der Aufstieg zum Schachtkopf (1642 m ü. d. M.) über den „Knappenstein“ (Parkplatz an der Sommerrodelbahn am südlichen Ortsausgang). Neben einem schönen Ausblick über das gesamte Abbruchgebiet des Bergsturzes und die nördlichen Ablagerungen sind Relikte des mittelalterlichen Bergbaus sowie kleinere Erzstücke in den Abraumhalden zu finden.

Für den Fernpassbergsturz wird ein postglaziales Alter angenommen. Anhaltspunkte für eine Datierung ergeben sich im Bereich eines kurzen Randwalls, welcher das Kälbertal abdämmt (ABELE 1991). Das <sup>14</sup>C-Alter von 2255 ± 60 Jahren vor heute eines in Stausedimenten abgelagerten Fichtenstamms gibt ein Minimalalter an. ABELE (1991) ordnet den stauenden Randwall eher einem Nachsturz zu.

### Galtür (HP 3)

Die Zufahrt erfolgt über die A12 bis Zams, dann weiter über die S16 (Arlberg-Schnellstraße) bis zur Ausfahrt Pians und von dort über die B188 ins Paznaun direkt nach Galtür.

Wenn man heute den Ort Galtür betritt, weisen keine Spuren mehr darauf hin, dass hier im Februar des Jahres 1999 in einer der schlimmsten Naturkatastrophen Tirols 31 Menschen ihr Leben verloren. Eine außergewöhnliche Häufung und Andauer von Nordwest-Wetterlagen im Januar und Februar 1999 ergaben für Galtür (1583 m ü. d. M.) bis dahin noch nicht registrierte Werte für den Neuschneezuwachs (247 cm in 10 Tagen) und für die Schneehöhe (210 cm; GABL 2000). Zwischenzeitlich einfließende kontinentale Kaltluft verhinderte die Setzung und Sta-

bilisierung der Schneedecke (SLF 2000). Unterbrochen wurde diese Abfolge von Großwetterlagen einzig durch einen kurzzeitigen Warmluft-einbruch mit Dauerregen bis 1800 m ü. d. M. am 20. und 21. Februar, der für die Schneedecke eine erhebliche Gewichtszunahme bedeutete. In der Folge löste sich am 23. Februar 1999 um 16 Uhr vom Grat des Grieskopfes (2764 m ü. d. M.) an einer rekonstruierten Anrisslinie von etwa 400 m Länge eine trockene [Schneebrettlawine](#), die als Staublawine in zwei Sturzbahnen (Äußere Wasserleiter- und Weiße-Riefe-Lawine) den Ortsteil Winkl erreichte (HP Gafelar). Dort wurden sechs Gebäude, die alle außerhalb der ausgewiesenen [Gefahrenzonen](#) lagen, total zerstört; sieben weitere Bauten wurden schwer, elf leicht beschädigt. Von 53 Verschütteten konnten 31 Personen nur noch tot geborgen werden. Nach HEUMADER (2000) belief sich der reine Sachschaden auf knapp 5,3 Mio. Euro. Zur Ermittlung des volkswirtschaftlichen Gesamtschadens müssen Positionen wie Einnahmeausfälle und Imageverlust addiert werden, die zum einen nur schwer quantifizierbar sind, zum anderen den reinen Sachschaden um ein Vielfaches übersteigen dürften. Anhand des in den folgenden Wintersaisons eingetretenen Rückgangs der Nächtigungen um knapp 20% lässt sich das Ausmaß nur erahnen (STÖTTER et al. 2002b).

Liest man die Lawinenchronik von Galtür (FLIRI 1998, HUHN 2000), so lassen sich bis ins Mittelalter zurückreichend immer wieder Lawineneignisse nachweisen, die Menschenleben gefordert sowie erhebliche Sachschäden verursacht haben. Die nach dem Unglück durchgeführten Untersuchungen ergaben, dass die Dimension der Schadenslawine eine Wiederkehrwahrscheinlichkeit von > 150 Jahren aufweisen muss. Nach geltenden Vorschriften ist das Ereignis somit dem Restrisiko zuzuordnen, für das es keine verlässliche Vorhersagemöglichkeit gibt. Sie übersteigt damit die in den Gefahrenzonenplänen in Österreich zu berücksichtigende Bemessungsgrenze, so dass der [Gefahrenzo-](#)

[nenplan für Galtür](#) nach dem Lawineneignis nicht geändert wurde.

Neben der als passiv bezeichneten Maßnahme des Gefahrenzonenplans sind es vor allem die aktiven [Schutzmaßnahmen](#), die in Galtür offensichtlich sind. So weisen viele der älteren Gebäude hangseitig Objektschutzmaßnahmen wie Schutzmauern, Spaltkeile oder [Ebenhöhen](#) auf (HP Tschafein). Maßnahmen dieser Art, die bis Mitte des 20. Jh. den Standard bildeten, lassen sich in der Dorfchronik bis 1613 zurückverfolgen. Erst nach dem Zweiten Weltkrieg wurde mit der Verbauung von Lawinenanrissgebieten begonnen. Bis zum Ereignis im Jahre 1999 wurden hierbei etwa 15 Mio. Euro in Stützwerke und kombinierte Aufforstungsprojekte investiert. Die seitdem projektierten und begonnenen Maßnahmen sind mit ca. 27,5 Mio. Euro kalkuliert. Sie umfassen neben direkten Schutzmaßnahmen im Siedlungsgebiet den Verbau der Anrissbereiche der Katastrophenlawine von 1999 und am gegenüberliegenden Predigberg sowie den Bau von Lawinengalerien zum Schutz der Landesstraße.

Symbolcharakter hat dabei der [Lawinendamm Winkl](#), auf dessen Südseite das [Alpinarium](#) entstand (HP). Das 135 m lange Gebäude gliedert sich in drei Ebenen (FALCH & FALCH 2000). Über der Tiefgarage sowie Technik- und Lagerräumen im Untergeschoss finden sich ebenerdig im östlichen Abschnitt ausgedehnte Räumlichkeiten für die Einsatzkräfte der Gemeinde. Vom markanten Haupteingang werden der westliche Flügel sowie das Obergeschoss erschlossen, die zum größten Teil Ausstellungszwecken dienen. Ergänzt wird dieser Bereich durch Seminarräume und einen Hörsaal, die für Kongresse und Workshops zur Verfügung stehen.

### Schesatobel (HP 4)

Über die Silvretta-Hochalpenstraße (B 188) und das Montafon erreicht man Bludenz. Schon von weitem sichtbar, bestimmt der „größte Murbuch Europas“ das landschaftliche

Bild. Von Bludenz fährt man über Bürs in die Gemeinde Bürserberg. Beim Gasthof „Gemsle“ nimmt man die Abzweigung nach Tschengla und fährt bis zur Brücke über den Schesabach. Unmittelbar hinter der Brücke zweigt eine unbefestigte Straße ab, auf der man zu Fuß bis zum oberen Rand des Anbruchgebiets gelangen kann.

Das erst etwa 200 Jahre alte Naturphänomen Schesatobel ist ein eindrucksvolles Beispiel für einen aktuell ablaufenden geomorphodynamischen Prozess. Es wird deutlich, wie durch einen Eingriff in ein natürliches System ein Prozess initiiert werden kann, der nicht oder nur schwer zu korrigieren ist und den Betroffenen über einen langen Zeitraum große finanzielle Lasten aufbürdet.

Im Einzugsgebiet des Schesatobels kommen neben Karbonatgesteinen wie Hauptdolomit und Muschelkalk auch tonige und sandige Substrate der Raibler Schichten vor (Mergelschiefer). Auf dem Anstehenden liegen im Bereich des Schesatobels bis zu 200 m mächtige glazifluviale Ablagerungen aus Moränenmaterial, Schottern und Stillwassersedimenten. Auf diesem Lockermaterialkörper ([eiszeitliche Talverfüllung](#)) wurde lokal in unterschiedlicher Mächtigkeit Murmaterial abgelagert.

Im Vergleich zum bisherigen Verlauf der Exkursion im Einzugsgebiet des Inn ist das Klima im Bereich des Schesatobels stärker ozeanisch geprägt, u. a. mit höheren Jahresniederschlägen (ca. 1500 mm) und entsprechend großen Schneemengen im Winter.

Noch vor etwa 200 Jahren war die Schesa ein kleiner Bach, der nach der Chronik an jeder Stelle seines Laufes leicht übersprungen werden konnte. In dem bereits seit dem Mittelalter alm- und forstwirtschaftlich genutzten Gebiet im oberen Einzugsgebiet der Schesa wurden 1796 zur Ausweitung der Weidefläche ca. 15 ha Wald abgeholzt. Als Folge nahm der Oberflächenabfluss zu, und die Schesa begann, sich in den Lockermaterialkörper einzutiefen. Durch rückschreitende Erosion kam

es innerhalb von 100 Jahren zur Bildung des imposanten Muranbruchs, der heute das Landschaftsbild so nachhaltig prägt. Es hat sich ein stellenweise bis zu 200 m tiefer Graben in den Lockermaterialmassen gebildet. Auf einer Fläche von 60 ha wurden 40 Mio. m<sup>3</sup> Lockermaterial erodiert und in der Talsohle der III auf einem 80 ha großen Murkegel abgelagert.

Bereits 1899 wurden im Oberlauf erste technische Maßnahmen in Form von Sperrbauwerken aus Holz vorgenommen. In späteren Jahren wurde eine Sperrentreppe aus Beton angelegt, die heute weitgehend zusedimentiert ist. Infolge dieser technischen Maßnahmen wurde die Gerinnesohle angehoben. Auf dem Murkegel errichteten Kriegsgefangene als Schutzmaßnahme für den seit Beginn des 20. Jh. entstandenen Siedlungsbereich den sog. Russendamm, der in späteren Jahren weiter ausgebaut wurde. Heute stehen ca. 250 Häuser auf dem Murkegel. Insgesamt wurden bis 1975 ca. 22,5 Mio. Euro in Schutzmaßnahmen investiert (AULITZKY et al. 1994), was dem Schesatobel im Volksmund den Namen „Millionenloch“ eintrug.

Um der weiter bestehenden Gefährdung zu begegnen, wird durch kontrollierten kommerziellen Abbau das Lockermaterial aus dem Erosionsgebiet entfernt. Gleichzeitig sollen die Hänge im oberen Bereich des Muranbruchs künstlich rückgeböscht und durch geeignete Bepflanzung stabilisiert werden. Nicht zuletzt aufgrund der technischen Maßnahmen verlangsamte sich die Erosionstätigkeit im Anbruchgebiet im 20. Jh. Allerdings kam es weiterhin immer wieder zu größeren Einzelergebnissen, z. B. der Martinsrutschung, bei der im Jahre 1966 ca. 500 000 m<sup>3</sup> in Bewegung gerieten.

Nicht nur die Siedlungsbereiche der Gemeinde Bürs auf dem Murkegel sind gefährdet, problematisch wird die Situation auch im Illtal oberhalb der Schesamündung, wenn eine [Mure](#) aus dem Schesatobel die III

**Fig. 4**  
Schesatobel – Eiszeitliche Talverfüllung (Foto: KAUFMANN, Juni 2001)



aufstaut. Zusätzlich verringert die zur Energiegewinnung vorgenommene Wasserableitung aus der III die Schleppkraft des Flusses.

### Fazit

Die oben beschriebene Zunahme des Naturgefahrenrisikos, die anhand der gewählten Exkursionsstandorte beispielhaft aufgezeigt wurde, erfordert – auch angesichts der knapper werdenden Mittel der öffentlichen Haushalte – [neue Lösungsansätze](#). Der alpine Lebensraum kann in Zukunft nur erhalten und gesichert werden, wenn man neue Konzepte für den Umgang mit Naturgefahren entwickelt, die folgenden Forderungen gerecht werden sollten:

- Die Auseinandersetzung mit Naturgefahren muss multidisziplinär erfolgen.

- Alle mit Naturgefahren befassten Institutionen müssen in die Erarbeitung neuer Wege zur Problemlösung eingebunden werden.
- Im Sinne eines integralen Risikomanagements müssen alle im Untersuchungsraum auftretenden Naturgefahrenprozesse gemeinsam beurteilt werden. Ganzheitliche, verstärkt präventive und selbstverstärkende Maßnahmen müssen konzipiert werden, die an die jeweilige lokaltatspezifische Situation angepasst sind.

Nur auf diese Weise kann den Auswirkungen von Veränderungen des Naturraums (Klimawandel) und Kulturrums (Nutzungswandel) erfolgreich begegnet werden.

GERTRAUD MEISSL, MARGRETH KEILER, SVEN FUCHS, THOMAS GEIST, JOHANN STÖTTER & ANDREAS ZISCHG (Universität Innsbruck)

## Auffangdämme im Sturzgebiet Eiblschrofen

### Wegbeschreibung

Man folgt der Bergwerksstraße bis zu ihrem Ende und biegt dann nach rechts in die Alte Landstraße ab. Nach ca. 700 m folgt man dem Wegweiser Gallzein und biegt nach links ab. An der nächsten Straßenkreuzung hält man sich an den Wegweiser Friedhof und biegt nach rechts ab. Am Ende der Friedhofsmauer biegt man wiederum nach links ab und wählt schließlich an der nächsten Kreuzung die obere der beiden nach links führenden Straßen. Dieser folgt man ca. 350 m (sehr schmale Straße, keine Ausweichstellen, für Busse schlecht geeignet) bis zu einem relativ großen Waldparkplatz. Von dort wandert man zu Fuß, dem Waldlehrpfad und „Fit-2000“-Weg folgend, am Waldspielplatz, der Simon- und Juda-Kapelle sowie einem Steinkreis vorbei und erreicht in ca. 15 Minuten (ab Waldparkplatz) den kleineren der beiden Dämme (Westdamm).

Zum Johannisdamm, dem größeren der beiden Dämme, gelangt man in wenigen Minuten über einen Steig, der am Ostende des Westdamms beginnt und später in den Wolfgangweg übergeht (oder man geht vom kleineren Damm wenige Meter zum Steinkreis zurück und folgt von dort dem Wolfgangweg). Der Besuch des größeren Damms lohnt sich, weil von hier auch das Abbruchgebiet gut einsehbar ist. Für den Rückweg zum Parkplatz müssen 15 bis 20 Minuten veranschlagt werden.

Wenn die insgesamt vorgestellte Exkursion nicht innerhalb eines Tages abgewickelt werden muss und somit mehr Zeit zur Verfügung steht, dann empfiehlt sich ein Besuch der beiden Schutzdämme.

Die Dämme wurden in zwei Tälern errichtet, die als Haupt- (Johannistal) und sekundäre Sturzbahn betrachtet werden. Der Johannisdamm ist 25 m hoch und 170 m lang. Er wurde aus 130 000 m<sup>3</sup> Material errichtet. Der Westdamm ist 15 m hoch, 125 m lang und hat ein Füllvolumen von 50 000 m<sup>3</sup>. Das Rückhaltebecken hinter dem Johannisdamm kann 220 000 m<sup>3</sup>, das hinter dem Westdamm 50 000 m<sup>3</sup> Sturzmaterial aufnehmen. Ein Teil des zur Errichtung notwendigen Materials wurde durch Ausbaggern der Rückhaltebecken hinter den Dämmen gewonnen, das restliche Material musste angefahren werden. Da die Dämme auf Abraumhalden früherer Bergbautätigkeit errichtet werden mussten, die nur eine geringe Stabilität aufweisen (schwach konsolidierte Sande und

Westdamm im Sturzgebiet des Eiblschrofen (Foto: MEISSL 2002)



Kiese), wurde der Untergrund vor der Errichtung der Dämme zum Teil ausgetauscht. Während der Bauarbeiten musste auch Rücksicht auf Setzungsbewegungen genommen werden (BAYER et al. 2000).

Um Sturzblöcke daran zu hindern, die Dämme zu überspringen, weisen die obersten 5 m des dem Eiblschrofen zugewandten Dammabhanges eine Neigung von 60° auf

und sind damit steiler als der untere Hangteil. Der gesamte Hang wurde zum Schutz vor Beschädigungen durch Sturzblöcke mit Geotextilien verstärkt (BAYER et al. 2000).

Zur Gewährleistung der Sicherheit der Bauarbeiter waren umfangreiche Alarm- und Evakuierungspläne ausgearbeitet worden. Alle eingesetzten Bauarbeiter mussten sich einem Fitnesstest unterziehen,

bei dem geprüft wurde, ob sie in der Lage sind, den Gefahrenbereich in unwegsamem Gelände innerhalb kürzester Zeit zu verlassen (mündliche Mitteilung von A. PLONER und TH. SÖNSER).

Die [Auftragsvergabe](#) für die Errichtung beider Dämme erfolgte am 3. August 1999. Bereits Mitte Oktober waren die Dämme fertiggestellt (BAYER et al. 2000).



## *Lawinendamm Winkl*

Die Lawinendämme Landli (Vordergrund)  
und Winkl (Mittelgrund) in Galtür  
(Foto: Lutz 2002)



## Eiszeitliche Talverfüllungen

Während der Würmeiszeit prägte der Illgletscher das Gebiet des Schesatobels. Daraus resultieren die bis zu 200 m mächtigen Ablagerungen aus Moränenmaterial, glazifluvialen Schottern, Stillwassersedimenten, die in Eisrandstauseen abgelagert wurden, sowie Murmaterial.

Eiszeitliche Talverfüllungen sind eine typische Erscheinung in weiten Bereichen der Alpen. Man fin-

det sie vor allem in Tälern, deren Mündungen von Eismassen im Haupttal versperrt waren und deren Eigenvergletscherung die Talmündung nicht erreichte. Die eisfrei gebliebenen Bereiche bildeten Ablagerungsbecken für Lockermaterial aller Korngrößen und Zusammensetzungen.

Nach BECHT (1989) können zwei verschiedene Prozesse für die Ent-

stehung eiszeitlicher Talverfüllungen verantwortlich sein:

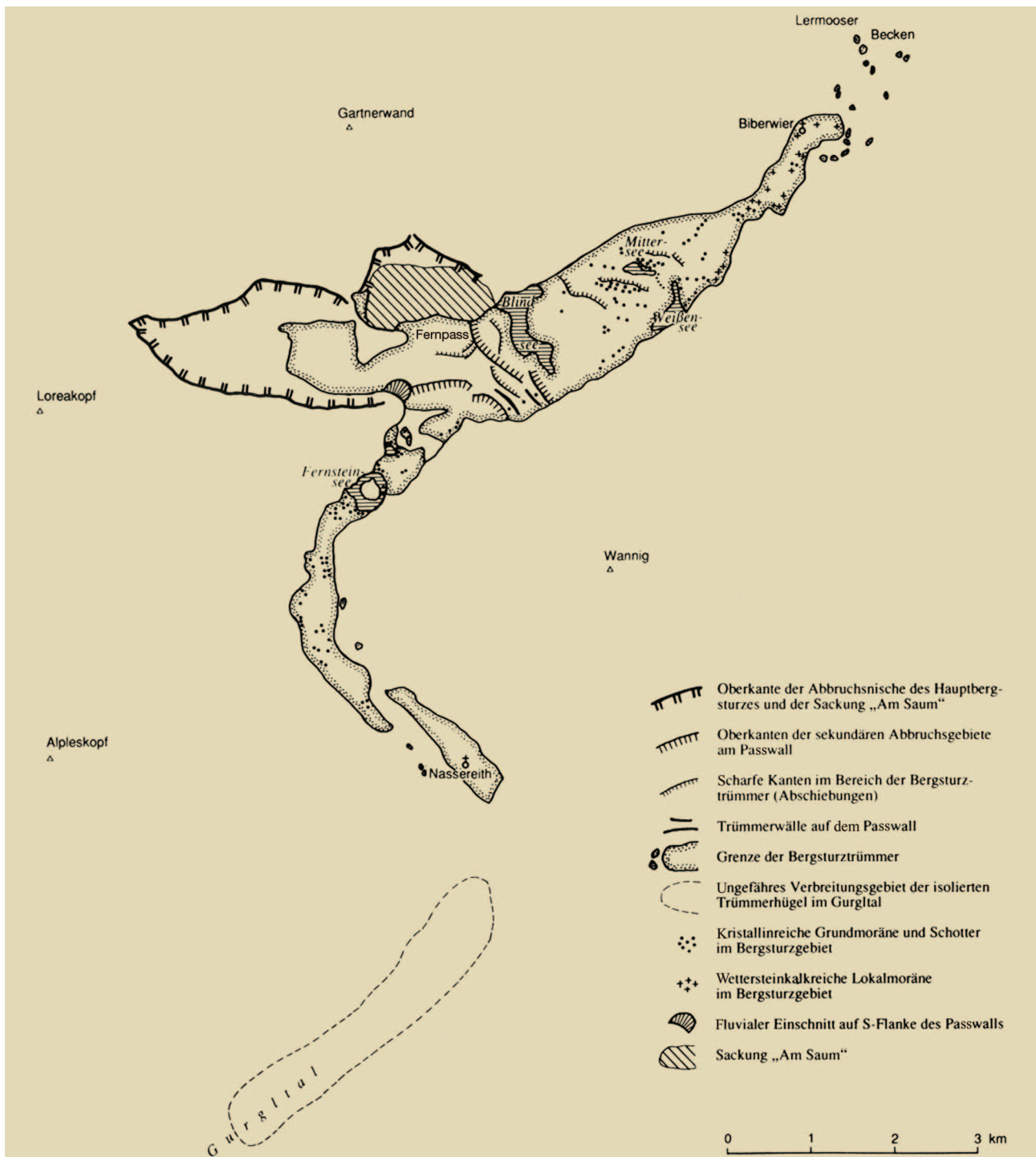
- fluvialer Transport von erodiertem Material in einen Stauraum oberhalb der Talmündung,
- glazialer Transport von Material vom aus dem Haupttal in die Seitentäler vorstoßenden Gletscher.

Nach dem Rückzug der Gletscher begann die Ausräumung der Sedimente. Es entstanden steil eingeschnittene Kerbtäler, deren Flanken durch Hangabtrag (Rutschungen, Ufer- und Feilenanbrüche) gekennzeichnet sind.

Wildbäche in eiszeitlichen Talverfüllungen sind besonders bei hohem Grobkornanteil murfähige Gerinne. Mitentscheidend für die Wildbachaktivität ist der Grad der Ausräumung der eiszeitlich abgelagerten Schuttkörper (AULITZKY 1986).

# Fernpassbergsturz

Geomorphologische Karte des Fernpassbergsturzes (ABELE 1991, S. 24)



# Grundbegriffe der Naturgefahrenforschung

## Abschätzung

Bestmögliches Ermitteln eines potentiellen Schadens, der nicht vollständig durch quantitative Methoden zu bestimmen ist (KIENHOLZ et al. 1998).

## Beurteilung

Feststellung und Diagnose eines Sachverhalts, im Zusammenhang mit Naturgefahren in der Regel eine Abschätzung (KIENHOLZ et al. 1998).

## Bewertung

Anwendung eines Werteschemas auf einen Sachverhalt (KIENHOLZ et al. 1998).

## Eintretenswahrscheinlichkeit

Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Prozesses oder Zustands (HOLLENSTEIN 1997, KIENHOLZ et al. 1998).

## Gefährdung

Gefahr, die sich konkret auf eine bestimmte Situation oder ein bestimmtes Objekt bezieht (HEINIMANN et al. 1998, KIENHOLZ et al. 1998).

## Gefährlicher Prozess

Vorgang, der aufgrund seiner Art, seines Ausmaßes etc. dann zu Schaden führen kann, wenn ihm verletzte Objekte ausgesetzt sind (KIENHOLZ et al. 1998).

## Gefahr

Zustand, Umstand oder Vorgang, aus dem ein Schaden entstehen kann (KIENHOLZ et al. 1998). Bezeichnet eine objektive Bedrohung durch ein zukünftiges Schadenereignis, das unter bestimmten Bedingungen eintritt (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“ 1999).

## Gefahrenbeurteilung

Objektive, naturwissenschaftlich fundierte Abklärung und Diagnose möglicher gefährlicher Prozesse (HEINIMANN et al. 1998).

## Gefahrenbewertung

Berücksichtigt das vorhandene Schadenpotential bei der Abklärung möglicher gefährlicher Prozesse (HEINIMANN et al. 1998).

## Gefahrgutachten

In der Regel eng begrenzte, problemspezifische Analyse und Bewertung einer Gefahr im Rahmen eines Einzelgutachtens (HOLLENSTEIN 1997, SLF 2000).

## Gefahrenhinweis-Informationssystem

Auf der Basis eines Geographischen Informationssystems zur Verfügung stehende Zusammenführung sämtlicher Informationen zur Gefährdungssituation betrachteter Gebiete. Dient als Grundlage und Entscheidungshilfe für umfassende Risikountersuchungen in der Raumplanung.

## Gefahren-Hinweiskarte

Nach objektiven wissenschaftlichen Kriterien zu erstellende Übersichtskarte im Maßstabsbereich von ca. 1 : 10000 bis 1 : 50000 mit Hinweisen auf Gefahren, die identifiziert und lokalisiert, jedoch nicht im Detail analysiert und bewertet sind (KIENHOLZ et al. 1998).

## Gefahrenkarte

Detaillierte, nach objektiven wissenschaftlichen Kriterien zu erstellende Karte im Maßstabsbereich von ca. 1 : 2000 bis 1 : 10000, die innerhalb eines klar abzugrenzenden Untersuchungsperimeters für sämtliche Stellen im Gelände Aussagen macht über

- Prozessart,
- Gefährdungsgrad,
- Intensität und Wahrscheinlichkeit der Prozesse (KIENHOLZ et al. 1998).

## Gefahrenpotential

Summe der gefährdenden oder schädigenden Faktoren in einem Gebiet (HEINIMANN et al. 1998).

## Gefahrenzonenplan

Auf Gefahrenkarten basierendes rechtlich verbindliches Planungsinstrument, das durch die zuständigen politischen Instanzen genehmigt wurde (SLF 2000).

## Integrales Naturgefahrenmanagement

Der Schutz wird sowohl risikobasiert, d. h. in Bezug auf die zu schützende Raumausstattung (Siedlung, Verkehrsachse, Personen im Freien) und

nach technischen, ökonomischen und sozialen Kriterien beurteilt als auch im Ereignisablauf (Prävention, Intervention, Wiederherstellung) nach minimalen Kosten optimiert (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“ 1999).

## Naturgefahr

Aus einem natürlichen Prozess objektiv drohendes Unheil. Umfasst sämtliche Vorgänge und Einflüsse der Natur, die für Menschen und/oder Sachwerte schädlich sein können (KIENHOLZ et al. 1998).

## Regenerationsfähigkeit

Eigenschaft eines Objekts oder Systems, nach dem Eintritt eines Schadens von selbst wieder in den unbeschädigten Zustand überzugehen (HOLLENSTEIN 1997)

## Risiko

Qualitative oder quantitative Charakterisierung eines Schadens hinsichtlich der Möglichkeit des Eintretens und der Tragweite der Schadenwirkung (HEINIMANN et al. 1998, HOLLENSTEIN 1997, KIENHOLZ et al. 1998). Umfasst in einer technischen Risikoperspektive vor allem die Variablen „Eintretenswahrscheinlichkeit“ eines Schadens sowie „Schadenausmaß“. In einer sozialwissenschaftlichen Sichtweise stehen Aspekte der sozialen und psychischen Risikoerfahrung und -wahrnehmung im Vordergrund, während sich sozioökonomische Ansätze mit Risiken der Überlebenssicherung beschäftigen (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“ 1999). Im Gegensatz zur Gefahr ein mentales Konstrukt, um Gefahren näher bestimmen zu können.

## Risikoabschätzung

Methodik, um mögliche Auswirkungen eines Ereignisses oder einer Ereigniskette mit den Wahrscheinlichkeiten des Eintreffens dieser Auswirkungen quantitativ zu verknüpfen (HOLLENSTEIN 1997).

## Risikoakzeptabilität

Urteil über die Tolerierbarkeit von Risiken aufgrund vorgegebener Kriterien (HOLLENSTEIN 1997, KIENHOLZ et al. 1998).

## Risikoakzeptanz

Normativer Begriff, der die persönliche oder kollektive Bereitschaft, das subjektiv erkannte Risiko eines Zustands oder Vorgangs bewusst zu tolerieren, beschreibt (HOLLENSTEIN 1997, KIENHOLZ et al. 1998, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“ 1999).

*Risikoanalyse*

Systematisches, nachvollziehbares und formales Verfahren, um in einem abgegrenzten System Risiken hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit ihres Eintreffens und des Ausmaßes der Folgen zu charakterisieren und, wenn möglich, zu quantifizieren (HOLLENSTEIN 1997, KIENHOLZ et al. 1998). Mit Hilfe von Risikoanalysen wird versucht, den Erwartungswert eines Risikos zu bestimmen (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“ 1999). Beantwortung der Frage: „Was kann passieren?“

*Risikobetrachtung*

Oberbegriff für Risikountersuchungen. Umfasst in der Regel Risikoanalyse, -bewertung und -management.

*Risikobewertung*

Verfahren, um die aus der Risikoanalyse gewonnenen Erkenntnisse mit Hilfe persönlicher oder kollektiver Kriterien rational auf ihre Akzeptabilität hin zu beurteilen. Erkannte Gefahren oder Risiken werden in ein Wertesystem eingeordnet, wobei ein Vergleich zwischen jeweiligem Nutzen und Schaden angestrebt wird. Liefert die Grundlage für den Entscheid über die Tolerierbarkeit eines Risikos für die Gesellschaft als Ganzes oder für bestimmte Gruppen oder Individuen (HOLLENSTEIN 1997, Wissenschaftlicher Beirat der Bun-

desregierung „Globale Umweltveränderungen“ 1999). Beantwortung der Frage: „Was darf passieren?“

*Risikokommunikation*

Interaktiver Austausch von Information und Meinung über Risiken zwischen Betroffenen, Behörden und Fachleuten. Im Idealfall findet dabei eine demokratische, gleichberechtigte Auswahl von Optionen statt (KIENHOLZ et al. 1998, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“ 1999).

*Risikomanagement*

Methodik zur Gestaltung, Entwicklung und Steuerung von Systemen zur Risikoreduktion. Umfasst Strategien und Maßnahmen, die zu einem Entscheid über den Handlungsbedarf zu Maßnahmen sowie zu deren Implementierung und Überwachung führen (HOLLENSTEIN 1997).

*Risikoperzeption*

Zielgerichteter strukturierter und methodisch orientierter, somit bewusst organisierter und reflektierter Prozess des Erkennens und Begreifens einer Gefährdung (BANSE & BECHMANN 1998), einschließlich des Erfassens der daraus potentiell resultierenden Schädigungen (HOLLENSTEIN 1997).

*Schaden*

Negativ bewertete Folge eines Zustands oder Vorgangs. Kann die materielle Beeinträchtigung von Werten

sein, aber auch eine reduzierte Nutzbarkeit (HOLLENSTEIN 1997).

*Schadenpotential*

Gesamtheit aller aus einem bestimmten Gefährdungsbild möglicherweise resultierenden Schäden (HOLLENSTEIN 1997). Summe der Personen und Sachwerte, die sich in einem abgegrenzten Gefahrenbereich befinden, sowie Güter und Dienstleistungen, die dort produziert bzw. verteilt werden (SLF 2000).

*Untersuchungssperimeter*

Das im Rahmen einer Gefahrenbeurteilung oder Risikoanalyse bearbeitete Gebiet.

*Verletzlichkeit*

Eigenschaft eines Objekts, bei Beanspruchungen Schaden zu nehmen (HOLLENSTEIN 1997, KIENHOLZ et al. 1998).

*Wert*

Größe zur Quantifizierung von Schäden (HOLLENSTEIN 1997).

*Wertobjekt*

Menschen, Sachgüter und Naturwerte, welche potentiell durch Gefährdungen geschädigt werden (HOLLENSTEIN 1997).

*Widerstandsfähigkeit*

Eigenschaft eines Objekts, Beanspruchungen ohne Schaden aufnehmen zu können (HOLLENSTEIN 1997).

Zusammenstellung aus FUCHS et al. (2001)

## Lawinen

Mit dem Begriff Lawine bezeichnet man die plötzliche und schnelle Talwärtsbewegung von Schnee und/oder Eis und eventuell Fremdmaterial (Steine, Holz, usw.) als gleitende, fließende oder rollende Masse oder als aufgewirbelte Schneewolke an Hängen und Wänden mit einer Sturzbahn von über 50 m Länge (KIENHOLZ et al. 1998).

Der Prozessbereich von Lawinen umfasst das *Anrissgebiet* (Anbruchgebiet), die *Lawinenbahn* (Lawinenzug, Lawinenstrich) und das *Lawinenablagerungsgebiet* (Lawinenkegel).

Die zur Lawinenbildung führenden Faktoren lassen sich wissenschaftlich in drei verschiedene, mit-

einander in enger Wechselwirkung stehende Kategorien unterscheiden:

- *Morphologie*: Geländeform, Höhenlage, Neigung,
- *Schneedecke*: Schneehöhe, Schneeeigenschaften, Schneedeckenaufbau, Spannung und Festigkeit,
- *Meteorologie*: Schneefall, Wind, Temperatur, Strahlung.

Während die ortsfesten Rahmenbedingungen die zeitlich konstante Grunddisposition eines Geländebereichs für die Auslösung von Lawinen darstellen, bestimmen die nivologischen und meteorologischen

Faktoren die zeitlich variable Disposition.

Die Festigkeit der Schneedecke wird von den nivologischen Eigenschaften und dem Schneedeckenaufbau beeinflusst und verändert sich mit der Witterung im Verlauf des Winters.

Meteorologische Faktoren wie Neuschneezuwachs, Wind, Regen oder Temperaturwechsel können den Aufbau von Spannungen in der Schneedecke verursachen bzw. die Festigkeit der Schneedecke in kurzer Zeit reduzieren. Überschreiten die Spannungen in der Schneedecke aufgrund einer Belastungsänderung deren Festigkeit, kommt es zum Bruch und damit zur Bildung einer Lawine.

Im Alpenraum führen hohe Neuschneesummen in Kombination mit der Verformung und Verfrachtung des Schnees durch den Wind am häufigsten zur Entstehung von Lawinen mit Schadenfolgen in besiedelten Gebieten.

Lawinen werden nach morphologisch-kinetischen Gesichtspunkten und ihren Auswirkungen [klassifiziert](#) (International Association of Hydrological Sciences 1981, KIENHOLZ et al. 1998).

## **Mieminger Plateau**

Das mittlere Inntal wird an beiden Seiten in wechselnder Breite von terrassenartigen Großformen (Lokalbezeichnung „Mittelgebirge“) begleitet, deren Oberflächen ca. 300 m über der Talsohle liegen. Sie enthalten teilweise Felskerne, sind aber

zum überwiegenden Teil aus quartären Sedimenten unterschiedlicher Genese aufgebaut. Die morphologische Gliederung des Mieminger Plateaus wird zwischen Affenhäusern und Barwies gut sichtbar. Der südliche Abschluss des Plateaus er-

gibt sich durch den West–Ost streichenden Hauptdolomitrücken des Achbergs. Nördlich der Straße ist der Hauptdolomit durch die Moränen des Inngletschers bedeckt. Im Bereich von Obermieming bestimmen Murablagerungen aus dem Judenbach- und Stöttlbachtal das Gelände. Richtung Obsteig und weiter Richtung Holzleiten durchquert die Straße ausgedehnte Lärchenwiesen, deren Vorkommen typisch für kontinental geprägte, inneralpine Talräume ist (vgl. Ortsteil Lärchensiedlung). Westlich von Holzleiten endet das Mieminger Plateau in einem Steilabfall, den die Straße in geschwungenen Serpentinaen überwindet (Holzleitensattel). Seit 1981 ist der westliche Teil des Mieminger Plateaus Landschaftsschutzgebiet.

## Monitoringsystem

Eine wichtige Maßnahme zur Gewährleistung der Sicherheit im Orts- teil Ried nach dem Felssturz am 10. Juli 1999 war die Konzeption, Einrichtung und Betreuung eines Beobachtungs- und Messsystems (Monitoringsystems). Die Installation des Monitoringsystems sollte

- zu jedem Zeitpunkt eine aktuelle Einschätzung der Gefahrensituation ermöglichen,
- die Ausarbeitung potentieller Felssturz- und Rutschungsszenarien unterstützen, die ihrerseits die Basis für die Erstellung von Evakuierungsplänen und die Planung von Schutzmaßnahmen bilden,
- zur Erfüllung der gesetzlichen Auflagen für die Sicherung der Dammbaustelle beitragen (SCHEIKL et al. 2000 a).

Das Monitoringsystem umfasst (SCHEIKL et al. 2000 a):

*Messgeräte zur kontinuierlichen Beobachtung*

- Extensometer,
- Klinometer,

- Geophone über und unter Grund zur Messung von Erschütterungen,
- Temperatur- und Niederschlagsmessgeräte,
- ein fest installiertes und ein steuerbares Videosystem,
- Richtungsmikrophone zur Wahrnehmung von aufgrund der Wetterverhältnisse oder Tageszeit nicht sichtbaren Stürzen.

*Beobachtungen in definierten Intervallen*

- Vermessungen am Plateau oberhalb der Abbruchkante,
- thermographische Aufnahmen der Abbruchwand, um Temperaturanomalien aufgrund der Öffnung von Spalten festzustellen,
- hydrometrische und hydrochemische Beobachtung der Quellen und Grundwasservorkommen an den Minenportalen,
- Kartierung der Klüfte sowie der Neigungen der Hangbereiche, dazu auch Kontrollflüge,
- terrestrisches Laserscanning zur Messung von Deformationen in der unzugänglichen Abbruchnische.

*Untersuchungen in langen Beobachtungsintervallen*

- strukturgeologische und geotechnische Kartierungen,
- Freilegung der Felsoberfläche zur Beobachtung von Spalten in tektonischen Falten.

Bei der Analyse der Monitoring- ergebnisse konnten drei Einheiten identifiziert werden, die sich teilweise in unterschiedliche Richtungen bewegen: der westliche Dolomitblock, der östliche Dolomitblock und der hangende Schiefer, der Druck auf den Dolomit erzeugt (POISEL et al. 2002).

POISEL et al. (2002) definieren sieben Phasen unterschiedlicher Bewegungsraten (Fig. 1). Die maximale Bewegungsgeschwindigkeit wurde in der Phase 1 erreicht; in dieser Phase wurde auch eine intensive Felssturz- tätigkeit verzeichnet. Phase 2 begann zwar mit einer zweiten Felssturzserie, zeigte jedoch eine signifikante Abnahme der Bewegungsraten. Obwohl in der Phase 3 die Bewegungsgeschwindigkeit wieder zunahm, waren keine Felsstürze mehr zu verzeichnen. Da sich zu Beginn der Phase 3 alle drei Blöcke in die gleiche Richtung bewegten, muss von starkem, durch den hangenden Schiefer erzeugtem Druck ausgegangen werden. Die Tatsache, dass trotzdem keine Felsstürze auftraten, legt den Schluss nahe, dass diese nicht durch starke Versetzungen oder Änderungen in den Bewegungsraten ausgelöst werden, sondern durch Belastungs- änderungen aufgrund von Vorgängen im Untergrund. Dies ist eines der Hauptargumente für die Annahme, dass die Felsstürze am Eiblschrofen nicht nur natürliche Ursachen haben (POISEL et al. 2002). Derzeit ist die Felssturz- tätigkeit gering.

Die Ausstattung des Monitoring- programm, dessen Betrieb bis April 2000 ca. 2,18 Mio. Euro [kos- tete](#), war außergewöhnlich gut. Der finanzielle Rahmen und die lange Laufzeit des Programms ermöglichten die Entwicklung von neuen Messsystemen, z.B. des terrestrischen Laserscan- Systems (PAAR et al. 2000, SCHEIKL et al. 2000b), so-

**Fig. 1** Bewegungsphasen nach POISEL et al. (2002, S. 466, Tab. 1)

Phase	Zeitraum	Bewegungsgeschwindigkeit maximal [mm/d]	
			Zu-/Abnahme
0	vor dem 10. Juli 1999	0,3	
1	10. Juli – 18. August 1999	3,0	Zunahme
2	18. August – 28. Oktober 1999	0,6	Abnahme
3	28. Oktober 1999 – 1. Februar 2000	0,8	Zunahme
4	1. Februar – 20. Juni 2000	0,1	Abnahme
5	20. Juni – 6. Dezember 2000	0,3	Zunahme
6	6. Dezember 2000 – 15. Juni 2001	0,1	Abnahme
7	seit dem 15. Juni 2001	0,25	Zunahme



wie eine intensive interdisziplinäre Zusammenarbeit von Experten aus unterschiedlichen Fachbereichen.

Nach Abschluss der Dammbauten wurde das Beobachtungs- und

Messprogramm nach einer Evaluation auf den notwendigen Umfang reduziert. Derzeit sind nur noch einige wenige personalintensive Geräte in Betrieb, die kaum gewartet

werden müssen und deren Messergebnisse vollautomatisch an die jeweiligen Auswertestationen übermittelt werden (mündliche Mitteilung SCHEIKL).

## Muren

Unter Mure versteht man nach BUNZA (1992) ein Gemisch aus Wasser und Feststoffen (Boden, Gesteinsschutt aller Korngrößen, Holz), das sich in Gerinnen oder an Hängen schnell bis sehr schnell zu Tal bewegt.

Murgänge sind Ereignisse, die kurzzeitig ablaufen und örtlich begrenzt sind. Eine Mure erreicht den Vorfluter unmittelbar, oder sie entmischt sich im Bereich abnehmenden Gefälles, wobei sich die Feststoffe ganz oder teilweise in Umlagerungsstrecken, auf Murkegeln oder im Talboden ablagern.

Eine Voraussetzung für das Auftreten von Muren ist das Vorhandensein von mobilisierbarem Lockermaterial (wie z. B. am Schesa-

tobel) und genügend Wasser. Als prozessauslösende Faktoren kommen kurzzeitige Starkregenereignisse genauso in Frage wie Dauerregen, die beide durch Schneeschmelzprozesse verstärkt werden können. Daraus ergibt sich eine „kritische Wassermenge“, die durch Niederschlagsintensität und -dauer sowie die räumliche Verteilung des Niederschlags im Einzugsgebiet bestimmt wird. Entscheidend ist aber auch die hydrologische Vorgeschichte – der „Systemzustand“ – in einem Einzugsgebiet.

Die Auslösung einer Mure erfolgt dadurch, dass die Scherspannung die Scherfestigkeit des Materials überschreitet, z. B. durch eine Erhöhung des Porenwasserdrucks.

Unter geomorphologischen Aspekten sind Muren nach KERSCHNER (1997) Ereignisse, die im Gebirge zur Umlagerung von Lockermaterialmassen unterschiedlicher Entstehung wesentlich beitragen und dabei charakteristische Landformen schaffen. Nach AHNERT (1996) entsteht die Form einer Murbahn durch Wasseraustritt an den Seiten der Mure, wo in der fließenden Masse die Reibung größer und die Geschwindigkeit geringer wird als in der Mitte. Das führt zur Bildung von Murschuttwällen (Levéés), während die rascher fortschreitende Bewegung längs der Achse eine Murrinne entstehen lässt.

An einer Engstelle im Gerinne kann eine Mure aufgestaut werden, es bildet sich eine so genannte Verklausung, die von den angestauten Massen schlagartig durchbrochen werden kann. Das aufgestaute Material ergießt sich dann schwallartig als Murstoß in den unterhalb der Verklausungsstelle liegenden Teil des Gerinnes.

Die aus der Überlagerung einzelner Murablagerungen entstehenden Murkegel sind deutlich flacher als von gravitativen Prozessen gebildete Sturzkegel, jedoch steiler als rein fluviale Schwemmkegel.

Murbahn mit charakteristischer Morphologie (Foto: GEIST 2002)



## Schutzmaßnahmen

Strategien zur Verminderung des durch Naturgefahren induzierten Risikos basieren auf der Umsetzung von technischen, planerischen und organisatorisch-logistischen Maßnahmen (HOLLENSTEIN 1997). Schutzmaßnahmen können aktiver oder passiver, temporärer oder permanenter Art sein.

Aktive Maßnahmen sind Eingriffe in den gefährlichen Prozess oder das Wertobjekt, um das Risiko zu reduzieren und/oder Schaden zu verhindern (KIENHOLZ et al. 1998). Zu dieser Kategorie gehören tech-

nische Maßnahmen. Passive Maßnahmen hingegen führen zu einer Reduktion des Risikos, ohne den Ablauf des Prozessereignisses zu beeinflussen (KIENHOLZ et al. 1998). Hierzu zählen raumplanerische und organisatorische Maßnahmen.

Technische Maßnahmen werden bei standortgebundenen Flächennutzungen wirksam. Sie sind folgendermaßen zu unterscheiden:

- Bauwerke mit Wirkung auf den Prozess beeinflussen die Entstehung oder die Wirkung des

Ereignisses (z. B. Lawinenanrissverbauung),

- Bauwerke mit Wirkung am Wertobjekt erhöhen die Widerstandsfähigkeit gegenüber gefährlichen Prozessen (z. B. Spaltkeile).

Raumplanerische Maßnahmen basieren auf der räumlichen Trennung von Prozess und Objekt, indem sie die Nutzung gesetzlich beschränken (z. B. Nutzungsaufgaben in Verbindung mit Gefahrenzonenplänen).

Organisatorisch/logistische Maßnahmen werden zumeist nur umgesetzt, wenn Risiken gegeben oder Schäden aufgetreten sind. Vor dem Eintreten des Ereignisses zielen präventive Maßnahmen wie Vorwarnung, Evakuierung, Verhaltensanweisungen oder temporärer Objektschutz auf die Reduktion oder Vermeidung des potentiellen Schadens ab. Reaktive Maßnahmen sollen die Schäden während und nach dem Ereignis durch Krisenmanagement und Wiederaufbau von zerstörter Infrastruktur begrenzen und beheben.

## Sturzprozesse

*Steinschlag* ist das „Fallen, Springen und Rollen von isolierten Steinen ( $\varnothing < 50$  cm) und Blöcken ( $\varnothing > 50$  cm)“ (KIENHOLZ et al. 1998, S. 37).

Unter dem Begriff *Felssturz* versteht man den „Sturz einer Felsmasse, die während des Sturzes bzw. beim Aufprall in Blöcke und

Steine fraktioniert wird, wobei die Interaktionen zwischen den Komponenten keinen maßgebenden Einfluss auf die Dynamik des Prozesses haben“ (KIENHOLZ et al. 1998, S. 37).

Als *Bergsturz* wird hingegen der „Absturz sehr großer, im ursprüngli-

chen Felsverband mehr oder weniger kohärenter Felsmassen unter Erreichung hoher Geschwindigkeiten“ bezeichnet, „wobei der Transportmechanismus durch eine starke Wechselwirkung zwischen den Komponenten (‘Sturzstrom’) gekennzeichnet ist“ (KIENHOLZ et al. 1998, S. 37).

„*Tomahügel* sind überwiegend aus Bergsturzmaterial bestehende kegel-, pyramiden- oder dachförmige Aufragungen mit mehr oder weniger glattflächigen Böschungen konstanten Gefälles“ (ABELE 1962, S. 125). Eine weiterführende Erläuterung der Lokalbezeichnung (Toma, Tuma bei Ems und Chur, Schweiz) findet sich in BRUNNER (1962, S. 67). Das Wort soll vom lateinischen „*tumulus*“ (= Grab, Grabhügel) abstammen.

## Literatur zu Naturgefahrenprozessen

- ABELE, G. (1962): Von Eis geformte Bergsturzlandschaften. Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl.-Bd. **8**: 119–147.
- ABELE, G. (1991): Der Fernpassbergsturz – Eine differentielle Felsgleitung. Jahresbericht 1989–1990 der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, Zweigverein Innsbruck: 22–32.
- ABELE, G. (1994): Large Rockslides: Their causes and movement on internal sliding planes. Mountain Research and Development, **14**: 315–320.
- ABELE, G. (1997): Rockslide movement supported by the mobilization of groundwater-saturated valley floor sediments. Zeitschrift für Geomorphologie, N.F., **41**: 1–20.
- AHNERT, F. (1996): Einführung in die Geomorphologie. Stuttgart.
- AULITZKY, H. (1986): Über den Einfluß naturräumlicher Gegebenheiten auf Erosion und Wildbachtätigkeit in Österreich. Mitt. Österr. Geol. Ges., **79**: 45–62.
- AULITZKY, H., HEUBERGER, H., & G. PATZELT (1994): Mountain Hazard Geomorphology of Tyrol and Vorarlberg, Austria. Mountain Research and Development, **14** (4): 273–305.
- BADER, S., & P. KUNZ (1998): Klimarisiken – Herausforderung für die Schweiz. Zürich. = Wissenschaftlicher Schlussbericht NFP 31.
- BANSE, G., & G. BECHMANN (1998): Interdisziplinäre Risikoforschung. Opladen.
- BÄTZING, W. (1993): Der sozioökonomische Strukturwandel des Alpenraumes im 20. Jahrhundert. Eine Analyse von „Entwicklungstypen“ auf Gemeindeebene im Kontext der europäischen Tertiarisierung. Bern. = Geographica Bernensia, **26**.
- BAYER, H., GSELL, A., HAMMER, H., SAUERMOSE, S., & M. SCHEIBER (2000): Planning of Mitigation Measures regarding the Aggravated Risk imposed by Rockfall. Felsbau, **18** (1): 30–35.
- BECHT, M. (1989): Neue Erkenntnisse zur Entstehung pleistozäner Talverfüllungen. Eiszeitalter und Gegenwart, **39**.
- BRUNNER, H. (1962): Die Churer Toma. Chur: 67–75. = Bündner Jahrbuch 1962.
- BUNZA, G. (1992): Instabile Hangflanken und ihre Bedeutung für die Wildbachkunde. Forschungsberichte des Deutschen Alpenvereins, **5**.
- ERISMANN, T., & G. ABELE (2001): Dynamics of Rockslides and Rockfalls. Berlin.
- FALCH, F., & A. FALCH (2000): Lawinenschutzdamm und Alpinarium Galtür. Galtür und Landeck. = Information für den Fachbeirat.
- FLURI, F. (1998): Naturchronik von Tirol. Innsbruck.
- FUCHS, S., KEILER, M., & A. ZISCHG (2001): Risikoanalyse Oberes Suldtal (Vinschgau). Methoden und Konzepte zur Erstellung eines Gefahrenhinweis-Informationssystems. Innsbrucker Geographische Schriften, **31**.
- GABL, K. (2000): Der Schnee im Februar 1999 im Westen Österreichs aus meteorologischer und klimatologischer Sicht. Wildbach- und Lawinenverbau, **141**: 69–79.
- HAEBERLI, W., KÄÄB, A., HOELZLE, M., BÖSCH, H., FUNK, M., VON DER MÜHLL, D., & F. KELLER (1998): Eisschwund und Naturkatastrophen im Hochgebirge. Zürich. = Schlussbericht NFP 31.
- HEINIMANN, H., HOLLENSTEIN, K., KIENHOLZ, H., KRUMMENACHER, B., & P. MANI (1998): Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren. Bern. = Umwelt-Materialien, **85**.
- HEUMADER, J. (2000): Die Katastrophenlawinen von Galtür und Valzur am 23. und 24.2.1999 im Paznauntal/Tirol. Internationales Symposium Interpretavent, Klagenfurt. Band 1: 397–409.
- HOLLENSTEIN, K. (1997): Analyse, Bewertung und Management von Naturrisiken. Zürich.
- HUHN, N. (1999): Zur Siedlungsgeschichte von Galtür. In: Gemeinde Galtür [Hrsg.]: Galtür. Zwischen Romanen, Walsern und Tirolern. Innsbruck: 16–29.
- International Association of Hydrological Sciences, International Commission on Snow and Ice & UNESCO [Eds.] (1981): Avalanche atlas. Paris.
- KERSCHNER, H. (1999): Muren als geomorphologische Phänomene. Relief - Boden - Paläoklima, **14**: 77–95.
- KIENHOLZ, H., ZEILSTRA, P., & K. HOLLENSTEIN (1998): Begriffsdefinitionen zu den Themen Geomorphologie, Naturgefahren, Forstwesen, Sicherheit, Risiko. Bern [Arbeitspapier].
- MAISCH, M., WIPF, A., DENNELER, B., BATTAGLIA, J., & C. BENZ (1998): Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Gletscher und deren Vorfelder. Zürich. = Schlussbericht NFP 31.
- Münchener Rückversicherung (2000): topics – Jahresrückblick Naturkatastrophen 1999. München.
- PAAR, G., NAUSCHNEGG, B., & A. ULLRICH (2000): Laser Scanning monitoring – technical concepts, possibilities and limits. Workshop on Advanced Techniques for the Assessment of Natural Hazards in Mountain Areas (5.–7. 6. 2000), Iglis: 101.
- PATZELT, G. (1996): Exkursion A1 – Tirol: Ötztal – Inntal. Exkursionsführer. Gmunden.
- POISEL, R., ROTH, W., PREH, A., TENTSCHERT, E., & H. ANGERER (2002): The Eiblschrofen rock falls – interpretation of monitoring results of a complex rock structure. Proceedings of the 1st European conference on Landslides (24.–26. 6. 2002), Prague: 465–470.
- SCHEIKL, M., ANGERER, H., DÖLZLMÜLLER, J., POISEL, R., & G. POSCHER (2000 a): Multidisciplinary Monitoring Demonstrated in the Case Study of the Eiblschrofen Rockfall. Felsbau, **18** (1): 24–29.
- SCHEIKL, M., POSCHER, G., & H. GRAFINGER (2000 b): Application of the new Automatic Laser Remote Monitoring System (ALARM) for the continuous observation of the mass movement at the Eiblschrofen rockfall area, Tyrol, Austria. Workshop on Advanced Techniques for the Assessment of Natural Hazards in Mountain Areas (5.–7. 6. 2000), Iglis: 100.

SLF [Eidgenössisches Institut für  
Schnee- und Lawinenforschung]  
(2000): Der Lawinenwinter 1999.  
Ereignisanalyse. Davos.

STÖTTER, J., MEISSL, G., RINDERER, M.,  
KEILER, M., & S. FUCHS (2002): Galtür  
– Eine Gemeinde im Zeichen des

Lawineneignisses von 1999.  
Innsbrucker Geographische  
Schriften, **33** (2).

WANNER, H., GYALISTRAS, D., LUTERBACHER,  
J., RICKLI, R., SALVISBERG, E., & C.  
SCHMUTZ (2000): Klimawandel im

Schweizer Alpenraum. Zürich. =  
Final Report NRP 31.  
Wissenschaftlicher Beirat der Bundes-  
regierung „Globale Umweltverände-  
rungen“ [Hrsg.] (1999): Welt im  
Wandel – Strategien zur Bewälti-  
gung globaler Umweltrisiken. Berlin.