Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft in Bern

Band: 49 (1992)

Artikel: Naturgefahren in den Alpen : von der Bedrohung zum lästigen Hemmnis?

Autor: Kienholz, Hans

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-318566

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

HANS KIENHOLZ*

Naturgefahren in den Alpen – von der Bedrohung zum lästigen Hemmnis?

1. Naturgefahren in Gebirgsräumen

Die Bevölkerung der Alpenländer wurde 1987 durch eine Folge von verheerenden Unwettern mit Überschwemmungen und Murgängen aufgeschreckt. Damals interessierte sich eine breite Öffentlichkeit für Ursachen, Ereignisabläufe und vor allem für die Schadenwirkungen. Nur wenige Jahre später sind diese Ereignisse ausser in direkt betroffenen Kreisen kaum mehr ein Thema. Bei der nächsten Unwetterkatastrophe werden wieder viele davon überrascht sein, dass sich «so etwas ereignen kann». Das Menschengedenken ist kurz, wird in unserer reizüberfluteten und schnellebigen Zeit immer kürzer.

In der Tat werden jedoch Menschen und Güter weltweit immer wieder von zahlreichen Naturgefahren wie Erdbeben, Dürren, Heuschreckenplagen usw. bedroht. Neben diesen grossräumig wirksamen Gefahren besteht in Gebirgsräumen seit jeher eine Bedrohung durch Gefahren, die sich aus der vergleichsweise kleinräumigen Bewegung von Wasser-, Schnee-, Eis-, Erd- und Felsmassen an der Erdoberfläche ergeben.

In den folgenden Betrachtungen geht es vor allem um Prozesse, welche Menschen und Güter in Gebirgsräumen, in den Alpentälern direkt gefährden und die oft innerhalb sehr kurzer Zeit zu Todesopfern, Verletzten, Zerstörung von Sachwerten und zu ökologischen Schäden führen können. Solche Prozesse sind vor allem *Lawinen, Murgänge, Hochwasser, Überschwemmungen sowie Rutsch- und Sturzbewegungen von Erd- und Felsmassen.* In diesem Zusammenhang zu beachten sind auch tiefgründige Sackungs- und Kriechbewegungen, die zwar langsam (z.B. wenige cm/Jahr) ablaufen, jedoch im Laufe der Zeit erhebliche Schäden an Gebäuden und Infrastrukturanlagen verursachen können.

Besonders beleuchtet werden soll hier die Frage, wie sich der Mensch mit diesen gefährlichen Prozessen im Laufe der Zeit auseinandergesetzt hat, wie er sich heute damit auseinandersetzt und wie er sich künftig damit auseinandersetzen müsste.

* Vortrag gehalten im Rahmen des Vortragszyklus' «800 Jahre Umweltgeschichte im Kanton Bern, beleuchtet aus disziplinärer und interdisziplinärer Sicht», organisiert durch die Naturforschende Gesellschaft in Bern, Wintersemester 1990/91.

Adresse des Verfassers: PD Dr. HANS KIENHOLZ, Geographisches Institut der Universität Bern, Hallerstrasse 12, CH-3012 Bern

Wenn in jüngerer Zeit auch etwa auf eine Zunahme der Schäden durch Naturprozesse hingewiesen und dies durch Statistiken untermauert wird, so muss hier die Frage gestellt werden, wie weit solche Zunahmen auf eine Zunahme der gefährlichen Prozesse oder auf die Zunahme exponierter Menschenleben und Güter zurückzuführen sind.

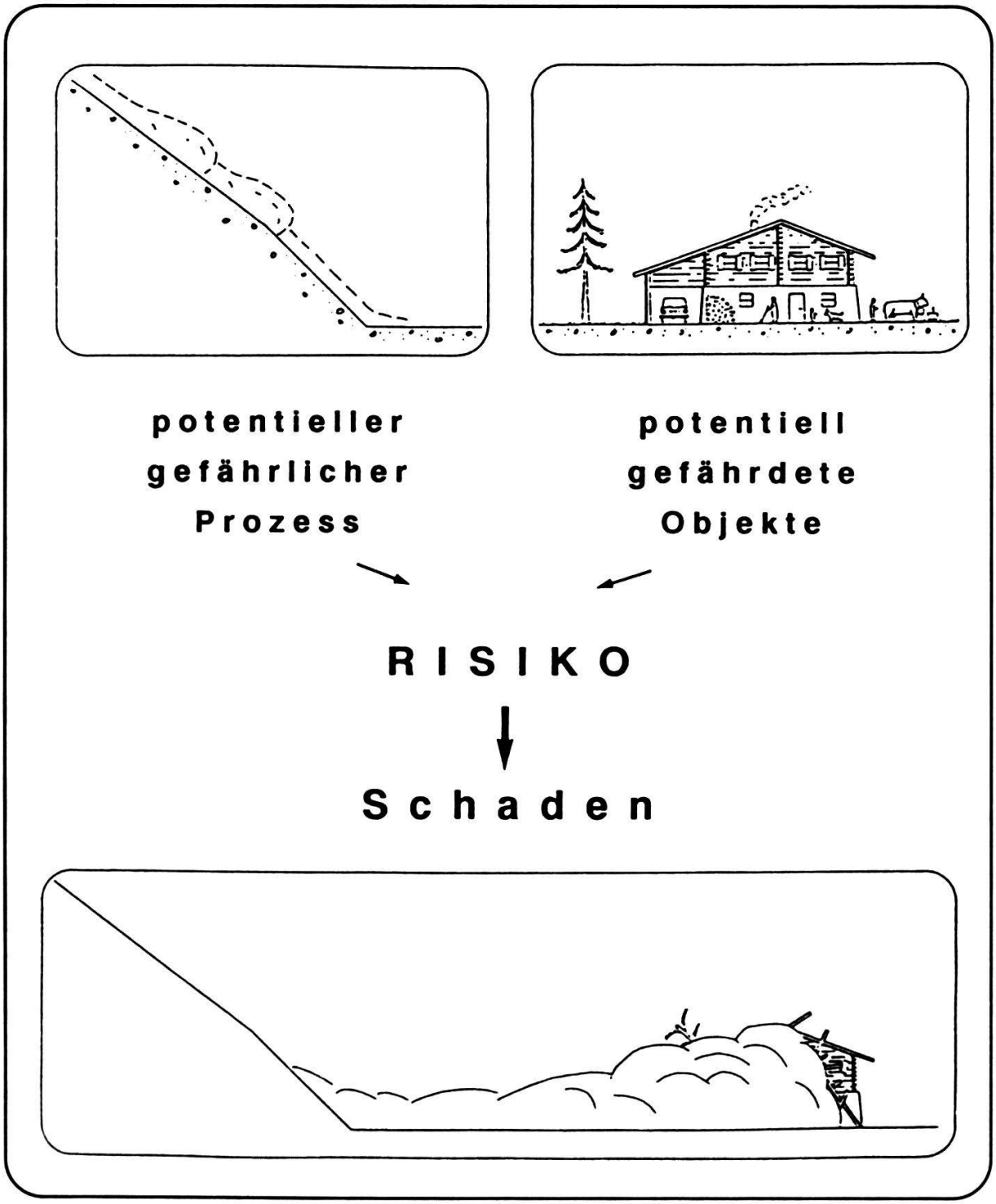

Abbildung 1: Gefahr, Risiko und Schaden, dargestellt am Beispiel eines von einer Lawine bedrohten Hauses

2. Gefahr und Risiko

Wie in *Abbildung 2* definiert und in *Abbildung 1* illustriert wird, ergeben sich Risiken aus dem möglichen Zusammentreffen eines gefährlichen Prozesses (z.B. Lawine) einerseits und gefährdeten Objekten (potentielle Verluste) in seinem Wirkungsbereich andererseits.

Ob ein gefährlicher Prozess im einzelnen Fall tatsächlich zu einem Schaden (an Menschen und/oder Gütern) führt, hängt somit davon ab, ob sich zum Zeitpunkt des ablaufenden gefährlichen Prozesses Menschen und/oder Güter in dessen Wirkungsbereich (z.B. in der Lawinenbahn) befinden. Die Lawine, die sich in einem gänzlich unbewohnten, ungenutzten und nicht begangenen Tal abspielt, richtet hier aus der Sicht des Menschen keinen Schaden an. Eine vergleichbare Lawine kann jedoch zu grossen Schäden (Todesopfern, Verletzten, Zerstörungen) führen, wenn das Tal bewohnt, genutzt und begangen ist.

Zur Beeinflussung von Naturrisiken durch den Menschen

Der Naturhaushalt ist praktisch nie im Gleichgewicht. So besteht seit Urzeiten an der Erdoberfläche ein immenser Vorrat an potentieller Gravitationsenergie, die laufend erneuert wird: Die endogenen Kräfte in der Lithosphäre und die exogenen Kräfte in der

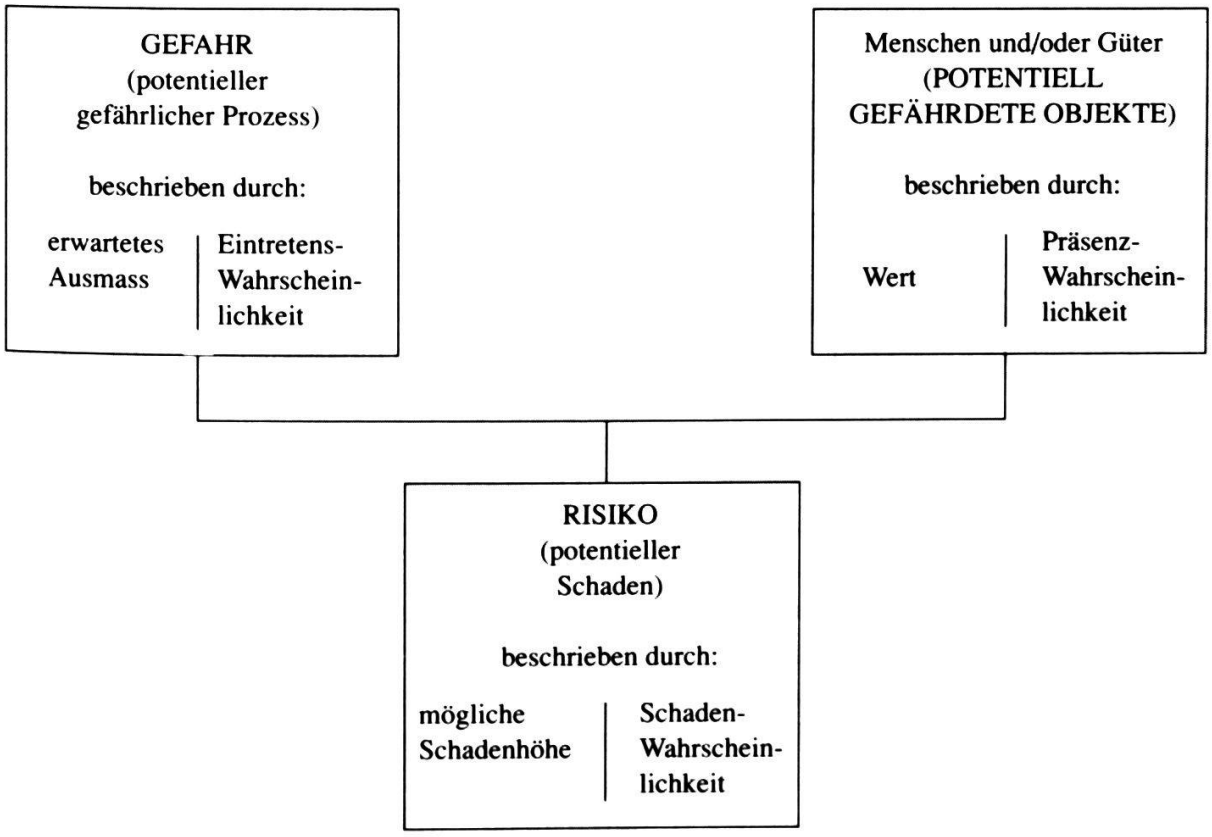

Abbildung 2: Risiko als Kombination von Gefahr und gefährdeten Objekten (bezogen auf eine bestimmte Gefahrenstelle bzw. ein bestimmtes Gefahrengebiet)

Hydrosphäre bauen ständig ein Energiegefälle auf (Gebirgsbildung, Eintiefung von Tälern). Sichtbarer Ausdruck dieser Vorgänge ist die Reliefenergie (Höhendifferenzen) der Gebirge, die letztlich die Grundvoraussetzung für die hier zur Diskussion stehenden gefährlichen Prozesse ist. In unseren Breiten tragen die Sedimente der letzten Grossvereisung wesentlich zum heutigen Gefahrenpotential bei. Durch die Gletscher der letzten Eiszeit wurden grosse Flächen, auch Hänge und Felspartien mit einer für die Vegetation wichtigen Schicht feiner Lockersedimente bedeckt. Solche Sedimente, in grosser Anhäufung oder in steilen Hängen stellen aber heute auch das wichtigste Material dar, das unter dem Einfluss der Schwerkraft, mit Hangrutschungen, Murgängen oder als Geschiebefracht der Wildbäche in die Täler verfrachtet wird.

So bauen sich in mehr oder weniger stetigen Prozessen über (sehr) lange Zeit (Tektonik, Gebirgsbildung, Verwitterung, Geschiebeansammlung in einem Wildbachgerinne) oder über eine relativ kurze Periode (Aufbau einer Schneedecke, Schneemetamorphose im Winterhalbjahr) Potentiale auf, bis schliesslich als unstetiger Vorgang eine Entladung eintritt. Solche Entladungen, bei welchen potentielle Gravitationsenergie in kinetische Energie überführt wird, bedeuten in vielen Fällen einen gefährlichen Prozess.

3. Beeinflussung von Naturrisiken durch den Menschen

Entsprechend der Risikodefinition in *Abbildung 2* kann der Mensch bewusst oder unbewusst und negativ oder positiv auf die eine oder andere der beiden Komponenten (Gefahr oder potentiell gefährdete Objekte) Einfluss nehmen.

Nach wie vor gibt es zahlreiche Vorgänge, auf die der Mensch kaum oder nur wenig Einfluss hat. Bergsturzereignisse, wie sie sich beispielsweise 1991 bei Randa im Mattertal ereignet haben, sind bezüglich Disposition und Ablauf auch heute als echt natürliche Ereignisse aufzufassen.

Auch kleinere gefährliche Prozesse unterliegen gänzlich einem natürlichen Regime, soweit sie sich in einer vom Menschen weitgehend unbeeinflussten «Umwelt» abspielen. Die Voraussetzungen, dass sie sich abspielen können (Disposition), ihre Auslösung und schliesslich der Ablauf sind natürlich. So lässt sich beispielsweise der natürlichen Gesetzmässigkeiten folgende Vorgang einer Schneebrettlawine wie folgt gliedern:

- Grundlegende Voraussetzungen *(Disposition)* sind u.a.:
  - genügend geneigter Hang,
  - Klimaregime, das den Aufbau einer saisonalen Schneedecke ermöglicht,
  - lokale Verhältnisse, die den Aufbau einer Schneedecke mit über grössere Flächen durchgehenden Schneeschichten ermöglichen.
- Die *Auslösung* erfolgt spontan, z.B. durch starke, windbegleitete Schneefälle, die durch zusätzliche Belastung die Spannung in der Schneedecke soweit anwachsen lassen, dass ein Bruch erfolgt.

- Der *Ablauf* der Schneebrettlawine, die Beschleunigung, die Bewegung, die inneren Verformungen, die Wirkungen auf Hindernisse sowie schliesslich die Verzögerung und die Ablagerung folgen physikalischen Gesetzmässigkeiten (Kinetik), die mit deterministischen oder empirischen Modellen in mehr oder weniger guter Annäherung beschrieben werden können.

In einer «vom Menschen beeinflussten Umwelt», die heute – wenn auch in unterschiedlichem Ausmass – der Normalfall ist, unterliegen gefährliche Prozesse einem ähnlichen Regime. Der Unterschied liegt darin, dass einzelne Faktoren, welche die Disposition, die Auslösung und den Ablauf des gefährlichen Prozesses bestimmen, vom Menschen unbewusst oder bewusst beeinflusst sind. Die Schneebrettlawine beispielsweise kann vom Menschen hinsichtlich Disposition, Auslösung und Ablauf des Prozesses teilweise gesteuert sein:

- Disposition:
  - Hier führt in den Alpen die in den vergangenen Jahrhunderten als Folge der menschlichen Nutzung entstandene Depression der oberen Waldgrenze dazu, dass der Aufbau einer Schneedecke mit über grössere Flächen durchgehenden Schneeschichten an Stellen möglich wird, wie dies von Natur aus dank der ursprünglichen dichten Bestockung nicht der Fall wäre.
  - Andererseits kann der Mensch beispielsweise mit Kolktafeln und anderen Massnahmen das Windfeld so beeinflussen, dass im fraglichen Hangbereich der Aufbau einer mächtigen labilen Schneedecke mit ungünstiger Schichtung eingeschränkt wird.
- Auslösung:
  - Durch Anlage einer Stützverbauung kann der Mensch den Abgang eines Schneebrettes verhindern.
  - Die Lawine kann zu einem frei gewählten Zeitpunkt künstlich ausgelöst werden.
- Ablauf:
  - Mit Hilfe von Bremsverbauungen, Auffangdämmen, Leitdämmen wird versucht, die Lawine abzubremsen, zu stoppen oder umzulenken.
  - Häuser und andere vom Menschen in die Lawinenbahn gestellte Objekte wirken als Hindernis und beeinflussen die Bewegung der auftreffenden Lawine.

Durch menschliche Aktivitäten können somit in vielen Fällen die Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Prozesses sowie einzelne Faktoren im Ablauf des Prozesses positiv oder negativ verändert werden. Die gefährlichen Prozesse selbst laufen gleich wie die gefährlichen Prozesse im «natürlichen System» nach den gegebenen physikalischen Gesetzmässigkeiten ab. Korrekterweise wären solche Vorgänge als *quasinatürliche Prozesse* zu bezeichnen.

Weil die Zusammenhänge zwischen menschlicher Einwirkung und natürlichem Prozess oft nicht, mindestens nicht im Detail bekannt sind, ist die begriffliche Abgrenzung von echt natürlichen Prozessen und quasinatürlichen Prozessen unscharf. Das muss nicht stören: Wichtig ist, dass man sich bei allen Erörterungen beide Möglichkeiten

vergegenwärtigt. Im folgenden wird deshalb bei Verwendung des Begriffes «Naturgefahren» unterstellt, dass es in den meisten Fällen und im strengen Sinne um quasinatürliche Prozesse geht.

Der Mensch kann also mit seinen Aktivitäten gefährliche Naturprozesse auslösen, verstärken und beschleunigen. Andererseits kann er mit geeigneten Massnahmen solche Prozesse reduzieren, bremsen und in einzelnen Fällen verhindern. Solche Massnahmen, eine Stützverbauung gegen das Anbrechen von Lawinen, Konsolidierungssperren in einem Wildbachgerinne, Aufforstungen zur Verbesserung des Wasserrückhaltevermögens usw. werden als *aktive Massnahmen* bezeichnet.

Weil das Risiko gegenüber Naturgefahren von zwei Komponenten, dem gefährlichen Prozess *und* den potentiell gefährdeten Objekten (potentielle Verluste) bestimmt wird, hat der Mensch im Hinblick auf die Begrenzung der Risiken nicht nur (bewusste oder unbewusste) Einflussmöglichkeiten auf die gefährlichen Prozesse: Durch geeignetes Verhalten können die potentiellen Verluste erheblich reduziert werden:

- Ein Haus, das ausserhalb des Lawinenstrichs erstellt wird, kann von der Lawine nicht zerstört werden.
- Es wird kein Auto von einer Lawine erfasst, wenn
  - die Strasse nicht durch den Lawinenstrich angelegt ist oder
  - sie an der betreffenden Stelle durch einen Tunnel oder eine Galerie geschützt ist oder
  - bei Lawinengefahr die Strasse gesperrt wird, oder
    der Autofahrer selber vernünftig genug ist, die Strasse nicht zu befahren.

Derart richtiges Verhalten des Menschen gegenüber der Gefahr wird unter dem Begriff *«passive Massnahmen»* subsumiert. Im Gegensatz zur Beeinflussung der Gefahr bzw. des gefährlichen Prozesses selbst («aktive Massnahmen»), geht es hier um die Reduktion der potentiell gefährdeten Werte. «Passive Massnahmen» bestehen somit im weitesten Sinne aus einem Ausweichen vor der Gefahr. Es versteht sich von selbst, dass derartige «passive Massnahmen» nicht etwa passives Verhalten bedeuten, sondern sogar sehr aktives Denken und sinnvolles Handeln voraussetzen.

4. Mensch und Naturgefahren – ein Rückblick mit Beispielen aus den Schweizer Alpen

Gefahrenquellen und Gefahrensituationen müssen von ihren örtlichen Gegebenheiten her und in ihrer zeitlichen Entwicklung als lokal und individuell angesehen werden. Und auch das Verhalten des Menschen im Zusammenspiel mit den Naturkräften ist örtlich und zeitlich verschieden.

Trotzdem lassen sich in starker Vereinfachung gewisse Gesetzmässigkeiten im gesamten Ablauf von gefährlichen Naturprozessen, im Verhalten des Menschen und im

Wechselspiel von beiden ableiten. Im Einzelfall sind jedoch vertiefte Untersuchungen notwendig.

Im folgenden soll der Versuch gemacht werden, drei verschiedene Entwicklungsphasen im Zusammenspiel von gefährlichen Naturprozessen und menschlicher Aktivität zu definieren und an Beispielen zu illustrieren.
Die drei Entwicklungsphasen sind:

- Phase der individuellen Anpassung
- Phase der expandierenden Landnutzung und der zunehmenden Institutionalisierung von Schutzmassnahmen
- Phase des Kampfes um den letzten Quadratmeter Boden und der Verfeinerung von Massnahmenkonzepten.

Diese Entwicklungsphasen lassen sich zeitlich nicht allgemeingültig und absolut festlegen. Das Durchlaufen der einzelnen Phasen erfolgt von Region zu Region, von Ort zu Ort verschieden und oft zeitlich gestaffelt. Möglich ist auch eine Wiederholung einzelner Sequenzen, und schliesslich ist eine gegenseitige Überlagerung verschiedener Phasen in Betracht zu ziehen.

Deshalb können im folgenden die einzelnen Phasen nicht an einem Beispiel durchgehend und sequentiell gezeigt werden.

4.1 Die Phase der individuellen Anpassung

In einer solchen Phase passt sich der Mensch individuell, im Rahmen der Familie, der Gemeinde oder einer ähnlichen überschaubaren Interessengemeinschaft an die Umwelt und damit unter anderem an die Gefahrensituation an. Entscheide im Verhalten gegenüber den Naturgefahren fallen in dieser Phase jedenfalls auf einer unteren politischen Entscheidungsebene. Die Massnahmen gegen die Risiken erfolgen daher individuell und der jeweiligen speziellen Situation angepasst.

Der einzelne Mensch oder die kleine Gemeinschaft lernt dabei, mit zunehmender Erfahrung die Risiken zu vermindern. Die entsprechenden Massnahmen dürften dabei recht oft rein intuitiv, instinktiv und geprägt durch ein naturnahes (Er-)Leben bestimmt sein. Das Individuum, die kleine Gemeinschaft dürfte dabei selten in der Lage sein, die Kausalketten für die gefährlichen Prozesse, für die Risiken und für Katastrophen «wissenschaftlich» zu ergründen. Dies ist in der Regel aber gerade nicht notwendig, weil durch das naturnahe Leben häufig eine instinktive Anpassung in kleinen Schritten und das Ausweichen vor der Gefahr (passive Massnahme) möglich ist.

Wann und wo ist nun diese Phase in Berggebieten der Schweiz und im übrigen Alpenraum zu finden?

Fliri (1977: 42) weist darauf hin, dass eine volle Anpassung an die Natur wohl nur der wandernde eiszeitliche Jäger hatte, dass aber auch er Naturkatastrophen ausgesetzt war, wobei damals das Verlustpotential fast ausschliesslich aus Menschenleben bestand, da es nur geringe Sachwerte gab.

FLIRI führt weiter aus, dass bereits bei den ersten bäuerlichen Siedlungen die Wechselwirkung Mensch – natürliche Umwelt einschneidend verändert wird. Dies erfolgt zwangsläufig, weil die Landwirtschaft von den Produktionsfaktoren Boden, Arbeit und Kapital abhängig ist. Billigster Faktor für die betrachtete Phase dürfte jeweils vorerst der Boden sein. Dessen Inwertsetzung leitet aber zwangsläufig eine bedeutende Wechselbeziehung Mensch–Natur ein.

Bei einer ersten bäuerlichen Besiedlung dürfte der Bedarf an Boden in der Regel verhältnismässig so gering sein, dass gefährdete Standorte gemieden werden können. Dies gilt besonders für die Anlage der Siedlungen selbst.

Ein gutes Beispiel für solche Anpassungen ist die Standortwahl der Emmentaler Bauernhöfe auf den «Eggen», den in der Regel kleinen Verflachungen auf den sonst eher steilen Hangrippen zwischen den Gräben des von Bächen und Runsen geprägten Reliefs. Diese Verflachungen boten bei der ersten Besiedlung neben Talterrassen den besten Schutz vor den Überschwemmungen im Talboden, vor der Gefährdung durch Rutschungen und Murgänge («Erdlauenen») in den steilen Hängen. Auch wenn sich die Feld- und Waldverteilung primär nach den wirtschaftlichen Bedürfnissen (Äcker möglichst in der Nähe des Hofes) zu richten hatte, wurde, sicher nicht ohne gelegentliche Belehrung durch schlechte Erfahrungen, darauf geachtet, die steileren rutsch- und erosionsgefährdeten Hänge bewaldet zu lassen. Und, wohl auch wieder durch Erfahrung («Trial and Error»), kamen die Bauern, gleichzeitig Waldbesitzer, zu einer schonenden Plenterung ihrer Wälder, weil dies den nachhaltigsten wirtschaftlichen Nutzen und sekundär den dauerndsten Schutz gegen Rutschungen versprach (vgl. dazu HÄUSLER 1958: I/216 ff.).

Auch im inneralpinen Bereich gibt es zahlreiche Beispiele von Einzelhöfen, Weilern und Dörfern, die deutlich zeigen, dass hier versucht wurde, optimal sichere Standorte in bezug auf Naturgefahren zu wählen.

So weist JAECKLI (1980: 96 f.) auf die sorgfältige Landnahme im Hinterrheingebiet hin: «Einheimische und Zuwanderer, Romanen und Valser passten sich den geologischen Verhältnissen an: Sie mieden Gebiete erhöhter geologischer Aktivität; mit ihren Siedlungen, ihren Höfen und Dörfern und Verbindungswegen wichen sie den Lawinenzügen und den Wildbachtobeln, aber ebensosehr den immer wieder überfluteten Talsohlen aus und bevorzugten Gebiete geologischer Ruhe, nämlich sichere, trockene Terrassen oberhalb der tiefsten Talsohlen oder solide Felsschultern abseits der Wildbäche.»

Und NIGG (1948:27 ff.) zeigt, dass bei der Besiedlung des Schanfiggs (zwischen Arosa und Chur) die Wahl nicht nur wegen der Klimagunst, sondern auch wegen der relativen Sicherheit vor Rutschungen auf die südexponierten hochgelegenen Terrassen fiel.

In gewissen Bergtälern ist die Siedlungsanlage infolge verschiedener Naturgefahren sehr erschwert. So finden sich für die Ortschaft Gadmen an der Sustenstrasse nur wenige Standorte, die vor Lawinen, Steinschlag und Hochwasser relativ sicher sind. Dem wurde bei der früheren Besiedlung durch die sorgfältige Standortwahl Rechnung getragen. Wie die eigenartig anmutende, in einem Bogen angelegte Häuserzeile zeigt (vgl. *Abb. 3*), wurde offensichtlich der östliche untere Rand des riesigen Lawinen- und Wildbachkegels als relativ sicherer Standort erkannt (Bildmitte rechts): Hier befindet man sich im äusseren Auslaufgebiet der Lawinen oder allfälliger Wildbachablagerungen, mit verhält-

nismässig geringer und seltener Schadenwirkung. Andererseits liegt man etwas erhöht gegenüber dem überschwemmungsgefährdeten und vom Gegenhang (unten im Bild) her lawinengefährdeten Talboden.

Die Siedlungsanlage am Rande von Schwemmkegeln kann geradezu als klassisch für alpine Täler, aber auch für Täler in anderen Gebirgen (vgl. *Abb. 4*) angesehen werden: Ohne Regulierung, oft aber auch trotz Regulierungen der Haupttalgewässer werden Talböden naturgemäss mehr oder weniger häufig überflutet und fallen daher als Siedlungsstandorte ausser Betracht. Die Talflanken sind oft rutsch- und steinschlaggefährdet und im Hochgebirge auch lawinengefährdet. Talboden und Talflanken müssen also gemieden werden. In Frage kommen deshalb nur noch Erhöhungen über dem Talboden,

Abbildung 3: Gadmen an der Sustenstrasse (Berner Oberland) (Luftbild: Geogr. Inst. d. Univ. Bern, 1979)

welche vom Hang abgesetzt sind. Solche Möglichkeiten bieten alte Flussterrassen und Schwemmkegel von Seitenbächen. Geeignete, vom Hang genügend abgesetzte Flussterrassen fehlen oft, so dass die einzige Möglichkeit für die Siedlungsanlage im Bereich von Schwemmkegeln der Seitenbäche liegt. Diese Schwemmkegel wurden nicht selten zur Hauptsache in der Vorzeit geschüttet, zum Teil kurz nach dem Abschmelzen der Gletscher der letzten Grossvereisung, wo infolge Druckentlastung, grösserer Frostwechselhäufigkeit und spärlicher Vegetation eine gegenüber heute viel stärkere Verwitterung und ein entsprechend grösserer Abtrag stattfand. Solche relikte Schwemmkegel sind oft (nicht immer) dadurch gekennzeichnet, dass der heutige Bach in den alten Schuttmassen relativ tief eingeschnitten ist (vgl. *Abb. 4*).

Daneben existieren aber zahlreiche auch heute – regelmässig oder selten – aktive Schwemm- und Schuttkegel. Hier kann also jederzeit der Wildbach mit seinen Wasser-, Geschiebe- oder gar Murmassen auf irgend einem Teil des Kegels wirksam werden. Dasselbe gilt oft auch für die Schneelawinen. Nun ist es aber doch in der Regel so, dass in den seitlichen Randzonen die Gefährdung relativ geringer ist, weil erstens die gefahrenbringenden Ereignisse diese Stellen seltener erreichen und zweitens, falls sie doch einmal bis dorthin gelangen, in ihrer Wirkung (Materialmenge, Mächtigkeit, Geschwindigkeit) schon stark reduziert sind. Diese Erkenntnis oder Erfahrung zeigt sich in vielen Beispielen älterer Siedlungen, wie im bereits erwähnten Beispiel von Gadmen.

Abbildung 4: Schwemmkegel im Kaukasus (Terektal NW des Kreuzpasses, Georgien)

Solche Beispiele alter Siedlungen zeigen, dass man in der Phase der «individuellen Anpassung» die oben aufgeführten Gesetzesmässigkeiten erkannt bzw. erfahren hat und dass man sich in der Folge eben angepasst hat. Das geschah alles aufgrund von Entscheidungen auf unterster politischer Ebene, als Individuum, als Familie oder im Rahmen der dörflichen Kleinsiedlung. Die Entscheidung dürfte in der Regel autonom und ohne Einfluss von aussen gefällt worden sein.

4.2 Phase der expandierenden Landnutzung und der zunehmenden Institutionalisierung von Schutzmassnahmen

Angesichts der über Jahrhunderte vorherrschenden vollen Abhängigkeit der Menschen von der eigenen Primärproduktion, vorab von der Landwirtschaft, musste die Bevölkerungszunahme zu einer Bodenverknappung führen. Dies wirkt sich in zweierlei Hinsicht aus:

- Erstens ergab sich in Gebieten mit wenig sicheren Siedlungsstandorten ein Zwang zur Besiedlung von Stellen grösserer Gefährdung durch Naturprozesse. Entsprechend den *Abbildungen 1* und *2* bedeutet dies eine Zunahme der potentiell gefährdeten Objekte.
- Zweitens führte der Bevölkerungsdruck auch zu einer Expansion der land- und alpwirtschaftlichen Nutzung (oft auf Kosten der Wälder) in weniger geeignete Gebiete und in Gebiete, von welchen aus schädliche Naturprozesse ihren Anfang nehmen konnten. Im gleichen Zusammenhang steht eine zunehmende und oft nachteilige Ausbeutung der Wälder. Häufig haben diese Entwicklungen eine stärkere Disposition für gefährliche Prozesse zur Folge.

Im Emmental beispielsweise setzte der grosse Bevölkerungsdruck vor allem im 16. Jahrhundert, nach der Reformation und der Unterdrückung der Reisläuferei ein (HÄUSLER 1968: 213), nachdem die Bevölkerung vorher, seit dem 13. Jahrhundert (Pest, Kriege) eher abgenommen hatte. Der Bevölkerungsdruck führte hier vor allem zur Siedlungs- und Nutzungsexpansion in höher gelegene Zonen und in die überschwemmungsgefährdeten Talböden. HÄUSLER (1958: 201ff.) beschreibt: «Das Signauer Urbar von 1597 vermerkt bei vielen Höfen, dass seit 1547 neue Matten entstanden seien, und unterstellt sie der Zehntpflicht. In diesen 50 Jahren vermehrte sich im Gericht zu Signau die Zahl der Häuser von 202 auf 337. Der Ackerbau rückte bis ins 18. Jahrhundert stets weiter in die höheren Lagen hinauf und verwies die extensive Weidewirtschaft immer mehr auf die oberste Region des Hügellandes. Laufend verwandelten sich Alphütten in dauernd bewohnte Bauernhöfe. Die neuen Höfe behielten meist den Namen des ursprünglichen Einzelhofes bei, legten sich aber Kennzeichnungen über die Lage, ursprüngliche Nutzung oder bei Rodungen das Wort Schwand oder Schwendi bei, so dass sich die Siedlungsgeschichte aus den Hofnamen ablesen lässt.»

Schon zu Ende des 16. Jahrhunderts machten sich die Folgen der zu starken Entwaldung bemerkbar. Das beweist der Ausspruch eines Landmannes vom Kurzenberg aus dem Jahre 1599: «Es syenndt die waldwasser jetziger zyt nit in iren alten rünsen

zeerhalten, wie vor dryssig oder viertzig jaren, uss ursachen, das die weld und hölzer dermassen uffgethan und ussgrüttet, das das wasser mit yll zu allen orten in solchen greben und bäch zusammen fliesse, welches sich aber ein zyt lang in den thannen und studen gesumpt etc.»

Es wurden also schon damals die üblen Begleiterscheinungen der Waldzerstörung, nämlich das raschere Anschwellen der Bäche, die grössere Erosionstätigkeit der Gewässer und die Entstehung von oberflächlichen und tiefgründigen Rutschungen beobachtet. Daraus ergibt sich, dass die Entwaldung das erträgliche Mass bereits überschritten hatte, was den Schluss erlaubt, dass schon im 16. Jahrhundert auch in abgelegenen Gebieten des Emmentals eine eigentliche Rodungsreserve nicht mehr bestand. Oft hat allerdings nicht nur der direkte Bevölkerungsdruck, sondern auch reines wirtschaftliches Interesse, also der Holzhandel zur Schädigung der Wälder geführt (HÄUSLER 1958: 217).

Die erdrückende Landnot bewirkte aber auch, dass die Siedlungen im Emmental in die bisher gemiedenen Talsohlen der Hauptflüsse, die «Schachen», eindrangen. Erste Kunde über Siedlungen in den Schachen stammen von 1432 aus dem Gohlgraben und seit Beginn des 16. Jahrhunderts aus den Haupttälern (vgl. HÄUSLER 1968: 219). Die mehr oder weniger planlose Rodung der Schachengehölze beraubte die Flussufer des natürlichen Schutzes und öffnete damit den Verheerungen der Flüsse Tür und Tor.

Ähnlich verlief zu jener Zeit auch die Entwicklung im inneralpinen Bereich. Am oberen Ende des Brienzersees (Berner Oberland) fallen heute die gewaltigen Schwemm- und Schuttkegel des Schwander- und Lammbaches sowie des Glissibaches auf. Die Überlieferung berichtet zum erstenmal von einer Katastrophe im Jahre 1499, welche zur Vernichtung des Dorfes Kienholz führte (NIKLAUS 1968: 28). 1529, 1535 und 1542 ersuchten die Landleute von Brienz bei der Obrigkeit angesichts der Wildbachprobleme um Steuerherabsetzung (DASEN 1951: 16). Auch wenn diese Wildbäche aus alten Sakkungsmassen in Hauterivien-Kieselkalk und Valangien-Mergeln prädisponiert sind, ist anzunehmen, dass die Häufung der Katastrophen seit dem 16. Jahrhundert auf die starke und ungeordnete Rodungstätigkeit in den weniger steilen Lagen von 1500–1800 m ü.M. zurückzuführen ist. Angesichts des Bevölkerungsdruckes diente die Rodung vor allem der Gewinnung von Alpweiden.

BUNDI (1982:91) weist unter teilweiser Zitierung von HAGER (1916: 253) auf die ausgedehnten Waldrodungen im Vorderrheintal (Graubünden) hin: «Die Holzgenossenschaften ... beanspruchten die restlichen Waldbestände über Gebühr für Brenn- und Bauholz sowie für Weidezwecke. Diese Arbeit leisteten z.B. die Einwohner der Hofgenossenschaft von Tschamutt so radikal, dass ungefähr um 1700 das ganze grosse Alpgebiet von der Oberalp bis an die Tessiner Grenze im Süden (Val Maighels) total entwaldet wurde.» In diesem Gebiet bestehen heute ausgedehnte Lawinenverbauungen zum Schutze der Siedlungen und der Verkehrswege.

Nach FRUTIGER (1972: 57) kann die Dezimierung des Waldes in Walsergegenden besonders gut nachgewiesen werden, und es dürfte kein Zufall sein, dass von Walsern besiedelte Gebiete häufig als berüchtigte Lawinentäler gelten.

Die expandierende Landnutzung führte somit vielerorts sowohl zu einer Zunahme von Häufigkeit und Intensität von gefährlichen Prozessen als auch, durch die Expansion der

Siedlungen und wertvollen Kulturflächen in stärker gefährdete Gebiete, zu einer Vergrösserung der potentiellen Verluste. Auf die daraus resultierende Zunahme der Risiken *(Abb. 1 und 2)* musste und muss in der Regel bald mit der Planung und Realisierung von Gegenmassnahmen reagiert werden.

Im Unterschied zu der weiter oben umschriebenen Phase der individuellen Anpassung, konnten die Massnahmen jetzt vielerorts nicht mehr individuell oder im Rahmen der Familie oder der einzelnen Siedlungsgemeinschaften gelöst werden: Erstens erlaubte die Bodenknappheit dem einzelnen oft kein Ausweichen mehr auf sichere Standorte. Zweitens wurde das Gefüge zwischen Ursachenkomplex der gefährlichen Prozesse und den Auswirkungen viel komplizierter. Schwierigkeiten entstanden oft auch aus der grossen räumlichen Distanz zwischen dem Entstehungsort des gefährlichen Prozesses und den Orten seiner schädlichen Auswirkung. Gerade letzteres hatte zur Folge, dass das Individuum oder die kleine Siedlungsgemeinschaft nicht mehr die Verfügungsgewalt über den ganzen räumlichen Entstehungs- und Wirkungsbereich des gefährlichen Prozesses hatte.

Im Laufe der Jahrhunderte wurden deshalb Gegenmassnahmen gegen Naturgefahren tendenziell immer mehr zur Aufgabe der höheren politischen und juristischen Entscheidungsebenen.

Dasen (1951: 17) beschreibt diese Entwicklung im Zusammenhang mit den bereits erwähnten Brienzer Wildbächen: «Abgesehen von der Bitte um Steuerreduktion versuchten hier offenbar die Alpkorporationen in eigener Regie das sorglose Schwenten und Abholzen unter Kontrolle zu bekommen. Weitsichtige Hofstetter planten 1599, die Bergwälder in Bann zu legen, was aber zu so grossem Widerstand führte, dass ein obrigkeitliches Schiedsgericht bestellt werden musste. Dieses Schiedsgericht entschied aber damals gegen die Bannlegung mit der Folge, dass im Laufe der Zeit die Waldungen immer mehr in Zerfall gerieten. Schliesslich, «im Wirtschaftsplan über die Waldungen der Gemeinde Hofstetten von 1868 wird die Holzraubwirtschaft wie auch der Weidgang im Bergwald getadelt und die Forstverwaltung von Hofstetten unter Staatsadministration gestellt mit beschränktem Weidgang und der Vorschrift anzupflanzen. Diese Massnahme begegnete aber heftigem Widerstand. Noch 1897 musste das Kreisforstamt gegen unerlaubtes Schwenten auf der Alp Gummen Klage führen.»

Generell führt Dasen (1951: 7) aus: «Eine der grössten Schwierigkeiten, die sich der Wiederbewaldung der Einzugsbecken unserer Wildbäche in den Weg stellten, ist die Tatsache, dass die einheimische Bevölkerung in der Regel nur widerwillig den Boden für Aufforstung zur Verfügung stellt. Oft hat daher der Forstmann einen harten Kampf gegen die Widersetzlichkeit des Gebirglers zu führen. Der Grund dieser Abneigung, offenes Land in Wald überführen zu lassen, liegt häufig darin, dass im allgemeinen derjenige, der Aufforstungen, Berasungen usw. auszuführen hat, davon keinen oder nur geringen Nutzen zieht. Die Verminderung der Hochwassergefahr und der Geschiebeführung liegt in den meisten Fällen nicht in erster Linie im Interesse der im Perimeter liegenden Besitzer, sondern der Einfluss der Aufforstungen und Bebauungen kommt vor allem der Bevölkerung im Talboden zugut, die oft nicht einmal derselben Gemeinde oder dem gleichen Kanton wie der Bodenbesitzer im Einzugsgebiet angehört. Ferner kommt dazu,

dass die neubegründeten Waldungen jahrzehntelang keinen Ertrag abwerfen, wohl aber ständige Pflege- und Unterhaltskosten verursachen. Viele Aufforstungen bleiben überhaupt immer im Stadium des Buschwaldes stecken, einer Waldform, die wohl ihre Aufgabe, den Wasserabfluss zu regeln, gut zu erfüllen vermag, die dagegen nie einen Ertrag an Holz abwerfen wird.»

Solcher Widerstand mag aber gleichzeitig oft auch an sich ein Widerstand gegen die zunehmenden politischen und administrativen Entscheide von aussen sein.

Im Emmental griff der Staat Bern mittels Auflagen bei der Konzessionserteilung schon sehr bald in die Besiedlung der Schachen ein. Er stützte sich dabei auf den Grundsatz, dass das Uferland der grösseren Flüsse in seinem Eigentum stehe. Seit 1568 durften die Uferanwohner die Schachen nur unter Übernahme der Schwellenpflicht besiedeln. Nach einer grossen Wasserkatastrophe von 1764 wurden die ersten Schwellenreglemente in Kraft gesetzt und die Stellen von Schwellenmeistern geschaffen. Die vom Staat eingesetzten Schwellenmeister erhielten mit Unterstützung des Landvogtes grosse Kompetenzen gegenüber den Gemeinden und Talbewohnern (Aufbieten der Schwellenpflichtigen zu Verbauungsarbeiten, Durchsetzen der allgemeinen Wehrpflicht im Falle von Wasserkatastrophen, Erlass von Rodungsverboten usw.). Diese Anstrengungen wurden insofern belohnt, als sich bis zu Beginn des 19. Jahrhunderts an der Emme keine grösseren Wasserkatastrophen ereigneten. Die im wesentlichen nur von den Anstössergemeinden getroffenen Massnahmen erwiesen sich aber, wie die von GOTTHELF (1838) beschriebene Katastrophe von 1837 zeigte, noch als ungenügend (nach HÄUSLER 1968: 238–247). Erst seit Mitte des letzten Jahrhunderts (Wiederaufforstungspflicht für Waldrodungen im Rahmen der Forstgesetzgebung) konnten die für die Zähmung der Emme wichtigen Massnahmen in der Fläche des Einzugsgebietes wirksamer durchgesetzt werden. Der Kanton Bern kaufte seit 1860 knapp 400 ha Land vor allem in den Einzugsgebieten des Rötenbaches (Honegg, Schallenberg) und der Grüene (Arni-Alpen, Kurzenei), die zum grossen Teil in den folgenden Jahrzehnten aufgeforstet wurden. Seit 1876 wurden und werden bis heute im gesamten Einzugsgebiet der Emme oberhalb von Burgdorf etwa 1500 ha Wald aufgeforstet. Die entsprechenden Flächen sind im Besitz von Gemeinden, Korporationen, Firmen und Privaten. Einen bedeutenden Anteil an der Waldzunahme (1860–1980) von 4730 ha im betrachteten Einzugsgebiet geht allerdings auf natürlichen Einwuchs (Auflassung der landwirtschaftlichen Nutzung) zurück (nach GERBER 1989: 64–75).

Neben den skizzierten Massnahmen in der Fläche, die primär auf eine Ursachenbekämpfung gefährlicher Prozesse abzielen, spielten in der betrachteten Phase seit jeher auch direkte Beeinflussungen der gefährlichen Prozesse eine Rolle. Ausgehend von relativ bescheidenen Möglichkeiten (z.B. einfache Uferverbauungen an Bächen und Flüssen) wurden die technischen Möglichkeiten im Laufe der Zeit immer weiter entwickelt. Vor allem seit dem 19. Jahrhundert konnten auch grössere Verbauungswerke (Fluss- und Bachkorrektionen) in Angriff genommen werden. So werden die Brienzer Wildbäche seit 1890 auch wasserbaulich betreut und mit Sperren verbaut. Geradezu genial ist das in der Emme durchgeführte Korrektionswerk von Ganguillet (1884). Durch sukzessive Einengung des Flusslaufes wurde die Erosionskraft der Emme erhöht, was

eine Eintiefung und damit schliesslich immer mehr die erwünschte Verhinderung von Wasseraustritten über die Ufer zur Folge hatte. Es tut diesem Projekt keinen Abbruch, dass die Eintiefung im Laufe der Zeit zu gross wurde und zu neuen Problemen führte, die heute mit weiteren Massnahmen korrigiert werden müssen (vgl. dazu die Studie «Emme 2050», JÄGGI und PELLANDINI 1988, ZIMMERMANN 1989).

Während technische Massnahmen mit den zunehmenden technischen Möglichkeiten bis vor kurzer Zeit immer grösseres Gewicht erhielten, ist seit einigen Jahren eine allmähliche Wende zu gesamtheitlicherer Betrachtung und zu einer kritischeren Reflektierung solcher Massnahmen zu beobachten.

Bevölkerungszunahme, Bodenverknappung, Bewirtschaftung weniger geeigneter Gebiete, ungünstige Siedlungsstandorte und schliesslich Gegenmassnahmen kennzeichnen die hier beschriebene Phase im Verhältnis Mensch–Naturgefahren. Ähnliche Entwicklungen wie im Emmental oder im Gebiet der Brienzer Wildbäche könnten noch für viele andere Regionen der Alpen aufgezeigt werden. Wenn dabei im Zusammenhang mit den Alpen und Voralpen vorwiegend von vergangenen Zeiten die Rede ist, so muss doch deutlich darauf hingewiesen werden, dass die meisten Drittweltländer, in wichtigen Regionen heute genau in der Phase der landwirtschaftlich bedingten Expansion der Landnutzung stehen und dass sich diese gerade in Berggebieten bezüglich Zunahme der Erosionsschäden zum Teil verheerend auswirkt.

Die beschriebenen Entwicklungen bis zu den Gegenmassnahmen verlaufen parallel zu gesellschaftlichen und politischen Entwicklungen, nämlich einer Verlagerung der Planungs- und Entscheidungsprozesse von der Familie, vom Dorf oder von der Gemeinde auf regionale Korporationen und – in der Schweiz – auf die Kantons- und Bundesebene. Praktisch überall, wo im Gefolge der landwirtschaftlichen Nutzungsexpansion und den in der Regel damit verbundenen Entwaldungen eine Zunahme der Schäden durch Naturereignisse zu beobachten war und ist, führt dies zu einer Verlagerung der Planungs- und Entscheidungsprozesse bezüglich Schutzmassnahmen. Dies ist einerseits sachlich begründet (Komplexität der Naturvorgänge und der entsprechenden Gegenmassnahmen, räumlich übergreifende Konsequenzen) und ergibt sich andererseits zwangsläufig durch die hohen Kosten, die eine erhebliche Subventionierung durch Kanton und Bund erfordern. Diese Zunahme der Fremdbestimmung stösst allerdings bei lokalen Behörden, Gruppierungen und Individuen oft auf grossen Widerstand.

4.3 Phase des Kampfes um den letzten Quadratmeter Boden und der Verfeinerung von Massnahmenkonzepten

Auch in dieser Phase ist die Situation durch grossen Landhunger gekennzeichnet. Im Gegensatz aber zur Phase der hauptsächlich landwirtschaftlichen Expansion geht es hier in den Berggebieten um Landbedarf vor allem für den tertiären Sektor (Tourismus), für die damit in Zusammenhang stehenden Siedlungserweiterungen sowie für lokale und überregionale Infrastrukturen (Kraftwerke, Verkehrswege). (Eher selten kommt heute im Berggebiet der Bodenbedarf aus dem industriellen Sektor.) In der Phase der land-

wirtschaftlichen Expansion dürfte der Siedler in der Regel noch mit örtlichen Problemen und den Gefahren vertraut gewesen sein. Dagegen wird die Entwicklung in der hier zu beschreibenden Phase sehr stark von aussen gesteuert (Übergang von Grundbesitz an Unterländer und Ausländer, Fremdkapital für die Entwicklung der Infrastruktur).

Parallel dazu ist noch eine weitere Entwicklung zu beobachten: Als Reaktion auf Schäden infolge der landwirtschaftlich bedingten Nutzungsexpansion zielten die Schutzmassnahmen primär auf eine Risikominderung durch Reduktion der gefährlichen Prozesse ab (= aktive Massnahmen gemäss *Abb. 1* und *2*). Dabei wurde durchaus auch die Gewinnung von neuem Siedlungs- und Kulturland angestrebt. Angesichts der hohen

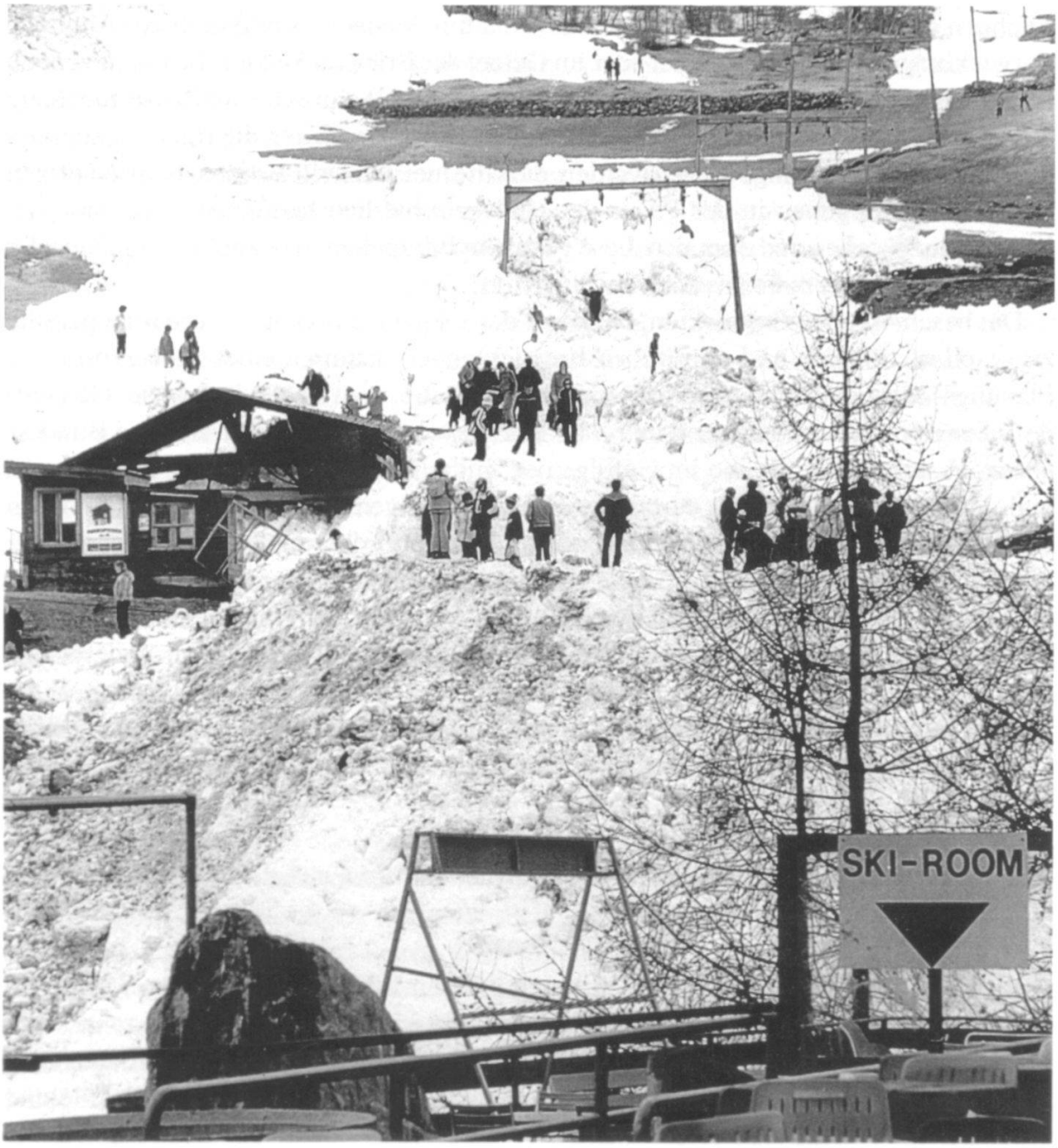

Abbildung 5: Lawinenniedergang in Saas Fee (1. April 1981)

Kosten (z.B. Grössenordnung von 1 Mio. Franken für Erstinvestition von 1 ha Lawinenanrissverbauung), müssen die Prioritäten heute vermehrt zugunsten *bestehender* Siedlungen und Verkehrswege gesetzt werden. Aktive Massnahmen zur Ermöglichung der Siedlungsexpansion sind zu teuer. Es geht somit nicht mehr an, durch Vergrösserung der potentiellen Verluste an gefährdeten Standorten das Risiko zu erhöhen, um es dann durch teure aktive Massnahmen wieder auf ein erträgliches Mass zu reduzieren. Konkret können dies Bund und Kantone durch Verweigerung von Subventionen steuern. Dadurch erlangen passive Massnahmen, welche auf ein Niedrighalten oder gar eine Reduktion des Verlustpotentials abzielen, erhöhte Bedeutung. Und so erstaunt es nicht, dass seit den späten sechziger Jahren eine vermehrte Institutionalisierung solcher Massnahmen erfolgte. Konkret wurden für viele Siedlungsbereiche vor allem Lawinen-Gefahrenzonenpläne und entsprechende Bauvorschriften erstellt, während die Institutionalisierung von passiven Massnahmen gegenüber anderen Gefahrenarten in der Schweiz bis heute eher vernachlässigt wurde und erst heute konsequent in Angriff genommen wird.

Gefahrenzonenpläne weisen Bauverbotszonen und Zonen mit gewissen Restriktionen aus und werden deshalb oft als Eingriff in das Grundeigentum empfunden. Dies ist verständlich, wenn man den Wert des Baugrundes in einem Touristenort mit dem eines nicht überbaubaren Grundstückes vergleicht.

Unter diesen Umständen findet vielerorts im Berggebiet, besonders in Touristenorten, sozusagen ein Kampf um den letzten Quadratmeter überbaubaren Boden statt.

Für Gefahrenzonenpläne bedeutet dies deshalb, dass die Grenzen zwischen Bauverbotszonen und Zonen mit Möglichkeit zum Bauen praktisch auf den Meter genau festgelegt werden müssen.

Dass man dabei oft bis zum Äussersten geht, zeigt *Abbildung 5*: Die nasse Fliesslawine vom März 1981 hat hier unter Zerstörung eines Skilifts knapp vor der obersten Häuserzeile in Saas Fee (Wallis) Halt gemacht. Dass man mit dieser Häuserzeile über das äusserste hinausgegangen ist, zeigte wenige Monate später, im Dezember 1981 eine Staublawine, welche ein Wohnhaus zerstörte, ein Hotel erheblich beschädigte und weitere Schäden, unter anderem an der Talstation von 2 Bergbahnen anrichtete.

Ein Beispiel: Wengen

Das Zusammenspiel von Nutzungsdruck, Verfeinerung der Gefahren-Beurteilungsmethodik sowie von passiven und aktiven Massnahmen kann am Beispiel von Wengen (Berner Oberland) illustriert werden. (Die Angaben stammen zu einem grossen Teil aus SCHWARZ 1980; sie wurden 1991 von H. Buri, Lawinendienst der Forstinspektion Oberland aufdatiert.)

In Wengen, einem traditionellen autofreien Touristenort besteht ein erheblicher Siedlungsdruck. Gerade im Bereich des Zentrums kann die Siedlung infolge Lawinengefahr nicht beliebig ausgedehnt werden, weil sich hier die Auslaufstrecken verschiedener Lawinenzüge vereinigen.

1960 wurde vom Eidgenössischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung Weissfluhjoch-Davos erstmals ein «Vorschlag zu einem Baulinienplan der Ortschaft Wengen» ausgearbeitet. Die Ausscheidung des lawinensicheren Gebietes erfolgte dabei recht grosszügig.

Der Lawinenwinter 1967/68 führte zum Anlegen von strengeren Massstäben an Lawinenzonenpläne. So wurde 1969 auch der obengenannte Baulinienplan durch den «Lawinenzonenplan Wengen» ersetzt. Dabei wurden auch lawinentechnische Berechnungen ausgeführt. Die so berechneten möglichen Auslaufstrecken wurden jedoch bei der Ausscheidung der Gefahrengebiete aus Gründen des politisch Durchsetzbaren nicht voll berücksichtigt. So deckte der Lawinenzonenplan die Lawinenereignisse der letzten 200 Jahre nicht ab. Beispielsweise hatten am 17. Januar 1770 die offenbar in verschiedenen Lawinenzügen gleichzeitig abgefahrenen Grundlawinen Wengen durchfahren (8 Todesopfer) und waren erst auf 850 m ü.M. (knapp oberhalb von Lauterbrunnen) zum Stillstand gekommen.

Erst das neue kantonale Baugesetz von 1970 (vgl. ZAUGG, 1972, 1987), das erstmals das Bauen in Gefahrengebieten regelt, sowie das neue Forstgesetz von 1973 des Kantons Bern ermöglichten die Ausarbeitung einer der tatsächlichen Gefährdung angepassten Lawinenkarte. Dazu trugen ebenfalls entsprechende Schritte des Bundesamtes für Forstwesen bei, welches im Zusammenhang mit den zur Diskussion stehenden Lawinenverbauungen am Männlichen eine Überarbeitung des Lawinenzonenplanes 1969 im Sinne einer schärferen Formulierung und als Sofortmassnahme die Organisation eines gemeindeeigenen Lawinendienstes verlangte.

Bereits 1974 wurde deshalb der Lawinenzonenplan von 1969 durch die Lawinengefahrenkarte Wengen ersetzt. Diese vom Lawinendienst der Forstinspektion Oberland ausgearbeitete Karte basiert zum einen auf dem Lawinenkataster, in welchem alle bekannten früheren Lawinenniedergänge verzeichnet sind, wobei alte Chroniken, Familienbibeln, Zeitungsberichte und Aussagen von älteren Leuten als Quelle dienten. Zum anderen dienten lawinentechnische Berechnungen (modifiziertes Modell nach VOELLMY 1955, vgl. dazu SALM et al. 1990) als Grundlage. Nachrechnungen früherer Lawinenabgänge zeigten, dass extreme Auslaufstrecken dann zu erwarten sind, wenn Lawinen gleichzeitig aus drei einzelnen nebeneinander liegenden Einzugsgebieten am Männlichen abgehen.

Die seither ausgeführten bzw. in Ausführung begriffenen Lawinenverbauungen in den Anrissgebieten am Männlichen berücksichtigen die Ergebnisse der lawinentechnischen Berechnungen. Mit der ersten, 1986 abgeschlossenen Projektetappe (1869 m' Stahlschneebrücken auf 4,1 ha, 3,75 Mio. Franken) wurde das Anrissgebiet der meisten in den vergangenen Jahrzehnten abgegangenen Schadenlawinen erfasst und das gleichzeitige Abgehen von Lawinen aus 3 Anrissflächen unterbunden. In einer zweiten Etappe wird eine weitere Anrissfläche verbaut (6050 m' Stahlschneebrücken auf 17 ha, Kostenvoranschlag 10,7 Mio. Franken).

Mit diesen Verbauungen soll die Lawinengefährdung von Wengen so reduziert werden, dass einerseits für das Ortszentrum und die bergwärts anschliessenden überbauten Gebiete die direkte Gefährdung weitgehend behoben, andererseits jedoch die

Freiflächen für den Skisport (Übungslifte und Skischulgelände) mit den bestehenden Sportanlagen (Curlinghalle, Eisbahnen) Lawinengefahrengebiet bleiben und daher nicht weiter überbaut werden können. Die Sicherheit der im Lawinengefahrengebiet verbleibenden Bewohner und Benützer der Sportinstallationen wird durch ein «Reglement über den Lawinendienst» der Gemeinde Lauterbrunnen gewährleistet. Ein Beispiel für das gute Funktionieren dieses Dienstes ergab sich beim Lawinenniedergang vom 3. Februar 1978, bei welchem durch die rechtzeitig ergriffenen temporären Massnahmen (Sperren, Räumungen, Aufstellen von Wachen usw.) Menschenopfer verhindert werden konnten.

Die nach Ausführung der Verbauungen im Lawinengefahrengebiet verbleibenden Wohnbauten müssen spätestens im Zuge von Umbauten durch bauliche Schutzmassnahmen am Objekt selbst gesichert werden («Bunkerprinzip», Anlage von Spaltkeilen).

4.4 Zusammenfassung: Zur heutigen Situation

Nutzbarer Boden ist in der Schweiz Mangelware und somit teuer. Das gilt auch für bedeutende Teile der Berggebiete. Daraus ergeben sich Nutzungskonflikte, die mit raumplanerischen Massnahmen gelöst werden müssen.

Dort, wo Naturgefahren mit im Spiel sind, ergeben sich nicht nur Konflikte zwischen verschiedenen Nutzungen, sondern auch Einschränkungen bestimmter Nutzungen (besonders Einschränkungen für die Erstellung von Gebäuden und Verkehrsanlagen, welche die mehr oder weniger regelmässige Präsenz von Menschen bedeuten.) Diese Probleme sind nicht ausschliesslich mit raumplanerischen Mitteln zu lösen; denn der gefährliche Prozess lässt sich ja nicht planen, sondern muss weitgehend als eine Naturgegebenheit hingenommen werden.

Allerdings steht es dem Menschen grundsätzlich frei, wie grosse Risiken er überhaupt akzeptieren will. Den heutigen Konventionen entsprechend werden beispielsweise solche Flächen als «sicher» gegenüber Lawinen bezeichnet, in welchen Lawinen statistisch gesehen während 300 Jahren nur einmal schädlich wirken. Wenn beispielsweise in einer Gemeinde die so festgelegte «akzeptable Wiederkehrdauer» von 300 Jahren auf 100 Jahre reduziert würde, könnten natürlich bedeutende Flächen unter Inkaufnahme eines dreimal höheren Risikos zusätzlich für Siedlungen und Verkehrswege nutzbar gemacht werden ... Die grosse Mobilität, das Postulat der landesweiten Rechtsgleichheit, volkswirtschaftliche Aspekte usw. veranlassen nun aber den Bund und die Kantone, das akzeptable Risiko auf einer «vernünftigen Höhe» und nach ungefähr einheitlichen Kriterien festzulegen. Diese «Normierung» des akzeptablen Risikos (nicht nur durch den Staat, sondern z.B. auch durch die Assekuranz) sind exogene Einflüsse, welchen sich die einzelnen Talschaften nicht mehr ohne weiteres entziehen können.

Dank grosser technischer Fortschritte können die Gefahren durch aktive Massnahmen zunehmend beeinflusst werden. Dadurch eröffnet sich die Chance, der Natur nutzbare Flächen abzuringen. Solche Massnahmen sind aber in der Regel so aufwendig, dass eine Kosten-Nutzen-Analyse nur unter Einbezug von sozial- und staatspolitischen Aspekten

(z.B. Verhinderung der Abwanderung aus entlegenen Bergregionen) positiv ausfällt. Und auch in diesem Fall werden Restrisiken bleiben. Ausserdem ist nicht alles technisch machbare wirklich sinnvoll und ökologisch vertretbar.

5. Ausblick

Die heutige Entwicklung ist gekennzeichnet durch
- einen weiterhin anhaltenden Nutzungsdruck,
- durch eine anhaltende Ignoranz gegenüber gefährlichen Naturprozessen in breiten Bevölkerungs- und Touristenkreisen, aber auch durch
- ein erhöhtes Problembewusstsein in Fachkreisen und damit verbunden durch grosse Fortschritte im wissenschaftlichen und konzeptionellen Bereich sowie in der Umsetzung.

Zu letzterem haben einerseits Lehren aus jüngeren Ereignissen (unter anderem der Schock der Unwetterereignisse von 1987) und andererseits Kostenrestriktionen geführt. Parallel dazu werden diese Fragen weltweit verstärkt thematisiert. So wurden die neunziger Jahre zur «UNO-Dekade zur Reduktion von Naturkatastrophen» deklariert, welche zahlreiche Aktivitäten in Forschung und Umsetzung von Massnahmen stimuliert.

So wird heute intensiv an der Verbesserung der Gefahren-Beurteilungsmethodik gearbeitet. Im Massnahmenbereich werden die Zielsetzungen klarer formuliert (welche Risiken sollen auf welches Mass reduziert werden?). Aktive Massnahmen werden vermehrt als wichtige Ergänzung zu passiven Massnahmen gesehen, weil solche Gesamtlösungen in vielen Fällen längerfristig wirtschaftlicher sind.

Eine bedeutende Erweiterung der Aufgabenstellung ergibt sich in jüngerer Zeit. Wenn bisher bei der Beurteilung von Naturgefahren «nur» die Frage zu beantworten war *«Was kann passieren ?»*, so stellte sich diese Grundfrage im Zusammenhang mit den neuartigen Waldschäden (Waldsterben) in erweiterter Form: *«Was kann passieren, wenn* Gebirgswaldungen an steilen Hängen zusammenbrechen?» Verschiedene Arbeiten haben sich unterdessen mit dieser Problematik auseinandergesetzt. Im Bereich der Prozesse, die an der Erdoberfläche selbst stattfinden (Steinschlag, Lawinen), zeichnen sich brauchbare Lösungen ab (vgl. dazu beispielsweise Kienholz et al. 1988, Meyer-Grass 1985 und 1986, Suda et al. 1988, Zenke et al. 1988). Wesentlich schwieriger gestaltet sich dagegen die Analyse der Auswirkungen der Waldschäden auf Prozesse, die in den Untergrund hineingreifen (Rutschungen, bodenhydrologische Prozesse, Wildbäche), so dass hier noch sehr viel Forschungsarbeit zu leisten ist.

Die Grundfrage *«Was kann passieren, wenn ...»* stellt sich heute auch im Zusammenhang mit den sich abzeichnenden Klimaänderungen (Treibhauseffekt).

In These 15 der Internationalen Fachtagung «Schnee, Eis und Wasser in einer wärmeren Atmosphäre» vom 11.4.1990 (VAW 1990: 135) wird zum Problem Klimaänderung und Naturkatastrophen folgendes festgehalten:

«Heutige empirische Bemessungsgrundlagen (z.B. Hochwasserstatistik, Beurteilung von Lawinenauslaufstrecken, Beurteilung von Wildbachschwemmkegeln) könnten, weil sie sich auf Vergangenes stützen, zunehmend an Gültigkeit verlieren.»

Eine fundierte und ausreichende Beantwortung der Frage «Was kann passieren, wenn diese oder jene Klima- oder Umweltveränderung eintritt?» ist äusserst schwierig und heute in der Regel höchstens in grober Näherung möglich. Sie erfordert neben der Analyse möglicher Prozessabläufe die Kenntnis der entscheidenden Kausalitätsketten. Auch wenn sich Kausalitätsketten nach einer Katastrophe jeweils mindestens teilweise rekonstruieren lassen, so werden viele Teilprozesse, im besonderen auch deren Verknüpfung, nur zum Teil verstanden. Dieser Mangel konnte bis heute durch eher pauschale Überlegungen und durch pragmatisches Vorgehen im Massnahmenbereich z.T. recht erfolgreich überbrückt werden. Bei grosszügiger Betrachtung erscheinen beispielsweise in Wildbächen die für das grosse Gefahrenpotential (Überschwemmungen und Geschiebeablagerungen im Schwemmkegelbereich) verantwortlichen Wirkungsketten durchaus offensichtlich. Bei genauerer Betrachtung stösst man jedoch immer wieder auf nichtlineare Phänomene, auf (scheinbar?) stochastische Vorgänge, auf Schwellenwerte, die offenbar plötzlich eine Rolle spielen usw., beispielsweise:

Warum hat sich diese oder jene Rutschung im Einzugsgebiet gerade beim letzen Unwetter abgespielt, nachdem der Hang über Jahrhunderte ruhig gewesen ist? Oder: Warum entsteht im Hang plötzlich eine neue Erosionsrinne?

Bei solchen Fragen wird es immer wichtiger, sich Erkenntnisse über die relevanten Systemstrukturen und genügend Einblick in die wichtigen Systemzusammenhänge zu verschaffen.

Mit geeigneten Ansätzen müssen Erkenntnisse über die entscheidenden Steuergrössen und die Zusammenhänge zwischen diesen erarbeitet werden. Auf dieser Grundlage muss dann versucht werden, die wichtigen Systemzusammenhänge zu modellieren und die Modelle zu validieren.

Im Rahmen des vom Schweizerischen Nationalfonds für die Wissenschaftliche Forschung koordinierten Nationalen Forschungsprogrammes (NFP 31) «Klimaänderungen und Naturkatastrophen» werden erste Ansätze zu dieser anspruchsvollen Fragestellung bearbeitet.

Einen Beitrag zur Lösung derartiger Fragen will das Geographische Institut der Universität Bern zusammen mit Forschungsgruppen anderer Institutionen mit einem langfristig angelegten Forschungsprojekt «Systemorientierte Analyse des Wildbacheinzugsgebietes Spissibach» in Leissigen am Thunersee liefern.

Literatur

BUNDI, M., 1982: Zur Besiedlungs- und Wirtschaftsgeschichte Graubündens im Mittelalter. Calven, Chur.

BURI, H., 1992: Wengen-Wengernalp. Führer für die Exkursion E7, Interpraevent 1992. Forschungsgesellschaft für vorbeugende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt.

DASEN, E., 1951: Verbauung und Aufforstung der Brienzer Wildbäche. Bern.

Emme 2050 (VAW/GIUB, 1987): Studie über die Entwicklung des Klimas, der Bodenbedeckung, der Besiedlung, der Wasserwirtschaft und des Geschiebeaufkommens im Emmental, sowie über die Sohlenentwicklung und den Geschiebehaushalt in der Emme und mögliche zukünftige Verbauungskonzepte. Bericht im Auftrag des Oberingenieurkreises IV, Tiefbauamt des Kt. Bern und des Kt. Solothurn; Versuchsanst. für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich / Geogr. Inst. der Univ. Bern, 4 Bände, (unveröff.).

Emme 2050, 1992 (Kurzfassung, 2. Auflage): Die Emme wieder ins Gleichgewicht bringen. Baudirektion des Kantons Bern (Tiefbauamt, Oberingenieurkreis IV).

FLIRI, F., 1975: Mensch und Naturkatastrophen in den Alpen. Interpraevent, Tagungspubl., Bd. 2 : 37–49, Forschungsgesellschaft für vorbeugende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt

FRUTIGER, H., 1972: Zur Geschichte des Schweizerischen Lawinenverbaus. Lawinenschutz in der Schweiz, Beiheft zum Bündnerwald: 57–66, Chur.

GANGUILLET, E., 1884: Bericht über die Emmecorrection zwischen Emmenmatt und Burgdorf. Handschrift, Staatsarchiv Bern: BBX, Wasserbau, Specialia, Nr. 53121.

GERBER, B., 1989: Waldflächenveränderungen im Einzugsgebiet der Emme unter dem Aspekt der Hochwasserbedrohung. Geographica Bernensia G34, Geogr. Inst. d. Univ. Bern.

GOTTHELF, J., 1838: Die Wassernot im Emmental. Gute Schriften Nr. 14 (1958), Bern.

HAGER, K.P., 1916: Verbreitung der wildwachsenden Holzarten im Vorderrheintal. Bern.

HÄUSLER, F., 1958/1968: Das Emmental im Staate Bern bis 1798. Stämpfli, Bern, Bd. 1 (1958), Bd. 2 (1968).

JÄCKLI, H., 1980: Das Tal des Hinterrheins. Orell Füssli, Zürich.

JAEGGI, M./PELLANDINI, S., 1988: Naturnahe verzweigte Flussabschnitte als Mittel gegen Sohleneintiefung. Interpraevent, Tagungspubl., Bd. 4: 327–337, Forschungsgesellschaft für vorbeugende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt.

KIENHOLZ, H., 1984: Naturgefahren: Eine zunehmende Bedrohung? In: Brugger, E.A., Furrer, G., Messerli, B., Messerli, P., Umbruch im Berggebiet: 563–587, Haupt, Bern bzw. Kienholz, H., 1984: Natural hazards: A growing menace? In: Brugger, E.A., Furrer, G., Messerli, B., Messerli, P. (Editors), 1984: The Transformation of Swiss Mountain Regions: 385 – 405, Haupt, Bern.

KIENHOLZ, H./MANI, P./KLÄY, M., 1988: Rigi-Nordlehne: Beurteilung der Naturge-fahren und waldbauliche Prioritätenfestlegung. Interpraevent, Tagungspubl., Bd. 1: 161–174, Gesellschaft für vorbeugende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt.

KIENHOLZ, H./ KLÄY, M./MANI, P., 1988: Naturgefahren an der Rigi Nordlehne. Mitt. Naturforsch. Ges. Luzern, Bd. 30: 309–321, Luzern.

MARCHAND, A., 1849: Über die Entwaldung der Gebirge. Denkschrift an die Direktion des Innern des Kantons Bern, Jenne, Bern.

MEYER-GRASS, M., 1985: Waldlawinen: Gefährdete Bestände, Massnahmen. Merkblatt Nr. 1: EISLF, Davos.

MEYER-GRASS, M., 1986: Waldlawinen: Erkenntnisse aus der Umfrage 1985/86 und den Meldungen des letzten Winters. Merkblatt Nr. 2: EISLF, Davos.

NIGG, H.W., 1948: Das Schanfigg – eine landschaftskundliche Studie. Diss. Univ. Zürich.

SALM, B./BURKARD, A./GUBLER, H.U., 1990: Berechnung von Fliesslawinen. Eine Anleitung für den Praktiker mit Beispielen. Mitt. d. Eidg. Inst. f. Schnee- und Lawinenforschung, Nr. 47, Davos.

SUDA, M./GUNDERMANN, E./GAMPE, S., 1988: Die Abschätzung der Folgen des Waldsterbens auf die Lawinentätigkeit im Bayerischen Hochgebirge – Bausteine eines Expertensystems. Interpraevent, Tagungspubl., Bd. 3: 277–293, Forschungsgesellschaft für vorbeugende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt.

SCHWARZ, W., 1980: Abschätzung der Lawinengefährdung anhand von Beispielen der Ortsplanung. Interpraevent, Tagungspubl., Bd. 4: 337–351, Forschungsgesellschaft für vorbeugende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt.

VAW, 1990: Schnee, Eis und Wasser in den Alpen in einer wärmeren Atmosphäre. Mitt. der Versuchsanst. für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie. ETHZ. Nr. 108, Zürich.

VOELLMY, A., 1955: Über die Zerstörungskraft von Lawinen. Schweiz. Bauzeitung 73: 159–165, 212–217, 246–249 und 280–285.

ZAUGG, A., 1972: Kommentar zum Baugesetz des Kantons Bern vom 7. Juni 1970. Stämpfli, Bern.

ZAUGG, A., 1987: Kommentar zum Baugesetz des Kantons Bern vom 9. Juni 1985. Stämpfli, Bern.

ZENKE, B./ KONETSCHNY, H., 1988: Lawinentätigkeit in zerfallenden Bergwäldern. Interpraevent, Tagungspubl., Bd. 5: 213–227, Forschungsgesellschaft für vorbeugende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt.

ZIMMERMANN, M., 1989: Geschiebeaufkommen und Geschiebebewirtschaftung, Grundlagen zur Abschätzung des Geschiebehaushaltes im Emmental. Geographica Bernensia G34, Geogr. Inst. d. Univ. Bern.