

**Zeitschrift:** Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie  
**Herausgeber:** Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel  
**Band:** 26 (1985)  
**Heft:** 2  
  
**Artikel:** Gefährliche geomorphographische Prozesse als Unterrichtsgegenstand  
**Autor:** Kienholz, Hans  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1088784>

### **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:** 14.01.2026

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

# GEFÄHRLICHE GEOMORPHOGRAPHISCHE PROZESSE ALS UNTERRICHTSGEGENSTAND

HANS KIENHOLZ<sup>1</sup>

## 1 Einleitung

Meldungen über Lawinenunglücke oder Unwetterkatastrophen, über Zerstörungen, Menschenopfer und blockierte Verkehrswege erreichen uns durch die Medien recht häufig. Die Berichterstattung beschränkt sich dabei meistens auf die Auswirkungen und ersten Massnahmen nach der Katastrophe. Nach spätestens 2 oder 3 Tagen gilt das Interesse von Radio, Fernsehen und Presse bereits wieder andern Aktualitäten.

Erfahrungsgemäss erreichen Meldungen über Naturkatastrophen Schüler auch ausserhalb der direkt betroffenen Region, doch bleibt es meist bei der Sensationsmeldung. Ursachen und Mechanismen der gefährlichen Prozesse werden kaum diskutiert. Hier jedoch besteht gerade eine Chance für die Schule und eine wichtige Aufgabe für sie.

1. Die *Chance* ergibt sich aus dem durch die eingehenden Katastrophenmeldungen geweckten Interesse, das eine gute Motivation für die Beschäftigung mit der Auslösung und dem Ablauf von Naturprozessen bedeutet. Die Chance liegt auch darin, dass sich in der Schule verschiedene Fächer (einzeln oder übergreifend) für die Behandlung des Problemkreises anbieten.
2. Die Schule hat heute wesentliche *Aufgaben* in der Erziehung der jungen Menschen zu umweltgerechtem Verhalten zu erfüllen. Die Schüler müssen ökologische Zusammenhänge erkennen lernen, wobei der Mensch als Teil der Ökosysteme einzuschliessen ist. Und hier ergeben sich verschiedene Teilaufgaben, die gerade im Zusammenhang mit dem Problemkreis Naturgefahren angegangen werden können:
  - Expansion des wirtschaftenden Menschen in Räume, welche von Naturprozessen bedroht sind (z.B. Ausdehnung von Siedlungen auf Wildbachschwemmkegel oder in Lawinenauslaufgebiete), vermehrt die Risiken für Menschen und für Sachwerte.
  - Die durch die Luftverschmutzung verursachten Waldschäden reduzieren in vielen Gebieten der Gebirgsregionen die Wirkung der Schutzwälder. Hier ist die Kausalkette von der Tätigkeit des Menschen und seinen vor allem im Unterland erzeugten Schadstoffemissionen bis zu einer Zunahme der gefährlichen Naturprozesse aufzuzeigen. Ihre katastrophalen Auswirkungen betreffen letztlich nicht nur die Bergbewohner, sondern alle Menschen.
  - In diesem Zusammenhang ist das Verhältnis Mensch-Natur konkret in verschiedener Beziehung aufzuzeigen: Einerseits etwa die Zunahme von gefährlichen Prozessen bei Eingriffen in Hänge (z.B. Strassenbau mit fehlerhaften Methoden), andererseits auch die positiven Einflussmöglichkeiten des Menschen (z.B. Wildbachverbauungen). Die Besprechung von Verbauungsmassnahmen und -konzepten erlaubt auf eindruckliche Weise die Demonstration der Komplexität von Ökosystemen und fördert damit das heute erforderliche Bewusstsein für grössere Zusammenhänge.

---

Dr. H. Kienholz, Geogr. Institut der Universität Bern, Hallerstrasse 12, 3012 Bern

Der vorliegende Text kann und will nicht mehr als einige Anregungen dazu geben, wie der Problemkreis Naturgefahren im Schulunterricht behandelt werden kann. Dass dies jeweils stufengerecht zu erfolgen hat, ist selbstverständlich.

Im folgenden werden eine Einführung in die Problematik der gefährlichen Naturprozesse und Hinweise auf die möglichen Gegenmassnahmen gegeben. Dies soll dem Lehrer eine fachlich richtige Behandlung der Probleme ermöglichen. Die eher theoretischen Ausführungen werden durch einige didaktische Hinweise ergänzt.

## 2 Naturgefahren, Naturrisiken und Massnahmenkonzepte

Der Begriff Naturgefahren (i.w.S.) umfasst sämtliche Einflüsse der Natur, welche für den Menschen und/oder seine Güter schädlich sein können wie Erdbeben, Dürren, Heuschreckenplagen usw. Wir schränken hier diesen Begriff ein.

Wir verstehen im folgenden unter Naturgefahren nur diejenigen gefährlichen Prozesse, welche sich aus der Bewegung von Wasser-, Schnee-, Eis-, Erd- und Felsmassen ergeben. Solche Prozesse gelten als gefährlich, wenn sie Menschen und Güter direkt gefährden und innerhalb sehr kurzer Zeit zu Todesopfern, Verletzten, Zerstörung von Sachwerten und zu ökologischen Schäden führen können. Es sind dies Lawinen, Murgänge, Hochwasser, Überschwemmungen, sowie Rutsch- und Sturzbewegungen von Erd- und Felsmaterial.

Die hier unter Naturgefahren berücksichtigten gefährlichen Prozesse können als geomorphologische Gefahren bezeichnet werden. Im englischen Sprachgebrauch wird auch der Begriff Mountain Hazards verwendet.

Der Naturhaushalt ist praktisch nie ausgeglichen. Auf der Erdoberfläche ist ein immenser Vorrat an potentieller Energie, zum Teil seit Urzeiten, vorhanden, und grosse Energiemengen werden laufend zugeführt: Die endogenen Kräfte in der Lithosphäre und die exogenen Kräfte in der Atmosphäre und Hydrosphäre bauen ständig ein Energiegefälle auf. Sichtbarer Ausdruck davon ist die Reliefenergie der Gebirge, welche letztlich die Grundbedingung für den Ablauf gefahrenbringender oder gar katastrophaler Naturereignisse ist.

In einem mehr oder weniger langsamen und stetigen Prozess (Tektonik, Verwitterung, Geschiebeakkumulation im Gerinne; Aufbau einer Schneedecke, Schneemetamorphose) baut sich ein Potential auf, bis schliesslich als unstetiger Vorgang eine Entladung eintritt. Eine solche Entladung bedeutet Umwandlung von potentieller (Gravitations-)Energie in kinetische Energie. Dabei können wir zwei grundsätzliche Fälle unterscheiden:

1. Eine *direkte Entladung* findet beispielsweise anlässlich eines Gewitters statt, das in der Regel, je nach Retentionsverhältnissen, unmittelbar zu verstärktem Oberflächenabfluss führt: Die potentielle Energie des Oberflächenwassers in den Hängen eines Bach-einzugsgebietes wird in kinetische Energie des abfliessenden Wassers umgewandelt.
2. Scheinbar spontane *indirekt ausgelöste Entladungen* gibt es etwa bei Oberlawinenniedergängen, wo zwar die potentielle Energie seit dem Schneefall bzw. der Schneeanwehung vorhanden ist, die Umwandlung in kinetische Energie (= Lawinenabgang) aber erst erfolgen kann, wenn sich z.B. infolge der aufbauenden Schneemetamorphose (vgl. u.a. Schild, 1972, 23-30, Munter, 1979, 10-15 und Salm, 1982, 34-45) eine Scherfläche im Schnee ausgebildet hat.

Eine Kombination von bestehender Disposition und direkter Auslösung ist etwa im Falle von Murgängen oder stark geschiebeführenden Hochwassern in sogenannten Jungschuttwildbächen (*Stiny*, 1931, 99) zu beobachten. Durch die unaufhaltsame Verwitterung wird hier über Jahre oder Jahrzehnte Gesteinsmaterial im Bachbett angehäuft und damit die Disposition zu einem unter Umständen katastrophalen Wildbachereignis laufend erhöht. Es bedarf dann nur noch eines Auslösers (z.B. Gewitterregen), um in Form erhöhter Geschiebeführung oder eines Murganges die Entladung zu bewirken. Die Entladung des Leimbaches bei Frutigen (Berner Oberland) beispielsweise erfolgte dabei seit dem letzten Jahrhundert mit fast unheimlicher Regelmässigkeit in Abständen von 31 oder 32 Jahren (1875, 1907, 1938, 1969) (EASF, 1977, 44).

Die letzte Grossvereisung hat entscheidend zum heutigen Gefahrenpotential beigetragen. Sie hat zwar fast die ganze Oberfläche (auch steile Felshänge) mit einer für die Vegetation ausreichenden Schicht feiner Lockersedimente bedeckt. Andererseits hat sie aber auch den weitaus grössten Teil jenes Materials bereitgestellt, das von damals bis heute durch die Schwerkraft mit Hangrutschungen, Muren oder als einfache Geschiebefracht der Wildbäche von den Höhen in die Täler und Flüsse geschafft wird (z.T. nach *Fliri*, 1975, 38-39).

Gefährliche Ereignisse sind deshalb in gebirgigen Regionen von Natur aus zu erwarten. Die Gefahrensituation wird nun aber zusätzlich durch den Menschen negativ und positiv beeinflusst.

- Von negativem Einfluss waren in den Alpen die ausgedehnten Waldrodungen im 17., 18. und 19. Jahrhundert. Auf den von Wald entblösten Hängen floss das Wasser viel rascher und mit geringeren Verlusten (fast keine Retention) oberflächlich ab. Dieser Effekt wurde auf beweideten Flächen durch die Verdichtung des Bodens noch verstärkt. Kleinste Bodenwunden bildeten Angriffspunkte für das oberflächlich abfliessende Wasser. Durch Erosion und Denudation entstanden Geschiebeherde von grosser Ausdehnung. Viele Hochwasser und Murgänge hätten ein kleineres Ausmass angenommen, wenn die erwähnten Rodungen unterblieben wären (z.T. nach *Zollinger*, 1976, 28). Die Rodungen, vor allem jene im Bereich der oberen Waldgrenze, führten zu einer Zunahme der Lawinengefahr (*Frutiger*, 1972, 57).
- Andererseits versucht man vielerorts mit technischen Verbauungen und mit Aufforstungen solche Fehler zu korrigieren und oder auf andere Weise den Naturgefahren zu begegnen.

Die *Wirkung* eines gefährlichen Prozesses ermisst sich an der Art und Grösse der Verluste an Menschenleben und Sachwerten usw. (Verlustpotential): Ein auf seinem Schwemmkegel aus dem Gerinne ausbrechender Wildbach hat nur geringe Schadenwirkung, falls er bloss älteren Gesteinsschutt und Buschwald überschüttet. Ganz anders erscheint uns der Schaden, wenn die Wasser- und Geschiebemassen des ausbrechenden Wildbaches beispielsweise auf Wohnhäuser, Campingplätze, Verkehrswege oder Kulturland treffen.

Die mögliche *Schadenwirkung* an einer bestimmten Stelle ist somit eine Funktion der möglichen Intensität eines gefährlichen Prozesses und des Verlustpotentials an der betreffenden Stelle (vgl. Abb. 1). Das *Risiko* ist damit abhängig von der Gefahr, also von der Eintretenswahrscheinlichkeit und der Intensität des *gefährlichen Prozesses* sowie von der Grösse (dem Wert) und von der Präsenzwahrscheinlichkeit des *Verlustpotentials* am fraglichen Ort (*Hirsch*, 1984). Dieser Ort wird im folgenden als "Risikostelle" bezeichnet.

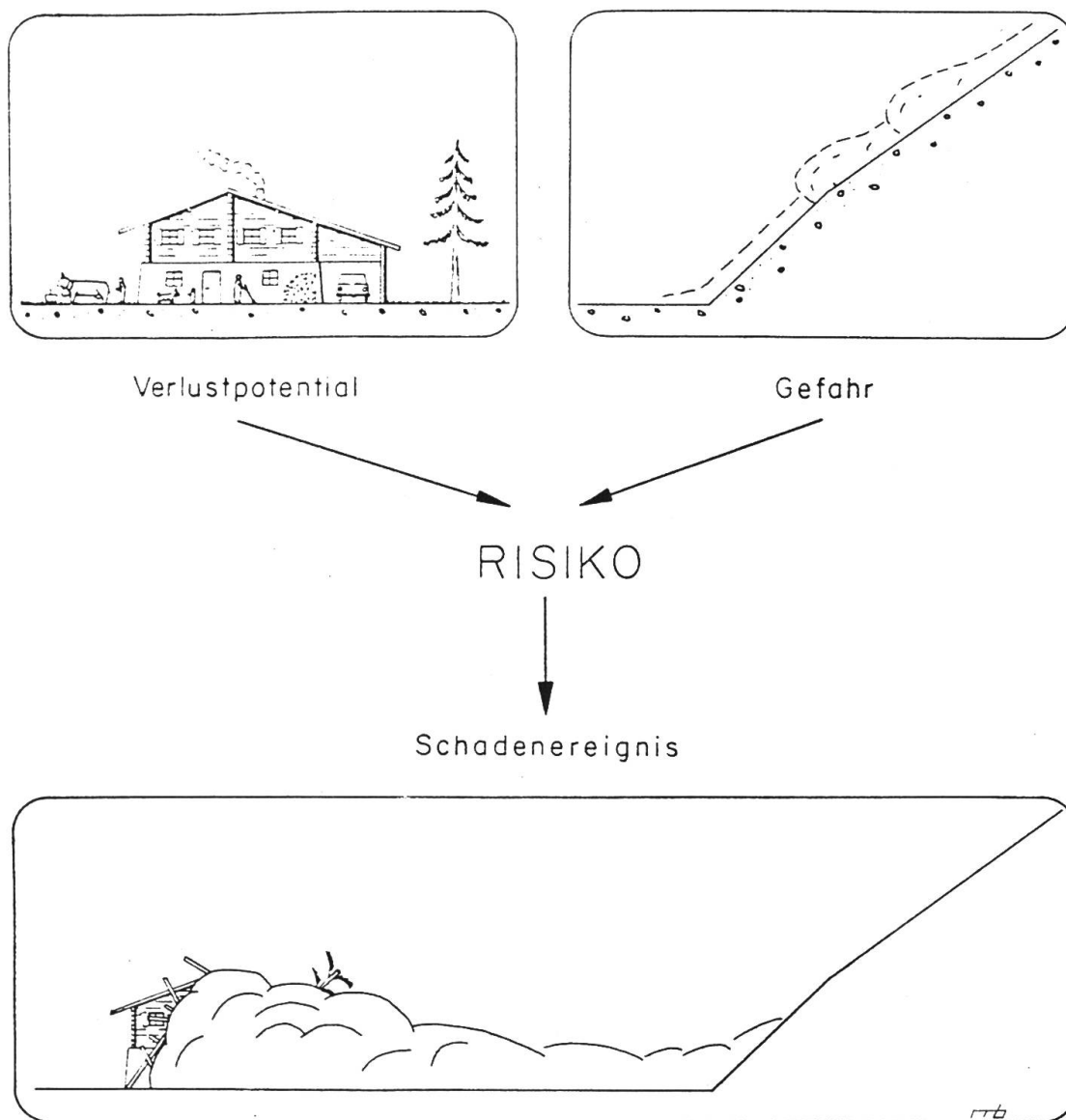
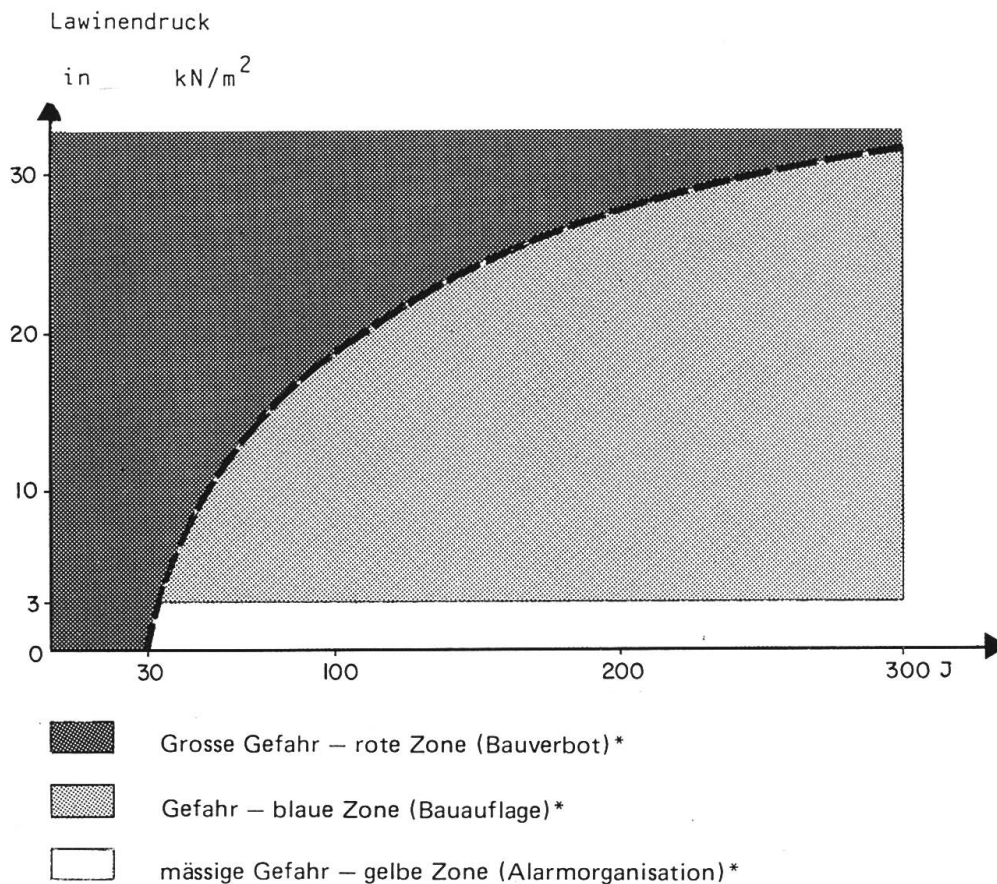


Abb. 1 Risiko als Ergebnis von Gefahr und Verlustpotential

Beim Verlustpotential kann die "Grösse" beispielsweise durch einen Versicherungswert (des Menschenlebens, der Sache) ausgedrückt werden. Die "Wahrscheinlichkeit" betrifft hier die Präsenzwahrscheinlichkeit von Objekten an der Risikostelle: Bei einem Wohnhaus beträgt diese Wahrscheinlichkeit 100%, bei einer die Risikostelle durchquerenden Strasse ist die Präsenzwahrscheinlichkeit eine Funktion der Verkehrsdichte und der Besetzung der Fahrzeuge, also kleiner als 100%.

Was die andere Komponente des Risikos, die Gefahr, betrifft, zeigt Abb. 2, wie in der Schweiz im Auslaufbereich von Lawinen die Parameter Intensität und Wahrscheinlichkeit im Hinblick auf die Erstellung von Gefahrenzonenplänen berücksichtigt werden:



\* voller Wortlaut in OF1 (1975) oder *Kienholz* (1977, 120, 164)

Abb. 2 Kriterien für die Bestimmung von Lawinengefahrenzonen in der Schweiz  
(voller Wortlaut in OFI 1975, S.15, oder *Kienholz* 1977, S.120, 164)

- Als Mass für die *Intensität* dient hier der Druck der bewegten Schneemassen auf eine senkrecht stehende Wand (z.B. eine Hausmauer), wie er sich mit Modellrechnungen ermitteln lässt.
- Ein Mass für die *Wahrscheinlichkeit* einer Lawine bestimmter Druckwirkung an der Risikostelle ist die mittlere Wiederkehrdauer des Ereignisses. "Grosse Gefahr" besteht gemäss Abb. 2 in jedem Falle (ausser bei Ereignissen, die seltener sind als alle 300 Jahre), wenn der überhaupt mögliche Druck  $30 \text{ kN/m}^2$ , oder wenn die Wiederkehrdauer von Lawinen an der Risikostelle weniger als 30 Jahre beträgt. Für mittlere Wiederkehrdauern zwischen 30 und 300 Jahren gibt die Grenzkurve zwischen "grosser Gefahr" und "Gefahr" eine Richtlinie für den Entscheid, welche Druckwirkungen jeweils als massgeblich zu betrachten sind.

Dieses klare Schema darf allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, dass mit der Erhebung der "mittleren Wiederkehrdauer" und der Bestimmung der möglichen Druckwirkung erhebliche methodische Schwierigkeiten verbunden sind. Dies gilt nicht nur für die Lawinengefahr, sondern, zum Teil sogar in grösserem Ausmass, auch für die andern Gefahrenarten (vgl. dazu *Kienholz*, 1977 und 1981).

	NATUR- BEDINGTE G E F A H R E N	ANTHROPOGEN BEDINGTE/VERSTÄRKTE G E F A H R E N	
AKTIVE MASSNAHMEN  = REDUKTION DER GEFAHR	<div>TECHNISCHE MASSNAHMEN  (Lawinenstützverbauungen, Sperrrenstaffelungen in Wildbächen usw.)</div> <div>STEUERUNG DER LANDNUTZUNG  (forstlich, landwirtschaftlich, Vermeiden schädlicher Eingriffe)</div>		} RAUMLANERISCHE MASSNAHMEN
PASSIVE MASSNAHMEN  = REDUKTION DES VERLUST- POTENTIALS	<div>AUSWEICHEN VOR DER GEFAHR  (Beachtung von Bauverbotszonen, temporäre Absperrung von gefährdeten Gebieten usw.)</div>		

Abb. 3 Massnahmen zum Schutz vor gefährlichen Prozessen in und aus Gebirgsräumen

Aus ethischen Überlegungen (Menschenleben) und aus handfesten materiellen Motiven strebt der Mensch nach einer gewissen Sicherheit: Er will die *Risiken beseitigen oder mindestens reduzieren und kontrollieren* (vgl. dazu Kienholz, 1984, 568-572 und Hirsch, 1984). Wenn das kalkulierte Risiko grösser ist als ein akzeptables bzw. akzeptiertes Risiko, müssen somit *Gegenmassnahmen* geplant und ergriffen werden.

Weil das Risiko durch die Komponenten Gefahr und Verlustpotential definiert wird, kann versucht werden, auf die eine oder die andere oder beide Komponenten Einfluss zu nehmen:

- *Aktive Massnahmen* haben eine Reduktion der Gefahr,
- *passive Massnahmen* die Verminderung des Verlustpotentials zum Ziel (vgl. Abb. 3).

Mit permanenten aktiven Gegenmassnahmen versucht man, schadenbringende Prozesse

- zu verhindern (z.B. Verbesserung der Wasserretention durch Aufforstungen in Wildbacheinzugsgebieten, durch Stabilisierung von Rutschhängen),
- zu bremsen (z.B. Bremsblöcke in der Lawinenbahn)
- oder abzulenken (z.B. Leitdämme, Spaltkeile).

Mit temporären aktiven Massnahmen versucht man, Ablauf und Auswirkungen des gefährlichen Prozesses im Zeitpunkt akuter Gefahr zu beeinflussen (z.B. künstliches Auslösen von Lawinen).

Passive Gegenmassnahmen beeinflussen den Ablauf gefahrenbringender Prozesse nicht, sollen aber dessen schädliche Auswirkungen reduzieren und wenn möglich verhindern.



Permanente passive Massnahmen sind beispielsweise Bauverbotszonen aufgrund von Gefahrenzonenplänen.

Temporäre passive Massnahmen sind organisatorische Vorkehrungen wie Absperrungen, Evakuationen oder das Aufsuchen von Lawinenbunkern zum Zeitpunkt akuter Gefahr.

Sowohl bei den aktiven als auch bei den passiven Massnahmen spielen raumplanerische Massnahmen (gezielte Landnutzung) eine bedeutende Rolle.

Diese Hinweise zeigen, dass der Mensch negative, aber auch positive Einflussmöglichkeiten auf gefährliche Naturprozesse hat. Dabei darf jedoch niemals vergessen werden, dass es viele Prozesse gibt, die kaum beeinflussbar sind. Das gilt grundsätzlich für die Verwitterungsprozesse. Weitgehend dem Einfluss des Menschen entzogen, wird hier laufend Material aus dem festen Verband losgelöst, das am steilen Hang unter der Wirkung der Schwerkraft direkt talwärts stürzt, oder welches bei Gelegenheit durch ein Medium (Wasser, Schnee) aufgenommen und talwärts befördert wird. Verwitterungsprozesse sind auch in der Lage, zum Kriechen neigende Gesteine wie etwa Bündnerschiefer laufend zu aktivieren und in Bewegung zu halten. Solchen Talzuschüben hat der Mensch wenig entgegenzustellen. Im weiteren hat *Kuo* (1984, 4) gezeigt, dass auch ein naturbelassener Wald Phasen mit labilen Strukturen durchlaufen kann. In solchen Phasen ist somit die Schutzwirkung des Waldes gegen gefährliche Prozesse oft von Natur aus reduziert.

### 3 Anschauung im Gelände

Auch wenn das Aufsuchen von Katastrophengebieten während oder möglichst unmittelbar nach dem Ereignis von der Anschaulichkeit und Eindrücklichkeit her sehr viel zum Verständnis von geomorphologischen Prozessen beitragen könnte, *muss hier mit Nachdruck festgehalten werden, dass Schulklassen an solchen Orten absolut nichts zu suchen haben.*

Im Gelände stehen grundsätzlich etwa folgende 3 Arbeitsmöglichkeiten offen:

1. Betrachten (Begehen, Skizzieren, Beschreiben, . . . .) von kleineren und übersichtlichen Stellen, wo sich gefährliche Prozesse abgespielt haben bzw. sich abspielen können. Dies kann zum Verständnis von geomorphologischen Prozessen beitragen.
2. Durchführen von einfachen Experimenten (im Bachbett, auf einer Sand- oder Kiesbank, an einer Schutthalde usw.) (vgl. "Versuche im Freien und im Labor", S. 127). Dadurch lassen sich geomorphologische Prozesse steuern und verstehen.
3. Betrachten (Begehen, Skizzieren, Beschreiben, . . . .) einer gut ausgewählten, vielgestaltigen Landschaft, in welcher gefährliche geomorphologische Prozesse ihre Spuren hinterlassen haben und wo der Mensch unter Umständen bereits mit Massnahmen reagiert hat. Dadurch lässt sich das komplexe Wirkungsgefüge zwischen Naturprozessen unter sich bzw. zwischen Naturprozessen und menschlichem Wirken diskutieren.



### 3 1 Beobachtungen an einzelnen kleineren und übersichtlichen Stellen

#### 3 1 1 Sturz-Schutthalden

Vielerorts im Jura und in den Alpen sind Sturz-Schutthalden anzutreffen. Sehr schön ausgeprägte Stellen finden sich beispielsweise an der Flüela- oder Albulastrasse und ganz allgemein in Kalk- und Dolomitgebieten. Je nach der Grösse und Gliederung der Felswand, an welcher sich die Blöcke und Steine ablösen, befinden sich darunter ein oder mehrere Sturz-Schuttkegel oder eine breite Sturz-Schutthalde. Hier lassen sich neben Experimenten zu gravitativen Prozessen (vgl. "Versuche im Freien und im Labor", S. 127) folgende Beobachtungen machen:

- Falls die Felswand von unten gut zugänglich ist und keine akute Steinschlaggefahr besteht, können hier Schichtgrenzen, Kluftsysteme (Richtungen, Kluftdicke und -breite) festgestellt werden. Daraus lassen sich die mögliche Form und Grösse der Gesteinskomponenten ablesen, welche vor allem in Zeiten erhöhter Frostwechselaktivität (vgl. dazu *Pancza* 1985 und "Versuche im Freien und im Labor", S. 127) als Steinschlag talwärts fahren können<sup>2</sup>.
- Ein reiner Sturz-Schuttkegel oder eine entsprechende Sturz-Schutthalde zeichnet sich durch ein regelmässiges Gefälle und eine typische Sortierung der Gesteinskomponenten nach ihrer Grösse aus:
  - Die Böschungsneigung einer trockenen Sturz-Schutthalde ist Ausdruck eines eingespielten Gleichgewichtszustandes zwischen bewegungsfördernden und bewegungshemmenden Kräften. In diesem Gleichgewichtszustand entspricht der Böschungswinkel dem mittleren "inneren Reibungswinkel" (vgl. dazu z.B. *Knoblich*, 1967). Dieser natürliche Böschungswinkel ist vor allem gesteinsabhängig; beispielsweise beträgt er für dichte Kalke etwa 32° und für Tonschiefer (Bündnerschiefer) etwa 27° (vgl. dazu *Piwowar* 1903, 22).
  - Die grössten Gesteinskomponenten befinden sich im Fussbereich der Schutthalde, während die feineren Komponenten im oberen Teil der Schutthalde liegengeblieben sind. Dies lässt sich erklären mit der geringeren mittleren Reibungsfläche im Verhältnis zum Volumen bzw. zur Masse der grösseren Steine<sup>3</sup>.

Die genannten Gesetzmässigkeiten sind weniger deutlich, wenn die Sturz-Schutthalde von Murgängen (vgl. unten) oder von Lawinen betroffen sind. Im letzteren Falle findet sich oft eine extrem ausgeglättete Oberfläche und manchmal auch eine Streifung ungefähr in Richtung der Falllinien (vgl. dazu beispielsweise *Luckmann*, 1977).

#### 3 1 2 Murgänge

In den Bergen oberhalb der Waldgrenze sind oft die Spuren von kleineren Murgängen sichtbar (vgl. Abb. 4). Hier können vorerst die Formen angesprochen werden: Gerinne, Gully (Graben), seitliche Wälle, Schuttkegel.

Dabei lassen sich die genannten einzelnen Erscheinungen fast nach Belieben weiter untersuchen:

- Grabenquerschnitte:
  - Beschaffenheit des Materials an der Seite (in was ist der Graben erodiert?),
  - ist die Grabenbreite,
  - die Grabentiefe abhängig vom Material, vom Gefälle?

- Untersuchung der Geröllsortierung am Schuttkegel:

- Ungeordnete Deponien mit unebener Oberfläche, mit Schwemmfirsten und -kämmen und ausgeprägtem Feinrelief deuten auf Murgänge als Ursache hin.
- Ein regelmässiger Kegel mit von oben nach unten abnehmender Korngrösse ist ein Hinweis auf mehr oder weniger reine Schwemmprozesse, wonach dann besser von einem Schwemmkegel gesprochen werden sollte.



Abb. 4 Spuren eines kleinen Murganges oberhalb der Alp Chuetungel bei Lauenen. (Koord. 594300/137400)

Im weiteren sind Beobachtungen zu Form, Grösse, Beschaffenheit (Geologie, Neigung, Rauigkeit, Bodendurchlässigkeit und Vegetation) des Einzugsgebietes sinnvoll. Die Beobachtungen können ergänzt werden durch Überlegungen zu Niederschlagsintensitäten, Niederschlagsdauer, Schneeschmelzvorgängen usw. (Angaben zu Starkregen finden sich in Zeller, J., Geiger, H., Röthlisberger, G., 1976-ff.)

### 3 1 3 Gleitschnee und Lawinen

Vor allem an südexponierten Hängen kann häufig beobachtet werden, dass die Schneedecke auf dem Untergrund langsam abgleitet. Unter der Wirkung von solchem "Sueggischnee" wird die Grasnarbe oft aufgerissen und zusammen mit dem durchwurzelten Boden talwärts bewegt (vgl. Abb. 5).

Die durch solche "Blaikenbildung" entblösten Hänge sind in der Folge auch andern Erosionserscheinungen (Schmelzwasser, Niederschlagswasser, Wind) in erhöhtem Masse ausgesetzt. Je nach Beschaffenheit des Untergrundes und der Lage des Hanges zu einem Fliessgewässer, kann diese zusätzliche Erosion die Gefährlichkeit eines Wildbaches beeinflussen. Eine Regeneration der Bodendecke kann gerade in höheren Lagen Jahrzehnte dauern<sup>4</sup>.

Die Spuren von Lawinen können in der Sommerzeit primär an der Vegetation erkannt werden:

- Entwurzelte und relativ regelmässig ausgerichtete Bäume weisen eher auf die Wirkung von Fliesslawinen (vgl. u.a. Salm, 1982, 72) hin, während Bäume, welche von Staublawnen (Luftdruck) betroffen worden sind, häufig ein bis mehrere Meter über dem Boden geknickt sind.
- Lawinenschneisen in Wäldern weisen oft Erlen- oder Rasenbewuchs auf; der jüngere Baumbestand am Rand der Schneise zeigt, dass ab und zu (vielleicht in Intervallen von Jahrzehnten) grössere Lawinen auch den Waldbestand angreifen.



Abb. 5 Blaikenbildung durch Gleitschnee (Stüblenen, Koord. 595800/140300)

Mit aufmerksamem Auge lassen sich jedoch auch Einflüsse der Lawinen auf die Gestaltung des Reliefs, besonders des Feinreliefs erkennen:

- Oberhalb der Vegetationsgrenze fallen etwa Schuttkegel auf, welche durch Bodenlawinen immer wieder geglättet werden (vgl. dazu Luckmann, 1977).
- Lawinenschnee enthält sehr oft Steine und Blöcke. Beim Aeschmelzen sinken diese auf den Untergrund. Zeugen davon sind etwa kleinere Steine, welche wie in Abb. 6 auf grösseren Blöcken liegen.



Abb. 6 Aus Lawinenschnee ausgeschmolzene Steine und Feinmaterial.

### 3 2 Exkursionen zum gesamten Problemkreis Mensch-Naturgefahren

Während es im vorangehenden Kapitel vor allem um die Beobachtung von gefährlichen Prozessen und deren Spuren geht, ist hier das Ziel, den Schülern die komplexen Zusammenhänge zwischen solchen Prozessen und dem Wirken des Menschen aufzuzeigen. Dabei können etwa folgende Themen am Beispiel einer Berggemeinde, einer Talschaft behandelt werden:

- Geschichte der Besiedlung und Landnutzung (z.B. Streusiedlung und ausgedehnte Waldrodungen der Walser),
- Geschichte der Schäden und Naturkatastrophen,

- Reaktionen der Menschen auf solche Katastrophen,
- Verbauungskonzepte und -massnahmen. Hier sollte vor allem gezeigt werden, dass vielfach nicht einzelne Massnahmen genügen, sondern dass sich verschiedene Massnahmen ergänzen müssen. Im Falle einer Wildbachsanierung kann je nach Situation folgendes notwendig sein:
  - Aufforstung von ehemaligem Weideland zur Verbesserung der Wasserretention, Problem des Ersatzes an geeigneten Stellen, Landumlegungen, Güterzusammenlegungen,
  - gezielte Waldpflege,
  - Bau von Erschliessungsstrassen, die zwar oft (besonders bei unsorgfältiger Ausführung) ein bedeutender Eingriff in die Landschaft sind, aber für die Waldpflege eine unabdingbare Voraussetzung sein können,
  - Lawinenverbauungen (zum Schutz der Wälder und Aufforstungen!),
  - technische (z.B. Drainage) und biologische (z.B. Buschlagenverbau mit Weiden und Erlen) Stabilisierung von Rutschhängen,
  - Einbau von Sperrenstaffelungen in das Wildbachgerinne,
  - Erstellen von Geschieberückhaltebecken,
  - Verhindern von Bauten in nach wie vor gefährdeten Gebieten im Schwemmkegelbereich (Gefahrenzonenpläne),
- wirtschaftliche und finanzielle Belastung der Gemeinden durch solche Massnahmen (Subventionspolitik),
- Probleme der Verkehrswege (z.B. Wintersicherheit von Bahn und Strasse in Lawinengebieten).

Solche Exkursionen können in zahlreichen Gebieten unserer Alpen durchgeführt werden. Sie verlangen jedoch in jedem Falle eine minutiöse und dadurch meist sehr aufwendige Vorbereitung. Der Aufwand lohnt sich jedoch immer, wenn die Exkursion dazu beiträgt, die Einsicht in die komplexen ökologischen Zusammenhänge (im umfassenden, das Wirken des Menschen einschliessenden Sinn) aufzuzeigen und auch Verständnis für die besonderen Probleme der Berggebiete zu wecken.

## 4 Versuche im Freien und im Labor

### 4.1 In einer Kiesgrube

Nach Absprache mit dem Grubenbesitzer! Vorsicht, denn Grubenwände können einstürzen!

Auch hier führt nur gründliche Vorbereitung (vorgängiges Ausprobieren der Experimente) zum Erfolg!

- Aufschütten von kleinen Böschungen mit verschiedenem Erdmaterial (Bodenarten wie Kies, Sand, Silt, Ton); Gemische: trocken, feucht, nass; verschiedene natürliche Böschungswinkel<sup>5</sup>,
- Verursachen von Stürzen und Rutschen an solchen Böschungen (im Stabilitäts-Grenzbereich des "natürlichen" Hanges und durch Anschnitte, Bau von "Strassen" in den Hang).

Selbstverständlich lassen sich in Kiesgruben noch weitere Beobachtungen machen: Aufbau des Kiesgrubenprofils, Quartärablagerungen, Verlandung von Tümpeln, Flora, Fauna usw.

#### 4 2 An einem Bach oder Fluss

- Prallhang/Gleithang,
- Unterspülen der Ufer, Einsturz,
- Kolkbildung (Gefahr für Sperren und Schwellen),
- Mäanderbildung.

Diese Erscheinungen können z.T. auch im Sandkasten nachgebildet werden.

#### 4 3 Im Sandkasten

Einzel- und Gruppenarbeiten. Grosse Giesskanne mit Brause. Dazu finden sich in der Broschüre von *Nussbaum* (1926: "Das Sandrelief") zahlreiche Anleitungen und Anregungen. Bezüglich der Sandqualität sei hier folgendes zitiert: "Der Sand darf nicht zu grob, aber auch nicht wie sog. 'Vögelisand' zu fein sein. Er sollte nicht von einem Baugeschäft als sog. Bausand bezogen, sondern aus einem benachbarten Fluss- oder Bachbett geholt werden. Denn richtig geschlemmter, etwas tonhaltiger Sand eignet sich am besten für die Verwendung im Sandkasten und verbürgt einzig für das Zustandekommen der durch das fließende Wasser geschaffenen Formen: sog. Bausand ist meist ziemlich grobkörnig und infolgedessen stark wasserdurchlässig."

Auch hier müssen praktische Vorversuche durchgeführt werden; die Experimente gelingen selten auf Anhieb.

- Geneigte Fläche: Rillenerosion, Bilden von Gerinnen.
- Geneigte Fläche mit Steilstufe: Einschneiden von Rinnen, Runsen.
- Grösserer Hang: Bildung eines Bachgrabens; V-Tälchen, Tiefen- und Seitenerosion, Nachstürzen und -rutschen der seitlichen Böschungen; Materialtransport.
- Fortsetzung des Experiments bis zur Entstehung eines Wildbaches mit Einzugsgebiet, Sammelkanal und Schwemmkegel.
- Bei geeignetem Material gelingt vielleicht das Auslösen eines Murganges: Verstopfung des Gerinnes durch einen künstlich ausgelösten seitlichen Rutsch oder durch verkeilte "Baumstämme".
- Talfluss: Normale Wasserführung, Geschiebeführung, Geschiebeablagerung. Hochwasser, Schwachstellen mit Ausbruchsmöglichkeiten usw.

## 5 Vertiefung des Problemkreises im Schulzimmer

Exkursionen und Feld- oder Laborversuche erfordern theoretische Vor- und Nachbereitung. Je nach Breite und Tiefe der Behandlung der Thematik kann dies im Rahmen verschiedener Fächer erfolgen: Heimatkunde, Geographie, Geologie.

Wenn eine Vertiefung in Richtung der gefährlichen Prozesse erfolgen soll, kann dies idealerweise im Physikunterricht geschehen:

- Loslösen von Material, Sprengwirkung von gefrierendem Wasser zeigt physikalische Eigenschaften von Wasser/Eis,
- Steinschlag als Folge des freien Falls, der Erdbeschleunigung, Schwerkraft,
- Fels- oder Erdrutsch im Zusammenhang mit Gleitbewegungen, Schiefe Ebene, Reibung usw.

Im Biologieunterricht lassen sich Aufforstungsprobleme behandeln: Baumarten (warum ist die Lärche für den Lawinenschutz weniger geeignet als die Fichte?), Klimaansprüche der Bäume, Problem der Wildschäden usw.

Im Deutschunterricht bietet sich beispielsweise die Lektüre von *Gotthelfs* "Wassernot im Emmental" an, wo die Hochwasserkatastrophe von 1837 auf eindruckliche Weise beschrieben wird.

Fragen der Besiedlungsgeschichte, der Raumplanung (Gefahrenzonen) können beispielsweise im Rahmen des Geographie- oder des Staatskundeunterrichtes behandelt werden.

## 6 Schlussbemerkungen

Wir haben in diesem Aufsatz versucht, eine Einführung in das breite Feld des Problemkreises Naturgefahren zu geben. Obschon wir den Schwerpunkt deutlich auf diesen thematischen Hintergrund gelegt haben, ist es im gegebenen Rahmen nicht möglich gewesen, die Materie in ihrer ganzen Breite und in genügender Tiefe abzuhandeln. Hier muss der interessierte Lehrer auf die Fachliteratur verwiesen werden. Wir haben deshalb im Literaturverzeichnis zusätzlich zur zitierten Literatur noch einige weitere geeignete und zugängliche Werke aufgelistet.

Die didaktischen Hinweise erfolgen mit Absicht nur stichwortartig, da die Auswahl des zu behandelnden Stoffes, die Exkursionsorte, die Experimentiermöglichkeiten so zahlreich sind, dass sich jeder Lehrer selber ein Programm zusammenstellen kann, das dann auch der jeweiligen Schulstufe angepasst ist. Die Phantasie und Kreativität des einzelnen Lehrers findet hier ein dankbares Wirkungsfeld.



## RÉSUMÉ

*Phénomènes géomorphologiques dangereux: thème d'enseignement dans les écoles.*

Dans une première partie, on se propose de circonscrire le vaste champ des problèmes touchant aux catastrophes naturelles. On montre comment les dangers naturels, comme les chutes de rochers, les glissements de terrain, les torrents, les avalanches, sont la conséquence inévitable des perpétuelles transformations de l'écorce terrestre: soulèvements tectoniques, décomposition des roches, érosion. On insiste aussi sur le fait que les dangers ou catastrophes naturels peuvent être conditionnés par l'activité économique de l'homme (augmentation des dangers potentiels d'une part, mesures contre les dangers naturels d'autre part). Le côté relativement spectaculaire de ces processus naturels éveille un intérêt tout particulier chez les élèves; cette motivation favorise l'approche de la matière à enseigner. La complexité de l'ensemble des problèmes, depuis les processus géologiques et physiques, en passant par les aspects de la planification de l'espace, l'aménagement de la montagne, jusqu'aux mesures techniques et biologiques, permet un enseignement largement pluridisciplinaire, débouchant sur une écologie de vie, dont l'homme constitue un élément.

Dans la deuxième partie, on essaie, par des mots-clés, de donner quelques indications didactiques. Elles sont classées suivant le lieu où l'enseignement est dispensé:

- Excursions dans des régions où se déroulent ces phénomènes.
- Travaux pratiques en plein air ou en laboratoire.
- Théorie et illustration en salle de classe.

En raison des nombreuses possibilités qu'offre le sujet pour l'enseignement, on a renoncé à formuler des leçons toutes faites. En plus, il convient de s'adapter chaque fois au niveau scolaire.

Résumé: *H. Kienholz*

Traduction: *P. Meyer*

## ANMERKUNGEN

- <sup>1</sup> In Zusammenarbeit mit *H. Kienholz* (sen.), Lehrer und mit Unterstützung durch die Schweizerische Mobiliar Versicherungsgesellschaft.
- <sup>2</sup> An Stellen, wo häufiger Steinschlag Strassen betrifft und wo die Steine in Drahtnetzen oder andern Auffangvorrichtungen "gesammelt" werden, kann durch eigene Beobachtungen (mehrmaliger Besuch) und durch Diskussion mit dem Strassenmeister in der Regel bestätigt werden, dass die grösste Steinschlagaktivität im Frühjahr zur Zeit der Schneeschmelze (Frostwechsel, viel Wasser) stattfindet.
- <sup>3</sup> Bei einem würfelförmigen Stein von 5 cm Kantenlänge beträgt das Verhältnis Oberfläche/Volumen  $150 \text{ cm}^2/125 \text{ cm}^3 (= 1,2)$ , bei einem Block von 25 cm Kantenlänge jedoch  $3750 \text{ cm}^2/15625 \text{ cm}^3 (= 0,24)$ .
- <sup>4</sup> Dies belegen auch die Erfahrungen mit Skipistenplanierungen.
- <sup>5</sup> Das Material locker aus geringer Höhe auf den Boden zu einem Kegel "aufrieseln" lassen.

## LITERATUR

- EASF, (1977): Hochwasserschutz in der Schweiz. In: Veröff. des Eidg. Amtes für Strassen- und Flussbau, EDMZ, Bern, 238
- Fliri, F. (1975): Mensch und Naturkatastrophen in den Alpen. — Interprävent 1975, Forschungsges. f. vorbeug. Hochwasserbekämpfung, Bd. 2, Klagenfurt, 37-49
- Frutiger, H. (1972): Zur Geschichte des Schweizerischen Lawinenverbau. In: Lawinenschutz in der Schweiz, Beiheft Nr. 9 zum Bündnerwald, SELVA, Chur, 57-66



- Gotthelf, J.* (1958): Die Wassernot im Emmental. In: Gute Schriften, Nr. 14, Bern
- Hirsch, M.* (1984): Methodik einer Sicherheitsplanung bezüglich Naturgefahren im Berggebiet unter besonderer Berücksichtigung des Raumes um Lauenen, eines zukünftigen touristischen Entwicklungsgebietes. — Dipl. Arb., Geogr. Inst. Univ. Bern
- Kienholz, H.* (1977): Kombinierte geomorphologische Gefahrenkarte 1 : 10 000 von Grindelwald mit einem Beitrag von *W. Schwarz*. — Geographica Bernensia, G4, Geogr. Inst., Univ. Bern, 204
- Kienholz, H.* (1981): Zur Methodologie der Beurteilung von Naturgefahren. In: Geomethodica = Veröffentlich. 6.BGC, Basel, Vol. 6, 25-56
- Kienholz, H.* (1984): Naturgefahren: Eine zunehmende Bedrohung? In: *Brugger, E.A.* u.a.: Umbruch im Berggebiet., Haupt, Bern, 563-587
- Knoblich, K.* (1967): Mechanische Gesetzmässigkeiten beim Auftreten von Hangrutschungen. In: Z. f. Geomorphologie, N.F., Bd. 11, 286-299
- Kuoch, R.* (1981): Ökologie und Ökonomie im Wald. — Vortragsmanuskript, Forstinspektion Berner Oberland, Spiez, 6
- Luckmann, B.H.* (1977): The geomorphic activity of snow avalanches. In: Geografiska Annaler, 59A, 31-48
- Munter, W.* (1979): Lawinenkunde. — Hallwag Taschenbuch 11, Bern
- Nussbaum, F.* (1926): Das Sandrelief — Arbeiten am Sandkasten. — Kümmerly & Frey, 2. Aufl., 50
- OFI (1975): Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr beim Erstellen von Bauten und bei der Verkehrs- und Siedlungsplanung. — Prov. Ausg. Eidg. Oberforstinspektorat (heute: Bundesamt für Forstwesen), Bern
- Pancza, A.* (1985): Régime des chutes de pierres dans une paroi rocheuse du Jura. In: Physische Geographie, Vol. 16, Univ. Zürich, 85-94
- Piowar, A.* (1903): Über Maximalböschungen trockener Schuttkegel und Schutthalden. — Diss. Univ. Zürich
- Salm, B.* (1979): Lawinenkunde für Praktiker. — Schweizer Alpen Club (SAC)
- Schild, M.* (1972): Lawinen. — Lehrmittelverlag des Kantons Zürich, Zürich, 132
- Stiny, J.* (1931): Die geologischen Grundlagen der Verbauung der Geschiebeherde. — Springer, Wien
- Zeller, J. und Geiger, H. und Röthisberger, G.* (1976 ff.): Starkniederschläge des schweiz. Alpen- und Alpenrandgebietes. — Eidg. Anst. f. forstl. Versuchswesen, Birmensdorf
- Zollinger, F.* (1976): Die Ausscheidung von Gefahrenzonen. — Dok. u. Inf. z. Schweizer. Orts-, Regional- u. Landesplanung. Disp. Nr. 42, ORL ETH, Zürich, 28-38

#### WEITERE LITERATUR

- Abele, G.* (1974): Bergstürze in den Alpen. In: Wissenschaftliche Alpenvereinshefte, H. 25, Hauptauschüsse des Deutschen und des Österreichischen Alpenvereins, München
- ASF, (1974): Die grössten bis zum Jahre 1969 beobachteten Abflussmengen von Schweizerischen Gewässern. — Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale Bern
- Bolt, B.A., u.a.* (1975): Geological Hazards. — Springer, Berlin/New York
- Bunza, G. und Karl, J.* (1975): Erläuterungen zur hydrographisch-morphologischen Karte der Bayerischen Alpen. — Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, Sonderheft, München
- Bunza, G.* (1976): Systematik und Analyse alpiner Massenbewegungen. — Schriftenreihe Bayer. Landesstelle für Gewässerkunde, H. 11, München, 1-84
- Derbyshire, E., Gregory, K.J. und Hails, J.R.* (1979): Geomorphological Processes. — Studies in Physical Geography, Butterworths, London
- Embleton, C. und Thornes, J. (Ed.)*, (1979): Process in Geomorphology. — Arnold, London
- Heim, A.* (1932): Bergsturz und Menschenleben. — Separatdruck Vierteljahrszeitschr. d. Nat.forsch. Ges. in Zürich, Verlag Fretz & Wasmuth, Zürich, 219
- Jäckli, H.* (1957): Gegenwartsgeologie des bündnerischen Rheingebietes. In: Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Ser. Lfg. 36, Kümmerly & Frey, Bern

- Laatsch, W. und Grottenhaler, W.* (1972): Typen der Massenverlagerung in den Alpen und ihre Klassifikation. In: Forstw. Centralblatt, Jg. 91, H. 6, Parey, Hamburg/Berlin, 309-339
- Scheidegger, A.E.* (1961 bzw. 1970), (2nd revised edition): Theoretical Geomorphology. — Springer, Berlin, New York
- Scheidegger, A.E.* (1975): Physical Aspects of Natural Catastrophes. — Elsevier, Amsterdam/New York
- Zeller, J.* (1967): Flussmorphologische Studie zu Mäanderproblemen. In: Geogr. Helv. Bd. 22, Bern, 57-95