

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 145 (1994)
Heft: 1

Artikel: Lawinen : Gefahr und Risiko langfristig betrachtet
Autor: Salm, Bruno
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-766577>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.02.2025

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

Lawinen – Gefahr und Risiko langfristig betrachtet¹

Von Bruno Salm

FDK 116.12:384.1:583:624.4

1. Einleitung

Das Ziel der folgenden Betrachtungen ist, zu zeigen, wie für Menschen und Güter in Siedlungen und auf Verkehrswegen eine genügende Sicherheit erreicht werden kann. Als Mass für die Sicherheit wird das Risiko verwendet. Je kleiner dieses ist, umso höher ist die Sicherheit. Da nun die Lebensdauer der von Menschen errichteten Anlagen mehrere Jahrzehnte bis einige Jahrhunderte beträgt, muss auch ein entsprechender Zeitraum für die Gefahrenbeurteilung berücksichtigt werden. Sogenannte einmalige Ereignisse in Zeiträumen von einigen Jahrtausenden – wie etwa der Bergsturz von Flims – sind sicher auszuschliessen (Kienholz, 1993). Selbstverständlich gelten für Ereignisse mit grosser Häufigkeit keinerlei Beschränkungen. Es geht vorerst darum, in den anvisierten Zeiträumen das langfristige «Lawinenklima» festzustellen – im Gegensatz zu aktuellen Gefahren, welche innerhalb von Tagen oder sogar Stunden ändern können (siehe Föhn, 1993). Dies ist analog zur Meteorologie, welche zwischen «aktuellem Wetter» und «Klima» unterscheidet, das sehr langfristige Mittelwerte und die zugehörigen Streuungen umfasst.

Früher und zum Teil auch noch heute galten Gebiete entweder als «sicher» oder «gefährlich». Als Gefahrengebiete wurden Regionen bezeichnet, in denen Lawinenkatastrophen und Unfälle auftraten. Entsprechende Schutzmassnahmen wurden dann hauptsächlich aufgrund solcher Vorfälle ergriffen. Ein derartiges Vorgehen lässt sich heute aus naturwissenschaftlicher, technischer und volkswirtschaftlicher Sicht kaum mehr verantworten, obschon oft nicht zu vermeiden ist, dass politische Entscheide ein systematisches Vorgehen verhindern. Damit gut begründete Prioritäten und Methoden für Schutzmassnahmen festgelegt werden können, bedarf es heute einer umfassenden, flächenhaften Untersuchung von Gefahrenpotentialen und entsprechenden

¹ Nach einem Referat, gehalten am 28. Januar 1993 anlässlich der Tagung «Forum für Wissen» an der WSL in Birmensdorf.

Risiken. Die frühere Einteilung in entweder «sicher» oder «gefährlich» wird dabei durch kontinuierlich variable Wahrscheinlichkeiten ersetzt.

Erste flächenhafte Darstellungen von Gefahrenpotentialen wurden 1953 und 1960 für die Siedlungsgebiete Gadmen (BE) bzw. Wengen (BE) ausgearbeitet. Dazu kam seit den sechziger Jahren die Entwicklung der auf deterministischen und statistischen Methoden beruhenden Lawinendynamik, welche Aussagen über Ausmass und Häufigkeit von Ereignissen erlaubt. Zusammen mit der etwa in den letzten beiden Jahrzehnten entwickelten Sicherheitstheorie können nun Sicherheitsplanungen tatsächlich durchgeführt und bezüglich Risiko und Kosten optimale Schutzmassnahmen gefunden werden.

2. Gefahr, Schaden und Risiko bei Lawinen

Unter einer Gefahr bzw. einem gefährlichen Prozess wird die Möglichkeit des Anbruches einer Schneemasse und einer anschliessenden Bewegung bis zum Stillstand verstanden. Die Wahrscheinlichkeit eines Anbruches soll statistisch erfassbar sein; «einmalige» Ereignisse sind, wie bereits erwähnt, also ausgeschlossen.

Das Risiko wird nicht allein durch die Gefahr, sondern ebenso durch die Wahrscheinlichkeiten von Schäden samt deren Ausmass bestimmt. Schäden können Menschen, Tiere, Bauwerke und Verkehrsmittel nur dann erleiden, wenn sie sich zum Zeitpunkt des «gefährlichen Prozesses» gerade in dessen Wirkungsbereich befinden. Die entsprechenden Wahrscheinlichkeiten müssen deshalb miteinander multipliziert werden.

Das Risiko ist definiert als Produkt der Wahrscheinlichkeiten von Gefahr (Eintretenswahrscheinlichkeit), Schaden (Präsenzwahrscheinlichkeit) und Schadenausmass (Ausmasswahrscheinlichkeit). Die Wahrscheinlichkeiten werden so normiert, dass sie zwischen null und eins liegen. Das sogenannte individuelle Risiko für eine Person beträgt zum Beispiel eins – was den unausweichlichen tödlichen Unfall bedeutet – wenn alle Faktoren eins sind. Ist einer davon null – zum Beispiel wenn sich die betreffende Person gar nicht im Wirkungsbereich befindet – so ist auch das Risiko null. Das kollektive Risiko ist die Summe der individuellen Risiken und beschreibt das Gesamtrisiko für eine exponierte Personengruppe (*Bohnenblust et al.*, 1987).

Dieses soeben definierte tatsächliche Risiko reicht aber nicht aus, um die Sicherheitsproblematik vollständig zu beschreiben. Es kommt noch eine wesentliche subjektive, eher irrationale Komponente dazu, die in der Sicherheitstheorie als Aversion bezeichnet wird (*Bohnenblust et al.*, 1987). Erstens wird ein Unfall mit 100 Todesopfern von der Öffentlichkeit als wesentlich schwerwiegender beurteilt als 100 Unfälle mit je einem Todesopfer. Zweitens besteht gegen Lawinenunfälle als Folge einer mehr oder weniger unfreiwillig

in Kauf genommenen Naturgefahr eine höhere Aversion als gegen andere Arten von Unfällen (man vergleiche zum Beispiel die Publizität, die ein Lawinenunfall mit einem Todesopfer erreicht mit derjenigen eines Strassenverkehrsunfalles mit ebenfalls einem Opfer).

Das mit dem sogenannten Aversionsfaktor multiplizierte tatsächliche Risiko ergibt das sogenannte empfundene Risiko, das dann für die Sicherheitsplanung massgebend wird. *Basler und Partner* (1985) schlagen für Lawinen mit bis 8 Todesopfern einen Faktor 1, bei 8 bis 60 Todesopfern einen Faktor 3 und bei über 60 Todesopfern einen Faktor von 10 vor. Diese Annahmen sind natürlich weitgehend eine Ermessensfrage. Sie liegen qualitativ sicher richtig, obschon der oben erwähnte Unterschied zwischen Strassenverkehrs- und Lawinenunfall nicht berücksichtigt wird.

Das errechnete empfundene Risiko muss schliesslich mit einem tolerierbaren Risiko verglichen werden. Hier kann nicht ein Wert Null gefordert werden, da zum Beispiel eine Lawinenstützverbauung die Gefahrenwahrscheinlichkeit zwar wesentlich reduzieren, aber nie auf Null bringen kann. Die Antwort auf die Frage «wie sicher ist sicher genug?» lässt sich nicht auf rein naturwissenschaftlich-technischer Grundlage beantworten. Es spielen hier nicht nur objektiv messbare Grössen eine Rolle, sondern ebenso subjektive und irrationale Faktoren, welche zudem im Wandel der Zeiten und Anschauungen Veränderungen unterworfen sind (siehe auch *BFL* und *SLF*, 1984).

In der Sicherheitstheorie existieren also zwei «irrationale» Faktoren, Aversionsfaktor und tolerierbares Risiko, welche eng miteinander verknüpft sind.

3. Die Lawinengefahr

3.1 Anrissgebiet

Die zur Lawinenbildung führenden Faktoren lassen sich in drei Kategorien einteilen: Eine bildet das Lawinengelände und berücksichtigt zeitunabhängige Grössen. So treten zum Beispiel Anrisse in der Regel bei Hangneigungen zwischen 30° und 50° auf, oder grössere Lawinen kommen bei Neigungen von weniger als etwa 16° zum Stillstand. Die zweite Kategorie lässt sich unter dem Begriff lawinenaktiver Schnee zusammenfassen und enthält lauter wetter- und damit zeitabhängige Faktoren. Eine letzte Kategorie umfasst klimatische Einflüsse, die im Mittel über grössere Zeiträume unverändert bleiben (regionale Niederschlagsmengen, vorherrschende Winde, die zu Schneeverfrachtungen führen oder expositionsabhängige Hangklimas und deren Einfluss auf den Schneedeckenaufbau).

Die *aktuelle* Gefahr kann deshalb je nach dem wetterbeeinflussten lawinenaktiven Schnee rasch wechseln. Für eine Gefahrenbeurteilung von

Extremereignissen über grosse Zeiträume, aber auch für bauliche Schutzmassnahmen, müssen ausgesuchte Extremwerte der Schneedecke im Anrissgebiet und deren Häufigkeit quantitativ festgelegt werden. Für die Berechnung des Gefahrenpotentials einer Lawine spielt die Anrisshöhe (Dicke der anbrechenden Schicht) eine entscheidende Rolle und muss deshalb quantitativ festgelegt werden. Grundlage dafür stellen Schneedaten des von der Sektion I des Eidg. Institutes für Schnee- und Lawinenforschung betreuten Beobachtungsnetzes dar. Die Ausgangsgrössen sind die in Messreihen von 20 bis 60 Jahren festgestellten dreitägigen Schneehöhenzuwächse. Mit einer Extremwertstatistik können so die regionalen Grundwerte der Anrisshöhen für ausgewählte mittlere Wiederkehrperioden bestimmt werden. Für die tatsächlich auftretenden örtlichen Höhen bedarf es noch zweier Modifikationen der Grundwerte: Umwandlung der regional gültigen Werte (Grössenordnung 100 km²) in die örtlichen (Grössenordnung 1 km²) und Umrechnung auf die tatsächliche Hangneigung. Mit der Annahme, dass jeder Schneehöhenzuwachs zu einer entsprechenden Lawine führt, ist man auf der sicheren Seite: Anrisse treten seltener auf als die ermittelten Zuwächse; die tatsächlichen Wiederkehrperioden sind daher immer etwas grösser. Ein laufendes Forschungsprojekt des Eidgenössischen Institutes für Schnee- und Lawinenforschung soll diese Zusammenhänge besser abklären.

Da das Ausmass einer Lawine (im besonderen die Auslaufstrecke) besonders stark durch die Anrisshöhe bestimmt wird, ist damit die oft gestellte Frage, wie man denn ein 300jähriges Ereignis überhaupt bestimmen könne, beantwortet.

Die Bestimmung der flächenhaften Ausdehnung eines Anrissgebietes ist oft schwierig. Untersuchungen haben gezeigt, dass sie immer kleiner ist als die Summe der über 30° geneigten Flächenteile. Grundsätzlich ist sie durch klimatische Einflüsse und durch die Topographie gegeben. Früher beobachtete Ereignisse sind sehr wertvoll, nur sind leider gerade die Anrissgrenzen wegen den oft auch nach einem Anriss andauernden Schneefällen meist nicht mehr einwandfrei feststellbar.

3.2 Sturzbahn und Ablagerungsgebiet

Zu untersuchende Gefahrengelände können in der Sturzbahn liegen (zum Beispiel Verkehrswege), befinden sich aber oft in den flachen Auslaufstrecken (Siedlungen). Es gilt also für ein Ereignis mit gegebener Wiederkehrperiode und den entsprechenden Anrissverhältnissen die Geschwindigkeiten, Fliesshöhen und Auslaufstrecken zu bestimmen. Unterhalb des Anrisses können zwei gänzlich verschiedene Bewegungsarten entstehen: *Fliesslawinen* bewegen sich mit grosser Dichte (vergleichbar mit derjenigen der Schneedecke) entlang dem Boden und verursachen meist die grössten Druckwirkungen.

Staublawinen sind rascher, haben eine grössere Höhenentwicklung und weisen grössere Auslaufstrecken auf; ihre Dichte ist jedoch klein (vergleichbar mit der Luftdichte). Fliesslawinen sind wesentlich besser untersucht. Ein laufendes Forschungsprojekt am Eidgenössischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung soll jedoch den nicht verantwortbaren Rückstand bei Staublawinen aufholen. Wir hoffen, dieses Projekt weiterführen und in nächster Zeit Regeln für den Praktiker angeben zu können.

Damit im Alpengebiet überall die selben Massstäbe angelegt werden, existieren Standard-Berechnungsmethoden (*Salm et al.*, 1990) und Richtlinien zur Berücksichtigung der Gefahr (BFL und SLF, 1984). Sie werden übrigens zum Teil auch im Ausland angewendet.

Es sei nachdrücklich darauf hingewiesen, dass Berechnungen nur einen Teil der Gefahrenbeurteilung darstellen. So liefern sie zum Beispiel für das Auslaufgebiet nur Werte für einzelne Punkte. Für die notwendige *flächenhafte* Untersuchung sind genaue Karten (mindestens 1:10 000), Feststellungen bei Geländebegehungen und eine planmässige Darstellung aller bisher beobachteten Ereignisse im Lawinenkataster von grösster Wichtigkeit. Oft sind Lawinenkataster nicht vorhanden und reichen zudem nicht genügend weit in die Vergangenheit zurück, so dass die Wahrscheinlichkeit, dass ein 300jähriges Ereignis darin erfasst ist, sehr klein ist. Hier erlauben aber die Berechnungen eine auf das gesuchte Extremereignis bemessene Gefahrenzone zu bestimmen.

3.3 *Veränderungen des Gefahrenpotentials*

Die Wirkungsbereiche von Lawinen sind gelegentlich zeitlichen Veränderungen unterworfen. Im Anrissgebiet können zum Beispiel durch Waldzerstörungen neue Gefahren entstehen (Vergrösserung oder Entstehung von Anrissgebieten), oder es vermindern sich Gefahren durch Lawinenverbauungen und Aufforstungen (Verkleinerung oder weitgehende Elimination der Anrissgebiete). Die Richtlinien BFL und SLF (1984) verlangen eine Berücksichtigung von Veränderungen sowohl im negativen wie im positiven Sinne.

Künftige Klimaveränderungen können heute noch nicht berücksichtigt werden. Die gegenwärtig zur Verfügung stehenden Klimamodelle geben keine Auskunft über zu erwartende Veränderungen von örtlichen Niederschlägen oder Temperaturen. Es wäre deshalb wenig sinnvoll, undeutliche zu erwartende Veränderungen mit den doch immer mit gewissen Unsicherheiten behafteten Berechnungsmethoden zu kombinieren. Wir haben deshalb von den *heutigen* klimatischen Verhältnissen auszugehen. Ein 300jähriges Ereignis könnte ja zum Beispiel schon im nächsten Winter auftreten.

4. Lawinengefahrenkarten (LGK)

4.1 Zweck und Hintergründe

Die LGK dienen dazu, bei raumwirksamen Tätigkeiten (Richt- und Nutzungspläne, Planung von Bauten und Anlagen, Erteilung von Konzessionen usw.) der Lawinengefahr Rechnung zu tragen, so dass Sicherungsmassnahmen zweckmässig vorgenommen werden. Das Entstehen von Bauzonen und Bauten in erheblich gefährdeten Gebieten soll verhindert werden. Falls dort trotzdem Bauten erstellt werden, leistet der Bund keine Subventionsbeiträge für Schutzmassnahmen. Die rechtlichen Grundlagen dazu sind die allgemeine Polzeiklausel, die VV 1965 FPG bzw. die zum neuen Waldgesetz 1993 gehörende Waldverordnung und schliesslich das RPG 1979.

Der Anlass für die Weisungen des Bundes an die Kantone, für die Erstellung der LGK besorgt zu sein, war der Lawinenwinter 1950/51, der schlimmste seit mindestens 100 Jahren zuvor. In der Praxis haben Bauten, welche vorher erstellt wurden, als schutzwürdig zu gelten. Später, im besonderen seit der VV 1965 FPG, konnten in erheblich gefährdeten Gebieten legal keine Bauten mehr erstellt werden.

4.2 Ausarbeitung

Eine LGK unterteilt ein in Frage stehendes Gelände in Teilgebiete mit verschiedenen Gefahrenstufen. Dazu dienen als Unterlagen Karten und Pläne im Massstab 1:10 000 bis 1:1000. Die Erstellung einer LGK hat ausschliesslich nach wissenschaftlichen Kriterien und Methoden zu erfolgen. Dies ist nicht so unwichtig, kann doch ein Lawinenexperte verschiedenen Pressionen ausgesetzt sein. Es könnte zum Beispiel vorkommen, dass von einer gewissen Seite Interesse daran bestünde, ein Gebiet – objektiv ohne nennenswerte Gefahr – in eine Gefahrenzone einzuteilen, nur um dieses entschädigungsfrei von Bauten fernzuhalten (Bauverbote infolge von Naturgefahren geben nie Anlass für Entschädigungen an die Grundeigentümer). Umgekehrt könnten Landbesitzer in einer tatsächlich bestehenden Gefahrenzone ein starkes Interesse daran haben, dort Wohnbauten zu erstellen. Die Begründung lautet dann meist, dass dort «seit Menschengedenken» keine Lawinen aufgetreten seien.

Die ersten LGK wurden eher qualitativ, das heisst ohne lawinendynamische Berechnungen erstellt. Schon in den frühen siebziger Jahren wurden hingegen auf Berechnungen beruhende quantitative Grenzwerte für die Gefahr festgelegt. Als Mass für die potentielle Gefährdung eines Geländepunktes gilt heute:

- die zu erwartende Häufigkeit, ausgedrückt durch die mittlere Wiederkehrdauer, und
- die Intensität einer Lawine.

Häufig auftretende Ereignisse bedeuten eine hohe Gefahr. Dies gilt unabhängig von der Intensität, denn Menschen, die sich im Freien aufhalten, sind schon durch kleine Lawinen einem ernsthaften Risiko ausgesetzt.

Die Intensität wird durch den Lawinendruck auf ein Hindernis ausgedrückt. Dieser wächst mit dem Produkt aus Geschwindigkeitsquadrat und Schneedichte; er ist also auch ein Mass für die kinetische Energie. Die so definierte Intensität beschreibt aber ebenfalls das Ausmass und das potentielle Schadenausmass an Bauwerken (nur Lawinen mit grossen Volumen haben hohe Geschwindigkeiten und Fliesshöhen und deshalb auch grosse Auslaufstrecken).

Mit einer Kombination von Häufigkeit und Intensität werden folgende vier Gefahrenstufen definiert (BFL und SLF, 1984): *Rotes* Gebiet bedeutet erhebliche Gefährdung, *blaues* seltenere Lawinen mit relativ kleiner Intensität und *gelbes* eine sehr geringe Gefahr. In dem *weiss* belassenen Gebiet sind nach menschlichem Ermessen keine Lawinenwirkungen zu erwarten. Genau genommen nimmt die Gefahrenwahrscheinlichkeit in einer Auslaufstrecke kontinuierlich von einem hohen Wert bis zu fast null ab, was ein direktes Abbild der Anrisshöhen ist. Gemäss der Extremwertstatistik nehmen bei abnehmender Häufigkeit die Anrisshöhen und damit die Auslaufstrecken immer zu (eine obere Grenze dieser Strecken gibt es theoretisch bei entsprechendem Gelände also nicht). Die Gebietsgrenzen stellen Linien gleicher Gefahrenwahrscheinlichkeit dar. *Abbildung 1* zeigt die quantitative Aufteilung.

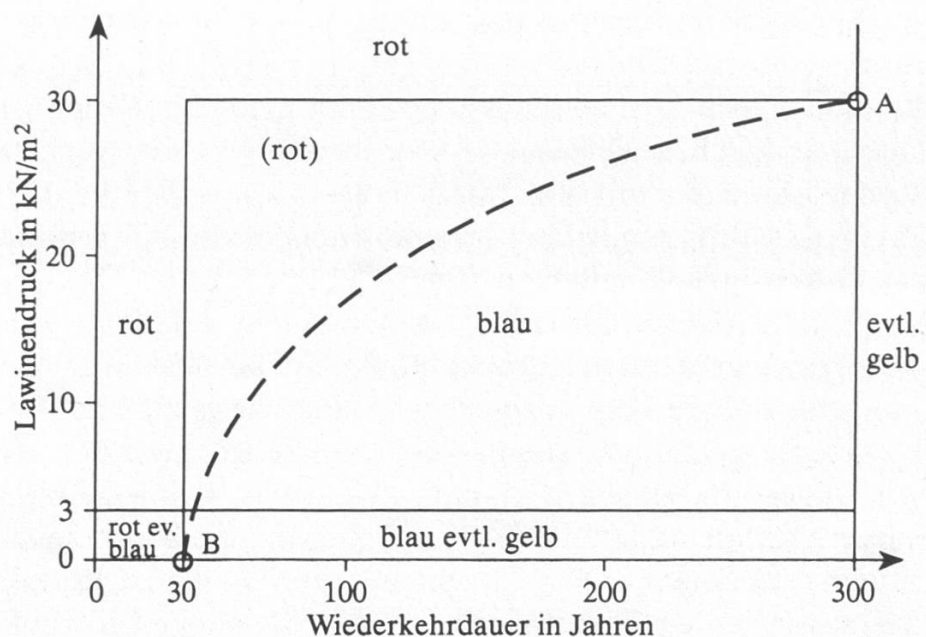


Abbildung 1.
Kriterien der
Gefahrenzonen.

Lawinen mit einer Wiederkehrdauer T_r bis zu 30 Jahren werden unabhängig vom Druck als erhebliche (rote) Gefährdung betrachtet. Bei seltenen Lawinen ($30 < T_r < 300$ Jahre) gilt bis zu einem Druck von 30 kN/m^2 der kleinere, blaue Gefährdungsgrad. Die lawinentechnische Analyse zeigt, dass auch das Gebiet oberhalb der gestrichelten Verbindungslinie zwischen A und B in *Abbildung 1* immer zur roten Zone gehört. Es muss also nicht befürchtet werden, dass ein «blauer Standort» häufig ($T_r = 30$ Jahre) einem doch hohen Druck von 30 kN/m^2 ausgesetzt ist. Lawinen mit $T_r > 300$ Jahre werden normalerweise als immer verbleibendes Restrisiko betrachtet, da sie statistisch kaum mehr erfassbar sind. Die gelbe Zone betrifft vor allem Staublawinen.

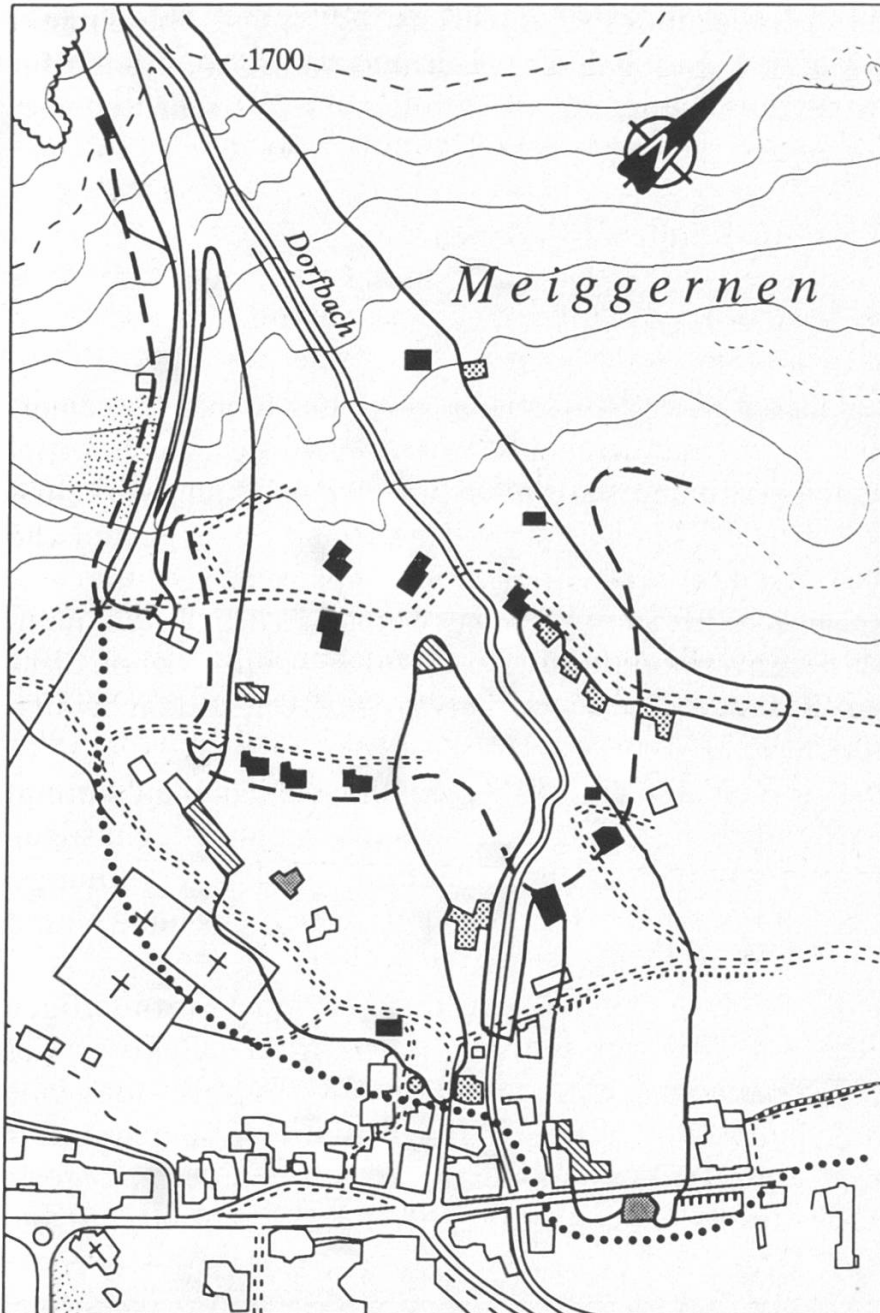
Zur Illustration der Druckwirkungen kann erwähnt werden, dass Fenster und Türen bei 1 bis 2 kN/m^2 und Aussenmauerwerk aus Stein bei 12 bis 24 kN/m^2 zerstört werden. Lokomotiven (120 t) kippen bei $8,5 \text{ kN/m}^2$ um. Solche Druckwerte treten bei Fliesslawinen in der Auslaufstrecke mit den dortigen verminderten Geschwindigkeiten ohne weiteres auf. In der Sturzbahn kann man hingegen Größenordnungen von bis zu 1000 kN/m^2 erwarten. Das Schadenpotential ist also beträchtlich! *Abbildung 2* zeigt eine LGK und die 1968 aufgetretene Extremlawine mit den verursachten Gebäudeschäden.

5. Festsetzung des tolerierbaren Risikos

Dass ein toleriertes, allgemein akzeptiertes Risiko besteht, beweist das Beispiel der Elektrifizierung. Heute sind Unfälle wegen dieses technischen Systems so selten, dass niemand ernsthaft zusätzliche Schutzmassnahmen fordert.

Massgebend für eine Festsetzung ist das im Abschnitt 2 definierte empfundene Risiko. In den Bundesrichtlinien (BFL und SLF, 1984) werden Mindestanforderungen, das heisst maximal zulässige Risiken für die Gefahrenstufen angegeben. Diese gelten für Siedlungen. Für Verkehrswege und touristische Anlagen mit kleineren Präsenzwahrscheinlichkeiten und anderen Ausmasswahrscheinlichkeiten sind sinngemässe Anpassungen vorzunehmen.

Grundsätzlich sollen in *roten* Gebieten keine Bauzonen ausgeschieden werden. In *blauen* Gebieten können solche erlaubt werden, allerdings nur unter einer generellen Zurückhaltung und bei Beachtung gewisser Einschränkungen. So werden technische Schutzmassnahmen für exponierte Gebäudeteile gefordert, damit diese den zu erwartenden extremen Lawinenwirkungen standhalten können. Um die Wahrscheinlichkeiten von Personenschäden minimal zu halten, müssen die Gemeinden Alarmorganisationen und Evakuationspläne vorbereiten. Auf eine Reduktion des Schaden- ausmasses in der blauen Zone zielt ein allgemeines Verbot für die Erstellung



Davos

0 100 200m

- 50–100% zerstört
- mässig bis schwer beschädigt
- leicht beschädigt

Abbildung 2. Lawinengefahrenkarte 1991, Dorfbachlawine Davos. Rotes Gebiet gestrichelt, blaues punktiert. Ausgezogen ist der Lawinenniedergang vom 27. Januar 1968.

von Hotels, Schulhäusern oder Wintersportanlagen. Grössere Menschenansammlungen müssen also vermieden werden.

Da es sich bei dieser Festsetzung im Grunde um eine politische Frage in der Gemeinde handelt, ist diese an sich frei, andere Massstäbe anzusetzen. In

einem solchen Fall – er kommt in der Praxis höchst selten vor – beschränkt sich der Einfluss des Bundes auf eine Verweigerung von Subventionen für Schutzmassnahmen, wenn die richtliniengemässen Risiken überschritten werden.

6. Schutzmassnahmen

6.1 Rechtfertigung und Kostenfragen

Schutzmassnahmen lassen sich rechtfertigen, wenn das Risiko für seinerzeit legal erstellte Bauten zu hoch erscheint. Ebenso sind sie gerechtfertigt für Bauten, die auf einen bestimmten Standort angewiesen sind (Verkehrswege, Hochspannungsleitungen, landwirtschaftliche Bauten oder technische Anlagen wie Wasserfassungen, sicher aber nicht Ferienhäuser).

Trotzdem bestehen gewisse Beschränkungen. Grundsätzlich besteht nämlich kein «Recht auf Lawinenverbauung» gegenüber Behörden, obschon diese immer bemüht sind, im Rahmen der finanziellen Möglichkeiten dem Schutzbedürfnis nachzukommen.

In der gegenwärtigen Zeit einer allgemeinen Finanzknappheit kommt einem – bisher wahrscheinlich zu wenig beachteten – möglichst günstigen Kosten/Nutzenverhältnis immer grössere Bedeutung zu. Ein Forschungsprojekt im Eidgenössischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung nimmt sich gegenwärtig dieser Problematik an.

Allgemein sollten die aufgewendeten Schutzkosten in einem vernünftigen Verhältnis zum erzielten Nutzen stehen (unter Nutzen wird der Geldwert des verhinderten Schadens verstanden). Ein angestrebtes Verhältnis – das eine Grundlage für eine «Verbaupolitik» von Bund und Kantonen sein könnte – kann nicht immer gleich sein; es muss notwendigerweise von der Kategorie der zu schützenden Objekte abhängig sein (zum Beispiel Kern- oder Streusiedlung).

Ein anderer Weg führt mit dem sogenannten Grenzkostenkriterium (*Schneider*, 1980) zu einer Risiko/Kosten-Optimierung. Es eignet sich vor allem zur Ermittlung der optimalen Massnahme unter verschiedenen in Frage kommenden Schutzarten (Galerien, Stützverbauungen, forstliche Massnahmen usw.). Dieser Weg hängt von einer zuverlässigen Risikoabschätzung ab und von der Festsetzung, wieviel man für eine Risikoreduktion auszugeben bereit ist, was von Risikokategorien abhängt (siehe auch Kienholz, 1993).

6.2 Möglichkeiten

Vorerst muss man sich über das *Ziel* einer Schutzmassnahme im klaren sein.

- Bedarf es eines Flächenschutzes für Siedlungen oder sind Einzelobjekte zu schützen?
- Sind Verbindungswege allein oder in Kombination mit Siedlungen zu schützen?
- Besteht ein forstliches Interesse (Aufforstungen)?
- Sollen die Massnahmen permanente oder temporäre Wirkung haben?
- Ab wann soll die Massnahme wirksam sein, sofort oder genügt es, erst in einigen Jahren eine vollständige Wirkung zu erzielen?

Eine Stützverbauung verhindert das Anreissen von Lawinen weitgehend. Sie reduziert die Gefahrenwahrscheinlichkeit. Da eine solche Verbauung recht teuer ist (1 ha kostet etwa 1 Million Franken), kommt sie vor allem beim Flächenschutz für Siedlungen zur Anwendung.

Falls das Anbrechen von Lawinen nicht unbedingt verhindert werden muss und ein geeignetes Gelände vorhanden ist, kann ein Ablenk- oder Bremsverbau in einem Teilgebiet die Gefahrenwahrscheinlichkeit reduzieren. Solche Verbauungen sind meist wesentlich billiger als Stützverbauungen, nur besteht hier die Gefahr, dass man mit ungeeigneten Massnahmen das Risiko nicht im erhofften Masse reduziert (zum Beispiel Brems- und Auffangverbau in zu steilem Gelände).

Lawinengefahrenkarten ermöglichen eine Reduktion der Schadenwahrscheinlichkeit, indem man den Lawinenwirkungen ausweicht. Menschen im Freien müssen durch eine Warnorganisation geschützt werden.

Einzelobjekte werden mit einem Objektschutz (Spaltkeil, Ebenhöch, Verstärkung von exponierten Wänden) versehen. Dies reduziert das Schaden ausmass und damit das Risiko ganz wesentlich. Menschen im Freien müssen wiederum durch eine Alarmorganisation gewarnt werden.

Alle bisher genannten Massnahmen sind permanenter Art. In vielen Fällen genügt aber ein temporärer Schutz. So eignet sich die künstliche Auslösung von Lawinen bei Skipisten oder Verkehrswegen optimal für eine Gefahrenreduktion. Sperrungen und Evakuationen von gewissen Gebieten reduzieren die Präsenzwahrscheinlichkeit auf praktisch null.

Die Lawinenwarnung (siehe Föhn, 1993) gehört bei vielen der erwähnten Massnahmen zur unentbehrlichen Grundlage des Schutzes, vor allem für Menschen, die sich im Freien aufhalten.

7. Schlussbemerkung

Es wurde gezeigt, wie Gefahren und Risiken abgeschätzt werden können und was für Schutzmassnahmen in Frage kommen. Es muss jedoch erwähnt werden, dass bei manchem noch Unsicherheiten vorhanden sind (Bestimmung

der Anrisshöhen, Wahl der Parameter für lawinendynamische Berechnungen, Staublawinen, verbleibendes Risiko bei Stützverbauungen usw.). Die laufende und die zukünftige Forschung müssen hier unbedingt vermehrte Klarheit bringen. Dann können die immer knapper werdenden Finanzmittel möglichst wirksam eingesetzt werden.

Schliesslich weiss jedermann, dass im Gebirge nicht nur die Lawinengefahr lauert. Es gibt auch Murgänge, Felsstürze, Steinschlag und Hochwasser. Alle Risiken sollten gesamthaft betrachtet und nach möglichst einheitlichen Kriterien ermittelt werden. Leider ist heute noch keine derartige integrale Betrachtung möglich. Eine Koordination wäre dringend nötig!

Résumé

Avalanches – Dangers et risques considérés à longue échéance

Les avalanches représentent l'un des plus grands dangers que la montagne connaisse. Comme la région des Alpes compte une population relativement dense, la question se pose de savoir comment assurer la sécurité de ses habitants et touristes. Le premier pas consiste à déterminer l'ampleur du danger potentiel; partant de ces données, on évalue alors le risque existant pour les agglomérations et les voies de communications afin d'en déduire quelles mesures de protection doivent être prises.

Traduction: *Monique Dousse*

Literatur

- Basler und Partner*, 1985: Sicherheitsbeurteilung «Naxberg-Göschenen». Sanasilva-Teilprogramm 8. Zürich. Unveröffentlichtes Gutachten.
- BFL* (Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz) und *SLF* (Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung) (Hrsg.) 1984: Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten. Bern, Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale.
- Bohnenblust, H.; Troxler, C.*, 1987: Risk analysis – Is it a useful tool for the politician in making decisions on avalanche safety? *Avalanche Formation, Movement and Effects*. IAHS Publ. No. 162.
- Föhn, P.*, 1993: Lawinen – kurzfristige Gefahrenbeurteilung (Prognose). *Forum für Wissen* 1993: 45–54; Birmensdorf: WSL.
- Kienholz, H.*, 1993: Naturgefahren – Naturrisiken im Gebirge. *Forum für Wissen* 1993: 7–21; Birmensdorf: WSL.
- Salm, B.; Burkard, A.; Gubler, H.U.*, 1990: Berechnung von Fließlawinen. Eine Anleitung für Praktiker mit Beispielen. Mitt. Eidgenöss. Inst. Schnee- Lawinenforsch. 47.
- Schneider, T.*, 1980: Grundgedanken und Methodik moderner Sicherheitsplanung. Tagungspublikation Interpraevent, Birmensdorf. Klagenfurt, Forschungsgesellschaft für vorbeugende Hochwasserbekämpfung.

Verfasser: Dr. Bruno Salm, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung Weissfluhjoch/Davos, CH-7260 Davos.