

Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 89 (1991)

Heft: 3

Artikel: Grundlagen der schweizerischen Lawinenwarnung

Autor: Meister, R.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-234573>

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: 19.01.2026

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

Grundlagen der schweizerischen Lawinenwarnung

R. Meister

Im operationellen Lawinenwarndienst geht es darum, den zeitlichen und örtlichen Verlauf der Lawinengefahr abzuschätzen, um daraus entsprechende Vorsichts- und Schutzmassnahmen abzuleiten. Es werden drei Anwendungsbereiche behandelt: landesweite Warnung des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung (SLF), Warnung im Bereich alpiner Siedlungen und Verkehrswege, Hinweise für Skitouren. Die meteorologischen und nivologischen Verhältnisse sind so vielfältig, dass wenig verbindliche Regeln für die Beurteilung der Lawinengefahr existieren. Diese erfolgt auf der Grundlage von zahlreichen Beobachtungen und Messungen, die mit modernen Methoden ausgewertet werden.

Le service paravalanche a pour tâche d'estimer l'évolution spatio-temporelle du danger d'avalanche afin d'en déduire les mesures de prévention et de protection qui s'imposent localement. Trois domaines de la mise en garde sont décrits: au niveau national par l'Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches, pour les agglomérations alpines et les voies de communication, ainsi que pour le tourisme à ski. Les conditions météorologiques et nivologiques sont si diverses qu'il n'existe que peu de règles obligatoires pour l'appréciation du danger d'avalanche. Celle-ci est fondée sur de nombreuses observations et mesures traitées par des méthodes modernes.

Geschichtlicher Hintergrund

Im Zentrum der Gefährdung des Lebens im Gebirge standen in früheren Zeiten Naturereignisse. Vor allem im Winter schränkten Stürme, Starkschneefälle und Lawinen die Tätigkeiten der Menschen oft auf das Nötigste in Haus und Hof ein. Natur- und Ingenieurwissenschaften meldeten schon im 17. und 18. Jahrhundert ihr Interesse an den Lawinen an. So enthielten etwa Berichte von J. J. Scheuchzer erste Aufzeichnungen über diesbezügliche Erlebnisse auf Passfahrten. Die eigentliche Schnee- und Lawinenkunde basiert auf verschiedenen Wurzeln. Da standen einerseits die Untersuchungen der Mediziner über den heilenden Einfluss des Hochgebirgsklimas bei Kuraufenthalten. Der erste Schweizer Oberforstinspektor, J. Coaz, berichtete 1881 von «Generalzusammenstellungen über Wind, Schneefall und Temperatur im Simplongebiet» und führte damit erste systematische Messungen im Gebirge durch. Die Bahnen mussten um die Jahrhundertwende Betriebskonzepte für den Winter ausarbeiten. So erwähnt etwa der Oberingenieur der Rhätischen Bahnen, H. Conrad, 1913 die Erfahrungen mit Schneepflügen und modernen Warnverfahren. Der Glaziologe G. Seligmann untersuchte ab 1928 die wechselseitigen Beziehungen von Gletscher und Klima. Mit dem Aufkommen des Skitourismus legten sich vor allem zwei Engadiner Ärzte ins Zeug: R. Campell und P. Gut veröffentlichten 1932 die ersten Skitourenkarten

und Hilfen für Lawinenverschüttete. Im selben Jahr gründete J. Petitmermet die Eidgenössische Kommission für Schnee- und Lawinenforschung. Die ersten Berichte der Forscher auf der 1936 auf dem Weissfluhjoch ob Davos eingerichteten Station enthielten detaillierte Zusammenstellungen über den Schnee und seine Metamorphose. W. Paulke fasste seine rund 40-jährigen Untersuchungen und Erfahrungen in einer «Praktischen Lawinenkunde» zusammen. Darin wies er mit einem prägnanten Satz schon damals auf die Wichtigkeit der Schneeuntersuchungen hin: «Wer Lawinengefahr richtig beurteilen will, muss lernen, beim Anblick jedes Schneehanges in Querschnitten zu denken». Einen wesentlichen Anteil bei der Lawinenwarnung hatte früher der im Armeelawinendienst aufgebaute Beobachtungsdienst mit Stationen im ganzen Alpengebiet. Schon im Winter 1942/43 erstellten der Schweizerische Skiverband (SSV), der Alpenclub (SAC) und die militärische Warnzentrale wöchentlich «gemeinsame Berichte» über die aktuelle Lawinensituation. Sie können als die Vorläufer der heutigen Lawinenbulletins bezeichnet werden.

Unter der Leitung von M. de Quervain wurden im 1942 erbauten Gebäude des SLF auf dem Weissfluhjoch die verschiedenen Forschungszweige und Vorarbeiten amtlicher Stellen vereint, um so dem weiter expandierenden Tourismus im Gebirge beratend zur Seite zu stehen. Zudem entstan-

den internationale Kontakte. Grundlagen der Schneekunde wurden verfeinert. Dazu dienten auch schneemechanische Untersuchungen im Kältelabor. Neuartige Sicherungskonzepte mit künstlichem Lösen von Lawinen durch Sprengung erfuhren erst nach umfangreichen Feldtests Ende der Vierziger Jahre ihre Verbreitung. Für die Gemeinde Wengen wurde 1960 der erste Lawinenzonenplan in der Schweiz ausgearbeitet. Das Rettungswesen erfuhr mit dem Einsatz von Hunde- und Helikopterequipen eine wesentliche Verbesserung. Später trugen Verschüttetensuchgeräte zur schnelleren Auffindung erfasster Personen bei. Das SLF stand jeweils bei Tests von technischen Neuerungen und bei der Ausarbeitung von optimalen Einsatzverfahren beratend bei.

In den achtziger Jahren ebnete Direktor C. Jaccard den Weg für den Einsatz neuer elektronischer Auswertetechniken. Umfangreiche Unfallanalysen dienten nicht nur als interne Arbeiten, auch die Praktiker der Sicherheitsdienste und viele Tourengänger konnten davon profitieren. Die Mechanik der Lawinauslösung trug theoretische Ansätze auf physikalischer Basis bei. Im Labor erfolgten Messungen der Geschwindigkeit von Staublawinen. Feldversuche mit Radar zeigten Strömungsverhalten von Fliesslawinen auf. Dank den langjährigen Datenreihen festigten statistische Auswertungen und Risikoanalysen die Aussagen der vielseitigen konkreten Beratungen.

Seit der Auflösung des Bundesamtes für Forstwesen ist das SLF mit seinen 40 Mitarbeitern der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) einverleibt und so administrativ dem Schulratsbereich angegliedert.

Die Zentralstelle für Lawinenwarnung auf dem Weissfluhjoch

Neben der Grundlagenforschung hat das SLF, vom Bundesrat verordnet, einen umfassenden Dienstleistungsauftrag zu erfüllen. Dieser Aufgabe wird es durch die Ausgabe von generellen Leitlinien gerecht. Zu erwähnen sind für den langfristigen Lawinenschutz insbesondere die «Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamer Tätigkeit», die «Richtlinien für den Lawinenverbau im Anrissgebiet» und die SIA-Normen 160 «Einwirkungen auf Tragwerke», insbesondere Schneelasten. Für die kurzfristige Lawinenwarnung sind die «Richtlinien für Anlage und Unterhalt von Skiabfahrten» und die «Anleitungen zur künstlichen Auslösung von Lawinen durch Sprengen» von Bedeutung. Die «Empfehlungen über die Lawinenverschütteten-Suchsysteme» die-

nen vor allem den Rettungsorganisationen. Im weiteren wird an der ETH in Zürich die Vorlesung über Schnee, Lawinen und Lawinenschutz und jene über Physik von Schnee abgehalten. Die SLF-Publikationen können jedes Jahr dem Tätigkeitsbericht SLF in der Schweizerischen Zeitschrift für das Forstwesen entnommen werden.

Konkrete Beratungen erfolgen in Form von Gutachten oder technischen Auskünften, dies vor allem dort, wo die privaten Risikobeauftragten mit den erwähnten Grundlagen nicht mehr weiter wissen oder dann, wenn eine schriftliche Stellungnahme von übergeordneten Stellen vorgeschrieben wird (z.B. Seilbahnkonzessionen des EVED). Grundsätzlich ist mit diesen Beratungen eine wesentlich vorbeugende Hilfe zur Verminderung kritischer Lawinensituationen geboten. Unfallgutachten für die Staatsanwaltschaft müssen dann eher als zusätzliche Aufgaben erledigt werden. Die bei den dafür nötigen Analysen gesammelten neuen Erkenntnisse fliessen normalerweise in künftige Sicherungsaufgaben ein.

Während des Winters erfolgt eine permanente Beratung mittels Ausgabe des allseits bekannten Lawinenbulletins. Dieses soll eine kurze Übersicht über die Schnee- verhältnisse geben und den Grad der zu erwartenden regionalen Gefährdung

durch Lawinen beschreiben [1]. Demnach soll die Wahrscheinlichkeit von schadenverursachenden Lawinen (Skifahrerver- schüttungen, Sachbeschädigungen usw.) im zeitlichen Verlauf eines Winters und unter Berücksichtigung der regionalen Unterschiede in einem knapp formulierten Bericht festgehalten werden. Anstelle der früher verwendeten, z.T. verwirrenden Umschreibungen der Gefahr traten ab 1985 sieben wohldefinierte Gefahrenstufen, mit jeweils zwei Adjektiven fixiert (siehe Kasten). Das Schema wird im wesentlichen bestimmt durch die Auslösewahrscheinlichkeit, die von der Schneedeckenstabilität abhängt und durch die flächige Verbreitung der gefährlichen Hangflächen. Grundsätzlich ist die Auslösewahrscheinlichkeit gering, falls die Schneedeckenstabilität gross ist und umgekehrt. Das Lawinenbulletin richtet sich vor allem an drei Benützergruppen: Bewohner von Siedlungen in den Schweizer Alpen, Benützer von Verkehrswegen dorthin und Skitouristen. Je nach Gefahrengrad wird nur eine oder allenfalls zwei bis drei dieser Benützergruppen angesprochen. Der Aufbau des Textes erfolgt jeweils in drei Abschnitten: Im allgemeinen Teil werden begründete Wetter- und Schneeeigenschaften zusammengefasst; im zweiten Teil wird die aktuelle Gefahrenstufe für alle Regionen der Schweizer Alpen aufgelistet und allen-

falls auf die kurzfristige Entwicklung hingewiesen; im dritten Teil, den regionalen Ergänzungen, kommen Besonderheiten betreffend Schneehöhenverteilungen oder Schneedeckenbeschaffenheit zum Ausdruck. Die Ausgabe eines neuen Lageberichtes erfolgt am Freitag, wegen der grössten Nachfrage im Tourismusbereich und zudem bei markanter Lageänderung.

Die Lawinengefahr hängt zur Hauptsache von Terraininflüssen, von der Vegetation, vom Wetter und von der Schneedecke ab. Die ersten zwei Parameter bleiben konstant. Somit scheiden wesentliche Teilflächen als Gefahrenquellen zum vornherein aus. Weite flache Talsohlen oder ausgeprägte Gratkanten werden nicht von Lawinen bestrichen. Der Gebirgswald schützt unterhalb 1800–2200 m zusätzliche Gebiete. Es bleiben somit vor allem meteorologische und nivologische Einflüsse, die bei der Beurteilung berücksichtigt werden müssen. Mit einer Beziehungsmatrix konnte aufgezeigt werden, wie wechselseitige Einflüsse zur Lawinenbildung führen [2]. Als ausschlaggebende Parameter stechen dabei Geländeexposition, Geländeneigung, Niederschlag, Wind, Wärme und Schneedeckenaufbau hervor. Diese Beziehungen sind wohl qualitativ einleuchtend, für quantitative Aussagen bei der Gefahreinstufung leider aber nur mit viel Erfahrung auszuwerten. Es gibt wenig all-

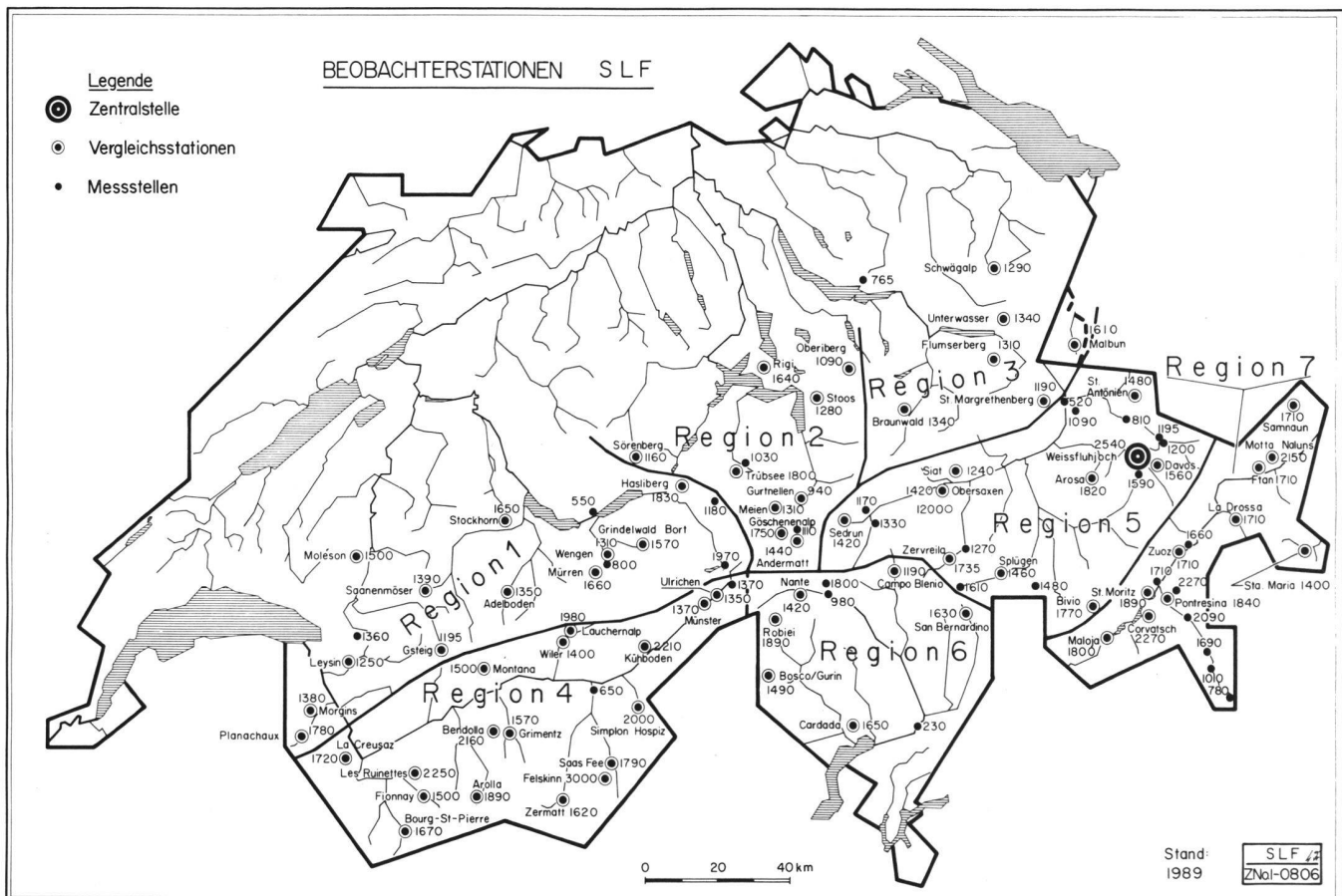


Abb. 1: Verteilung der 73 Vergleichsstationen und 32 Messstellen des SLF.

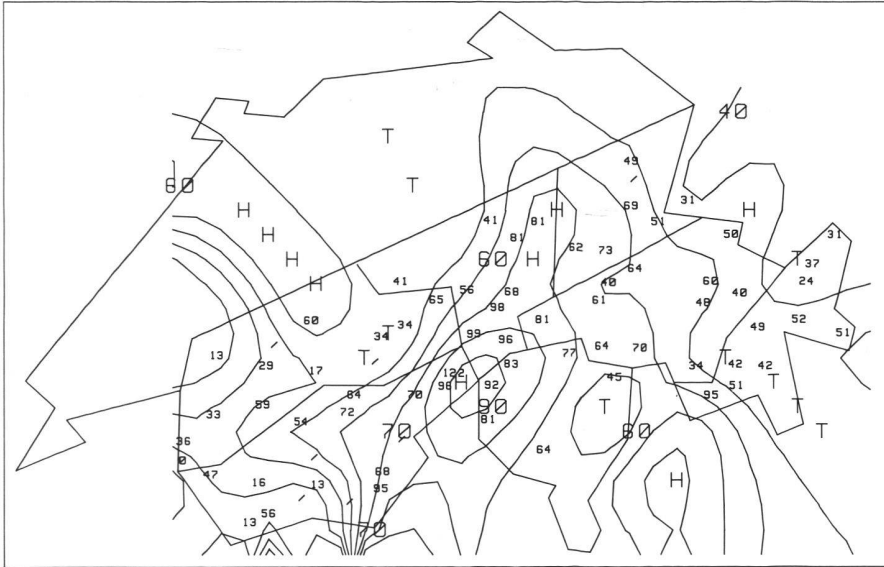


Abb. 2: Auf 1500 m reduzierte Schneehöhen am 12. Januar 1991.

gemeingültige Regeln. 20 cm Neuschnee bewirken ohne Wind und bei konstanter Temperatur kaum eine wesentliche Erhöhung der Wahrscheinlichkeit von Lawinauslösungen. In Kombination mit Starkwinden oder bei markanter Temperaturerhöhung kann sich andererseits diese Niederschlagsmenge schon wesentlich auf die Lawinentätigkeit auswirken.

Wichtigste Grundlage bei der landesweiten Lawinenwarnung bildet ein Netz von Beobachtersationen. Unmittelbar nach dem zweiten Weltkrieg übernahm das SLF die Betreuung der aufgebauten Messstellen und Vergleichsstationen. Jeweils nach Lawinenwintern erfuhr das Netz eine wesentliche Erweiterung. So waren nach 1950/51 schon 50 Stationen in Betrieb. 1967/68 konnte man auf Daten von 60 Stationen zurückgreifen. Die Abbildung 1 zeigt die gegenwärtige Verteilung. Auf Vergleichsstationen misst ein meist nebenamtlich tätiger Beobachter jeweils um ca. 7.00 Uhr die wichtigsten meteorologischen (Lufttemperatur, Wind, Bewölkung, Wetter) und nivologischen (Neuschnee, Schneehöhe, Einsinktiefe, Schneetemperatur, Dichte, Oberflächenstruktur) Parameter. Zudem übermittelt er der Zentralstelle seine Beobachtungen betreffend allfällig abgegangener Lawinen (Art, Anzahl und Grösse) und seine Einschätzung der für sein Gebiet vorhandenen Lawinengefahr. Messstellen melden jeweils nur Neuschnee und Schneehöhe. Die Ausbildung der Vertrauensleute erfolgt an mehrtägigen Kursen, die das SLF jährlich organisiert. Für die Übermittlung der Daten stellt die PTT das Telegrammnetz zur Verfügung. Über den Zentralrechner der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA) werden sie anschliessend ins lokale EDV-System des SLF eingelesen, womit wenige Minuten nach den Beobach-

tungen im Versuchsfeld diese Daten auch dem Piktetdienst zur Verfügung stehen. Eine erste Sichtung und Gruppierung erfolgt jeweils nach den verschiedenen Klimaregionen:

1: Westlicher Alpennordhang, 2: Zentraler Alpennordhang, 3: Östlicher Alpennordhang, 4: Wallis, 5: Nord- und Mittelbünden, 6: Tessin, 7: Engadin. Die regionalen Unterschiede können beträchtlich ausfallen, wie dies anhand der auf 1500 m reduzierten Schneehöhen in Abbildung 2 verdeutlicht wird: Nachdem innerhalb der Regionen die effektiven Schneehöhen mit einfacher linearer Regression auf einheitliche Meereshöhe umgerechnet wurden, erfolgt der Isolinen-Plot nach zweifacher Glättung im Gitter von 10 km. Entsprechend können die anderen Parameter analysiert werden. Wichtig sind vor allem Neuschneesummen in mehrtägigen Niederschlagsperioden, Temperaturdifferenzen oder Schneedeckensetzungen. Symbolische Graphik eignet sich für die Darstellung der Windverhältnisse oder der beobachteten Lawenniedergänge. Diese Unterlagen führen allerdings nicht alleine zur Einschätzung der Lawinengefahr. Wichtig ist vielmehr auch der bisherige Verlauf des Winters. Niederschlag, Trockenheit oder Wärmeeinbrüche beeinflussen die liegende Schneedecke in solcher Form, dass für die aktuelle Einschätzung immer auch der innere Aufbau berücksichtigt werden muss. Regionale und zeitliche Unterschiede können sich entscheidend auf das Lawinengeschehen auswirken. Bei frühem Winterbeginn, mit Einschneien oberhalb 2000 m bereits im Oktober und viel Niederschlag im Frühwinter bildet sich eine eher stabile Schneedecke mit verfestigten Grundsichten aus. Erfolgt das Einschneien andererseits erst spät und wenig ausgiebig, können

durch die Metamorphose ungünstige Basisschichten entstehen, die bis zur Durchnässung im Frühling berücksichtigt werden müssen. Es sind wiederum die Beobachter auf den Vergleichsstationen, die dem SLF durch halbmonatliche Profilaufnahmen wichtige Aufschlüsse über den Schneedeckenzustand liefern. Nach international festgelegter Codierung werden die einzelnen Schneesichten nach Härte, Kornform, Korngrösse, Temperatur und Feuchtigkeit unterschieden. Seit drei Jahren begeben sich ausgewählte und erfahrene Beobachter zudem regelmässig an repräsentative nordexponierte Kurzhänge im Höhenbereich von 2200 bis 3000 m, um diese Profilaufnahmen mit Rutschblocktests in potentiell Lawinengebiet aufzunehmen. Gelegentlich werden auch Schneeprofile direkt an niedergegangenen Lawinen ausgemessen. In Abbildung 3 stechen die wenig verfestigten, stark umgewandelten Schneesichten im Mittelteil des Profils ins Auge. Die darüberliegenden windgepressten, feinkörnigen Schichten hielten der Belastung zweier Skifahrer nicht stand. Der Primärbruch erfolgte in einer dünnen Zwischenschicht mit eingeschnittenem fragilen Oberflächenreif.

Bei der Abschätzung der Lawinengefahr gilt es, neben den konventionellen Messungen und den Profilaufnahmen auch die kurzfristige Entwicklung des Wetters zu berücksichtigen. Das SLF hat direkten Zugriff zum Informationssystem der SMA und verfügt somit über die neuesten Wetterkarten und Prognoselisten. Vor allem die Gebirgsstationen im automatischen Messnetz der SMA (ANETZ) mit detaillierten, stündlich erneuerten Daten von Temperatur, Niederschlag, Strahlung, Sonnen-

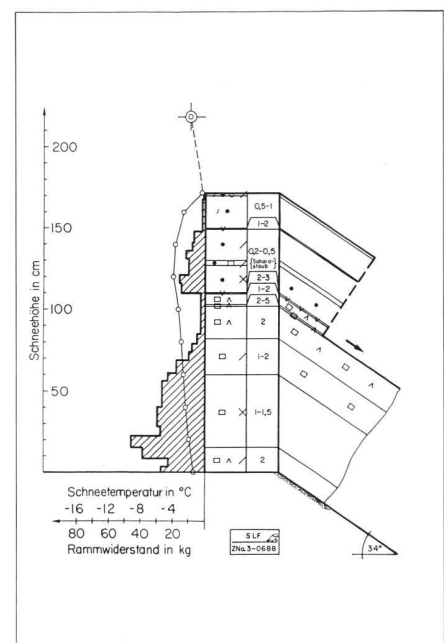


Abb. 3: Schneeprofil am Anriss der Unfalllawine vom 11. März 1989 am Aelpli-horn, Davos-Monstein.

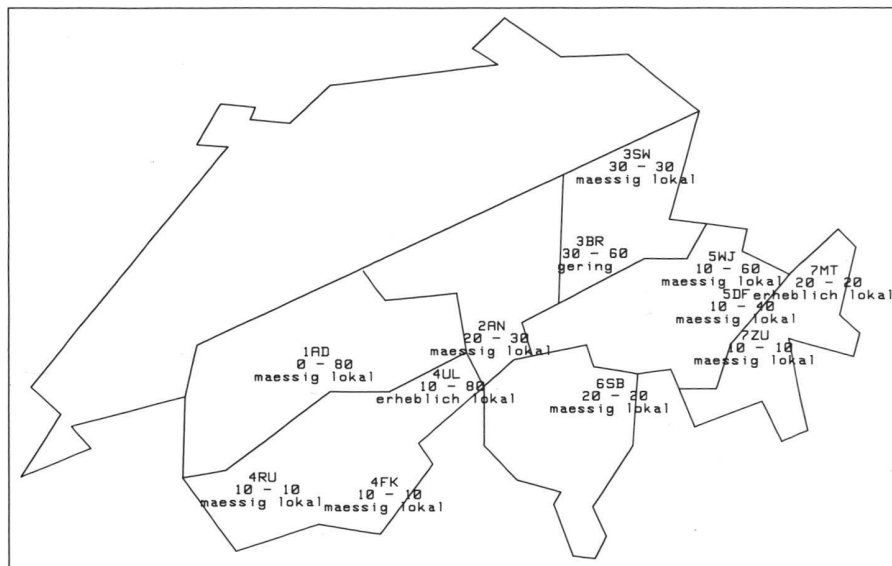


Abb. 4: Berechnete Lawinengefahr an 12 Vergleichsstationen für den 12. Januar 1991 (Indikativ, Wahrscheinlichkeitsbereich für Lawinentag in Prozent, Gefahrenstufe).

scheindauer, Luftfeuchtigkeit und Wind liefern wertvolle Hilfe bei der Detailanalyse zur Ausarbeitung des Lawinenbulletins. Seit zwei Jahren können die Pikettleute, die oft unter Zeitdruck arbeiten, auch auf zwei am SLF entwickelte Warnmodelle zurückgreifen. Ein deterministisches Modell liefert für 12 Indexstationen des Netzes

auf einem Diagrammpapier direkt den Gefahrenstufenbereich. Wichtig dabei sind die kumulierte Schneehöhe mit Berücksichtigung des Schneetransports durch Wind in Leehänge [3] und ein von der natürlichen Überlast ermittelter Setzungsquotient. In intensiven Niederschlagsperioden mit grosser Wahrscheinlichkeit von

Tallawinen hat sich dieses Modell gut bewährt. Das zweite Modell greift auf die langjährigen Beobachtungsreihen zurück. Die Datenbasis der wichtigsten Stationen weist eine Länge von 40 bis 60 Wintern auf. Für den aktuellen, zu beurteilenden Tag werden die 10 nächstliegenden Tage mit ähnlichen Wetter- und Schneebeobachtungen gesucht. Dazu werden im Euklid-Raum die gewichteten Differenzen der 10 gemessenen Parameter sowie zweier elaborierter Grössen (3-Tages-Summe des Neuschnees und Temperaturdifferenz zum Vortag) berechnet. Das Modell liefert einen Wahrscheinlichkeitsbereich (in Prozenten) für den «Lawinentag». Zudem werden Art, Exposition, Meereshöhe und Grösse der an den ähnlichen Tagen festgestellten Lawinnenniedergänge aufgelistet. Da die Datenbasis auch die Gefahrenstufen enthält, kann sogar direkt als Gedächtnisstütze die Lawinengefahr geschätzt werden. Die ganze Berechnung inklusive Darstellung (Abb. 4) dauert 3–5 Minuten. Obwohl das Modell statistisch aufgebaut ist, und deshalb der direkte Einfluss des Schneedeckenaufbaus fehlt, fielen die operationellen Tests in den letzten zwei Wintern befriedigend aus.

Alle diese Teilauswertungen und Unterlagen müssen nun bei der Abfassung des Lawinenbulletins gebührend berücksichtigt werden. Es gilt, Regionen mit ähnlichen Verhältnissen zusammenzufassen,



Abb. 5: Spontan gelöste Schneebrettlawine an einem rund 40° steilen Nordhang (Foto SLF).

ihnen eine Gefahrenstufe zuzuordnen und auch Details betreffend besonders gefährdeter Geländeteile (Hangexpositionen, Höhenbereiche, Neigungen) oder betreffend Art der zu erwartenden Lawinen anzugeben (Abb. 5). Vor allem im Frühling muss der tageszeitlichen Entwicklung Rechnung getragen werden. Die Verbreitung des Textes über Telefon 187, Radio und Fernsehen hat sich bewährt. Wegen des Zeitverzuges sind Zeitungen ein eher schlechtes Medium.

Die Verifikation der abgegebenen Beurteilung erfolgt anhand der festgestellten Lawinentätigkeit. Für spontane Abgänge ist dies relativ einfach, günstige Geländeeinsicht vorausgesetzt. Lösen Skifahrer Lawinen aus, so erfolgen Meldungen meistens nur bei Verschüttungen, dann also, wenn eine Rettungsaktion nötig ist. Von glimpflich verlaufenden Fällen hat das SLF kaum Kenntnis. Es existiert ein Fragebogen für Skitourenleiter des SAC. Leider ist auch hier der Rückfluss relativ bescheiden. Auch ein Tag, an dem ein hoher Gefahrengrad ausgegeben wurde, an dem dann aber am Abend Spuren der Variantenfahrer in beliebig steilen Hängen zu bewundern sind, stimmt bedenklich. In den letzten fünf Wintern (1985/86 bis 1989/90) schätzte man im landesweiten Durchschnitt die Gefahr an 32 Prozent der insgesamt 853 Warntage als gering ein. Während dieser Zeit waren 2 Prozent aller 115 Lawinenopfer zu beklagen. Die Zahlen für die anderen Warnstufen sind nicht weniger aussagekräftig. An 35 Prozent der Tage sprach man von mässiger örtlicher Gefahr (34 Prozent der Todesopfer) an 25 Prozent von erheblich örtlicher Gefahr (52 Prozent der Todesopfer), an 6 Prozent von grosser örtlicher Gefahr (6 Prozent der Todesopfer), an 2 Prozent von allgemeiner Gefahr (4 Prozent der Todesopfer). Ausserhalb der Warnzeit (d.h. im Sommer) ereignete sich zudem ein Lawinenunfall mit zwei Todesopfern (2 Prozent).

Die Bereitstellung der alten Beobachtungen in EDV-Form hat sich insbesondere auch für den raschen Vergleich einzelner aktueller Ereignisse mit mittleren oder aussergewöhnlichen Verhältnissen bewährt (Abb. 6). Schneefallperioden, Schneehöhen oder mittlere Monatsverhältnisse können dadurch rasch relativiert werden. Zudem bilden diese langjährigen Datenreihen die Grundlage für jede Extremwertstatistik oder Risikoanalyse. Mit etwas Erfahrung lassen sich mit den wenigen vorhandenen Stationen (eine auf 300 km²) auch überraschend detaillierte flächige klimatologische Auswertungen durchführen. Das SLF veröffentlicht jährlich einen Winterbericht [4]. Darin findet man die wichtigsten Datenreihen, aussagekräftige Graphiken und detaillierte Unfallanalysen mit Tabellen. Ein besonderes Kapitel ist jeweils der Testregion Davos mit Detailmessungen und Lawinenkataster gewidmet.

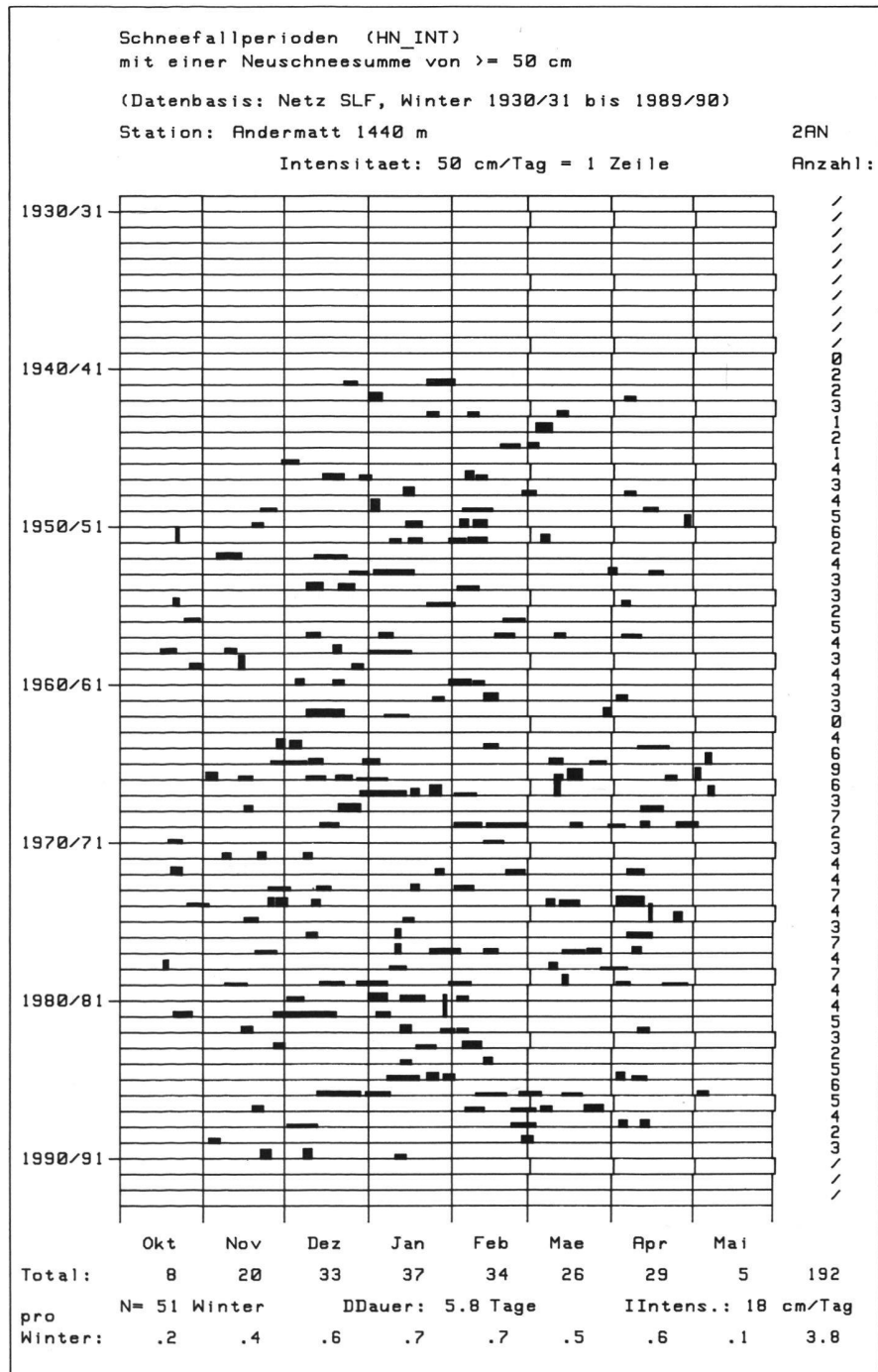


Abb. 6: Schneefallperioden von 50 und mehr cm Neuschnee auf der Station Andermatt (1440 m) und für die 50 Winter 1940/41 bis 1989/90 (1990/91 unvollständig).

Die örtlichen Lawinenwarndienste

Gesamtswissenerisch ist die Lawinenwarnung zentral am SLF geregelt. Dagegen weist die Organisation auf Kantons- und Gemeindeebene eine grosse Vielfalt auf. Neben den permanenten Schutzmassnahmen (siehe im Detail Beitrag A. Burkard) dient in den meisten Gebirgsregionen eine eingespielte Lawinensicherungs- und Rettungsorganisation als wichtige Massnahme zur Verminderung des Lawinenrisikos. Im Zentrum steht häufig ein

Gemeinde-Lawinendienst. Dieser ist in die kantonale Katastrophenorganisation eingebunden. Andererseits obliegt die praktische Durchführung der Offenhaltung der Strassen den kantonalen Tiefbauämtern. SBB und Privatbahnen betreiben ihre eigenen Sicherungsdienste, stützen sich aber auf die lokalen Dienste ab. Touristische Unternehmen mit Bergbahnen organisieren ihr Sicherungskonzept für den Skibetrieb selbst, stehen andererseits oft ebenfalls im Kontakt mit den kommunalen Kommissionen.

Neben der örtlichen Beurteilung der Situa-



Abb. 7: Detail vom Anriss der Unfalllawine vom 11. März 1989, das Schneeprofil (Abb. 3) wurde rechts unten aufgenommen.

tion fällt diesen Stellen auch die Pflicht zu, Entscheide über Massnahmen zu fällen. Zum spezifischen Aufgabenkreis des Gemeindelawinendienstes gehört der Schutz bewohnter Siedlungen und öffentlicher Verkehrswege. Die Aufgaben ergeben sich aus den Massnahmen, die einerseits zur Verhütung von Lawinenunglücken beitragen und andererseits nach Lawinenunglücken zu treffen sind:

1. Schnee- und Lawinenbeobachtung
2. Warnung der Bevölkerung bei Lawinengefahr
3. Anordnung vorsorglicher Massnahmen: Sperrung, Evakuierung der Bewohner gefährlicher Gebiete, Lawinenabschuss, Überwachung
4. Anordnung und Leitung von Rettungs- und Notstandsarbeiten
5. Überwachung der Schaden- und Gefahrenggebiete
6. Information.

Die Beobachtungsstationen entsprechen oft denjenigen des SLF. Vielfach ist der lokale SLF-Beobachter auch Kommissionsmitglied. In Zeiten erhöhter Gefährdung treten aber zusätzliche Beobachtungsstellen in Funktion. Oft wird dann intensiver, z.B. alle sechs Stunden, wenn nötig in noch kleineren Zeitabständen, beobachtet. Die Warnung erfolgt in mehreren Stufen, die etwa folgendermassen aussehen:

Stufe 1: Erste Anzeichen von Lawinengefahr in exponierten Lagen

Stufe 2: Erhöhte Lawinengefahr in exponierten Lagen

Stufe 3: Erhöhte und anhaltende allgemeine Lawinengefahr

Stufe 4: Extreme Lawinengefahr.

Die entsprechenden Anordnungen und Massnahmen werden den örtlichen Begebenheiten angepasst. Bei Rettungseinsatz werden sowohl der Zivilschutz als auch die vom SAC betreuten Lawinenhundeführer beigezogen. In Extremsituationen kann der militärische Lawinendienst beigezogen werden.

Oft organisieren mehrere Gemeinden zusammen einen regionalen Lawinenwarndienst, wie beispielsweise im Goms [5]. Die 23 integrierten Gemeinden des Verbandes Goms treffen ihre Entscheidungen in kritischen Situationen zusammen mit dem vom Kanton eingesetzten Strassenmeister, mit der Furka-Oberalp-Bahn und den Verantwortlichen der Skiwanderloipen. Neben den drei Vergleichsstationen des SLF (Kühboden, Ulrichen, Münster) erfolgen regelmässig gleichwertige Beobachtungen in Oberwald, Ritzingen, Fiesch, Binn und Grengiols.

Von grosser Bedeutung ist eine lückenlose Registrierung der festgestellten Lawinen. Ein ausführlicher Kataster sollte nicht nur Schadenlawinen, sondern grundsätz-

lich auch alle festgestellten Abgänge, die glimpflich verliefen, enthalten. Eine möglichst vollständige Beobachtung kann in späteren Situationen von grossem Nutzen sein.

Im Bereich der Verkehrswege, hier eingeschlossen die Skiabfahrten, können Sperrzeiten durch umfassende Sicherungsaktionen gekürzt werden. Hier steht das künstliche Auslösen der Lawinen durch Sprengen im Vordergrund. In der Schweiz besteht die Möglichkeit, Armeewaffen zu diesem Zwecke zu mieten. Voraussetzungen für den Bezug von Raketenrohr und Minenwerfer inklusive Munition sind allerdings ein umfassendes Gutachten des SLF, ein detailliertes Einschiessprotokoll der Schiessschule Walenstadt und eine ausgebildete Bedienungsmannschaft. Sprengen ab Helikopter, ab Sprengseilbahn oder von Hand unterstehen den Verordnungen des BIGA. Der Schweizerische Verband der Seilbahnunternehmungen (SVS) trägt hier wesentlich zur Ausbildung der Sicherungsbeauftragten bei. In den letzten 10 Jahren betrugen die Kosten für Munition jährlich 2 Millionen Franken. Oberhalb der Waldgrenze und im speziellen für die Sicherung der Skiabfahrten hat sich die Methode bewährt. Im Bereich von Siedlungen und Wäldern wird prinzipiell vom Lawinensprengen abgeraten.

In diesem Zusammenhang sei auf die

Richtlinien der SKUS hingewiesen [6]. Bei den Skiabfahrten unterscheidet man Pisten und Abfahrtsrouten. Sie werden markiert und vor alpinen Gefahren gesichert (Art. 5). Pisten werden zudem nach Schwierigkeiten eingestuft, hergerichtet, unterhalten und kontrolliert. Das Gelände abseits von Pisten und Abfahrtsrouten ist freies Skigelände, das weder markiert noch vor alpinen Gefahren gesichert wird (Art. 6). Lawinengefährdete Skiabfahrten sind unverzüglich zu sperren (Art. 20). Eindeutige Orientierung mit Hinweisschildern und Absperrungen soll dem Skifahrer die Übersicht ermöglichen. Bei Abklingen der Lawinengefahr sind alle Warn- und Sperrmassnahmen wieder aufzuheben.

Verhalten auf Skitouren

Gemäss einer umfassenden Auszählung der Winterberichtsdaten [4] sterben in den Schweizeralpen von den jährlich durchschnittlich 26 Lawinopfer rund 60 Prozent im freien Skigelände, also beim Varianten skifahren oder auf Skitouren. Neueste Zahlen belegen zudem, dass die Wahrscheinlichkeit, eine Lawinenverschüttung zu überleben, beim Stillstand der Schneemassen 44 Prozent beträgt. Nach einer Verschüttungsdauer von einer Stunde ist sie gerade noch 13 Prozent. Die Wirkung der Lawinenverschütteten-Suchgeräte (LVS) fällt dabei ernüchternd aus. Ein Erfasstwerden durch Lawinen muss also möglichst vermieden werden. Für die Variantenfahrer sind die Mittel einer Beurteilung der Lawinengefahr meist bescheiden. Unkenntnis und Risikobereitschaft überdecken vielfach das Einhalten der elementaren Regeln im Gebirge. Dem seriösen Skitourenfahrer stehen aber verschiedene Möglichkeiten offen, einer Lawinenverschüttung zu entgehen. Dem Anfänger wird empfohlen, die ersten Skitouren unter der Leitung eines Bergführers oder Tourenleiters zu unternehmen. Der Schweizerische Bergführerverband (SBV), der SAC, aber auch Jugend und Sport bilden ihre Führer in praktischen Kursen in Lawinenkunde aus. Besonders bei Individualisten gilt andererseits der Grundsatz, dass nie allein auf eine Tour aufgebrochen werden sollte.

Die Abschätzung der Lawinengefahr erfolgt prinzipiell in zwei Phasen:

- Tourenplanung
- Beurteilung im Gelände.

Bei der Vorbereitung stehen der Wetterbericht und das Lawinenbulletin als wesentliche Hilfen zur Verfügung. Anhand der Landeskarten und der Tourenführer mit Routenbeschreibung sollte die Interpretation der Texte im Detail übertragen werden. Dabei gilt zu beachten, dass sich die Lawinengefahr in wenigen Stunden stark ändern kann: Ausweichrouten, Um-

gehung von Gefahrenstellen sind in die Marschplanung einzubauen. Wichtig ist auch das Überprüfen der Ausrüstung und eine moralische Vorbereitung auf die verschiedenen Tourenteilnehmer. Plant man eine mehrtägige Tour in einer unbekannten Gegend, so dürfte es sich lohnen, Informationen von Einheimischen oder zurückkehrenden Gleichgesinnten einzuholen.

Im Gelände selbst bleiben die wichtigsten zu beurteilenden Faktoren, die selben wie für die überregionale Warnung: Neuschnee, Wind, Temperatur und Schneedeckenaufbau. Messungen sind im Gelände nur beschränkt möglich. Kleinste Wahrnehmungen sollten laufend in die Entscheidungen über das weitere Vorgehen eingebaut werden. Schneefall zwingt vielfach schon wegen der mühsameren Spurarbeit zum frühzeitigen Umkehren. Die Wirkung des Windes mit Schneeverfrachtung in Leehänge muss beurteilt werden. Gefährliche «Schneebretter» sind häufig an windabgekehrten Stellen anzutreffen. Andererseits muss infolge des vielfach komplexen Geländes und der wechselnden Windrichtung mit Turbulenzen auch in luvseitigen Rinnen mit Ablagerungen gerechnet werden. Diesbezügliche Wahrnehmungen sind oft ebenfalls anhand der Skispurenmuster oder dann auch durch direkte Beobachtung möglich. Temperaturverhältnisse sind schwieriger

abzuschätzen. Da sie aber vielfach bei ruhigen Verhältnissen für Lawinenauslösung entscheidend sind, gilt besondere Vorsicht. Neben dem Wärmeeintrag von Luft in die Schneedecke darf auch die Absorption der direkten Sonnenstrahlung nicht ausser Acht gelassen werden. Ein in den Mittagsstunden stark besonnener Südhang, der bei Tagesanbruch problemlos von einer Skitourengruppe traversiert wurde, kann sich beim Befahren durch einen einzelnen Skifahrer lösen. Ohne Graben eines Profilschachtes kann über den Aufbau der Schneedecke nichts ausgesagt werden. Nur mit viel Erfahrung und bei dauerndem Aufenthalt im Gebirge während des ganzen Winters wäre er in groben Zügen zu erraten. Viele Skilehrer geben an, dadurch eine gewisse Grundbeurteilung bei ihren Skifahrten vornehmen zu können.

Auch betreffend Gelände können wenige allgemeingültige Regeln aufgestellt werden. Normalerweise beginnt Lawinengelände bei Hangneigungen von 30°. Steilere Geländeteile überwindet man mit den Ski im Aufstieg nur mit Spitzkehren. Sieht man bei der Abfahrt in der Falllinie nicht mindestens 20 m weit, so befindet man sich in einem Gebiet mit starken Zugzonen. Spannungsübertragungen sind an diesen konvexen Hangteilen besonders kritisch (Abb. 7). Mit zunehmender Hangneigung wachsen die Spannungen in der

Gefahrenstufe (Auslösewahrscheinlichkeit, Verbreitung der Gefahrenstellen)	Gefahrenstellen und Auslösung	Auswirkungen und Empfehlungen für Verkehrswege und Siedlungen	Auswirkungen und Empfehlungen für Skitourenfahrer
gering (örtlich)	an sehr wenigen, extremen Steilhängen	nicht durch spontane Lawinen gefährdet	Touren aller Art möglich
mässig örtlich	an einzelnen Steilhängen bei grösserer Belastung	in Ausnahmefällen künstlich gelöste Lawinen grösseren Ausmasses	Sorgfältige Tourenplanung und vorsichtige Routenwahl
erheblich örtlich	an vielen Steilhängen vor allem bei künstlicher Belastung (Sprengen, Skifahrer)	in Ausnahmefällen Verbindungswege gefährdet	Steilhänge der angegebenen Exposition und Höhenlage meiden Wenig Erfahrene verzichten
gross örtlich	an den meisten Steilhängen und bei geringer Belastung	meist schon grossflächige Lawinen, exponierte Verbindungswege gefährdet	Man beschränke sich auf gesichertes Gelände Wenig Erfahrene verzichten
erheblich allgemein	an fast allen Steilhängen, vor allem bei künstlicher Belastung	Verkehrswege mit Vorsichtsmassnahmen (Sperrung usw.) belegen	Nur bescheidene Ausflüge in mässig steilem Gelände ratsam
gross allgemein	spontane grossflächige Lawinen, auch ohne Zusatzbelastung	bekannte Tallawinen Evakuierung von Gebäuden	Verzicht auf Skitouren
sehr gross allgemein	Lawinen auch in mässig steilem Gelände und im Wald	Lawinen auch ausserhalb der üblichen Bahnen, umfangreiche Sicherungsmassnahmen	Verzicht auf Skitouren

Schneedecke an. Ski- und Tierspuren garantieren nicht für Lawinensicherheit, ein Hang mit ungenügender Festigkeit wird nicht unbedingt vom ersten Skifahrer ausgelöst. Grundsätzlich können alle Hangexpositionen gefährlich sein, je nach Wind- und Sonneneinwirkung. Die Sicherheit im Wald ist nicht immer gegeben. Geschützt ist man bei Schneebrettgefahr nur in stufigem und geschlossenem Wald. Lärchenwald bietet praktisch keinen Schutz. Eingeschneite Büsche können sogar lawinenfördernd sein.

Sieht man im Gelände frische Lawinenablagerungen oder kann man einen Abgang direkt beobachten, so sind das unmissverständliche Anzeigen, umzukehren oder zumindest ähnliche Hangabschnitte zu meiden. Auch Kurzsetzung der Schneedecke im flachen Gelände mit Wumm-Geräuschen mahnt zur Vorsicht. Eine abgebrochene Tour kann man wiederholen, eine Lawinenauslösung mit Personenbeteiligung endet meistens unglücklich.

Ausblick

Trotz Ausbau der Transportkapazitäten und trotz gesteigerter persönlicher Mobilität stiegen die Lawinenunfallzahlen in den letzten 30 bis 40 Jahren nicht an. Objektiv unerkannten Gefahrenquellen, erst bei fatalen Unfällen aufgedeckt, begegnete man jeweils mit neuen umfassenden Schutzmassnahmen oder mit Erfahrungsregeln. Auch in Zukunft soll durch analytische Auswertung eine Verminderung des Schadenausmasses im Zentrum jeder Lawinenprophylaxe stehen.

Auf der Stufe der landesweiten Lawinenwarnung stehen drei Punkte im Vordergrund:

1. Durch verbesserte und schnellere Auswertungen muss versucht werden, das Lawinenbulletin örtlich detaillierter und zeitlich präziser abzufassen. Allerdings liegt die Beurteilung von Kleinregionen, wie etwa einzelne Skitourengebiete oder Talabschnitte, ausserhalb der

Möglichkeiten. Erste Tests mit automatischen Messwertgebern verliefen erfolgreich, der Einbau der Daten in die operationelle Warnung steht allerdings erst am Anfang.

2. Der Aufbau einer linearen Gefahrenskala und das Abstimmen derselben mit den anderen Alpenländern dürfte zu mehr Klarheit für die Benützer führen. Eine entsprechende Arbeitsgruppe wird demnächst reaktiviert.
3. Die Erforschung der Auswirkungen einer wärmeren Atmosphäre auf Schnee und Lawinen muss mittels klimatologischer Studien erfolgen. Mit einer Reihenlänge von 40 bis 60 Jahren sind die vorhandenen Grundlagen für Trendaussagen noch relativ wenig umfangreich.

Die Sicherungsdienste haben in den letzten Jahren Entscheidendes zur Verhütung von grossen Lawinenkatastrophen geleistet. Für die Beauftragten muss allerdings der Schutz des Menschenlebens im Zentrum stehen. In der Schweiz, aber auch im benachbarten Ausland, häufen sich in letzter Zeit Unfälle bei der Ausführung von Sicherungsaufgaben. Die Verkürzung von Sperrzeiten bei erhöhter Gefahr muss nicht oberstes Gebot sein. Auch im Bereich der Lawinenwarndienste sind automatische Messstationen nur als eine unter den verschiedenen Hilfen bei der Beurteilung zu verstehen. Sie können Entscheidungen nicht abnehmen. Ihre Betreuung erfordert Spezialisten. Das Problem der Variantenfahrer ist erst teilweise mit nüchterner Information und Aufklärung gelöst. Bei normalen Skitouren ist wichtig, dass die regionalen Lawinenverhältnisse berücksichtigt werden und die Routenwahl diesen angepasst ist. Wer aber auch heiklere Routen in Angriff nehmen will, kommt – je nach Lawinenverhältnissen – nicht darum herum, örtlich Einsicht in die Schneedeckenverhältnisse zu nehmen (Schneeprofil, Rutschblock), um das Risiko auf ein tragbares Mass zu reduzieren. Solche Messungen verlangen aber Grundkenntnisse (Kurse) und Erfahrung,

da deren Interpretation nicht in jedem Fall einfach ist.

Die zwei grossen Unfälle im Winter 1989/90 mit zwei Jugendgruppen stimmen insofern traurig, als aus lawinentechnischer Sicht elementare Fehler begangen wurden: sichere Routenwahl und frühzeitiger Tourenaufbruch gelten als Leitsätze. Allgemein sollte wieder grosses Gewicht auf eine koordinierte Aufklärung in Kursen gelegt werden.

Die wenigsten Skitourenfahrer halten sich dauernd im winterlichen Gebirge auf. Die Zeit, die durch raschen Transport und moderne Ausrüstung gewonnen werden kann, sollte durch langsames und wohlüberlegtes Anpassen an die unbekannte Umgebung genützt werden.

Literatur (nur auszugsweise):

- [1] Föhn, P.: Das Schweizerische Lawinenbulletin. Mitteilung Nr. 38 des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung, 1985.
- [2] Jaccard, C.: Fuzzy Factorial Analysis of Snow Avalanches. Natural Hazards 3: 329–340, 1990.
- [3] Meister, R.: Influence of strong Winds on Snow Distribution and Avalanche Activity. Annals of Glaciology 13: 195–201, 1989.
- [4] Winterberichte des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung: Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen. Nr. 1–53, 1936/37–1988/89.
- [5] Gemeindeverband Goms: Reglement über den Lawinenwarndienst in der Region Goms, 1987.
- [6] SKUS: Richtlinien für Anlage und Unterhalt von Skiabfahrten. Schweizerische Kommission für Unfallverhütung auf Skiabfahrten und Loipen, Bern 1990.

Adresse des Verfassers:
Roland Meister, dipl. Ing. ETH
Eidgenössisches Institut für
Schnee- und Lawinenforschung
CH-7260 Weissfluhjoch/Davos

**Wer
aufhört zu
werben,
um Geld zu sparen,**



**könnte genauso
seine Uhr stehen
lassen, um Zeit
zu sparen.**

Vermarkungsarbeiten

übernimmt und erledigt

- genau
- prompt
- zuverlässig
- nach Instruktion GBV

für Geometerbüros und Vermessungsämter in der deutschsprachigen Schweiz

Josef Lehmann, Vermarktungsunternehmer
9555 Tobel TG
Tel. 073/45 12 19
oder 9556 Affeltrangen, Tel. 073/45 15 42