

## 6 Besondere Beiträge

Jürg Schweizer

### 6.1 Verifikation des Lawinenbulletins<sup>1</sup>

Das Lawinenbulletin informiert und warnt Bewohner, Touristen und Benutzer von Verkehrswegen vor der herrschenden Lawinengefahr. Vor allem für den Tourenfahrer ist der Lawinenlagebericht eine unentbehrliche Grundlage bei der Tourenplanung. Doch wie gut ist die Lawinengefahr prognostiziert? Beschreibt der Lawinenlagebericht die Situation übervorsichtig oder zu optimistisch? In den Wintern 2001/2002 und 2002/2003 hat das SLF versucht, auf grundlegende Fragen zur Problematik der Verifikation erste Antworten zu finden.

#### Schwierige Qualitätssicherung

Das Lawinenbulletin beinhaltet eine Prognose der Lawinengefahr. Die Qualität des Lawinenbulletins zu kontrollieren ist nicht einfach, denn anders als bei der Wetterprognose ist die prognostizierte Grösse, die Lawinengefahrenstufe, nicht direkt messbar. Somit ist eine objektive Verifikation nicht möglich. Nur gerade bei den Gefahrenstufen «gross» und «sehr gross» lässt sich das Bulletin über die abgegangenen Lawinen verifizieren. Bei den Gefahrenstufen 1 bis 3, die vor allem für den Schneesportler wichtig sind, gilt es die Schneedeckenstabilität zu überprüfen. Je grösser die Lawinengefahr, umso geringer die Schneedeckenstabilität. Bei «mässiger» Lawinengefahr ist gemäss Definition «die Schneedecke an einigen Steilhängen nur mässig verfestigt, ansonsten allgemein gut verfestigt». Grössere spontane Lawinen sind nicht zu erwarten, aber Schneesportler können durchaus vereinzelt noch Schneebrettlawinen auslösen. Wie aber genau sieht die Schneedecke nun bei «mässiger» Lawinengefahr aus? Was heisst «an einigen Steilhängen nur mässig verfestigt» wirklich, und wie misst man das?

#### Einschätzung im Nachhinein

Grundsätzlich kann man die Lawinengefahr so verifizieren, wie man sie prognostiziert, nämlich indem man die Daten analysiert, gewichtet und vernetzt, um daraus die Gefahrenstufe abzuleiten. Im Nachhinein verfügt man meist über zusätzliche Daten und Beobachtungen, so dass eine bessere

Einschätzung möglich ist. Im Nachhinein ist man in der Regel bekanntlich klüger. Auch die Einschätzung im Nachhinein wird nicht immer eindeutig und richtig sein. Idealerweise geschieht diese Art der Verifikation durch unabhängige Experten, also nicht durch die Prognostiker selbst. Aber auch erfahrene Bergführer und Tourengänger sind unter Umständen sehr wohl in der Lage, die Gefahrenstufe lokal zu überprüfen. Rückmeldungen aus dem Gelände von erfahrenen Leuten sind daher nicht nur für die Beurteilung, also das Erstellen des Lageberichtes wesentlich, sondern auch für die Verifikation nützlich. In beiden Fällen ist die regelmässige, konsistente Rückmeldung Voraussetzung für aussagekräftige Resultate.

#### Typische Alarmzeichen

Es ist in gewissem Masse Pflicht jedes erfahrenen Bergführers oder Tourengängers, das Lawinenbulletin mit den Beobachtungen vor Ort kritisch zu vergleichen, insbesondere in Schneefallsituationen: Ist die kritische Neuschneemenge erreicht? Gibt es Alarmzeichen? Hat es aber länger nicht geschneit und ist die Gefahrenstufe gemäss Bulletin «Mässig», so ist die Verifikation ungleich schwieriger. Zwar sind gewisse Alarmzeichen typisch für die Gefahrenstufe «Erheblich», aber das Fehlen von Wumm-Geräuschen allein kann in keiner Weise als ein deutlicher, eindeutiger Hinweis auf eine geringere Gefahrenstufe interpretiert werden (Tab. 6.1). Andererseits ist eine einzelne Fernauslösung bei «mässiger Lawinengefahr» noch kein Hinweis auf eine eindeutige «erhebliche Gefahr». Eine durch einen einzelnen Skifahrer ausgelöste Lawine, typisch bei Gefahrenstufe «Erheblich», kann einmal, wenn auch selten, bei «geringer» Lawinengefahr auftreten. Soweit, so kompliziert. Grund für diese Schwierigkeiten ist, dass die Lawinengefahrenstufe definiert ist durch die Auslösewahrscheinlichkeit (natürliche Schneedeckenstabilität und menschliche Einwirkungen), die flächige Verbreitung der Gefahrenstellen und die Grösse und Art der Lawinen (Mächtigkeit der abgleitenden Schneeschichten). Damit ergeben sich wohl typische Situationen, aber es sind auch viele Ausnahmen möglich.

#### Keine Sicherheitsmarge

In der Vergangenheit, d.h. in verschiedenen Studien in verschiedenen Ländern, erfolgte die Verifikation einerseits durch nachträglichen Expertenentscheid, durch Rückmeldungen von erfahrenen Bergführern und Tourengängern, durch den Vergleich mit der Lawinenaktivität, oder durch Feld-

<sup>1</sup> Eine frühere, ähnliche Fassung dieses Beitrages erschien erstmals in Bergundsteigen, Zeitschrift für Risikomanagement im Bergsport, OEAV, Innsbruck (A) (Schweizer, 2003). Ein ausführlicher wissenschaftlicher Beitrag wurde ebenfalls publiziert (Schweizer et al., 2003).

Tab. 6.1: Verifikation via Alarmzeichen. Gibt es für eine bestimmte Gefahrenstufe typische Alarmzeichen (Wumm-Geräusche, Risse, Fernauslösungen, spontane Lawinen)? Oder mit anderen Worten, kann die Gefahrenstufe mit Hilfe von Alarmzeichen verifiziert werden? Was ist das charakteristische Merkmal einer Gefahrenstufe? Die Tabelle versucht, den Gefahrenstufen «Mässig», «Erheblich» und «Gross» die bekannten Alarmzeichen zuzuordnen. Zusätzlich zu den Alarmzeichen sind auch noch durch Einzelpersonen ausgelöste Skifahrerlawinen berücksichtigt. Im Falle von «Erheblich» und «Gross» ist der Fall einigermaßen klar: Skifahrerlawinen sind typisch für «Erheblich», spontane Lawinen sind typisch für «Gross». Beobachtet man bei Gefahrenstufe «Erheblich» wiederholt Wumm-Geräusche, so ist dies eine Bestätigung für die «erhebliche» Lawinengefahr. Aber aufgepasst: Sind keine Wumm-Geräusche feststellbar, heisst das umgekehrt nicht, dass die Lawinengefahr nicht «Erheblich», sondern z.B. nur «Mässig» ist. Unter Umständen können einmal schon bei «erheblicher» Lawinengefahr vermehrt spontane Lawinen auftreten. Dies ist aber nicht die Regel, sondern – wie es in der Lawinengefahrenskala heisst – tritt nur fallweise auf.

Gefahrenstufe	Alarmzeichen			
	Wumm, Risse	Skifahrerlawinen	Fernauslösungen	Spontane Lawinen
Mässig	vereinzelt	vereinzelt	selten	selten
Erheblich	<b>typisch</b>	<b>typisch</b>	vereinzelt	vereinzelt
Gross	häufig	häufig	<b>typisch</b>	<b>typisch</b>

messungen (u.a. Cagnati et al., 1998; Föhn and Schweizer, 1995; Harvey, 1998; Munter, 1997; Remund, 1993; Soratori, 1996). Aufgrund der oben dargestellten Schwierigkeiten überprüft meines Wissens zur Zeit kein Land oder Warndienst seine Prognosen unabhängig, systematisch und operationell. Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass typischerweise die Lawinengefahr im Lawinenbulletin im Mittel an 1 bis 2 Tagen pro Woche zu hoch oder zu tief eingeschätzt wird (d.h. die Prognosequalität ist in etwa im Bereich von 71 bis 86%; zum Vergleich: im Jahre 2005 waren 85,5 % der Wetterprognosen von MeteoSchweiz für den jeweiligen Folgetag zutreffend). Die Abweichungen nach oben und unten halten sich in etwa die Waage. Aus ureigenstem Interesse wird kein Lawinenwarndienst versuchen, stets auf der guten Seite zu sein, d.h. die Gefahr zu hoch einzuschätzen. Damit würde er in kürzester Zeit seine Glaubwürdigkeit verspielen und die Lawinenwarnungen würden nutzlos (Williams, 1980).

### Schlüsselgrösse Schneedeckenstabilität

Wie aus obiger Definition der Gefahrenstufen hervorgeht, führt der Weg zur Bestimmung der Gefahrenstufe über die Schneedeckenstabilität. Aber auch die Schneedeckenstabilität ist nicht einfach messbar, und dann gilt es erst noch die flächige Variabilität der Schneedecke zu berücksichtigen. Die einzige Möglichkeit, der regionalen Schneedeckenstabilität auf die Spur zu kommen, sind daher eine Vielzahl von Schneedeckenuntersuchungen mit Stabilitätstests. Diese aufwendige Art der Verifikation ist selbstverständlich nur an wenigen Tagen in einer einzelnen Region möglich und eignet sich daher nicht für die operationelle

Verifikation. Sie erlaubt aber, die Schneedeckenstabilität bei einer bestimmten Gefahrenstufe quantitativ zu beschreiben und wesentliche Erkenntnisse zur flächigen Variabilität auf der Skala Region zu gewinnen. Damit kann die Frage geklärt werden, welche Unterschiede in der Schneedeckenstabilität es innerhalb einer Region bei einer bestimmten Gefahrenstufe gibt.

### Intensive Messkampagnen

In den Wintern 2001/2002 und 2002/2003 wurden während 8 Verifikationskampagnen von Zweiertams des SLF an insgesamt 17 Tagen 447 Schneedeckenuntersuchungen mit Rutschblocktest gemacht (Tab. 6.2, Abb. 6.1). Die Untersuchungen erfolgten in bis zu vier Kleinregionen in der Umgebung von Davos. In jeder dieser Kleinregion befindet sich eine IMIS-Station (Klosters-Gatschiefer 2310 m, Parsenn-Kreuzweg 2290 m, Davos-Hanengretji 2450 m, Monstein-Bärentälli, 2560 m). Nach Möglichkeit wurde auch an den Standorten der IMIS-Stationen pro Periode ein Schneeprofil (inkl. Kompressionstest) aufgenommen.

Zwischen 10 und 30 Personen waren pro Messtag im Einsatz. In der Regel wurden die Zweiertams mit dem Helikopter ins Untersuchungsgebiet geflogen, wo sie pro Tag in einem jeweils vorgegebenen Höhen und Expositionsbereich 2 bis 7 Schneedeckenuntersuchungen machten. In den Perioden 4 und 5 wurden die SLF-Mitarbeiter von einem Detachement der Armee (A Law Abt 1) unterstützt. Alle Gefahrenstufen ausser «Sehr gross» konnten abgedeckt werden. Allerdings war die Methode bei «grosser» Lawinengefahr nur bedingt anwendbar, da die Einschränkungen in Bezug auf die Wahl

Tab. 6.2: Verifikationsperioden. Messkampagnen und Lawinengefahr: Die prognostizierte Lawinengefahr ist die Gefahr, wie sie im Lawinenbulletin am Vorabend des ersten Tages einer Messkampagne beschrieben wurde. Die verifizierte Lawinengefahr beruht auf der Einschätzung der Beobachter und der Analyse der Schneedeckenstabilität wie sie aufgrund der Profile abgeschätzt werden kann. Die Lawinengefahr ist beschrieben als Gefahrenstufe (1...5), Höhenlage oberhalb derer die Gefahr hauptsächlich gilt (z.B. > 2400 m) und Expositionsbereich (im Uhrzeigersinn), in dem die Gefahr hauptsächlich herrscht. Herrscht die Gefahr in allen Expositionen, wird dies durch «alle» beschrieben; sind die Gefahrenstellen vereinzelt und beschränken sich auf extreme Steilhänge, so wird dies durch «extrem» beschrieben.

Periode	Datum	Anzahl Tage	Anzahl Profile	Lawinengefahr	
				prognostiziert	verifiziert
1	21.–23. Jan. 2002	2 1/2	62	1, extrem	2, >2300 m, W-N-E
2	12.–13. Feb. 2002	2	73	3, >2400 m, W-N-E	3, >2300 m, NW-N-NE
3	26.–27. Feb. 2002	1 1/2	50	3, >1800 m, alle	3, >2300 m, W-N-NE
4	18.–19. Mrz. 2002	1 1/2	62	2, >2500 m, NW-N-NE	1–2, >2500 m, W-N-E
5	20. Mrz. 2002	1/2	8	3, >2200 m, W-N-S	3, >2300 m, W-N-E
6	13.,15.–17. Jan. 2003	4	81	2, >2000 m, alle	1, >2000 m, alle
7	7. Feb. 2003	1	14	4, >1500 m, alle	3–4, >1800 m, alle
8	17.–20. Feb. 2003	4	97	2, >2200 m, alle	1, >2000 m, extrem



Abb. 6.1: Nur mit vielen Schneedeckenuntersuchungen können die Lawinengefahrenstufen «Gering», «Mässig» und «Erheblich» überprüft werden. Teilweise bereits bei «Erheblich», aber vor allem bei «Gross» und «Sehr gross» liefert die Natur uns die Verifikation frei Haus – in Form von Alarmzeichen, vor allem spontanen Lawinen. Ein SLF-Team beim Stabilitätstest (Rutschblock), der den Abschluss einer Schneedeckenuntersuchung bildet (Foto: J. Schweizer).



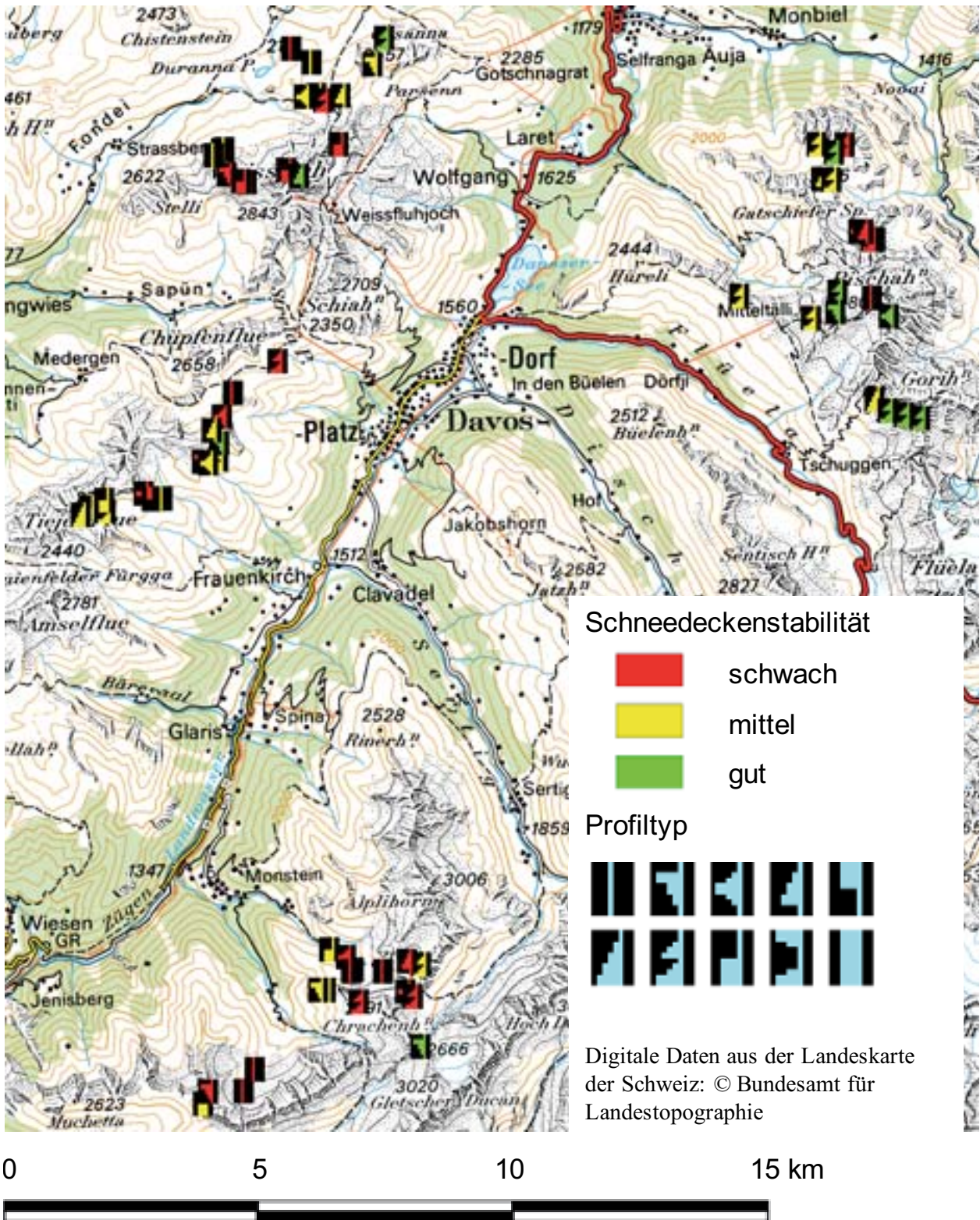


Abb. 6.2: Schneedeckenstabilität in der Region Davos am 12. bis 13. Februar 2002: Während zwei Tagen haben 12 Zweierteams 73 Schneedeckenuntersuchungen in der Region Davos gemacht, und dabei die Gefahrenstufe «erheblich» überprüft. In der Kleinregion Monstein (südlich von Davos) war die Schneedeckenstabilität wesentlich geringer als in den drei übrigen weiter nördlich gelegenen Kleinregionen. Die «erhebliche» Lawinengefahr herrschte in den Nordhängen; in den Ost- und Westhängen war die Gefahr etwa eine halbe Stufe geringer. Die Profile wurden für diese Darstellung nur drei (statt fünf) Stabilitätsklassen zugeordnet. Die Profiltypen sind dieselben, die auch in der Schneedeckenstabilitätskarte, einem Produkt der SLF Lawinenwarnung, verwendet werden: <http://www.slf.ch/avalanche/spmap-de.html>. Kartenausschnitt reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA035784).

der Profillorte aufgrund der Lawinengefahr doch recht beträchtlich waren. Zuerst hatten die Teams ihre eigene Sicherheit zu beachten, so dass Profilstandorte in grösseren, nicht entladenen Lawinenhängen nicht zu verantworten waren. Es zeigte sich, dass der Lawinenlagebericht regional gesehen mehrheitlich zutreffend war, d.h. mit der Einschätzung der Beobachter im Gelände an den Verifikationstagen übereinstimmte, dass aber lokal grössere Unterschiede in der Schneedeckenstabilität existierten. Die Schneedeckenuntersuchungen wurden im Hinblick auf die Stabilität in fünf Klassen (sehr gering, gering, mittel, gut, sehr gut) eingeteilt (Schweizer and Wiesinger, 2001) und auf mögliche (räumliche) Muster analysiert, und zwar primär in Bezug auf Unterschiede zwischen Kleinregionen, aufgrund der Höhenlage und der Exposition.

### Suche nach Mustern

#### Region

In der Kleinregion (Monstein), die am weitesten im Süden von Davos liegt, war die Schneedeckenstabilität in der Regel geringer als in den übrigen nördlich und westlich gelegenen Kleinregionen (Abb. 6.2). Dies erklärt sich aus der Tatsache, dass die Kleinregion Monstein nahe an klar inneralpinen Bereichen Graubündens liegt, wo die Schneedecke aufgrund der generell geringeren Niederschläge meist ungünstiger aufgebaut ist im Vergleich zu den nördlichen Regionen der Schweizer Alpen (Alpennordhang und Nordbünden). Tatsächlich waren auch die gemessenen Schneehöhen in der Kleinregion Monstein am geringsten.

#### Exposition

Während sich im Hochwinter kaum Unterschiede in Bezug auf die Exposition zeigten, wurden ab Februar teilweise ausgeprägte Abhängigkeiten gefunden: Anfangs Februar z. B. «erhebliche» Lawinengefahr im Sektor Nord, «mässige» Lawinengefahr im Sektor West und Ost (vgl. auch Abb. 6.3). Bei der Gefahrenstufe «gering» gab es kaum mehr Abhängigkeiten von der Hangexposition. An dem Tage, an dem die Gefahr als «gross» prognostiziert war, konnte ebenfalls keine Expositionsabhängigkeit gefunden werden.

#### Höhenlage

Die Abhängigkeit von der Höhenlage war weniger ausgeprägt als die Abhängigkeit von der Exposition. In einem der Fälle im Winter 2001/2002 nahm die Lawinengefahr mit der Höhe leicht zu (etwa eine halbe Gefahrenstufe), aber nur bis auf eine Höhenlage von rund 2800 m ü.M. Interessanterweise zeigten die Schneedeckenuntersuchungen, die auf rund 2900 m ü.M. mehrheitlich auf Firnfeldern oder kleinen Gletschern aufgenommen wurden, eine wiederum etwas bessere Stabilität als Profile aus dem angrenzenden tiefer liegenden Höhenbereich. Dies lässt sich u.a. durch die wesentlich grössere Schneehöhe und allgemein bessere Verfestigung erklären.

Im Winter 2002/2003 gab es eine gerade umgekehrte Höhenabhängigkeit. Die Stabilität nahm mit der Höhe nicht ab, sondern zu. Mit anderen Worten, der Schneedeckenaufbau war im Bereich der Waldgrenze wesentlich ungünstiger als 400 Meter höher. Dies war eine Folge der teilweise ergebnissen

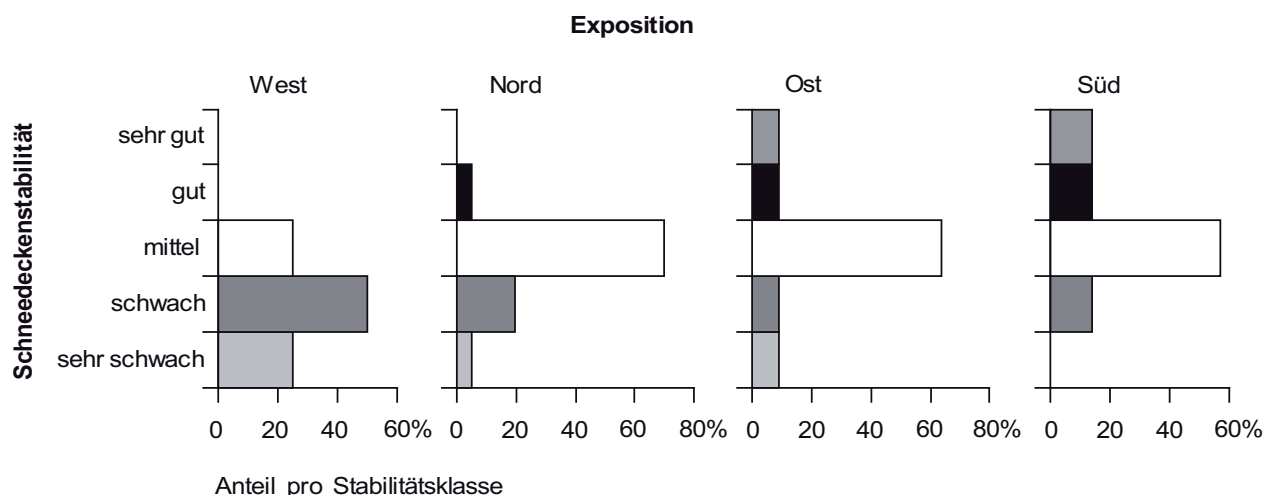


Abb. 6.3: Verteilung der Schneedeckenstabilität in der Region Davos am 26.-27. Februar 2002 in Abhängigkeit der Hangexposition. Der Lawinenlagebericht hatte eine «erhebliche» Lawinengefahr in allen Expositionen oberhalb 1800 m ü.M. prognostiziert. Aufgrund der rund 50 Schneedeckenuntersuchungen konnte der kritische Hangsektor eingeschränkt werden auf die West-, Nord- und Nordosthänge. Die südlichen und teilweise östlichen Hangexpositionen wiesen Ende Februar schon deutlich bessere Schneedeckenstabilität auf, etwa entsprechend der Gefahrenstufe «Mässig» (Abb. 6.4).

Schneefälle im Frühwinter in den höheren Lagen, die zu einem eher günstigen Schneedeckenaufbau führten, während es im Bereich der Waldgrenze regnete. Erst viel später fiel dort Schnee, der sich in einer nachfolgenden trockenen, kalten Periode zu einem ungünstigen Schwimmschneefundament umwandelte, so dass man teilweise noch Ende Februar nach Ablegen der Skis bis zur Brust durchbrach.

### Stabilitätsverteilung pro Gefahrenstufe

War einmal klar, welche Unterschiede in Bezug auf Höhenlage und Exposition vorlagen, wurden die in diesen Sektoren gefundenen Stabilitätsverteilungen untereinander und mit der Einschätzung der Beobachter für die verschiedenen Sektoren verglichen. Für diese Untersuchung wurden nur die Verifikationsperioden aus dem Winter 2001/2002 verwendet. Somit ergaben sich für die drei Gefahrenstufen «Gering», «Mässig» und «Erheblich» typische Stabilitätsverteilungen (Abb. 6.4). Aufgrund der meist deutlichen Expositionsabhängigkeit ist es wesentlich, die Stabilität nicht über alle Expositionen resp. eine ganze Kleinregion zu mitteln. Bei «geringer» Lawinengefahr sind rund 90 % der Hänge gut verfestigt, während bei «erheblicher» Lawinengefahr die Hälfte aller Hänge schwach verfestigt ist. Dazwischen, bei mässiger Lawinengefahr, sind rund 50 % der Hänge mittel, und je etwa 25 % schwach resp. gut verfestigt. Die Streuung der Stabilität nimmt nicht zu mit abnehmender Stabilität, d.h. bei der Gefahrenstufe «erheblich» ist die Streuung nicht wesentlich anders als bei «gering».

Am 7. Februar 2003, als die Gefahrenstufe «Gross» prognostiziert war und die Beobachter einstimmig feststellten, dass es vermutlich am Vortag tatsächlich «Gross» gewesen sein musste, bestand noch eine klar erhöhte Auslösebereitschaft für Skifahrerlawinen. Es wurden unseres Wissens aber in der Region Davos keine spontanen Lawinen mehr beobachtet. Aufgrund der erhöhten Lawinengefahr und der damit verbundenen beschränkten Möglichkeiten für die Profilaufnahme war es nicht möglich, auch für die Gefahrenstufe «Gross» eine Stabilitätsverteilung zu definieren. Knapp zwei Drittel der Profile vom 7. Februar 2003 wurden als schwach klassiert.

### Typische Schwachschichten

Die Unterschiede im Schneedeckenaufbau waren vor allem im Winter 2001/2002 beträchtlich. Zwar wurde in vielen Profilen eine Doppelkruste gefunden, oberhalb und unterhalb derer sich kantige Formen gebildet hatten. Diese Schichten waren – in Analogie zur Geologie – eigentliche Leithorizonte, die in zwei Drittel aller Profile gefunden wurden. In rund 60 % der Fälle war auch die Schwachschicht, die beim Stabilitätstest gefunden wurde, oberhalb oder unterhalb dieser Krusten.

Im Winter 2002/2003 war eine eingeschnete Oberflächenreife, entstanden im Dezember 2002, noch wesentlich dominanter. In der Verifikationsperiode im Januar 2003 war die Reife in der Kleinregion Hanengretji in rund drei Viertel aller Profile präsent. Allerdings bestanden ausgeprägte Unterschiede in Bezug auf die Hangexposition (Abb. 6.5). Auf den Süd, Südost, Ost und

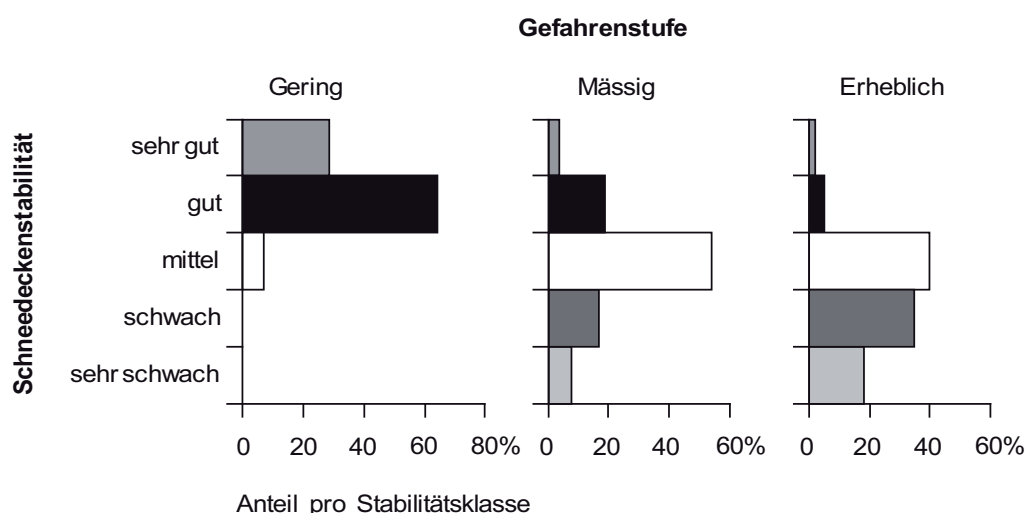


Abb. 6.4: Aus dem Vergleich der Schneedeckenuntersuchungen mit der Einschätzung der Beobachter aus dem ersten Winter (2001/2002) ergaben sich für die Gefahrenstufen 1–3 typische Stabilitätsverteilungen. Bei «geringer» Lawinengefahr sind rund 90 % der Hänge gut verfestigt, während bei «erheblicher» Lawinengefahr die Hälfte aller Hänge schwach verfestigt ist. Dazwischen, bei «mässiger» Lawinengefahr, sind rund 50 % der Hänge mittel, und je etwa 25 % schwach resp. gut verfestigt.



Nordwesthängen war der Reif wesentlich weniger häufig als in den übrigen Expositionen. In der anderen untersuchten Kleinregion (Gatschiefer) hingegen wurde der Reif nur in einem Viertel aller Profile gefunden. Es zeigte sich, dass in der Kleinregion Gatschiefer der Reif vor dem Einschneien wesentlich kleiner war.

In dieser Verifikationsperiode wurden vereinzelt sogar Lawinen fernausgelöst, obwohl aufgrund

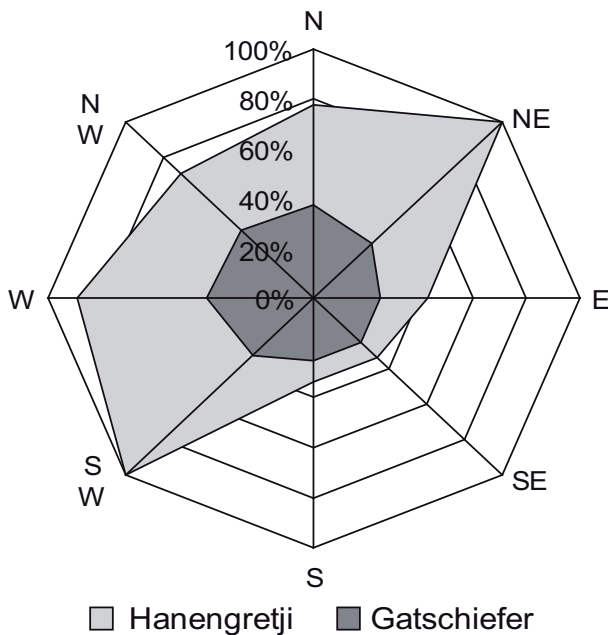


Abb. 6.5: Verteilung der eingeschneiten Oberflächenreifschicht auf die Expositionen in den beiden Kleinregionen Davos-Hanengretji und Klosters-Gatschiefer.

des hohen Anteils an gut und sehr gut klassierten Profilen die Lawinengefahr mit «Gering» zu bezeichnen war. Lawinen waren in der eingeschneiten Oberflächenreifschicht tatsächlich kaum auszulösen, aber falls dies doch gelang, war die Bruchausbreitungsbereitschaft gross. Weiter ist bemerkenswert, dass in dieser Situation die Stabilitätsverteilung zwar wie erwähnt auf «Gering» schliessen liess mit knapp drei Viertel als gut und sehr gut klassierten Profilen, dass aber die Streuung deutlich grösser war als in der bei «Gering» typischen Stabilitätsverteilung (Abb. 6.6). Diese Situation macht die Gefahrenbeurteilung für den Schneesportler sehr schwierig resp. führt zu einer erheblichen Unsicherheit. Es gab nämlich noch wenige, vereinzelt vorkommende Gefahrenstellen, an denen aber bereits einzelne Schneesportler Lawinen auslösen konnten. Die erhöhte Unsicherheit ist wohl am besten durch defensiveres Verhalten zu kompensieren. Auch für den Lawinenwarndienst war es nicht einfach, dieser besonderen Situation gerecht zu werden, da – wie wohl gar nicht so selten – die Gefahrensituation nicht genau einer Gefahrenstufe zugeordnet werden konnte.

#### Schlussbemerkungen

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die regionale Schneedeckenstabilität bei den verschiedenen Gefahrenstufen typische Verteilungen aufweist. Es zeigte sich deutlich, dass die Verifikation der Lawinengefahr, insbesondere für die Stufen «Gering», «Mässig» und u.U. auch noch «Erheblich», nicht einfach und ein in der Regel aufwändiges Unterfangen ist. Grund dafür ist die Tatsache, dass die Lawinengefahr sich nicht direkt messen

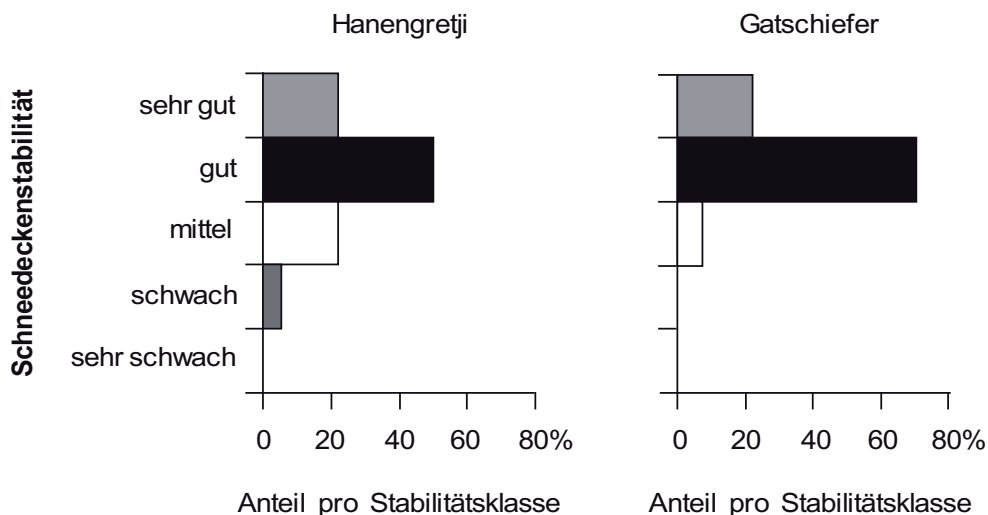


Abb. 6.6: Stabilitätsverteilung in der Periode 6 von Mitte Januar 2003. Aufgrund der stark unterschiedlichen Auslösebereitschaft einer eingeschneiten Oberflächenreifschicht ist die Stabilitätsverteilung in der Region Hanengretji ausserordentlich breit (grosse Streuung). Dennoch entspricht sie am ehesten der Gefahrenstufe «Gering» (Abb. 6.4). In der Kleinregion Gatschiefer, wo die Reifschicht viel weniger verbreitet war, entspricht die Stabilitätsverteilung recht genau derjenigen von «Gering» (Abb. 6.4).

lässt und nur indirekt u.a. über die Stabilitätsverteilung bestimmbar ist. Eine Verifikation ist daher praktisch nur möglich im Sinne eines unabhängigen Expertenentscheides im Nachhinein und/oder vor Ort, d.h. mit im Vergleich zur Erstellung des Lawinenbulletins zusätzlichen, meist detaillierteren Informationen.

Obwohl das Lawinenbulletin nicht immer richtig ist, heisst das für den Tourenfahrer, dass er zwar das Bulletin mit den Beobachtungen vor Ort kritisch vergleichen soll, dass aber für eine Korrektur des Bulletins nach unten eindeutige und gewichtige Anzeichen vorliegen müssen, d.h. etwa eine deutlich geringere Neuschneemenge. Die vielen Schneedeckenuntersuchungen mit Rutschblock haben gezeigt, dass die Schneedecke nicht nur im Hang, sondern auch auf der Skala Region stark variieren kann. Wohl gibt es häufig klare Muster in Bezug auf Exposition, Höhenlage und Lokalklima, andererseits aber ist die Schneedecke auch wesentlich von Zufälligkeiten bestimmt (Schweizer, 2002). Auch erfahrene Beobachter, die gezielt Instabilitäten in der Schneedecke suchen, brauchen daher mehrere Schneedeckenuntersuchungen, um die regionale Gefahrenstufe überprüfen zu können, ausser die Natur liefert uns eindeutige Anzeichen wie spontane Lawinen.

Dennoch: dass es Muster gibt und dass typische Schwachschichten relativ verbreitet vorkommen, ermöglicht überhaupt erst eine detaillierte, regionale Lawinenwarnung wie wir sie im Alpenraum schätzen gelernt haben. Eine differenzierte Gefahrenbeurteilung erfordert es, nach aktuellen, zeitlich variierenden Mustern zu suchen (z.B. Oberflächeneigenschaften) (Schweizer and Harvey, 2004), um die Beurteilung basierend auf langjährigen Mustern, auf denen die modernen strategischen Methoden beruhen (z.B. Reduktionsmethode), allenfalls zu verfeinern. Im Lawinenbulletin wird nach Möglichkeit auf diese Muster und Besonderheiten der Schneedecke hingewiesen. Deshalb ist es so wichtig, auch den Text des Bulletins zu lesen, und nicht nur die »Zahl« resp. die Gefahrenstufe wahrzunehmen.



## 7 Literatur

- Aebi, M., Stucki, T., Pielmeier, C., Wiesinger, T., Zweifel, B., 2005. WinterAktuell. Online-Wochenrückblicke zur Schnee- und Lawinensituation in den Schweizer Alpen. Hydrologisches Jahr 2004/05 <<http://wa.slf.ch>>.
- Bezzola, G.R., Hegg, C. (Ed.), 2007. Ereignisanalyse Hochwasser 2005, Teil 1 – Prozesse, Schäden und erste Einordnung. Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Umwelt-Wissen Nr. 0707. 215 S.
- Brabec, B. and Stucki, T., 1998. Verification of avalanche bulletins by questionnaires. In: E. Hestnes (Editor), 25 Years of Snow Avalanche Research, Voss, Norway, 12–16 May 1998. NGI Publication. Norwegian Geotechnical Institute, Oslo, Norway, pp. 79–98.
- Cagnati, A., Valt, M., Soratori, G., Gavaldà, J. and Sellés, C.G., 1998. A field method for avalanche danger-level verification. *Ann. Glaciol.*, 26: 343–346.
- Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung (Hrsg.) 2004: Lawinenbulletins und weitere Produkte des Eidg. Institutes für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos. Interpretationshilfe. Mitteilungen Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung. 50 (7. Aufl.): 36 S.
- Föhn, P.M.B. and Schweizer, J., 1995. Verification of avalanche danger with respect to avalanche forecasting. In: F. Sivardiè (Editor), Les apports de la recherche scientifique à la sécurité neige, glace et avalanche. Actes de Colloque, Chamonix, 30 mai–3 juin 1995. ANENA, Grenoble, France, pp. 151–156.
- Harvey, S., 1998. Local verification of the Swiss avalanche bulletin, Proceedings International Snow Science Workshop, Sunriver, Oregon, U.S.A., 27 September–1 October 1998. Washington State Department of Transportation, Olympia WA, USA, pp. 339–343.
- Munter, W., 1997. 3x3 Lawinen – Entscheiden in kritischen Situationen. Agentur Pohl and Schellhammer, Garmisch Partenkirchen, Germany, 220 pp.
- Pielmeier, C.; Stucki, T.; Aebi, M.; Bründl, M.; Etter, H.-J.; Rhyner, J.; Wiesinger, T., 2005: Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen. Winter 2002/03. Wetter, Schneedecke und Lawinengefahr. Winterbericht SLF. – Davos, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF. 117 S. (+ CD-ROM)
- Remund, J., 1993. Verifikation der regionalen Lawinengefahrenprognose. Diploma Thesis, ETH, Zurich, Switzerland.
- Schweizer, J., 2002. Zufall und Muster – Die Variabilität der Schneedecke in neuem Licht. *Bergundsteigen – Zeitschrift für Risikomanagement im Bergsport*. Oesterreichischer Alpenverein, Innsbruck, Austria, 11(4): 53–56.
- Schweizer, J., 2003. Rutschblock 73 – Verifikation der Lawinengefahr. *Bergundsteigen – Zeitschrift für Risikomanagement im Bergsport*. Oesterreichischer Alpenverein, Innsbruck, Austria, 12(4): 56–59.
- Schweizer, J. and Föhn, P.M.B., 1996. Avalanche forecasting – an expert system approach. *J. Glaciol.*, 42(141): 318–332.
- Schweizer, J. and Harvey, S., 2004. Das unbekannte Wesen – oder: ohne Schneedecke keine Lawinen ... *Bergundsteigen – Zeitschrift für Risikomanagement im Bergsport*. Oesterreichischer Alpenverein, Innsbruck, Austria, 13(4): 20–25.
- Schweizer, J. and Wiesinger, T., 2001. Snow profile interpretation for stability evaluation. *Cold Reg. Sci. Technol.*, 33(2–3): 179–188.
- Schweizer, J., Kronholm, K. and Wiesinger, T., 2003. Verification of regional snowpack stability and avalanche danger. *Cold Reg. Sci. Technol.*, 37(3): 277–288.
- Soratori, G., 1996. La verifica del grado di pericolo di valanghe. *Neve e Valanghe, AINEVA*, 29: 18–27.
- Williams, K., 1980. Credibility of avalanche warnings. *J. Glaciol.*, 26(94): 93–96.
- Zweifel, B. 2007. Lawinenunfälle in den Schweizer Alpen. Winter 2004/05. Personen- und Sachschäden. Davos, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF. 118 S.
- Wetter- und Klimadaten: Alpenwetterberichte, Spezialwetterberichte und Witterungsberichte der Meteo-Schweiz, Zürich.