



# rutschblock 73

Dr. Jürg Schweizer, 43, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Eidgenössischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) in Davos. Ber(g)sonnlichkeit in bergundsteigen 4/01.

bergundsteigen 4/03  
56

## Verifikation der Lawinengefahr von Jürg Schweizer

Der Lawinenlagebericht informiert und warnt heutzutage Einheimische und Touristen zuverlässig vor der herrschenden Lawinengefahr. Vor allem für den Tourenfahrer ist er eine unentbehrliche Grundlage bei der Tourenplanung. Doch wie gut wird die Lawinengefahr prognostiziert? Beschreibt der Lagebericht die Situation übervorsichtig oder zu optimistisch? In den letzten zwei Wintern hat das Eidgenössische Institut für Schnee- und Lawinenforschung in Davos (SLF) versucht, auf grundlegende Fragen zur Problematik der Verifikation erste Antworten zu finden.

### Qualitätssicherung, aber wie?

Der Lawinenlagebericht beinhaltet eine Prognose der Lawinengefahr. Deren Qualität zu kontrollieren ist nicht einfach, denn anders als bei der Wettervorhersage ist die prognostizierte Größe, die Lawinengefahrenstufe, nicht direkt messbar. Somit ist eine objektive Verifikation nicht möglich. Lediglich bei den Gefahrenstufen "groß" und "sehr groß" lässt sich der Lawinenlagebericht über die abgegangenen Lawinen verifizieren. Bei den Gefahrenstufen 1-3, die vor allem für den Schneesportler wichtig sind, gilt es, die Schneedeckenstabilität zu überprüfen. Je größer die Lawinengefahr, umso geringer die Schneedeckenstabilität. Bei "mäßiger" Lawinengefahrenstufe 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 nun wirklich "an einigen Steilhängen nur mäßig verfestigt" und wie misst man das?

### Im Nachhinein ...

Grundsätzlich kann man die Lawinengefahr so verifizieren, wie man sie prognostiziert, nämlich indem man 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. Denn im Nachhinein ist man bekanntlich (fast) immer klüger. Aber auch eine solche rückblickende Einschätzung wird nicht immer eindeutig und richtig sein. Idealerweise geschieht diese Art der Verifikation durch unabhängige Experten, also nicht durch die Prognostiker selbst. 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 Anzeichen?

Es ist die Pflicht jedes erfahrenen Bergführers oder Tourengängers, den Lawinenlagebericht mit den eigenen 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 Lawinenlagebericht "mäßig", so ist die Verifikation ungleich schwieriger. Zwar sind gewisse Alarmzeichen typisch für die Gefahrenstufe "erheblich", aber das Fehlen von Wummgeräuschen allein kann in keiner Weise als ein deutlicher, eindeutiger Hinweis auf eine geringere Gefahrenstufe interpretiert werden. 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 auch 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.

### Frühere Resultate

In der Vergangenheit, d.h. in verschiedenen Studien in mehreren Ländern, erfolgte die Verifikation entweder durch nachträglichen Expertenentscheid, durch Rückmeldungen von erfahrenen Berg-



Ein SLF-Team beim Stabilitätstest (Rutschblock), der den Abschluss einer Schneedeckenuntersuchung bildet. Nur mit vielen solcher Untersuchungen 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.

führern und Tourengängern oder durch den Vergleich mit der Lawinenaktivität. 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 Lawinenlagebericht im Mittel an 1-2 Tagen pro Woche zu hoch oder zu tief eingeschätzt wird. Die Abweichungen nach oben und unten halten sich in etwa die Waage. Aus ureinigstem 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 wären nutzlos.

### Schlüssel Schneedeckenstabilität

Wie aus obiger Definition der Gefahrenstufen hervorgeht, führt der Weg zur Bestimmung der Gefahrenstufe über die Schneedeckenstabilität. Aber, auch diese 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. Dies ist sehr aufwendig und selbstverständlich nur an wenigen Tagen in einer einzelnen Region möglich und eignet sich daher nicht für die operationelle Verifikation. Es erlaubt aber die Schneedeckenstabilität bei einer bestimmten Gefahrenstufe erstmals quantitativ zu beschreiben, und wesentliche Erkenntnisse zur flächigen

Variabilität auf der Skala "Region" zu sammeln. Dadurch kann man die Frage, welche Unterschiede es in der Schneedeckenstabilität innerhalb einer Region bei einer bestimmten Gefahrenstufe gibt, klären.

### Emsiges Graben

Während acht Verifikationskampagnen wurden von Zweierteams des SLF an insgesamt 17 Tagen 443 Schneedeckenuntersuchungen mit Rutschblock gemacht. Die Untersuchungen erfolgten in bis zu vier Kleinregionen in der Umgebung von Davos. Jedes Zweierteam machte zwei bis sechs Schneedeckenuntersuchungen pro Tag in einem jeweils vorgegebenen Höhen und Expositionsbereich. 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 der Profilorte aufgrund der Lawinengefahr doch recht groß waren. Zuallererst hatten die Teams ihre eigene Sicherheit zu beachten, sodass 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, mässig, gut, sehr gut) eingeteilt und auf mögliche (räumliche)

Gefahrenstufe	Alarmzeichen			
mäßig	Wumm-Geräusche, Risse vereinzelt	Skifahrerlawinen vereinzelt	Fernauslösungen selten	spontane Lawinen selten
erheblich	<b>typisch</b>	<b>typisch</b>	vereinzelt	vereinzelt
groß	häufig	häufig	<b>typisch</b>	<b>typisch</b>

### Verifikation via Alarmzeichen

Gibt es für eine bestimmte Gefahrenstufe typische Alarmzeichen? Oder mit anderen Worten: kann die Gefahrenstufe mit Hilfe von Alarmzeichen verifiziert werden und 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.



Muster analysiert. Primär in Bezug auf Unterschiede zwischen Kleinregionen, aufgrund der Höhenlage und der Exposition.

### Suche nach Mustern

**Kleinregionen** 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. Dies erklärt sich aus der Tatsache, dass Monstein nahe an den inneralpinen Bereichen Graubündens liegt, wo die Schneedecke aufgrund der generell geringeren Niederschläge meist ungünstiger aufgebaut ist als in den nördlichen Regionen der Schweizer Alpen (Alpennordhang und Nordbünden). Tatsächlich waren auch die gemessenen Schneehöhen in der Kleinregion Monstein am geringsten.

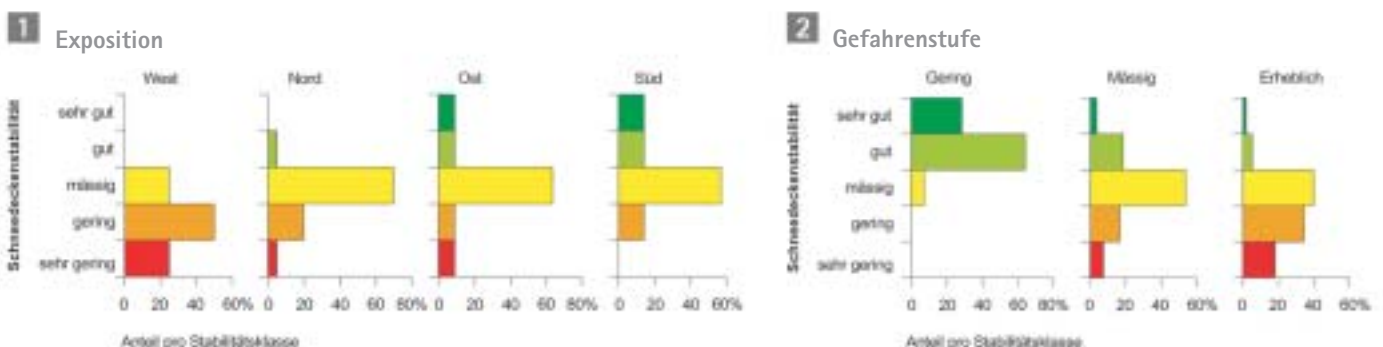
**Höhenlage** Die Abhängigkeit von der Höhenlage war weniger ausgeprägt als die Abhängigkeit von der Exposition. In einem Fall im Winter 2001/2002 nahm die Lawinengefahr mit der Höhe leicht zu (ca. eine halbe Gefahrenstufe), aber nur bis auf rund 2.800 m. Interessanterweise zeigten nämlich die Schneedeckenuntersuchungen, die auf rund 2.900 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 2002/03 gab es eine gerade umgekehrte Höhenabhängigkeit: die Stabilität nahm nicht mit der Höhe ab, sondern zu. Mit anderen Worten, der Schneedeckenaufbau war im Bereich der Waldgrenze wesentlich ungünstiger als 400 Höhenmeter weiter oben. Dies war eine Folge der teilweise ergiebigen 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 Ski bis zur Brust durchbrach.

**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. Bei der Gefahrenstufe "gering" gab es kaum mehr Abhängigkeiten von der Hangexposition. An dem Tag, an dem die Gefahr als "groß" prognostiziert war, konnte ebenfalls keine Expositionsabhängigkeit gefunden werden.

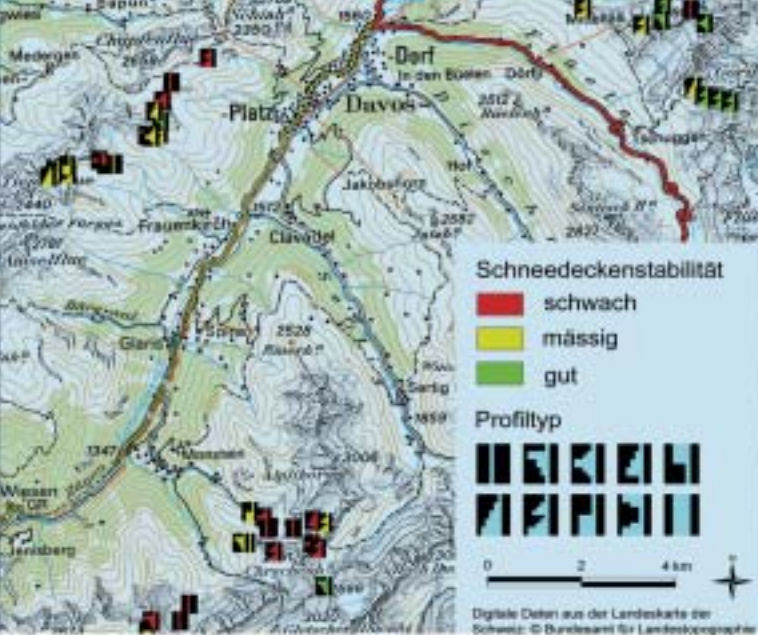
### Stabilitätsverteilungen

Nachdem klar war, welche Unterschiede in Bezug auf Höhenlage und Exposition vorlagen, wurden die in diesen Sektoren gefundenen Stabilitätsverteilungen untereinander und mit der Einschät-



**1** 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 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".

**2** Aus dem Vergleich der Schneedeckenuntersuchungen mit der Einschätzung der Beobachter 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 mäßig, und je etwa 25 % schwach resp. gut verfestigt.



Schneedeckenstabilität in der Region Davos am 12. - 13. Februar 2002: Während zwei Tagen haben 12 Zweierteams 73 Schneedeckenuntersuchungen in der Region Davos durchgeführt, und dabei die ausgegebene 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:

[www.slf.ch/avalanche/spmap-de.html](http://www.slf.ch/avalanche/spmap-de.html)

(Kartenausschnitt reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA035784))

zung der Beobachter für die verschiedenen Sektoren verglichen. Somit ergaben sich für die drei Gefahrenstufen "gering", "mäßig" und "erheblich" typische Stabilitätsverteilungen. Aufgrund der meist deutlichen Expositionsabhängigkeit ist es wesentlich, die Stabilität nicht über alle Expositionen bzw. 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 mäßig, und je etwa 25 % schwach bzw. gut verfestigt.

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 Schwachsicht, die beim Stabilitätstest gefunden wurde, oberhalb oder unterhalb dieser Krusten. Im Winter 2002/2003 war eine eingeschnete Oberflächenreifschicht, entstanden im Dezember 2002, noch wesentlich dominanter. In einer Verifikationsperiode, war die Reifschicht in einer Kleinregion in rund drei Viertel aller Profile präsent. Allerdings bestanden große Unterschiede in Bezug auf die Hangexposition. Auf den Süd, Südost, Ost und Nordwesthängen war der Reif wesentlich weniger häufig als in den übrigen Expositionen. In einer anderen Kleinregion hingegen wurde der Reif nur in einem Viertel aller Profile gefunden.

### 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 aufwendiges Unterfangen ist. Grund dafür ist die Tatsache, dass die Lawinengefahr sich nicht direkt messen lässt und nur indirekt u.a. über die Stabilitätsverteilung bestimmbar ist. Eine Verifikation ist daher praktisch nur möglich im Sinne eines unabhängigen Expertenentscheidendes im Nachhinein und/oder vor

Ort, d.h. mit im Vergleich zur Erstellung des Lageberichtes zusätzlichen, meist detaillierteren Informationen.

Obwohl der Lawinenlagebericht nicht immer richtig ist, heißt das für den Tourenfahrer, dass er zwar den Lagebericht mit den Beobachtungen vor Ort kritisch vergleichen soll, dass aber für eine Korrektur des Lageberichtes 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 variiert. Wohl gibt es häufig klare Muster in Bezug auf Exposition, Höhenlage und Lokalklima, andererseits aber ist die Schneedecke auch wesentlich von Zufälligkeiten bestimmt. 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 z.B. 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), um die Beurteilung basierend auf langjährigen Mustern, auf denen die modernen strategischen Methoden beruhen (z.B. Reduktionsmethode), allenfalls zu verfeinern. Im Lawinenlagebericht wird nach Möglichkeit auf diese Muster und Besonderheiten der Schneedecke hingewiesen. Deshalb ist es so wichtig, auch den Text des Lawinenlageberichtes zu lesen, und nicht nur die "Zahl" wahrzunehmen.

Fotos: SLF Davos, Walter Würtel

### Literatur

Patrick Nairz. Lawinenlagebericht. bergundsteigen 4/02  
 Jürg Schweizer. Zufall und Muster. bergundsteigen 4/02  
 (-> [www.bergundsteigen.at/archiv.php](http://www.bergundsteigen.at/archiv.php))

Jürg Schweizer, Kalle Kronholm, Thomas Wiesinger. Verification of regional snowpack stability and avalanche danger. Cold Regions Science and Technology, 37(3), 277-288, 2003. ■