

## Skifahrerlawinen und Lawinenbulletin in der Schweiz: Ein Vergleich

Stephan Harvey<sup>1</sup>

Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF), Davos

November 2002

### Einleitung

In den letzten Jahren ist am Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) Davos eine Schadenlawinendatenbank<sup>2</sup> mit allen bekannten Sachschadensereignissen bis und mit Winter 1998/99, sowie allen Skifahrerlawinen der letzten 30 Jahre entstanden. Von den 11500 (zum Teil über 100 Jahre alten) erfassten Ereignissen sind rund 1200 Skifahrerlawinen, das heisst Lawinen die durch Personen ausgelöst oder durch die Personen im freien Gelände erfasst wurden. 95 % davon wurden durch Personen, 5 % natürlich ausgelöst. Seit 1987 werden in der Datenbank auch die Gefahrenstufen des am Unfalltag gültigen Nationalen Lawinenbulletins erfasst. Der Vergleich von rund 600 Skifahrerlawinen mit dem am Ereignistag und -ort gültigen Lawinenbulletin gibt neue, interessante Ergebnisse.

Die beachtliche Anzahl Lawinenunfälle ist dank der wertvollen Rückmeldung diverser Tourenfahrer, Bergführer und Patrouilleure zustande gekommen. Nur mit möglichst vielen Informationen über Lawinenunfälle aller Art (auch glimpflich verlaufene) können aussagekräftige Auswertungen gemacht werden, woraus für die Zukunft gelernt werden kann.

<sup>1</sup> *Autorenadresse:* Stephan Harvey, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Flüelastrasse 11, CH-7260 Davos Dorf, Tel.: +41 81 417 01 29; Fax: +41 81 417 01 10; Email: harvey@slf.ch

<sup>2</sup> Erstellt wurde die Schadenlawinendatenbank ursprünglich im Rahmen des Nationalfonds Projektes 31 („Klimaänderungen und Naturkatastrophen“). Dort wurden alle natürlich ausgelösten Schadenlawinen erfasst. Vor allem mitgewirkt haben dort Martin Latenser und Martin Schneebeli.

Stephan Harvey hat mit grosser Unterstützung von Frank Tschirky, Hansjörg Etter, Jürg Schweizer, Chatrigna Signorell und Cornelia Züger die bereits bestehende Datenbank für Skifahrerlawinen erweitert.

Für die Eingabe der Schadenlawinen von 1999 waren Michael Brüendl und Pascal Sieber verantwortlich.

### Überblick Lawinenopfer und Gefahrenstufen

Im Zeitraum von Winter 1987/88 bis 1998/99 sind pro Jahr durchschnittlich 23 Personen in Lawinen ums Leben gekommen. Im langjährigen Durchschnitt (66 Jahre) sind es 25 Personen. Die meisten Lawinenopfer seit 1987 starben in Skifahrerlawinen. Skifahrerlawinen (Variantenabfahrten und Touren) ereignen sich vor allem bei den Bulletinstufen „mässig“ und „erheblich“. 45 % aller Lawinenopfer (Skifahrerlawinen und andere Schadenlawinen) sind bei Stufe „erheblich“, 30 % bei „mässig“ zu beklagen. Lawinenopfer bei „mässig“ und „gering“ sind ausschliesslich Touren- und Variantenfahrer (Abb.1).

In 45 % aller Bulletintage über 12 Jahre wurde in der Schweiz die Gefahrenstufe „mässig“ (2), in knapp 30 % „erheblich“ (3) herausgegeben (Abb2).

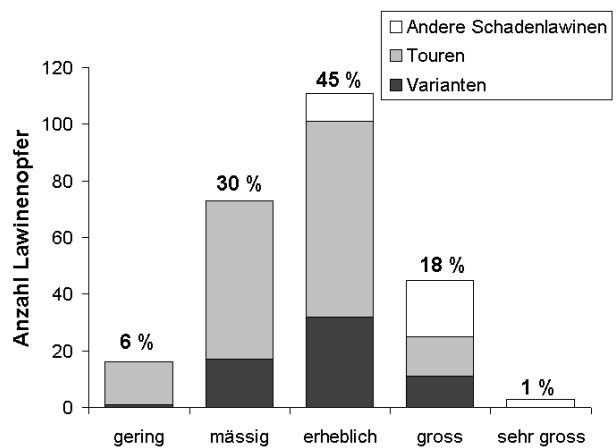


Abb. 1: Anzahl Lawinenopfer pro Gefahrenstufe in den Wintern 1987/88 bis 1998/99, mit total 248 Lawinenopfern während der Bulletinperiode. 45% aller Lawinenopfer sind bei Stufe „erheblich“ (3) zu beklagen.

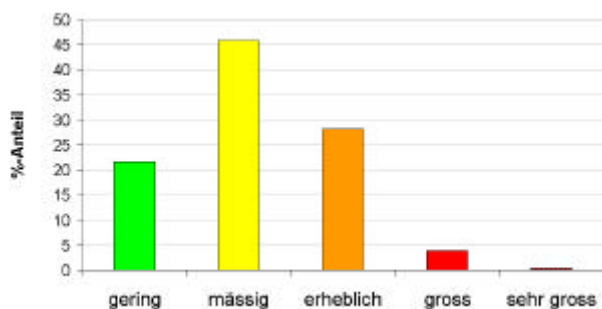


Abb. 2: Prozentuale Häufigkeit der Gefahrenstufen des Nationalen Lawinenbulletins von Winter 87/88 bis 98/99 (12 Jahre).

Rund 30 % aller Lawinen mit Personenschaden, das heisst Lawinen wo Personen erfasst wurden, enden tödlich. Bei den Gefahrenstufen „gross“ und „sehr gross“ ist der Anteil etwas höher als bei den anderen Gefahrenstufen (Abb. 3)

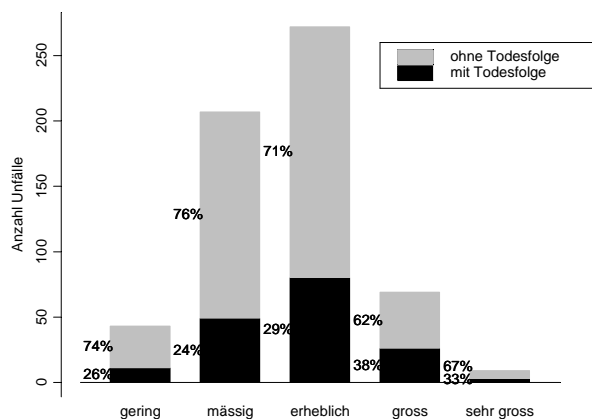


Abb. 3: Lawinen mit Personenschaden (mit und ohne Todesfolge) 1988 bis 1999 (12 Jahre)

## Lawinengrösse

Bei höheren Gefahrenstufen ist bei Sachschadenlawinen eine eindeutige Zunahme der Grösse (Breite, Länge, Anrissmächtigkeit) zu erkennen. Skifahrerlawinen zeigen im Gegensatz dazu keine wesentliche Abhängigkeit von der Gefahrenstufe auf. Sie sind bei allen Gefahrenstufen<sup>1</sup> durchschnittlich 200 – 250 m lang, 50-60 m breit mit einer durchschnittlichen Anrissmächtigkeit von rund 50 cm (Abb. 4). Dass sich durch Personen ausgelöste Lawinen in ihrer Grösse nicht wesentlich unterscheiden, kann folgende Gründe haben:

- 1.) Das Verhalten von Wintersportlern ist je nach Gefahrenstufe unterschiedlich, bei hohen Gefahrenstufen werden meist kleinere und flachere Hänge als bei tiefen Gefahrenstufen befahren. Würde zum Beispiel ein Tourenfahrer gleiche Hänge bei „gross“

<sup>1</sup> Bei den Skifahrerlawinenunfällen musste auf Auswertungen mit Gefahrenstufe „sehr gross“ verzichtet werden, da in dieser Kategorie sehr wenig Unfallereignisse zu verzeichnen sind.

- wie bei „mässig“ befahren, so wären die ausgelösten Lawinen bei Stufe „gross“ grösser.
- 2.) Die Geländeform begrenzt häufig die Grösse der Lawinen (Abgrenzung am Rande durch Geländeerücken oder Felsen), da Wintersportler tendenziell bei hohen Gefahrenstufen kleinere Hänge fahren.
- 3.) Trotz unterschiedlicher Stabilität, führt die Bruchausbreitung, die unter anderem von der Härte resp. Zugfestigkeit der abgleitenden Schicht abhängt, schlussendlich zu ähnlichen Lawinengrössen.

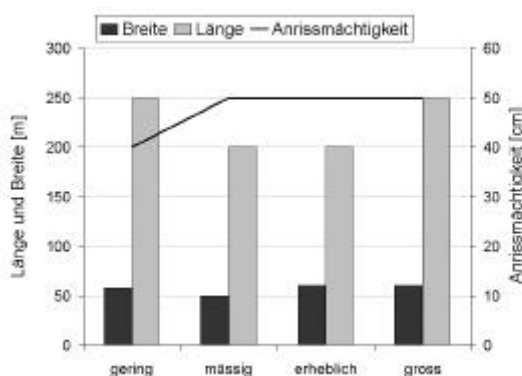
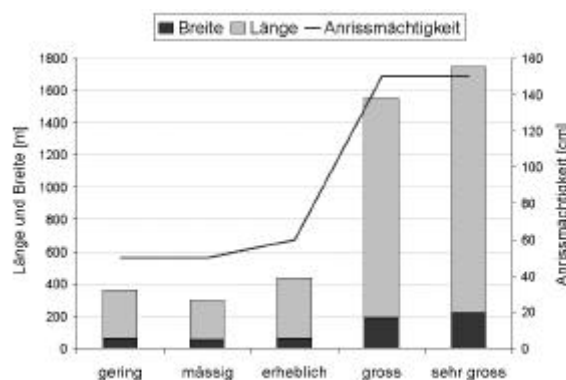


Abb. 4: Mittlere Grösse aller Schadenlawinen (oben) und von Skifahrerlawinen (unten) bei den verschiedenen Gefahrenstufen. Für Skifahrerlawinen musste wegen mangelnder Unfallzahlen auf Auswertungen bei der Gefahrenstufe „sehr gross“ verzichtet werden.

## Exposition und Höhenstufe

Skifahrerlawinen ereignen sich bei allen Gefahrenstufen vor allem in den nördlichen Expositionen. Die Höhe über Meer des Lawinenanrisses ist bei den Gefahrenstufen „erheblich“ und „gross“ tiefer als bei „gering“ und „mässig“. Bei „erheblich“ ereignen sich Skifahrerlawinen vor allem in den Expositionen West über Nord bis Südost in einer durchschnittlichen Höhenlage von 2440 m. ü. M. Bei „mässig“ sind die Expositionen eingeschränkter (vor allem Nordwest bis Ost). Die durchschnittliche Höhenlage liegt dort bei 2560 m. ü. M.

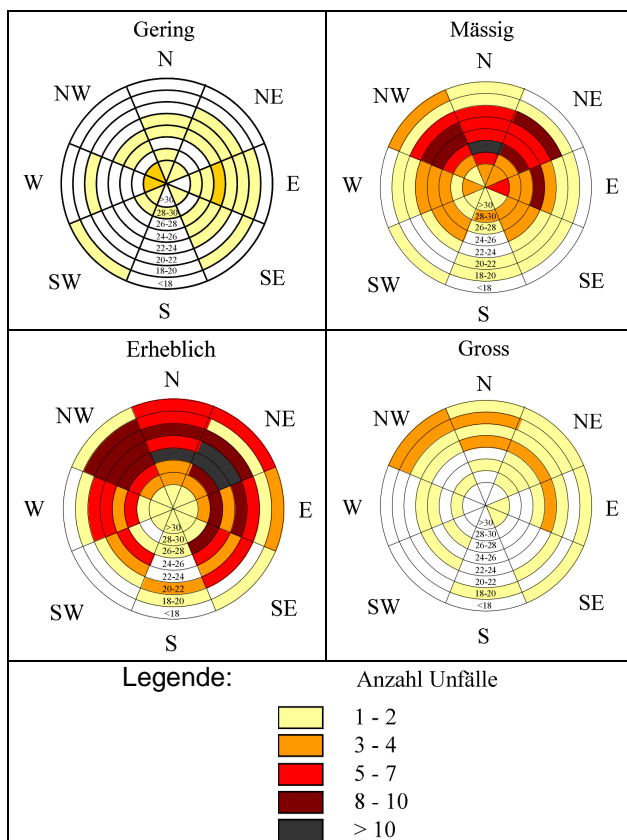


Abb. 5: Anzahl Skifahrerlawinen pro Gefahrenstufe in den verschiedenen Expositionen und Höhenstufen. (Die Höhenstufen sind in 100 m angegeben: z. B. 22 entspricht 2200 m. ü M.).  
 Zeitraum: Winter 1987/88 bis 1998/99  
 Total Anzahl Unfälle: 575

### Hangneigung und Geländeform

Eine Schlüsselgrösse bei der Beurteilung der Lawinengefahr ist die Steilheit des Hanges. Aus der Landeskarte (1:25'000) wurden die steilsten Hangpartien innerhalb der Anrissfläche gemessen. Der Mittelwert der steilsten Hangpartien liegt bei den Gefahrenstufen „mässig“, „erheblich“ und „gross“ bei 39°, bei „gering“ sind es 41° (Abb. 6). Die Hälfte aller Lawinenunfälle ereignen sich in einem schmalen Band zwischen 36° und 42° Hangneigung. 18 % aller Skifahrerlawinen bei „mässig“ haben eine Anrissfläche die flacher als 35° ist, bei „erheblich“ sind es 24 %. Die geringsten Anrissneigungen bei Skifahrerlawinen sind bei „erheblich“ zu beobachten (Abb. 6).

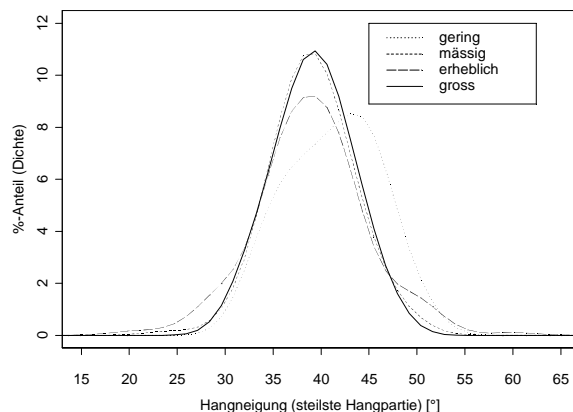


Abb. 6: Prozentuale Häufigkeit der Hangneigung pro Gefahrenstufe (Dichtekurve). Die steilste Hangpartie der Lawinenanrissfläche ist bei allen Gefahrenstufen etwa gleich.

Unabhängig von der Bulletinstufe ereignen sich Skifahrerlawinen an ähnlichen Geländeformen. Rund 80 % sind in Kammlagen, felsdurchsetztem Steilgelände oder in konkavem Gelände (Mulden, Rinnen, Couloirs) zu verzeichnen. Die Auslösung in Rinnen und Mulden geschieht häufig im schneeärmeren Randbereich. Nur rund 20 % aller Lawinenunfälle ereignen sich an Hanglagen ohne spezielle Geländeform (Abb. 7+8).

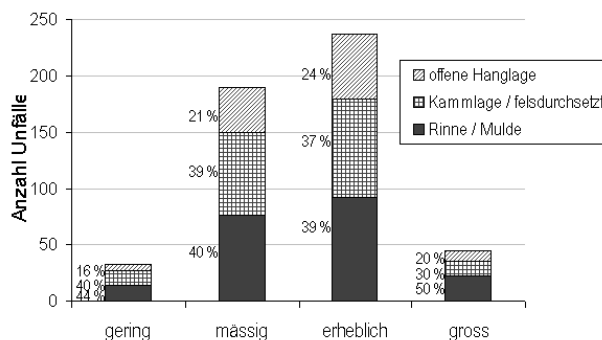


Abb. 7: Verteilung der Lawinenunfälle auf die verschiedenen Geländeformen. Die Häufigkeit von Unfällen ist je nach Gefahrenstufe unterschiedlich. Der prozentuale Anteil der verschiedenen Geländeformen ändert sich jedoch kaum.



Abb. 8: Typische Hangformen von 80% aller Skifahrerlawinen: felsdurchsetztes Gelände, Kammlage (links); muldenförmiges Gelände (rechts). (Fotos S. Harvey, SLF)

Die Anrissgebiete von Skifahrerlawinen sind also bei allen Gefahrenstufen gleich steil und haben ähnliche Geländeform. Dieses Resultat der Unfallstatistik berücksichtigt allerdings in keiner Weise die unterschiedliche Auslösewahrscheinlichkeit bei unterschiedlichen Gefahrenstufen und damit das tatsächlich eingegangene Lawinenrisiko der Schneesportler. Dazu fehlen zur Zeit Begehungszahlen. Die Interpretation, dass Steilhänge bei allen Gefahrenstufen gleich gefährlich sind, ist daher unzulässig. Denn es muss folgendes berücksichtigt werden:

- Je steiler ein mit Skis befahrbarer Hang ist, desto grösser ist die Auslösewahrscheinlichkeit einer Schneebrettlawine.
- Bei tieferen Gefahrenstufen sinkt allgemein die Auslösewahrscheinlichkeit einer Schneebrettlawine und die Gefahrenstellen sind weniger verbreitet.

Das heisst, dass die in der Praxis bei Risikominimierungsmethoden (z. B. elementare Reduktionsmethode) häufig angewandte 5-Grad-Abstufung der steilsten Hangpartie pro Gefahrenstufe zu ähnlicher Auslösewahrscheinlichkeit und zu ähnlichem Risiko

führt. Die Auslösewahrscheinlichkeit ist die Wahrscheinlichkeit in einem bestimmten Hang eine Lawine auszulösen. Sie ist beispielsweise bei Gefahrenstufe „mässig“ kleiner als bei „erheblich“. Andererseits steigt die Auslösewahrscheinlichkeit mit der Steilheit des Hanges, der Geländekonstellation und dem menschlichen Verhalten an. Fährt man also z. B. bei mässig den Risikominimierungsmethoden entsprechend einen steileren Hang als bei „erheblich“, so ist die Auslösewahrscheinlichkeit infolge der tieferen Gefahrenstufe kleiner. Auf der anderen Seite steigt sie aber wegen des Aufenthaltes im steileren Hang. Das Lawinenrisiko bleibt damit unter dem Strich etwa gleich. Dies aber auch nur, wenn die Gefahrenstufe nicht nur im Lawinenbulletin, sondern auch im Gelände kleiner ist! Trifft man eine instabile Hangzone im steileren Hang, so steigt das Lawinenrisiko an. Die Beurteilung der Lawinensituation im Gelände sollte also nicht vernachlässigt werden.

### Ein Fallbeispiel

Im Westhang zur nördlichen Egghornlücke im Silvrettagebiet ereigneten sich 3 Tourenlawinenunfälle bei verschiedenen Bedingungen und bei unterschiedlicher Gefahrenstufe im Lawinenbulletin (Abb. 9 und Tab. 1).

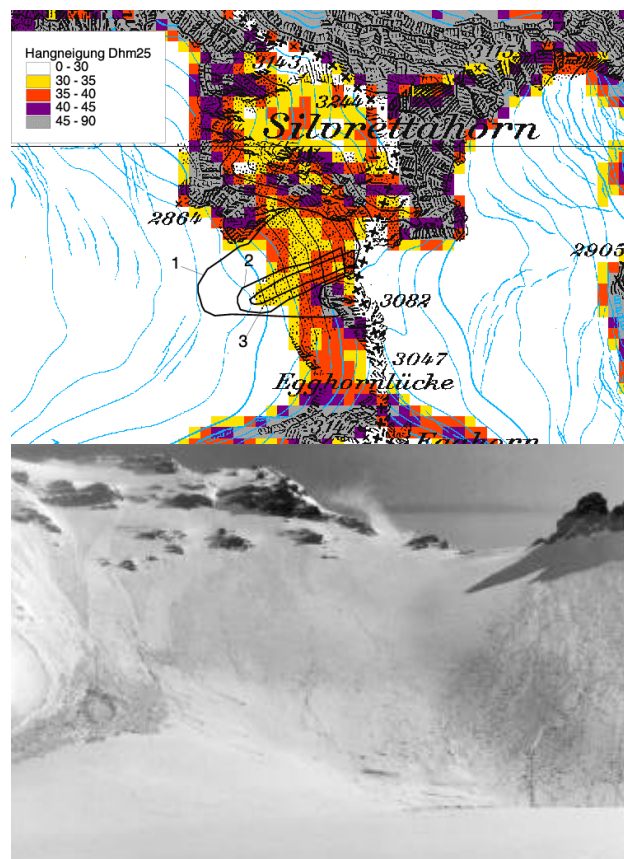


Abb. 9: Hangneigungskarte (oben) und Foto (unten) des Unfallhanges. Kartenausschnitt reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie (BA024850).

Unfall	Datum	Gefahrenstufe	Gefahrenstufe Nachbarregion 1 km südl.	Auslösung	Charakteristik der Schneedecke (gemäss Lawinen- bulletin)	Bemerkungen	Schäden
1	3.1.92	1	2	Abfahrt	Lockere Basisschicht mit kompakte, tragfähiger Schicht darüber	3 Personen gleichzeitig in Abfahrt	3 Pers. erfasst, 1 Pers. tot
2	24.3.95	2	2	Abfahrt	Stabile Altschneedecke. Verbindung Neuschnee zu Altschnee noch störanfällig	Einzelabfahrt durch den Hang	1 Pers. erfasst, teilverschüttet, unverletzt
3	28.4.86	2	3	Aufstieg	Frische Triebsschnee- ansammlungen	Entlastungsabstän- de im Aufstieg	9 Pers. erfasst, 3 Pers. tot

Tab. 1: Detailinformationen zu den drei Unfällen im gleichen Hang.

Der Hang ist gemäss obigen Aussagen ein typischer Lawinengang, gegen 40° steil und kammnah, jedoch mit der westlichen Exposition nicht ganz im unfallträchtigsten Sektor. Für das Unfallgebiet herrschte an einem Unfalltag geringe, bei den anderen beiden mässige Lawinengefahr. Zu bemerken ist jedoch, dass rund 1 km südlich vom Unfallort die Regionsgrenze zum Engadin verläuft. An zwei von drei Unfalltagen herrschte im Engadin eine höhere Gefahrenstufe. Berücksichtigt man diesen doch fließenden Grenzbereich so herrschte bei Unfall 1 Gefahrenstufe „gering“ bis „mässig“ (1-2), bei Unfall 2 Stufe „mässig“ (2) und bei Unfall 3 Stufe „mässig“ bis „erheblich“ (2-3). Wichtige Fakten zu den einzelnen Unfällen sind in Tab. 1 zusammengetragen. Da sich die Unfälle bei unterschiedlichen Gefahrenstufen ereigneten, muss demzufolge auch die Auslösewahrscheinlichkeit unterschiedlich gewesen sein. Der Hang war an den drei Unfalltagen nicht gleich gefährlich. Auf den Unfallhang bezogen heisst dies, je grösser die Gefahrenstufe, desto grösser die Auslösebereitschaft (mehr Auslösestellen vorhanden und/oder weniger Zusatzlast notwendig).

Beim Unfall 1 musste theoretisch die Auslösebereitschaft und die Anzahl Auslösestellen geringer gewesen sein als bei Unfall 3. Die Lawine 1 wurde denn auch ausgelöst als sich drei Skifahrer zusammen bei der Abfahrt im Hang befanden. Zuvor stiegen sie den gleichen Hang bereits auf ohne Lawinenauslösung. Die Auslösebereitschaft war demzufolge relativ klein, aber mit der grossen Auflast von drei Skifahrern auf engem Raum und dem wahrscheinlich zufälligen Treffen einer instabilen Hangzone konnte sich ein Bruch in der ungünstig aufgebauten Schneedecke ausbreiten.

Die Unfalllawine 3 wurde im Aufstieg mit Entlastungsabständen ausgelöst, d.h. die Zusatzlast der Skifahrer war geringer als bei Unfall 1. Schnee-  
verwehungen die die Aufstiegsspur immer wieder

zudeckten waren zudem ein deutlicher Hinweis für frische Triebsschneeansammlungen.

Unfall 2 wurde ebenfalls in der Abfahrt ausgelöst. Das disziplinierte Verhalten durch Einzelabfahrt führte zur Schonung der Schneedecke und zuletzt auch zum geringsten Schadensausmass. Es wurde nur eine Person erfasst und wahrscheinlich zufälligerweise nur teilverschüttet.

Ob diese Unfälle durch anderes Verhalten hätten verhindert werden können sei dahin gestellt. Das Lawinenrisiko hätte bei Unfall 1 durch Einzelabfahrten minimiert werden können, bei Unfall 2 war das optimale Verhalten bereits ausgereizt und bei Unfall 3 war das Lawinenrisiko durch die hohe Gefahrenstufe und die sichtlich frischen Triebsschneeansammlungen schon hoch.

Auffallenderweise war die Lawine bei der geringsten Gefahrenstufe am grössten. Dies kann damit begründet werden, dass die abgleitende Schicht hart und kompakt war und dies zur grösseren Bruchausbreitungen führte, obwohl der Hang als ganzes stabiler war als bei Unfall 3. Bei Unfall 1 und 2 war die abgleitende Schicht weich. Zu beachten ist auch die Jahreszeit der Lawinen. Unfall 1 geschah im Hochwinter mit relativ wenig Schnee und dadurch auch einem störanfälligen Fundament. Unfall 2 und 3 waren im Frühling.

### Risiko-Index

Die meisten Tourenfahrer werden bei der Gefahrenstufe „mässig“ (2), die meisten Variantenfahrer bei „erheblich“ (3) erfasst. Zusammen ist die Anzahl erfasster Personen in Skifahrerlawinen bei beiden Gefahrenstufen etwa gleich gross. Etwa zwei Drittel aller erfassten Personen in Skifahrerlawinen waren auf Touren, etwa ein Drittel auf Variantenabfahrten unterwegs. Um die Anzahl erfasster Wintersportler pro Gefahrenstufe miteinander vergleichen zu können, muss auch die

Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Gefahrenstufen über den ganzen Winter miteinbezogen werden. Dividiert man die Anzahl der erfassten Personen pro Gefahrenstufe (Abb. 10) mit der Häufigkeit der Bulletinstufe über 12 Winter (Abb. 2), so erhält man einen einfachen Risiko-Index für das Eintreten eines Personenschadens. Dies wurde für die Anzahl erfasster Personen auf Touren und Variantenabfahrten gemacht. Die Resultate sind dabei unterschiedlich (Abb. 11).

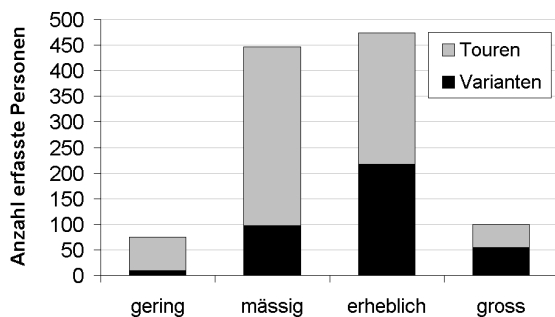


Abb. 10: Anzahl erfasste Personen auf Touren und Variantenabfahrten pro Gefahrenstufe. Die meisten Tourenfahrer werden bei „mässig“, die meisten Variantenfahrer bei „erheblich“ erfasst. Total wurden 1100 Personen in Skifahrerlawinen erfasst.

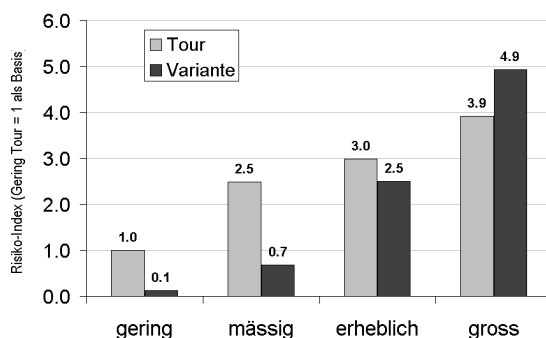


Abb. 11: Risiko-Index eines Personenschadens auf Touren und bei Variantenabfahrten. Als Basis wurde der Index für Touren bei Gefahrenstufe „gering“ als 1 gesetzt. Der Risiko-Index steigt bei Variantenabfahrten mit der Gefahrenstufe deutlicher an als bei Touren.

Abb. 11 kann so interpretiert werden, dass das Risiko bei der Stufe „erheblich“ beim Variantenfahren z. B. von einer Lawine erfasst zu werden, rund vier mal grösser ist als bei „mässig“. Bei Touren ändern die Werte kaum. Variantenfahrer gehen mit dem zur Zeit vorherrschenden „Befahrungsverhalten“ bei den Stufen „erheblich“ und „gross“ somit bedeutend höhere Risiken ein als bei „mässig“ und „gering“. Bei Tourenfahrern sind die Unterschiede weniger ausgeprägt. Folgende Überlegungen können Grund für diese Unterschiede sein:

#### Tourenunfälle

Auf Touren geraten am meisten Personen bei der Bulletinstufe „mässig“ in eine Lawine. Die meisten

Todesopfer sind aber bei „erheblich“ zu beklagen. Das Risiko eines Personenschadens ist bei „mässig“ und „erheblich“ praktisch gleich. Dies hat mit dem vorsichtigeren Verhalten von Tourenfahrern bei „erheblich“ zu tun und auch damit, dass bei „mässig“ vermutlich deutlich mehr Leute auf Tour gehen als bei „erheblich“. Die Lawinenauslösewahrscheinlichkeit und die Anzahl der Gefahrenstellen sinken zwar von „erheblich“ zu „mässig“, aber mit dem Befahren von lawinenträchtigeren Hängen bei „mässig“ sinkt das allgemein eingegangene Risiko auf Touren von „erheblich“ zu „mässig“ nicht wesentlich. Hinzu kommt, dass die Lawinengefahr bei Stufe „mässig“ im Gelände schwierig einzuschätzen ist, weil häufig deutliche Gefahrenzeichen wie frische Lawinen, neue Triebsschneeanstimmungen oder Wumm-Geräusche fehlen. Lawinunfälle bei denen Experten (Bergführer, Tourenleiter, ...) beteiligt waren, kamen denn auch bei Gefahrenstufe „mässig“ am häufigsten vor.

#### Variantenunfälle

Am meisten Lawinunfälle bei Varianten ereignen sich bei Stufe „erheblich“, mehr als doppelt so viele wie bei „mässig“. Auch die meisten Todesopfer sind bei „erheblich“ zu beklagen. Das Risiko eines Personenschadens steigt bei Variantenabfahrten exponentiell mit der Gefahrenstufe an. Dies kann folgende Gründe haben:

- 1.) Das vorherrschende Verhalten bei Variantenabfahrten ist offensiver als bei Touren (vor allem bei hohen Gefahrenstufen). Vor allem nach Neuschneefällen wird viel Varianten gefahren und dann ist häufig auch die Gefahrenstufe hoch.
- 2.) Viele Hänge werden bereits bei "erheblich" befahren, sodass dann an darauffolgenden Tagen mit häufig mässiger Lawinengefahr bereits weniger unverspurte Hänge vorhanden sind und die Lawinenauslösewahrscheinlichkeit schon deshalb sinkt.
- 3.) Die Zahl der unerfahrenen Personen im Variantengelände ist grösser als bei Tourenfahrern.



*Abb. 12: Bei dem zur Zeit vorherrschenden Begehungsverhalten von Wintersportlern weisen Skifahrerlawinen bei allen Bulletinstufen gleiche Ausdehnung auf, haben die gleiche Anrissmächtigkeit und werden ungefähr in Hängen der gleichen Steilheit und ähnlicher Geländeform ausgelöst. Die deutlichsten Unterschiede sind in der Höhe über Meer der Anrissgebiete und in der Häufigkeit der Lawinen zu finden. (Foto: Parsenn Rettungsdienst).*

## Fazit

Die meisten tödlichen Lawinenunfälle sind heutzutage Skifahrerlawinen. 45% davon ereignen sich bei der Lawinengefahrenstufe „erheblich“, 30% bei „mässig“. Die meisten der Variantenunfälle geschehen bei „erheblich“, die Tourenunfälle sind bei „mässig“ häufiger. Mit dem zur Zeit vorherrschenden Begehungsverhalten von Wintersportlern haben Skifahrerlawinen bei allen Lawinengefahrenstufen ähnliches Ausmass und Geländecharakteristik (Länge, Breite, Anrissmächtigkeit, Neigung und Geländeform). Der typische Skifahrerlawine ist unabhängig der Gefahrenstufe 200 m lang, 60 m breit und hat eine Anrissmächtigkeit von 50 cm. Sie ist 35 bis 40° steil, nördlich exponiert und ist muldenförmig oder befindet sich in felsdurchsetzter Kammnähe. Die Unterschiede bei den verschiedenen Gefahrenstufen sind die Häufigkeit von Unfalllawinen sowie die Anzahl und das Verhalten von Wintersportlern.

## Literatur zu Unfallauswertungen

- Harvey S., Ammann W., Rhyner J.: Vom weissen Rausch zum schwarzen Tag. Lawinenrisiko beim Variantenfahren. Fds snow Fachzeitschrift für den Skisport.
- Schweizer J.: Was ist eine Skifahrerlawine?. Die Alpen 1/2000
- Signorell C.: Skifahrerlawinenunfälle in den Schweizer Alpen – Eine Auswertung der letzten 30 Jahre. Diplomarbeit, Geographisches Institut Universität Basel und SLF, 2001.
- Tschirky F., Brabec B., Kern M.: Lawinenunfälle in den Schweizer Alpen – Eine statistische Zusammenstellung mit den Schwerpunkten Verschüttung, Rettungsmethoden und Rettungsgeräte. Sonderdruck: Durch Lawinen verursachte Unfälle im Gebiet der Schweizer Alpen, Eidg. Institut für Schnee und Lawinenforschung (SLF) Davos, 2000.