

Übertragbarkeit von Prozessen, die in der Schneedecke ablaufen, anhand einzelner Testergebnisse

Georg Kronthaler, Lawinenwarnzentrale im Bayerischen Landesamt für Umwelt, München

ABSTRACT: Die Lawinenwarnzentrale, die Lawinenkommissionen und Nachmittagsbeobachter im Lawinenwarndienst Bayern stützen sich zur Gefahreinschätzung im Wesentlichen auf die „Systematische Schneedeckendiagnose“ (Kronthaler u. Zenke 2006). Ein besonderes Augenmerk wird dabei auf Schwachschichten und die Art der Schneeüberlagerung gelegt. Anstelle von Stabilitätswerten werden Eigenschaften von Schwachschichten zur Beurteilung herangezogen. Der „Kleine Blocktest“ ist eine Methode, Schwachschichten innerhalb der Schneedecke zu lokalisieren und deren Eigenschaften festzulegen. Die Frage der Großflächigkeit von Schwachschichten wird mit Prozessdenken gelöst. Unter Prozessdenken versteht man die räumliche Übertragung des für die Bildung der Schwachschicht notwendigen Prozesses. Im Winter 2008/2009 wurde in Bayern eine Untersuchung begonnen, die u.a. überprüfen soll, ob der Beobachter mit Hilfe des kleinen Blocktests und des Prozessdenkens in der Lage ist, Einzelergebnisse auf die Fläche zu übertragen. Nach ersten Auswertungen kann folgende Tendenz erkannt werden: Eine hohe Übereinstimmung besteht bei folgenden Punkten: War eine Schwachschicht erkennbar oder auch keine Schwachschicht vorhanden, konnte dieses Ergebnis zu nahezu 100% übertragen werden. Ähnliche Ergebnisse wurden bei der Übertragbarkeit der „Dicke der Schwachschicht“, „Kristallgröße der Schwachschicht“ und der „Härte der überlagernden Schicht“ erreicht. Die jeweils nach Ort 1 und Ort 3 abgegebene „persönliche Einschätzung der Gefährdung“ erreichte eine Übereinstimmung von 91 %.

KEYWORDS: Schwachschicht, Kleiner Blocktest, Systematische Schneedeckendiagnose, Prozessdenken

1 EINFÜHRUNG

Gubler und Salm haben 1992 nachgewiesen, dass neben der Steilheit, die ein Schneebrett für das Abgleiten braucht, zwei Voraussetzungen notwendig sind, um eine Schneebrettlawine innerhalb einer geschlossenen Schneedecke auszulösen:

- 1) Es muss eine zusammenhängende Schwachschicht vorhanden sein.
- 2) Die darüberliegende Schneesohle muss gebunden sein.

Schweizer und Jamieson (2002) untersuchten zahlreiche Hänge, an denen Skifahrer Lawinen ausgelöst hatten und verglichen diese mit Hängen, die von Skifahrern befahren worden waren ohne Lawinen ausgelöst zu haben.

Im Vergleich zwischen einer stabilen und instabilen Schneedecke konnten bei einigen Parametern wie Anrissmächtigkeit, Schneedichte sowie Temperaturen in der Schneedecke keine signifikanten Unterschiede gefunden werden. Dagegen gab es signifikante Unterschiede bei nachstehenden Eigenschaften:

- Korngröße innerhalb der Schwachschicht
- Kristallgrößenunterschiede zwischen den Schichten
- Härteunterschiede zwischen den Schichten
- Schwachschichtenhärte
- Rutschblockergebnis

Zusammenfassend zeigt diese Untersuchung, dass es durchaus möglich ist, aufgrund dieser signifikanten Merkmale zwischen einer stabilen und instabilen Schneedecke zu unterscheiden. Sie zeigt auch, dass bestimmte Voraussetzungen nötig sind, damit ein Schneebrett ausgelöst werden kann. Sind diese nicht vorhanden, ist es unwahrscheinlich, dass ein Schneebrett ausgelöst wird.

Lawinenkommissionen, die im Lawinenwarndienst tätig sind, haben oft das Problem, dass sie das Einzugsgebiet, aus dem die Lawinen zu erwarten sind, nicht begehen können, um dort Schneedeckenuntersuchungen durchzuführen. Sie müssen eine Bewertung der Gefahrensituation sozusagen aus der Ferne durchführen. Aus diesem Grund wurde 1989 auf den Lawinenlehrgängen in Bayern durch Dr. Zenke das „Prozessdenken“ und 1996 die „Systematische Schneedeckendiagnose“ (Kronthaler u. Zenke 2006) eingeführt. Die „Systematische Schneedeckendiagnose“ wurde aufgrund der Erkenntnis entwickelt, dass im operativen Dienst nicht mit Stabilitätstests gearbeitet werden kann. Zum einen sind die Testmethoden zu

Korrespondenzadresse: Georg Kronthaler, Lawinenwarnzentrale im Bayerischen LA für Umwelt, Lazarettstraße 67, 80636 München.
Tel. +49 89 9214 1672, +49 171 330 8054
Email: georg.kronthaler@lfu.bayern.de

aufwändig, zum anderen liefern sie nur eine punktuelle Stabilitätsbewertung und es ist schwierig bis unmöglich, die Testwerte auf die Fläche zu übertragen (z.B. macht es einen großen Unterschied aus, ob am Rande einer Rinne oder in Rinnenmitte der Test durchgeführt wird). Der Grundgedanke der „Systematischen Schneedeckendiagnose“ ist: Wenn man weiß, bei welchen Eigenschaften von Schwachschichten ein Schneebrett besonders leicht ausgelöst wird, dann hat man einen Eckpunkt. Somit braucht man nur noch den Istzustand mit den ungünstigsten Eigenschaften (Eckpunkte) vergleichen, dann ist es relativ einfach festzustellen, wie weit man von diesem „Eckpunkt“ entfernt ist. Wie 2006 in „Berg und Steigen 4/06“ beschrieben, setzt sich die „Systematische Schneedeckendiagnose“ aus 3 Teilbereichen zusammen:

- kleiner Rutschblock (wird später näher erklärt) - Finden von Schwachschichten und deren Erfassen der Eigenschaften
- Prozessdenken – Erkennen des Entstehungsprozess der Schwachschicht und der darüber liegenden Schichten, Übertragung wird auf die Fläche übertragen
- Vergleich mit ungünstigen Eigenschaften, und systematisches Abfragen führt zur Gefahrbewertung.

Mit diesem Verfahren ist es der Lawinenwarnzentrale Bayern gelungen, seinen Lawinenkommissionen und den Beobachtern ein strategisches Instrument an die Hand zu geben, mit dem sie im Gelände ohne großen Aufwand arbeiten können und das die Lawinenwarnzentrale gleichzeitig in die Lage versetzt, die Informationen aus dem Gelände eins zu eins für die Lawinenwarnung zu verwenden.

Nachdem die Lawinenkommissionen in Bayern nun schon 13 Jahre mit diesem Instrument erfolgreich arbeiten, wurde es Zeit, dieses Werkzeug zu quantifizieren. Begonnen wurde die Untersuchung am Einzelhang.

1.1 Zielsetzung

- Nachzuweisen, dass Prozesse, die in der Schneedecke ablaufen, großflächig stattfinden.
- Begründungen zu finden, warum mit einzelnen Schneedeckentests Rückschlüsse auf einen gesamten Hang gezogen werden können.
- Nachzuweisen, dass es mit Prozessdenken möglich ist, Eigenschaften von Schwachschichten gemäß der „Systematischen Schneedeckendiagnose“ in verschiedene Hangbereiche zu übertragen.

- Ein Instrument zu präsentieren, das eine einfache Erkennung einer möglichen Gefährdung im Einzelhang ermöglicht.

Für die nächsten Winter sind weitere Datenerhebungen geplant und als zweiter Schritt soll die Untersuchung über verschiedene Höhenlagen hinweg ausgedehnt werden.

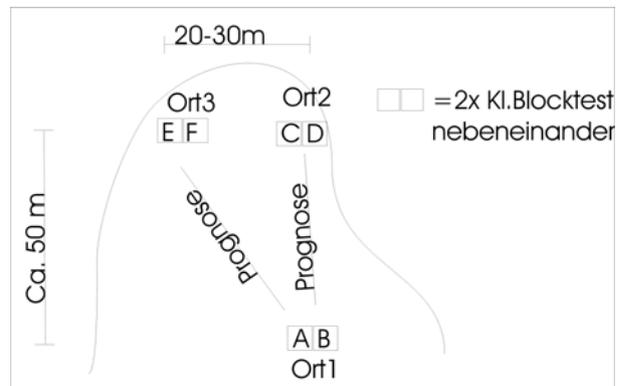


Abb.1 Übersicht der Versuchsanordnung

2 METHODEN UND DATENAUFNAHME

Die Untersuchung konzentrierte sich in der ersten Versuchsreihe auf Schneedeckenuntersuchungen in Einzelhängen unabhängig von Exposition, Höhenlage oder Schneearart. Die Daten wurden im Winter 2008/2009 gesammelt. Als Werkzeug wurde bei den Schneedeckenuntersuchungen der „Kleine Rutschblock“ verwendet.

Die Bewertung erfolgte mit der „Systematischen Schneedeckendiagnose“.

Die Schneedeckenuntersuchungen wurden vorwiegend im bayerischen Alpenraum durchgeführt. Es flossen aber auch Ergebnisse aus den Kitzbühler Alpen (A), Loferer Steinbergen (A), Stubai Alpen (A) sowie aus der Dauphine (F) ein.

Die Versuchsanordnungen wurden durchgeführt von:

- Nachmittagsbeobachtern und Lawinenkommissionsmitgliedern, die im Lawinenwarndienst tätig sind
- Rangern des Nationalparks Berchtesgaden
- Angehörigen der Jägerschule Hochfilzen des Österreichischen Bundesheeres

Da die Beobachter kein vergleichendes Messinstrument verwendeten, wurde versucht, die Profilaufnahmen so objektiv wie möglich zu gestalten. Daher kamen nur ausgewählte Personen in Frage, die diesem Anspruch gerecht wurden.

2.1 Versuchsanordnung

Es sind drei Arbeitsschritte vorgegeben:

Schritt 1 – punktuelle Situationsbewertung über die Schneedeckensituation mit Hilfe von 2 „kleinen Rutschblöcken“, einer systematischen Schneedeckendiagnose und dem Erfassen stattgefundenen Prozesse. Die Stelle, an der der Schneedeckentest durchgeführt wurde, wird mit „Ort 1“, die beiden Blöcke mit A und B bezeichnet.

Schritt 2 – Auswahl von 2 Prognoseorten (Mindestabstand vom Ort der Stichprobe beträgt 50m) und Prognoseerstellung über die jeweils zu erwartenden Prozesse (incl. Eigenschaften von Schwachschichten), die an dieser Stelle erwartet werden.

Die Prognose kann sich aus dem Ergebnis von Ort1 ableiten, muss dies aber nicht. Dem Beobachter steht es frei, seine Einschätzung aufgrund seiner Erfahrung bzw. seines Wissensstandes abweichend von dem Ergebnis von Ort1 abzugeben.

Die Prognose wird schriftlich in einem Formular festgehalten.

Schritt 3 – An jedem Prognoseort wird mit jeweils 2 Blocktests, die nebeneinander gegraben werden, die Prognose von „Schritt2“ überprüft. An den 2 ausgewählten Prognoseorten werden also insgesamt 4 Blocktests durchgeführt und erfasst. Die Orte der Schneedeckenuntersuchung bei Schritt 3 werden mit Ort 2 und Ort 3, die Blöcke mit C und D bzw. E und F bezeichnet.

Nach jeder Profilerfassung werden die gefundenen Werte der einzelnen Variablen schriftlich anhand eines vorgefertigten Formulars aufgezeichnet.

2.2 Art der Erfassung (Variablen)

Topografische Informationen (Reliefsituation) und allgemeine Informationen wie:

Name der Skitour bzw. des Geländeortes
 Hangsteilheit
 Exposition
 Höhenlage
 Datum
 Name des Beobachters
 Entfernung von Ort 1 zu Ort 2 oder Ort 3.

Zur Bewertung herangezogen wurden folgende Kriterien:

a. Sind Schwachschichten vorhanden? Ja oder Nein?

Diese Frage wurde mit Hilfe des „Kleinen Blocktests“ beantwortet. Ähnlich wie beim Kompressionstest wird dabei ein ca. 40 x 40 cm großer Block freigelegt und durch leichtes Klopfen von

oben nach unten wird überprüft, ob Schwachschichten vorhanden sind oder nicht. Konnte ein Bruch an Ort1 erzeugt werden, wurde dieser nach den Kriterien der „Systematischen Schneedeckendiagnose“ allgemein mit Schwachschicht bezeichnet. Schichtgrenzen wurden nicht unterschieden. Sie wurden einfachheitshalber ebenso als Schwachschicht bezeichnet.

Wurde keine Schwachschicht gefunden, wurde die Frage gestellt, ob dieses Ergebnis auf Ort2 und Ort3 übertragen werden kann.

b. Lage der Schwachschicht

Tiefe, in der sich die Schwachschicht befindet, von der Oberfläche aus gerechnet in cm jeweils

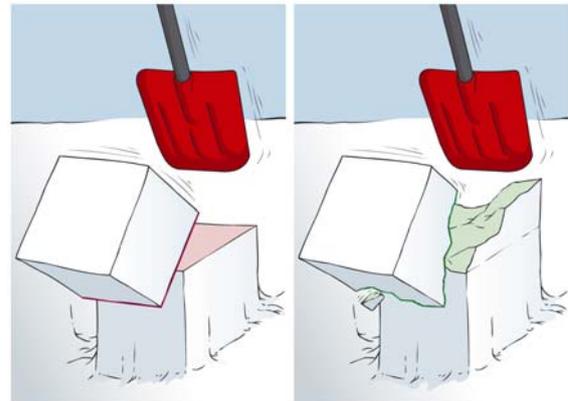


Abb. 2 „Kleiner Blocktest“ Grafik: G. Sojer

an Ort 1, Ort 2 und Ort 3

Bei der Prognose (Schritt 2) konnte unterschieden werden zwischen:

Lage der Schwachschicht:

- gleich
- weiter oben
- weiter unten

Wurde die Schwachschicht in gleicher Tiefe erwartet, wird als richtig bezeichnet, wenn die Schwachschicht bei Ort 2 oder Ort 3 nicht mehr als maximal 5 cm von der gemessenen Höhe an Ort 1 abweicht.

c. Bruch beim...

- Ausstechen
- leichten Klopfen
- mäßigen Klopfen
- starken Klopfen

Dabei geht es um die Schlaghärte beim „Kleinen Blocktest“, d.h. mit welchem Kraftaufwand ein Bruch erzeugt wird. Leichtes Klopfen ist beispielsweise so, wie wenn man einem Kollegen anerkennend „leicht“ auf die Schulter klopft.

(Anmerkung: Bei der „Systematischen Schneedeckendiagnose“ wird die „Schlaghärte“ und die „Art der Bruchfläche“ kombiniert).

d. Bruchfläche der Schwachschicht:

- glatt
- rau
- gestuft

e. Entstehung der Schwachschicht /Prozess (Kornform oder Prozess, der stattgefunden hat). Zwischen nachfolgenden Schwachschichten konnte unterschieden werden:

- überschneiter / überwehter lockerer Neuschnee
- überschneiter / überwehter Oberflächenreif
- überschneite / überwehte Graupelschicht
- wenig gesetzter Schnee auf glatter Harschschicht
- aufgebauter Schnee (Schwimmschnee) am Boden
- aufgebauter Schnee (Schwimmschnee) im Bereich von Vegetation
- aufgebauter Schnee (Schwimmschnee) unter verdichteter Schicht/Harschschicht
- aufgebauter Schnee (Schwimmschnee) über verdichteter Schicht/Harschschicht
- durchfeuchtete Schicht vom Boden her durchfeuchtet
- durchfeuchtete Schicht von der Oberfläche her durchfeuchtet
- durchfeuchtete Schicht, Staubereich auf einer Harschschicht
- unbekannt

Bei der „Systematischen Schneedeckendiagnose“ ist es von Vorteil, wenn der Entstehungsprozess von Schwachschichten erkannt wird, weil dadurch die Frage, ob diese Schicht großflächig vorhanden ist, besser beantwortet werden kann. Wer den Prozess nicht erkennt, muss stattdessen 2-3 „Kleine Blocktests“ mehr graben, um denselben Effekt zu erzielen. Wenn der Bruch mehrmals an derselben Schicht erfolgt, ist anzunehmen, dass die Schwachschicht großflächig vorhanden ist.

(Bei der Erfassung konnte der Beobachter auch auswählen, ob er sich bei der Erkennung der Schwachschicht sicher ist oder ob er es nur vermutet. Bei der statistischen Auswertung wurde in diesem Punkt nicht unterschieden. Daher kommt dem Entstehungsprozess der Schwachschicht in dieser Arbeit nur eine untergeordnete Rolle zu).

f. Dicke der Schwachschicht (cm)

In folgende Klassen wurde die Dicke der Schwachschicht eingeteilt:

- 0-2 cm
- 2-3 cm
- 3-10 cm
- >10 cm

Bei der Prognose konnten folgende Punkte ausgewählt werden:

- gleich
- weniger
- mehr

Wurde bei der Prognose die Schwachschicht gleich dick erwartet, wurde als richtig bezeichnet, wenn die Schwachschicht bei Ort 2 oder Ort 3 nicht mehr als maximal 5 cm von der gemessenen Dicke von Ort 1 abweicht. Wurde z.B. eine dickere Schwachschicht vermutet (der Beobachter hat den Punkt „mehr“ ausgewählt), konnte die Schwachschichtdicke auch mehr als 5 cm vom gefundenen Wert abweichen, um als richtig bewertet zu werden.

g. Korngröße innerhalb der Schwachschicht

- klein <1 mm
- mittel 1-3 mm
- groß >3 mm

h. Härte der überlagernden Schicht:

- weich, tiefes Einsinken (Faust + 4 Finger)
- mäßig verfestigt (1 Finger)
- hart (Bleistift+Messer)

In der „Systematischen Schneedeckendiagnose“ ist das Kriterium für hart wie folgt definiert: „wenn sich zwischen der gefundenen Schwachschicht und der Schneeoberfläche eine Schicht befindet, die so hart ist, dass der Skifahrer mit den Skiern nicht durchbricht bzw. die Belastung oder der Druck des Skifahrers auf dieser Schicht mehr in die Breite und weniger in die Tiefe geht“. Beispiel so einer harten Schicht ist eine tragfähige Schmelzharschkruste.

i. Zusätzlich wurde die persönliche Einschätzung der Gefahrensituation jeweils nach Schritt 1 und Schritt 3 (siehe Punkt 2.1) durchgeführt.

- Selbstausslösung
- geringe Zusatzbelastung
- große Zusatzbelastung
- sicher
- Beurteilung nicht möglich

Bei der persönlichen Einschätzung handelt es sich um Expertenwissen, das sich die Beobachter in vielen Jahren angeeignet haben.

2.3 Datenerhebung

Es wurden insgesamt 58 Hänge an unterschiedlichen Tagen, in unterschiedlichen Regionen, Höhenlagen und Expositionen untersucht. Dabei wurden 348 Rutschblöcke gegraben und insgesamt 2436 Variablen aufgenommen / dokumentiert. Die Entfernung zwischen Ort 1 und Ort 2/3 variierte zwischen 30 m (10 x) und 250 bis 500 m (13 x). Der durchschnittliche Abstand zwischen Ort 1 und Ort 2/3 betrug 134 m. Der tiefste Messpunkt befand sich auf 1200 m ü. NN, der höchste auf 3280m ü. NN. Die Hangsteilheit an den Messstellen betrug im flachsten Bereich 15 Grad und an der steilsten Messstelle 41 Grad. Die gefundenen Daten wurden in Excel erfasst und nach 1;0 (richtig oder falsch) gewertet.

Daraus ergaben sich Häufigkeiten, die in dieser Untersuchung zusammengefasst dargestellt werden.

2.4 Datenauswertung

Folgende Situationen wurden miteinander verglichen:

- a. Prognose nach Untersuchung von Ort1, Block **A** bzgl. Ort 2 (C/D) bzw. Ort 3 (E/F)
- b. Prognose nach Untersuchung von Ort1, Block **B** bzgl. Ort 2 (C/D) bzw. Ort 3 (E/F)
- c. Vergleich der Istwerte von Ort 1, Block **A** mit Ort 2 (C/D) bzw. Ort 3 (E/F)

- d. Vergleich der Istwerte von Ort1, Block **B** mit Ort 2 (C/D) bzw. Ort 3 (E/F)

Bei der Auswertung wurde unterschiedlich gewichtet. z.B:

- A=C,D Wert 2 (Block A (Ort 1) stimmt mit Block C und D (Ort 2) überein)
- A=C ≠ D Wert 1 (Block A (Ort 1) stimmt nur mit Block C (Ort 2) überein)
- A=D ≠ C Wert 1 (Block A (Ort 1) stimmt nur mit Block D (Ort 2) überein)
- A ≠ C,D Wert 0 (Keine Übereinstimmung von Block A mit Block C und D)

Bei der Untersuchung wurden nur Nominalwerte bestimmt, deshalb wurde nur ein einfaches Summenzählen verwendet. Hintergrund für die simple Auswertung ist genau wie in der „Systematischen Schneedeckendiagnose“ die einfache Umsetzbarkeit für den Praktiker.

3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Tabelle 1, 3 und 4 zeigen hohe Übereinstimmungen (>90%) im Bereich prozessorientierter Eigenschaften. Dagegen zeigen Eigenschaften, die eher mechanischen Einflüssen (>90%) unterliegen, eine geringere Übereinstimmung.

Prognose:	Ort 2	Ort 3	Verknüpfung.Ort 2 u.3
Schwachschicht vorhanden ja/nein	100%	98%	99%
Art des Bruches (Bruch beim ...)	86%	83%	85%
Art der Bruchfläche	82%	83%	83%
Lage (Tiefe) der Schwachschicht	89%	71%	80%
Dicke der Schwachschicht	100%	98%	99%
Entstehung der Schwachschicht	96%	88%	92%
Kristallgröße	96%	88%	92%
Härte der überlagernden Schicht	100%	96%	98%

Tabelle1 zeigt die prozentuale Übereinstimmung von Prognose und gefundenen Ist-Werten an Ort 2 und Ort 3.

Ist-Werte:

Gesamtwerte	selbst	gering	groß	sicher
Ausstechen	10	18	19	2
leicht Klopfen	2	84	14	12
mäßiges Klopfen	0	21	63	6
starkes Klopfen	0	3	36	16
glatt	12	125	78	32
rau	0	1	33	0
gestuft	0	0	21	4
weich	12	102	28	18
mäßig verfestigt	0	20	46	6

hart	0	4	58	12
0-2 cm (40)	9	126	106	32
2-3 cm (41)	3	0	4	0
3-10 cm (42)	0	0	20	4
>10 (43)	0	0	2	0
0-50 cm (45)	9	83	90	14
50-60 cm (46)	3	0	24	16
60-80 (47)	0	9	11	6
80-100 (48)	0	8	5	0
>100 (49)	0	26	2	0
<1 mm	0	24	35	0
1-3 mm	12	102	72	32
> 3 mm	0	0	25	4

Tabelle 2 zeigt alle Eigenschaften der Schwachschichten die mit dem „kleinen Blocktest“ gefunden wurden, sortiert nach der jeweiligen persönlichen Gefahreinschätzung.

	Ort 2	Ort 3	Verknüpfung.Ort 2 u.3
Schwachschicht vorhanden ja/nein	100%	99%	100%
Art des Bruches (Bruch beim ...)	82%	81%	82%
Art der Bruchfläche	84%	89%	87%
Lage (Tiefe) der Schwachschicht	90%	84%	87%
Dicke der Schwachschicht	93%	91%	92%
Entstehung der Schwachschicht	94%	90%	92%
Kristallgröße	96%	87%	92%
Härte der überlagernden Schicht	100%	94%	97%

Tabelle 3: Übereinstimmung der Istwerte von Ort1-Block A mit den Istwerten v. Ort 2 und Ort 3

	Ort 2	Ort 3	Verknüpfung.Ort 2 u.3
Schwachschicht vorhanden ja/nein	100%	99%	100%
Art des Bruches (Bruch beim ...)	84%	81%	83%
Art der Bruchfläche	86%	84%	85%
Lage (Tiefe) der Schwachschicht	88%	86%	87%
Dicke der Schwachschicht	91%	93%	92%
Entstehung der Schwachschicht	94%	90%	92%
Kristallgröße	96%	89%	93%
Härte der überlagernden Schicht	100%	94%	97%

Tabelle 4: Übereinstimmung der Istwerte von Ort 1-Block B mit Istwerten von Ort 2 und Ort 3

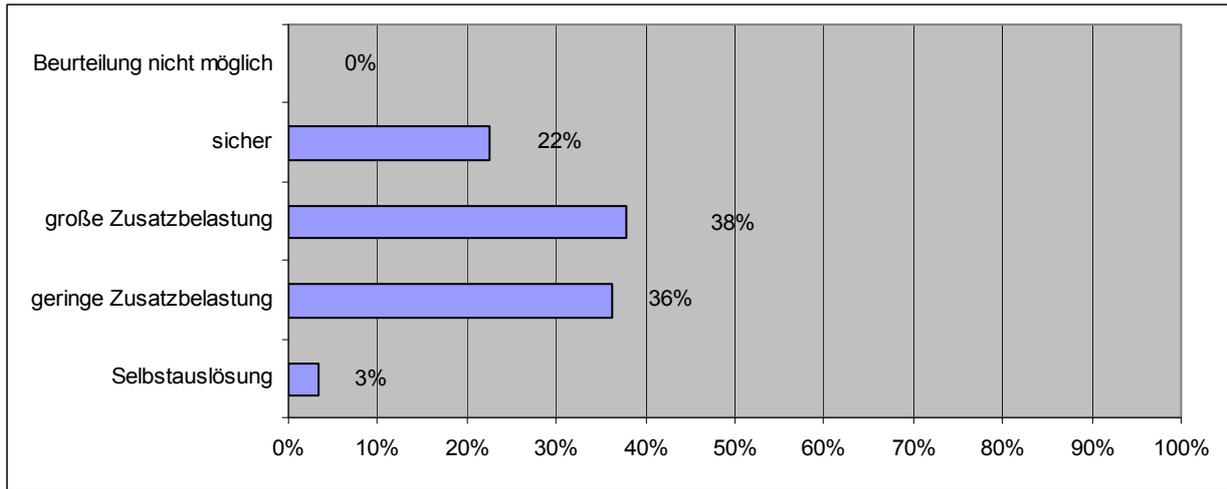


Abb. 3: Persönliche Einschätzung der Gefahrensituation, die immer im Anschluss des letzten „Kleinen Blocktests“ an Ort 3 gemacht wurde.

An 3% der untersuchten Hänge wurde eine Lawinenauslösung durch Selbstausslösung angenommen, an 36% der untersuchten Hänge durch geringe Zusatzbelastung*, an 38% der untersuchten Hänge durch große Zusatzbelastung und 22% wurden mit „sicher“ bewertet. Kein einziges Mal (0%) wurde die Alternative „Beurteilung nicht möglich“ verwendet.

*Die Schneedeckendiagnose wurde in Situationen, in der eine Selbstausslösung oder eine „Auslösung bei geringer Zusatzbelastung“ erwartet wurde, in Bereichen durchgeführt, in denen eine Lawinenauslösung unwahrscheinlich war.

3.1 Vergleich Prognose mit Ist-Werten

Werden die Daten von 3.0 nebeneinander gestellt, lassen sich diese aufgrund ihrer prozentualen Verteilung in 2 Gruppen einteilen.

- Eigenschaften, die überwiegend prozessorientierte Variablen aufweisen (>90%)
- Eigenschaften, die mehr aufgrund mechanischer Einflüsse gesteuert werden (<90%)

Zu a) Bei der Fragestellung „Schwachsicht vorhanden ja/nein?“ konnte eine Übereinstimmung zwischen Prognose (nach Ort 1) und Überprüfung (jeweils nach Ort 2 und Ort 3) von 99% erreicht werden. Diese hohe Übereinstimmung hat neben der fachlichen Kompetenz der Beobachter noch eine weitere Ursache.

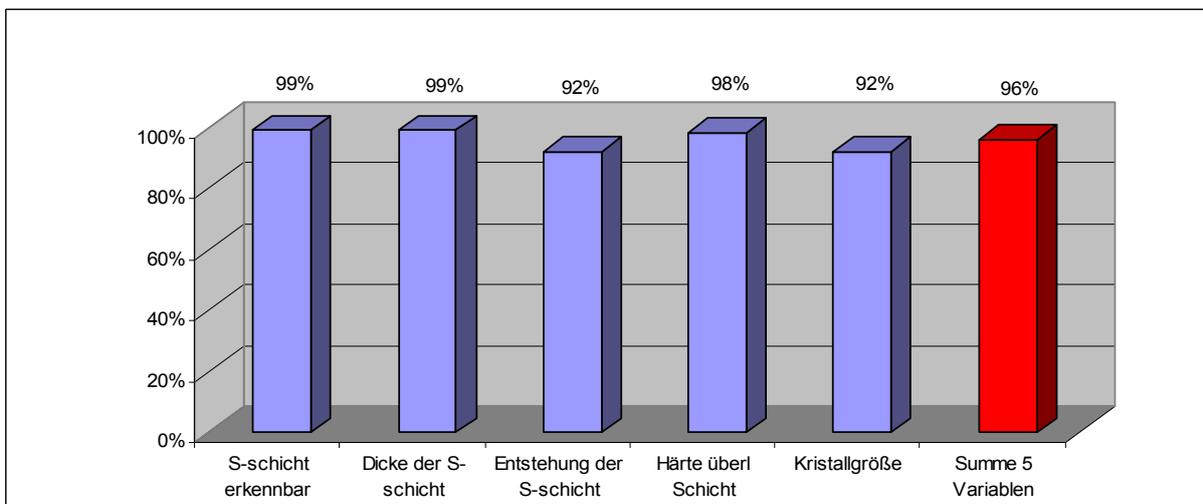


Abb. 4: Beim Vergleich von Prognose und den Istwerten wurde eine hohe Übereinstimmung von >90% bei fünf Variablen erreicht. Diese sind besonders gut für das Prozess-

Mit dem „Kleinen Blocktest“ wurde nur nach Schwachschichten (z.B. Oberflächenreif) gesucht, unabhängig davon, wie sie entstanden sind. Wenn bei der Überprüfung eine anderweitig entstandene Schwachschicht (z.B. Graupel) gefunden wurde, zählte das auch als gefundene Schwachschicht. Allerdings kam diese Situation nur selten vor. Verbindet man die Frage, ob eine Schwachschicht vorhanden ist, mit der Entstehung der Schwachschichten (Abb. 4), liegt die Übereinstimmung trotzdem noch bei 92%. Eine hohe Übereinstimmung konnte auch bei der „Dicke der Schwachschicht“ festgestellt werden. War eine Schwachschicht vorhanden, traf die Einschätzung über die Dicke derselben zu 99% zu. Eine ähnlich hohe Übereinstimmung wurde bei der Frage der „Härte der überlagernden Schicht“ mit 98% erreicht. Über die Entstehung der Schwachschicht und der Kristallgröße innerhalb der Schwachschicht konnten die Beobachter eine Übereinstimmung von jeweils 92% erreichen. Werden alle 5 Parameter miteinander kombiniert, ergibt sich eine Übereinstimmung von 96 %.

Bei den Variablen „Schwachschicht erkennbar“, „Dicke der Schwachschicht“, „Entstehung der Schwachschicht“ und „Kristallgröße“ ist die hohe Übereinstimmung mit Prozessen, die in der Schneedecke großflächig stattgefunden haben, zu erklären. In Tabelle 6 wird die Verteilung aller Schwachschichten während der Profilaufnahme dargestellt. Dabei fällt auf, dass die meisten Schwachschichten aufgrund ihrer Charakteristik über einen längeren Zeitraum innerhalb der Schneedecke bestehen können. Durch den Entstehungsprozess waren sie daher auch flächig vorhanden. Bei der „Härte der überlagernden Schicht“ ist neben dem Entstehungsprozess („Prozessdenken“) zusätzlich noch der Faktor

Windverfrachtung zu beachten. Trotzdem wurde eine Übereinstimmung von 98% erreicht.

Folgende Schwachschichten wurden bei der Untersuchung gefunden:

- überwehter Neuschnee
- Oberflächenreif
- Graupel
- wenig gesetzter Schnee auf glatter Harschschicht
- aufbauende Umwandlung unter Harsch
- aufbauende Umwandlung über Harsch

Die Untersuchung stützt sich nur auf Werte trockener Schneedecken. Bezüglich der Einschätzung von Nassschneelawinen wird beim Lawinenwarndienst Bayern mit anderen Werkzeugen gearbeitet. Jedoch sind Nassschneesituationen ungleich schwieriger zu bewerten als trockener Schnee.

Zu b) Es scheint so, dass es Variablen gibt, die schwieriger zu übertragen sind, als im vorigen Beispiel. Das ist die „Tiefe der Schwachschicht“, die „Art des Bruches“ und die „Art der Bruchfläche“. Hier konnten nur Übereinstimmungen von 80%, 85% und 83% (siehe Abb. 5) erreicht werden. Bei genauer Betrachtung handelt es sich dabei mehr um mechanische Einflüsse, die für den Unterschied zu den prozessorientierten Variablen verantwortlich sind.

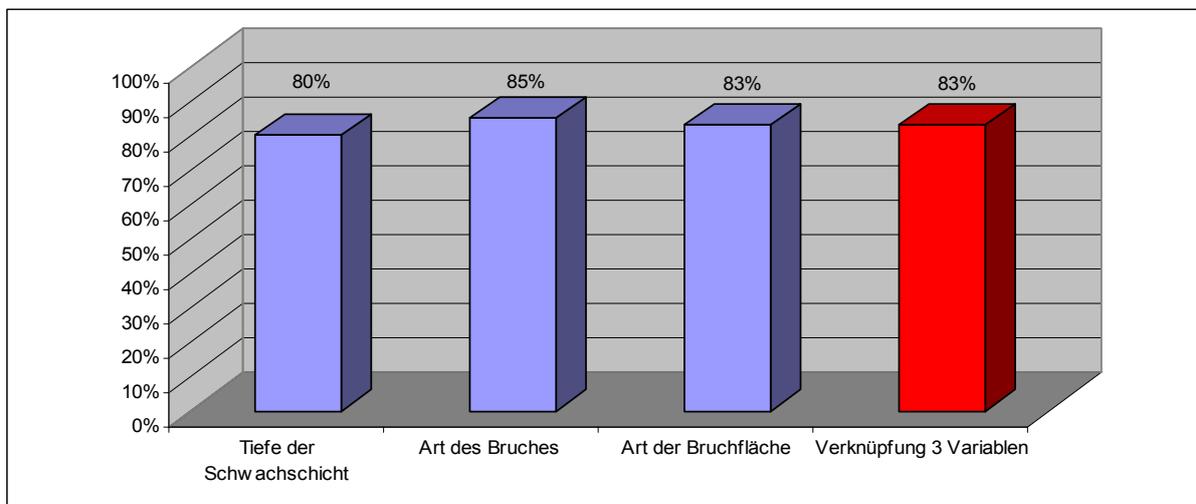


Abb. 5: Variablen die weniger für das Prozessdenken geeignet sind

3.2 Vergleich der Einschätzung der Gefahrensituation zwischen Ort 1 sowie Ort 2 und Ort 3 (Istwerte)

Obwohl bei der Einschätzung „Selbstausslösung möglich“ erst wenige Untersuchungsergebnisse vorhanden sind, kann eine Tendenz erkannt werden, die auch so erwartet wurde. Bei allen Proben waren zu 100% die „ungünstigen“ Eigenschaften, die in der „Systematischen Schneedeckendiagnose“ gelehrt werden, vorzufinden. Diese lauten:

- Bruch beim Ausstechen/Bruch beim leichten Klopfen
- glatter Bruch
- überlagernde Schicht weich
- Schwachschichtdicke <3 cm
- innerhalb 80 cm
- Kristallgröße 1-3 mm.

Diese Eigenschaften stimmen auch mit den Ergebnissen von Ion McCammon und Jürg Schweizer, die diese in „A field method for identifying structural weaknesses in the snowpack“ beschreiben, im Großen und Ganzen überein.

Diese hohe Übereinstimmung der Eigenschaften ist nicht verwunderlich, da die Lehre der „Systematischen Schneedeckendiagnose“ darauf aufbaut, den Istzustand der Schneedecke mit den ungünstigsten Eigenschaften zu vergleichen. Wenn alle Eigenschaften übereinstimmen, kann die Einschätzung der Gefährdungssituation normalerweise nur zum Ergebnis „Selbstausslösung“ oder „Auslösung bei geringer Zusatzbelastung“ führen.

Geht es um die Fragestellung, ob es Möglichkeiten gibt zu erkennen, ob und ab wann es weniger gefährlich ist, bzw. ob es „sicher“ ist, so sind die Eigenschaften nicht so eindeutig, wie wenn es darum geht, festzustellen, ab wann eine Selbstausslösung möglich ist. Wenn die Gefahrensituation mit „Selbstausslösung“ oder mit „geringe Zusatzbelastung“ bewertet wurde, konnte kein einziger gestufter Bruch (0%) und nur 1 % mit „einer rauen Bruchfläche“ gefunden werden. Nur bei 2% erfolgte bei dieser Einschätzung der Bruch durch „starkes Klopfen“.

Es ist anzunehmen, dass je größer die Abweichung von den Eigenschaften „glatter Bruch“, „Bruch beim Ausstechen“, „Bruch beim leichten Klopfen“ ist, je variabler also die Schneedecke ist, desto schwieriger die Bruchfortsetzung ist.

Werden die ungünstigen Eigenschaften nicht nur bei „Selbstausslösung möglich“ betrachtet, sondern kombiniert mit der Einschätzung „Auslösung bei geringer Zusatzbelastung“, ist die Übereinstimmung nicht mehr so eindeutig. Dennoch wurde bei „glatter Bruch“ und „Schwachschichtdicke <3cm“ 99% bzw. 100% Übereinstimmung erreicht (Abb. 6). Die restlichen Eigenschaften lagen zwischen 81 und 83 Prozent („ausstechen“/„bricht leicht“ 83%, „überlagernde Schicht weich“ 83%, „Schwachschicht innerhalb von 80 cm“ 81%, „Kristallgröße 1-3 mm“ 83 %).

Bei der Eigenschaft „dünne Schwachschicht“ (<3cm) zeigt die Erfahrung, dass diese Eigenschaft alleine für sich betrachtet meist zu wenig

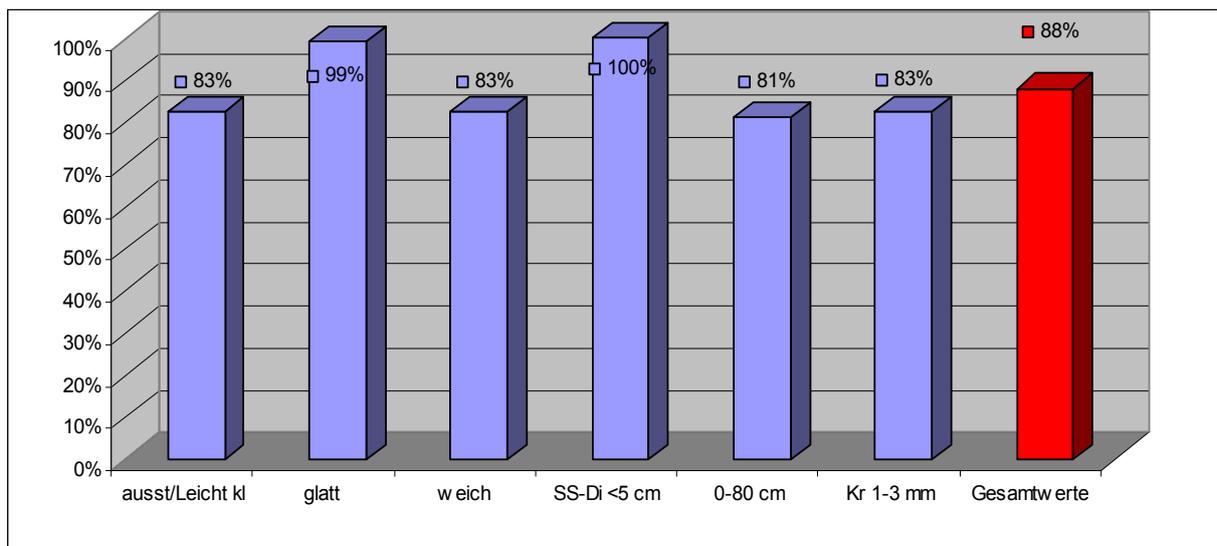


Abb. 6: Vergleich der „ungünstigen Eigenschaften“ bei der Gefahrenbewertung „Selbstausslösung“ und „geringe Zusatzbelastung“.

aussagekräftig ist. Erst in der Kombination „dünne Schwachschicht“ plus „große Schneekristalle (> 1- 2 mm)“, die z.B. bei Oberflächenreif oder starker aufbauender Umwandlung unter oder oberhalb einer Harschschicht oft vorkommt, wurde häufig beobachtet, dass eine Bruchfortsetzung leichter stattfinden kann.

3.3 Übereinstimmung der persönlichen Einschätzung

Nach den Kriterien der „Systematischen Schneedeckendiagnose“ wurde eine persönliche Bewertung der Gefahrensituation sowohl nach den ersten beiden Blocktests an Ort 1, als auch nach den Tests an Ort 2 und Ort 3 vorgenommen. Die Übereinstimmung zwischen der ersten und der zweiten Einschätzung betrug 91 %. Nur in einer Situation wurde dabei die Gefahrensituation eine Einschätzungsstufe nach „oben“, ansonsten nach „unten“ korrigiert. Die Entscheidung, ob eine Situation mit „Selbstausslösung möglich“ oder mit „sicher“ einzustufen ist, ist relativ einfach. In den meisten Fällen ist es ebenso einfach, eine Situation mit „Auslösung bei geringer Zusatzbelastung“, bzw. mit „Auslösung bei großer Zusatzbelastung“ zu bewerten. Trotzdem kann es vorkommen, dass eine eindeutige Zuordnung Probleme bereitet. In diesem Fall verwenden die Lawinenkommissionen und Beobachter neben der „Systematischen Lawinenkunde“ eine weitere Strategie, die, zusammenfassend erklärt, darauf aufbaut, dass der Beobachter, wenn er sich nicht sicher ist, den gefährlicheren Zustand annimmt. Das ist auch die Begründung, warum bei der zweiten Einschätzung mehrmals nach „unten“ korrigiert wurde. Bei der „Systematischen Schneedeckendiagnose“ handelt es sich um eine dynamische Strategie. Das heißt: Die Eigenschaften werden je nach Situation unterschiedlich gewertet. Es reicht also nicht aus, die Anzahl der Ei-

genschaften auszuzählen, um zu einem Ergebnis zu gelangen. Beispiel: Beim Blocktest werden die ungünstigen Eigenschaften „bricht leicht“, „glatter Bruch“, „innerhalb 1 Meter“, „dünne Schwachschicht“ und „große Kristalle“ gefunden. Die Schwachschicht wird jedoch von einer harten, tragfähigen Harschschicht überlagert. Somit hebt diese Schicht die negativen Eigenschaften sozusagen auf und der Beobachter bewertet diese Situation mit: „Lawinenauslösung bei großer Zusatzbelastung“ möglich!

3.4 Vergleich der „kleinen Rutschblöcke“ jeweils an Ort 1, Ort 2 und Ort 3

Vergleicht man die Ergebnisse der beiden Blöcke (Abb. Tabelle 5), die jeweils an Ort 1, Ort 2 und Ort 3 mit Hilfe des „Kleinen Blocktests“ gefunden wurden, so kann eine hohe Übereinstimmung in allen Eigenschaften festgestellt werden. Zum einen ist das damit zu erklären, dass die Untersuchungen an den einzelnen Orten immer nebeneinander stattgefunden haben und zum anderen damit, dass die Untersuchungen meistens in der gleichen Hangexposition durchgeführt wurden. Außerdem entstanden, wie schon erwähnt, die meisten Schwachschichten durch lang anhaltende Prozesse. Auch dieser Umstand führte zu dieser hohen Übereinstimmung.

Bei einer Verknüpfung aller Ergebnisse von Abb. 7 wird eine Übereinstimmung von 97% erreicht.

Dieser Wert belegt nicht nur den hohen Stellenwert des Prozessdenkens, sondern gibt auch eine Rechtfertigung für den „Kleinen Blocktest“, der nicht nur zuverlässig ist und aufgrund seiner Einfachheit sowohl im steilen wie auch im ebenen Gelände sehr schnell durchgeführt werden kann.

	Ort 1	Ort 2	Ort 3
Schwachschicht vorhanden Ja/nein	100%	100%	98%
Art des Bruches (Bruch beim ...)	90%	90%	94%
Art der Bruchfläche	92%	96%	90%
Lage (Tiefe) der Schwachschicht	98%	100%	92%
Dicke der Schwachschicht	98%	98%	98%
Entstehung der Schwachschicht	100%	100%	100%
Kristallgröße	98%	96%	94%
Härte der überlagernden Schicht	100%	100%	100%

Tabelle 5 zeigt die hohe Übereinstimmung (Homogenität) der „Kleinen Rutschblöcke“ jeweils an Ort1, Ort2 und Ort3

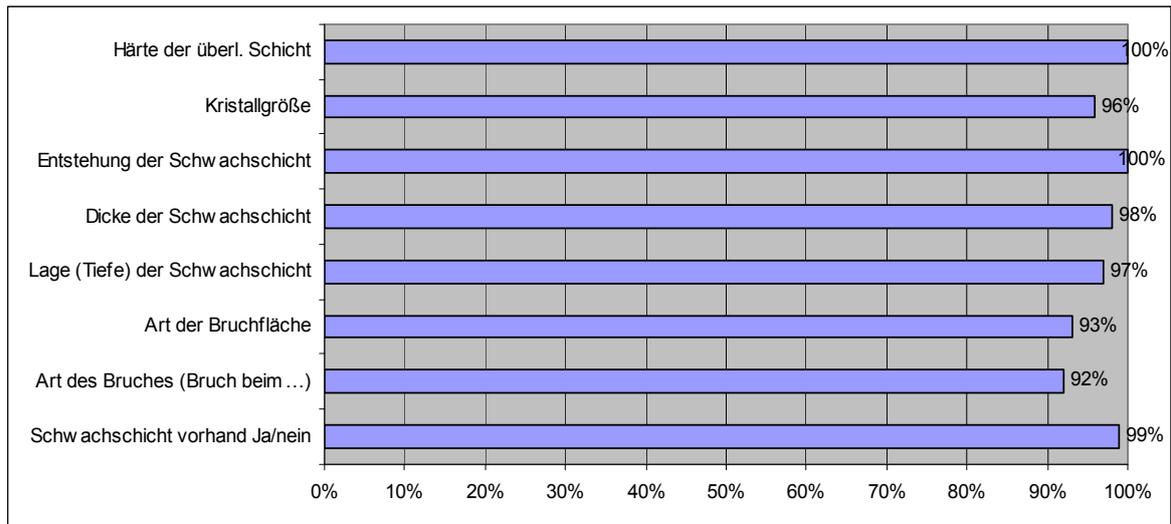


Abb. 7: Große Homogenität der einzelnen Eigenschaften innerhalb der Blocktests, die unmittelbar nebeneinander gegraben wurden.

DANK

Besonderer Dank gilt den Beobachtern Helmut Rieser, Lorenz Köppl (Nationalparkverwaltung Berchtesgaden), Peter Gold, Andreas Reiter, Klaus Wagenbichler, Thomas Hafenmaier, Helmut Hesch und Stephanie Meile.

Für die fachliche Unterstützung danke ich Dr. Bernhard Zenke (LWD-Bayern), Dr. Michael Lehning (SLF-Davos), Christoph Mitterer (SLF-Davos), Michael Schirmer (SLF-Davos) und Dr. Fritz Bedall (Stephanskirchen).

LITERATURVERZEICHNIS

Gubler, H., Salm, B. 1992: Symposium Skibergsteigen/Bildung von Schneebrettlawinen; Seiten 5-15.

Gubler, H. 1997: Lawinenbildung, Messungen und Daten, Interpretation, ALPUG, 1997, Infoblatt 3.

Schweizer, J., Camponovo, C., Fierz, C. and Föhn, P.M.B., 1995. Skier triggered slab avalanche release - some practical implications. In: F. Sivardière (Editor), Les apports de la recherche scientifique à la sécurité neige, glace et avalanche. Actes de Colloque, Chamonix, France, 30 mai-3 juin 1995. ANENA, Grenoble, France, pp. 309-315.

McCammon, I. and Schweizer, J., 2002. A field method for identifying structural weaknesses in the snowpack. In: J.R. Stevens (Editor), Proceedings ISSW 2002. International Snow

Science Workshop, Penticton BC, Canada, 29 September-4 October 2002. International Snow Science Workshop Canada Inc., BC Ministry of Transportation, Snow Avalanche Programs, Victoria BC, Canada, pp. 477-481.

Kronthaler, G und Zenke, B, 2006: Systematische Schneedeckendiagnose, Berg und Steigen 4/06

Schweizer, J. Davos, Schneebrettauslösung durch Skifahrer, Die Alpen 1/1998 Seite 11-17.

Schweizer, J. and Lütschg, M., 2001. Measurements of human-triggered avalanches from the Swiss Alps, Proceedings International Snow Science Workshop, Big Sky, Montana, U.S.A., 1-6 October 2000. Montana State University, Bozeman MT, USA, pp. 200-207.

Schweizer, J. and Jamieson, J.B., 2002. Contrasting stable and unstable snow profiles with respect to skier loading. In: J.R. Stevens (Editor), Proceedings ISSW 2002. International Snow Science Workshop, Penticton BC, Canada, 29 September - 4 October 2002, pp. 499-501.

Schweizer, J., McCammon, I. and Jamieson, J.B., 2006. Snow slope stability evaluation using concepts of fracture mechanics. In: J.A. Gleason (Editor), Proceedings ISSW 2006. International Snow Science Workshop, Telluride CO, U.S.A., 1-6 October 2006, pp. 211-218.