

Attacke der Fischmäuler?!





Gleitschneelawinen

Dezember 2008. Wir stehen in einem offenen Fischmaul. Es schneit und ist ungemütlich kalt. An der Anrisskante machen wir uns bereit, um ein Schneeprofil aufzunehmen. Plötzlich blickt mein Arbeitskollege auf: „Spinn ich? Oder hörst du das Knacken auch?“ Bevor ich eine Antwort geben kann, gleitet die komplette Tafel unter dem Gleitschneeriss, also direkt unter uns ab und donnert ins Tal. Oha!!? Eine Gleitschneelawine! Aber warum gerade jetzt? Was führte dazu?

von Christoph Mitterer und Jürg Schweizer

Im gesamten Alpenraum prägten ausserordentlich viele Gleitschneelawinen die Winter 2008/09 und 2011/12. Vor allem im vorletzten Jahr gingen in fast allen Wintermonaten große Gleitschneelawinen ab und gefährdeten Pisten und Häuser oder verschütteten Straßenabschnitte. In den regionalen Zeitungen las man öfters Artikel über „Spaltenstürze“ in nicht vergletscherten Gebieten: Skifahrer waren abseits der gesicherten Piste in Fischmäuler gefallen und konnten manchmal nur noch mit dem Hubschrauber aus ihrer misslichen Lage befreit werden. Zeilen im Lawinenlagebericht wie zB „Der Abgang von Gleitschneelawinen ist zu jeder Tages- und Nachtzeit möglich und erfolgt in der Regel spontan.“ dürften für die eine oder andere schlaflose Nacht bei Verantwortlichen lokaler Sicherungsdienste und Lawinenkommissionen gesorgt haben. Für diese waren Perioden mit erhöhter Gleitschneelawinenaktivität eine große Herausforderung, da der genaue Abgangszeitpunkt häufig unmöglich zu prognostizieren war. Teilweise lösten sich Gleitschneelawinen unerwartet am kältesten Tag der Saison. Die Voraussetzungen für Gleitschneelawinen waren im gesamten Alpenraum in beiden Wintern anscheinend ideal. Aber was bedeutet in diesem Fall ideal? Und kennen wir diese Voraussetzungen bzw. können wir sie vorhersagen?

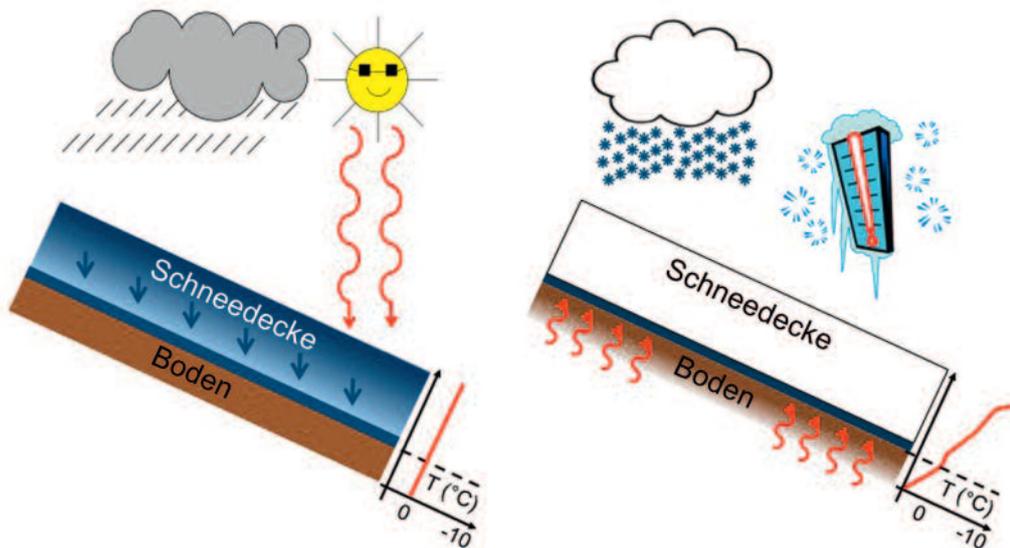
Seit den 1960er-Jahren sind einige, wichtige Kriterien für das vermehrte Auftreten von Gleitschneelawinen bekannt:

- Ein glatter Untergrund, meist abgelegtes Gras oder Felsplatten.
- Einschneien des warmen Untergrunds, also ein früher Winteranfang oder ein warmer Spätherbst.
- Viel Schnee und dadurch eine mächtige Schneedecke (> 1,5 m) ohne markante Schwachschichten.
- Eine feucht-nasse Grenzschicht am Übergang vom Boden zur Schneedecke.

In mehreren Untersuchungen wurde seither versucht, meteorologische Bedingungen oder Muster zu finden und diese mit den gleitschneelawinenfördernden Kriterien in Verbindung zu setzen. Das Ziel war, allgemein gültige Regeln und Maßnahmen für operationelle Dienste ableiten zu können. Allerdings muss man heute sagen, dass die Vorhersage von Gleitschneelawinen noch immer eine große Herausforderung darstellt. Ist die Gleitschneelawine aber wirklich ein unbekanntes, unzähmbares Biest, das sich nicht ankündigt?

Abb.1a. Warme Gleitschneelawinen. Die gesamte Schneedecke ist isotherm. An der Schneeoberfläche produziertes Schmelzwasser oder Regen sickert durch die komplette Schneedecke. Dieses Wasser staut sich am Übergang zum Boden und verringert die Reibung. Diese Situation ist typisch im Frühling, bei Warmwettereinbrüchen oder nach Regen.

b. Kalte Gleitschneelawinen. Die ersten markanten Schneefälle der Saison decken den noch warmen Boden zu. Wärme wird vom Boden an die Unterkante der Schneedecke abgegeben und somit Schnee geschmolzen. Es ist auch möglich, dass Wasser kapillar aus dem Boden in die untersten Schneeschichten steigt. Die übrigen Schneeschichten sind kalt und haben Temperaturen, die markant unter 0° C liegen. Diese Situation kommt typischerweise im Frühwinter (und Hochwinter) vor.



Wie funktioniert eine Gleitschneelawine?

Der Name ist Programm: Eine Gleitschneelawine entsteht aus einer beschleunigten Gleitbewegung der gesamten Schneedecke über den Untergrund. Gleitschneelawinen lösen sich spontan. Dabei rutscht die gesamte Schneedecke am Boden ab.

Im Gegensatz zu trockenen oder nassen Schneebrettlawinen entstehen Gleitschneelawinen nicht auf Grund eines Bruches in einer Schwachschicht, sondern durch einen markanten Reibungsverlust am Übergang der Schneedecke zum Untergrund. Dieser Reibungsverlust wird durch Wasser verursacht, daher muss der Schnee am Übergang zum Untergrund feucht sein.

Zunächst führt schnelles Schneegleiten (von Millimetern bis zu mehreren Zentimetern pro Tag) zu einem hangparallelen Zugriss durch die gesamte Schneedecke: ein Fischmaul entsteht. Der gleitende Teil der Schneedecke ist in der Folge nur noch talseitig, sozusagen am Fuß abgestützt und wird seitlich wenig gehalten.

Gleitschneelawinen entstehen dann, wenn entweder die Bewegung der Schneetafel weiter zunimmt (d.h. das Fischmaul wird schnell größer), so dass der stützende Fuß stärker belastet wird, oder die Festigkeit des stützenden Fußes durch Veränderungen der Schneeeigenschaften (zB Durchfeuchtung) abnimmt. Aber nicht jedes Fischmaul muss zwingend in einer Lawine enden. Vor allem beim Versagen des stützenden Fußes durch die weiter zunehmende Gleitbewegung (d.h. Reibungsverlust) ist die feuchtnasse Schicht am Übergang vom Boden zur Schneedecke entscheidend für die Lawinenbildung. Daher ist es wichtig, die Prozesse, die diese feuchtnasse Schicht entstehen lassen, zu kennen.

Woher kommt das Wasser?

Es gibt mindestens vier Prozesse, die für die Bildung einer nassen Schicht am Übergang der Schneedecke zum Boden verantwortlich sind:

- Schmelzwasser oder Regen durchdringen die komplette Schneedecke. Die Schneedecke ist dabei 0° C-isotherm (Abb. 1a).
- Im Boden gespeicherte Wärme wird nach dem ersten großen Schneefall an die Schneedecke abgegeben und schmilzt die untersten Zentimeter (Abb. 1b). Das Schmelzwasser wird in der untersten Schicht gehalten.
- Wasser steigt durch kapillare Kräfte vom Boden auf und wird in die untersten Zentimeter der Schneedecke gesogen (Abb. 1b). Ein Hinweis für dieses aus dem Boden stammende Wasser ist eine häufig anzutreffende, bräunliche, feuchte Basisschicht im Schneeprofil (Abb. 2).
- Schnee kann in der Nähe von dunklen Felsen geschmolzen werden und dann in die Schneedecke fließen oder es tritt Boden- bzw. Hangwasser auf.

Der erste Prozess (a) findet bei Wettersituationen statt, die typischerweise bei der Entstehung von nassen Schneebrettlawinen beobachtet werden: Schmelzwasser oder Regen fließt von der Oberfläche durch die Schneedecke und wird am weniger durchlässigen Boden aufgestaut. Das aufgestaute Wasser reduziert die Reibung am Übergang zum Boden und fördert dadurch das Schneegleiten. Gleitschneelawinen, die kurz nach einer solchen warmen Wetterperiode oder Regen abgehen, kann man als sog. warme Gleitschneelawinen bezeichnen (Abb. 1a). Bei dieser Art von Gleitschneelawinen besteht ein klarer Zusammenhang zwischen hohen Lufttemperaturen und der Gleit-

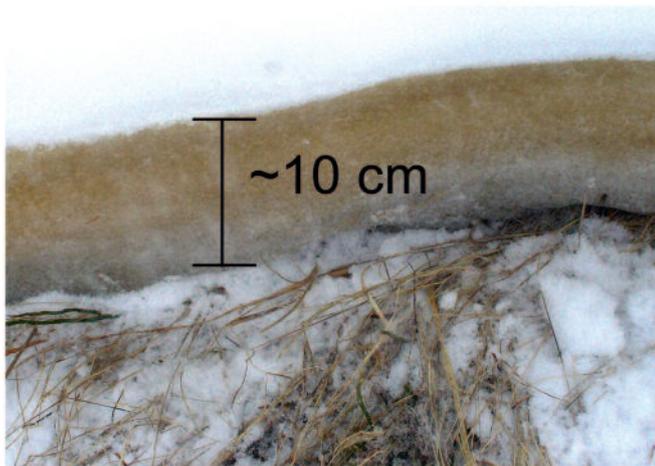


Abb. 2 Bräunlich gefärbte, feuchte Basisschicht, welche darauf hindeutet, dass das Wasser vom Boden in die untersten Zentimeter der Schneedecke gestiegen ist.



Abb. 3

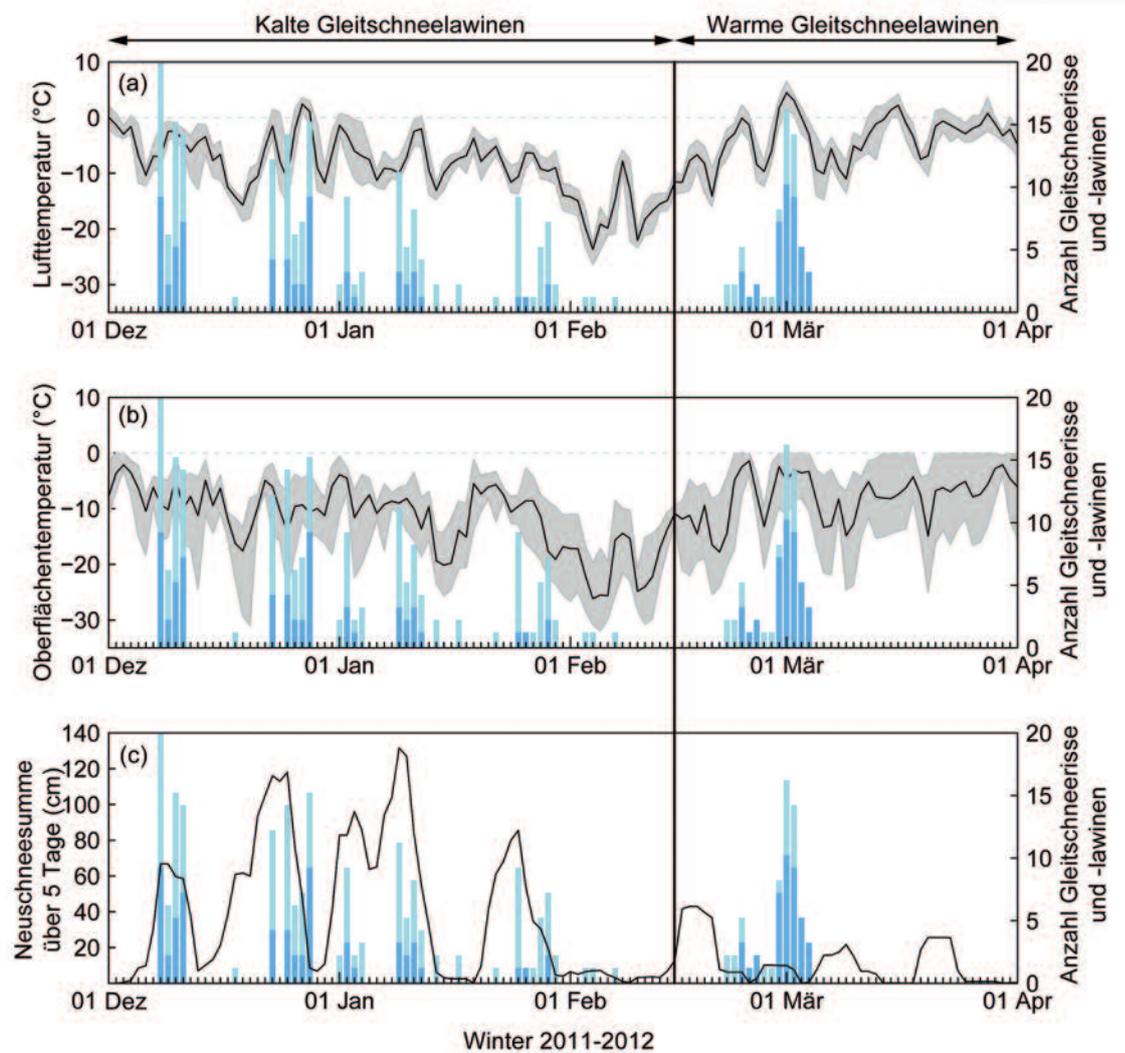


Abb. 3 Lufttemperatur (a) und Oberflächentemperatur (b) gemessen an der Station Dorfberg oberhalb von Davos. Die schwarze Linie zeigt den Tagesmittelwert, der graue Bereich zeigt den minimalen und maximalen Temperaturwert am jeweiligen Tag. Die unterste Kurve (c) stellt die 5-Tagessumme des Neuschnees gemessen in Davos Dorf dar. Die hellblauen Balken zeigen die Anzahl der Fischmäuler pro Tag, die blauen Balken die Anzahl der Gleitschneelawinen pro Tag. Die Risse und Gleitschneelawinen wurden ebenfalls am Dorfberg für den Winter 2011/2012 beobachtet.

Abb. 4 Achtung! Fischmäuler können auch nach oben hin reißen, wie diese Zeitrafferaufnahmen vom Dorfberg in Davos zeigen.



schneelawinenaktivität. Am Dorfberg oberhalb von Davos (CH) haben wir im Gleitschneelawinenwinter 2011/12 beobachtet, dass bei der ersten markanten Erwärmung Ende Februar/Anfang März sehr viele Fischmäuler auf- und Gleitschneelawinen abgegangen sind. Die Lufttemperatur stieg dabei kurz vorher markant über 0°C (Abb. 3a) und erwärmte die Schneeoberfläche sehr schnell (Abb. 3b). Die Temperatur an der Schneeoberfläche blieb dann über einige Tage bei bzw. nahe an 0°C , was daraufhin deutet, dass Wasser an der Oberfläche entstanden ist und wohl bis zum Boden durchsickerte. Dort wurde die Reibung herabgesetzt, was zu dieser hohen Anzahl an Lawinen führte.

Diesen markanten Anstieg der Luft- und Oberflächentemperatur konnten wir für die fünf anderen Gleitschneelawinenperioden im Winter 2011/12 allerdings nicht oder nur schwach erkennen (Abb. 3). Die Temperaturen gingen manchmal knapp gegen 0°C , aber die tageszeitliche Erwärmung auf Grund von Lufttemperatur und Sonneneinstrahlung hatte nicht die Kraft, um an der Schneeoberfläche Wasser zu produzieren. Zudem war die Schneedecke noch kalt, also unter 0°C . Man bezeichnet diese Gleitschneelawinen deshalb als kalte Gleitschneelawinen (Abb. 1b). Bei dieser Art von Gleitschneelawinen sickert das Wasser nicht von oben nach unten durch die Schneedecke. Die Anfeuchtung der Basischicht kann in diesem Fall nur vom Boden her erfolgt sein (Prozesse b/c, Abb. 1b/2). Während dieser Perioden wurde also entweder Wärme vom Boden her an die Schneedecke abgeführt und die untersten Zentimeter wurden durch die Schmelze leicht feucht. Oder, durch kapillare Druckunterschiede konnte Wasser aus dem Boden in die ersten Zentimeter der Schneedecke steigen (Abb. 2). Welcher dieser zwei Prozesse dominiert, ist schwer zu sagen. Auffällig bei diesen kalten Gleitschneelawinen war, dass

Perioden mit erhöhter Gleitschneelawinenaktivität immer mit großen Neuschneemengen einhergingen (Abb. 3c). Die neuen Schneemassen erhöhen die Last und folglich gleitet die Schneedecke schneller talwärts.

Endet jedes Fischmaul in einer Gleitschneelawine?

Es ist meist nicht vorhersehbar, ob und wann ein Fischmaul in einer Lawine endet. Die lange Zeit verbreitete Meinung, dass der Hang unter einem Fischmaul sicher sei, ist eindeutig falsch.

Richtig ist, dass ein Hang mit Fischmäulern in der Regel keine markante Schwachschicht innerhalb der Schneedecke aufweist. Meistens gehen Gleitschneelawinen unterhalb des offenen Fischmauls ab und deshalb sollte die Zone unterhalb kritisch beurteilt werden. Allerdings zeigen Zeitrafferaufnahmen am Dorfberg (Abb. 4), dass Fischmäuler auch den Hang oberhalb beeinflussen können, d.h. auch die Zone über dem Maul kann gefährlich werden. Auswertungen der Gleitschneelawinen am Dorfberg über die zwei Winter 2008/09 und 2011/12 haben gezeigt, dass es für die warmen Gleitschneelawinen eine leichte Tendenz zu einer erhöhten Aktivität in den Mittags- und Nachmittagsstunden gibt. Andererseits konnten wir keinen Tagesgang der Lawinenaktivität für die kalten Gleitschneelawinen erkennen.

Da eine Gleitschneelawine aus einer beschleunigten Bewegung der Schneedecke entsteht, haben wir mit den regelmäßig aufgenommenen Bildern vom Dorfberg versucht, diese Beschleunigung zu bestimmen. Die Zeitrafferaufnahmen legen nahe, dass Fischmäuler, die sich gleichmäßig öffnen, wo also keine Beschleunigung festzustellen ist, kaum in einer Lawine enden (grauer



Bereich in Abb. 5). Nimmt die Öffnungsgeschwindigkeit des Fischmauls hingegen zu, kommt es häufig zu einem Lawinenabgang (oranger und roter Bereich in Abb. 5). Noch ist es allerdings nicht möglich, den genauen Zeitpunkt des Abgangs zu prognostizieren (gestrichelte Linie in Abb. 5).

Wie können wir mit der Gleitschneelawinengefahr umgehen?

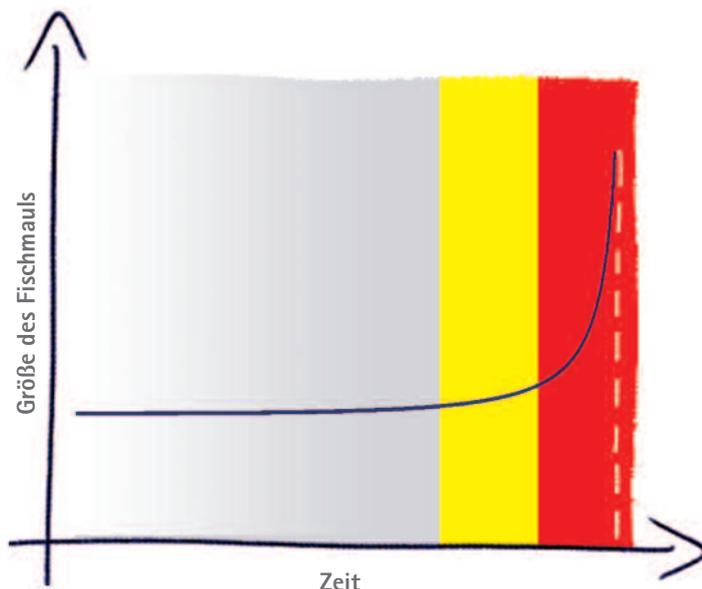
Bei warmen Gleitschneelawinen ist die fortschreitende Durchfeuchtung ein offensichtliches Zeichen für eine erhöhte Abgangsbereitschaft. Steigende Temperaturen und zunehmende Sonneneinstrahlung können darauf hindeuten. Wenn Luft- und Oberflächentemperatur längere Zeit über bzw. bei 0° C liegen, ist eine Häufung von Gleitschneelawinen wahrscheinlich. Bei kalten Gleitschneelawinenabgängen gibt es kein eindeutiges Wettermuster, das man zur Vorhersage nutzen kann.

Da Gleitschneelawinen sich kaum sprengen lassen und nicht durch Personen ausgelöst werden, hilft nur eines, um das Risiko klein zu halten: Zonen mit Fischmäulern meiden oder sich zumindest nicht länger als unbedingt nötig in ihrer Nähe aufhalten.

Diese Maßnahme ist zB für den Skitourengeher leicht durchführbar. Für lokale Sicherheitsdienste allerdings ist die Risikominimierung nicht wirklich nützlich, da offene Fischmäuler im Frühwinter Straßen oder Pisten über Wochen gefährden, diese aber nicht so lange gesperrt bleiben können. Hier bleiben eigentlich nur zwei Möglichkeiten: Entweder die Schneetafel bzw. den abstützenden Fuß unter einem offenen Fischmaul abtragen (kann sehr riskant sein) oder genau verfolgen, ob und wie der Riss sich weiter öffnet, also zu versuchen die Beschleunigung zu messen. Das kann



Abb. 5 Öffnungsgeschwindigkeit eines Fischmauls. Öffnet sich das Fischmaul gleichmäßig, also ohne große Beschleunigung (grauer Bereich), dann ist der Abgang eher unwahrscheinlich. Beschleunigt sich das Öffnen des Fischmauls, wird es zunehmend weiter bzw. breiter, so wird ein Abgang immer wahrscheinlicher (gelber und roter Bereich). Der genaue Zeitpunkt für den Lawinenabgang (graue, strichlierte Linie) kann allerdings nur erahnt werden.



mit Hilfe einer Webcam oder Referenzmesslaten erfolgen. Öffnet sich das Fischmaul immer schneller (Minuten bis Stunden), deutet dies auf einen baldigen Abgang hin, so dass Straßen oder Pisten eher gezielt gesperrt werden können. Der genaue Zeitpunkt des Abganges bleibt aber noch relativ unsicher.

Zusammenfassung

Die Winter 2008/09 und 2011/12 haben gezeigt, dass Gleitschneelawinen zu den am schwierigsten vorhersehbaren Lawinen zählen. Oft wird eine Gleitschneelawine durch ein Fischmaul angekündigt, aber nicht jedes Fischmaul endet in einer Lawine. Die Zeitspanne zwischen der Öffnung des Fischmauls und dem Abgang einer Lawine kann sehr kurz (Minuten) sein, sich aber auch über Wochen hinziehen. Umstände, die eine Häufung von Gleitschneelawinen begünstigen, sind bekannt. Der wichtigste davon ist eine feuchte Schmierschicht am Übergang vom Boden zur Schneedecke. Die Entstehung dieser Schicht kann auf vier Prozesse zurückgeführt werden. Aufgrund der Art, wie das Wasser produziert wird, lassen sich Gleitschneelawinen in warme und kalte Gleitschneelawinen unterteilen.

Unsere Beobachtungen und Messungen am Dorfberg zeigen, dass die Wasserproduktion bei den Prozessen a) und teilweise auch d) am Übergang von der Atmosphäre zur Schneedecke stattfinden. Die Voraussetzungen dafür werden über einen kurzen Zeitraum geschaffen: Warmes Wetter oder Regen lassen das Wasser entstehen, das durch die Schneedecke sickert. Die Gefahr für Gleitschneelawinen steigt an. Die Gefährdung lässt nach, wenn sich die Voraussetzung, sprich das Wetter, wieder ändert, zB durch eine markante Abkühlung. Die Prozesse b) und c) hängen primär nicht von äußeren Wettereinflüssen ab. Hier sind Vorgänge am

Übergang vom Untergrund zur Schneedecke (Wärmeaustausch, kapillarer Wasseraufstieg) entscheidend. Der Grundstein für Wasser am Übergang zum Untergrund wird häufig früh im Jahr gelegt, wenn zB nach einem warmen Spätherbst starke Schneefälle einsetzen. Hat sich dieser feucht-nasse Übergang am Boden einmal gebildet, ist es sehr wahrscheinlich, dass diese Basisschicht für Wochen feucht bleibt. Die Gefährdung durch Gleitschneelawinen bleibt dann auch bei einer massiven Abkühlung der Lufttemperatur lange erhalten, da diese Veränderung die Unterkante der Schneedecke nicht erreichen wird.

Bleibt die Frage vom unzählbaren Biest. Die Antwort lautet Jein: Der Abgang von warmen Gleitschneelawinen kann durch frühjahrsähnliche Situationen, Regen und eine fortschreitende Durchfeuchtung erahnt werden. Bei kalten Gleitschneelawinen trifft dies nicht zu. Diese können mit dem heutigen Wissen nicht vorhergesagt werden ... aber wir bleiben dran am Biest.

Literatur

- Clarke, J.A. and McClung, D.M., 1999. Full-depth avalanche occurrences caused by snow gliding. Coquihalla, B.C., Canada. *Journal of Glaciology*, 45(151): 539-546.
- Jones, A., 2004. Review of glide processes and glide avalanche release. *Avalanche News*, 69: 53-60.
- Newesely, C., Tasser, E., Spadinger, P. and Cernusca, A., 2000. Effects of land-use changes on snow gliding processes in alpine ecosystems. *Basic and applied ecology*, 1: 61-67.
- Mitterer, C. and Schweizer, J., 2012. Towards a better understanding of glide-snow avalanches, *International Snow Science Workshop ISSW 2012*, Anchorage AK, U.S.A., 16-21 September 2012, pp. 610-616.