



3

Interpretation von Schneedeckenuntersuchungen

Einleitung

Kriterien für die Profilbeurteilung

Kritische Bereiche

Nieten-Test

Beurteilung der Schneedeckenstabilität

Zusammenfassung

Einleitung

stabil oder labil? Die Schneedecke ist der wichtigste lawinenbildende Faktor. Nur wenn sich innerhalb der Schneedecke eine schwache Schicht oder eine schwache Schichtgrenze unter einer zumindest leicht verfestigten, dickeren Schicht, dem sogenannten Schneebrett befindet, können Lawinen entstehen. Für eine fundierte, selbständige Beurteilung der Lawinengefahr müssen wir also wissen, ob es innerhalb der Schneedecke schwache Schichten oder Schichtgrenzen gibt, und wenn ja, wie schwach (→ Stabilitätstest) und wie verbreitet sie sind. Wir müssen mit anderen Worten die Schneedeckenstabilität kennen oder wissen, ob die Schneedecke Instabilitäten enthält.

was macht die Altschneedecke Dabei kann man zwischen Neuschnee- und Altschneeeinstabilitäten unterscheiden. Schneit es, so nimmt man vorerst an, dass die Neuschneeschiicht abgleiten könnte (Neuschneeeinstabilität). Wie aber steht es mit der Altschneedecke? Ist allenfalls zu erwarten, dass beim Abgleiten des Neuschnees noch weitere Schichten der Altschneedecke mitgerissen werden (Altschneeeinstabilität)? Um diese Frage zu beantworten, brauchen wir Kenntnisse über den Schneedecken-aufbau respektive über allfällige Schwachschichten oder Schichtgrenzen in der Altschneedecke. Wie erkennen wir nun schwache Schichten beziehungsweise eine geringe Schneedeckenstabilität? Frische, spontane Lawinen sind der klarste Hinweis auf eine aktuelle Instabilität.

Risse oder Wumm-Geräusche beim Betreten der Schneedecke gelten ebenfalls als Alarmzeichen. Was aber, wenn keine derartigen Alarmzeichen vorliegen? Ist die Lawinengefahr dann automatisch gering? Nein, nicht unbedingt. In all diesen Fällen, wo uns die Natur keine offensichtlichen Zeichen liefert, müssen wir allfällige Schwächen in der Schneedecke gezielt suchen, und zwar vor allem mit Schneedeckenuntersuchungen und Stabilitätstests. Das Schneeprofil hat also keineswegs ausgedient – im Gegenteil. Auch heute noch bilden Profilaufnahmen die Basis für die Lawinenwarnung. Kennt man einmal den Grundzustand der Schneedecke, so kann man zusammen mit der Kenntnis der aktuellen Wettersituation die Lawinengefahr abschätzen.

Kriterien für die Profilbeurteilung

Im Folgenden konzentrieren wir uns auf die Interpretation von Schneeprofilen mit Rutschblock-Test. Vorauszuschicken ist, dass der Wahl des Profillortes natürlich eine große Bedeutung zukommt. Nicht immer gelingt es, auf Anhieb einen guten Profilstandort zu finden. Wichtig ist, dort ein Profil zu machen, wo wir vermuten, dass die Schneedecke schwach sein könnte. Dies ist vor allem in Schattenhängen zu erwarten. Besonders wichtig ist zudem, einen Standort zu wählen, wo die Schneehöhe eher unterdurchschnittlich ist. An solchen eher schneearmen Stellen ist ein generell schlechterer Schneedeckenaufbau zu erwarten und allfällige Schwachschichten sind näher bei der Oberfläche, so dass eine Auslösung durch Schneesportler wahrscheinlicher ist, als an einem Ort mit sehr viel Schnee. Zualererst ist aber natürlich die eigene Sicherheit zu beachten. Kleinhänge, die nach unten auslaufen, sind daher die bevorzugten Hänge für Profilaufnahmen. Für die Beurteilung eines Schneeprofiles mit zugehörigem Rutschblock-Test sind verschiedene Kriterien zu berücksichtigen. Die Rutschblockstufe allein ist nicht hinreichend für eine Stabilitätsbeurteilung. Wichtig ist auch die Art der Auslösung beim Rutschblock-Test, der Schneedeckenaufbau ganz allgemein und im Besonderen die Art der schwachen Schichten oder Schichtübergänge. Für die Berücksichtigung des Schichtaufbaus hat sich der sogenannte „Nieten“-Test bewährt. In der Regel betrachtet man die folgenden Punkte:

- Rutschblockstufe und Art der Auslösung
- Allgemeiner Härteverlauf
- Kornformen
- Korngrößen
- Korngrößenunterschiede zwischen benachbarten Schichten
- Härte
- Härteunterschiede zwischen benachbarten Schichten
- Schneehöhe und Mächtigkeit der abgeglittenen Schicht

Im Folgenden wird auf die Bedeutung der obigen Kriterien im Einzelnen eingegangen. Diese Kriterien sind, wie erwähnt, wichtig für die Interpretation eines Schneeprofiles mit Rutschblock-Test, aber selbstverständlich beruht die Einschätzung der Lawinengefahr auf einer wesentlich umfassenderen Beurteilung. Dabei sind eine oder besser mehrere Schneedeckenuntersuchungen ein wichtiges von mehreren Elementen.

Schattenhänge

unterdurchschnittliche
Schneehöhe

kein Profil ohne
Stabilitätstest

Abb.31 LWDKIP-Funktionsschema

ganzer Block mit
glatter Bruchfläche

Rutschblockstufe und Art der Auslösung

Die Rutschblockstufen 1 bis 3 deuten auf eher instabile, Rutschblockstufen 6 und 7 auf eher stabile Verhältnisse hin. Die Rutschblockstufen 4 und 5 sind im Zwischenbereich. Ganz wesentlich für die Beurteilung ist die Art der Auslösung, d. h. ob der ganze Block oder ob nur die untere Hälfte (unterhalb des Schis) oder sogar nur eine Ecke abgeglitten ist. Ein Teilbruch (unterhalb des Schis, nur eine Ecke) ist ein Hinweis dafür, dass die mit dem Rutschblock-Test gefundene Schwäche trotz zB einer Rutschblockstufe 3 nicht so kritisch sein dürfte. Nur ein ganzer Block mit in der Regel glatter Gleitfläche deutet auf eine klare Instabilität, d.h. eine Bruchausbreitung ist wahrscheinlich. Bei rauer und vor allem bei unregelmäßiger Gleitfläche, in Kombination mit einem Teilbruch, sind eine Bruchausbreitung und damit ein Lawinenabgang wesentlich weniger wahrscheinlich.

Allgemeiner Härteverlauf (Rammprofil, Profiltyp)

Der Härteverlauf beschreibt die allgemeine Verfestigung der Schneedecke. Aufgrund des Härteverlaufes lässt sich oft grob abschätzen, ob bei spontanen Neuschneelawinen Teile der Altschneedecke mitgerissen werden. Dies kann die Auslaufstrecke wesentlich verlängern. Wesentlich ist, ob es schwächere Bereiche gibt, insbesondere auch bodennah. Vor allem bei schwach verfestigten Schichten in Bodennähe (Schwimmschneefundament) kann die ganze Schneedecke mitgerissen werden.

Kornform

Alle Kristalle oder Körner, die wenigstens teilweise von geraden Flächen begrenzt sind, sind als eher kritisch zu betrachten, da sie in der Regel weniger Bindungen untereinander aufweisen. Es sind dies: kantige Formen, Schwimmschnee und Oberflächenreif. Sie sind das Resultat des kinetischen Kristallwachstums. Sie sind in der Regel auch eher groß und überleben daher meist über längere Zeit in der Schneedecke. In 80 % aller Unfalllawinen wurden in der schwachen Schicht kantige Formen, Schwimmschnee und Oberflächenreif gefunden.

Korngröße

Je größer die Körner, vor allem in Kombination mit den oben erwähnten, von Kanten begrenzten Kornformen, umso geringer ist in der Regel die Festigkeit einer Schicht, die aus solchen Körnern aufgebaut ist. Eine derartige Schicht hat in der Regel verhältnismäßig wenige Bindungen pro Volumen. Typischerweise bestehen schwache Schichten aus Körnern, die größer als 1 bis 1½ mm sind.



Korngrößenunterschied

Ein großer Korngrößenunterschied bedeutet in der Regel, dass zwei sehr unterschiedliche Schichten zusammenkommen. Somit ist es wahrscheinlich, dass die Verbindungen zwischen diesen beiden Schichten schwach sind, und die Schichtgrenze daher eine potenzielle Bruchfläche darstellt. Typischerweise sind Korngrößenunterschiede von mehr als $\frac{3}{4}$ mm als eher kritisch zu betrachten.

Härte

Für die Beurteilung der Härte der einzelnen Schichten betrachtet man die Handhärte. Je weicher eine Schicht, umso geringer ist in der Regel die Festigkeit. Schwache Schichten haben meist eine Handhärte „Faust“ oder allenfalls 1 bis 2, d. h. „Faust“ bis „Vier Finger“.

Härteunterschied

Je größer der Härteunterschied zwischen zwei benachbarten Schichten ist, umso eher ist diese Schichtgrenze eine potenzielle Bruchfläche, weil der Härteunterschied zu einer Spannungskonzentration führen kann und weil Härteunterschiede die Bruchausbreitung begünstigen. Ein Härteunterschied von zwei oder mehr Stufen der Handhärte ist in der Regel als kritisch zu beurteilen, d. h. bei einem Schichtübergang zB oben Härte 3 (1 Finger) und unten Härte 1 (Faust).

Schneehöhe und Mächtigkeit der abgeglittenen Schicht

Je geringer die Schneehöhe (oberhalb der Waldgrenze), umso schlechter ist in der Regel der Schneedeckenaufbau. Je tiefer unten in der Schneedecke eine Schwachschicht ist, umso weniger wahrscheinlich ist in der Regel eine Auslösung durch Schneesportler. Allerdings kann es natürlich vorkommen, dass an einem anderen Ort die Schwachschicht weniger überdeckt ist und somit die Auslösewahrscheinlichkeit höher ist als am Profilort. In 96 % der Fälle war bei Unfalllawinen die Anrissmächtigkeit aber geringer als 1 m. Ist die abgleitende Schicht gut verfestigt und mächtig, so unterschätzt die Rutschblockstufe die Schneedeckenstabilität.

Kritische Bereiche

Wie oben beschrieben sind große Körner eher kritisch. Was heißt nun aber groß, ab welcher Korngröße wird es eher kritisch? Mit Hilfe einer quantitativen (statistischen) Analyse wurden für die obigen Kriterien kritischen Bereiche bestimmt. Um für die Eigenschaften von einzelnen Schichten (Härte, Korngröße, Kornform) oder Schichtübergängen (Korngrößen- und Härteunterschied, Tiefe) die Schwellenwerte zu bestimmen, ab denen es eher kritisch wird, wurden Schwachschichten von Lawinenabgängen mit solchen verglichen, die mit Hilfe eines Rutschblock-Tests gefunden wurden (Hang stabil, keine Lawine). Bei den Schwachschichten resp. Schichtübergängen der Profile, die in der Nähe von Lawinenanrissen gemacht wurden, waren die Eigenschaften im kritischen Bereich, d. h. große, kantige Körner in weicher Schicht, umgeben von härteren Schichten aus kleinen Körnern etc. Die Analyse zeigte auch, welche Kriterien wichtig sind: Rutschblock-Stufe, Art der Auslösung beim Rutschblock-Test (ganzer Block, Teilbruch), Korngrößenunterschied, Korngröße, Härteunterschied, Härte, Kornform und Tiefe der Schwachschicht. Die Reihenfolge entspricht in etwa der Wichtigkeit der Kriterien.

„Nieten“-Test

Auf den obigen kritischen Bereichen beruht der sogenannte „Nieten“-Test. Dabei werden nur die Kriterien berücksichtigt, die den Schichtaufbau beschreiben, also ohne die Resultate des Stabilitätstests (\$JS_Tabelle 1\$, \$JS_Abbildung1\$).

Beurteilung von Instabilität
der Altschneedecke

Der Test dient vor allem dazu, den Schneedeckenaufbau zu beurteilen im Hinblick auf mögliche, kritische Schwachschichten in der Altschneedecke, die durch Schneesportler ausgelöst werden können. Für die Beurteilung von Neuschneestabilitäten ist er wenig geeignet.

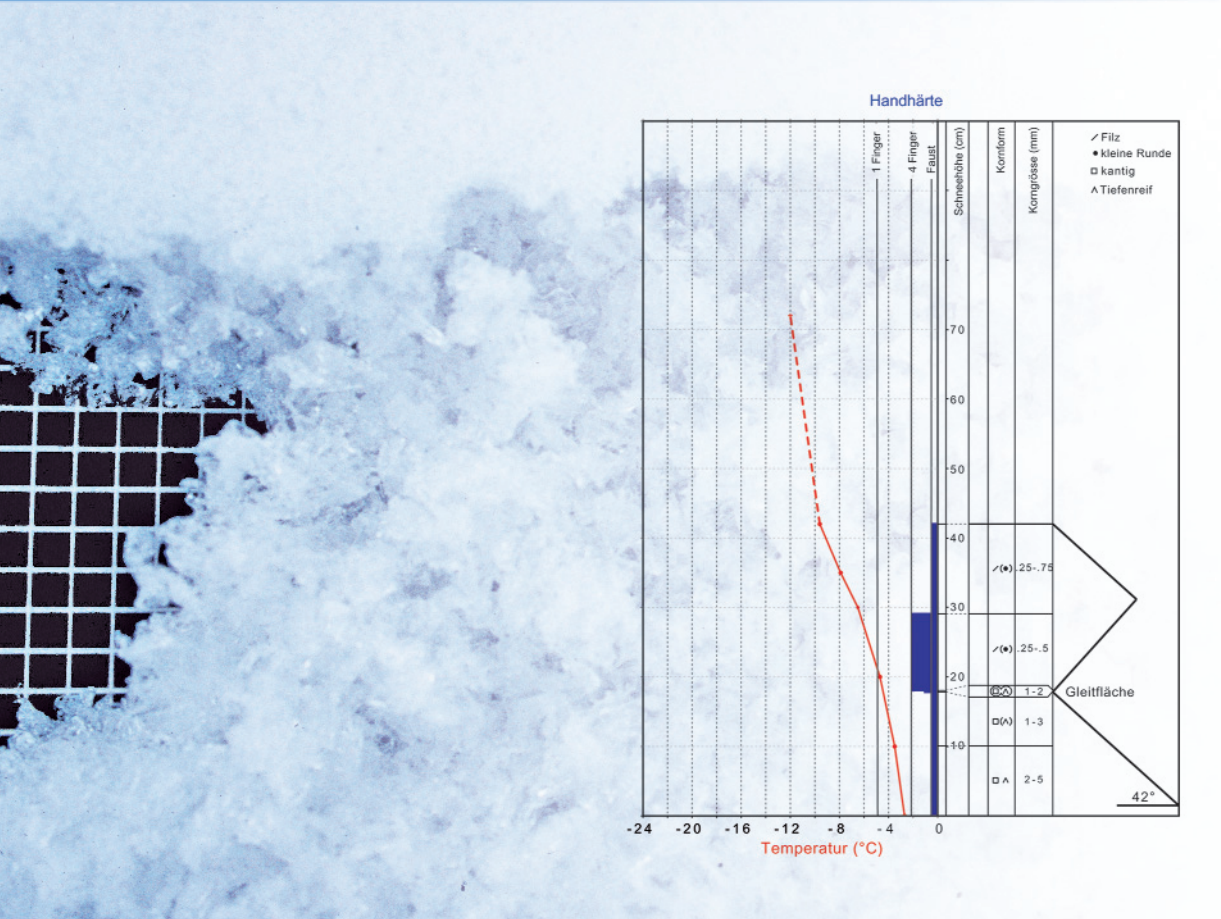
Von oben nach unten in der Schneedecke wird für jede Schicht überprüft, wie viele der obigen Kriterien im kritischen Bereich sind. Ist eine Eigenschaft, zB der Härteunterschied, im kritischen Bereich, so zählt das als eine Niete. Je mehr Nieten für eine einzelne Schicht und eine der beiden zugehörigen Schichtgrenzen (oben oder unten) erfüllt sind, umso kritischer sind in der Regel diese Schicht und damit das Profil zu beurteilen. Sind fünf oder mehr Kriterien erfüllt, so ist das Profil als eher schwach einzuschätzen. Ein Profil mit mehreren Schichten/Schichtgrenzen, wo mehrere Nieten (4, 5 oder 6) existieren, ist in der Regel besonders schwach.

Abb.31 Resultate Stabilitätstest

Abb.31 Kriterien für „Nieten“-Test (3 Schichteigenschaften, 3 Schichtgrenzeigenschaften)

Abb.31 Schwacher Schichtübergang (im Profil rechts auf 18 cm) mit 5 Nieten: weich, große Körner, kantige Körner, großer Korngrößenunterschied, weniger als 1 m tief.

Schicht- oder Schichtgrenzeigenschaft	Kritischer Bereich (falls erfüllt → Niete)
Korngröße	größer als ca. 1 mm
Schichthärte	Handhärte „Faust“
Kornform	kantig, Schwimmschnee oder Oberflächenreif
Korngrößenunterschied (zwischen zwei benachbarten Schichten)	ca. 1 mm oder mehr
Härteunterschied	2 Stufen der Handhärte oder mehr
Tiefe	weniger als ca. 1 m von der Schneeoberfläche



Beurteilung der Schneedeckenstabilität

Aufgrund der Anzahl „Nieten“ und der Resultate des Stabilitätstests kann man ein Profil in Bezug auf die Schneedeckenstabilität grob einschätzen. Zu diesem Zwecke kombinieren wir die Beobachtungen zum Schichtaufbau (Anzahl Nieten), die Rutschblockstufe und die Art der Auslösung beim Rutschblock-Test. Einzelnen betrachtet ist ein Profil als eher kritisch zu beurteilen, wenn der Rutschblock spätestens beim Wippen kommt (Stufe 3), wenn der ganze Block kommt und wenn der Schwachschicht 5 oder 6 Nieten zugeordnet werden können. Da diese drei Kriterien nicht immer zuverlässig sind, kombinieren wir sie nun, um grob drei Stabilitätsklassen zu beschreiben:

- günstiger Aufbau - Auf einen eher günstigen Schneedeckenaufbau am Ort der Schneedeckenuntersuchung deutet, wenn die Rutschblockstufe 4 oder höher war, nur ein Teil des Blockes abglitt und die Schwachschicht nur 4 oder weniger Nieten hatte, d. h. keine der drei Beobachtungen deutet auf eher kritische Verhältnisse hin.
- mittlerer Aufbau - Auf einen eher mittleren Schneedeckenaufbau am Ort der Schneedeckenuntersuchung deutet, wenn entweder die Rutschblockstufe 3 oder geringer war oder der ganze Block abgeglitten ist oder die Schwachschicht 5 oder 6 Nieten hatte, d. h. eine der drei Beobachtungen deutet auf eher kritische Verhältnisse hin.
- ungünstiger Aufbau - Auf einen eher ungünstigen Schneedeckenaufbau am Ort der Schneedeckenuntersuchung deutet, wenn entweder die Rutschblockstufe 3 oder geringer war und der ganze Block abgeglitten ist oder wenn die Rutschblockstufe 3 oder geringer war und die Schwachschicht 5 oder 6 Nieten hatte oder wenn der ganze Block abgeglitten ist und die Schwachschicht 5 oder 6 Nieten hatte oder wenn die Rutschblockstufe 3 oder geringer war und der ganze Block abgeglitten ist und die Schwachschicht 5 oder 6 Nieten hatte, d. h. mindesten zwei der drei Beobachtungen deuten auf eher kritische Verhältnisse hin.

Zusammenfassung

Selbstverständlich ist es grundsätzlich nicht möglich, aufgrund eines einzelnen Profils zuverlässig auf die Schneedeckenstabilität zu schließen, da aufgrund der flächigen Variation der Stabilität ein falsches Bild entstehen kann. Ist ein Profil aber an einem einigermaßen repräsentativen Ort aufgenommen worden, was



man nach der Aufnahme und im Vergleich mit den übrigen Beobachtungen am Tage und an früheren Tagen meist beurteilen kann, so kann man diesem Profil durchaus eine lokale Stabilität zuordnen. Hat man für eine Region mehrere solche lokalen Stabilitätsinformationen, lässt sich daraus die für die Region (und u. U. für gewisse Höhenlagen und Hangexpositionen) typische Schneedeckenstabilität ableiten.