

C Profilinterpretation

Autor: Jürg Schweizer, SLF Davos

Einleitung

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

Die Aufnahme von Schneeprofilen dient also einerseits der Beurteilung der Lawinengefahr und erfolgt routinemässig durch SLF-Beobachter und -Mitarbeiter für die Erstellung des Lawinenbulletins, andererseits erlauben Schneeprofile von Unfalllawinen besser zu verstehen, wie Lawinen entstehen. Sie zeigen, welcher Schneedeckenaufbau besonders ungünstig ist. Bei Schneeprofilen im geeigneten Gelände wird die Aufnahme des Schichtaufbaus ergänzt durch einen Stabilitätstest, wobei der Rutschblock-Test die beste Aussagekraft hat. Gelegentlich wird als Stabilitätstest auch der Säulentest gemacht, der wesentlich schneller geht, aber weniger aussagekräftig ist. Bei Profilen im Bereich von Lawinenanrissen sind Stabilitätstests in der Regel wenig aussagekräftig und werden daher nicht immer gemacht, und im vorliegenden Unfallbericht bewusst nicht dargestellt. Neuerdings gezeigt wird hingegen die Anzahl Nieten pro Schichtgrenze. Im folgenden wird der sogenannte «Nieten»-Test beschrieben und vorerst ganz allgemein dargestellt, wie Schneeprofile interpretiert werden, zum Beispiel für die Erstellung der Schneedeckenstabilitätskarte.

Vorauszuschicken ist, dass der Wahl des Profilstandes natürlich eine grosse Bedeutung zukommt. Auf die Anforderungen für den Profilstandort gehen wir aber hier nicht näher ein. Bei Lawinenanrissen sind die Platzverhältnisse oft knapp und es ist nicht immer einfach noch einen Ort zu finden, der die Schneedeckenverhältnisse repräsentiert, die zur Lawine geführt haben. Meistens wird versucht, zusätzlich zu einem Anrissprofil noch ein Profil seitlich der Lawine aufzunehmen.

Kriterien für die Profilbeurteilung

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. 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 (nicht bei Anrissprofilen)
 - Allgemeiner Härteverlauf (Rammprofil, Profiltyp)
 - Kornformen
 - Korngrössen
 - Korngrössenunterschiede zwischen benachbarten Schichten
 - Härte
 - Härteunterschiede zwischen benachbarten Schichten
 - Schneehöhe und Mächtigkeit der abgeglittenen Schicht
- } «Nieten»-Test

Im folgenden wird auf die Bedeutung der obigen Kriterien im einzelnen eingegangen. Diese Kriterien sind wie erwähnt wichtig für die Interpretation eines Schneeprofiles, aber selbstverständlich beruht die Einschätzung der Lawinengefahr auf einer wesentlich umfassenderen Beurteilung. Dabei sind eine oder besser mehrere Schneedeckenuntersuchungen nur ein, wenn auch ein wichtiges Element.

Allgemeiner Härteverlauf

Der Härteverlauf repräsentiert durch das Rammprofil beschreibt die allgemeine Verfestigung der Schneedecke. Sie ist nicht zuletzt wichtig, um abzuschätzen ob bei spontanen Neuschneelawinen Teile der Altschneedecke mitgerissen werden.

Das Rammprofil wird grob mit den 10 verschiedenen Profiltypen verglichen (Abbildung 103). Die Profiltypen 1 bis 5 haben alle einen schwachen «Fuss» (d.h. die untersten mind. ca. 20 cm sind schwach verfestigt; Rammhärte: <50 N, Handhärte: 1 bis 2 oder weniger), während die Profiltypen 6 bis 10 an der Basis eher gut verfestigt sind. Selbstverständlich sagt der Profiltyp allein wenig aus, denn

auch bei einer gut verfestigten Schneedecke (Profiltyp 6) kann 50 cm unter der Schneeoberfläche eine sehr kritische Schwachschicht vorhanden sein. Im Allgemeinen beobachtet man aber, dass die Profiltypen 2, 3 und 6 häufiger in weniger kritischen Profilen vorkommen, während die Profiltypen 1, 4, 7 und 8 typischer sind für schwache Profile. Die Profiltypen 5, 9 und 10 kommen selten vor, wobei 5 und 9 eher kritisch sind, und 10 eher günstig ist.

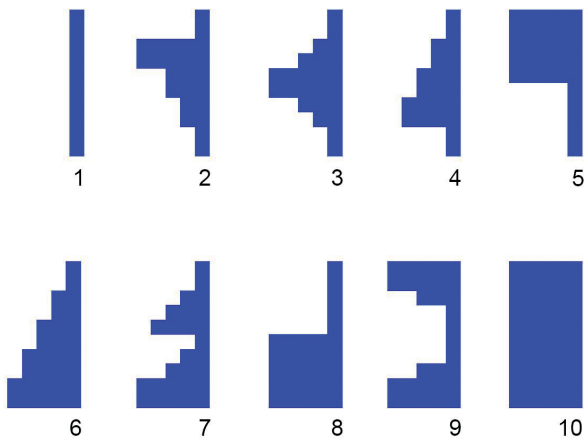


Abbildung 103: Typische Profile der Rammhärte (stark vereinfacht)

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 1.5 mm sind.

Korngrössenunterschied

Ein grosser Korngrössenunterschied bedeutet in der Regel, dass zwei sehr unterschiedliche Schichten zusammenkommen. Somit ist es wahrschein-

lich, dass die Verbindung zwischen diesen beiden Schichten schwach ist, und die Schichtgrenze daher eine potenzielle Bruchfläche darstellt. Typischerweise sind Korngrössenunterschiede von mehr als 0.75 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». Dies entspricht Werten der Rammhärte von ca. 10 bis 50 N.

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 z.B. 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 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 Profilstort. In 96% der Fälle war bei Unfalllawinen die Anrissmächtigkeit aber weniger als 1 m. Ist die abgleitende Schicht gut verfestigt und mächtig, so unterschätzt die Rutschblockstufe die Schneedeckenstabilität.

«Kritische Bereiche»

Eine quantitative (statistische) Analyse hat für die obigen Kriterien die in Tabelle 1 zusammengefassten «kritischen Bereiche» ergeben. Die Reihenfolge entspricht in etwa der Wichtigkeit der Kriterien. Um die Schwellenwerte für die Eigenschaften von einzelnen Schichten (Härte, Korngrösse, Kornform) oder Schichtübergängen (Korngrössen- und Härteunterschied, Tiefe) zu bestimmen, wurden Schwachschichten von Lawinenabgängen mit

solchen verglichen, die mit Hilfe eines Rutschblocktestes gefunden wurden (Hang stabil, keine Lawine). Bei den Schwachschichten resp. Schichtübergängen der Profile, die in der Nähe von Lawinen-

anrissen gemacht wurden, waren die Eigenschaften im sog. kritischen Bereich, d.h. grosse, kantige Körner in weicher Schicht, umgeben von härteren Schichten aus kleinen Körnern etc.

Tabelle 1: «Kritische Bereiche» für Rutschblocktest und für die Eigenschaften von potenziellen Schwachschichten, resp. schwachen Schichtgrenzen

Grösse	«Kritischer Bereich»
Rutschblockstufe	< 4
RB: Art der Auslösung	ganzer Block
Korngrössenunterschied	≥ 0.75 mm
Korngrösse	≥ 1.25 mm
Härteunterschied	≥ 2 Stufen der Handhärte
Härte	≤ 1 bis 2
Kornform	kantig, Schwimmschnee oder Oberflächenreif
Tiefe	< 1 m

«Nieten»-Test

Auf den obigen kritischen Bereichen beruht der sog. «Nieten»-Test, der die sechs untersten Kriterien in Tabelle 1 berücksichtigt (nur Schichtaufbau, ohne Rutschblocktest). Der Test dient dazu, den Schneedeckenaufbau zu beurteilen im Hinblick auf mögliche, kritische Schwachschichten. Für die Belange der Praxis wurden die Schwellenwerte, resp. kritischen Bereiche angepasst, insbesondere für die Korngrösse und den Korngrössenunterschied: je 1 mm (siehe Tabelle 2, Kasten). Je mehr Nieten

für eine einzelne Schicht und eine der beiden zugehörigen Schichtgrenzen (oben oder unten) erfüllt sind, umso kritischer ist in der Regel das Profil zu beurteilen. Sind fünf oder mehr Kriterien erfüllt, so ist das Profil als eindeutig schwach einzuschätzen. Ein Profil mit mehreren Schichten/Schichtgrenzen, wo mehrere Nieten (≥ 4) existieren, ist besonders schwach. Der «Nieten»-Test wurde entwickelt, um schwache Schichten in der Altschneedecke zu finden. Für die Beurteilung von Neuschneeeinstabilitäten ist er wenig geeignet.

Tabelle 2: Kriterien für «Nieten»-Test

Schneedeckeneigenschaft	«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

Die sechs Nieten

Schichteigenschaften:

- Grosse Körner (ca. 1 mm gross)
- Weich (Handhärte: «Faust»)
- Kantige (nicht runde) Körner; z.B. Schwimmschnee

Eigenschaften der Schichtgrenzen:

- Grosser Unterschied in der Korngrösse, d.h. ca. 1 mm; z.B. feiner abgebauter Neuschnee (Korngrösse etwa 0.5 mm) auf lockerer, aufgebauter Altschneeoberfläche (Korngrösse etwa 1 bis 2 mm)
- Markanter Unterschied in der Handhärte (2 Stufen); z.B. untere Schicht «Faust», obere Schicht «1 Finger»
- Schichtgrenze befindet sich weniger als ca. 1 Meter unter der Schneeoberfläche

Interpretation:

Hat es in der Schneedecke mindestens eine Stelle, wo sowohl an der Schichtgrenze als auch in einer der beiden angrenzenden Schichten die Bedingungen für Nietenerfüllt sind, so heisst das je nach Anzahl Nieten in etwa:

- fünf oder sechs Nieten: Schneedecke mit sehr wahrscheinlich kritischer Schwachstelle
- drei oder vier Nieten: Schneedecke mit möglicherweise noch kritischer Schwachstelle, da könnte noch etwas sein ...
- Null, eine oder zwei Nieten: Keine ausgeprägten Schwachschichten, eher günstiger Schneedeckenaufbau