

Schneemetamorphose: Schnee im ständigen Wandel

Der Begriff „Schneemetamorphose“ steht für die Umwandlung von Eiskristallen im Schnee. Sie ist der Grund, weshalb Neuschnee nicht immer frisch bleibt oder sich Schwachschichten in der Schneedecke bilden. Dank modernsten Techniken ist es dem SLF gelungen, unerwartete Prozesse dieser Umwandlung im Eisgerüst sichtbar zu machen.

Dr. Martin Schneebeli

Die Temperatur des Schnees liegt meistens nahe seines Schmelzpunktes, deshalb verändert er aussergewöhnlich schnell seine Form und Struktur. Der wichtigste Faktor für solche Veränderungen sind Temperaturgradienten innerhalb der Schneedecke. Da der Dampfdruck von Wasser und seiner festen Form Eis hoch ist, geschieht die Umwandlung häufig durch Dampfdiffusion. Dabei sublimiert Eis zu Dampf, der an einer kälteren Stelle in der Schneedecke erneut als Eis deponiert wird.

Einblick dank Computertomograph

Wo und wie sich Wasserdampf während der Schneemetamorphose auf dem Eis absetzt, konnte bis jetzt nur indirekt beobachtet werden, indem von Zeit zu Zeit aus einer Schneedecke einzelne Proben oder Körner entnommen wurden. Einer direkten optischen Beobachtung entzog sich Schnee bisher, weil einerseits durch die Messmethoden die Schneetemperatur verändert wird und andererseits Eis durchsichtig ist. Seit einigen Jahren beobachtet das SLF Schnee jedoch im Mikro-Computertomographen. Damit untersuchen die Forschenden Proben in einem isolierten Gefäss, dessen Temperatur elektronisch kontrolliert wird. Obwohl Wasser, und damit Eis, nur wenig Röntgenstrahlung absorbiert, können dank der grossen Empfindlichkeit des Scanco micro-CT die Eiskristalle gut dreidimensional abgebildet werden. So sind die Forschenden in der Lage, laufend zu verfolgen, wie sich die Schneekristalle verändern, ohne sie beim Wachstum zu stören. Ein Ausschnitt aus einer solchen Beobachtungsreihe ist in Abb. 1 dargestellt.



Abb. 1: Metamorphose einer ungestörten Schneestruktur während 11 Tagen, hervorgerufen durch einen Temperaturgradienten von $0.5^\circ \text{C} / \text{cm}$. Die Bilder sind in einem Abstand von 24 Stunden aufgenommen (Bild aussen links zuerst). Der Temperaturgradient verläuft innerhalb der Schneeprobe von links (kalt) nach rechts (warm).

(weiter auf S. 2)

Inhalt

[Schneemetamorphose](#)

Antworten aus der Lawinenwarnung:

- [Beginn Bulletinsaison](#)
- [Bezug Winterberichte](#)

Neues aus der Forschung:

- [Erosion durch Murgänge](#)
- [Lawinendetektion](#)
- [Neuer Niederschlagsradar](#)
- [Schneehöhe und Wassergehalt](#)

Bericht:
[ISSW](#)

Impressum

1 © Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Zürcherstrasse 111, CH 8903 Birmensdorf, www.wsl.ch

2 Redaktionsleitung: Christine Huovinen, Julia
3 Wessels, WSL-Institut für Schnee- und
Lawinenforschung SLF, Flüelastr. 11, CH 7260
Davos, www.slf.ch

4 Das SLF ist Teil der WSL.

5 Erscheinungsweise: elektronisch

6 Kontakt: http://www.slf.ch/kontakt_DE

Ausgabe 3/2009, Dezember 2009

Eisgerüst in dauernder Umwandlung

Dabei zeigen sich unerwartete Dinge: die grossen Schneekristalle wachsen nicht auf Kosten der kleinen, sondern das ganze Eisgerüst ist in dauernder Umwandlung begriffen. Da bei einem grösseren Temperaturgradienten die Auf- und Abbauprozesse sehr stark sind, bleibt auf Dauer kein Schneekristall erhalten, d.h. die Schneestruktur bildet sich immer wieder neu. Abb. 2 verdeutlicht diese Aussage.

Die Struktur und die Oberfläche von Eis in der Schneedecke sind somit sehr mobil. Die heute bestehenden numerischen Modelle, aber auch unsere Vorstellungen der Schneemetamorphose, beruhen auf einem viel statischeren Bild. Die neuen Messungen erlauben nun, genauere Modelle zu entwickeln und unsere Interpretation zu verfeinern. Damit sollte es in Zukunft möglich sein, auch präzisere Modelle der Schneedeckenstabilität und damit bessere Grundlagen für die Lawinenvorhersage zu entwickeln. *(Martin Schneebeli ist Umweltingenieur und Leiter der Forschungsgruppe Schneephysik.)*

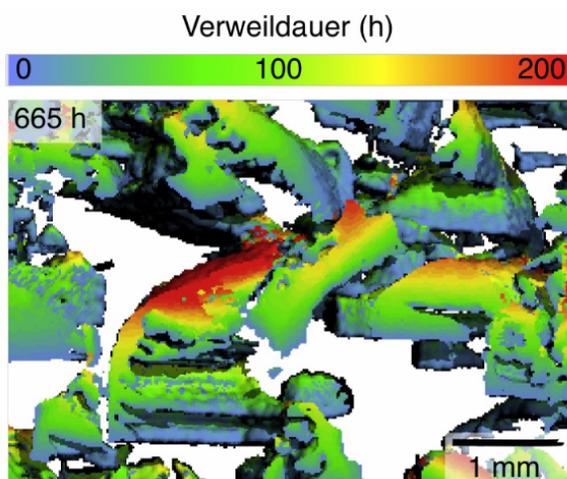


Abb. 2: Ein Bild nach 28 Tagen Metamorphose zeigt, dass das Wasser der Schneedecke in Kristallform nur wenige Tage festgehalten wird (Verweildauer) und das meiste Eis der Kristalle deshalb weniger als 3 Tage alt ist. Nur einige wenige Strukturen sind gerade ungefähr eine Woche alt.

Antworten aus der Lawinenwarnung

Wann beginnt jeweils die „Lawinenbulletin-Saison“?

Thomas Stucki

Der Start der Bulletinsaison richtet sich im Wesentlichen nach der Schneelage und der Lawinensituation, aber auch nach den vorhandenen Informationen der Beobachter und Beobachterinnen. Meistens beginnt die tägliche Ausgabe der nationalen Lawinenbulletins in der zweiten Hälfte November – das mittlere Datum der letzten 10 Jahre ist der 22. November. In diesem Winter startete die tägliche Ausgabe am 27. November, im Winter 2007/08 schon am 8. November, im Winter 04/05 hingegen erst am 16. Dezember. In den Winterrandmonaten, aber bei Bedarf auch im Sommer, werden bei ausserordentlich ergiebigen Schneefällen in Hochlagen oder bei bedeutenden Schneefällen bis zur Waldgrenze Lawinenbulletins einzeln (situationsbezogen) oder in unterschiedlich langen Abständen (sporadisch) herausgegeben. Im Frühwinter verdichten sich diese in der Regel bis hin zur täglichen Ausgabe.



Abb. 1: Noch zu wenig Schnee für Lawinen am 20. November 2009 im Prättigau (Graubünden) unterhalb der Waldgrenze (Foto: M. Phillips).

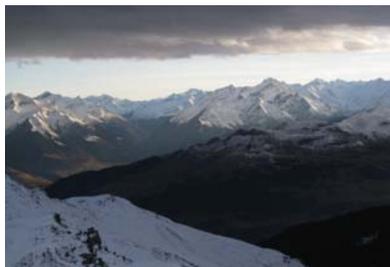


Abb. 2: Noch zu früh für tägliche Lawinenbulletins am 16. November 2009: Schnee liegt erst oberhalb von etwa 2100 m. Die Schneehöhe ist noch gering und die Schneedecke noch nicht zusammenhängend (Foto: G. Darms).

(weiter S. 3)

Die meisten Beobachter und Beobachterinnen beginnen am 1. November mit dem täglichen Messprogramm. Trotzdem erhält der Lawinenwarndienst im Frühwinter noch relativ wenig Beobachtungen aus dem Gelände und insbesondere zur Schneedecke. Oft liegt noch keine zusammenhängende Schneedecke. Bei Bergbahnen arbeitende Beobachter sind noch nicht vor Ort und die Fortbewegung mit Skis im Gelände ist noch sehr eingeschränkt. Die Angabe einer Gefahrenstufe fehlt deshalb vor allem in den situationsbezogenen, oft aber auch in den sporadischen Lawinenbulletins. *(Thomas Stucki ist Lawinenprognostiker und Leiter des Lawinenwarndienstes.)*

Wo kann man die SLF-Winterberichte beziehen?

Lukas Dürr

Neue Kommunikationsmöglichkeiten und Lesegewohnheiten haben uns veranlasst, das Konzept der Winterberichte zu ändern. Seit dem Winter 07/08 erscheint der Winterbericht neu als Web-Publikation. Er besteht aus den laufend auf unserer Webseite publizierten Wochen- und Monatsberichten sowie einem zusammenfassenden Jahresbericht (Abb. 1). Dieser wird unmittelbar nach Winterende in Angriff genommen und anschliessend veröffentlicht. Seit dem Winter 08/09 gibt es den Winterbericht übrigens auch auf Französisch. Ausserdem wurden die Berichte 00/01 und 01/02, welche in der langen Reihe der Winterberichte noch fehlten, letztes Jahr nachträglich nach dem neuen Konzept im Sinne der Jahreszusammenfassung aufgearbeitet und publiziert.

Die Web-Publikation der Winterberichte finden Sie unter:

www.slf.ch/lawineninfo/wochenbericht/index_DE

Alle, die Berichte lieber auf Papier als am Bildschirm lesen, seien an dieser Stelle beruhigt: Der Jahresbericht wird auch ein Kapitel des in einer druckbaren pdf-Version erhältlichen Unfallberichtes bilden. Die Unfallberichte 07/08 sowie 08/09 mit dem integrierten Kapitel „Jahresbericht“ können auf unserer Webseite heruntergeladen werden, sobald die Unfallbeschreibungen aufgearbeitet sind. *(Lukas Dürr ist Lawinprognostiker und Mitarbeiter der Lawinenwarnung.)*

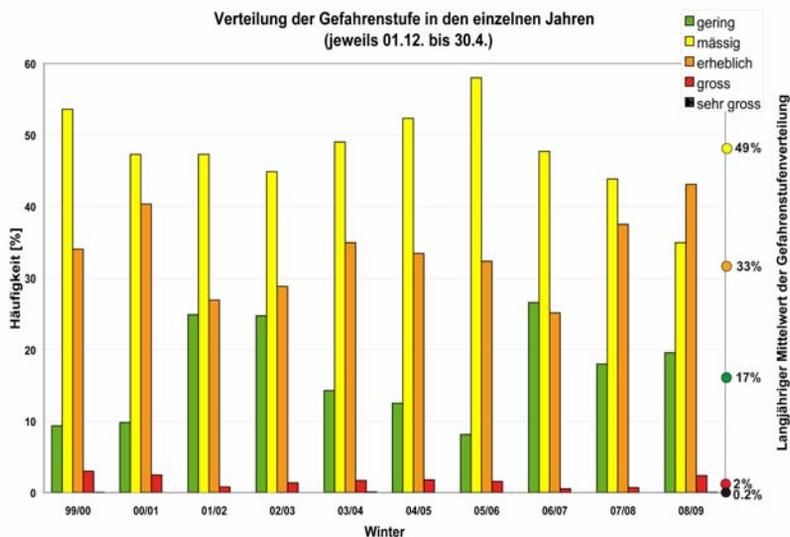


Abb. 1: Die Jahresberichte werden durch zahlreiche Grafiken ergänzt. Der Vergleich der Verteilung der Gefahrenstufen zum Beispiel gibt Aufschluss über die Gefahrenverhältnisse während der letzten 10 Winter. Auf der Skala rechts wird zudem ein Vergleich mit dem langjährigen Mittelwert dargestellt.

Neues aus der Forschung

Murgänge erodieren an der Front

Catherine Berger

Murgänge nehmen entlang ihres Fliessweges viel Geschiebe auf. Daher kann sich ein Murgang mit kleinem Startvolumen zu einem grossen und potentiell gefährlichen Ereignis entwickeln. Herauszufinden, ob diese Materialaufnahme an der grobblockigen Front oder im hinteren, flüssigeren Teil eines Murgangschubes stattfindet, ist Teil einer Dissertation an der WSL, welche durch das [CCES TRAMM Projekt](#) finanziert wird.

(weiter S. 4)

Um den Zeitpunkt und das Ausmass der Erosion während eines Murgangs zu bestimmen, wurden an der WSL spezielle Sensoren entwickelt und im Illgraben im Kanton Wallis erstmals eingesetzt. Dieser neue Sensortyp (Abb. 1) hat eine Länge von 1 m und besteht aus 5 cm langen Aluminiumröhrchen, welche aufeinander gestapelt und durch ein elektrisches Widerstandsnetzwerk miteinander verbunden sind. Wird bei einem Murgang eines oder mehrere Röhrchen weggerissen, so nimmt zu diesem Zeitpunkt der messbare Gesamtwiderstand ab.

Bildaufnahmen vom Untersuchungsstandort wurden verwendet, um den Zeitpunkt der Erosion mit dem Zustand des Murgangs zu vergleichen. Ausserdem lieferte die automatische Murgangbeobachtungsstation der WSL weitere Informationen über die Charakteristika der Ereignisse. Die Auswertungen aller Daten zeigt, dass die Erosion an der Front eines Murgangs stattfindet und zum Zeitpunkt der maximalen Abflusshöhe und Scherkraft auftritt. Die Erkenntnisse dieser Studie dokumentieren das grosse Erosionspotential von Murgängen und werden in einem Murgangmodell implementiert. (C. Berger ist Geografin und Doktorandin in der Forschungseinheit Lawinen, Murgänge und Steinschlag.)

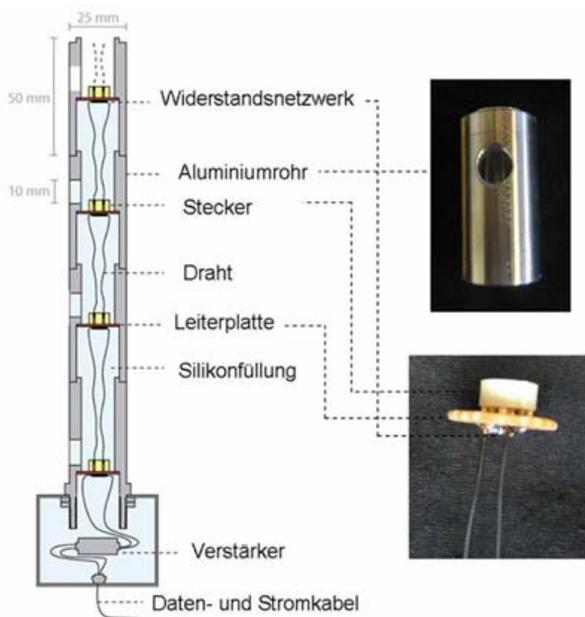


Abb. 1: Sensor zur Bestimmung der Erosion während eines Murgangs.

Lawinendetektion – gibt es die Möglichkeit, Lawinenabgänge automatisch festzustellen?

Daniel Lussi

Die Kenntnis von Lawinenabgängen ist sowohl für Sicherheitsdienste als auch für Lawinenwarnzentralen von grosser Bedeutung. Informationen über spontane Lawinenabgänge werden bisher von Beobachtern (Bergführer, Tourengänger, Sicherungsverantwortliche etc.) gemeldet, jedoch meist mit zeitlicher Verzögerung und nur bei guten Sichtverhältnissen. Auch der Erfolg der künstlichen Lawinenauslösung kann bis anhin bei schlechter Sicht nur beschränkt überprüft werden.

Im Frühjahr 2009 starteten die Schweizerische Interessengemeinschaft Lawinenwarnsysteme (SILS) und das Bundesamt für Umwelt (BAFU) deshalb unter der Leitung des SLF das dreijährige Projekt „Lawinendetektion“. Ziel des Projektes ist es, verschiedene Systeme zur automatischen Detektion von Lawinen an mehreren Standorten in der Schweiz (Abb. 1) zu prüfen und ihre Möglichkeiten und Grenzen aufzuzeigen. Getestet werden die akustische Detektion (Mikrofone), die Detektion mittels Echo elektro-magnetischer Wellen (Radar) sowie die Detektion mittels elektro-mechanischer Wandler (seismische Sensoren). Dabei sollen Richtlinien und Kriterien für den Einsatz der verschiedenen Systeme entstehen. Für die Datenerfassung und Visualisierung wird eine einheitliche Plattform für alle Systeme entwickelt und in die Plattform [IFKIS](#) integriert. Alle Daten werden in einer zentralen Datenbank verwaltet.

(weiter auf S. 5)

Ein sichtunabhängiges Lawinendetektionssystem informiert die Verantwortlichen unmittelbar nach der künstlichen Auslösung darüber, ob diese erfolgreich war oder nicht. Lokale Lawinenwarndienste erhalten dadurch sehr nützliche Angaben, die sie in ihre Entscheidungen über weitere künstliche Lawinenauslösungen oder Sperrungen einbeziehen können. Nicht zuletzt stehen auch der nationalen Lawinenwarnzentrale am SLF so zeitrecht wertvolle Informationen über die lokale Lawinensituation zur Verfügung. Deshalb werden die Resultate dieses Projektes im Sommer 2012 mit Spannung erwartet. *(Daniel Lussi ist Elektroingenieur und Mitarbeiter des Teams Warn- und Informationssysteme.)*

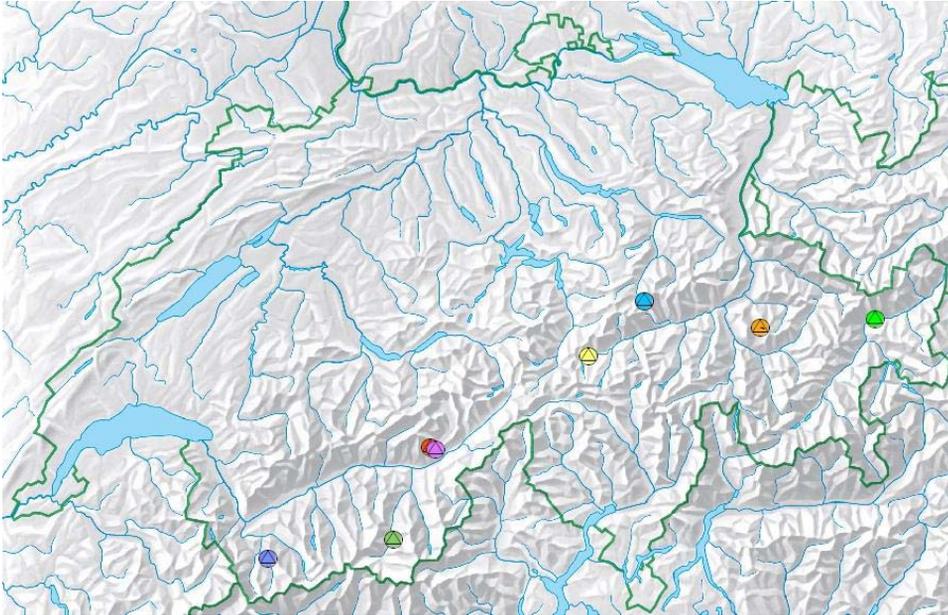


Abb. 1: Standorte der Lawinendetektionssysteme (Karte: swisstopo).

Hochauflösender Niederschlagsradar liefert neue Daten

Nick Dawes

Im Rahmen von [Swiss Experiment](#) befindet sich seit dem 8. September 2009 ein spezieller Niederschlagsradar der ETH Lausanne auf dem Jakobshorn (Abb. 1). Als einer von weltweit drei Radaren dieses Modells ist er erstmals in Europa im Einsatz. Dank den in zwei Richtungen polarisierten elektromagnetischen Wellen können Niederschläge höher aufgelöst als bisher gemessen und neu auch der Niederschlagstyp identifiziert werden.

Vom Jakobshorn aus werden die zwei wichtigsten SLF-Versuchsfelder auf der anderen Talseite am Wannengrat und Weissfluhjoch optimal erfasst. Die vom Radar gemessenen Daten tragen dazu bei, die auf diesen Versuchsfeldern gewonnenen Daten zu verstehen und zu interpretieren. Ausserdem liefern sie eine Referenz für den Radar, die es ermöglicht, ihn zu kalibrieren und seine Vorzüge gegenüber den normalen unpolarisierten Radartypen aufzuzeigen. *(Nick Dawes ist Physiker und Mitarbeiter der Forschungsgruppe Schneedecke und Mikrometeorologie.)*



Abb. 1: Niederschlagsradar auf dem Jakobshorn (Foto: N. Dawes).

Zusammenhang zwischen Schneehöhe und Wassergehalt der Schneedecke

Dr. Tobias Jonas und Dr. Christoph Marty

Für die Lawinenwarnung sind Informationen zum Schneedeckenaufbau besonders essenziell. Deshalb werden in einem dichten Netzwerk von ca. 45 Beobachtungsstandorten regelmässig Schneeprofile erhoben. Aus dieser und anderen Datenquellen steht dem SLF heute ein wertvoller Datenschatz zur Verfügung, der u.a. auch Informationen zum Wassergehalt der Schneedecke bietet. In einer kürzlich publizierten Studie wurden daraus Daten von 11'147 Schneeprofilen im Hinblick auf die im Schnee gespeicherte Wassermenge, das sogenannte Schneewasseräquivalent, analysiert.

Das Schneewasseräquivalent ist eng mit der Schneehöhe verknüpft, wobei man die Werte voneinander ableiten kann, wenn man die Gesamtdichte der Schneedecke kennt. Neuschnee besitzt in der Regel eine Dichte um die 100kg/m^3 , während nasser Schnee ohne weiteres viermal so schwer sein kann. Mithilfe der Profil-Daten hat das SLF ein leicht anwendbares Modell entwickelt, welches die Dichte in Abhängigkeit von Jahreszeit, Schneehöhe, Höhenlage und Klimaregion in der Schweiz abschätzt. Damit ist es möglich, die im Schnee gespeicherte Wassermenge vorherzusagen, wenn nur die Schneehöhe sowie Ort und Zeit der Messung bekannt sind.

Eine zentrale Fragestellung bei schneehydrologischen Untersuchungen ist, wie viel Wasser in einem Einzugsgebiet in Form von Schnee vorhanden ist. Da dafür typischerweise ungleich mehr Schneehöhendaten zur Verfügung stehen als Messungen von Schneewasseräquivalenten (Abb. 1), schliesst die oben beschriebene Methode eine wichtige Lücke. So wird das Modell eingesetzt, um Daten der operationellen Schneemessnetze in der Schweiz für schneehydrologische Aussagen nutzbar zu machen. *(Tobias Jonas ist Physiker und Leiter der Forschungsgruppe Schneehydrologie. Christoph Marty ist Klimatologe in der Forschungsgruppe Permafrost und Schneeklimatologie.)*



Abb. 1: Messung des Schneewasseräquivalents im Versuchsfeld auf dem Weissfluhjoch (2540m) oberhalb Davos (Foto: Ammon (AURA)).

Bericht: Schnee- und Lawinenkongress ISSW zum ersten Mal in Europa

Dr. Jürg Schweizer und Cornelia Gansner

Knapp 550 Fachleute aus Wissenschaft, Naturgefahren-Management und Bergsport haben am ersten „International Snow Science Workshop“ (ISSW) in Europa aktuelle Fragestellungen und vielversprechende Lösungen aus dem Schnee- und Lawinenbereich diskutiert. Mit der hohen Teilnehmerzahl, dem abwechslungsreichen Programm und der grossen Beteiligung von Praktikerinnen und Praktikern kann die Premiere des ISSW in Europa als erfreulicher Erfolg gewertet werden.

Vom 27. September bis 2. Oktober 2009 fand der bedeutendste praxisorientierte Schnee- und Lawinenkongress zum ersten Mal überhaupt auf dem europäischen Kontinent statt. Gegen 550 Fachleute – weit mehr als erwartet – nahmen an der vom SLF und der Wissensstadt Davos organisierten Konferenz teil. Aus 24 Ländern reisten Forschende, Ingenieure, Sicherheitsfachleute, Bergführer, Ausbildungsverantwortliche, Praktiker und Praktikerinnen nach Davos, das als Geburtsort der modernen Lawinenkunde gilt (Abb. 1).

(weiter S. 7)

Der ISSW ist nicht ein gewöhnlicher, wissenschaftlicher Kongress zu Schnee und Lawinen, sondern setzt sich zum Ziel, Forschende und Praktiker an einen Tisch zu bringen. Das offizielle Motto lautet denn auch „A merging of theory and practice“. Der ISSW in Davos war der insgesamt fünfzehnte und bisher internationalste in einer Reihe derartiger Kongresse, die in Nordamerika seit den 1970er Jahren alle zwei Jahre stattfinden.



Abb. 1: Über 550 Teilnehmende aus 24 Ländern trafen sich in Davos zum ISSW (Foto: Heil, Henzen, Suter).

Während fünf Tagen wurde in Davos über eine breite Palette von Themen berichtet und diskutiert. Rund die Hälfte der insgesamt über 100 Vortragenden waren Praktiker und Praktikerinnen, d.h. mehrheitlich Sicherheitsverantwortliche, BergführerInnen oder LawinenprognostikerInnen. Während an den Vormittagen die wissenschaftlichen Vorträge dominierten, galten die Nachmittage mit Workshops und Exkursionen vor allem der Praxis (Abb. 2). Die Workshops waren den folgenden Themen gewidmet: Künstliche Lawinenauslösung, Lawinenprognose, Lawinenrettung, Lawindynamik (Computersimulation der Lawinenbewegung), Lawinenausbildung, quantitative Stratigrafie und Schnee als Ressource für den Wintertourismus. Zudem fand ein besonders rege besuchter ganztägiger Workshop zum Bauen im Permafrost – dem ganzjährig gefrorenen Boden – statt. Erfreulich zu sehen war, dass nicht nur etablierte, sondern auch viele junge Forschende Vorträge hielten oder Poster präsentierten und dem Gebiet der Schnee- und Lawinenkunde damit neue Impulse vermittelten. Viele Praktiker und Praktikerinnen, die insgesamt die Mehrheit der Teilnehmenden stellten, waren erstmals an einer derartigen Konferenz dabei und äusserten sich sehr positiv zum Verlauf. Eine wichtige Voraussetzung für ihre Teilnahme war, dass die Vorträge simultan übersetzt wurden (deutsch, französisch, italienisch, englisch). Dies erlaubte insbesondere den Fachleuten aus den grossen Alpenländern, in ihrer Muttersprache vorzutragen und zu diskutieren.

An der Sitzung des ständigen Steuerungsausschusses des ISSW fand der Vorschlag, dass der ISSW in Zukunft regelmässig in Europa stattfinden soll, breite Unterstützung. Die erfolgreiche, erstmalige Austragung in Davos dürfte damit für die weitere Entwicklung des ISSW wegweisend sein. (Jürg Schweizer ist Leiter der Forschungsgruppe Entstehung von alpinen Naturgefahren und war als Co-Chair primär verantwortlich für die Inhalte des ISSW. Cornelia Gansner ist Mitarbeiterin der Kommunikation und war Projektleiterin des ISSW.)

(weiter auf S. 8)



Abb. 2: Die Nachmittage galten mit Exkursionen (links) und Workshops (rechts) vor allem der Praxis (Foto: Heil, Henzen, Suter).

ISSW 09 EUROPE

INTERNATIONAL SNOW SCIENCE WORKSHOP

Zum Schluss noch dies

→ PLANAT-Forschungspreis - Flexible Murgangbarrieren

Bereits zum zweiten Mal in Folge ging der Forschungspreis der [PLANAT](#) für herausragende Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Naturgefahren an die WSL. Dieses Jahr durfte Corinna Wendeler den mit CHF 5'000 dotierten Preis für ihre Dissertation „Murgangrückhalt in Wildbächen - Grundlagen zu Planung und Berechnung von flexiblen Barrieren“ entgegennehmen!

→ Bauen im Permafrost - Neuer Leitfaden für die Praxis

Im Hochgebirgspermafrost ist jedes Bauprojekt einzigartig und verlangt nach individuellen Lösungen, um den unterschiedlichen Anforderungen gerecht zu werden. Generelle Rezepte für nachhaltiges Bauen im Permafrost sind aufgrund der hohen Komplexität nicht zweckmässig. Im neu erschienenen Leitfaden werden deshalb diverse Herausforderungen und deren mögliche Lösungen beschrieben. Der Leitfaden wurde am SLF in Zusammenarbeit mit diversen Projektpartnern entwickelt. [Download](#) (pdf, 6.8 MB), [Bestellen](#) (CHF 26.00)

→ Merkblatt Achtung Lawinen – Neuausgabe

Ab sofort ist das beliebte und zum Standard gewordene Merkblatt „Achtung Lawinen“ in einer sowohl inhaltlich als auch grafisch vollständig überarbeiteten Neuauflage erhältlich. Herausgeber ist das Kernausbildungsteam „Lawinprävention Schneesport“, in dem neben dem SLF dreizehn weitere Fachorganisationen zusammengeschlossen sind. Wie bis anhin richtet sich das Merkblatt an selbständige Tourengeher. Neu werden darin vier typische Lawinenprobleme (sog. Muster) beschrieben. Das Erkennen des aktuell vorherrschenden Musters vereinfacht die Beurteilung im Gelände im Rahmen des 3x3. [Download](#) (pdf, 3.9 MB), [Bestellen](#)