

# #105 berg und steigen

Menschen - Berge - Unsicherheit

alpenverein  
österreich

DAV  
Deutscher Alpenverein

Schweizer Alpen-Club SAC  
Club Alpin Suisse  
Club Alpino Svizzero  
Club Alpin Svizzer



Berge erleben  
AVS  
ALPENVEREIN SÜDTIROL

Winter 18/19



# HOJI

THE SKI BOOT  
REVOLUTION



THE FIRST SKI BOOT FOR TOURING | THE

ONE MOVE TO S



*DYNAFIT*



**THE FIRST TOURING BOOT FOR SKIING**

TO SWITCH





**MAMMUT**  
SWISS 1862



WHEN TIME IS YOUR ENEMY,  
**FAST IS YOUR FRIEND.**

LAWINENRETTUNG AUF EINEM NEUEN LEVEL

POWERFUL. EASY. FAST. – DAS NEUE BARRYVOX®S.



# FREEDOM of MOVEMENT

## SESSION 89

Boosted with the MOVEMENT 5 axes carbon technology

Strongly built for the free touring sector

SIZE: 169 cm WIDTHS: 126/89/114 mm RADIUS: 18 m WEIGHT: 1.25 kg +/- 30 gr

[www.movementskis.com](http://www.movementskis.com)

Rider: Luis Vellella | Photo: Eric Gachet | Location: Marbré

Vertrieb Österreich: [www.mammutsportsgroup.at](http://www.mammutsportsgroup.at)





# jetzt mit digitalen Alpenvereinskarten





# SicherAmBerg onTour



Sicherheits-Know-how live / öffentliche Vorträge in ganz Österreich / freier Eintritt



- 08.01.2019 Sillian
  - 09.01.2019 Salzburg
  - 10.01.2019 Liezen
  - 11.01.2019 Landeck
  - 14.01.2019 Mauterndorf in Osttirol
  - 15.01.2019 St. Pölten
  - 16.01.2019 Tulln
  - 17.01.2019 Wien
- Alle Termine unter  
[www.alpenverein.at/lawinenupdate](http://www.alpenverein.at/lawinenupdate)



**Booklet Skitouren**  
Stop or Go® und Notfall Lawine  
(beim Vortrag erhältlich)

**Cardfolder Skitouren**  
mit Einsteckkarte Stop or Go®  
(kostenlos beim Vortrag)  
Jetzt auch auf Englisch!



Infos und Bestellungen: Fon +43/512/59547-18 und [www.alpenverein.at/shop](http://www.alpenverein.at/shop)



**bergundsteigen** Jahrgang 27, Auflage: 25.700  
**Herausgeber** Deutscher Alpenverein, Schweizer Alpen-Club SAC, Alpenverein Südtirol, Österreichischer Alpenverein  
**Medieninhaber** Österreichischer Alpenverein, ZVR 989190235, Olympiastraße 37, 6020 Innsbruck, Fon +43 512 59547-30, redaktion@bergundsteigen.at  
**Redaktion** Walter Würtl, Peter Plattner (Chefredakteur, peter.plattner@bergundsteigen.com)  
**Redaktionsbeirat** ÖAV - Michael Larcher, Gerhard Mössmer, Markus Schwaiger, Georg Rothwangl / DAV - Andreas Dick, Christoph Hummel, Stefan Winter / SAC - Bruno Hasler / AVS - Ulla Walder, Stefan Steinegger  
**Anzeigen** inserate@bergundsteigen.at  
**Abonnement** € 30 / Österreich: € 26, vier Ausgaben (März, Juni, September, Dezember) inkl. Versand und Zugang zum Online-Archiv auf www.bergundsteigen.at  
**Aboverwaltung** Theresa Aichner, abo@bergundsteigen.at  
**Leserbriefe** dialog@bergundsteigen.at  
**Textkorrekturen** Birgit Kluibenschädl  
**Layout** Christine Brandmaier, Telfs, grafische@auseinandersetzung.at  
**Druck** Alpina, 6022 Innsbruck  
**Titelbild** Die erste Spur in den Kalkkögeln/Stubaier Alpen/Tirol. Foto: Mathe Knaus / www.zeit-fuer-draussen.at

**bergundsteigen fördert** Land Tirol

**Dialog**

Wir freuen uns über kritische Rückmeldungen, Meinungen und Anregungen sowie über Beitragsvorschläge und bitten um Verständnis, dass wir nicht alle eingehenden Mails beantworten können. Sofern nicht ausdrücklich untersagt, behalten wir uns vor, Mails an dialog@bergundsteigen.at in der Rubrik Dialog zu veröffentlichen.

**Inhalt**

Namentlich gekennzeichnete Artikel geben - wenig überraschend - die Meinung der Autoren wieder und nicht unbedingt der Herausgeber oder der Redaktion. Bitte nicht wundern, wenn in derselben Ausgabe verschiedene Meinungen vertreten sind und argumentiert werden. bergundsteigen versteht sich als Zeitschrift für ein Fachpublikum, das an aktuellen Entwicklungen, neuen Ergebnissen und kontroversen Diskussionen interessiert und imstande ist, sich eine eigene Meinung zu bilden. Beiträge, die mit den Herausgeberverbänden (oder einigen davon) abgestimmt sind und deren Empfehlungen wiedergeben, sind mit dem rechts abgebildeten Stempel gekennzeichnet.

**Werbung**

Die abgedruckten Inserate haben keinerlei Einfluss auf redaktionelle Inhalte. Bei bergundsteigen ist es nicht möglich, Artikel oder Berichterstattung zu kaufen. Wir haben ein sehr gutes und kritisches Verhältnis zu den meisten namhaften Bergsportherstellern (egal ob sie inserieren oder nicht), tauschen uns mit diesen regelmäßig aus und führen auch gemeinsam Messungen/Feldtests o.Ä. zu aktuellen Fragestellungen durch, was in den entsprechenden Beiträgen angeführt wird. Die bergundsteigen-Redaktion (Würtl/Plattner) nimmt an keinen Reisen/Veranstaltungen usw. teil, welche von Herstellern bezahlt werden. Alle vorgestellten Produkte werden in der Praxis verwendet und es wird angegeben, ob sie gekauft oder kostenlos zur Verfügung gestellt wurden.

**bergundsteigen wird empfohlen von** den Bergführerverbänden Deutschland, Südtirol, Österreich, Schweiz sowie vom Europäischen Bergführerverband Exekutive.





- 
- 14 dialog**
- 18 Die Balance ist verlorengegangen!**  
Wolfgang Behr, Jan Mersch
- 26 Wie entscheiden Experten im Lawinengelände?**  
Markus Landrø, Gerit Pfuhl
- 32 Are you keeping up with Jeremy Jones?**  
Andrea Mannberg, Jordy Hendrikx, Jerry Johnson
- 40 Sprechen wir die gleiche Sprache?**  
Frank Techel, Christoph Mitterer, Thomas Stucki
- 46 Lawinengrößen „neu“**  
Thomas Stucki
- 48 Wie viele sind viele?**  
Jürg Schweizer, Frank Techel, Christoph Mitterer, Benjamin Reuter
- 56 Drohnen für die Lawinenforschung**  
Marc Adams, J.T. Fischer, A. Kofler, C. Tollinger, A. Graf, R. Fromm
- 64 Community Snow Observations**  
Katreen Wikstrom Jones, G. J. Wolken, D. Hill, R. Crumley, A. Arendt, J. Joughin, L. Setiawan
- 70 Schneebrettlawinen. Bruchmechanik der Schwachschicht**  
Philipp Weißgraeber, Philipp Rosendahl
- 78 Die Auswirkung von vertikaler und seitlicher Belastung auf Schwachschichten bei Schneedeckentests**  
Manfred Steffl
- 84 Leben im Eis**  
Birgit Sattler, Klemens Weisleitner
- 90 Klimawandel – was bedeutet er für den Schnee in den Alpen**  
Andreas Gobiet, S. Kotlarski, P. Frei, J. Rajczak, D. Verfaillie, S. Morin, M. Olefs
- 100 Seiltechnik aus der Grauzone. Ein Alpin-Tutorial als Foto-Story**  
Florian König, Arne Bergau



Seit ungefähr 10 Jahren arbeite ich nun als Lawindynamiker am Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) in Innsbruck, doch dieses Jahr war sicherlich eines, das mir im Gedächtnis bleiben wird. Neben der Ehre, an dieser bergundsteigen-Ausgabe mitzuarbeiten, hatten wir die Chance, den International Snow Science Workshop (ISSW 2018) mitzugestalten. Für jemanden, der sich in der Lawinenwelt zu Hause fühlt, ist dies wohl eine „once in a lifetime“-Geschichte und weitaus spannender als man es in Worten ausdrücken könnte.

Die internationale Lawinenwelt als Gast in Innsbruck zu haben, bedeutet nicht nur unglaublich viel dazulernen und das Aktuellste aus Forschung und Praxis zu hören, sondern auch all deine Lawinenfreunde - die sonst über die Berge dieser Welt verstreut sind - auf einem Haufen zu haben. Um es mit den Worten eines guten Kollegen auszudrücken: „Das war wohl die größte Feier, die wir je geschmissen haben!“. Aber das Schöne ist, dass es ganz nebenbei vor allem um Inhalte geht und zwar die Neuesten, um die sich die Lawinenwelt gerade dreht.

Bei einer solchen Veranstaltung werden auch die internationalen Unterschiede der Lawinencommunities deutlich. Während ein ISSW-Besuch in Nordamerika schon lange zentraler Bestandteil der Arbeit eines jeden Schnee- und Lawinenmenschen ist, während der Wissens- und Erfahrungsaustausch dort groß geschrieben und gefördert wird, sieht man in Europa hier und da ein überholtes Bild: von den einen, die im Feld sind, und den anderen, die sich in verschiedenen Elfenbeintürmen einschließen.

Aber beim ISSW wurden auch dazu neue Akzente für die Zukunft gesetzt, so wie die Gründung der Österreichischen Gesellschaft für Schnee und Lawinen (ÖGSL), die den ISSW-Spirit vom Wissensaustausch im Sinne des ISSW-Mottos „a merging of theory and practice“ auch bei uns weiterträgt.

Dazu gehört auch diese bergundsteigen-Ausgabe #105, die in Zusammenarbeit mit der ÖGSL entstanden ist, um euch einen Einblick in das ISSW-2018-Geschehen zu geben. Dafür haben alte und neue internationale Lawinenfreunde ihre ISSW-Beiträge gebügelt und hier kräftig als Autoren mitgewirkt.

Danke dafür und viel Spaß beim Lesen!

**Dr. Jan-Thomas Fischer aka JT ist Lawindynamiker und Leiter der Abteilung Schnee und Lawinen des Bundesforschungszentrums für Wald (BFW).** Seine Fragestellungen starten dort, wo Schnee anfängt sich zu bewegen, in Lawinen. Mit Labor-, Feld- und Computerexperimenten versucht er, die Physik und Prozesse hinter den Schneemassen zu ergründen – frei nach dem Motto „alles Gute kommt von oben“.





## Liebe Leserin, lieber Leser,

Als einmalige Gelegenheit in der Karriere eines jeden Lawinenmenschen nennt JT auf der Seite gegenüber die Möglichkeit, an der Organisation und Gestaltung des ISSW 2018 mitgewirkt zu haben. Dieser International Snow Science Workshop, die weltweit größte Veranstaltung zu dem Thema, fand bisher alle zwei Jahre abwechselnd in Kanada und den USA statt. Nach zwei Probeläufen in Europa, 2009 in Davos und 2013 in Grenoble, gastierte er in diesem Jahr vom 7. bis 12. Oktober erstmals im regulären Rhythmus in Europa, und zwar in Innsbruck.

Und weil die bergundsteigen-Redaktion auch dort zuhause ist, unser Stammautor Christoph Mitterer und sein Kumpel Herr Fischer im Programmkomitee waren, wir gerade mit dem bergundsteigen.blog starten wollten und an dem ISSW ohnehin kein Weg vorbeiführt, hat das Eine das Andere ergeben ...

Letztendlich waren Walter Würtl und Georg Rothwangel von unserer Print- und Riki Daurer von unserer Online-Redaktion die ganze Zeit vor Ort und haben intensiv auf unserem Blog berichtet. Nachzulesen und -sehen auf [www.bergundsteigen.blog](http://www.bergundsteigen.blog)



Nun wird in jedem Bergsport-Bereich ja gerne die Kluft zwischen den Schreibtisch-Theoretikern und den Outdoor-Praktikern kultiviert, auch wenn es um das Lawinenthema geht. Wer jemals bei einem ISSW war, wurde eines Besseren belehrt: es stellt sich nämlich schnell heraus, dass die allermeisten Forscherinnen und Autoren von wissenschaftlichen Publikationen mindestens ebenso gerne powdern wie wir und zig Tage auf den Skiern im Gelände verbringen. Vor allem aber sind sie erstaunlich entspannt (meistens), wenn es um ihre oder andere neue Erkenntnisse geht, auch wenn diese kontrovers gesehen werden. Es wird gerne diskutiert und gestritten, aber mit offenen Karten und nur in der Sache, wobei die mit den besseren Argumenten gewinnt. Schade, dass sich im Gegensatz zu Nordamerika kaum „Profis aus der Praxis“ die Zeit für einen Besuch genommen haben. Sie hätten nicht nur die neuesten Erkenntnisse der Schnee- und Lawinenforschung mitgenommen, sondern gesehen, wie Experten miteinander an einer Sache arbeiten und sich austauschen, ohne dass persönliche Befindlichkeiten und mangelndes Selbstvertrauen im Weg stehen.

Wie auch immer war es naheliegend die Chance zu nutzen und für diese bergundsteigen-Winterausgabe die besten, wichtigsten und für uns relevantesten Themen vom ISSW abzudrucken. Dank gebührt Christoph und JT für die Hilfe bei der Themenauswahl, das Anschreiben der Autoren und die Betreuung der Beiträge und vor allem den Wissenschaftlerinnen und Forscherinnen, die sich bereit erklärt haben, ihre Arbeiten für uns umzuschreiben. So haben an den ISSW-Beiträgen dieser Ausgabe 30 Autorinnen aus sieben Ländern mitgearbeitet.

Und damit es nicht nur um Lawinen geht, haben wir die engagierte Arbeit von den Picos-Guides Florian König und Arne Bergau zur Seiltechnik auf anspruchsvollen Alpintouren abdrucken dürfen – eine perfekte Vorbereitung für die kommenden (Ski-)Hochtouren.

Viel Freude beim Lesen und einen schönen Winter im Gebirg.  
Peter Plattner





### Wer A sagt ...

Sachlich geführte Diskussionen waren und sind fester Bestandteil von bergundsteigen. Sie bringen uns, egal um welches Thema es sich handelt, jedenfalls ein Stück weiter und helfen uns dabei, über den eigenen Tellerrand hinauszuschauen und über andere, für uns neue Sichtweisen nachzudenken.

Mit großem Interesse verfolge ich die aktuelle, doch recht kontrovers geführte Diskussion rund um die Erste Hilfe am Berg. Es freut mich, dass dieses, oft stiefmütterlich behandelte Thema so viel Gehör und Resonanz findet. Besonders jetzt, wo wieder ein Winter vor der Tür steht, ist es wichtig, für diese Sache – und konkret meine ich die Erste Hilfe im Notfall Lawine – zu sensibilisieren.

Wie viel wird jeden Herbst über Neuerungen im Bereich der Notfall-Ausrüstung geschrieben, die Vor- und Nachteile akribisch untersucht und die richtige Suchstrategie Jahr für Jahr verfeinert, auf Punkt und Komma diskutiert und unterrichtet? Das ist auch gut so, aber leider ist bei fast allen Übungen - sei es im Rahmen einer Vereinsausbildung oder in Kursen professioneller Bergsteigerschulen - Schluss, wenn der als „Verschüttetendummy“ eingesetzte Rucksack schnell und mit festem Ruck aus dem Schneeloch gerissen wird. Bravo! Und dann?

Dann kommt die Bergrettung! Allerdings wissen wir alle, dass es am Berg leider nicht so schnell geht: Kameradenrettung und (!) die darauffolgende Erste Hilfe müssen - in lebensbedrohlichen Fällen - ausnahmslos von uns selbst durchgeführt werden. Nur leider wird das nicht oder nur sehr unzureichend trainiert. Im Umgang mit dem LVS-Gerät sind wir spitze, aber wie war das noch mal mit Bewusstsein, Atmung, Kreislauf? Mit den lebensrettenden Sofortmaßnahmen, mit Druckverband und Schocklagerung, etc., etc.?

Nicht nur in den Köpfen der SkitourengeherInnen und FreeriderInnen, sondern auch in jenen der MultiplikatorInnen muss fest verankert sein: wir und nicht die Bergrettung sind im echten Notfall diejenigen, die mit unserem Wissen und Tun - sei es vorbereitend in Kursen oder letztendlich als Erstretter vor Ort - Leben retten können. Also: Wer A zur Ausbildung im Bereich Bergsport sagt, muss auch B wie „bereit“ zur Ersten Hilfe sagen. Apropos A: ABCDE\* - alles klar?

\*Airway, Breathing, Circulation, Disability, Exposure

Gerhard Mössmer  
Bergsport

alpenverein   
österreich



### Alphatiere und Profilneurotiker

Jetzt hat es auch mich erwischt: ich darf an dieser prominenten Stelle meinen persönlichen Kommentar abgeben. Scharf war ich nicht drauf, soviel steht fest! Warum? Weil ich immer öfter merke, wie sich in mir etwas dagegen sträubt, „dazuzugehören“ ...

Am Expertentum unserer Szene stört mich eine Sache ganz gewaltig: ich komme mir oft vor wie in einer Gockel-Schar, in der sich ein Haufen Alphatiere im ständigen Hahnenkampf um die maximale Aufmerksamkeit befindet. Die größten Gockel haben die Nase vorn – sie sind die stärksten, krähen am lautesten und picken – wenn es sein muss – auch am kräftigsten zu. Je größer ihre Profilneurose, desto weiter strecken die Gockel ihre Brust raus. Der Rest der Schar schaut den Alphas bei ihrem Gegockel gebannt zu - teils bewundernd, teils interessiert, teils kopfschüttelnd - und verstärkt mit der Zugabe seiner Aufmerksamkeit das Gegockel noch mehr. Ja - ich ertappe mich leider auch manchmal selbst beim Krähen. Dann schäme ich mich: Was hat mich denn jetzt geritten? Will ich da wirklich mitmachen?

Erfreulich ist, dass sich in der Regel die bessere Idee durchsetzt – nicht der lauteste Gockel. Und wenn man genau hinschaut, dann findet man auch jede Menge leise Gockel in der Schar, die mit guten Ideen kommen und Sachargumente liefern und sich zumindest nicht primär nur zu Wort melden, um sich zu profilieren.

Christoph Hummel  
Sicherheitsforschung

 **DAV**  
Deutscher Alpenverein





## Digitalisierung

Digitalisierung – ein Wort, das unsere Gesellschaft immer mehr durchdringt. Ein Wort, das viele verunsichert oder beunruhigt. Es ist ein Prozess, der nicht mehr aufzuhalten ist. Gemäss Definition bedeutet das Wort im ursprünglichen Sinn „das Umwandeln von analogen Werten in digitale Formate“. Was heisst das konkret? Einfach ein PDF online stellen? Oder gibt das ganz neue Produkte? Wie würden diese aussehen? Was machen wir mit den bestehenden Produkten? Was bringt uns die Digitalisierung in der Zukunft – in 5 oder 10 Jahren? Und ist das, was wir heute machen, in ein paar Jahren überhaupt noch gefragt?

Fragen über Fragen. Bei der ganzen Diskussion fällt mir auf, dass jeder unter dem Wort Digitalisierung etwas anderes versteht. Zudem verharren viele noch in der alten Welt, einige sind bereits in der neuen angekommen und andere befinden sich auf halbem Weg dorthin.

Digitalisierung in einem Verband wie dem SAC heisst, zuerst das gemeinsame Verständnis von Digitalisierung klären, weiter müssen wir Neues denken, neue Prozesse definieren, neue Webapplikationen entwickeln, neue Wege bei der Kommunikation mit unseren Kunden gehen, Change-Management usw.

Der SAC hat sich auf diesen abenteuerlichen Weg eingelassen, ohne alles im Detail zu klären und zu definieren. Mit der Live-Schaltung unserer neuen Website und der Tourenplattform Ende September 2018 haben wir einen ersten grossen Schritt auf diesem Weg gemacht. Ich bin stolz, dass das dem SAC gelungen ist. Bis Ende 2018 findest du nun rund 2.000 Routen online beschrieben – bis Ende 2019 sollen es rund 5.000 sein.

Der Prozess der Digitalisierung ist aber noch lange nicht abgeschlossen und wird wahrscheinlich auch nie enden. Nun gilt es, die nächsten Schritte zu planen, weitere neue Produkte zu entwerfen und zu entscheiden, was wir mit den restlichen rund 35.000 Routen machen, welche im SAC-Verlag beschrieben sind. Wichtig dabei ist, dass wir die Kosten gut im Auge behalten und genau definieren, was wir wollen und uns leisten können.

Ich bin überzeugt, dass uns das gelingen wird und freue mich sehr auf die kommende Zeit. Sie wird interessant und herausfordernd. In der Frühlingsausgabe von bergundsteigen erfährst du mehr über unsere neue Website und die Tourenplattform. Mach dir doch inzwischen selber ein Bild der beiden Projekte und gib uns ein Feedback: [www.sac-cas.ch](http://www.sac-cas.ch)

Daniel Marbacher  
Geschäftsführer

Schweizer Alpen-Club SAC  
Club Alpin Suisse  
Club Alpino Svizzero  
Club Alpin Svizzer



## Stepping outside „the box“

„Genial. Hätte nie gedacht, dass man so viel fahrend bewältigen kann.“ Froh über unser erreichtes Ziel stellen wir unsere Räder ab. Shirt wechseln und dann geht es hinein in die Hütte. Unterwegs sind wir vielen Wandernern begegnet. Auf unsere Frage an den Hüttenwirt, ob wohl schon viele Mountainbiker sich hier hochgequält haben, bekommen wir eine überraschende Antwort: „Ach ... die ersten waren schon vor über 20 Jahren hier. Die sind sogar von weiter oben einen Wanderweg heruntergefahren.“ Diese Antwort regte mich zum Nachdenken an. In der Vergangenheit gab es immer Leute, die „Neues ausprobiert“ haben. Deshalb ist eigentlich auch der Begriff „neue Sportarten“ an sich schon relativ. Den Rest erledigen soziale Medien und die Anforderungen der Gesellschaft. Sie forcieren eine weitreichendere Verbreitung neuer Fortbewegungsarten. Derzeit gibt es viele Diskussionen in unseren Vereinen und Organisationen bezüglich Lenkungsmaßnahmen, Möglichkeiten für Qualitätstourismus, Sensibilisierungsarbeit für Flora und Fauna, aber auch zahlreiche Angebote, um in „neue“ Sportarten hinein zu schnuppern. Mountainbiken ist nur eine der vielen, die „hinzugekommen“ sind: Skitouren, Sportklettern, Trailrunning, Berglauf, Nordic-Walking, Pferdetrekking, Paragliten, Basejumping, ... eine Liste, die sich noch weiterführen ließe. Die aktuellen Lebens- und Arbeitsumstände fordern uns immer mehr ab. Stress, Anspannung und nicht nachlassender Druck nehmen zu. Unsere beschleunigte Arbeitswelt belastet und braucht einen Ausgleich. Ist es nicht besser, den Wert und die Qualität der Bergwelt zu erkennen und dort Ruhe und Entspannung zu finden, als den Ausgleich in Substanzkonsum zu suchen oder sich psychisch abzuschotten? Natürlich kommen immer mehr Menschen in die Berge, denn immer mehr wollen diesen Lebensraum erkunden und für sich erobern. Neugierig tasten sich viele dieser „neuen Naturnutzer“ vorwärts, so wie Kinder, die erst ausprobieren müssen, was man darf und was verpönt ist. Ich sehe es als Aufgabe der Alpenvereine, dies im Hinterkopf zu haben und auch diese Neulinge willkommen zu heißen. Sicherlich sind viele froh über unsere Erfahrungen und Geschichten, die wir erzählen können, und einige nutzen auch die Ausbildungen, die unsere Vereine bieten. Offenheit bei gleichzeitigem Respekt vor dem sensiblen Ökosystem Berg, das uns umgibt, bringt uns weiter und kann uns selbst auch helfen, diesen Lebensraum mehr zu schätzen und uns daran erinnern, warum wir nach draussen gehen: Bergwelt und Natur zu sehen und erleben zu dürfen, ohne dem Druck und Stress unseres Alltags ausgesetzt zu sein. Egal ob zu Fuß, mit Skiern, dem Mountainbike oder einem anderen, neuen Trend folgend.

Lukas Patzleiner  
Leiter Referat Bergsport & HG



**S** [Sicherung Halbseiltechnik] Bei Touren ohne Bohrhaken, wie sie gerade in den Dolomiten vorkommen, minimiert die Doppelseiltechnik die Belastung auf die Fixpunkte (Normalhaken, Camalots etc.) ja erheblich. Soweit ist eigentlich noch alles klar. Bei der Sicherungsmethode, die man in solchen Touren anwendet, gehen dann die Meinungen aber auseinander. Ich schreibe euch im Folgenden einige Fragen, die mich beschäftigen. Ich fände es sehr spannend, wie ihr dazu steht.

■ Wie sieht es hier mit der HMS-Sicherung aus? Ich habe sie bisher auch bei der Doppelseiltechnik angewendet, auch wenn sie etwas mühsamer ist, wenn man eines der Seile ausgeben oder verkürzen möchte. Nun wurde ich von einem italienischen Bergführer darauf angesprochen, dass bei der Doppelseiltechnik das HMS-Sichern sehr gefährlich sei und die Seile sich durchbrennen könnten. Wie steht ihr dazu?

■ Alternativ kenne ich die Fixpunktsicherung mit Tube. Hier geht das Ausgeben eines einzelnen Seiles und das Verkürzen eines einzelnen Seiles deutlich leichter, weil die Seile getrennt durch das Tube laufen. Als Gegenargument habe ich hier gehört, dass bei einem Sturz in den Stand eine sehr große Belastung auf den Stand kommt, was bei Normalhaken oder mobilen Sicherungsgeräten kritisch werden kann.

■ Damit komme ich zu meiner dritten Frage: Reduziert es die auf den Stand einwirkende Kraft, wenn ich bei schlechten Ständen mit HMS über Körper sichere? Welche Sicherungsmethode lässt bei einem Sturz in den Stand am wenigsten Kraft einwirken? Würde mich sehr freuen, wenn ihr mir eure Meinung zum Sichern bei der Doppelseiltechnik zusammenfassen könntet.

**Alex Zenk, Prien**

*Bereits bei der genauen Nomenklatur wird es interessant: „Doppelseiltechnik“ kann auch meinen, dass beide Seilstränge gemeinsam eingehängt werden, wozu auch „Zwillingsseiltechnik“ gesagt wird. Wir reden jetzt aber davon, dass jeweils nur ein Seilstrang in eine Zwischensicherung eingehängt wird, was nur mit zertifizierten Halbseilen möglich ist und deswegen „Halbseiltechnik“ genannt wird.*

*Der große Vorteil bei alpinen Routen ist u.a., dass durch dieses wechselseitige Einhängen nur eines Stranges der Seilverlauf gerader ist, dadurch weniger Reibung entsteht und so - wie du richtig schreibst - die Fixpunkte weniger stark belastet werden, da die Dynamik des Sicherungsgerätes besser wirkt. Damit sind wir auch schon bei deinen eigentlichen Fragen:*

■ *Das wechselseitige Ausgeben ist mit der HMS mühsam und nur eine Notlösung. Bei einem Sturz kann dann auch tatsächlich das zuerst belastete Seil im HMS-Karabiner neben dem anderen zuerst „stehenden“ Strang vorbeilaufen und diesen beschädigen. Wir wissen von mehreren solcher Beschädigungen und einem Zwischenfall, wo ein Strang nahezu komplett „durchgeschnitten“ wurde. Passiert ist nichts, da der Zweite Strang gehalten hat. Trotzdem ist bei dieser Technik ganz klar ein Tuber zu empfehlen!*

■ *Diesen Tuber kann man nun entweder am Gurt einhängen oder in einen Fixpunkt. Welche dieser Optionen wann und überhaupt*

*besser ist, darüber wurde und wird (auch in bergundsteigen) viel sachlich und noch mehr emotional diskutiert. Realität ist, dass die meisten Kletterer, welche mit der Halbseiltechnik in exponierten Touren unterwegs sind, vom Körper sichern und sich aller Vor- und Nachteile dieser Technik bewusst sind. Der große Benefit ist dabei das Handling und die maximale Schonung der Zwischensicherungen durch die wirkende Dynamik von Gerät und Körper. Zu den Nachteilen ein Sturz in den Stand/Körper kann kaum bzw. nicht gehalten werden, da der Tuber dann nur als Knicksicherung wirken kann. Das kann man ändern, wenn man den Tuber in den Fixpunkt einhängt und einen Karabiner vor- bzw. nachschaltet; ein Sturz wird dann mehr oder weniger ohne Gerätedynamik gebremst und ist dementsprechend härter. Wie hart, hängt von mehreren Parametern ab, auf alle Fälle härter, als wenn man in eine HMS stürzt. Daneben besteht für den Körpersichernden bei einem Sturz die Gefahr von Verletzungen bzw. Handlungsunfähigkeit (weil in das System integriert).*

■ *Erfolgt der Faktor-2-Sturz am Stand nicht in einen Fixpunkt, sondern in deinen Körper, dann wirkt dieser zwar dynamisch und die Fixpunkte werden zweifelsohne weniger belastet, aber massiv auf Kosten der Gesundheit – also auch keine Option.*

*Zusammenfassend: Je nach Institution/Verband gibt es verschiedene Empfehlungen zum Sichern bei Halbseiltechnik. Gemeinsam ist, dass ein Tuber verwendet wird und ein Sturz in das Gerät mit Sturzzug nach unten zu vermeiden ist. Dies kann bei Fixpunktsicherung durch das Einhängen eines zusätzlichen Karabiners erfolgen und bei Körpersicherung durch einen Dummy-Runner (unmittelbare erste Zwischensicherung als Umlenkung). Welche Technik dann das Mittel der Wahl ist, hängt von der jeweiligen Situation ab und muss vor Ort beurteilt werden. Der Chris Semmel hat sich in der Vergangenheit sehr intensiv mit dieser Thematik auseinandergesetzt und gemessen und hat für unseren Blog einen Beitrag darüber verfasst, in dem (fast) alle Fragen geklärt werden. [www.bergundsteigen.blog](http://www.bergundsteigen.blog)*

**Walter Würtl**

**K** [kantig abgerundet] Als leidenschaftliche Skitourengewerin interessieren mich auch die Vorgänge in der Schneedecke. Durch mehrere Beiträge in bergundsteigen angeregt möchte ich in der kommenden Saison auch immer wieder eine Schneedeckenuntersuchung durchführen – natürlich nicht zur Einzelhangentscheidung, aber um mein Verständnis zu erweitern und einen Blick für das Ganze zu bekommen. Dazu zwei Fragen: Die drei Umwandlungsformen abbauend, aufbauend und Schmelzumwandlung mit ihren Kristallformen sind mir soweit klar, was hat es aber mit der Kornform „kantig abgerundet“ auf sich? Hat es die immer schon gegeben?

Da mein Wissen dazu allerdings noch mehr theoretischer Natur ist, gleich meine zweite Frage: Wisst ihr, wo man in Österreich - oder im benachbarten Ausland – als „normale“ Skitourengewerin lernen kann, wie man eine Schneedeckenuntersuchung wie sie von euch beschrieben wurde richtig durchführt?

**Riki Daurer, Tamsweg**





Es freut uns natürlich sehr, wenn du durch die Beiträge von berg- und steigen dazu animiert wurdest, die Nase mal in den Schnee zu stecken. Die erste Frage von dir geht schon sehr ins Detail und spricht die Nomenklatur bzw. Klassifikation der Schneekristalle innerhalb der Schneedecke an.

Diese Klassifikation ist international in der sog. International Classification of Seasonal Snow on the Ground geregelt und wird von der IACS (International Association of Cryospheric Sciences) in einer Arbeitsgruppe bestimmt und überarbeitet bzw. dann von der UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation) veröffentlicht. Die derzeit gültige Version kann unter

<http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001864/186462e.pdf> kostenlos abgerufen werden.

Diese Klassifikation dient als gemeinsame Grundlage zur Bestimmung von Schneekristallen und stellt sicher, dass alle, die Schneekristalle bestimmen, die gleiche Sprache sprechen und dadurch objektiv zur gleichen Einschätzung kommen bzw. ihre Ergebnisse austauschen können. Innerhalb der Klassifikation gibt es neun Hauptkornformen für die Bestimmung von Schneekristallen:

- 1. Fester Niederschlag (Neuschnee) ..... +
- 2. Kunstschnee ..... ☉
- 3. Filz ..... /
- 4. Kleine, runde Kristalle ..... ●
- 5. Kantige Kristalle ..... □
- 6. Tiefenreif (Schwimmschnee) ..... ^
- 7. Oberflächenreif ..... v
- 8. Schmelzformen ..... ○
- 9. Eis ..... ■

Zu jeder Kornform gibt es auch ein international abgestimmtes Symbol (siehe oben). Die Warndienste benutzen im Prinzip acht dieser neun Hauptkornformen (Kunstschnee interessiert uns weniger).

Da sich die Natur und schon gar nicht der Schnee in neun Kategorien pressen lassen kann bzw. will, wurden in dieser Klassifikation zu jeder Hauptkornform mehrere Untertypen bestimmt, die dem Schneeprofil die Möglichkeit bieten, subtile Unterschiede festzustellen und auch auszudrücken. Eine der bekanntesten Untertypen bei festem Niederschlag ist wohl der Graupel (⊗). Diese Untertypen sind aber auch vor allem deswegen entstanden, weil in einer Schneedecke die Prozesse der abbauenden, aufbauenden und Schmelzmetamorphose (Umwandlung) sehr komplex sind und nicht nur hintereinander, sondern auch gleichzeitig stattfinden können (siehe dazu auch den bergundsteigen-Beitrag Schneemetamorphose von Martin Proksch und Martin Schneebeli in Ausgabe #94).

Und nun zur Antwort – falls du noch nicht aufgehört hast zu lesen: Ja, die Klasse der kantig-kantenabgerundeten Kristallform (⊕) gibt es schon relativ lang, es ist aber eine der vielen Unterty-

pen. Diese Kristallform beschreibt, dass ein kantiges Kristall (□) kaum mehr aufbauende Umwandlung erfährt und schon wieder leicht abbauende Prozesse das Kristall verändern. Diese sind bei weitem nicht mehr so dramatisch wie bei einem schönen Neuschneekristall (+), führen aber dazu, dass kantige Kristalle (e) eben nicht mehr ganz so kantig sind. Deshalb bekommt das Symbol dafür auch den runden „Gupf“ auf das Viereck gesetzt. Die typische Größe von 1 mm und mehr bleibt aber erhalten. Gleichzeitig will man damit aber explizit ausdrücken, dass es sich nicht mehr um das Endstadium der abbauenden Umwandlung handelt, sprich wir haben es nicht mit kleinen, runden Kristallen (●) zu tun. Die sind nämlich deutlich kleiner (0.25 – 0.75 mm) und runder – wie der Name ja schon sagt. Neben der Form des Graupels (⊗) ist das kantig-kantenabgerundete Kristall (⊕) der einzige Untertyp, der von operativen Warndiensten neben den Hauptkornformen benutzt wird. Die restlichen Unterformen sind eher für die Wissenschaft reserviert und können auch in operativen Softwareprodukten wie z.B. dem SnowProfiler nicht vergeben werden.

Zur zweiten Frage: Derzeit gibt es in Österreich nur die Kurse zur Ausbildung von Lawenkommissionsmitgliedern, die dieses Thema lehren. Hier und da bieten versierte Bergführer bzw. alpine Vereine die Möglichkeit zu einem speziellen Schneedeckenkurs an. Darüber hinaus gibt es seit kurzem die Österreichische Gesellschaft für Schnee und Lawinen (ÖGSL, [www.oegsl.at](http://www.oegsl.at)), die zu diesem Thema vermitteln kann.

Ich wünsche dir viel Spaß bei den ersten Schneeprofilen!  
**Christoph Mitterer**

**S** [Sanier-Datenbank] In letzter Zeit passiert es mir immer öfter, dass ich alte alpine Routen in saniertem Zustand antreffe. Meistens sind diese Routen nur in alten Führerwerken beschrieben, im Internet findet man darüber kein Wort. Ich habe nichts gegen Sanierungen im Allgemeinen, ganz im Gegenteil, ich begehle überwiegend Plaisirrouten, aber manchmal ist mir eben mehr nach Abenteuer zumute. Um mir entweder den ganzen Weg oder zumindest die Mitnahme diverser Sicherungsmittel zu ersparen, würde ich sehr für die Aufnahme eines weiteren Punktes in die „Erstbegehungs- und Sanierungscharta für Felskletterrouten“ der Alpenvereine plädieren: „Erfolgte Sanierungen sollen vom Sanierer beschrieben und veröffentlicht werden“

Es hätte jedoch wenig Sinn, wenn die Veröffentlichungen nur in den Sektionsbriefen oder anderen regionalen Schriften publiziert würden. Eine zentrale (online)-Datenbank wäre in diesem Fall wünschenswert, um die Information über erfolgte Sanierungen auch der Allgemeinheit zugänglich zu machen.

**Stefan Beutel**



### bergundsteigen #104 > dialog

**d** [digital] Hier ein Feedback zum Thema Nachhaltigkeit, angestoßen durch die Diskussion zu Plastik-Verstandtaschen & Co. Ich persönlich wäre auch bereit, weiterhin den gleichen Preis für eine reine Digital-Version der bergundsteigen zu zahlen. Ich freue mich zwar jedes Mal, das Heft in den Händen zu halten und darüber, dass ihr es so aufwändig und wertig gestaltet. Auf der anderen Seite wandern die Hefte bei mir kurz nach dem Lesen ins Altpapier, da ich sie einfach nicht alle ewig aufbewahren kann. Leider. Insofern sollte eine rein digitale b&s dann diesem Medium entsprechend gerecht werden, sodass es genauso viel Spaß macht, sie auf dem Smartphone bzw. Tablet zu lesen wie auf dem Papier.

Den neuen Blog finde ich übrigens auch in dieser Hinsicht sehr begrüßenswert. Toll, dass ihr mit neuen Formaten experimentiert – vielleicht ja auch eine potentielle Möglichkeit, um irgendwann mal ein alternatives Format der Zeitschrift anzubieten ...

**Jan Heuermann**

**b** [Ball flach halten] War ja eigentlich zu erwarten, dass sich die Ärzte wieder gegenseitig erschlagen wegen den Beiträgen von Philipp Dahlmann! Wobei die Artikel sachlich richtig sind und man nie alle Zielgruppen voll treffen kann, irgendwas geht immer daneben, man sieht es ja. Ich mache seit über 30 Jahren Notfallmedizin, von der Bahnhofstraße in Hintertupfingen bis zur Wildspitze. Am Anfang hatte ich einen Riesenrucksack dabei mit allem Möglichen: Sauerstoff und viele diverse Masken, alle Tubusgrößen für den Säugling bis zum Riesen. Das Ding war so schwer, dass ich es kaum ver-lupft habe. Wenn es damals die Israeli-Bandage schon gegeben hätte, hätte ich die sicherlich auch schon gehabt, damals gab's noch keine Israelis! Regelmäßig musste ich wegen dem Ablaufdatum das Meiste wegschmeißen, so wurde der Rucksack immer kleiner. Ein einziges Mal war ich bei einem schweren Verkehrsunfall glücklich, eine sinnvolle Ausrüstung dabeizuhaben (in 30 Jahren!). Inzwischen trage ich ein „Täschle“ bei mir, da ist je nach Tour und Einsatzgebiet drin: Ketanest, Dormicum Nitro-spray.

Ketanest in erster Linie, weil ich ein Warmduscher bin und immer Angst habe, mir mal den Haxen zu brechen und dann ein bisschen Schmerzbehandlung haben will bis der Hubschrauber kommt, und deshalb habe ich nichts mehr dabei, weil der ja relativ schnell da ist und ich schon mal 10 - 15 Minuten auch warten kann. Denn die ärztliche Behandlung eines Verunfallten mehr oder weniger als vorbeigehender Arzt ist heute nicht mehr so unproblematisch aus haftungsrechtlichen Gründen und muss gut überlegt sein, wenn keine lebensbedrohliche Situation vorliegt!

Aber: auch als Profi halte ich nichts davon, mich bei einem Spaltensturz von einem Bergführer kopfüber abseilen zu lassen, um dem Opfer rechts einen Torniquet und links einen venösen Zu-

gang für eine insuffiziente Analgesie in einer unmöglichen Situation anzulegen, sondern mit allen Mitteln um Hilfe rufen und so schnell wie möglich raus aus dem Loch, Hängetrauma hin oder her ...

Also mal dem Ball flach halten, Philipp schreibe ruhig weiter. Zumindest hilft es Laien die Angst vor der „Ersten Hilfe“ etwas zu verlieren, wenn sie einen medizinischen Notfall erleben müssen - und sei es nur mal Basismaßnahmen bei einem Herz-Kreislaufstillstand zu machen!

(Oder eben auch ein Pflaster-Torniquet zu kleben :-)

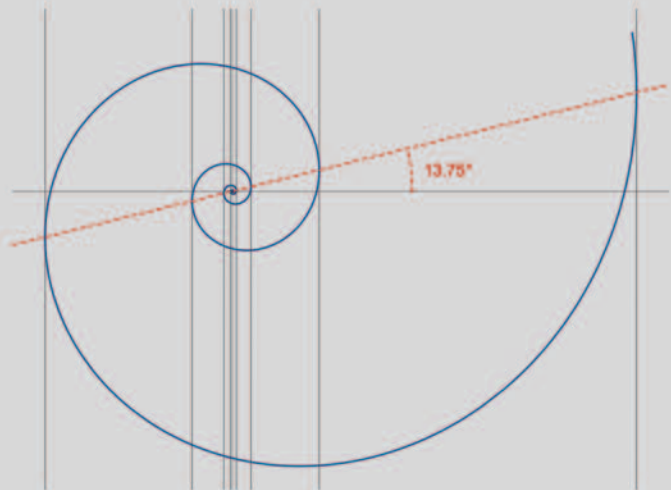
**Dr. med. Michael B. Mussler, Friedrichshafen**

### bergundsteigen #104 > Über die Verlässlichkeit von Freunden & Ortovox -Beilage

**m** [magisch] Bei der konkreten Form der Segmente von Klemmgeräten vom Typ „Friend“ (sozusagen „friend and friends“) handelt es sich um Segmente aus der sog. logarithmischen Spirale. Diesen Begriff sollte man in einem Artikel über Friends erwähnen! Wenn man die dazugehörige Kurve darstellt, dann ist im Grunde schon alles klar (Abb.): der Radiusvektor schneidet den Tangentenvektor an jeder Stelle unter dem selben Winkel. Deshalb ist es auch einerlei, ob man diese Kurve in der Größe skaliert oder einfach nur dreht – sie sieht immer gleich aus!

Ganz zweifelsohne waren die Eigenschaften dieser fast schon magischen Kurve dem Luftfahrtingenieur Ray Jardine wohlbekannt. Das einzige Substanzielle, was dann noch (mit Experimenten) herauszufinden war, ist der „optimale“ Spreizwinkel (von offenbar 13,75°).

**Henrik Schachner, Murnau**



$$f_{\phi}(\alpha) = e^{\alpha \tan \phi} \begin{pmatrix} \cos \alpha \\ \sin \alpha \end{pmatrix} \quad \text{mit } \phi = 13.75^{\circ}$$

Die logarithmische Spirale in Bild und Formel.





**S** [Sprengwirkung] Da wir recht häufig mit mobilen Sicherungsgeräten im Fels unterwegs sind, spielt die Frage nach der Sprengwirkung von Keilen bzw. Friends, gerade hinter Schuppen oder dergleichen, u.U. eine große Rolle. Ich bin davon ausgegangen, dass Camelots eine größere Sprengwirkung aufweisen als Keile und zwar bei Camelots etwa das 4-Fache der Zugkraft, bei Keilen etwa das 2-Fache. Schon in der Literatur bin ich drüber gestolpert, dass es aber unterschiedliche Angaben gibt bzw. dass es genau gegenteilig dargestellt wird. So auch aktuell in der Beilage eurer letzten Ausgabe „Safety Academy: Guide Book Rock“ auf S. 38, jedenfalls interpretiere ich die Zeichnung so. Vielleicht könnt ihr mir da weiterhelfen ...

**Christine Stier, Sulzbach/Ts.**

*Deine vermeintlich einfache Frage hat ein rege Diskussion ausgelöst und Andreas Trunz, Henrik Schachner und Chris Semmel tauschen sich dazu rege aus und basteln gerade an einem ausführlichen Beitrag für unseren bergundsteigen.blog > bitte dorthin surfen. Peter Plattner*

## bergundsteigen #104 > 25 Jahre Europäische Lawinengefahrenskala

[Fußgänger?] Den Artikel im bergundsteigen (#104) bezüglich des Jubiläums der Europäischen Lawinengefahrenstufenskala habe ich mit Interesse gelesen. Er zeigt sehr deutlich, wie durch eine sinnvolle gemeinsame Zielsetzung, Beharrlichkeit, Kompromissbereitschaft und Entscheidungen eine für alle Beteiligten gangbare Lösung erreicht werden kann. Eine Weiterentwicklung des Erreichten ist ein natürlicher Prozess und ich hoffe, dass auch das Wording für die Gefahrenstufen 3, 4 und 5 in Zukunft im Sinne von Rudi Mair abgeändert wird.

In Ihrem Artikel ist in Abb. 3 die aktuelle Version der Definitionen zur Lawinengefahrenstufenskala angegeben. Im Gegensatz zu früheren mir bekannten Versionen ist die Zusatzbelastung durch einen Alpinist/Fußgänger nicht mehr aufgeführt. Was ist der Grund dafür?

**Roland Schmid**

*Vielen Dank für die Rückmeldung und die Frage. Der Grund dafür liegt im derzeitigen sehr tiefgreifenden fachlichen Diskurs, den die Warndienste in Europa zum Thema Lawinengefahrenstufenskala führen. Dieser Diskurs betrifft inhaltliche aber auch kommunikative Gründe. Und viele Warndienste haben sich an der Formulierung bzw. Kommunikation für die große Zusatzbelastung v.a. in den Übersetzungen am Ausdruck Alpinist/Fußgänger gestoßen. Solange die interne Diskussion zu diesem Thema nicht abgeschlossen ist, wurde vereinbart, dass man diesen Begriff aus Konsistenzgründen zwischen den Sprachen rauslässt.*

*Nochmals ausdrücklich: Inhaltlich ist hier nichts falsch - der Fußgänger bedeutet eine große Zusatzbelastung - es liegt an der Kommunikation dieses Begriffes in anderen Sprachen.*

**Christoph Mitterer** ■

A STEP AHEAD IN SAFETY



We support



**CLIMB  
FOR INCLUSION**

A project of Sportfund sport foundation  
for inclusive mountaineering

# Die Balance ist verlorengegangen!

Ist die Probabilistik in der Lawinenkunde hilfreich und treffsicher?

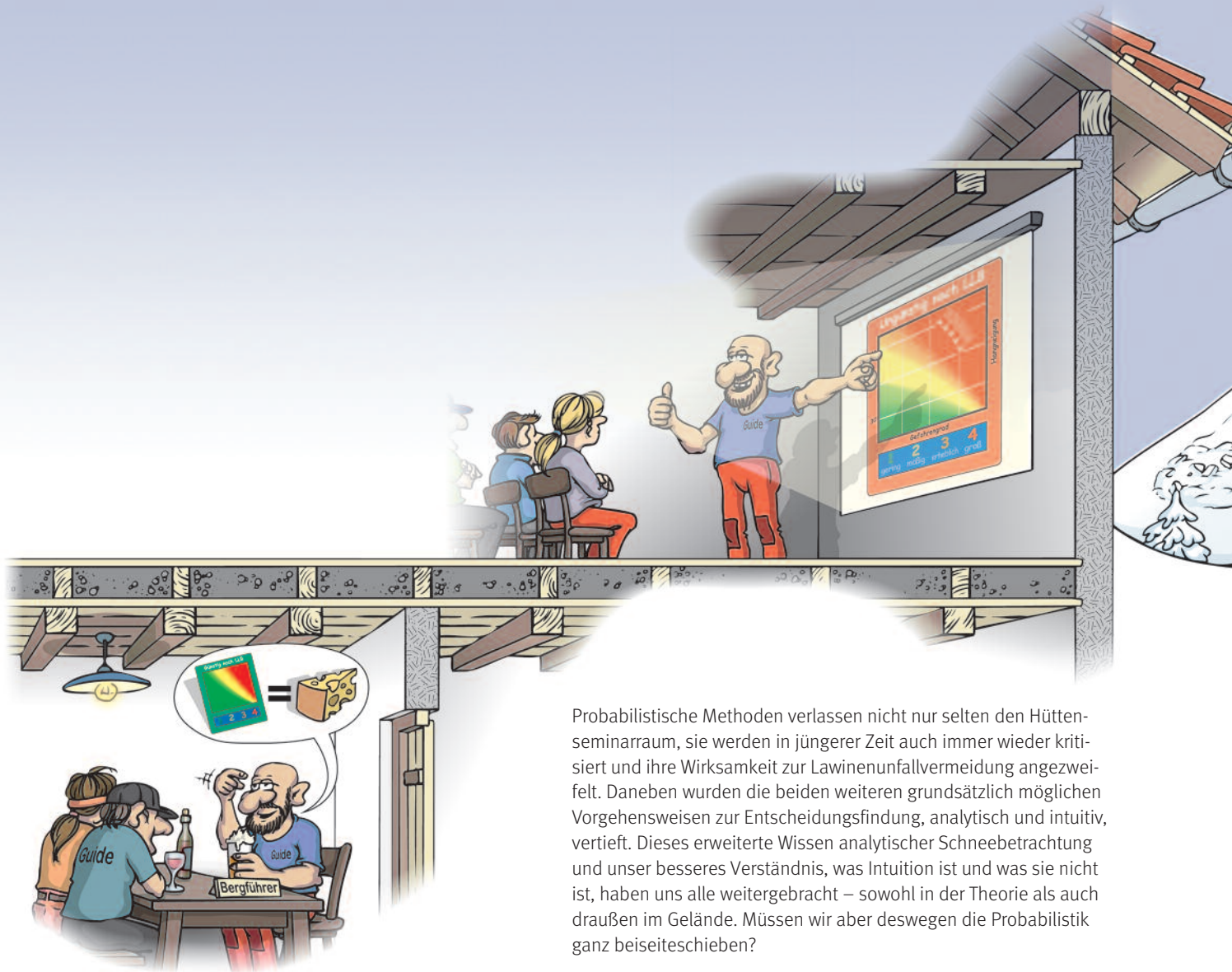


Abb. 1 Die Probabilistik im Lehrsaal, in der Praxis und am „Bergführerstammtisch“...

Probabilistische Methoden verlassen nicht nur selten den Hüttenseminarraum, sie werden in jüngerer Zeit auch immer wieder kritisiert und ihre Wirksamkeit zur Lawinenunfallvermeidung angezweifelt. Daneben wurden die beiden weiteren grundsätzlich möglichen Vorgehensweisen zur Entscheidungsfindung, analytisch und intuitiv, vertieft. Dieses erweiterte Wissen analytischer Schneebeurteilung und unser besseres Verständnis, was Intuition ist und was sie nicht ist, haben uns alle weitergebracht – sowohl in der Theorie als auch draußen im Gelände. Müssen wir aber deswegen die Probabilistik ganz beiseiteschieben?

Unsere erweiterte Unfallanalyse zur Wirksamkeit der Probabilistik (insbesondere der SnowCard), die nun auf fünf Wintern basiert, zeigt eindeutig: es funktioniert - und zwar bei allen drei wesentlichen Lawinenproblemen, also Altschnee, Neuschnee und Triebsschnee. Es ist an der Zeit, dass wir endlich lernen, alle drei Entscheidungsansätze - Intuition, Analytik, Probabilistik - integriert und kombiniert anzuwenden, anstatt die eine Vorgehensweise gegen die andere auszuspielen.





Wolfgang Behr, 48, ist Trainer B Skihochtour beim DAV und leitet die Risiko-  
management-Abteilung einer Bank. Er ist verheiratet und hat 2 Kinder (7 und 19).



von Wolfgang Behr und Jan Mersch

Wir hatten es schon thematisiert (s. bergundsteigen #98): die Probabilistik - manche nennen Methoden wie die SnowCard, die grafische Reduktionsmethode (GRM) oder Stop-or-Go auch „regelbasiert“ oder „strategisch“ - ist fester Bestandteil in Ausbildungskursen zur Lawinenkunde. Aber in der Praxis wird sie nur wenig verwendet (Abb. 1). Gleichzeitig wurde gerade in jüngerer Zeit aus Expertenkreisen Kritik an deren Wirksamkeit laut (vgl. Würtl in bergundsteigen #101) oder ihre Verwendbarkeit wurde generell in Frage gestellt (vgl. Höller in bergundsteigen #96).

Wir glauben aber nicht - um einen früheren bergundsteigen-Artikel zu zitieren -, dass wir uns „verfahren haben“ (Andres in bergundsteigen #93). Denn unsere Unfallanalyse über fünf Winter aller tödlichen Lawinenunfälle mit 185 Toten in Österreich und der Schweiz ergibt:

■ 84 % aller Toten wären auf Basis einer differenzierten Methode wie der SnowCard vermeidbar gewesen. Wendet man sie sehr vorsichtig an (das heißt, man begeht oder befährt nur die „grünen“ Geländezonen), wären es sogar 96 %.

■ Differenziertere probabilistische Methoden wie die SnowCard berücksichtigen die Details aus dem Lawinenlagebericht (LLB). Und dieser ist mittlerweile sehr gut geworden, denn: 95 % aller vermeidbaren tödlichen Lawinenunfälle fanden in Geländezonen statt, die vom LLB vorab als potentiell Lawinengelände benannt wurden („ungünstige“ Bereiche der SnowCard).

■ Die Kritik an der Verwendbarkeit bei Altschneeproblemen können wir zumindest für die SnowCard nicht nachvollziehen: ihre Unfallvermeidbarkeitsquote bei vorwiegendem Altschneeproblem ist statistisch sogar leicht höher als bei Neuschnee- oder Triebschneeproblemen. Zudem war die Vermeidbarkeit mit der SnowCard in „Altschneewintern“ (2015/16, 2016/17) nicht niedriger als in Wintern, in denen die Altschneeproblematik nicht so ausgeprägt war. Einzelfälle mögen davon abweichen, wir reden hier von immerhin 65 Unfalltoten bei „Altschnee“ aus fünf Wintern in Österreich und der Schweiz.

■ Es gibt viele neue (gute!) Erkenntnisse aus der Analytik. Wie wirksam und anwendbar sie in der Praxis für Anfänger, Fortgeschrittene und Experten sind, liegt im Auge des Betrachters und lässt sich trefflich diskutieren. Eine statistische Nachweisbarkeit für die Wirksamkeit und Anwendungsrelevanz gibt es aber nicht.



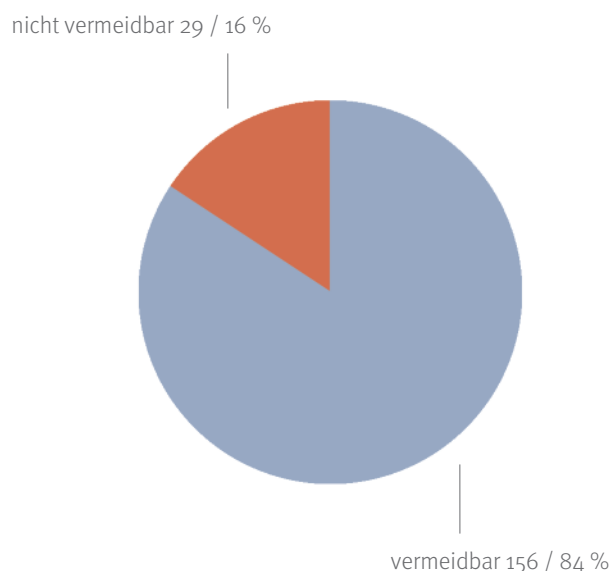
**Abb. 2 Schneeanalyse anno 2018 oder „Ablasshandel“?** Der Bergführer als Kundiger in theoretischer Physik und Feldforschung.





Jan Mersch, 47, Psychologe, Bergführer und Alpinsachverständiger, lebt mit Frau und Kindern im Chiemgau, [www.menschundberge.com](http://www.menschundberge.com)

**Abb. 3 84 % der Toten wären bei Anwendung der SnowCard vermeidbar gewesen** (bei Verzicht auf Orange und Rot).



Die Basis der Analytik ist theoretische Physik. Die Anwendung der Analytik liegt in der Schneedeckenuntersuchung. Beides ist nicht trivial. Bergführer, Trainer und Skitourengeher sind in der Regel weder Physiker noch Schneeforscher. Die Ableitung von Entscheidungen und Handlungsempfehlungen ist weit komplexer als wir selbsternannte Experten uns gerne eingestehen. Die gelebte Praxis erinnert manchmal an den „Ablasshandel“.

Zudem fragen wir uns, wie viel echte Schneedeckenanalyse da in der Praxis unter dem Label „Analytik“ wirklich betrieben wird – oder ob Entscheidungen nicht oft vor allem auf Basis fortgeschrittener Geländetaktik und der viel beschworenen Erfahrung getroffen werden und nicht auf Basis ausdifferenzierter schneeanalytischer Untersuchungen.



### Aktuelle Ergebnisse zur Vermeidbarkeit

Anfang 2017 haben wir in bergundsteigen #98 die Ergebnisse einer Unfallanalyse vorgestellt, welche alle tödlichen Lawinenunfälle aus

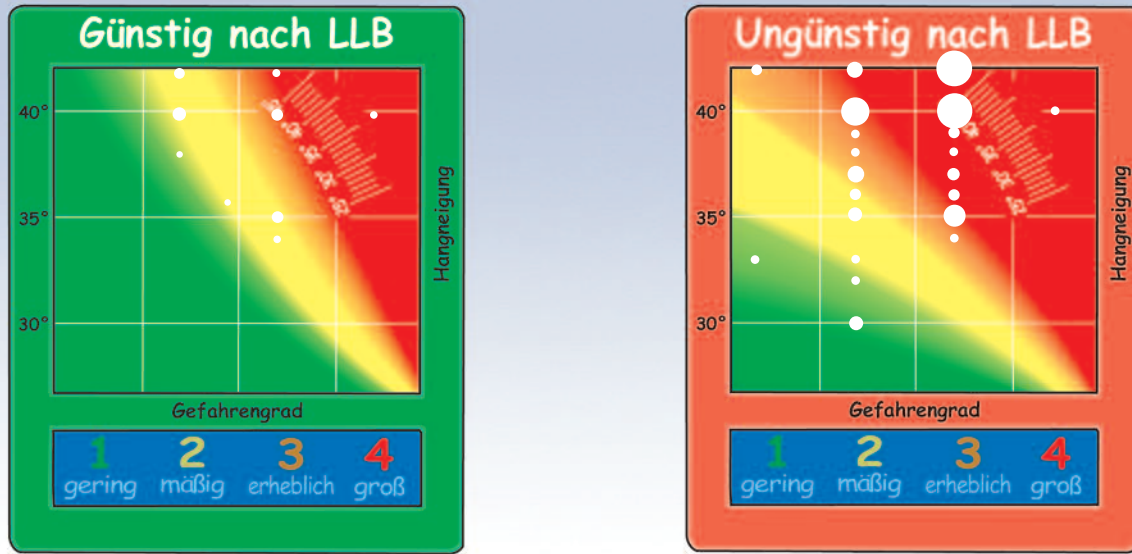
Österreich und der Schweiz über drei Winter im Detail ausgewertet hat (wer sich für diese Details der Vorgehensweise und die statistische Aussagekraft interessiert, sei auf die Erklärungen im Kasten am Ende des Artikels verwiesen). Wir haben die damalige Unfallanalyse nun um die letzten beiden Winter erweitert, um die statistische Aussagekraft weiter zu verbessern.

Die wesentlichen Ergebnisse dieser aktualisierten Analyse sind:

84 % aller Todesfälle waren „vermeidbar“ auf Basis der SnowCard (Abb. 3). Diese Quote verringert sich leicht auf 77 %, wenn nur auf die roten Geländebereiche verzichtet worden wäre („Expertenmodus“ der SnowCard) und erhöht sich auf 96 %, wenn auch auf die gelben Bereiche (Modus für sehr sicherheitsbewusste Anwender) verzichtet worden wäre.

Die „tatsächliche“ Vermeidbarkeit wäre dabei sicher noch höher, wenn wir auch die Einhaltung von eventuell empfohlenen Sicherheitsmaßnahmen (zum Beispiel Entlastungsabstände) mit hätten auswerten können. Dazu fehlen aber die (flächendeckenden) Angaben in den Unfallberichten.

**Abb. 4 Lawinenunfalltote nach SnowCard-Bereich.** Die Größe der Kugeln repräsentiert ungefähr die Anzahl der Toten im jeweiligen Bereich.



Die ermittelte Vermeidbarkeitsquote entspricht recht genau denjenigen, die bereits 2004 in einer ähnlichen Studie auf Basis von Unfällen in Nordamerika ermittelt wurde (McCammon, Hägeli, 2004).

Abbildung 4 zeigt zur Verdeutlichung die Verteilung der Unfalltoten auf die jeweiligen Risikobereiche der SnowCard, aufgeteilt in „günstige“ oder „ungünstige“ Bereiche.

Abbildung 5 zeigt wiederum, dass die allermeisten (95 %) der „vermeidbaren“ Toten in Geländebereichen unterwegs waren, die klar vom jeweiligen LLB als potentielles Lawinengelände benannt wurden. Wir haben diese Detailinformationen (also bestimmte Hangrichtungen wie etwa „Schattenhänge“, Höhenlagen oder Geländeformen wie „kammnahes Gelände“) für jeden Unfall gelesen und ausgewertet. Dieses Ergebnis ist wichtig, weil es zeigt, dass die Lawinenlageberichte potentielle Gefahrenstellen sehr gut vorhersagen.

Abbildung 6 zeigt schließlich, dass die Vermeidbarkeit für alle vier typischen Lawinenprobleme immer über 75 % liegt. Bei Altschnee ist die Quote sogar am höchsten. Dies steht klar im Widerspruch zu Empfehlungen von Experten zur eingeschränkten Verwendung probabilistischer Methoden bei bestimmten Lawinenproblemen (insbe-

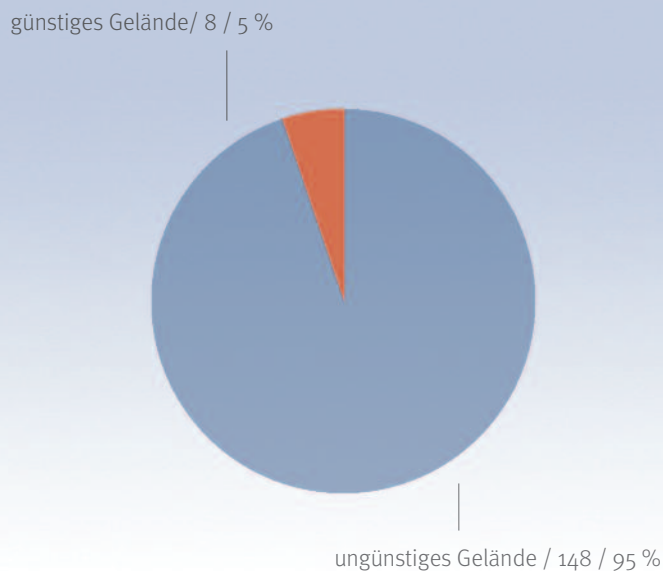
sondere Altschnee). Allerdings haben wir diese Aussage nur für die SnowCard überprüft, da diese die Verwendung aller Detailinformationen aus dem LLB voraussetzt.

Schließlich können wir bestätigen, dass die Vermeidbarkeit mit der SnowCard bei Lawinenwarnstufe 2 (Stufe 1 ist nicht auswertbar → zu geringer Fallzahlen) unterdurchschnittlich ist (60 %). Wenn man diese „nicht vermeidbaren“ Toten bei Stufe 2 genauer anschaut, fallen Muster auf: es sind hier eher etwas mehr Tote bei Tribschnee-problemen zu finden und auch solche in „ungünstigem“, also vom LLB benanntem, Gelände. Bei Stufe 2 und „ungünstig“ sind die Limite der SnowCard also eventuell etwas zu hoch. Es bleibt die sophistische Frage, ob gerade in diesen Situationen tatsächlich die vielbeschworene heilsbringende Analytik überhaupt angewandt worden wäre oder ob es sich einfach um vermeintlich „sichere“ Situationen handelt, in denen kein Gefühl der Gefährdung aufkommt.

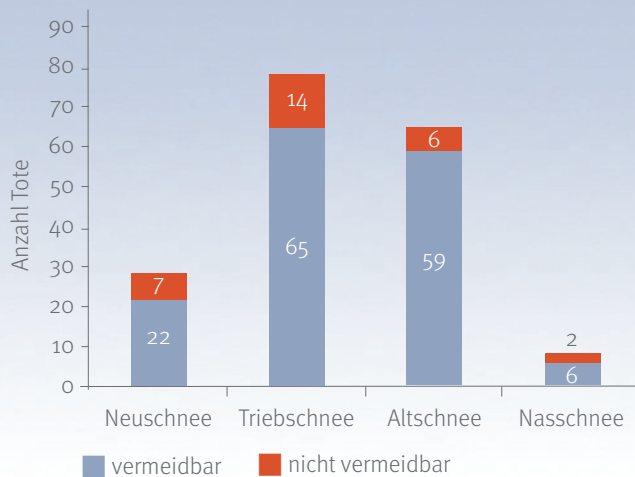
Bei der Beantwortung dieser Frage hilft eine Einschätzung, die wir bei jedem Unfall vorgenommen haben: wäre der Unfall „analytisch“ auf Basis der Schneesituation für einen Erfahrenen (der nicht unbedingt ein „Profi“ oder Superexperte sein muss) erkennbar und vermeidbar gewesen? Die Auswertung ergibt: von allen per SnowCard



**Abb. 5 95 % der insgesamt 156 vermeidbaren Toten waren im vom LLB als kritisch benannten Gelände unterwegs.**



**Abb. 6 Vermeidbarkeit SnowCard (Verzicht auf Orange und Rot) nach Lawinenproblem (ohne Gleitschnee).**



nicht vermeidbaren Todesfällen (Anzahl: 29) wären nach unserer Einschätzung ca. 2/3 (64 %) analytisch sehr wohl vermeidbar gewesen. Vom Unfalltypus her handelt es sich dabei oft um Situationen mit niedriger Gefahrenstufe (in aller Regel Stufe 2) und Triebsschnee als Hauptproblem. „Analytische Vermeidbarkeit“ haben wir dann angenommen, wenn für den genannten „erfahrenen“ Wintersportler die Situation an der jeweiligen Geländestelle als lawinengefährlich erkennbar gewesen sein müsste. Uns ist bewusst, dass das eine Einschätzung am „grünen Tisch“ ist und sicher in jedem einzelnen Fall auch diskutierbar ist. Aber das ist das Dilemma aller Unfallanalysen. Wir halten eine solche Auswertung trotzdem für sinnvoll, weil sie lehrreich ist und weil möglichst viele Fälle diese Unsicherheiten in der Auswertung ausgleichen sollten.



### Weitere Auffälligkeiten und weiterführende Fragen

■ Nach wie vor (im Vergleich zur Auswertung von 2017) finden sich keine Auffälligkeiten oder Unterschiede in Abhängigkeit von der jeweiligen Wintersaison, dem Land (Österreich oder der Schweiz), der

Aktivität (Skitour oder Variante) oder der Richtung (Aufstieg oder Abfahrt). Die sogenannten „Altschneewinter“ (2015/16 und 2016/17) hatten tatsächlich etwas mehr Tote mit entsprechend vorherrschendem Lawinenproblem „Altschnee“. Allerdings ist die Vermeidbarkeit nicht geringer gewesen als in anderen Wintern.

■ Die Ergebnisse zur Vermeidbarkeit bei Anwendung der normalen (Schweizer) GRM sind im Wesentlichen niedriger. Bei Verzicht nur auf den roten Bereich der GRM liegt die Vermeidbarkeitsquote nur bei 57 % (SnowCard: 77 %).

■ Neu ist die Auswertung eines Teils der Unfälle hinsichtlich der Verwendung eines Lawinenairbags. Diese Information steht nur für Unfälle mit insgesamt 66 Toten zur Verfügung (und auch da nur mit Einschränkungen beziehungsweise sehr wenigen Zusatzinformationen). 31 (47 %) dieser 66 Toten hatten einen solchen dabei. Diese Unfälle haben wir kombiniert mit Einschätzungen zur Hangsteilheit am Auslösepunkt (also nicht im Einzugsbereich), die wir - sofern auf Basis der verfügbaren Informationen halbwegs sinnvoll möglich - ebenso abgeschätzt haben. Diese Steilheit ist im Durchschnitt ungefähr 2° höher für die Todesfälle mit Benutzung eines Airbags als für diejenigen, die einen solchen nicht bei sich trugen. Die Fallzahl ist zwar ge-



Abb. 7 Einbettung in Gesamtstrategie mit Detailinformationen aus dem LLB im Sinne des „Lawinen-Mantras“ ist auch am Einzelhang sinnvoll.

ring und die Einschätzung der Steilheit am Auslösepunkt mit Unsicherheit behaftet. Dennoch: 2 Grad sind bei Hangsteilheiten, die ja meistens zwischen 30 und 45 Grad liegen, nicht unsignifikant. Ist das ein Hinweis darauf, dass Lawinenairbagnutzer steileres Gelände befahren? Sicher sind wir hier noch nicht, aber es wird interessant sein, wie sich diese Werte mit noch mehr Fällen verhalten werden.

## W Wie geht es weiter?

Wir werden auch die kommenden Winter weiter fleißig auswerten. Wichtig ist uns, dass all dieses zum Verständnis probabilistischer Methoden beitragen soll. Diese probabilistischen Methoden sind immer einzubetten in eine umfassende Strategie (Abb. 7) und können nur ein Baustein einer solchen Strategie sein. Einer Strategie, die auch andere Betrachtungsweisen (analytisch, intuitiv) erlaubt und natürlich das Gelände als wichtigen Parameter mitberücksichtigt. Das früher hier vorgestellte „Lawinen-Mantra“ (bergundsteigen #97) beschreibt eine integrative Strategie.

## Literatur

- Andres, M., 2015: Wir haben uns verfahren. Eine kritische Betrachtung zum Stand der strategischen Lawinenausbildung, bergundsteigen #93
- Behr, W., Mersch, J., 2018: Probabilistics reloaded?, Extended Abstract for the International Snow Science Workshop (ISSW), Innsbruck 2018
- Gaume, J., van Herwijnen, A., Chambon, G., Wever, N., & Schweizer, J., 2017: Snow fracture in relation to slab avalanche release: critical state for the onset of crack propagation. Cryosphere, 11(1), 217-228
- Heierli, J., Birkeland, K.W., Simenhois, R., Gumbsch, P., 2011: Anti-crack model for skier triggering of slab avalanches, Cold Regions Science and Technology, 65/2011, 372-381
- Höller, P., 2016: Schneewissen einst & heute, bergundsteigen #96 (3/16)
- McCammon, I., Hägeli, P., 2004: Comparing avalanche decision frameworks using accident data from the United States, ISSW 2004, Jackson, WY
- Mersch, J., 2008: Intuition, Wiedererkennung & Muster, bergundsteigen 4/08
- Mersch, J., 2005: Strategie DAV, bergundsteigen 4/05
- Mersch, J., Behr, W., 2017: Alles SnowCard, oder was?, bergundsteigen 1/17
- Mersch, J., Behr, W., 2010: Intuition und Distanz, bergundsteigen 4/10
- Mersch, J., Behr, W., 2009: Es irrt der Mensch solange er strebt, bergundsteigen 1/09
- Mersch, J., Hocke, H.-C., 2016: Angewandte Lawinenkunde im DAV 2017, bergundsteigen 4/16
- Mersch, J., Trenkwalder, P., 2007: Intuition oder Risikomanagement, bergundsteigen 1/07
- Mitterer, C., 2018: Was ich schon immer über Schnee & Lawinen wissen wollte, aber bisher nicht zu fragen wagte, bergundsteigen #102 (1/18)
- Würtl, W., 2017: Probleme mit Altschnee, geführten Gruppen und regelbasierten Methoden, bergundsteigen 04/17



**e** Erläuterungen zum Vorgehen und zur statistischen Aussagekraft

Wenn wir von „vermeidbar“ sprechen, dann meinen wir, dass der Unfall zu einer Zeit und an einem Ort passiert ist, der von der Snow-Card mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit mit dem Risiko für einen Lawinenabgang belegt wurde. Auch die SnowCard kann ja diesen nicht ganz sicher vorher-sagen.

149 Unfälle (mit 185 Todesfällen) wurden nicht nur auf Basis tabellarischer Aufstellungen mit den wichtigsten Daten (Ort, Datum, steilste Stelle im Anrissbereich, Lawinenwarn-stufe etc.) analysiert, sondern anhand von allen öffentlich verfügbaren Informationen (Unfallberichte, Presseberichte, Fotos) nachvollzogen.

Die Anzahl der mittlerweile ausgewerteten Todesfälle ist statistisch ausreichend gut. Wir haben dazu einen Binominaltest durchgeführt. Diese ergibt, dass die sogenannte Null-hypothese, also die Wahrscheinlichkeit des erfolgreichen Vermeidens durch Anwendung der SnowCard, kleiner als 78 % ist, mit 97,5 % Konfidenzniveau verworfen werden kann. Wir halten es für wichtig, solche Betrachtungen gerade im Alpinbereich transparent zu machen. Bei vielen Statistik-auswertungen von Alpinunfällen haben wir es mit sehr weni-gen Fällen zu tun und die statistische Verlässlichkeit und die Rolle des Zufalls in den Ergebnissen wird nicht weiter thema-tisiert. Auch in unserer Unfallanalyse gibt es Graubereiche was die Informationen angeht. Diese werden umso weniger kritisch, je größer die Grundgesamtheit der betrachteten Un-fälle ist („Gesetz der großen Zahl“).

Für jeden Unfall wurde nicht nur die steilste Stelle im An-rissgebiet ausgewertet (nur diese wird normalerweise in Ta-bellen dargestellt oder in Unfallberichten erwähnt), sondern die steilste Stelle im Einzugsbereich (also die Spur, 20-40 m um die Spur, ganzer Hang etc.) wurde ermittelt. Dabei wur-den für jeden Unfall Hangneigungskarten ausgewertet und eventuell mit Unfallfotos verglichen. Ohne eine solche mög-lichst eingehende Beschäftigung mit jedem Unfall macht eine derartige Unfallanalyse nur eingeschränkt Sinn.

Verhaltensmaßnahmen, die insbesondere von der Snow-Card ab dem gelben Bereich empfohlen werden (zum Bei-spiel Entlastungsabstände), haben wir mangels Informatio-nen nicht berücksichtigt. Daher wäre die Vermeidbarkeit am Ende sicher noch höher als angegeben, denn in vielen Fällen wurden diese Maßnahmen vermutlich nicht eingehalten.

Weitere Informationen zur Vorgehensweise finden sich auch in unserem vorhergehenden Artikel in bergundsteigen #98 – wir verzichten an diese Stelle auf eine Wiederholung ...

Wir danken Dr. Fabian Reffel, der uns beim Binominaltest unterstützt hat!

POWDER ADDICTION  
**SPECTRE 2.0**



**LA SPORTIVA**  
innovation with passion

SHOP NOW ON [WWW.LASPORTIVA.COM](http://WWW.LASPORTIVA.COM)





Markus Landrø ist IBV-Berghführer, PhD-Student an der UIT (Universität Tromsø/Norwegens Arktische Universität) und für das Beobachter-Netzwerk des Lawinenwarndienstes in Norwegen verantwortlich.

# Wie entscheiden Experten im Lawinengelände?



Markus Landrø hat sich für seine Linie am Nibbi (Hemsedal, Norwegen) entschieden. Foto: Sindre Thoresen Lønnes

**Bei Skitouren im Lawinengelände ist es (überlebens-) wichtig, die Lawinengefahr richtig zu beurteilen und dann gute Entscheidungen zu treffen. Es gibt verschiedene Grundlagen – in diesem Text auch kurz als Strategien bezeichnet –, die uns dabei helfen sollen, die bestmögliche Entscheidung zu treffen.**

**Es gibt sehr gut beschriebene und exakt geregelte Ansätze, aber auch weniger formale Strategien. In mehreren Ländern gibt es nationale Fachforen oder Institutionen, wie z.B. das Kernteam Lawinenausbildung (KAT) in der Schweiz oder die Canadian Avalanche Association (CAA) in Kanada, die solche Strategien evaluieren, empfehlen und in einigen Fällen auch herausgeben. Weitere Organisationen, die bestimmend dafür sind, welche Strategien unterrichtet werden, sind die nationalen Bergführerverbände und Alpenvereine.**





## von Markus Landrø und Gerit Pfuhl

In unserer Arbeit haben wir die am häufigsten verwendeten Strategien in Europa und Nordamerika untersucht. Sie sind in zahlreichen Büchern und Artikeln bestens beschrieben, sodass wir auf eine Vorstellung oder einen Vergleich an dieser Stelle verzichten.

Die zehn Strategien in unserer Studie sind:

- 3x3
- Reduktionsmethode
- SnowCard
- Stop or Go
- NivoTest
- Grafische Reduktionsmethode
- Systematische Schneedeckendiagnose
- Avaluator 2.0
- ALPTRUTH (Kanada)
- After Ski Methode (Norwegen)

In diesen zehn Strategien basieren die Entscheidungen typischerweise auf einer Beurteilung von vier Arten von Faktoren:

1. physikalische Faktoren (z.B. Hangneigung)
2. regionale Gefahrenstufe des Lawinenwarndienstes
3. im Gelände beobachtete Instabilitätserscheinungen, d.h. Alarmzeichen (z.B. kürzlich abgegangene Lawinen, Wumm-Geräusche, ...)
4. soziale Faktoren (z.B. Gruppengröße, ...)

Für jede der zehn Strategien haben wir alle jeweils relevanten Faktoren identifiziert und konnten dabei über 50 unterschiedliche nachweisen. Viele davon werden von mehreren Ansätzen geteilt, aber die Strategien unterscheiden sich zum Teil in Art, Bedeutung und Anzahl der einbezogenen Faktoren.

Alle Faktoren können thematisch gruppiert werden in Faktoren für ...

- die Schnee- und Lawinenbildung
- die Schneedeckenuntersuchungen
- Stabilitätstests
- den Lawinenlagebericht
- die Gruppe
- das Gruppenmanagement
- das Gelände

Beispiele für Faktoren, die zum Thema Gelände gehören, sind: Messen von Steilheit in 5°-Intervallen ab 30° und die Unterscheidung zwischen Lawinen- und nicht Lawinengelände. Beispiele für Faktoren, die zum Thema Gruppenmanagement gehören, sind: 30 m Entlastungsabstand im Aufstieg und Einzelfahren ab 35° in der Abfahrt.



## Fragestellung

Wir wollten wissen, ob Experten diese Strategien kennen und verwenden. Wir wollten auch wissen, ob sie in den verschiedenen Phasen einer Tour im Gelände tatsächlich auch dieselben Faktoren be-

urteilen und für wichtig halten, die in den Strategien gelehrt und angewendet werden. Im Rahmen einer Online-Umfrage haben wir gezielt Experten angeschrieben. Diese, d.h. die Teilnehmer unserer Studie, sind sowohl Bergführer, Lawinenprognostiker und Lawinenforscher, als auch professionelle Skifahrer und Snowboarder. Diese beiden Expertengruppen schienen uns deswegen interessant, da sie einen anderen Ansatz in der Lawinenbeurteilung und Entscheidungsfindung haben könnten.

Die Umfrage wurde auf Englisch, Deutsch und Norwegisch durchgeführt, wodurch wir Antworten von Expertengruppen aus verschiedenen Ländern erhielten, die sich in ihren Traditionen und Ansätzen zur Entscheidungsfindung im Lawinengelände unterscheiden. Die Umfrage wurde nicht auf Französisch oder Italienisch übersetzt und deshalb auch nicht an Experten in diesen Ländern verteilt. Dies ist in erster Linie auf die begrenzte Übersetzungskapazität zurückzuführen, deshalb konnten auch andere relevante Länder und deren Experten nicht berücksichtigt werden.

Zuerst haben wir „unsere“ Experten zur Anwendung und Bedeutung aller von uns identifizierten Faktoren befragt, bevor wir Fragen zur Kenntnis und Anwendung der zehn Strategien stellten. Auf diese Weise mussten die Experten darüber nachdenken, welche Faktoren sie tatsächlich in ihrer Entscheidungsfindung verwenden und welche in den verschiedenen Phasen einer Tour wichtig sind – sie konnten sich also nicht einfach auf die Faktoren berufen, die fixer Bestandteil einer Strategie sind.



## Ergebnisse

Im Folgenden präsentieren wir einen Auszug aus unseren Umfrageergebnissen. Wir konzentrieren uns dabei auf den Teil über „Wissen und Anwendung bestehender Strategien“ und auf den einen Faktor, der in den meisten Strategien entscheidend ist: die Gefahrenstufe.

### Die Experten

Im Zeitraum von drei Monaten, die unsere Online-Studie lief, beantworteten 100 Experten den Fragebogen:

- Die Experten kamen zu gleichen Teilen aus Skandinavien, dem deutschsprachigen Teil der Alpen und Nordamerika.
- Die Mehrheit waren Männer, 10 % waren Frauen.
- Im Durchschnitt hatten die befragten Experten 28 Jahre Erfahrung mit Skitouren und verbrachten pro Saison 50 Tage auf Skitouren.
- Die meisten Teilnehmer hatten deutlich mehr, einige wenige jedoch weniger Tourentage.
- Pro Saison waren im Schnitt 73 % dieser Skitage im Lawinengelände.

### Analytisches und implizites Wissen

Die oben erwähnten zehn Strategien lassen sich in analytische/wissensbasierte und probabilistische/regelbasierte Ansätze unterteilen. Alle Strategien in unserer Studie haben Komponenten aus beiden Ansätzen, die im Entscheidungsprozess gemeinsam genutzt werden sollten. Weiterhin haben wir auch angegebene Entscheidungen basierend auf Intuition mit einbezogen, auch wenn diese kein Bestandteil einer dieser Strategien sind.

Die Zahlen für die anderen Strategien sind klein und erlauben es nicht, eindeutige Rückschlüsse zu ziehen. Unsere Ergebnisse deuten jedoch darauf hin, dass die Strategien vorrangig in Ausbildungskursen zur Anwendung kommen.

■ Von den befragten Experten gaben 89 % an, dass sie eine wissensbasierte, analytische Entscheidungsfindung anwenden, bei der detaillierte Beobachtungen und eine sorgfältige Beurteilung der Faktoren unerlässlich sind.

■ Weiterhin sagten die Experten aber auch, dass sie sich auf ihre Intuition verlassen: 79 % vertrauen ihrer Intuition, die sie als Bauchgefühl und basierend auf langjähriger Erfahrung beschreiben.

■ Eine kleinere Gruppe (32 %) gab an, das Risiko zu kalkulieren: Sie berechnen die Wahrscheinlichkeit von Lawinen und potenziellen Folgen.

■ 39 % gaben an, sich situationsabhängig zu entscheiden: In vertrauten Situationen wird eine Faustregel verwendet, aber falls die Situation eher unbekannt ist, verwenden sie analytische Methoden.

■ 16 % gaben an, sich auf die probabilistische/regelbasierte Entscheidungsfindung zu stützen.

### Kenntnis und Anwendung von vorhandenen Strategien

Wir haben die Experten gefragt, mit welcher der vorhandenen Strategien sie vertraut sind, wobei Mehrfachnennungen möglich waren (Abb. 1):

■ Das 3x3 von Munter war zu 68 % bekannt. Diese Methode ist ein integrierter Bestandteil der Reduktionsmethode (RM) – auch zu 68 % bekannt – und wird in Kombination mit mehreren anderen Strategien gelehrt.

■ Der kanadische Avaluator 2.0 (A2.0) ist bei 61 % der befragten Experten bekannt.

■ Für die anderen Strategien beträgt der Bekanntheitsgrad: Grafische Reduktionsmethode (GRM) 35 %, Snow-Card (SC) 42 %; Stop or Go (SoG) 43 % und Systematische Schneedeckendiagnose (SSD) 44 %.

■ Die After-Ski-Methode (ASM) mit 24 % sowie NivoTest (NT) und AlpTruth (AT) mit jeweils 27 % waren am wenigsten bekannt, was sich durch die sehr begrenzte Anwendung außerhalb ihrer Herkunftsländer (Norwegen, Schweiz und Kanada) erklärt. 16% listeten weitere Strategien und Ansätze auf, die nicht in dieser Studie enthalten sind. Nur ein Experte sagte, dass er keine der Strategien kannte.

Abb. 1 zeigt den Unterschied zwischen der Kenntnis und der Anwendung der Strategien. Bemerkenswert ist, dass die SSD von einem hohen Anteil der Personen, die sie kennen, auch tatsächlich genutzt wird (77 % der 44 Personen) – keine andere Strategie wird so häufig von den befragten Experten angewendet.

Die Zahlen für die anderen Strategien sind klein und erlauben es nicht, eindeutige Rückschlüsse zu ziehen. Unsere Ergebnisse deuten jedoch darauf hin, dass die Strategien vorrangig in Ausbildungskursen zur Anwendung kommen.

Tatsächlich gehören viele unserer befragten Experten einer Gruppe an, die typischerweise solche „Lawinenkurse“ unterrichten (z.B. Bergführer, Skiführer). Aber nur sehr wenige vermitteln dort auch eine der Strategien - mit Ausnahme jener (22 von 34), welche die SSD verwenden. Diese begrenzte Vermittlung der Strategien in Ausbildungen ist auffällig, insbesondere da mehrere davon speziell für Anfänger entwickelt wurden. Die meisten der Strategien sind hauptsächlich probabilistisch/regelbasiert und gelten als gut geeignet für



**Abb. 1 Kenntnis und Anwendung der Strategien** in absoluten Zahlen (von 100 Befragten) und Anwendung in relativen Zahlen. Mehrere Antworten waren möglich.

Strategie	kennen (n=100)	verwenden davon (%)
3 x 3	68	25 (37 %)
Reduktionsmethode	68	9 (13 %)
Avaluator 2.0	61	10 (16 %)
Systematische Schneedeckendiagnose	44	34 (77 %)
Stop or Go	43	5 (12 %)
Snow Card	42	3 (7 %)
Grafische Reduktionsmethode	35	12 (34 %)
AlpTruth	27	3 (11 %)
NivoTest	27	1 (4 %)
After Ski Method	24	4 (17 %)

Einsteiger, verlangen sie doch vergleichsweise wenig Wissen oder Können für die korrekte Anwendung und sind dankbar zu unterrichten. Die SSD hingegen ist hauptsächlich analytisch/wissensbasiert und gilt traditionell als weniger geeignet für Anfänger.

### Verwendung von Strategien in verschiedenen Phasen einer Skitour

Auch wenn man das 3x3 von Munter nicht benutzt, ist es üblich, eine Skitour in verschiedene Phasen aufzuteilen. Diese können als Entscheidungsprozess verstanden werden, der von der Tourenplanung (regional) über die Routenwahl (lokal) bis hin zur Einzelhangentscheidung (zonal) reicht. Die Idee dabei ist, dass es nützlich ist, die Lawinenbeurteilung und den Entscheidungsprozess mehrmals durchzuführen. Dies bietet dann mehrere Möglichkeiten durchdachte Entscheidungen zu treffen und gefasste Pläne durch neue Informationen zu ändern. Somit reduzieren wir das Risiko einer Lawinenauslösung. Laut Munter ist eine Kombination aus seinem 3x3 und RM eine Voraussetzung, um das gewünschte Risikoniveau zu erreichen. 23 Experten bestätigten, dass sie das 3x3 bei der Tourenplanung verwenden, aber die Wichtigkeit in den weiteren Phasen abnimmt. Mit Ausnahme von 3x3 und SSD ist die Verwendung von Strategien in verschiedenen Phasen sehr begrenzt. Unsere Ergebnisse deuten jedoch darauf hin, dass diejenigen, die A2.0 und GRM nutzen, sie bei der Tourenplanung und Routenwahl verwenden. Im Gegensatz zu den anderen Strategien erhöht sich der Einsatz der SSD von acht Experten in der Tourenplanung auf 26 in der Routenwahl und 29 im Einzelhang entscheidend. Dies ist verständlich, da die in der SSD enthaltenen Faktoren im Gelände beobachtet und beurteilt werden müssen, während die anderen Strategien Faktoren beinhalten, die bereits vor Beginn einer Skitour ermittelt und verwendet werden können.

### Ist eine Strategie oder ein Faktor entscheidend, relevant oder eher unbedeutend?

Eine unserer Fragen war: „Wie wichtig/nützlich sind diese Methoden in der Praxis für Deine Entscheidung am Einzelhang?“

Diese Frage stellten wir, nachdem die analytischen oder probabilistischen Ansätze befragt wurden, und hier zeigte sich, dass Experten sich auf ihre Intuition verlassen. Diejenigen, die SSD kennen, vertrauen ihr auch am Einzelhang.

### Gründe für oder gegen die Nutzung der Strategien

36 % gaben an, dass die Strategien „einen anderen Ansatz verwenden“ und 29 % gaben an, dass die Strategien „einer Struktur folgen, die nicht zu meiner Art von Entscheidungsfindung passt“.

Warum verwenden Experten die Strategien nicht? Fast 1/3 gab an, dass die Strategien die Entwicklung und das Lernen einschränken (29 %) und den Benutzer vom eigenen Denken abhalten (18 %). Neben der technischen Beherrschung von Ski oder Snowboard erfordert das Skitourengehen weitere Fertigkeiten, wie z.B. Orientierung, sich warm und trocken zu halten, usw. und nur ein Teil davon ist eben auch die Fähigkeit zur Beurteilung der Lawinengefahr. 14 Experten sagten, dass die Nutzung der Strategien zu kompliziert ist, wenn sie draußen in den Bergen sind und es schwierig ist, die verwendeten Faktoren zu beurteilen.

Dies stellt dann allerdings in Frage, inwiefern diese Strategien nun für Anfänger geeignet sind, die sich neben der Lawinengefahrenbeurteilung meist auch noch die zahlreichen anderen notwendigen Fähigkeiten zum Bewegen im winterlichen Gelände aneignen müssen. Noch beunruhigender war, dass 14 Experten angaben, dass sie nicht an die den Strategien zugrunde liegenden Statistiken glauben. Fünf behaupteten, dass Strategien nicht zu funktionieren scheinen, neun, dass Strategien die falschen Faktoren kombinieren und acht, dass sie auf den falschen Faktoren basieren.

Sechs der Experten stimmten der Aussage zu „Zu oft sagt die Methode Nein, und die Leute fahren dann trotzdem und nichts passiert“, was zeigt, dass die Strategien den Anwender zu stark einschränken. Dies deutet darauf hin, dass diese Experten der Meinung sind, dass die Genauigkeit der Strategien begrenzt oder dass die Sicherheitsmarge zu groß ist.

Natürlich haben wir auch gefragt, warum „ihre“ benutzte Strategie wichtig ist. Hier antworten viele:

- Es hilft, aktiv in eine bestimmte Denkweise einzusteigen.
  - Es hilft, den Entscheidungsprozess zu strukturieren.
  - Es verhindert, dass wichtige Informationen übersehen werden.
- Es unterstützt Intuition und Bauchgefühl.

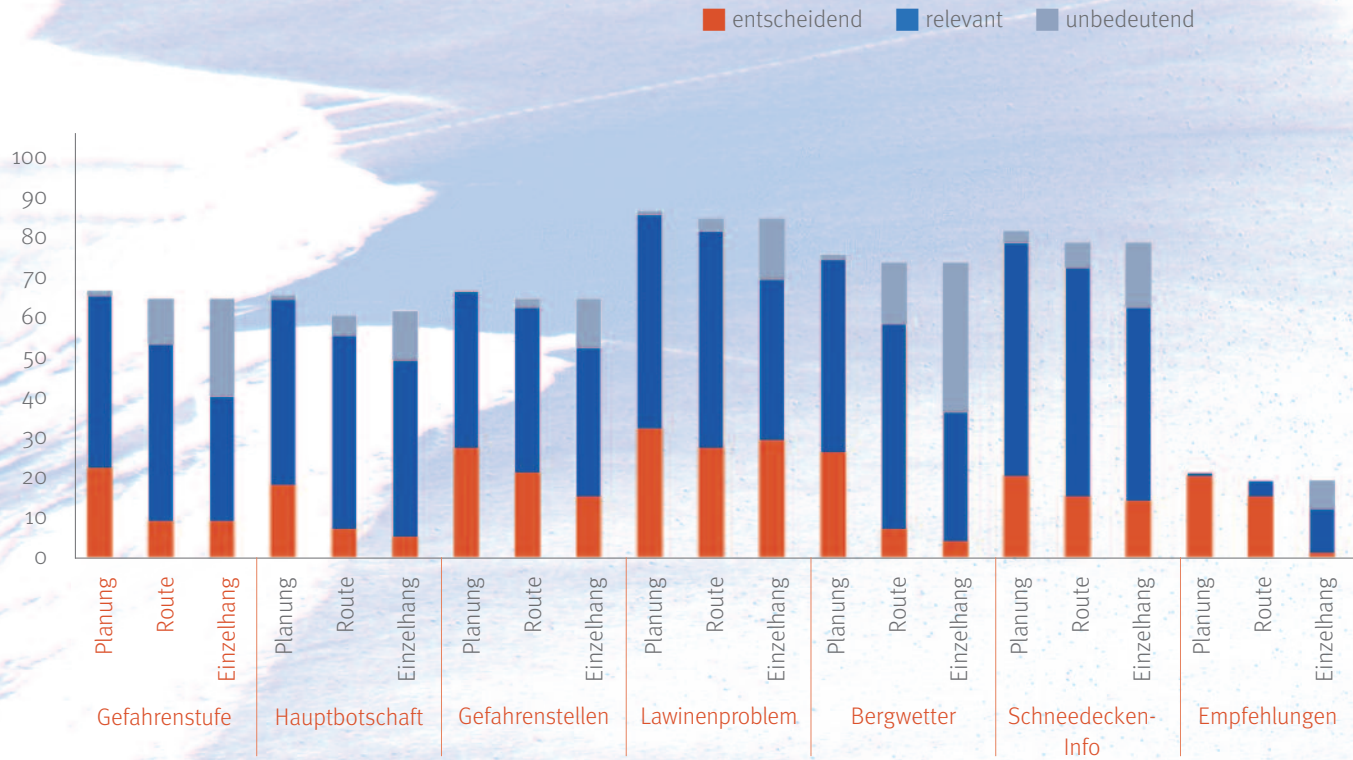
Es ist also deutlich, dass auch Experten etwas schätzen und verwenden, was Rahmen und Struktur bietet und somit den Entscheidungsfindungsprozess unterstützt.

### Der Lawinenlagebericht und die Gefahrenstufe.

Bei der Auswahl des Tourenzieles oder bei der Planung einer Skitour ist ein Lawinenlagebericht eine nützliche Informationsquelle. Nur 2 % der Experten gaben an, nie die Informationen aus einem Lawinenlagebericht zu nutzen. 63 % benutzen den Bericht immer und 35 % manchmal. Der Lawinenlagebericht wird hauptsächlich bei der Planung verwendet (50 %), weniger bei der Routenwahl (30 %) und bei Entscheidungen am Einzelhang (20 %).

Ein Lawinenlagebericht besteht aus mehreren Elementen. Wir haben die Experten gefragt, welche Elemente sie in verschiedenen Phasen

**Abb. 2 Wichtigkeit der Elemente im Lawinenlagebericht.** Der Lawinenlagebericht mit seinen Elementen „Lawinenproblem“ und „Gefahrenbeschreibung und Schneedeckeninfo“ ist für die 100 befragten Experten wichtiger als die Gefahrenstufe.



verwenden und welche Bedeutung diese Elemente haben (Abb. 2). Die Gefahrenstufe gilt traditionell als das wichtigste Element in einem Lawinenlagebericht, sowohl für die weltweiten Lawinenwarndienste als auch für die European Avalanche Warning Services (EAWS). Mit Ausnahme von NT und SSD ist die Gefahrenstufe entweder ein gleichwertiger (AT und A2.0) oder der prominenteste Faktor und Ausgangspunkt im Entscheidungsprozess.

Es hat sich allerdings gezeigt, dass für viele Experten die Verwendung und die Bedeutung des Faktors „Gefahrenstufe“ in den verschiedenen Phasen einer Skitour abnimmt: 1/3 gab an, dass die Gefahrenstufe für Entscheidungen am Einzelhang unbedeutend ist.

Dies lässt sich einerseits durch das Gefahrenstufen-Konzept selbst, d.h. die Art und Weise, wie die Gefahrenstufe bestimmt wird und andererseits durch ihre Verwendung in einigen Strategien nachvollziehbar erklären – und ist in der Literatur der letzten Jahre nachzulesen:

■ Die Gefahrenstufe ist weder für kleinräumige oder hängespezifische Beschreibungen geeignet, noch wurde sie zu diesem Zweck entwickelt (Nairz, 2010).



- In Wirklichkeit ändert sich das Gefahrenniveau kontinuierlich, nicht schrittweise wie auf der Skala. Die Schritte implizieren eine bestimmte Gefahrenstufenbandbreite (Mitterer, 2015).
- Fehlende Einheitlichkeit in der Bestimmung der Gefahrenstufe (Müller, 2016).
- Unsicherheit im Zusammenhang mit dem Lawinenlagebericht (Prognose) und systematischen Verifikationsverfahren bezüglich Gefahrenstufe (Schweizer, 2010; Schweizer, Kronholm, & Wiesinger, 2003; Techel, Dürr, Schweizer, 2016).
- Da uns die Gesamtzahl der Skitourengeher fehlt, ist die Verwendung von einer Gefahrenstufe als ein zentraler Faktor in der Risikoberechnung zusammen mit Lawinenunfalldaten problematisch (Kronthaler, 2001; McCammon & Hägeli, 2005).
- Bei der unfallbasierten Risikoberechnung werden nicht alle Fälle berücksichtigt, in denen ein Experte aufgrund ihrer/seiner Lawinenbeurteilung einen bestimmten Hang nicht befahren hat. In einer Kalkulation hätte dies als Ereignis zählen sollen.
- Das Lawinenproblem hat keinen direkten Einfluss auf die Bestimmung von Gefahrenstufen, z.B. Berechnungen von Techel und Winkler (2015) zeigen, dass das relative Risiko bei gleicher Gefahrenstufe in Situationen mit Altschnee-Schichten 50 % höher ist als bei anderen Lawinenproblemen.

Unsere Ergebnisse signalisieren, dass wir in Zukunft weniger Wert auf die Gefahrenstufe legen sollten, sondern mehr auf das aktuelle Lawinenproblem und die Schneedeckeninformationen. Diese Einschätzung wird durch eine aktuelle Studie über die Kommunikationswirksamkeit von Lawinenwarnungen (Engeset et al., 2018) untermauert, an der auch Anfänger und weniger qualifizierte Anwender teilnahmen.

## **S** Schlussfolgerung

Die Experten kennen die Strategien, wenden sie aber nicht konsequent an. Eine Ausnahme bildet hier die Kenntnis und Anwendung der Systematischen Schneedeckendiagnose.

Nur sehr wenige der Experten verwenden einen probabilistischen Ansatz, bei dem das Lawinenrisiko aus Kombinationen von Wahrscheinlichkeiten berechnet wird. Die Mehrheit der Experten wenden bei ihren Entscheidungen einen analytischen, wissensbasierten Ansatz an.

Experten beobachten und beurteilen Alarmsignale und sind selbst aktiv bei der Suche und Verifizierung der aktuellen Lawinenprobleme. Sie führen z.B. Stabilitätstests durch, um ein Problem zu erfassen bzw. zu beobachten und versuchen dabei zu analysieren, wie wahrscheinlich eine Lawine ist, welche Zusatzlast notwendig und mit welcher Lawinengröße zu rechnen ist.

Die Ausbildung von Anfängern sollte möglicherweise nicht allein durch Vereinfachungen und Regeln erfolgen. Die Betonung der Komplexität der Lawinenprobleme und der Umgang mit diesen sollte frühzeitig gelehrt werden. Darüber hinaus sollten es zukünftige Strategien dem Benutzer ermöglichen, mit seiner Erfahrung zu wachsen

und eine Weiterentwicklung nicht behindern. Vielmehr sollten sie den Übergang vom Anfänger über den Könnler bis zum Experten unterstützen und fördern.

Alle Strategien erfordern neue Beurteilungsdurchgänge, wenn man neue Informationen – wie z.B. Alarmsignale – erhält. Außer der Systematischen Schneedeckendiagnose bieten die Strategien keine Struktur, wie man solche klaren Informationen wie frische Lawinen oder Wumm-Geräusche vollumfänglich analysiert und interpretiert, und weniger offensichtliche Informationen, wie z.B. Altschnee-Schichten, werden leicht übersehen.

Die Gefahrenstufe ist ein guter Indikator für die Verhältnisse, denen man mit hoher Wahrscheinlichkeit im Gelände begegnen wird. Der Lawinenlagebericht enthält jedoch weit mehr als nur die Gefahrenstufe. Die Information über Lawinenprobleme und die Schneedecke sollten in zukünftigen Strategien eine größere Rolle spielen, um ihr Ausbildungs- und Sicherheitspotenzial zu nutzen.

## **Anerkennung**

Wir bedanken uns für die Zeit und den Aufwand, den die befragten Experten für unsere Befragung aufgewendet haben. Wir danken auch allen, die zur Entwicklung von Strategien beigetragen haben, um uns alle bei der Entscheidung zu helfen, ob wir in einen Hang einfahren sollen – oder besser nicht.

## **Literaturhinweise**

- Engeset, R. V., Pfuhl, G., Landrø, M., Mannberg, A., and Hetland, A. Communicating public avalanche warnings – what works? *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 18, 2537-2559, 2018. <https://doi.org/10.5194/nhess-18-2537-2018>
- Kronthaler, G. (2001). Reduktionsmethode, Snowcard, Stop or Go - Wie sicher sind sie? (Vol. Jahrbuch 2001): Österreichisches Kuratorium für Alpine Sicherheit.
- Mitterer, C. (2015) Der Lawinenlagebericht - eine unverstandene Liebe? *bergundsteigen* #93, 62-67
- Müller, K., Mitterer, C., Engeset, R., Ekker, R., Kosberg, S. (2016). Combining the conceptual model of avalanche hazard with the Bavarian matrix. Paper presented at the International Snow Science Workshop, Breckenridge, Colorado, USA.
- Nairz, P. (2010). RESULTS. Meeting of the Working Group of the European Avalanche Warning Services (WG EAWS). Retrieved from [http://www.avalanches.org/en/docs/EAWS\\_WG\\_Results.pdf](http://www.avalanches.org/en/docs/EAWS_WG_Results.pdf)
- Schweizer, J. (2010, October 17-22). Predicting the Avalanche Danger Level From Field Observations. Paper presented at the International Snow Science Workshop, Lake Tahoe, CA, USA.
- Schweizer, J., Kronholm, K., & Wiesinger, T. (2003). Verification of regional snowpack stability and avalanche danger. *Cold Regions Science and Technology*, 37(3), 277-288. doi:[https://doi.org/10.1016/S0165-232X\(03\)00070-3](https://doi.org/10.1016/S0165-232X(03)00070-3)
- Techel, F., Dürr, L., Schweizer, J. (2016). Variations in individual danger level estimates within the same forecast region. Paper presented at the International Snow Science Workshop, Breckenridge, Colorado, USA.
- Techel, F., Winkler, K. (2015). Fürchtet den Altschnee. *bergundsteigen* #90, 34-43.



# Are you keeping up with Jeremy Jones?

**Positional preferences and risky terrain choices**



by Andrea Mannberg, Jordy Hendrikx, Jerry Johnson

In economics, there is a growing body of research that suggests that many people have so-called "positional preferences". A positional individual derives utility from their consumption relative to that of others. Let's use an example. Suppose that you own a 5 year old car. It works reasonably well and takes you wherever you want to go. You are quite happy with it. Now suppose that you get a visit from your brother or son in law, who has recently bought a brand new and really nice car. How does your level of satisfaction react to this situation? If you feel a reduction in wellbeing, you are positional. If not, well, then you don't have positional preferences. Positional preferences are unfortunately problematic. The reason is that, as you try to climb to the top of the ladder of success, there is always someone left behind who will try to catch up with you. In risky activities such as investing or backcountry skiing, this kind of behavior has the potential to draw people into riskier situations. To see if this positionality carries from economics into backcountry travel and risk-taking behavior, we use results from an online survey distributed in North America (N = 745), to analyze if backcountry riders' level of contentment with their personal riding is affected by others' backcountry activities, i.e., if they are positional, and if positionality for backcountry experiences is associated with increased risk-taking behavior. Our findings suggest that many are positional, and that positional preferences for challenging terrain is correlated with relatively high risk exposure. The positionality effect is present regardless of level of avalanche training and suggests that current avalanche education does not change one's positionality related to risk taking behavior. Our results provide support for the hypothesis that social comparisons may overwhelm logic we learned in our avalanche class. It further suggests that avalanche courses should be adapted to deal with the "keeping up with the Joneses" (not necessarily Jeremy Jones), effect by incorporating some comprehension of personality type or at least introspection in the presentation of course material.



## Introduction

The main aim of our study was to test if positional preferences, related to backcountry skiing, is associated with increased risk exposure in terms of avalanches. Research in psychology and economics show that self esteem is closely related to social comparisons and relative social status (Baumeister and Leary, 1995; Loewenstein, 1999; Shrauger and Schoeneman, 1979; Festinger, 1954; Tesser, 1988; Ravis and Sheeran, 2003; White et al., 2009). Economists refer to utility derived from social comparison as positional preferences. Social aspirations encourage people to work harder to be more successful and to project that success – think Ferraris. However, because social position is relative, high levels of performance among some individuals may encourage others to emulate them. As a consequence, positioning creates incentives to invest more in order to "keep up with the Joneses", and reduces the wellbeing of those lagging behind (e.g., Veblen, 1899; Duesenberry, 1949; Easterlin, 2001; Luttmer, 2005). In areas of potential high risk,



**Four skiers discuss terrain choices at the top of a slope in the Northern Chugach Range, Alaska. Did positional preferences influence their terrain choice?** Photo: Jordy Hendriks



such as travel in avalanche terrain, hoped-for gains in social status has the potential to increased risk exposure, which in avalanche terrain can get you killed or injured.

These behaviors are emergent. In the world of consumer science the largest consumer segment globally is what is termed “aspirational consumers”. These are people that want something to believe in and are open to being inspired. The trend toward symbols of their identity and belong to distinct “tribes” that they associate themselves with strongly. Teen fashion and music are common examples. Aspirational consumers define themselves with the tribes’ beliefs, vision, values and behaviors. They thrive on social validation and social media and are eager to share their ideas and experiences. All this gives them meaning in both their consumption and they behaviors. Aspirational consumers are well represented in the outdoor community and backcountry community (Outdoor Industry Association, 2015). Just look at the number of followers on Instagram of top skiers and outdoor athletes.

Research on the link between risk-taking behavior and social aspirations is still relatively scarce, but a few studies in other fields provide suggestive evidence that excessive risk exposure may be related to individuals who strive for social acceptance (e.g., Leary et al., 1994; Aloise-Young et al., 1996; Miller- Johnsson et al., 2003).

Concerning risk-taking in avalanche terrain, some findings indicate that the desire to gain social status may play a role. For example, McCammon (2002; 2004) suggested that individuals who met others during the tour missed more warning signs than did individuals who met no-one. Similarly, Mannberg et al (2018) find that individuals who state that they tend to compare the type of terrain that they ski, with that of others, are over-represented among individuals with avalanche experience. However, to the best of our knowledge, no one has to date directly tested if positional preferences for risky leisure activities increase risk-exposure.

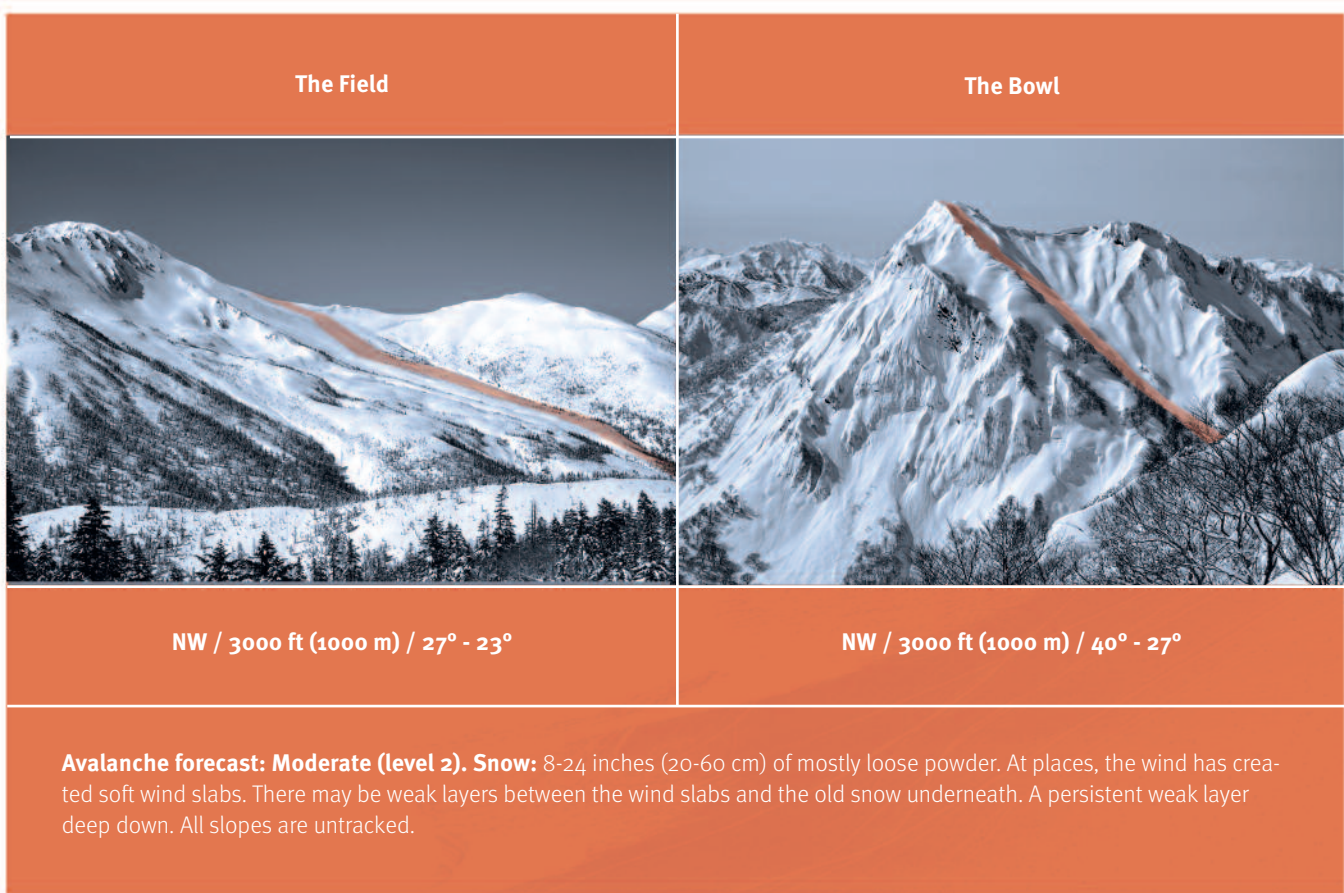


**Methods**

**Participants**

We collected data during January - April, 2018, using an online survey. Seven hundred and forty-five individuals over 18 years of age agreed to participate and provided complete answers to questions relevant for analysis. Of these, 24 percent were female. Median age was 35. Most participants rated their backcountry travel skills as

Figure 1: Hypothetical terrain choices and avalanche forecast.



high: 19 percent rated themselves as beginners or intermediate backcountry travelers, 38 percent as strong, and 43 percent considered themselves to be experts or extreme backcountry travelers. The sample was relatively experienced in terms of years of skiing in the backcountry with a median of 6 years, and the average number of days skiing in the backcountry per season had a median of 15 days. Fourteen percent of the sample had no formal avalanche training, 66 percent had training corresponding to a recreational level I or II, and 19 percent had professional avalanche training. 41 percent has experience of an avalanche accident or a close call.

**The survey**

We measured risk-taking behavior in avalanche terrain via hypothetical ski terrain choices using an on-line survey. Respondents read about a hypothetical backcountry ski tour, including information about weather, avalanche, and terrain hazards, and were asked which of two alternative routes down the mountain that s/he would prefer to ski, and which would they accept, to ski if someone in their group wanted to ski it, and no one else objected (compare bergundsteigen #101, see figure 1).

Weather, snow conditions, and the overall avalanche danger level and problem were identical for both runs and was provided in detail.





Jerry Johnson (PhD) is a Professor in the Department of Political Sciences and an affiliate in the Snow & Avalanche Laboratory at Montana State University in Bozeman, Montana, USA. He is a lifelong skier, mountaineer and whitewater kayaker.

Slope, and terrain features affecting the consequences of a fall or an avalanche varied systematically: The Field represented low angle terrain with low probability of an avalanche occurring and no dangerous terrain features (i.e., simple terrain according to the Avalanche Terrain Exposure scale, ATES), while the Bowl is a steep terrain trap in which avalanching is possible (complex terrain according to ATES). The order of presentation of the two runs was randomized to avoid ordering effects.

In order to control for differences in perceived risk, we asked respondents to answer the following question: *“Keeping the information about terrain and snow conditions in mind: how big do you think the risk for an accident (e.g., due to an avalanche or a fall) would be for you if you skied down this run? The value 1 means that you think that it would be totally safe for you to ski down the run, and the value 6 means that you think that it would be a very high risk for you to ski down the run.”* In addition to allowing us to control for how risky they thought each run was, this question further made it possible to check if participants ranked the risk of the two runs in accordance to our intended design.

We measured positional preferences by asking the respondents about how their level of contentment with a hypothetical riding weekend would be affected if they later found out that other riders skied either more or less challenging terrain than they did. An individual is defined as positional if s/he experience a reduction in level of contentment if other riders rode more challenging terrain than s/he did and an increase in level of contentment if other riders rode less challenging terrain than s/he did. Both conditions needed to be met before we classified the participant as positional.

We used two measures to control for attitudes to risk: The Stimulating-Instrumental Risk Index (SIRI, Zaleskiewicz, 2001) adjusted to skiing activities (Makarowski, 2013), and a risk attitudes measure developed by Dohmen et al (2011). SIRI aims to capture both preferences related to stimulating-, and more goal-oriented risk-seeking, but our analysis only used the stimulating risk-seeking factor in the analysis. The Dohmen risk attitude measure asks the respondents directly how willing they are to take risk during skiing activities (scale 1-10).

We used the student t-test to compare between our respective groups, where we considered  $p < 0.05$  as the significance level. We also use a logistic regression model approach to model to examine associations between position preferences, ski terrain, risk measures and demographic parameters.



## Results

### Positional preferences

*Thirty-two percent of the participants state that they would feel more content with their riding weekend if other riders rode less challenging terrain than they did, and less content if others rode more challenging terrain than they did* (Figure 2). These were positional individuals. They also state that they believe they would receive respect



Figure 2: Who is a positional rider?



from friends if they ski steep terrain, that they themselves admire people who ski steep. Positionals are more likely to talk about and post pictures of steep terrain than more mellow terrain (Figure 2). The differences between positional and non positional riders were highly significant for all three of these questions.

#### Risk-taking behavior

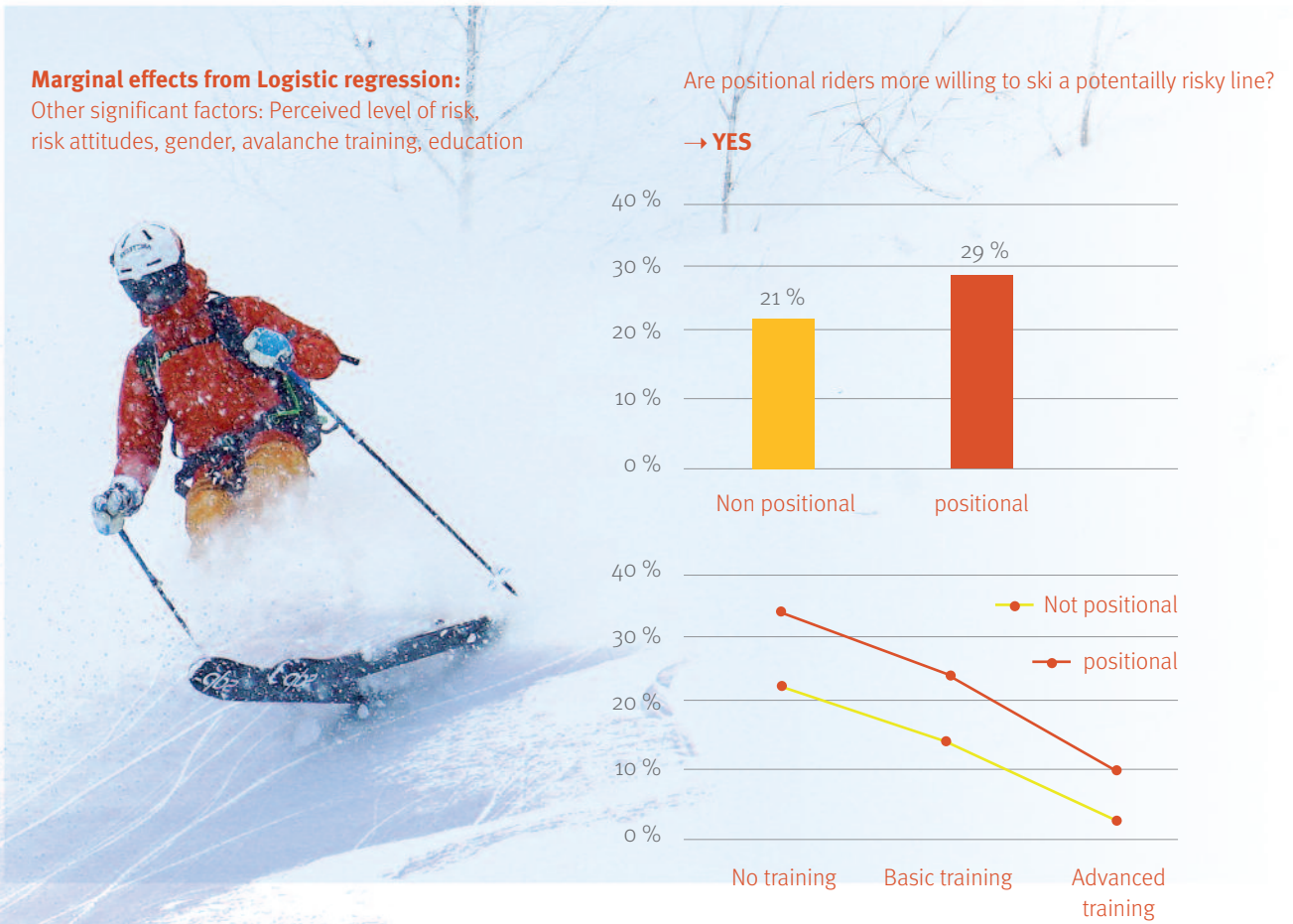
Only 7 percent (N = 54) of the sample state that they prefer to ski the relatively risky run, i.e., the Bowl. However, 24 percent (N = 177) state that they would accept to ski down this run, if someone else in the group wanted to ski it. Of that same 24 percent, 69 percent perceive that the Bowl is riskier to ski than the Field (the rest perceive the Field to be equally risky as the Bowl). In other words, while few would choose on their own to ski a line they think is risky, nearly a quarter of our sample would give in to peer pressure and ski the run. They make this choice presumably because they do not want to lose respect or status within their group.

To test if positional preferences for ski terrain is associated with increased risk exposure, we estimate a logistic regression model on the choice to accept to ski the Bowl. We find that positional preferences for ski terrain are significantly linked to both acceptance to





Figure 3: Are positional riders willing to ski a potentially risky line? And does avalanche education influence this?



ski the Bowl, and willingness to accept more risk. Our estimation of marginal effects (i.e. the degree to which the probability changes) suggest that the probability that an individual accepts to ski the bowl is 15 percent among non-positional individuals, while it is 23 percent among individuals who display positional preferences. Again, we see positionals accepting higher risk behaviors party as a result of social interactions. *The marginal effect of positional preferences is greatest for individuals with no avalanche training, but the effect remains significant for individuals with both basic and - professional training (Figure 3).*

Our results confirm previous findings that perceived risk, as well as risk attitudes and sensation-seeking preferences are strongly linked to risk-taking behavior (e.g., Furman et al., 2010; Marengo et al., 2017). Importantly, we find weak support for the hypothesis that individuals engage in risky activities for instrumental reasons (i.e., to reach a goal, rather than to experience a thrill).

Jordy Hendrikx (PhD) is the Director of the Snow & Avalanche Laboratory and an Associate Professor in the Department of Earth Sciences at Montana State University in Bozeman, Montana, USA. Most recently from New Zealand he enjoys skiing the Montana "cold smoke" (snow with less than 5% density) and teaching field based classes.



## Discussion

Backcountry riding activities are associated with a trade-off between costs, i.e., the effort to get up a mountain, and the risk of an injury from a fall or an avalanche, and benefits from riding good snow, challenging our abilities, and enjoying nature. If all backcountry riders were rational and individualistic, they would choose a level of risk exposure that match their risk preferences, and their preferences for terrain. *Positionality for ski terrain implies that individuals' well-being is not only affected by their own snow conditions and riding accomplishments, but also by what other riders do; or are thought to do.*

In theory, the negative effect on feelings of contentment from others' accomplishments creates an urge among some to seek out more challenging terrain. Hence, if many backcountry recreationalists hold positional preferences, and if such preferences affect behavior, we might see that more and more risky terrain gets skied under dangerous conditions. This could be particularly true if positionals measure themselves against others with greater skill and ability. *Anecdotaly, we see evidence of this in the progression of terrain used by ever increasing numbers particularly in crowded ski regions.* Our analysis is based on hypothetical choices and is therefore plagued by hypothetical bias. However, our findings suggest that many individuals' level of contentment with their backcountry activities are affected by the riding activities of others, and that this does affect their (hypothetical) terrain choices. Further, these effects are present for all levels of avalanche training. The implication of these findings is that avalanche education may be more effective if student personality traits were explored and course curriculums could discuss with students the role of social media and positionality.

From the comments on the survey, it appears as if some respondents had not previously thought about the effects of measuring one against one's peers, and many expressed that answering the questions made them ask themselves new questions about their choices in the backcountry.

Although further analysis and research is needed to validate our results, we argue that an inclusion of discussions about (perhaps in combination with simple tests of) positionality in avalanche courses may prove fruitful. By including this as part of future avalanche education we may increase the awareness of the role of positionality in decision making in avalanche terrain, and through this awareness negate, or reduce the potential negative consequences.

Find out more about our work, and ongoing research at the White Heat Project: [whiteheatproject.com](http://whiteheatproject.com)

### Acknowledgements

We thank all of our participants. We would also like to thank AIARE, regional avalanche centers, and BCA for their help disseminating the survey. Financial funding for the White Heat Project from the Norwegian Research Council is gratefully acknowledged.

### References

- Aloise-Young, P. A., Hennigan, K. M. and Graham, J. W., 1996. Role of the self-image and smoking onset during early adolescence: a longitudinal study, *Health Psychology*, 15(6): 494-497
- Baumeister, R. F. and Leary, M. R., 1995. The need to belong: Desire for interpersonal attachment as a fundamental human motivation, *Psychological Bulletin* 117: 487-529
- Dohmen, T., Falk, A., Huffman, D., Sunde, U., Schupp, J., & Wagner, G. G., 2011. Individual Risk Attitudes: Measurement, Determinants, and Behavioral Consequence, *Journal of the European Economic Association* 9(3): 522-550
- Duesenberry, J. S., 1949. *Income, Saving and the Theory of Consumer Behavior*. Harvard University Press, Cambridge, MA
- Easterlin, R.A., 2001. Income and happiness: Towards a unified theory, *Economic Journal* 111 (473): 465-484
- Festinger, L., 1954. A theory of social comparison processes, *Human relations* 7(2): 117-140.
- Furman, N., Shooter, W. and Schumann, S., 2010. The Roles of Heuristics, Avalanche Forecast, and Risk Propensity in the Decision Making of Backcountry Skiers, *Lesiure Sciences* 32: 453-469.
- Leary, M. R., Tchividjian, L. R., and Kraxberger, B. E., 1994. Self-presentation can be hazardous to your health: Impression management and health risk, *Health Psychology* 13(6): 461-470
- Loewenstein, G. F., 1999. Because it is there: The Challenge of Mountaineering... for utility theory, *Kyklos* 52(3): 315-344
- Luttmer, E. F. P., 2005. Neighbors as Negatives: Relative Earnings and Well-Being. *Quarterly Journal of Economics* 120: 963-1002.
- Makarowski, R., 2013. The Stimulating and Instrumental Risk Questionnaire - motivation in sport, *Journal of Physical Education and Sport* 13(2): 135-139
- Mannberg, A., Hendriks, J., Landrø, M., and Stefan, M., 2018. Who's at risk in the backcountry? Effects of individual characteristics on hypothetical terrain choices. *Journal of Environmental Psychology*, 59, 46-53.
- Marengo, D., Monaci, M. G., and Miceli, R., 2017. Winter Recreationists' Self-reported Likelihood of Skiing Backcountry Slopes: Investigating the Role of Situational Factors, Personal Experiences with Avalanches and Sensation-Seeking, *Journal of Environmental Psychology* 49: 78-85
- McCammon, I., 2002. Evidence of Heuristic Traps in Recreational Avalanche Accidents, *Proceedings of the International Snow Science Workshop*, Penticton, British Columbia, Canada
- McCammon, I., 2004. Heuristic traps in recreational avalanche accidents: Evidence and Implications, *Avalanche News* 68
- Miller-Johnsson, S., Constanzo, P. R., Coi, J. D., Rose, M. R., Browne, D. C. and Johnson, C., 2003. Peer Social Structure and Risk Taking Behaviors Among African-American Early Adolescents, *Journal of Youth and Adolescence* 32(5): 375-384
- Outdoor Industry Association, 2015. *Consumer segmentation report: Outdoors from the consumer point of view*. Report prepared by the Outdoor Industry Association.
- Rivis, A. and Sheeran, P., 2003. Descriptive Norms as an Additional Predictor in the Theory of Planned Behavior: A Meta-Analysis, *Current Psychology: Developmental, learning, Personality, Social*, 22(3): 218-233
- Shrauger, J. S., NS Schoeneman, T. J., 1979. Symbolic interactionist view of self-concept: Through the looking glass darkly. *Psychological Bulletin*, 86(3): 549-573
- Tesser, A., 1988. *Towards a self-evaluation maintenance model of social behavior*, in *Advances in Experimental Social Psychology* vol 21, Academic Press, San Diego.
- Veblen, T., 1899. *The Theory of the Leisure Class: An Economic Study in the Evolution of Institutions*, New York: Macmillan
- White, K. M., Smith, J. K., Terry, D. J., Greenslade, J. H. and McKimmie, B. M., 2009. Social influence in the theory of planned behaviour: the role of descriptive, injunctive, and ingroup norms. *British Journal of Social Psychology*, 48(1): 135-158
- Zaleskiewicz, T., 2001. Beyond Risk Seeking and Risk Aversion: Personality and the Dual Nature of Economic Risk Taking, *European Journal of Personality* 15: S105-S122



# 10 YEARS ON

## MICROLIGHT ALPINE

.....

REFINED  
RESILIENT  
ICONIC

10 Jahre seit seiner Entstehung wir arbeiten weiter daran diese kultige Jacke zu verfeinern und zu verbessern und seine Passform und Funktionen zu perfektionieren. Leicht, langlebig und stark komprimierbar, die Microlight ist das perfekte Begleiter für jedes Abenteuer.

# 10 YEARS ON

## MICROLIGHT SUMMIT

.....

INSPIRED  
INNOVATIVE  
PERFECTED

Jedes Merkmal und Detail der Microlight Summit Jacke wurde für den Alpinisten getestet und entwickelt. Die Kammern funktionieren nahtlos. Hoch oben in den Bergen, bietet sie ein hohes Maß an Wärme zu einem praktisch kleinem Packmaß.



NIKWAX  
HYDROPHOBIC DOWN

PERTEX®  
QUANTUM

Rab®

THE MOUNTAIN  
PEOPLE

# Sprechen wir die gleiche Sprache?

## Konsistenz der Lawinenbulletins in den Alpen: ein Blick über die Landesgrenzen hinweg

Spontan mal ein Wochenende zum Skitourengehen woanders planen als in der Heimatregion? Ja klar, aber wo sind die Schnee-  
verhältnisse gut und vor allem, wie ist die Lawinensituation dort?  
Und wo finde ich diese Informationen? Das ist wohl einfach:  
Im Lawinenbulletin! Aber bedeutet der Inhalt des fremden Bulletin  
das Gleiche wie bei mir daheim? Und was zum Teufel ist  
ein Bulletin?

von Frank Techel, Christoph Mitterer und Thomas Stucki



### Informationen zur Vorhersage der Lawinengefahr im Alpenraum – wo finde ich die?

Zu jeder guten Skitour gehören drei Dinge: gut gewachsene Skier, eine gute Tourenplanung und eine reichliche Brotzeit oder besser gesagt Jausen - nein, Znüni oder doch eher Marend? Man merkt schon, kaum wechselt man von Bayern über Tirol nach Graubünden oder Südtirol, bekommt der doch so wichtige Proviant einen anderen Namen. Bedeutet es dann aber immer das Gleiche?

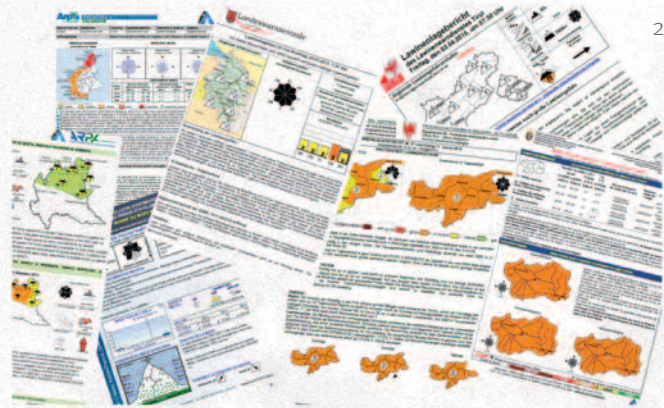
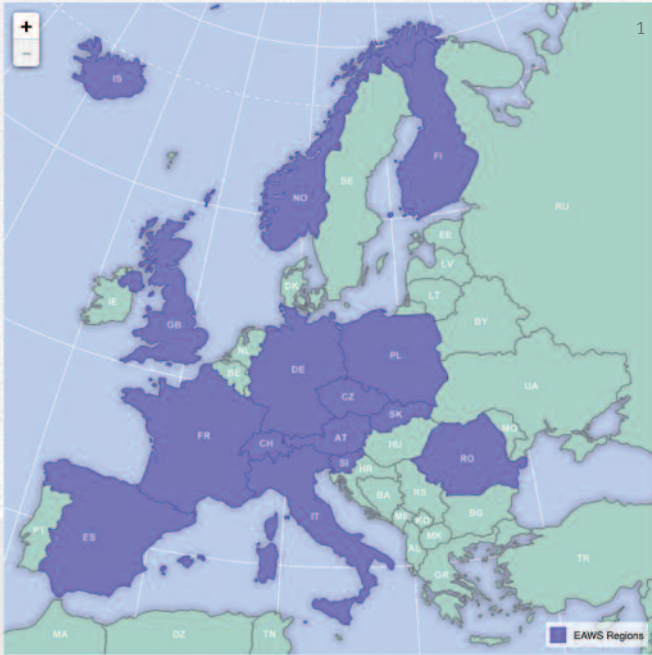
Dass ähnliche Probleme bei einer der wichtigsten Informationen zur Tourenplanung - der Einschätzung der Lawinengefahr – unbedingt verhindert werden mussten, erkannten die Lawinenwarndienste der Alpenländer schon vor 25 Jahren. Aus dieser Erkenntnis heraus resultierte damals die Europäische Lawinengefahrenstufenskala (siehe auch der Beitrag zu 25 Jahre Europäische Gefahrenstufenskala in bergundsteigen #104): grenzüberschreitend gleiche, gemeinsam definierte Begriffe. Heute arbeiten in allen Ländern der Alpen verschiedene Lawinenwarndienste an der Herausgabe von Lawinengefahrenprognosen, -berichten oder -bulletins.

Um Informationen zu den einzelnen Bulletins in den Alpen, ja in Europa generell zu gelangen, starte ich am besten auf der Webseite





Frank Techel arbeitet seit acht Jahren als Lawinenwarner am WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF in Davos. Davor arbeitete er u.a. in Skigebieten und für Straßenlawindienste in der Schweiz und in Neuseeland.



**Abb. 1** [www.avalanches.org](http://www.avalanches.org) Auf der Webseite der Europäischen Lawinenwarndienste EAWS findet sich eine Übersicht zu allen regionalen Lawinenbulletins im Alpenraum bzw. in Europa.

**Abb. 2** Alle möchten das Gleiche sagen, keines ist gleich wie das andere. Trotz des einheitlichen Aufbaus anhand der EAWS-Informationspyramide wird die Lawinengefahr in den Alpen von Warndienst zu Warndienst unterschiedlich kommuniziert.

der Europäischen Lawinenwarndienste (EAWS) [www.avalanches.org](http://www.avalanches.org) (Abb. 1). Über eine Karte kann ich die gewünschte Region auswählen und über einen Link komme ich dann meist direkt zur Webseite des entsprechenden Lawinenwarndienstes. Außer in Italien, da finden sich jeweils Links zu zwei Warndiensten - denen der Regionen und Provinzen (AINEVA) und denen des Forstdienstes und Militärs (Servizio Meteomont). Für die Gemeinde Livigno, im Norden der italienischen Provinz Lombardei, finde ich sogar noch ein drittes Bulletin.

Werfe ich einen Blick in die verschiedenen Produkte, sprich Bulletins, kommt - ähnlich wie bei den verschiedenen Begriffen zur Brotzeit - vielleicht erstmals Verwirrung auf: Denn alle Produkte sehen anders aus, alle scheinen anders aufgebaut, und dazu noch die Sprachenvielfalt (Abb. 2).

Schaue ich genauer hin, kommen noch andere Unterschiede hinzu: manch ein Bulletin erscheint am Morgen und ist gültig für den aktuellen Tag (bis jetzt war dies meist in Österreich der Fall), andere werden täglich am Nachmittag ausgegeben und geben Informationen bis zum nächsten Abend (der Normalfall in Frankreich, Italien und der Schweiz), andere wiederum werden am Nachmittag für den Tag und mehrere Folgetage veröffentlicht. Und dann gibt es da auch noch regelmäßige Updates am Morgen, wie z.B. in der Schweiz.

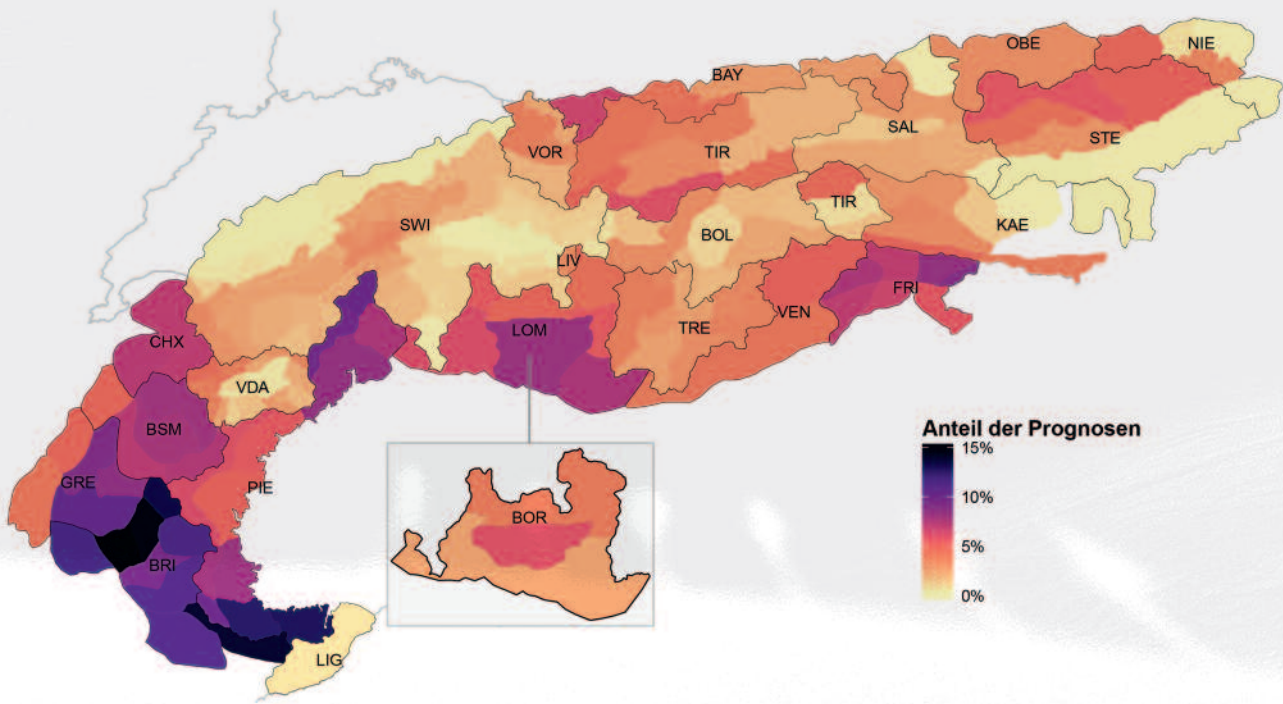
Jetzt aber genug der Verwirrung. Ich will eine Tour planen und zwar in der Silvretta. Es steht ein verlängertes Wochenende an und wir wollen schon ein paar Klassiker in diesem Paradies für Skitourenfanaten machen. Da die Touren im Silvrettagebiet sich blöderweise nicht an politisch-administrative Grenzen halten, muss ich mir die Bulletins aus Vorarlberg, Tirol und der Schweiz anschauen. Da ich ein gewissenhafter Planer bin, schaue ich mir die Berichte über einen längeren Zeitraum - einfach ein paar Tage - an, und langsam frage ich mich immer mehr: Wieso unterscheidet sich die Gefahrenstufe in benachbarten Gebieten so oft? Und wieso ist die Stufe auf der einen Seite der Grenze eher mal höher als auf deren anderen Seite? Unterschiede, die auch den Lawinenwarnern im Alpenraum aufgefallen sind. Deswegen haben sie für einen Zeitraum von vier Wintern (2011/12 bis 2014/15, 477 Tage mit Gefahrenereignissen) die Lawinenbulletins von 23 der 30 Warndienste in den Alpen miteinander verglichen (Originalstudie: Techel et al., 2018). Heraus kam Folgendes:

Über Grenzen hinweg, egal ob dies Landesgrenzen waren oder auch Grenzen zwischen Warndiensten innerhalb eines Landes, wie z.B. zwischen der Lombardei und dem Trentino, oder zwischen den Bulletins, welche in Chamonix oder in Bourg-St-Maurice in Frankreich ausgegeben wurden, wurde im Schnitt nur an rund zwei Drittel aller



Christoph Mitterer ist Schnee- und Lawinenforscher und fachlicher Koordinator im Projekt ALBINA. Mitarbeiter des Lawinenwarndienstes Tirol. Liebt Pulver, Firm und Nassschnee. Aber vor allem philosophiert er gerne über die Lawinenvorhersage und ihre Gefahren.

**Abb. 3 Die unterschiedlichen Warnregionen der Alpen mit dem Anteil von ausgegebener Stufe 4 & 5 in den Wintern 2011/12 bis 2014/15.** Schwarze Linien symbolisieren die Grenzen von nationalen oder regionalen Lawinenwarndiensten. Für die Region Lombardei existierten für diese Auswertung Einschätzungen von zwei regionalen Lawinenwarndiensten. LOM wird von der AINEVA eingeschätzt, während BOR von Meteomont herausgegeben wird. Die Farbe zeigt wie häufig verschiedene Warndienste die Gefahrenstufe 4-Groß und 5-Sehr Groß im Verhältnis in diesen vier Jahren verwendet haben. Je mehr die Farbe ins Dunkelviolette geht, umso häufiger, je heller umso weniger.



Tage im Datensatz die gleiche, höchste Gefahrenstufe ausgegeben. Die Unterschiede gingen aber noch weiter: die ausgegebene Gefahrenstufe einiger Warndienste war tendenziell eher mal etwas tiefer (oder höher) als die der Nachbarn. Dies wurde besonders augenfällig, wenn man die Einschätzungen des Schweizer Bulletins mit denen in Frankreich und Italien verglich. Ein Beispiel im Detail: Analysiert man die Häufigkeit der Verwendung der Gefahrenstufe 4-Groß und 5-Sehr Groß (Letzteres kam in diesen vier Jahren kaum vor), dann stechen Unterschiede sofort ins Auge.

Abb. 3 zeigt wie häufig verschiedene Warndienste die Gefahrenstufe 4-Groß und 5-Sehr Groß im Verhältnis in diesen vier Jahren verwendet haben. Je mehr die Farbe ins Dunkelviolette geht, umso häufiger, je heller umso weniger. Dabei fallen zwei Muster auf: Zum einen wurden diese hohen Gefahrenstufen weniger in Gebieten verwendet, in welchen die höchsten Gipfel eher niedriger sind (ca. 2.000 m), was ja durchaus plausibel ist – wie z.B. in den östlichsten Regionen von Niederösterreich und der Steiermark oder in den Schweizer Voralpen. Zum anderen wurden aber auch große Unterschiede in der Verwendung der hohen Stufen über Warndienstgrenzen hinweg augenscheinlich, wie z.B. zwischen denen der Schweiz und dem Aostatal mit ihren französischen und italienischen Nachbarn im Westen und Süden. Grenzen, an denen man zwar Unterschiede aufgründ

von unterschiedlichen Wetter-, Schneedecken- und somit Lawinensituationen erwarten kann, aber ob diese so markant sein sollten, bleibt die Frage.

## U Unterschiede – wieso?

Eine mögliche Erklärung für diese Unterschiede findet sich in der Größe der Warnregionen. Warnregionen sind die kleinste Flächeneinheit, welche die Lawinenwarner in ihren Produkten verwenden. Sie sind damit auch die kleinste Einheit, für welche theoretisch eine regionale Gefahrenstufe kommuniziert werden könnte. Diese Warnregionen sind sehr unterschiedlicher Größe und mit rund 100 km<sup>2</sup> bis 300 km<sup>2</sup> in der Schweiz, dem Aostatal und Trentino rund vier- bis fünfmal kleiner als in den Warnregionen, welche andere Warndienste verwenden (Abb. 4).

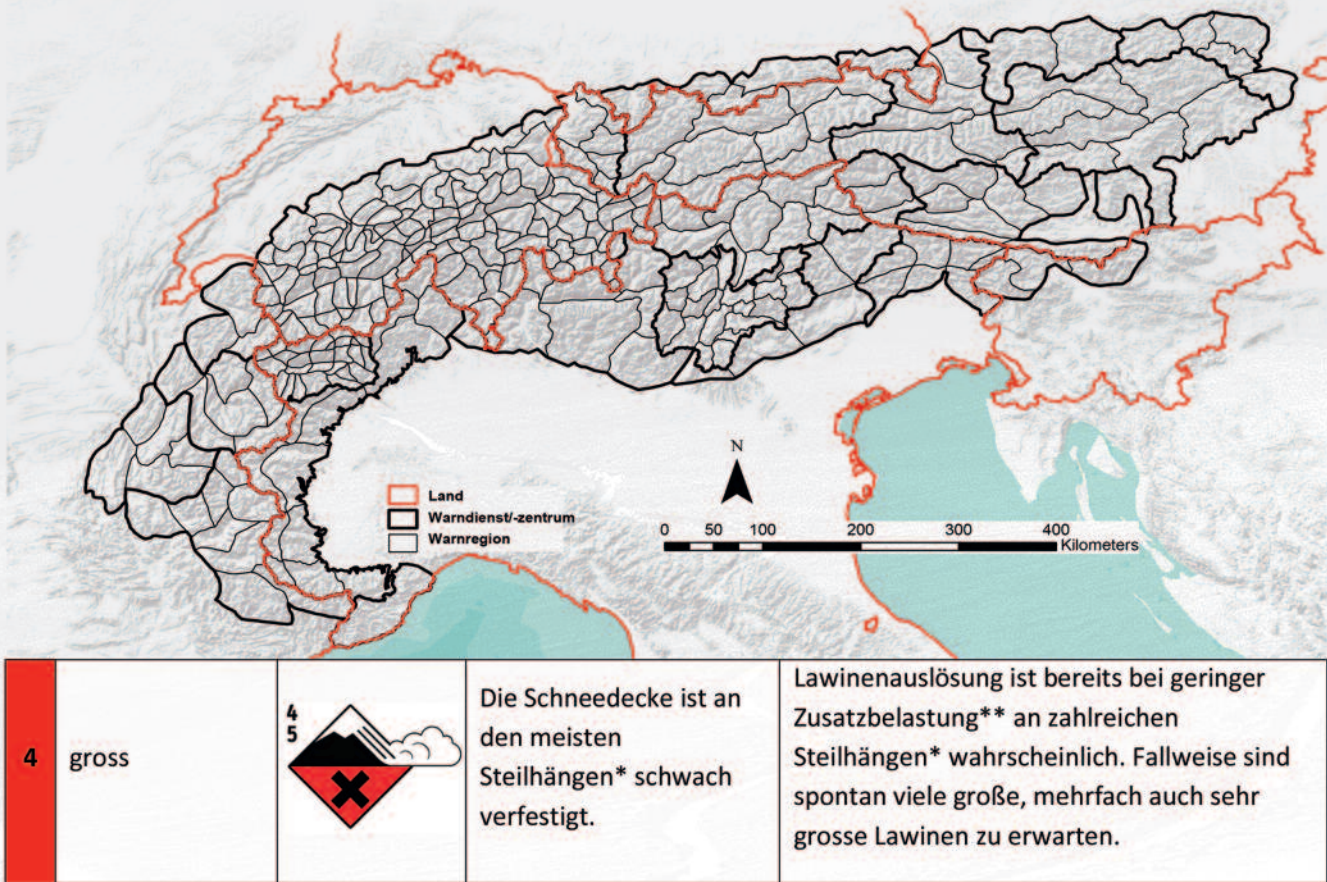
Zudem werden die Warnregionen in den Bulletins dieser drei Warndienste dynamisch aggregiert, sehen die Gebiete mit gleicher Gefahr auf der Gefahrenkarte also jeden Tag etwas anders aus. Lawinenwarner in Warndiensten, welche größere Regionen verwenden, müssen sich dagegen entscheiden: kommunizieren sie die höchste





**Abb. 4 Die Warnregionen, die kleinste in den Bulletins verwendete Flächeneinheit, für welche eine regionale Gefahrenstufe auf einer Karte kommuniziert werden kann (dünne schwarze Linien). Dargestellt ist die Situation der Jahre 2011 bis 2015. Einige Warndienste verwenden mittlerweile eine teils feinere Einteilung.**

**Abb. 5 Definition der Stufe 4-Groß laut Europäischer Lawinengefahrenskala (2018/19).**



Stufe, welche innerhalb einer Region gilt, oder die, welche flächenmäßig am verbreitetsten ist? Hierfür gibt es keine fixen Regeln. Aber es ist zu vermuten, dass meist die höchste Stufe, welche ein Lawinenwarner innerhalb einer größeren Region erwartet, kommuniziert wird. Dies hat zur Folge, dass es bei Verwendung stark unterschiedlicher Grössen der Warnregionen nicht nur öfters Unterschiede in der Gefahrenstufe zwischen benachbarten Warndiensten geben kann, sondern dass die Gefahrenstufe in Warndiensten mit kleineren Warnregionen auch tendenziell eher tiefer sind.

Natürlich gibt es weitere Ursachen für Unterschiede, welche aber in der Studie nicht betrachtet werden konnten, da die Datengrundlage fehlte. Allerdings wurde schon vorher darauf hingewiesen, dass z.B. die Stufe 4-Groß zwar innerhalb ihres Definitionsspielraumes (siehe Abb. 5), aber trotzdem teils unterschiedlich gehandhabt wird. So ist in den meisten Ländern die Gefahrenstufe 4 untrennbar mit spontaner Lawinenaktivität verknüpft, während die französische Praxis auch die Stufe 4 verwendet, wenn Personen Lawinen sehr leicht auslösen können, spontane Lawinen aber eher die Ausnahme sind. Dementsprechend ist es nicht verwunderlich, dass wir eine unterschiedliche Häufigkeit bei der Verwendung dieser Stufe vorfinden: Während in Frankreich über 16 Jahre die Gefahrenstufe 4-Groß 8 % aller ausgegeben Gefahrenstufen ausmacht, ist sie in der Schweiz

über zehn Jahre gesehen mit 1.1 % aller ausgegeben Gefahrenstufen sehr selten (Mansiot, 2016; SLF, 2017). Auch wenn es also Unterschiede gibt, und wir haben mit der Verwendung der Stufe 4-Groß den augenscheinlichsten Fall aufgegriffen, die Begriffe sind überall die gleichen, allerdings mit Nuancen in der Interpretation.

Es zeigt sich also: die Europäischen Lawinenwarndienste EAWS haben weiterhin viel Arbeit vor sich und sind gefordert, nicht nur ihre Produkte anzugleichen, sondern auch konsistenter in der Verwendung der Gefahrenstufenskala zu werden. Grenzüberschreitende Harmonisierungen und gemeinsame Produkte, wie dies auf diesen Winter die Warndienste Tirol, Südtirol und Trentino machen werden (www.avalanche.report, siehe bergundsteigen #104, Mitterer et al., 2018), scheinen ein sehr sinnvoller Weg zu sein, um dies zu erreichen.

Eine weitere europaweit harmonisierte Anpassung steht auch diesen Winter an: die Bezeichnungen der Lawinengrößen werden angepasst (siehe S 46).

Bei allen Harmonisierungen müssen aber die Bedürfnisse der verschiedenen Nutzer der Bulletins – also nicht nur der Freizeitsportler, welche sich über Grenzen hinwegbewegen, sondern auch der lokalen Sicherheitsverantwortlichen – zentral bleiben.



## Literatur/Quellen

- Mitterer, L. und Mitterer, C.: 25 Jahre Europäische Lawinengefahrenskala. *bergundsteigen*, #104, 67-76 (2018)
- Mitterer, C., Lanzanasto, N. und Boninsegna, A.: lawinen.report | valanghe.report | avalanche.report. In: *bergundsteigen*, #104, 60-66 (2018)
- Mansiot, 2016: Indices de risque 2 et 3: utilise-t-on correctement les informations du bulletin d'estimation du risque d'avalanche?, *Neige et Avalanche*, #155, 8-10 (2016)
- SLF (WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF): Interpretationshilfe zum Lawinenbulletin. Ausgabe Winter 2017. WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF. 52 S. (2017)
- Techel, F., Mitterer, C., Ceaglio, E., Coléou, C., Morin, S., Rastelli, F. und Purves, R. S.: Spatial consistency and bias in avalanche forecasts -- a case study in the European Alps. *Nat Hazards Earth Syst Sci.* 18 (10), 2697–2716

Fotos: Paul Trenkwalder/menschenundberge.com



### Wenn ich das Lawinenbulletin in einer anderen Region nutze – worauf sollte ich achten?

Als Nutzer der Bulletins sollte mir also bewusst sein: es gibt Unterschiede zwischen den Lawinenbulletins der verschiedenen Warndienste, aber auch zahlreiche Gemeinsamkeiten:

- Beispielsweise sind alle Warndienste dazu angehalten, die Informationen im Sinne der Informationspyramide zu gliedern (das Wichtigste zuerst),
- verwenden alle die Europäische Gefahrenstufenskala,
- werden die kritischsten Hang- und Höhenlagen speziell aufgeführt und
- wird die Gefahr im Detail beschrieben.
- Zudem haben sich die Warndienste 2017 auf die Verwendung einheitlicher Lawinenprobleme geeinigt und
- es gibt ein Glossar, welches die verwendeten Fachbegriffe und deren offizielle Übersetzung in neun europäische Sprachen erklärt.

Als Nutzer sollte ich auf folgende Punkte achten, wenn ich ein mir unbekanntes Bulletin öffne:

- Wann wurde das Bulletin ausgegeben?
- Bis wann ist es gültig?

■ Wie groß sind die Warnregionen?

■ Bin ich in Grenzregionen unterwegs, dann sollte ich mir die Produkte aller angrenzenden Warndienste anschauen. Ähnliches gilt ja übrigens auch, wenn ich mich an der Grenze von Gebieten mit unterschiedlicher Gefahreinschätzung bewege. Auch dann schaue ich mir beide an.

■ Und zuletzt sollte ich mir bewusst sein, dass die Gefahrenstufen zwar überall innerhalb ihres Definitionsspielraumes verwendet werden, aber dass sich dieser vor allem bei Stufe 4 etwas unterscheiden kann.

Wohl gemerkt, die Gefahrenstufe ist die maximalste Vereinfachung der Situation. Mehr spezifische Information liest man im Text des Lawinenbulletins, wenn auch bis dahin vielfach nur in der jeweiligen Landessprache.

### Schlusswort

Bei allen Gemeinsamkeiten und Unterschieden sollte eines nie vergessen werden: das Lawinenbulletin ist eine regionale Prognose und besonders wertvoll als Planungshilfe. Und als solche muss es immer im Gelände kritisch hinterfragt werden. Egal ob in Frankreich, der Schweiz oder in Tirol. Und noch was: natürlich nie Brotzeit, Jause, Znüni oder Marend vergessen – egal, wo ihr auf Tour geht. ■





# WE WANT YOU!

Staatlich geprüfte Berg- und Skiführer (w/m)  
und ausgebildete Bergwanderführer (w/m)

Die DAV Summit Club GmbH ist die Bergsteigerschule des Deutschen Alpenvereins und der nachhaltige Spezialreiseveranstalter für aktive Berg- und Kulturerlebnisse weltweit. Rund 30 Mitarbeiter in der Organisation und rund 200 Berg- und Bergwanderführer sorgen dabei für höchste Qualitätsstandards. Dabei genießt jeder Summit Club Bergführer Auslastungsgarantie, ein professionelles Büroteam für die Abwicklung der Programme, die Möglichkeit Auslandseinsätze zu führen, ein persönliches Ausrüstungspaket, einen umfangreichen Versicherungsschutz inklusive Einkommensausfallersatz bei Verletzungen und im Krisenfall die machtvolle und uneingeschränkte Unterstützung durch den Summit Club sowie den Deutschen Alpenverein.



## DEIN PROFIL:

- ▶ Staatlich gepr. Berg- und Skiführer bzw. Bergführer-Anwärter oder ausgebildeter Wanderführer
- ▶ Ausgeprägte Sozialkompetenz und Durchsetzungskraft
- ▶ Ausgezeichnete Kommunikationsfähigkeiten
- ▶ Überdurchschnittliche organisatorische Fähigkeiten
- ▶ Hohes Maß an Engagement
- ▶ Zuverlässigkeit
- ▶ Flexibilität

## WIR BIETEN DIR:

- ▶ Abwechslungsreiche Einsatzmöglichkeiten durch umfangreiches Tourenangebot
- ▶ Auslastungsgarantie
- ▶ Überdurchschnittliches Vergütungsmodell
- ▶ Berufsanerkannte Fortbildungen
- ▶ Persönliches Ausrüstungspaket
- ▶ Umfangreichen Versicherungsschutz
- ▶ Professionelles Büro Team

Und als ganz besonderes „Schmankerl“ bietet der DAV Summit Club ab 2018 allen Bergführeranwärtern ein neues Ausbildungs-subventionsmodell mit anschließender Jobgarantie an.

Nähere Informationen zu diesem Programm bekommt Ihr unter: [lorenz@dav-summit-club.de](mailto:lorenz@dav-summit-club.de)

Du fühlst Dich angesprochen? Dann freuen wir uns über Deine schriftliche Bewerbung an: [lorenz@dav-summit-club.de](mailto:lorenz@dav-summit-club.de)  
DAV Summit Club GmbH, Am Perlacher Forst 186, 81545 München

# Lawinengrössen „neu“

*„Wir zogen genussvoll unsere Spuren im stiebenden, knietiefen Powder. Plötzlich ein lautes Wumm und fast zeitgleich setzte sich der ganze Hang vor uns in Bewegung. Wir hatten eine riesengrosse Schneebrettlawine ausgelöst, gewiss 300 m breit und 150 m lang ...“*

von Thomas Stucki

Riesengross? Bis vor kurzem hätte das gemäss offizieller Definition gerade einmal für eine „mittlere“ Lawine gereicht. Und viele der tödlichen Unfalllawinen waren als „klein“ zu bezeichnen.

Wie gross eine Lawine eingeschätzt wird, ist oft subjektiv und von den Umständen abhängig. Die Europäischen Lawinenwarndienste haben die Lawinengrössen schon vor längerer Zeit definiert und auf diesen Winter deren Bezeichnungen angepasst. Sie sollen dem Empfinden der Wintersportler besser entsprechen und die Skala der Lawinengrössen soll bekannter werden, um die Verständlichkeit der Lawinenbulletins zu verbessern. Dabei ist die Einprägung typischer Bilder für die Abschätzung der Lawinengrössen hilfreich.



Foto: SLF

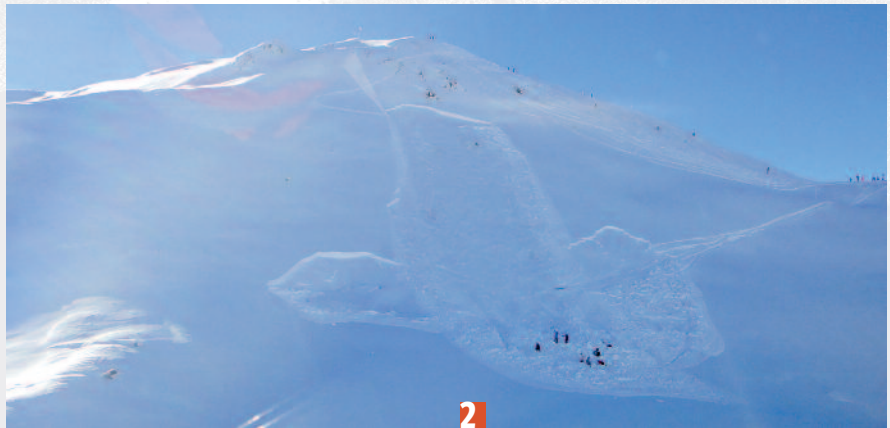


Foto: REGA

## 1

### Grösse 1: kleine Lawine oder Rutsch

- Länge ca. 10 bis 30 m, Volumen ca. 100 m<sup>3</sup>
- Schon eine kleine Lawine kann eine Person im extremen Steilgelände mitreissen und zum Absturz bringen. Eine Verschüttung ist unwahrscheinlich, ausser bei einem sehr ungünstigen Auslaufbereich wie zum Beispiel einer Senke am Hangfuss oder unter einer Stützmauer.
- Kleine Lawinen stoppen meist im Bereich des Steilhanges.

„Rutsch“ bezeichnet im Volksmund teils „eine kleine Lawine“, teils eine „Gleitschneelawine“ (Rutschen auf dem Boden). In dieser Definition ist ausschliesslich „kleine Lawine“ gemeint.

## 2

### Grösse 2: mittlere Lawine

- Länge ca. 50 bis 200 m, Volumen ca. 1.000 m<sup>3</sup>
- Dies sind die typischen Skifahrerlawinen, die Personen verschütten, verletzen oder töten können.
- Sie können den Hangfuss erreichen.



Foto: SLF



3

Foto: SLF



5



4

Foto: J.L. Lugon

### 3 Grösse 3: grosse Lawine

- ▮ Länge mehrere 100 m, Volumen ca. 10.000 m<sup>3</sup>
- ▮ Grosse Lawinen sind nicht nur für Personen lebensgefährlich, sondern können auch bedeutenden Sachschaden anrichten. Sie können PKWs verschütten und zerstören, schwere Lastwagen beschädigen, kleine Gebäude zerstören und einzelne Bäume brechen.
- ▮ Sie können flache Geländeteile (deutlich unter 30°) über eine Distanz von bis zu ca. 50 m überwinden.

### 4 Grösse 4: sehr grosse Lawine

- ▮ Länge ca. 1 bis 2 km, Volumen ca. 100.000 m<sup>3</sup>
- ▮ Sehr grosse Lawinen können schwere Lastwagen und Züge verschütten und zerstören sowie grössere Gebäude und kleine Waldflächen zerstören.
- ▮ Sie überwinden flachere Geländeteile über eine Distanz von mehr als ca. 50 m und können den Talboden erreichen.

### 5 Grösse 5: extrem grosse Lawine

- ▮ Länge ca. 3 km, Volumen über 100.000 m<sup>3</sup>
- ▮ Diese Lawinen haben katastrophales Zerstörungspotenzial und schliessen die grössten, bekannten Lawinen ein. Wald-, Gebäude- und Landschaftsschäden sind zu erwarten.
- ▮ Sie erreichen den Talboden.





Jürg Schweizer ist Leiter des SLF, ber(g)sonnlichkeit in Ausgabe 4/01 und ein Weltklasse-Schneeeflüsterer.



Am Vortag war ein satter Vierer. Das Steintälli bei Davos, ein Spielplatz der Lawinenforscher vom SLF, wo die meisten Messungen zur Schneedeckenstabilität durchgeführt werden. Foto: Jürg Schweizer



# Wie viele sind viele?

## Ein Versuch die Gefahrenstufen zu quantifizieren

*„Na, wie waren deine Ferien in Kanada? Voll schön! Und, viele Mücken? Pahh, schlimm, Tausende! Habt ihr Bären gesehen? Ja, viele, fünf an einem Tag!“*

Viele Mücken und viele Bären also: Tausende und fünf! Viele ist offensichtlich nicht gleich viele. Wie verhält sich das bei den Lawinen? Wie viele sind viele Lawinen? Fünf, zwanzig, fünfzig oder hundert?

**von Jürg Schweizer, Frank Techel, Christoph Mitterer und Benjamin Reuter**



### Charakteristiken der Gefahrenstufen

Die europäische Lawinengefahrenskala strotzt nur so von Begriffen wie „viele, einzelne, zahlreiche, fallweise, wahrscheinlich ...“. Bei der Gefahrenstufe 4-gross heisst es insbesondere: „Fallweise sind spontan viele grosse, mehrfach auch sehr grosse Lawinen zu erwarten.“ Kurz gesagt, für einen Vierer braucht's spontane Lawinen und zwar viele. Zumindest verstehen die meisten Lawinenwarndienste das so, nur in Frankreich ist die Praxis eine andere (siehe den Artikel von Frank Techel in dieser Ausgabe, S. 40).

Was aber heisst viele? Lässt sich das quantifizieren – und wie gross sind diese Lawinen? Sind bei 4-gross auch die Mehrheit der Lawinen gross und sehr gross? „Sehr grosse Lawinen sind ... bei Gefahrenstufe 4 und 5 typisch.“ heisst es bei den Erklärungen zu den Lawinengrössen, die im Übrigen ja auf den Winter 2018/19 neu benannt wurden (siehe den Text von Thomas Stucki in dieser Ausgabe, S. 46). Überhaupt, können wir die Gefahrenstufe besser quantifizieren? Gefragt sind Zahlen zur Auslösewahrscheinlichkeit, zur flächigen Verteilung der Gefahrenstellen und zur Art und Grösse von Lawinen.



### Detaillierte Lawinenkartierung in der Region Davos

Vorerst fragen wir uns, wie viele Lawinen einer bestimmten Grösse treten typischerweise bei einer bestimmten Gefahrenstufe auf. Simpel eigentlich, und doch scheint es keine klaren Antworten zu geben. Zahlen fehlen – obwohl es durchaus Datensätze gibt, die da Antworten liefern könnten.

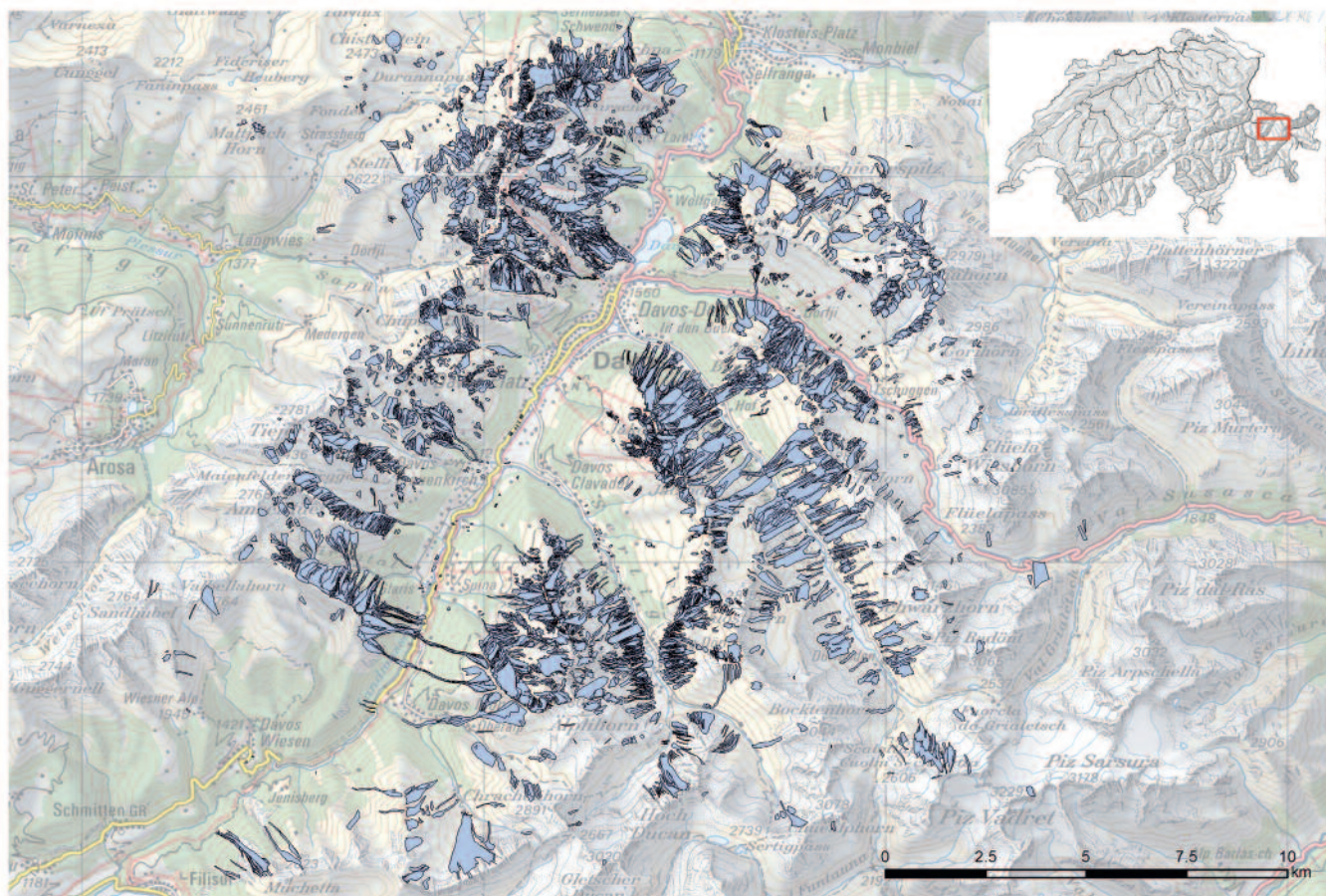
So wird seit vielen Jahren schon die Lawinenaktivität in der Region Davos detailliert aufgezeichnet. Tausende von Lawinen sind erfasst und mit ihren Umrissen in einem geografischen Informationssystem





Benjamin Reuter versucht den Spagat zwischen Schneeforschung und Bergführerei zu leben. Nach seiner Diss am SLF ist er auf der Walz. Derzeit in den Rockies. Nächste Station Grenoble.

**Abb. 1** Umriss der in den letzten 20 Jahren in der Region Davos beobachteten Lawinen. Insgesamt sind 12.427 Lawinen kartiert. Der Datensatz beinhaltet sowohl trockene (spontan oder künstlich ausgelöst) wie auch nasse und gemischte Lawinen.



genau verortet. Selbstverständlich ist auch das Datum bekannt, auch wenn es zuweilen nicht immer klar ist, wann eine Lawine abgegangen ist. Vor allem, wenn es viel schneit, ist die Beobachtung ja oft nicht möglich. Erst wenn es nach dem Ende eines Schneefalls aufreißt, wird klar, wie gross die Lawinenaktivität wirklich war. Informationen zur Lawinenaktivität in nahezu Echtzeit könnten nur Detektionssysteme liefern. Diese, ob Seismik, Infraschall oder Radar, sind zurzeit noch in den Kinderschuhen und/oder decken nur wenige Lawinenzüge ab.

Neben diesen detaillierten Aufzeichnungen zur Lawinenaktivität ist natürlich auch die Gefahrenstufe aus dem Lawinenlagebericht bekannt, allerdings nur die prognostizierte Gefahrenstufe. Ideal wäre die verifizierte Gefahrenstufe. Denn wie wir wissen, stimmt die Prognose nicht immer. Auch in der Region Davos, wo die Schweizer Lawinenwarnung zu Hause ist, weicht die prognostizierte regionale Gefahrenstufe von der lokalen Einschätzung im Feld, beurteilt durch erfahrene Experten, gelegentlich ab – und zwar im Schnitt etwa an einem von fünf Tagen.

## 1 12.427 Lawinen

Für unsere Auswertung verwenden wir die Lawinendaten aus der Region Davos der letzten 20 Winter, also von 1998/99 bis 2017/18. Insgesamt enthält diese Datenbank 12.427 Lawinen, die an insgesamt 1.196 Tagen in der Region Davos (Grösse ca. 15 km × 20 km) aufgetreten sind (Abb. 1). Daneben haben wir die Gefahrenstufe für die Region Davos, die für 3.332 Tage vorliegt, also für knapp 170 Tage pro Winter. Im Schnitt wurde also an rund einem von drei Tagen in der Region Davos eine Lawine beobachtet.

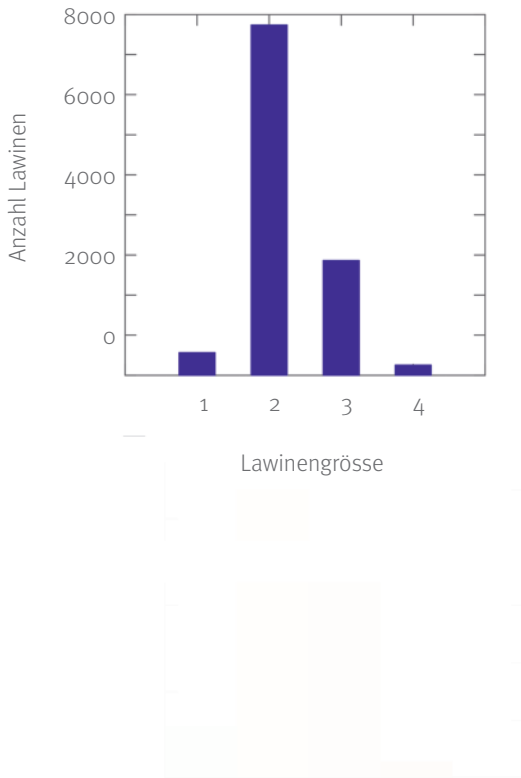
## a Am häufigsten „mittlere“ Lawinen und „mässige“ Gefahr

Bevor wir die Gefahrenstufe mit der Lawinenaktivität vergleichen können, müssen wir erst einmal die kartierten Lawinenumrisse in die fünf Grössenklassen umwandeln, wobei wir die Klassen „sehr





**Abb. 2 Häufigkeit der Lawinen geordnet nach Lawinengrösse** (1: klein, 2: mittel, 3: gross, 4: sehr gross) in der Region Davos für die letzten 20 Jahre. Rund 70 %, d.h.. der insgesamt 12.427 Lawinen waren „mittlere“ Lawinen.

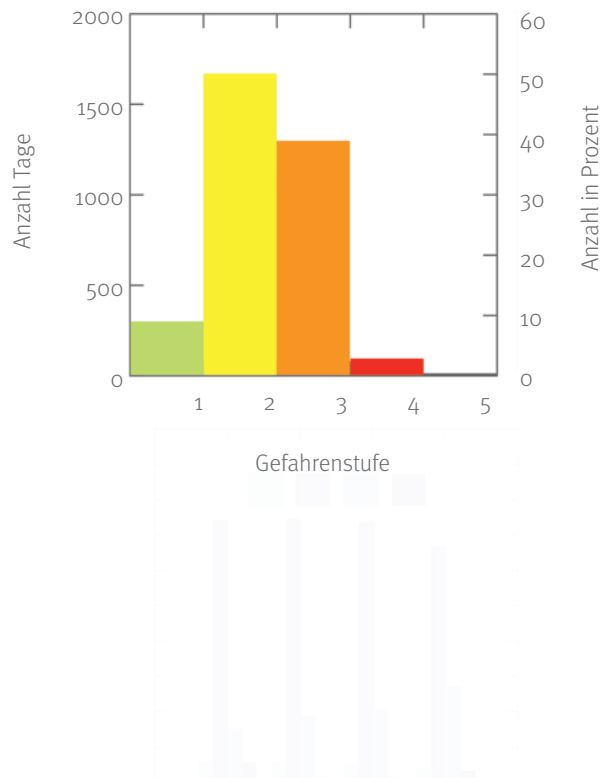


gross“ und „extrem gross“ zusammengefasst haben. Die allermeisten - rund 70 % der Lawinen - waren „mittlere“ Lawinen, rund 20 % „grosse“ Lawinen und der Rest je zur Hälfte etwa „kleine“ und „sehr grosse“ Lawinen (Abb. 2). Die starke Abnahme der Häufigkeit mit zunehmender Grösse von „mittel“ zu „sehr gross“ ist typisch. Dass es nicht mehr „kleine“ Lawinen gibt, kann damit zu tun haben, dass diese oft nicht mit ihren Umrissen registriert werden.

Bei den Gefahrenstufen stellen wir fest, dass am häufigsten die 2-mässig prognostiziert wurde - an knapp 50 % der Tage - gefolgt von 3-erheblich an gut einem Drittel der Tage. Die restlichen 15 % verteilen sich auf 1-gering und 4-gross (Abb. 3). Diese Verteilung ist typisch und entspricht in etwa der langjährigen Verteilung für den gesamten schweizerischen Alpenraum.

Jetzt kontrollieren wir noch grob die Qualität der Daten und machen einen Plausibilitätscheck. Wie oben erwähnt ist es ja möglich, dass entweder die Lawinenaktivität nicht dem richtigen Tage zugeordnet oder aber bei der Prognose die Spitze der Gefahr verpasst wurde. Beides hat zur Folge, dass Gefahrenstufe und Lawinenaktivität sozusagen nicht synchron sind. Bei hoher Lawinenaktivität und hoher

**Abb. 3 Häufigkeit der prognostizierten regionalen Gefahrenstufe** (1-gering bis 5-sehr gross) für die Region Davos an 3.332 Tagen der letzten 20 Jahre (1998/99 bis 2017/18). Am häufigsten - nämlich an rund 50 % der Tage - wurde die Gefahrenstufe 2-mässig prognostiziert. Die Korrekturen aufgrund der Qualitätskontrolle sind bereits berücksichtigt.



Gefahrenstufe sollte dies aber einigermassen der Fall sein. In rund 100 Fällen traten tatsächlich Unstimmigkeiten auf, die wir für die nachfolgende Auswertung korrigierten.



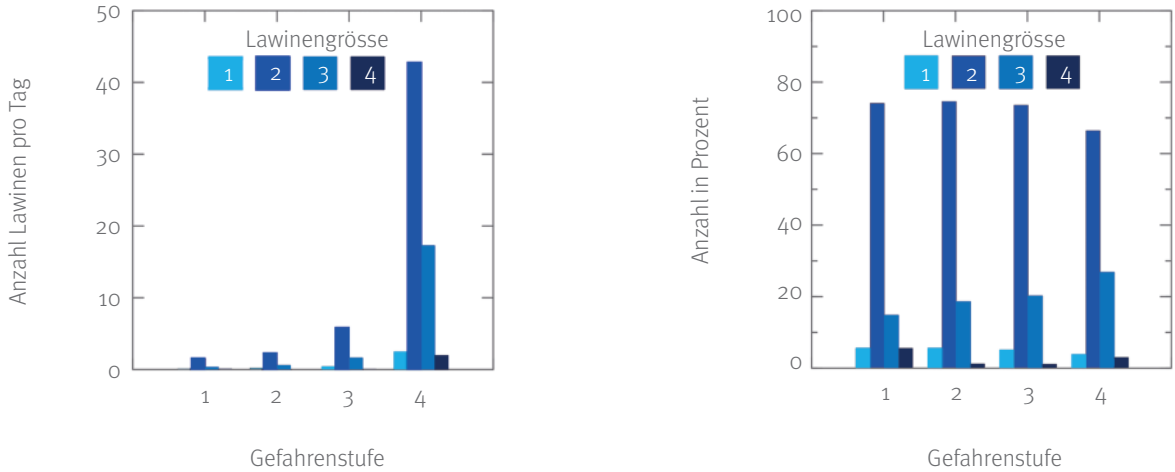
### Immer etwa die gleichen Lawinengrößen

Dann die grosse Überraschung: Die relative Häufigkeit der Lawinengrößen ändert sich mit zunehmender Gefahrenstufe nur unwesentlich (Abb. 4).

Selbstverständlich gibt es mit zunehmender Gefahrenstufe immer mehr Lawinen, die Zunahme ist vor allem von 3-erheblich zu 4-gross sehr markant. Aber egal ob 2-mässig oder 4-gross, die allermeisten Lawinen (etwa 90 %) sind „mittlere“ oder „grosse“.

Es ist also nicht so, dass bei einem Vierer die Mehrheit der Lawinen „sehr gross“ ist. Klar, derart grosse Lawinen, die bis in Tallagen vorstossen können, sind bei 4-gross typisch; sie kommen vermehrt vor,

**Abb. 4 Häufigkeit der Lawinengrößen** (1: klein, 2: mittel, 3: gross, 4: sehr gross) pro Gefahrenstufe (1-gering bis 4-gross). Links: Absolute Häufigkeit: Anzahl Lawinen pro Tag einer bestimmten Grösse für eine bestimmte Gefahrenstufe. Die Anzahl Lawinen pro Tag steigt von Gefahrenstufe zu Gefahrenstufe stark an. Rechts: Relative Häufigkeit gruppiert nach Gefahrenstufe. Der Anteil der Lawinen einer bestimmten Grösse, ist bei allen vier Gefahrenstufen ungefähr ähnlich. Am häufigsten sind mittel grosse (Grösse: 2) Lawinen.



aber diese „sehr grossen“ Lawinen stellen immer noch eine ganz klare Minderheit dar. Am meisten hat es wie immer „mittlere“ Lawinen gefolgt von „grossen“. Diese Verteilung, d.h. die relative Häufigkeit der Lawinengrößen, ändert sich also je nach Gefahrenstufe nur wenig. Und zwar auch, wenn wir die Auswertung für verschiedene Lawinenarten getrennt machen. Der Datensatz enthält zur Mehrheit trockenere Lawinen (54 %); der Rest sind nasse Lawinen (31 %) oder Lawinen, bei denen entweder der Schnee im Anrissgebiet trocken und die Ablagerung nass war („gemischt“) oder aber die Schneearart (trocken/nass) nicht bekannt ist (15 %). Unabhängig von der Gefahrenstufe ist die relative Häufigkeit der Lawinengrößen für die drei Untergruppen trocken, nass und gemischt/unbekannt ähnlich.

**m Mehr Nassschneelawinen**

Machen wir die Auszählung wieder für jede der vier Gefahrenstufen separat und zudem einmal nur für die spontanen trockenere und ein-

mal für die nassen Lawinen, fallen zwei Sachen auf. Einerseits ist die relative Häufigkeit der Lawinengrößen pro Gefahrenstufe wiederum ähnlich; egal ob trocken oder nass: die Mehrheit der Lawinen sind „mittlere“ und „grosse“. Andererseits ist die Zunahme der „grossen“ Lawinen bei den trockenere spontanen Lawinen etwas ausgeprägter als wenn man alle Lawinenarten gemeinsam betrachtet, wenn die Gefahrenstufe von 2-mässig zu 4-gross zunimmt. Wesentlich markanter ist aber, dass die „grossen“ nassen Lawinen bei den unteren Gefahrenstufen deutlich häufiger sind. Das deutet darauf hin, dass die Gefahrenstufen nicht ganz konsistent angewendet werden: Die nassen Lawinen werden sozusagen als weniger gewichtig bewertet. Bei gegebener Gefahrenstufe stellen wir fest, dass zwei- bis dreimal mehr nasse Lawinen beobachtet wurden als im Falle einer Situation trockenere Lawinen. Das bedeutet nichts anderes, als dass dieselbe Lawinenaktivität im Falle von trockenere Lawinen mit der Gefahrenstufe 4-gross im Falle von nassen Lawinen aber gelegentlich eher mit der Gefahrenstufe 3-erheblich beschrieben wird.

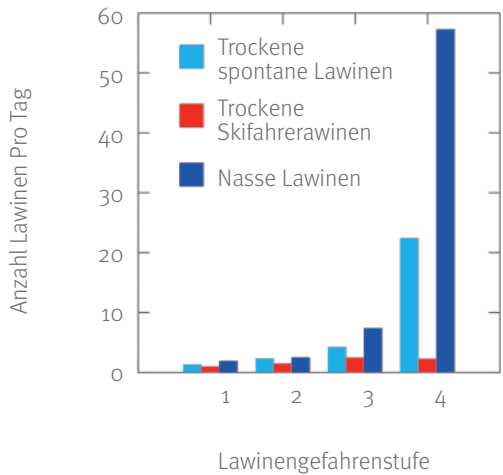
Auch der Vergleich von spontanen trockenere Lawinen zu Skifahrerlawinen bestätigt die bereits mehrfach beschriebene relative Häufigkeit der Lawinengrößen pro Gefahrenstufe.





Christoph Mitterer ist Schnee- und Lawinenforscher und fachlicher Koordinator im Projekt ALBINA. Mitarbeiter des Lawinenwarndienstes Tirol. Liebt Pulver, Firm und Nassschnee. Aber vor allem philosophiert er gerne über die Lawinenvorhersage und ihre Gefahren.

**Abb. 5 Anzahl Lawinen pro Tag für eine bestimmte Gefahrenstufe und zwar für trockene spontane Lawinen, trockene Skifahrerlawinen und nasse (spontan) Lawinen.** Die Anzahl der Lawinen steigt mit zunehmender Gefahrenstufe stark an – ausser bei den Skifahrerlawinen, bei denen bei der Gefahrenstufe 4-gross gar etwas weniger Lawinen als bei 3-erheblich ausgelöst werden. Die Anzahl der nassen Lawinen ist mindestens etwa doppelt so gross wie die Anzahl der spontanen, trockenen Lawinen.



## **a** Auslösewahrscheinlichkeit

Interessanter sind die Unterschiede in Bezug auf die Lawinenhäufigkeit in Abhängigkeit der Gefahrenstufe. In grober Näherung können wir die Lawinenhäufigkeit pro Gefahrenstufe in etwa der Lawinen-auslösewahrscheinlichkeit gleichsetzen. Wir können also untersuchen, wie die Auslösewahrscheinlichkeit von Gefahrenstufe zu Gefahrenstufe zunimmt (Abb. 5).

Ist die Gefahrenstufe 1-gering und wir betrachten nur spontane trockene Lawinen, wurden nur an zwei von 100 Tagen überhaupt Lawinen beobachtet, was so viel wie „sehr unwahrscheinlich“ bedeutet. Bei 2-mässig sind es sieben von 100, bei 3-erheblich 20 von 100 und bei 4-gross 60 von 100. Die Wahrscheinlichkeit für einen Lawinentag im Falle von spontanen trockenen Lawinen verdreifacht sich also in etwa von einer Gefahrenstufe zur nächsthöheren. Genau genommen, bedeutet „keine Lawinen“ ja nicht „niedrige Auslösewahrscheinlichkeit“, denn vielleicht war einfach niemand in den Gefahrenbereichen unterwegs. Doch wenn wir die Anzahl der Lawi-

nen nur für die Tage auszählen, an denen es Lawinen gab, stellen wir eine ähnlich ausgeprägte Zunahme fest. Bei 1-gering ist das in der Regel eine spontane trockene Lawine, bei 2-mässig zwei, bei 3-erheblich vier und bei 4-gross springt die Zahl der spontanen trockenen Lawinen auf 22.

Diese Zahlen zeigen deutlich die starke, nicht-lineare Zunahme der Auslösewahrscheinlichkeit von Gefahrenstufe zu Gefahrenstufe. Dabei ist der Sprung von 3-erheblich zu 4-gross deutlich markanter als von 2-mässig zu 3-erheblich.

Übrigens: bei den von Schneesportlern ausgelösten Lawinen nimmt die Häufigkeit von 3-erheblich zu 4-gross nicht zu – sondern ab. Der Lagebericht zeigt offensichtlich Wirkung. Immerhin!

## **V** Verteilung der Gefahrenstellen

Neben der Auslösewahrscheinlichkeit und der Anzahl und Art der zu erwartenden Lawinen ist die Verteilung der Gefahrenstellen das dritte Element, das die Gefahrenstufe bestimmt. Von früheren Stu-



dien (siehe bergundsteigen #45), kennen wir die ungefähre Verteilung der Schneedeckenstabilität für die unteren drei Gefahrenstufen. Das bedeutet, an einem Tag mit Gefahrenstufe 3-erheblich gibt es in der Region, für welche die Gefahrenstufe gilt, und für die speziell ausgewiesenen Höhenlagen und Expositionen sowohl ungünstige wie auch eher günstige Geländeteile: etwa die Hälfte ist allerdings ungünstig.

Bei 2-mässig ist der Anteil der ungünstigen Geländeteile hingegen weniger als etwa 25 % und bei 1-gering gibt es kaum mehr Geländeteile, wo eine Lawinenauslösung möglich ist – mit anderen Worten, es ist klar, dass Lawinen nicht zu erwarten sind.



### Fazit

Zusammenfassend kommen wir zum Schluss, dass sowohl die Anzahl der Lawinen, die Auslösewahrscheinlichkeit und die Anzahl der Gefahrenstellen von Gefahrenstufe zu Gefahrenstufe markant (nicht linear) zunehmen. Bei der Grösse der zu erwartenden Lawinen zeigt unsere Auswertung, dass auch bei den oberen Gefahrenstufen die

Lawinen in der Mehrheit nicht „gross“ und „sehr gross“ sind, sondern dass „mittlere“ Lawinen am häufigsten beobachtet werden – und dies bei allen Gefahrenstufen. Natürlich nimmt die Anzahl der Lawinen von Gefahrenstufe zu Gefahrenstufe zu, und zwar am stärksten von 3-erheblich zu 4-gross.

Schließlich war auffällig, dass die nassen Lawinen sozusagen unterschätzt werden. Erwarten wir bei 3-erheblich (für trockene Lawinen) kaum spontane Lawinen, können im Frühjahr durchaus mehrere, auch einmal „grosse“ spontane Lawinen bei 3-erheblich abgehen – obwohl viele spontane Lawinen eigentlich ein typisches Merkmal der Gefahrenstufe 4-gross sind.

Und damit wären wir zurück bei „viele Lawinen“. Was bedeutet es also, wenn die Gefahrenstufe 4-gross herrscht? Wie viele Lawinen sind zu erwarten? Fünf oder Hunderte? Für eine typische Warnregion von einigen wenigen 100 km<sup>2</sup> erwarten wir rund 20 Lawinen – und wenn dabei nur ein oder zwei Lawinen bis ins Tal vorstossen, also mindestens „sehr gross“ sind, ist das völlig normal. Und ja, sich die Gefahrenskala vorzunehmen und eine Überarbeitung zu wagen, macht definitiv Sinn.

Fotos: Jürg Schweizer





# REDUZIERT AUF SCHUTZ



ASCENT 40  
AVABAG



Das sensationell **LEICHTE** und **KOMPAKTE AVABAG-SYSTEM** bietet **SCHUTZ** – selbst bei anspruchsvollsten Unternehmungen. Erreicht wird dies durch eine neuartige Verschweißungstechnologie des Airbags sowie durch die innovativ einfache Venturieinheit. Wenig Bauteile und ein komplett geschlossenes, robustes System machen **AVABAG** leicht, kompakt und extrem zuverlässig!



Entdecke **AVABAG**  
auf [ortovox.com](http://ortovox.com)!

**ORTOVOX**

# Drohnen für die Lawinenforschung



BFW Multiplex Mentor beim Start. Foto: BFW

**Unbemannte Luftfahrzeuge (auch als Drohnen bezeichnet) sind heutzutage in aller Munde – und Hände: Laut aktuellen Schätzungen des ÖAMTC gibt es in Österreich bis zu 100.000 Drohnen. Obwohl diese zum überwiegenden Teil hobbymäßig eingesetzt werden, hat auch die Verwendung für wissenschaftliche Studien in den letzten Jahren stark zugenommen. Aus wissenschaftlicher Sicht eröffnen Drohnen vollkommen neue Möglichkeiten, um Daten aus der Luft zu erheben (Colomina und Molina, 2014).**





**von Marc Adams, Jan-Thomas Fischer, Andreas Kofler,  
Christian Tollinger, Armin Graf und Reinhard Fromm**

Im Gegensatz zu Modellfliegern haben Drohnen zumindest einen Sensor sowie Navigationsinstrumente und einen Autopiloten an Bord. Damit ist es möglich, Bilder, Videos oder andere Daten aus der Luft aufzunehmen. Je nach Ausstattung sind Drohnen auch in der Lage, selbstständig Hindernissen auszuweichen oder automatisch einem vorprogrammierten Flugpfad zu folgen. Aufgrund ihrer flexiblen Einsetzbarkeit und der geringen Anschaffungskosten schließen Drohnen die Lücke zwischen bemannter Luftfahrt und bodengestützten Aufnahmen (Briese et al., 2013).

Eine wesentliche Rolle spielt dabei die Verfügbarkeit einer großen Vielfalt drohnen-spezifischer Sensoren: Diese reichen von hochauflösenden Tageslicht- oder Thermalkameras bis hin zu speziellen Instrumenten für die Messung von Schneedichte oder zur Detektion von Lawinenschüttungen. Bei der Erhebung von Luftbildern mittels Drohnen können aufgrund der niedrigen Flughöhe (max. 150 m ü. G.) Bodenaufösungen im Millimeterbereich erzielt werden. Damit können kleinste Veränderungen, etwa das Verfärben von Kiefernnadeln aufgrund von Schädlingsbefall, über Flächen von mehreren Quadratkilometern systematisch erfasst werden.

Neben den rasanten Entwicklungen in der Drohnentechnologie haben auch große Fortschritte in der Datenprozessierung zum sprunghaften Anstieg von wissenschaftlichen Drohneneinsätzen beigetragen: Während man für die seit Jahrzehnten etablierte klassische Photogrammetrie (Verfahren zur Bestimmung der dreidimensionalen Form oder räumlichen Lage eines Objekts aus Fotografien) teure Großformatkameras benötigte, erzielen neue Algorithmen vergleichbare Resultate mit handelsüblichen Digitalkameras. In diesem Beitrag möchten wir den Einsatz von Drohnen in der Schnee- und Lawinenforschung zeigen.

Generell hat die Erfassung des Ausmaßes und der Höhe einer Lawinenablagerung entlang der Sturzbahn und in der Auslaufzone hohen Stellenwert in der Ereignisdokumentation. Diese Dokumentation liefert wichtige Informationen zum Prozessverständnis, zur Bewertung der Wirksamkeit von Verbauungsmaßnahmen sowie in der Entwicklung und Optimierung von numerischen Lawinensimulationsmodellen.

Im Jänner 2018 ereignete sich im Bereich der Arzler Alm (oberhalb von Innsbruck) ein Lawinenabgang. Eine Drohne des Instituts für Naturgefahren des Bundesforschungszentrums für Wald (BFW) kam zum Einsatz, um die Ablagerungshöhen und Ausbreitung dieser Lawine zentimetergenau aufzuzeichnen.

Ziel unserer Studie war es, mit Hilfe der drohnengestützten Luftbilder neue Erkenntnisse über die Interaktion von Lawinen mit den in der Sturzbahn und dem Ablagerungsbereich befindlichen Hindernissen zu gewinnen.

Marc Adams hat seine Begeisterung fürs Bergsteigen nach Innsbruck geführt, wo er Geographie studierte. Er ist seit 2010 am Institut für Naturgefahren des BFWs tätig und arbeitet vor allem an der Fernerkundung von Schnee und Lawinen.

**Abb. 2 Aufnahme des Einzugsgebiets** der Arzler Alm-Lawine am 24. Jänner 2018 von einem bemannten Hubschrauber aus; das Anbruchgebiet ist orange eingefärbt. Foto: WLV



**Abb. 1 3D-Ansicht der Nordkette** über Innsbruck Richtung Norden. Der Umriss der Arzler Alm-Lawine ist orange eingezeichnet. Bildquellen: Google Earth (Luftbild und Geländemodell), WLV (Umriss)

**a** Arzler Alm-Lawine

Das Stadtbild von Innsbruck ist durch die Nordkette geprägt, einem Gebirgszug, der nördlich der Stadt bis in eine Seehöhe von ca. 2.600 m emporragt. Auf den südexponierten Hängen sind mehrere Lawenstriche bekannt, wovon einige nachweislich bis in den Siedlungsraum vorstoßen können.

Die Arzler Alm-Lawine ist eine der bedrohlichsten dieser Lawinen: Ihre Anbruchgebiete befinden sich zwischen der Hafelekarsspitze (2.334 m) und der Gleirschspitze (2.317 m). Die Sturzbahnen entlang dreier Tiefenlinien vereinigen sich im Bereich der Arzler Alm (1.067 m). Kleinere Lawinenabgänge erreichen ihren maximalen Auslauf im Bereich der Verflachung der Hungerburgterrasse (ca. 950 m). Unter extremen Schnee- und Witterungsverhältnissen können Lawinen jedoch durch das Duffbachtal bis in das besiedelte Gebiet des Innsbrucker Stadtteils Mühlau vordringen. Abb. 1 zeigt den Umriss der Arzler Alm-Lawine auf einem 3D-Bild der Nordkette.

In den Jahren 1923 und 1935 verursachten Abgänge der Arzler Alm-Lawine erhebliche Sachschäden. Seitdem wurden Brems-, Leit- und Auffangbauwerke in Form von Kegeln, Keilen, Mauern und Dämmen



**Abb. 3 Panoramaaufnahme der Lawinenablagerung** im Bereich östlich der Arzler Alm am 24. Jänner 2018. Foto: BFW

**Abb. 4 Technische Spezifikationen** der BFW Multiplex Mentor Drohne (Titelbild) und der verwendeten Kamera.

Foto/Quelle: BFW/Hersteller



**Drohentyp** Flächendrohne (Eigenbau / Basis: Multiplex Mentor)

**Maße** 1,63 m (Spannweite) / 1,17 (Rumpf)

**Antrieb** 1 elektrischer, bürstenloser Motor

**Flugzeit** 30-40 Minuten

**Max. Reichweite** < 1.500 m

**Leergewicht** 2,750 kg

**Max. Abfluggewicht** 3,500 kg

**Max. Zuladung** 0,750 kg

**Navigation** Pixhawk 2.1 (IMU, Barometer) / Emlid Reach RTK GNSS Modul + Kompass

**Drahtlose Kommunikation** Graupner MX-20 HOTT 2,4 GHz (Sender)

**LiPo Batterie** SLS XTRON 5s 5000 (Flugakkumulator) 5,000 mAh (614 g)

**Kamera** Sony NEX-5

**Sensor** APS-C

**Sensorgroße [mm]** 23,5 x 15,6

**Sensorauflösung [MP]** 16,1

**ISO** 100 – 25,600

**Gewicht [g]** 380

**Objektiv [mm]** 16 [Festbrennweite]

errichtet und erhalten, die sich vor allem bei Nassschneelawinen-Ereignissen bewährt haben. Nachdem eine große Staublawine 1968 die damals bestehenden Lawinenbrecher und Dämme überfuhr, wurde von 1973 bis 1977 ein etwa 20 m hoher Auffangdamm errichtet, der die gesamte Sturzbahn überspannt (Bednarz, 2003). Am 21. Jänner 2018 löste sich nach starkem Schneefall im Einzugsgebiet der Arzler Alm spontan eine Lawine (Abb. 3). Das Anbruchgebiet (Größe: 8,6 Hektar, mittlere Hangneigung: 41°) befand sich zwischen 1.940 und 2.240 m (Abb. 2). Die Lawine teilte sich auf die drei Sturzbahnen auf: Durch das Ochsental (orographisch rechter Graben) flossen kleinere Teile der Lawine und kamen auf Höhe der Alm zum Stillstand. Der Großteil der Lawine floss durch den mittleren und den orographisch linken Graben (Almtal und Brunnental) und erreichte den zentralen Bereich der Verbauungen, die teilweise über- und umflossen wurden, bis die Lawine im Bereich des Retentionsbeckens vor dem Auffangdamm liegenblieb (Abb. 3).



**Datenerhebung und –prozessierung**

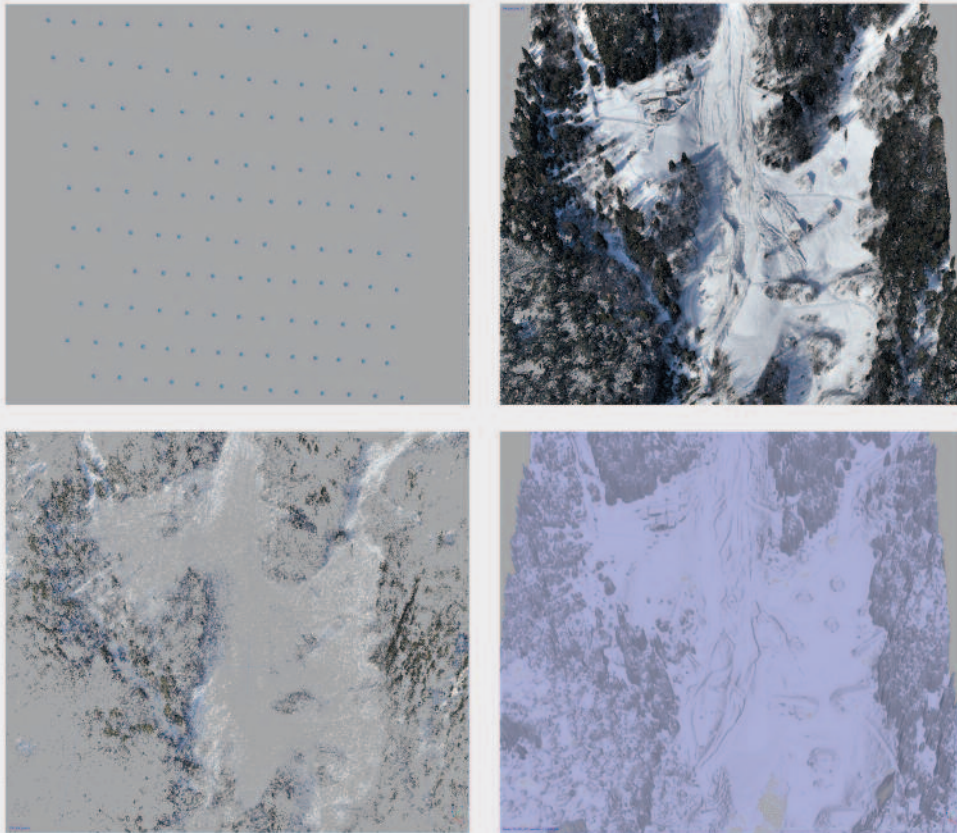
Als sich am 24. Jänner 2018 - drei Tage nach dem Lawinenabgang - eine Wetterbesserung einstellte, wurden der untere Teil der Sturz-

bahn des Almtals sowie der zentrale Bereich der Ablagerung mit einer Drohne des BFWs befliegen. Das Überfluggebiet hatte eine Größe von 60 Hektar und reichte vom Auffangdamm bis etwa 300 hm oberhalb der Alm.

Für diese Befliegung kam ein zertifizierter, speziell adaptierter Flächenflieger (Modellbasis: Multiplex Mentor) zum Einsatz. Diese Drohne war mit einer handelsüblichen Sony NEX5 Digitalkamera sowie einer Navigations- und Autopiloteinheit ausgestattet (technische Details siehe Abb. 4). Start und Landung erfolgten manuell. Nach Erreichen der vorgegebenen Flughöhe von 140 m ü. G. folgte die Drohne einem vordefinierten Flugpfad; dabei wurde das Gebiet in mehreren Flugstreifen abgeflogen. Dies war für die weitere Verarbeitung der Luftbilder notwendig.

Während des Fluges nahm die Bordkamera Serienbilder im zeitlichen Abstand von 1,5 Sekunden auf. Daraus ergab sich eine Überlappung der Luftbilder von 85 % in Flugrichtung und 80 % jeweils zwischen zwei Flugstreifen. In Summe wurden über 1.200 Luftbilder aufgenommen und photogrammetrisch ausgewertet. Um eine hohe Genauigkeit der Resultate sicherzustellen, wurden am Boden photogrammetrische Messtafeln als Referenzpunkte ausgelegt und deren Position eingemessen.

**Abb. 5 Screenshots von der photogrammetrischen Auswertung der Drohnenluftbilder.** Position der georeferenzierten Luftbilder, dargestellt als blaue Kugeln (oben links), Passpunkte im Zielgebiet als erstes Zwischenergebnis (unten links), verdichtete 3D-Punktwolke des zentralen Ablagerungsbereichs (oben rechts) und 3D-Modell des gleichen Bereichs, das zur Berechnung des DOMs herangezogen wurde (unten rechts). Abb./Fotos: BFW



Die photogrammetrische Auswertung erfolgte mit einer Structure-from-Motion-Software (Agisoft Photoscan, v1.4). Diese Software ist in der Lage, aus einer Vielzahl sich gegenseitig überlappender Luftbilder ein geometrisch entzerrtes Gesamtluftbild (Orthophoto) des Zielgebiets zu erstellen. Dazu wurden zunächst in allen Bildern automatisch gemeinsame Punkte (Passpunkte) gesucht, anhand deren die Bilder miteinander verknüpft werden konnten (Abb. 5). Nachdem diese Punkte verifiziert wurden, verdichtete die Software diese zu einer 3D-Punktwolke mit einer Dichte von etwa 40 Punkten/m<sup>3</sup>. Dies erlaubte die Erstellung eines Orthophotos mit einer Bodenaufösung von 0,04 m. Abschließend konnte die photogrammetrisch gewonnene 3D-Information zusätzlich dazu genutzt werden, die absolute Höhe (Seehöhe) der Schneeoberfläche im gesamten überflogenen Gebiet zu berechnen und in einem digitalen Oberflächenmodell (DOM) bzw. einem 3D-Modell darzustellen (Abb. 5).

Nachdem das DOM auf den relevanten Bereich der Lawinenablageung zugeschnitten wurde, konnte die Höhe der Ablagerung durch Vergleich mit den vor dem Ereignis aufgenommenen Geländehöhen kalkuliert werden. In diesem Fall wurden als Referenzdaten die Ergebnisse einer Airborne Laser Scanning Kampagne des Amtes der Tiroler Landesregierung herangezogen. Die Berechnung der Ablagerungshöhen erfolgte in der Geoinformationssoftware SAGA LIS Pro 3D (v 3.0.7).



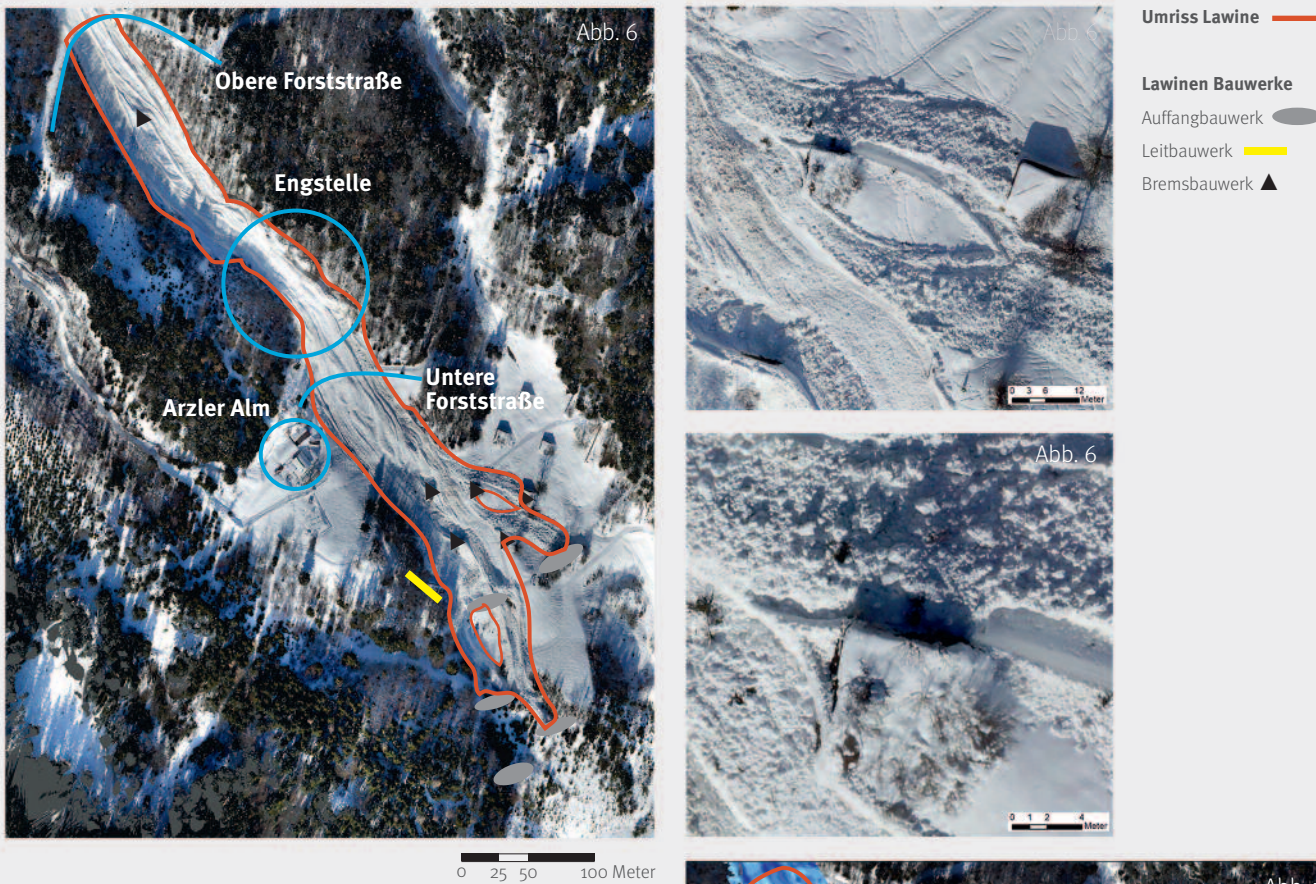
## Resultate

### Umriss und Volumen der Lawinenablageung

Der Umriss der Lawinenablageung wurde aus dem Drohnen-Orthophoto kartiert. Die Ablagerungsfläche hat eine Größe von etwa 50 x 610 m (etwa 3 Hektar; Abb. 6, orange). Ein Forstweg, der ca. 100 hm oberhalb der Alm verläuft, definiert die obere Grenze der Ablagerung; darüber verbreitert sich die Sturzbahn von 10 auf 40 m; außerdem fließen zwei der drei oben genannten Sturzbahnen hier zusammen (Almtal und Brunnetal). Etwa 80 m unterhalb dieser Straße befindet sich das oberste Bremsbauwerk der Arzler Alm-Lawine – ein Betonkeil. Ca. 120 m unterhalb des Keils führt ein steiler Felsvorsprung (>60° Neigung) auf der orografischen rechten Seite zu einer Engstelle, die die Sturzbahn auf eine Breite von 15-20 m reduziert. In diesem Abschnitt ist die Sturzbahn weiterhin seitlich durch größtenteils steile (>35) bewaldete Hänge begrenzt. Unterhalb der Engstelle kreuzt die Lawine einen weiteren Forstweg; darunter wird das Gelände etwas flacher (von 20-25° auf 15-20°) und mündet in ein großes Becken. Hier befindet sich auch der überwiegende Teil der Brems-, Leit- und Auffangbauwerke (Abb. 6).



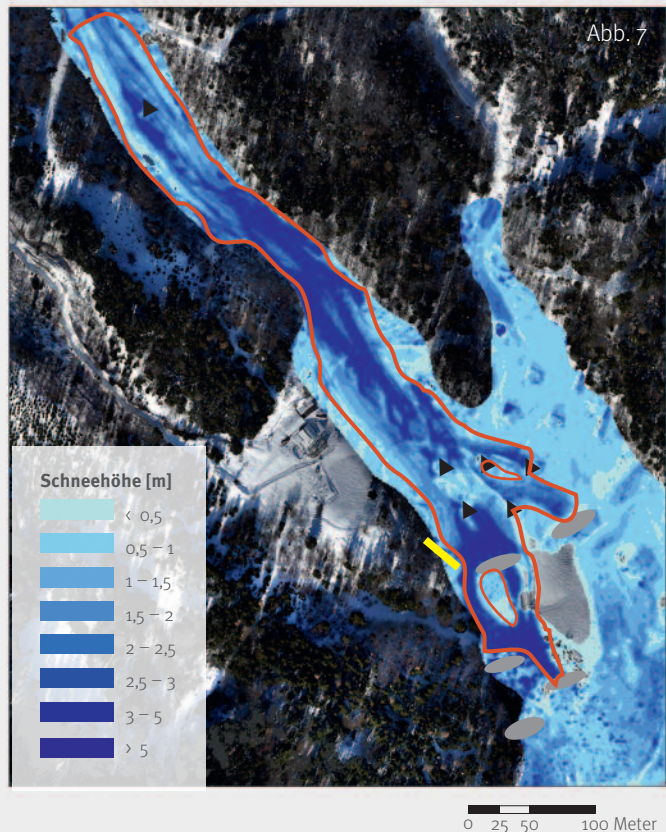
**Abb. 6 Ausschnitt des Drohnen-Orthophotos**, welcher den Umriss der Lawinenablagerung, die verschiedenen Verbauungstypen im Auslaufbereich der Lawine sowie die im Text beschriebenen Lokalitäten zeigt. Daneben Ausschnitte des Orthophotos in zwei Zoomstufen, welche den Detailreichtum des Bildmaterials zeigen. Fotos: BFW



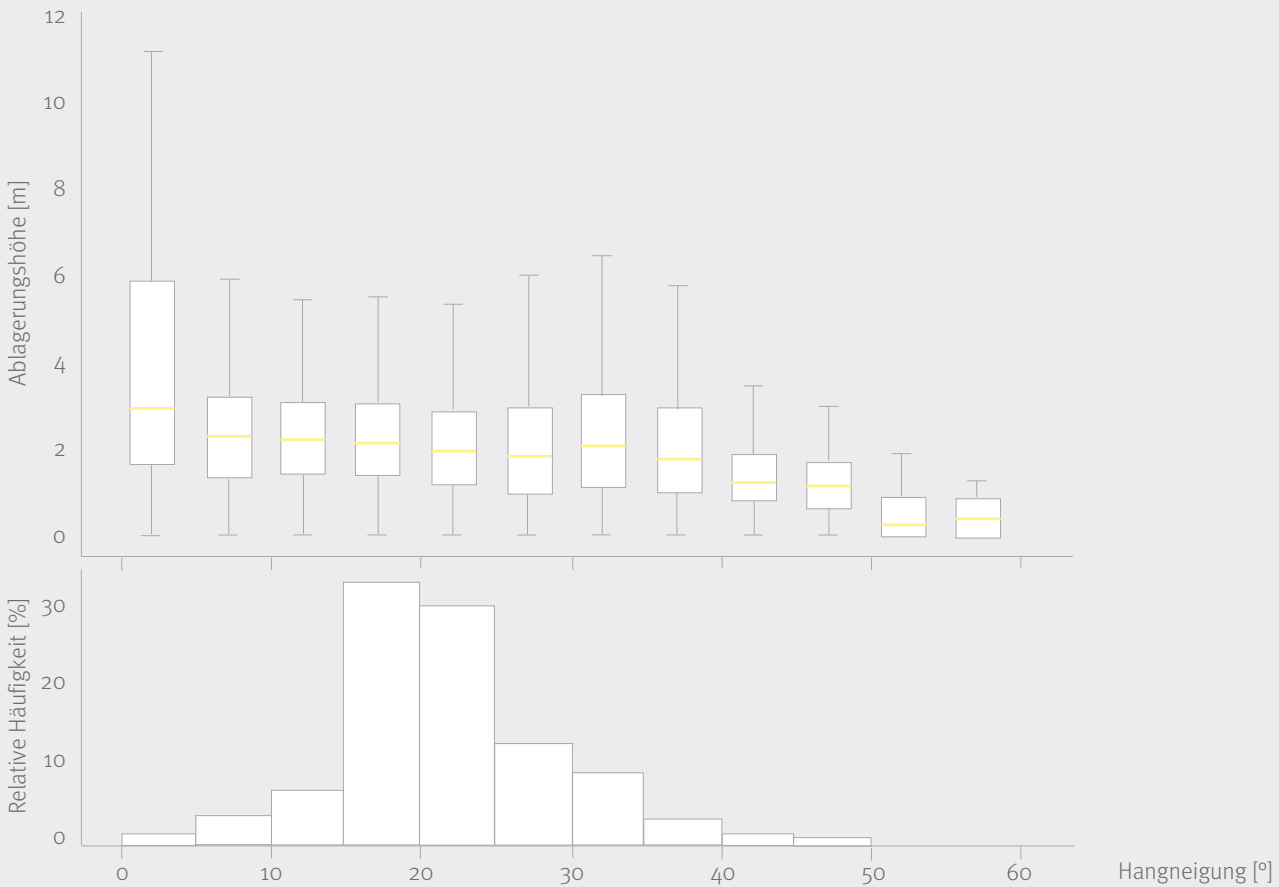
Die Ablagerungshöhe variiert stark innerhalb des beobachteten Gebiets – sie wird in Abb. 7 dargestellt. Ein erstes kleines lokales Maximum befindet sich in der Nähe des einzelnen Keils in der oberen Sturzbahn, wo Ablagerungshöhen von 3-5 m erreicht werden. Ein Großteil der Ablagerungen befindet sich in der Verengung, in der Höhen von >5 m gemessen wurden. Weiter talwärts sind im zentralen Auslaufbereich vor den Betonkeilen kleine Anhäufungen zu sehen. Die Lawine kam schließlich durch eine Reihe von Brems- und Auffangbauwerken im unteren Auslaufbereich zum Stillstand, wobei die maximalen Ablagerungshöhen 11 m betragen. Insgesamt wurden ca. 70.000 m<sup>3</sup> Schnee abgelagert, was zu einer mittleren Ablagerungshöhe von 2,4 m führte (Lawinengröße 3-4). Bei der Interpretation der Ergebnisse müssen folgende Aspekte berücksichtigt werden:

Die lokale Schneehöhe vor dem Ereignis war nicht bekannt, konnte jedoch anhand der ungestörten Schneedecke im Bereich der Alm auf 0,5-1 m geschätzt werden. Die seitlichen und unteren Grenzen des Ablagerungsbereichs wurden aus der Kartierung von ungestörter Schneedecke und Lawinenablagerung abgeleitet. Da die Lawine möglicherweise im Auslauf den ungestörten Schnee überdeckt und nicht mitgerissen hat, sollte das o.g. Ablagerungsvolumen als Maximalwert betrachtet werden.

**Abb. 7 Schneehöhen im Zielgebiet.** Foto: BFW



**Abb. 8 Statistische Darstellung der Ablagerungshöhen [m] in Abhängigkeit von der Hangneigung** (links oben): Boxplots bilden Median (gelb Linie), das obere und untere Quantil (Box), sowie die Ausreißer (Antenne, Minimum und Maximum der Daten) ab. Darunter die in 5°-Abständen gruppierten relativen Häufigkeiten [%] der Hangneigung. Rechts ist die Neigung des Geländes [Grad] im Auslaufbereich ohne Vegetation dargestellt. Grafik: BFW, Geländemodell: TIRIS 2018



- Die obere Ablagerungsgrenze wurde aus der Interpretation des Orthophotos bestimmt, wo keine deutlichen Spuren von Schneerosion mehr zu sehen waren. Eine Verschiebung dieser Grenze würde jedoch zu einer Änderung des Ablagerungsvolumens führen.
- Das Einzugsgebiet wurde nicht systematisch überwacht, weshalb möglicherweise aufgetretene vorherige (kleinere) Lawinenereignisse zum erfassten Gesamtvolumen des beobachteten Ereignisses beigetragen haben.

### Ablagerungshöhe versus Geländeneigung

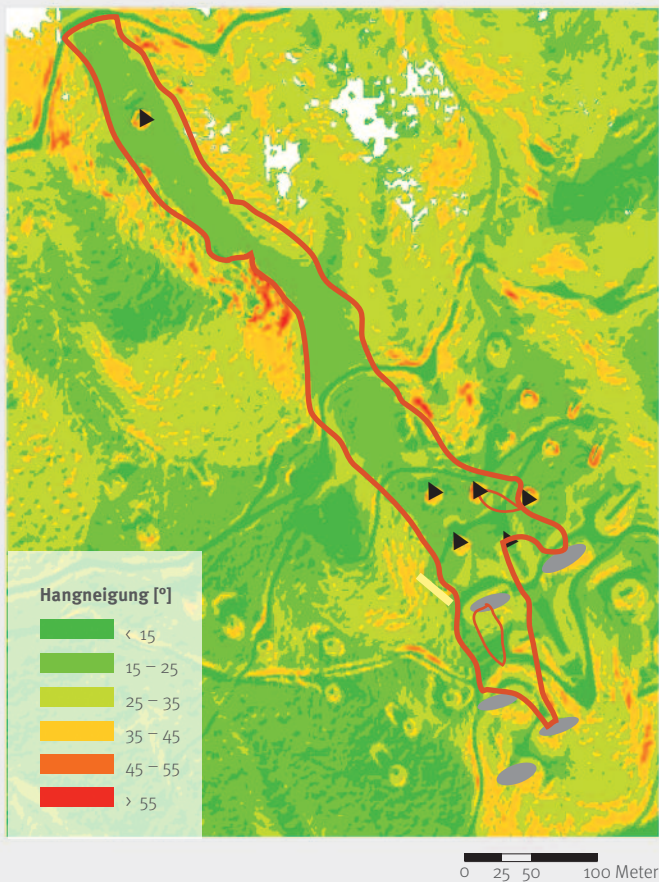
Die räumliche Verteilung der Ablagerungshöhen im Vergleich zur Geländeneigung zeigt, dass die Ablagerungshöhe im Allgemeinen mit der Hangneigung abnimmt (Abb. 8). Dies steht im Einklang mit Beobachtungen von anderen Studien (z.B. Sovilla et al., 2010) und bedeutet, dass die Ablagerung an steilen Hängen geringer ist als an flachen Hängen. Obwohl dies bei der Analyse der Ablagerung der Arzler Alm-Lawine deutlich erkennbar ist, gibt es hier ein besonderes Merkmal: Es bestehen nämlich zwei lokale Maxima in der Verteilung der Ablagerungshöhen. Die höchste mittlere Ablagerung (3,8 m) tritt in Gebieten mit einer Neigung von 0-5° auf; ein weiteres Maximum (2,3 m) befindet sich auf 30-35° steilen Gebieten - der typischen Hangneigung des Geländes oberhalb der Lawinenbauwerke im Auslaufbereich. Hierbei ist zu beachten, dass die höchsten Ablagerun-

gen zwar bei geringen Neigungswinkeln unter 5° beobachtet werden, diese jedoch nur geringfügig zum Gesamtvolumen (etwa 1 %) beitragen (Abb. 8). Der Hauptteil des Ablagerungsvolumens stammt aus mittleren Ablagerungshöhen (2,1-2,2 m) bei Neigungswinkeln zwischen 15 und 25°, die ca. 62 % der Gesamtfläche ausmachen. Bei Neigungswinkeln zwischen 25 und 40° (die ca. 23 % der Fläche mit einer Ablagerungshöhe von 2 m abdecken) wurde ein starker Abfall der Ablagerungshöhe beobachtet. Bei einer Neigung von 50° tritt keine nennenswerte Ablagerung mehr auf.

### Schlussfolgerungen

Dieser Beitrag zeigt, wie mit Hilfe der Drohnen-Photogrammetrie das Ausmaß und das Volumen der Ablagerung eines Lawinenereignisses erfasst werden können. Diese Daten können als Grundlage für die Analyse der Interaktion zwischen Lawinen sowie Brems-, Leit- und Auffangbauwerken dienen. Die Kombination aus der Interpretation von Orthophotos und räumlicher Analyse der Ablagerung demonstriert, dass kleinräumige Geländestrukturen das Ablagerungsmuster lokal überwiegen. Das Wissen um diese lokalen Effekte ist von wesentlicher Bedeutung, um die





Wechselwirkung zwischen Lawinen und Hindernissen zu verstehen und die Gestaltung von Brems-, Leit- und Auffangbauwerken zu verbessern. Darüber hinaus haben diese Ergebnisse auch eine Relevanz für Skifahrerlawinen – Stichwort Geländefallen.

#### Danksagung

Die Autoren möchten sich bei den Mitarbeitern der Wildbach- und Lawinenverbauung (WLVB), der Lawinenkommission der Innsbrucker Nordkettenbahnen, des Amtes der Tiroler Landesregierung (TIRIS) und des Bundesforschungszentrums für Wald (BFW) für ihre Unterstützung, Mithilfe bei den Feldarbeiten und Bereitstellung der Referenzdaten, herzlich bedanken.

#### Literatur

- Bednarz, R. (2003): Lawinenauffang-, Leit- und Ablenkdamme sowie Bremsbauwerke in der Gebietsbauleitung Mittleres Inntal. Wildbach- und Lawinenverbauung, 150, 124- 132.
- Briese, C., Fortner, R., Sager, P. und Pfeifer, N. (2013): Vom Modellflughobby zu unbemannten Flugsystemen für die Geodatenerfassung. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation (VGI), 101 (2013), 2+3, 64-74.
- Colomina, I. und Molina, P. (2014): Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 92, 79–97.
- Sovilla, B., McElwaine, J. N., Schaer, M. und Vallet, J. (2010): Variation of deposition depth with slope angle in snow avalanches: measurements from Vallée de la Sionne. Journal of Geophysical Research, 115.







Katreen Wikstrom Jones, Alaska Division of Geological & Geophysical Surveys, Fairbanks, AK, USA

# Community Snow Observations

Eine Citizen-Science-Kampagne zur Validierung von Ergebnissen aus der Fernerkundung der Schneedecke & hydrologischen Modellen

von **Katreen Wikstrom Jones, Gabriel J. Wolken, David Hill, Ryan Crumley, Anthony Arendt, Jonah Joughin und Landung Setiawan**

# (CSO)

## Einleitung

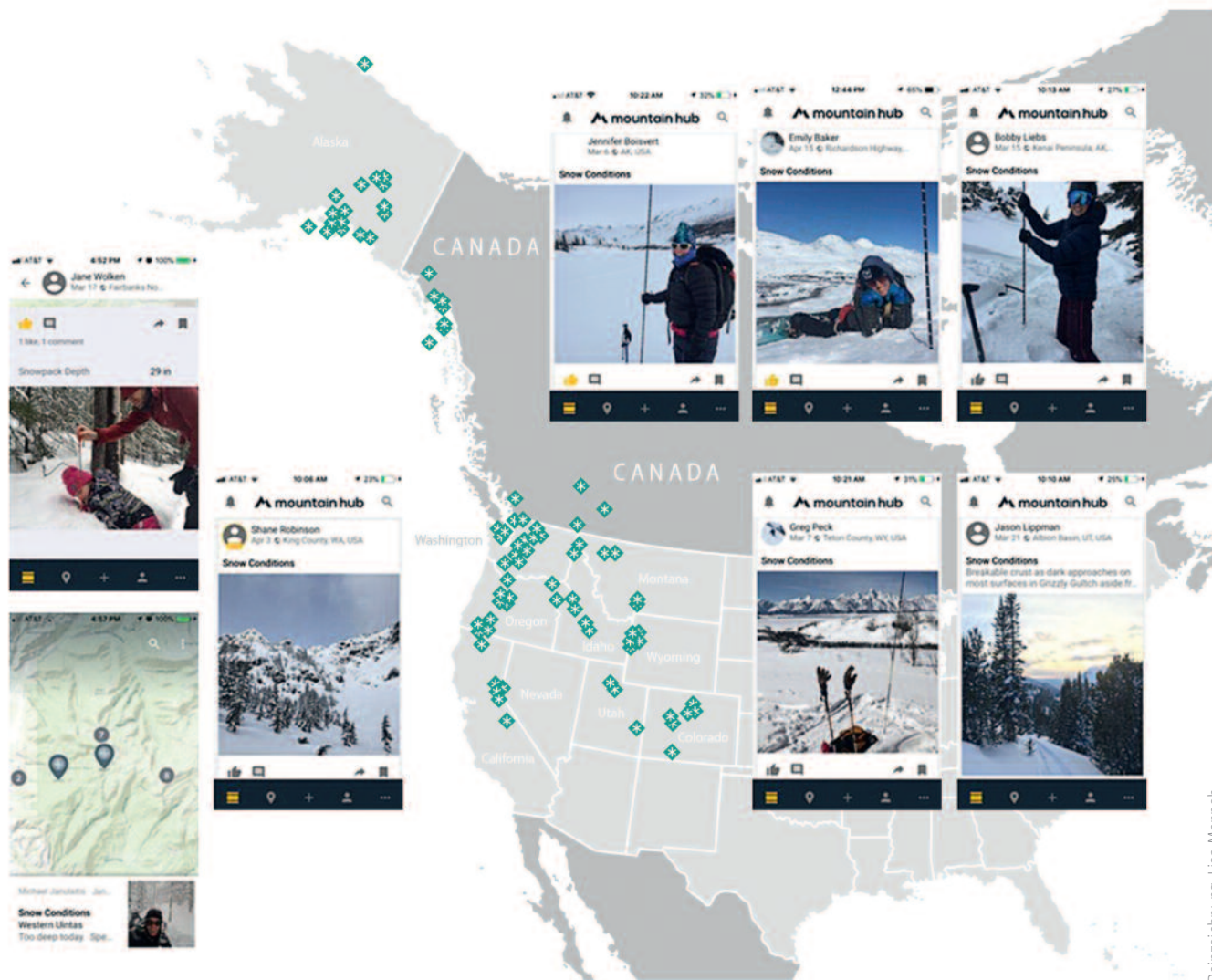
Mit Winterbeginn rückt in den Gebirgen der Welt der Schnee in den Mittelpunkt unserer Aufmerksamkeit: seine Höhe, Verteilung und Oberflächenbeschaffenheit. So können wir präzise Lawinenlageberichte erstellen, Vorkehrungen zur Risikominimierung treffen oder von unserem nächsten Freizeitabenteuer träumen. Schnee bietet uns vielfache ökologische, soziale und wirtschaftliche Vorteile: als natürlicher Speicher der Winterniederschläge und als Schmelzwasserlieferant in der Tauperiode. Schwankungen in der saisonalen Schneedecke beeinflussen den Wasserabfluss und somit unsere Wasserversorgung, die Landwirtschaft, die Fischerei und die Wälder. Große Schneemengen und eine rasche Schneeschmelze können Naturgefahren wie Lawinen, Muren und Überflutungen nach sich ziehen, die Gemeinden und die regionale Wirtschaft treffen können.

Hydrologische Schneemodelle stellen ein wichtiges Instrument zur Erforschung von Verflechtungen zwischen physikalischen und sozio-ökonomischen Systemen dar. Es ist jedoch ein komplexes Unterfangen, Veränderungen in der Schneedecke abzubilden, und zur Kalibrierung von Simulationen sind direkte Messungen der Eigenschaften von Schnee nötig. Im Westen der USA variieren vorhandene





Gabriel J. Wolken, Alaska Division of Geological & Geophysical Surveys, Fairbanks, AK, USA & International Arctic Research Center, University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, Alaska, USA



Reinzeichnung: Lisa Mannreh

Daten zur Schneedecke bezüglich Verlässlichkeit, Häufigkeit und räumlicher Verteilung. In den USA kommen die Daten üblicherweise aus einer Kombination von automatischen Messstationen („Snow Telemetry, SNOTEL“) und manuellen Messstellen. Sie sind exzellente Datenquellen, aber aufgrund beschränkter Ressourcen zahlenmäßig begrenzt. Außerdem liefern sie eher wenig Datenmengen aus Gelände mit komplexer Topografie sowie aus Höhenlagen - was auf die erschwerte Erreichbarkeit dieser Lagen zurückzuführen ist. Aus der Luft und mit Hilfe von Satelliten kann die Schneedecke jedoch fernerkundet werden. Somit werden einige der Probleme, die sich bei der Vor-Ort-Messung ergeben, ausgeräumt: z.B. nutzt das Airborne Snow Observatory der NASA die Methode LiDAR (light detection and ranging, eine Methode zur optischen Abstands- und Geschwindigkeitsmessung sowie zur Fernmessung atmosphärischer Parameter) um Schneehöhen zu messen (Painter et al., 2016). Der MODIS-Sensor des Satelliten „Terra“ der NASA wiederum kann schneebedeckte Flächen messen (Hall et al., 2002). Diesen Beobachtungen fehlen jedoch die zeitlich-räumlichen Parameter, die nötig sind, um alle Veränderungsmuster des Schnees im Jahreslauf korrekt zu erfassen, z.B. Veränderungen der Schneehöhe nach einem starken Sturm. Fernerkundung setzt des Weiteren Bodenmessungen für das Kalibrieren der Sensoren sowie für die Validierung der Daten voraus.

Das neue, von der NASA finanzierte Projekt „Community Snow Observations“ (CSO) führt die Arbeit von Forschenden und Freizeitsportlern zusammen, um das Fachwissen über Schnee zu erweitern. Seit dem Projektstart 2017 haben wir begeisterte Schneesportler (Skitouren- u. Snowboardtourengerinnen, Schneeschuhwanderer, Schneemobilfahrerinnen) sowie im Bereich Schnee tätige Fachleute und Berufstätige gewonnen, um die zeitlich-räumliche Abdeckung der Schneehöhenbeobachtungen im Gelände mit komplexer Topografie zu verbessern. In Kooperation mit Mountain Hub, dem Anbieter der Community-Outdoor-Smartphone-App, haben wir mehr als 1500 Schneehöhenmessungen aus dem gesamten Westen der USA und zahlreiche weitere aus der ganzen Welt erhalten (Abb. 1). CSO-Daten haben sich schon als sehr nützlich erwiesen: die Daten wurden zur verbesserten Einschätzung des Schneewasseräquivalents (SWE) in hydrologischen Modellen verwendet sowie zur Validierung der Schneehöhenverteilung in Modellen, die mittels Fernerkundung generiert wurden. Im zweiten Jahr des Projekts hoffen wir einen noch bunteren Querschnitt an Citizen Scientists, d.h. „Laienwissenschaftlern“, zu gewinnen: vom Grundschüler über professionelle Schneesportler bis hin zu Forschungsgruppen. Wir haben auch vor, einen Datenverbund zu etablieren und Tools zur Visualisierung zu entwickeln, um das langfristige Interesse und Engagement zu erhalten.



David Hill (Foto) & Ryan Crumley, School of Civil and Construction Engineering, Oregon State University, Corvallis, OR, USA



## Aufbau einer Citizen-Science-Community zur Datenerhebung der Schneedecke

Seit Projektbeginn haben wir vor allem Wintersportler, die sich im freien Skiraum bewegen, als Datenlieferanten gewonnen. Im Bereich Schnee tätige Fachleute bzw. Berufstätige sowie Wintersportler, die im freien Skigelände unterwegs sind, legen oft weite Strecken bis in größere Höhen zurück. Diese Zonen werden von standortgebundenen Messstationen (z.B. SNOTEL) tendenziell schlechter abgedeckt. So ergibt sich die Möglichkeit, mit Hilfe von CSO Stichproben von entlegenen Schneeflächen zu erhalten.

Um die Erfolgchancen des Projekts zu maximieren war es unsere höchste Priorität, den Einstieg so niederschwellig wie möglich zu gestalten. Konkret haben wir uns für die folgenden Kriterien entschieden: a) Messungen sollen so wenig Ausrüstung wie möglich erfordern, b) Messungen sollen äußerst schnell und einfach durchzuführen sein und c) die Datenübertragung vom Citizen Scientist zum wissenschaftlichen Projektteam soll hochautomatisiert erfolgen. Um die Dateneingabe zu erleichtern, die Entwicklungskosten niedrig, die Projekt-Anlaufphase kurz und das Wirrwarr an Apps am Smartphone in Grenzen zu halten, kooperieren wir mit Mountain Hub. Ihre Smartphone-App (<https://app.mountainhub.com>) ermöglicht es Usern, Gelände-Informationen in Echtzeit zu melden und abzurufen. Dank dieser Kooperation wurde die App für die Dateneingabe hinsichtlich Schneehöhe und Schneewasseräquivalent adaptiert. Die eingegebenen Daten werden in Echtzeit an unseren internet-basierten Kartendienst übermittelt. Zusätzlich zu Mountain Hub haben wir einen neuen Partner, Snow Pilot, der ein schon gut eingeführtes Tool zur Aufzeichnung und Visualisierung von Schneeprofilen für Lawin prognostiker anbietet. Dank dieser neuen Kooperation haben wir schon zahlreiche Schneehöhenbeobachtungen aus der ganzen Welt erhalten.

### Datenverarbeitung und Kommunikation

Bei Übermittlung der Schneehöhenbeobachtung wird der Datenpunkt in Echtzeit auf unserem webbasierten Kartendienst verortet (<http://app.communitysnowobs.org/>). So bekommen wir direkten Zugriff auf die Daten und die User können ihre Beobachtungen sofort auf einer interaktiven Karte sehen. Unser Team verwendet Amazon Web Services (AWS) für Web-Anwendungen, die sich den nach Jahreszeit unterschiedlichen Anfragen der User anpassen. In Zukunft wird unsere Programmierschnittstelle die Auswahl von Untergruppen in den Citizen-Science-Beobachtungen sowie den Vergleich mit anderen, mit ihnen in Zusammenhang stehenden Schneedaten unterstützen.

Der Großteil der Kommunikation mit teilnehmenden und zukünftigen Citizen Scientists läuft online über unsere Projekt-Website (<http://communitysnowobs.org>) und etablierte Social-Media-Kanäle (Facebook/Instagram @communitysnowobs; und Twitter @communitysnowob)

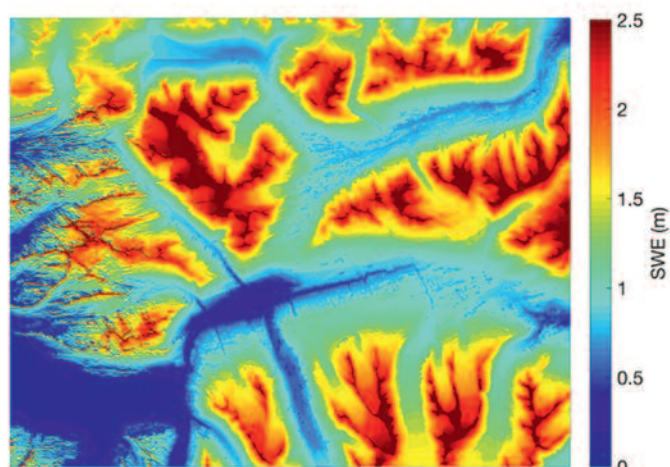
### Datenlieferanten gewinnen

Im Winter 2017/2018 stieg die Zahl der CSO-Teilnehmenden rasch an. Messungen wurden verstärkt aus dem südlichen Zentral-Alaska,

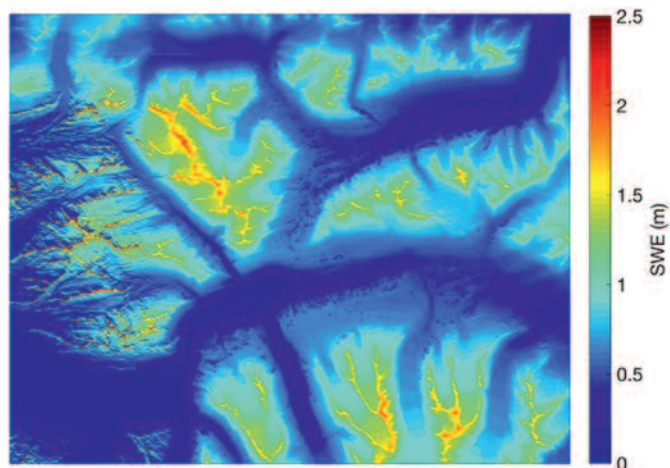




**Abb. 2 Modell der Schneewasseräquivalent (SWE) Höhen:** rechts mit und links ohne Citizen-Science-Beobachtungen (vom 30. April 2017 am Thompson Pass, Alaska).



**SWE Modell ohne CSO.**



**SWE Modell mit CSO.**

aus Washington, Oregon und aus dem Gebiet der Tetons in Wyoming (Abb. 1) übermittelt. Die ersten beiden Jahre der Einführungsphase des CSO-Projekts haben gezeigt, dass es je nach Zielgruppe und Region möglicherweise unterschiedliche Herangehensweisen braucht, um Citizen Scientists zu gewinnen. Anwerbestrategien umfassen sowohl intensive Kampagnen zur Datensammlung mit einhergehendem praktischem Training, aber auch von Partnern aus der Wirtschaft gesponserte Wettbewerbe mit Gewinnen für die Teilnehmenden sowie die üblichen Aufrufe in den sozialen Medien.

Unser Botschafter-Programm und die „Data for Good“-Kampagnen (dt. „Mit Daten Gutes tun“), die wir gemeinsam mit Mountain Hub und unseren Partnern aus der Wirtschaft entwerfen, sind innovative Incentives. Das Botschafter-Programm zielt auf die Bindung der aktivsten oder einflussreichsten Citizen Scientists ab, die zugleich jeweils ein Teilgebiet unserer Zielregion repräsentieren. Die Botschafter spielen eine wichtige Rolle bei der Bewerbung des Projekts, da sie Gleichgesinnte zur Teilnahme anregen. Außerdem treten sie als lokale CSO-Repräsentanten auf, welche die wissenschaftlichen Erkenntnisse aus dem Projekt an die passenden Institutionen und Behörden weitergeben können.



## Datenanalyse & Anwendungen

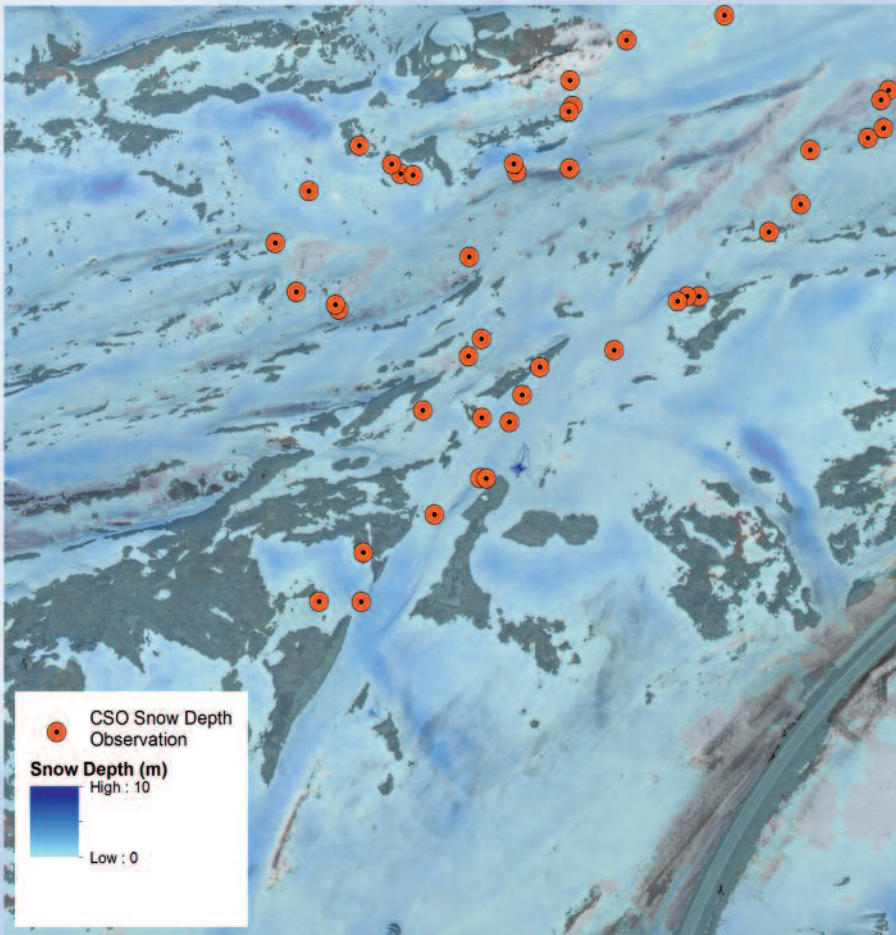
### Korrektur des Schneewasseräquivalents in hydrolog. Modellen

CSO-Daten aus Crowdsourcing (d.h. Teilaufgaben werden an externe Freiwillige, hier Laienwissenschaftler, delegiert) sind äußerst nützlich für die Verbesserung von hydrologischen Modellen. Hydrologische Modelle verwenden meteorologische Beobachtungen wie z.B. Temperatur und Niederschlag, um Oberflächenmasse und Energieaustausch zu berechnen. Weiters liefern sie Schätzungen zur Schneeverteilung und zu Schmelzraten. Wir stellten beispielsweise fest, dass das Modell für ein Test-Einzugsgebiet am Thompson Pass, Alaska, die Schneehöhe signifikant überschätzte und dass die CSO-Daten zur Korrektur des Ergebnisses verwendet werden konnten, um die tatsächlichen Bedingungen vor Ort widerzuspiegeln (Abb. 2).

### Validierung luftgestützter Fernerkundungssensoren

Wir verwenden luftgestützte Fotogrammetrie und LiDAR zur Kartografierung der Schneehöhenverteilung in mehreren Gebieten

**Abb. 3 Schneehöhenverteilung vom 30. April 2017 am Thompson Pass, Alaska,** aufgenommen aus der Luft mittels fotogrammetrischem Structure-from-Motion-Verfahren mit den Positionen der CSO-Schneehöhenmessungen vom Vortag.



Alaskas. Wir nutzen die CSO-Daten zur Korrektur der Muster des windverfrachteten Schnees, zur Qualitätsbeurteilung und um Verzerrungen im System zu identifizieren (Abb. 3). Außerdem liefern CSO-Beobachtungen nützliche lokale Daten, die bei der Messung von Unsicherheiten in der Fotogrammetrie helfen: Die häufig weitläufigen Oberflächen des schneebedeckten Geländes, die wenig Kontrast und undeutliche Struktur aufweisen, können nämlich zu ungenauer Oberflächendarstellung und Bildfehlern im Endergebnis des Schneeoberflächenmodells führen.



### Teilnahme am Projekt

Die Teilnahme als CSO-Citizen-Scientist ist unabhängig von Anmeldung oder Mitgliedschaft. Um Citizen Scientist zu werden, braucht man nur:

- unberührten Schnee am Boden (Senken um Bäume oder durch Wintersportler und Schneemobile verdichteter Schnee werden ausgespart);
- eine Lawinsonde oder ein metrisches Maßband;

■ ein Smartphone (iPhone oder Android) mit installierter Mountain-Hub-App, um die Schneehöhenbeobachtungen zu übermitteln.

Damit auch die kleinräumige Variabilität der Schneehöhe berücksichtigt wird, empfehlen wir den Citizen Scientists, eine Schneehöhe zu erfassen, die dem Durchschnitt von drei Messungen in einem Radius von 1 m entspricht (Abb. 4). Weiters empfehlen wir ein Foto der Messstelle zu übermitteln, damit wir die Datenqualität überwachen können. Da Mountain Hub die GPS-Daten des Smartphones abrufen, um die Beobachtung örtlich und zeitlich zu markieren, ist es sehr wichtig, dass der Citizen Scientist die Daten der Beobachtung am Ort der Messung abschickt.



### Daten aus Crowd-Sourcing: Herausforderungen & Vorteile

Citizen Science als neues Paradigma birgt einmalige Chancen, aber auch Herausforderungen. Citizen Science ist naturgemäß dezentralisiert und unstrukturiert. Die Beobachtungen sind opportunistisch und von den persönlichen Entscheidungen der Citizen Scientists



Abb. 4 Flyer mit der Anleitung für Community Snow Observations (CSO).

**COMMUNITY SNOW OBSERVATIONS**

Measure the snow depth and contribute to snow science -- while recreating in the backcountry!

"Observing snow and sharing those observations with others enables collective recognition of patterns across time and space." – Sarah Carter, Ambassador

"Taking a probe depth takes like 45 seconds, after 20 or so measurements I started to feel like I was actually getting a better picture of snow distribution on the mountain in a way I would not have seen had it not been for the CSO project." – Bobby Lieberman, Ambassador

**WHAT YOU NEED:**

1) Undisturbed snow

2) Measuring tool

3) Mountain Hub app installed on your cellphone

4) Submit full snow depth (average of three within 1 m radius)

mountain hub

210 cm  
 225 cm  
 + 215 cm  
 = 650 cm  
 /3  
 = 216.66  
 = 217 cm

7 8 9 DEL  
 4 5 6 UNIT  
 1 2 3  
 0

abhängig (Tourverlauf, Tourdauer, etc.). Eine weitere Herausforderung ist die Qualitätskontrolle der übermittelten Daten. Die Qualitätskontrolle von CSO erfolgt einerseits automatisch und andererseits manuell durch die Forschungsgruppe. Wir müssen jedoch akzeptieren, dass die Beobachtungen von Teilnehmenden, die ein unterschiedliches Ausmaß an Erfahrung mit Datenerhebungen haben, durchgeführt werden.

Andererseits ist es ein gewichtiger Vorteil, dass die individuellen Beobachtungen völlig kostenlos sind. Sie werden von Freiwilligen durchgeführt, welche die Ressourcen und Fähigkeiten haben, sich im Gelände zu bewegen, die Daten zu sammeln und sie dem Projektteam zu übermitteln. Ein weiterer Vorteil ist, dass Citizen Science den Zugang zur Wissenschaft demokratisiert sowie zur wissenschaftlichen Bildung der Allgemeinheit anregt (z.B. Garbarino und Mason, 2016; Bonney et al., 2016). Von der Einbindung der Citizen Scientists profitiert nämlich nicht nur die Wissenschaft, sondern - und das ist das Allerwichtigste - auch die Projektteilnehmer! Diese haben explizit angemerkt, dass sie durch die Übermittlung ihrer Schneehöhenbeobachtungen im Rahmen ihrer Tour ihr ganz persönliches Verständnis und Wissen rund um die Schneehöhenverteilung in den Bergen verbessert haben.

### Danksagung

Wir bedanken uns bei unseren Citizen Scientists, Mountain Hub, Snow Pilot, NASA Citizen Science for Earth Science Program sowie unseren Partnern aus der Wirtschaft und unseren Forschungsmitarbeitern für die Unterstützung unseres Projekts.

### Literatur

- Bonney, R., Phillips, T., Ballard, H., Enck, J., 2016. Can citizen science enhance public understanding of science? Public Understanding of Science, v.25(1), pp.2-16.
- Garbarino, J., Mason, C., 2016. The power of engaging citizen scientists for scientific progress. J. Microbiol. Biol. Educ. v.17(1), pp.7-12.
- Hall, D., Riggs, G., Salomonson, V., DiGirolamo, N., Bayr, K., 2002. MODIS snow-cover products. Remote Sensing of Environment, v.83, pp.181-194.
- Painter, T., Berisford, D., Boardman, J., Bormann, K., Deems, J., Gehrke, F., Hedrick, A., Joyce, M., Laidlaw, M., Marks, D., Mattmann, C., McGurk, B., Ramirez, P., Richardson, M., Mckenzi Skiles, S., Seidel, F., Winstral, A., 2016. The Airborne Snow Observatory: Fusion of scanning lidar, imaging spectrometer, and physically-based modeling for mapping snow water equivalent and snow albedo. Remote Sensing of Environment, v.184, pp.139-152.

# Schneebrettlawinen

## Bruchmechanik der Schwachschicht

**Wumm-Geräusche, Fernauslösungen, sich von selbst lösende Schneebretter – dass dies Zeichen einer instabilen Schneedecke sind, ist bekannt. Obwohl die mathematische Beschreibung solcher Vorgänge äußerst anspruchsvoll ist, lassen sie sich nun mit Methoden der modernen Bruchmechanik modellieren. Ein Diskussionsbeitrag.**

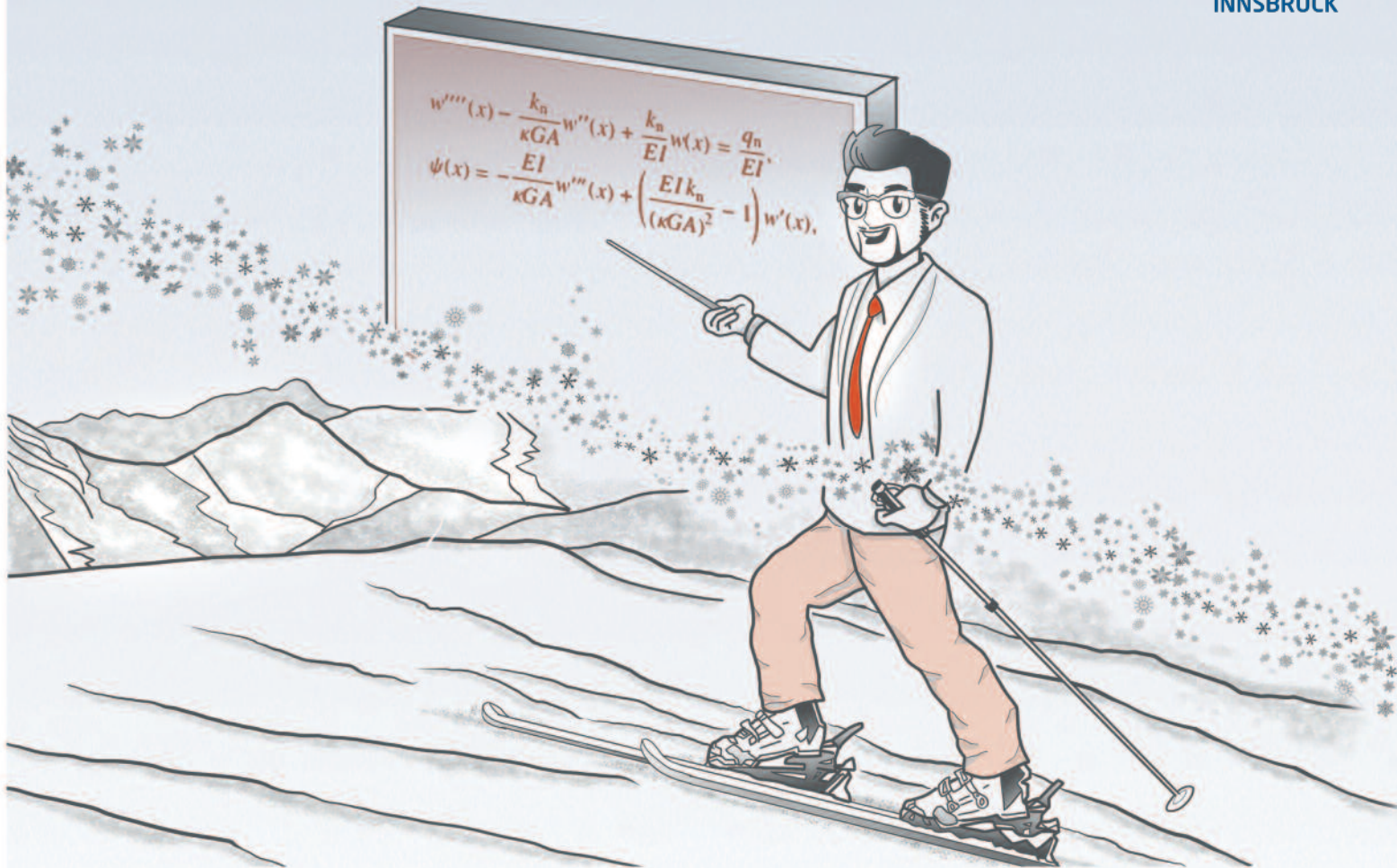


von Philipp Weißgraeber und Philipp Rosendahl

Wintersportlerinnen und Wintersportler, die sich in verschneiten Gebirgsregionen bewegen, kennen die Warnzeichen für eine instabile Schneedecke: Wumm-Geräusche, Fernauslösungen und sich von selbst lösende Schneebretter. Dennoch hat sich unser Verständnis dafür, wie ein Skifahrer eine Schneebrettlawine auslösen kann, erst in den letzten Jahren verbessert. Dies liegt nicht zuletzt daran, dass wir begonnen haben, die Bruchvorgänge innerhalb der Schneedecke als bruchmechanisches Problem aufzufassen. Die Kombination einer Schwachschicht und eines darüber liegenden, hinreichend verbundenen Schneebretts gilt als Schlüsselfaktor für die am weitesten verbreitete Lawinenart – die Schneebrettlawine (vgl. bergundsteigen #97). Brüche der Schwachschicht sind die häufigste Ursache von durch Wintersportler ausgelösten Schneebrettlawinen (vgl. bergundsteigen #98). Schwachschichten sind häufig besonders porös und zeichnen sich durch grobkörnige, kantige Schneekristalle aus (vgl. bergundsteigen #94). Das Schneebrett hingegen ist gebunden, dichter gepackt und steifer, aber in gewissem Maße elastisch verformbar (vgl. bergundsteigen #97). Der Aufbau der Schneedecke und die Lage einer möglichen Schwachschicht lassen sich anhand eines Schneeprofiles ermitteln (vgl. bergundsteigen #98). Wie der Name sagt, ist die Schwachschicht die schwächste Schicht innerhalb der Schneedecke. Die Belastung durch einen Skifahrer kann dazu führen, dass die fragile Schwachschicht versagt und sich das Schneebrett oberhalb der Schwachschicht löst und ins Rutschen kommt. Wie man an den geraden und markanten Anrisskanten von Schneebrettlawinen erkennen kann, ist das Versagen von Schneebrettern ein spröder Bruchprozess. Das gilt im Besonderen für das Versagen der fragilen Schwachschicht.

Bruchvorgänge wie dieser innerhalb der Schneedecke spielen im Ingenieurwesen eine wichtige Rolle. So fliegen Flugzeuge nur sicher, weil Ingenieurinnen und Ingenieure abschätzen können, wann Risse entstehen und ob diese unkontrolliert wachsen. Die Vorhersage von Rissentstehung ist auch im Ingenieurwesen herausfordernd. Dennoch stellt die Forschung Modelle bereit, die den physikalischen Versagensprozess beschreibbar und berechenbar machen. Der geschichtete Schneedeckenaufbau und ein Kollaps anstelle klassischer Rissausbildung machen Lawinenauslösung zu einem äußerst komplexen Vorgang. Trotzdem lassen sich bruchmechanische Modelle auf das Problem der Lawinenauslösung übertragen. Die Bruchme-





chanik ist so in der Lage, zur Bewertung der Lawinengefahr beizutragen. Mit einem guten Verständnis des Versagensprozesses können geeignete Untersuchungsmethoden für Expertinnen und Experten der Lawinenwarndienste sowie Feldexperimente für Wintersportler entwickelt werden. Dennoch ist für die Gesamteinschätzung der Lawinensituation die Expertise verschiedener Disziplinen notwendig. Bruchmechanische Modelle benötigen beispielsweise Eingangsdaten der Meteorologie und ihre Ergebnisse müssen Anwendung in Strategiemethoden finden.

schiedliche Struktur ist hervorragend zu erkennen. In der linken Hälfte des Bilds ist die Schwachschicht gebrochen und kollabiert. Dies führte zum Durchriss des Schneebretts und ließ den rechten Teil der Schneedecke intakt.



### Antiriss, Wumm und Fernauslösung

Zur Weiterentwicklung unserer Vorstellung der Prozesse, die zum Auslösen einer Schneebrettlawine führen, haben in den letzten Jahrzehnten zahlreiche Studien, Experimente und theoretische Überlegungen (vgl. bergundsteigen #93) beigetragen. Dass nicht allein die Scherbelastung der Schneedecke für Lawinenauslösungen verantwortlich ist, wurde immer deutlicher. Wumm-Geräusche und Fernauslösungen passen dazu nicht. Diese lassen sich erst mit Überlegungen zum Kollaps der Schwachschicht erklären. Abb. 1 zeigt ein viel beachtetes Foto einer Schwachschicht aus eingeschnittenem Oberflächenreif und dem darüberliegenden Schneebrett. Die unter-



**Abb. 1 Eine Schwachschicht unter einem Schneebrett.** Die Schwachschicht ist von rechts kommend kollabiert. Der Kollaps stoppte hier am Riss des Schneebretts. Foto: University of Calgary/ASARC (vgl. bergundsteigen #93)

Eine Modellvorstellung des Schwachschichtkollapses ist der Antiriss. Anti meint hierbei, dass bestehende Hohlstellen der porösen Schwachschicht durch ihren Kollaps verschwinden, anstatt dass sich neue Hohlstellen durch Rissöffnung bilden. Mathematisch und mechanisch gelten beim Riss und beim Antiriss die gleichen Gesetzmäßigkeiten – nur mit anderem Vorzeichen. Mit dem Antiriss lässt sich die Zerstörung der Schwachschicht durch senkrecht zum Hang wirkende Kräfte und dadurch ihr Kollaps beschreiben. Ein von einem Skifahrer erzeugter lokaler Bruch kann sich aufgrund des Gewichts der Schneedecke weiträumig ausbreiten. Das plötzliche Setzen der Schneedecke ist mitunter sichtbar, spürbar und als Wumm bekannt. Die Ausbreitung des Schwachschichtbruchs wird wie die Ausbreitung eines Risses beschrieben. So ist es möglich, dass sich ein im Flachen erzeugter Bruch bis in steile Hänge ausbreitet und sich dort ein Schneebrett löst.

Obschon das Antiriss-Modell Wumm-Geräusch, Risse in der Schneedecke, Setzungenbewegungen sowie Fernauslösungen erklären kann, gibt es einige Kritik an seiner bisherigen mathematischen Formulierung. In dieser ist ausschließlich die Deformation des Schneebretts berücksichtigt, Verformungen der Schwachschicht sind der Einfachheit halber ausgelassen. Dies führt zu einer falschen Berechnung der Deformationen der Schneedecke und lässt die lokale Belastung der Schwachschicht unberücksichtigt. Für die Bestimmung von Lasten, die zu einer Lawinenauslösung führen, muss im bisherigen Modell angenommen werden, dass es bereits gebrochene Zonen der Schwachschicht gibt. Letztendlich bildet das Modell die Abhängigkeit von der Hangneigung nicht hinreichend ab.

Die resultierende Frage ist nun, ob Scherung oder Kollaps der Schwachschicht für das Versagen der Schwachschicht maßgeblich sind. Legt man den aktuellen Stand der Forschung zur Tragfähigkeit von Bauwerken oder Maschinenkomponenten zugrunde, muss diese Frage mit „Beides zusammen!“ beantwortet werden. Wir haben dazu einige Überlegungen angestellt, moderne Ingenieurmethoden angewendet und so ein erweitertes Modell für Kollaps und Scherversagen der Schwachschicht entwickelt, das wir im Folgenden darlegen und zur Diskussion stellen wollen. Dieses Modell benötigt keine Annahmen über bereits vorhandene im Hang verteilte Defekte innerhalb der Schwachschicht.



### Festigkeit und Bruchzähigkeit

Um beurteilen zu können, ob ein Material bricht, sind zwei Größen von zentraler Bedeutung: die beiden Materialeigenschaften Festigkeit und Bruchzähigkeit. Was zunächst ähnlich klingt, sind tatsächlich zwei vollkommen verschiedene und unabhängige Kenngrößen. Sie zeigen oftmals einen gegenläufigen Trend.

Anschaulich lässt sich dies anhand von Kunststoffen erklären. Diese zeigen eine ausgesprochene Temperaturabhängigkeit:

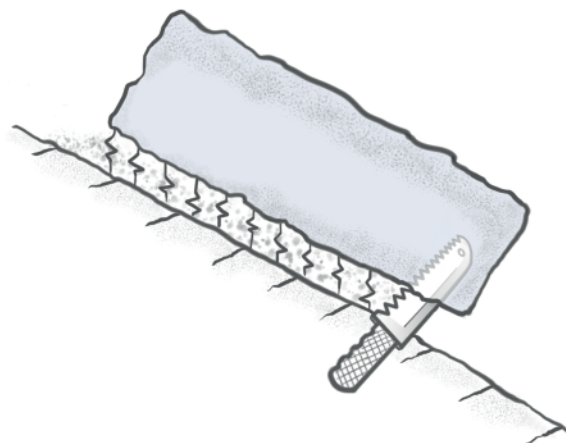
Die Bruchzähigkeit bestimmt, wie viel Kraft ich brauche, um einen Einschnitt (als Riss) in einer dünnen Kunststoffolie zum Wachsen zu bringen. Bei Raumtemperatur ist diese Kraft deutlich größer als wenn die Folie zuvor im Eisfach lag.

Die Festigkeit erkenne ich hingegen daran, wie viel Kraft ich brauche, um eine Folie ohne Einschnitt zu zerreißen. Diese ist bei Raumtemperatur deutlich geringer als bei großer Kälte.

Steigt einer der beiden Werte, während der andere sinkt, ist offensichtlich, dass es sich um unabhängige Eigenschaften handelt. Im technischen Sinne bezeichnet man Festigkeit als die maximale Kraft, die ein Material auf einer bestimmten Querschnittsfläche übertragen kann, bevor das Material versagt. Wenn allerdings örtlich sehr konzentrierte Belastungen, etwa in einer technischen Struktur an einer scharfen Kerbe (wie eine in Holz geschnittene Kerbe) oder eben in der Schwachschicht direkt unter dem Skifahrer vorliegen, dann genügt diese Materialeigenschaft nicht, um Versagen zu beschreiben. Um beurteilen zu können, ob ein Riss entsteht und wächst, ist zusätzlich die Bruchzähigkeit entscheidend. Die Bruchzähigkeit ist die Energie, die beim Wachsen eines Risses für den Bruchprozess benötigt wird. Diese Energie besteht aus vielen Anteilen, zum Beispiel der Oberflächenenergie neuer Oberflächen, der Energie für mikroskopische, bleibende Dehnung oder auch der Energieverlust durch örtliche Reibung. Daher muss berechnet werden, um welches Maß die elastisch gespeicherte Energie eines Systems abnimmt, wenn ein Riss länger wird. Diese freisetzbare Energie, die von der Gestalt der Struktur, der Risslänge und der Belastung abhängt, muss die Bruchzähigkeit übersteigen, damit ein Riss wachsen kann.

Diese Energiebedingung wird als Griffithsches Bruchkriterium bezeichnet und ist die Grundlage aller bruchmechanischen Analysen. Wie die Festigkeit ist die Bruchzähigkeit eine grundlegende charakteristische Eigenschaft eines Werkstoffes.

Für die Analyse des Versagens der Schwachschicht benötigen wir also beide Materialkennwerte. Und tatsächlich wurde für die Bestimmung der Bruchzähigkeit von Schwachschichten bereits in den frühen 2000ern ein Feldexperiment vorgeschlagen und etabliert. Mit dem Propagation Saw Test (PST, Abb. 2) wird genau diese kritische Energiefreisetzung bestimmt, indem bei konstanter Last die Risslänge verändert wird. Es wird dann notiert, ab wann plötzliche Rissausbreitung in der Schwachschicht stattfindet. Aus dieser Risslänge kann dann die Bruchzähigkeit rückgerechnet werden.

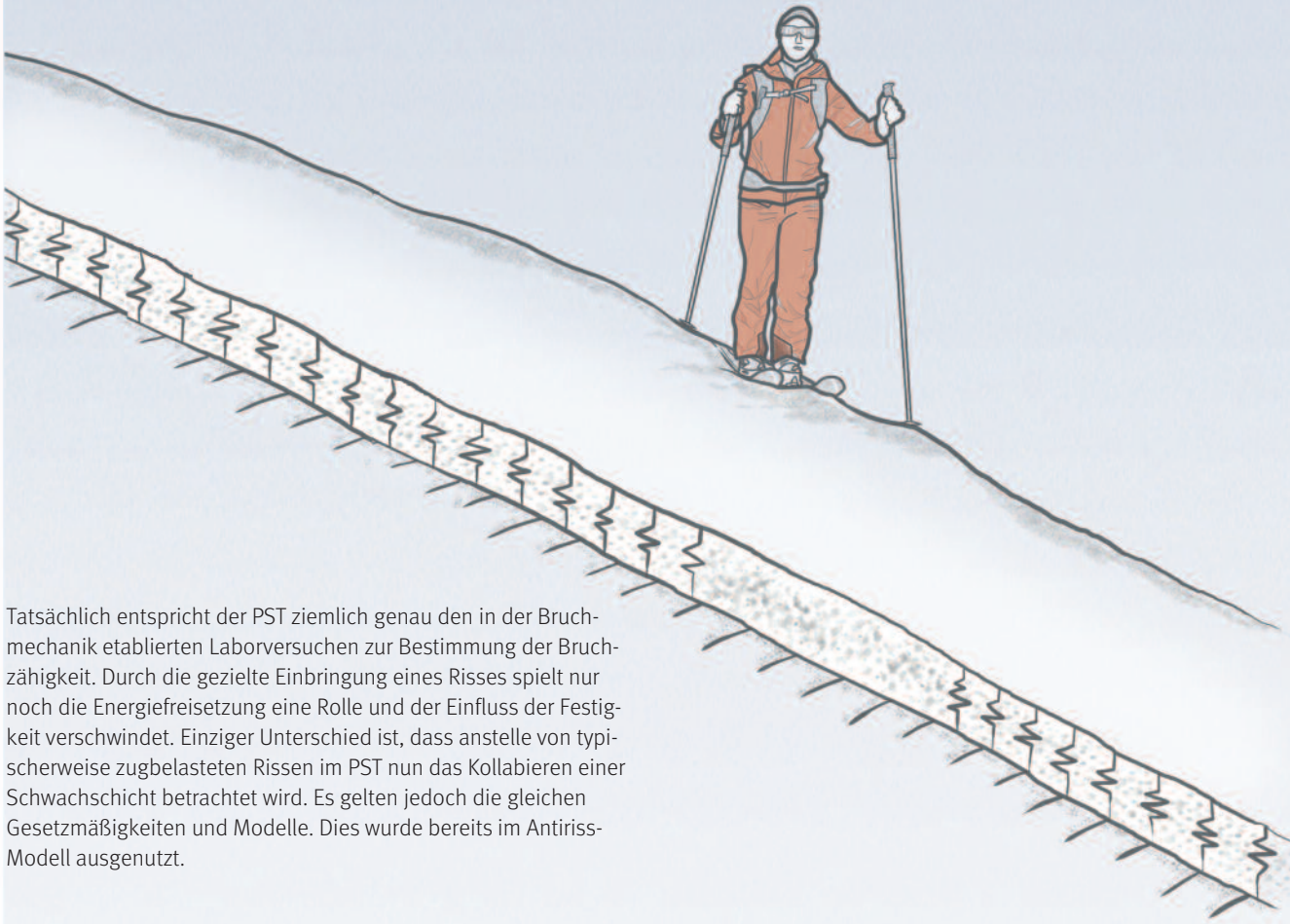


**Abb. 2 Propagation Saw Test.** Das Modell der Schneedecke ist auch geeignet, um den Propagation Saw Test (den PST) zu analysieren. Eine Auswertung der kritischen Risslänge, die zum Kollaps des Blocks führt, erlaubt eine Bestimmung der Bruchzähigkeit.





Philipp Weißgraber ist promovierter Ingenieur und Allround-Bergsteiger. Bei der Robert Bosch GmbH arbeitet er in der Konzernforschung an neuen Methoden für die Bauteilauslegung.



Tatsächlich entspricht der PST ziemlich genau den in der Bruchmechanik etablierten Laborversuchen zur Bestimmung der Bruchzähigkeit. Durch die gezielte Einbringung eines Risses spielt nur noch die Energiefreisetzung eine Rolle und der Einfluss der Festigkeit verschwindet. Einziger Unterschied ist, dass anstelle von typischerweise zugbelasteten Rissen im PST nun das Kollabieren einer Schwachsicht betrachtet wird. Es gelten jedoch die gleichen Gesetzmäßigkeiten und Modelle. Dies wurde bereits im Antiriss-Modell ausgenutzt.



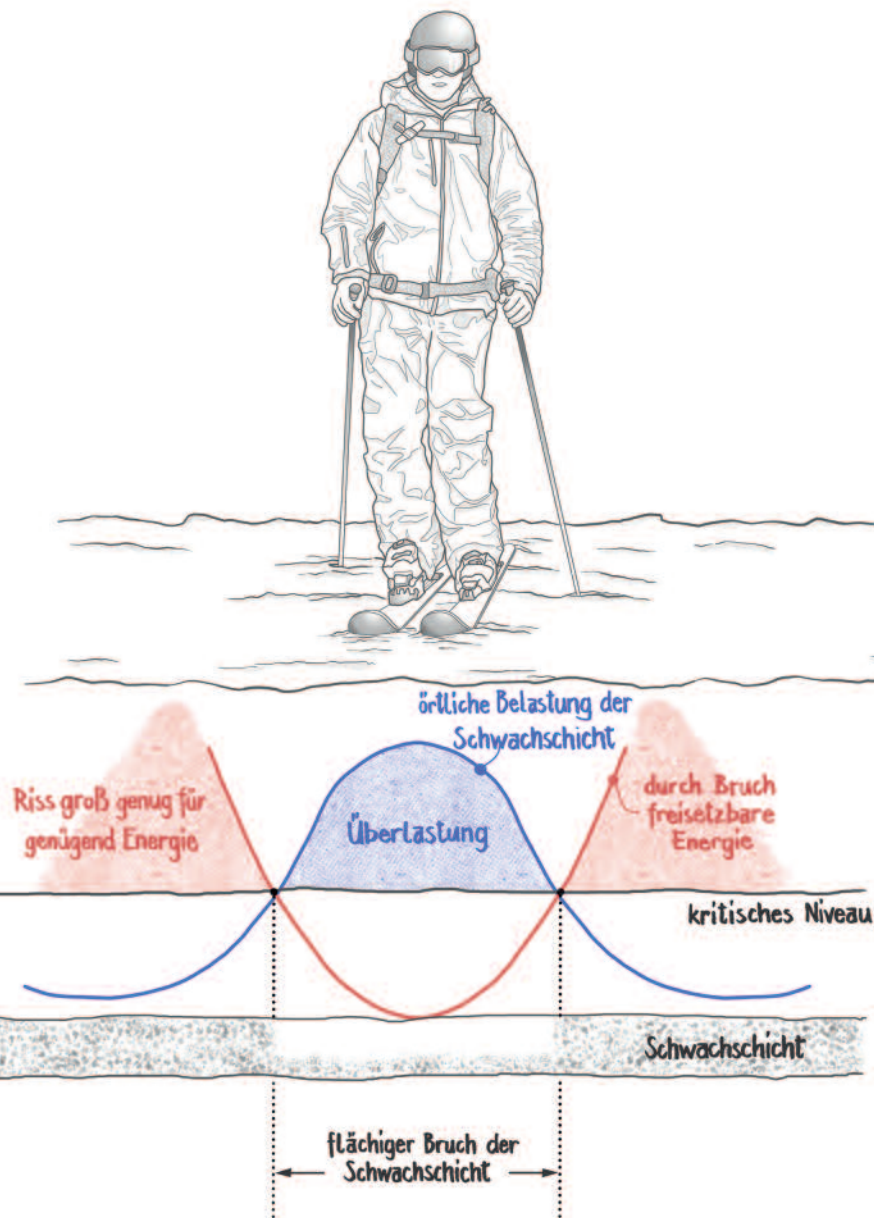
### Schneedecke modellieren

Um das Verhalten der Schneedecke und die Bedingungen für das Auslösen einer Schneebrettlawine untersuchen zu können, benötigen wir zunächst ein vereinfachtes Modell. Dieses Modell besteht aus klassischen Elementen der technischen Mechanik und erlaubt eine mathematische Beschreibung der Zustände innerhalb der belasteten Schneedecke. Dabei folgen wir dem Prinzip, mit einem möglichst einfachen Modell zu beginnen und nicht alle denkbaren Effekte, sondern nur die wesentlichsten zu berücksichtigen. Im Modell wird die Schneedecke als erweitertes Balkenelement dargestellt, das in der Lage ist, die Deformationen der Schneedecke infolge von Eigengewicht und Skifahrerlast zu beschreiben. Da die Schwachsicht eine entscheidende Rolle spielt, ist diese im Modell ebenfalls berücksichtigt. Sie wird als nachgiebige Bettung, auf welcher der Balken ruht, modelliert, siehe Abb. 3. Damit ist es möglich, geschlossen-analytische Gleichungen für Deformationen und örtliche Belastungen zu erhalten.

Die zusätzliche Berücksichtigung der Schwachsicht ist ein entscheidender Unterschied gegenüber bisherigen Modellen wie dem Antiriss-Modell. Sie erhöht die Komplexität der zu lösenden Gleichungen, erlaubt jedoch eine sehr gute Beschreibung der örtlichen Belastungen innerhalb der Schneedecke, sowohl senkrecht zum Hang (Druckbelastung) als auch die tangentielle Belastung parallel zum Untergrund (Scherbelastung).

**Abb. 3 Das Modell der Schneedecke als verformbarer Körper, der auf einer nachgiebigen Bettung - der Schwachsicht - ruht, erlaubt eine Berechnung der lokalen Belastung innerhalb der Schwachsicht. Die lokale Belastung ergibt sich aus den Eigenschaften des Schneebretts – im Wesentlichen Dicke und Dichte – sowie der Belastung durch den Skifahrer und dem Eigengewicht des Schneebretts.**

**Abb. 4 Bruchmechanische Bedingungen, die zum Bruch der Schwachschicht führen.** Gezeigt sind die örtliche Belastung der Schwachschicht und die durch einen Bruch der Schwachschicht freisetzbare Energie bei Belastung der Schneedecke durch einen Skifahrer und das Eigengewicht des Schnees. Die örtliche Belastung ist unter dem Skifahrer konzentriert. Dort wo die Schwachschicht überlastet ist, das heißt die örtliche Belastung ihr kritisches Niveau übersteigt, erwarten wir ihr Versagen. Damit die Schwachschicht jedoch tatsächlich kollabieren kann, muss zusätzlich genügend Energie für den Bruchprozess freigesetzt werden. Wie im Bild gezeigt, ist eine gewisse Mindestgröße des Bruchs notwendig, damit die freisetzbare Energie ihr kritisches Niveau erreicht. Gezeigt ist die kritische Belastung, bei der die Maximalgröße des Bruchs (überlasteter Bereich) gerade genau mit der Minimalgröße des Bruchs (genügend freisetzbare Energie) übereinstimmt. Ist die Belastung geringer, steht nicht genügend Energie für den Bruchprozess zur Verfügung. Dieser Zustand ist in Abb. 5 dargestellt.



Wie zuvor beschrieben ist es zusätzlich entscheidend berechnen zu können, wie viel Energie für einen Bruchprozess zur Verfügung steht. Dazu kann in diesem Modell eine Unterbrechung der Schwachschicht, also ein kollabierter Bereich, modelliert werden. Daraus kann dann die Änderung der gespeicherten Energie bei Veränderung der Größe des kollabierten Bereichs berechnet werden.

Für die Auslösung des Bruchvorgangs ist weder allein die Druckbelastung noch allein die Scherbelastung verantwortlich. Die Reihe eines Kartenhauses lässt sich schwerer umstoßen, wenn darauf ein schweres Buch liegt. Dies ist ein Beispiel dafür, wie eine Druckbelastung die Scherbelastbarkeit einer Struktur erhöhen kann. Die gegenseitige Beeinflussung verschiedener Belastungsarten wird als Interaktionsgesetz bezeichnet. Es gilt sowohl für die örtliche Belastung als auch für die Energie.

Der gewählte Modellierungsansatz liefert geschlossen-analytische Ausdrücke, das heißt Gleichungen, die sich auf einem Blatt Papier lösen ließen. Liegen die nötigen Eingangsgrößen wie die Eigenschaften von Schneebrett und Schwachschicht vor, lassen sich mit Computern (oder Smartphones) in Sekundenschnelle Lösungen berechnen.



#### Wie startet der Kollaps?

Die Vorhersage der Entstehung des ersten Risses in einer Struktur (dem Anriss) ist eine der herausforderndsten Aufgaben der Bruchmechanik. Festigkeit und Bruchzähigkeit reichen jeweils alleine nicht aus, um Rissentstehungen vollständig zu beschreiben. Für die Bildung von Rissen müssen beide Materialparameter zusammen berücksichtigt werden.

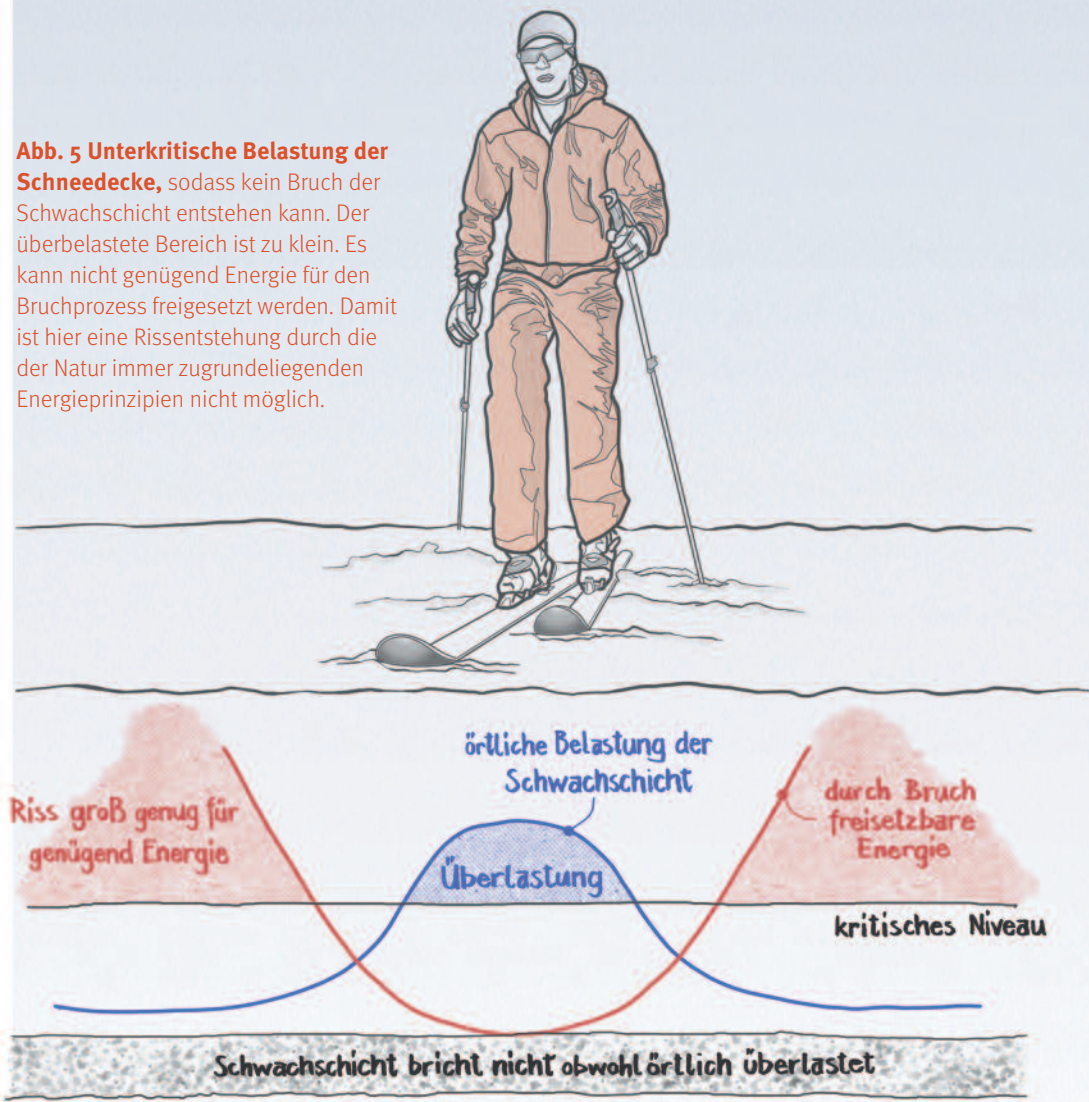
Zusammen mit dem Eigengewicht des Schneebretts erzeugt die Last eines Skifahrers örtliche Belastungen in der Schwachschicht. Abb. 4 zeigt, wie sich die örtlichen Belastungen unter Skifahrerinnen und Skifahrern konzentrieren. Wie zuvor beschrieben, muss zur Entstehung eines Risses genügend Energie für den Bruchprozess zur Verfügung stehen. Längere Risse bedingen dabei eine stärkere Veränderung der Struktur und setzen daher mehr Energie frei. Betrachten wir die örtlichen Belastungen, wird die Festigkeit der Schwachschicht zuerst in einem kleinen Bereich unter dem Skifahrer überschritten, in dem die Belastungen konzentriert sind. Hier erwarten wir das Versagen der Schwachschicht.

Damit die Schwachschicht kollabieren kann, muss jedoch zusätzlich ein Mindestmaß an Energie für den Bruchprozess zur Verfügung stehen. Dies erfordert eine gewisse Mindestgröße des überlasteten Bereichs, wie in Abb. 4 dargestellt. Sind nur in einem kleinen Bereich unter dem Skifahrer die örtlichen Belastungen größer als die Festigkeit, wird dies nicht zu einem Anriss führen, weil schlichtweg nicht genug Energie für den dafür notwendigen Bruchprozess zur Verfügung steht. Dieser Fall ist in Abb. 5 dargestellt. Das heißt, die Bedingungen für örtliche Überlastung (der Festigkeit) und die hinreichende Energiefreisetzung für den Bruchprozess (die Bruchzähigkeit) sind hier direkt verknüpft.





**Abb. 5 Unterkritische Belastung der Schneedecke**, sodass kein Bruch der Schwachschicht entstehen kann. Der überbelastete Bereich ist zu klein. Es kann nicht genügend Energie für den Bruchprozess freigesetzt werden. Damit ist hier eine Rissentstehung durch die der Natur immer zugrundeliegenden Energieprinzipien nicht möglich.



Verwendet man den zuvor dargestellten Modellierungsansatz, kann dieses sogenannte gekoppelte Kriterium für den initialen Kollaps mathematisch ausgewertet werden. Dann erhält man die kritische Zusatzbelastung, die zu einem Kollaps der Schwachschicht führt. Vergleicht man die mögliche Belastung durch eine Skifahrerin oder einen Skifahrer (Aufstieg, Abfahrt, Kurzsprung oder Sturz) mit diesem kritischen Wert, liefert dies eine Aussage, ob ein Bruch der Schwachschicht möglich ist.

Die Kopplung von Überlastung und Energie als gemeinsame Bedingung für Rissentstehung ist eine sehr wichtige Erkenntnis der modernen Bruchmechanikforschung. Die Übertragung dieses neuen Verständnisses auf den Bruchprozess innerhalb der Schneedecke bildet den Kern des hier vorgestellten Modells. Dazu ist es zwingend notwendig, die Schwachschicht in der mathematisch-mechanischen Beschreibung der Schneedecke zu berücksichtigen.

Die zweite Frage, die sich stellt, ist, ob sich ein initialer Kollaps allein durch das Gewicht der Schneedecke weiter ausbreitet. Auch diese Frage lässt sich mit Hilfe des gekoppelten Spannungs- und Energiekriteriums beantworten.

Ist bereits ein Riss vorhanden, liegt ein Sonderfall vor. In diesem Sonderfall spielt die Festigkeit keine Rolle mehr und die alleinige Bedingung für Rissfortschritt ist das zuvor genannte Griffithsche

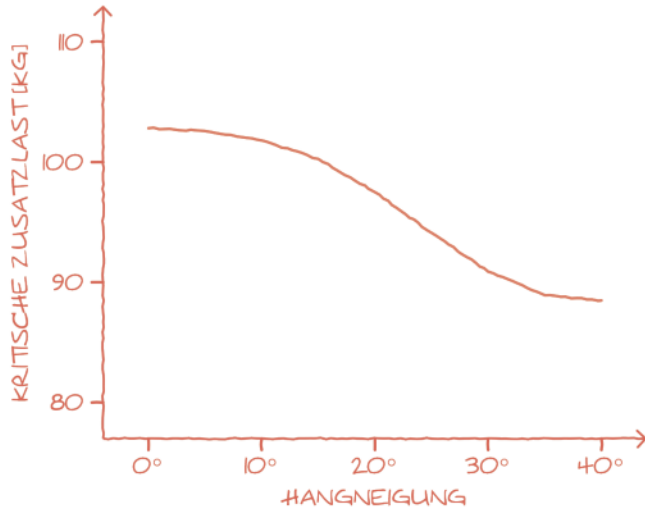
Kriterium. Es muss also die Änderung der gespeicherten Energie bei Fortschreiten des Risses berechnet werden. Dazu kann das entwickelte Modell der Schneedecke ebenfalls verwendet werden. Sind die Risse besonders lang, muss allerdings zusätzlich berücksichtigt werden, dass die Schneedecke sich im Bereich der kollabierten Schwachschicht soweit durchbiegen kann, dass sie wieder aufliegt und Kräfte übertragen kann. Die Bedingung für den Rissfortschritt kann dann im Umkreis des Auslösepunktes ausgewertet werden. In Abhängigkeit von der Hangneigung und der Dicke der Schneedecke kann sich der Kollaps dann weit oder weniger weit ausbreiten.

Die Ausbreitung solcher Antirisse (Kollaps der Schwachschicht) wurde schon wissenschaftlich untersucht und in Feldexperimenten gemessen. Die Geschwindigkeiten liegen teilweise über 100 km/h und erklären so das großflächige Wumm-Geräusch und auch die nahezu unverzögerte Fernauslösung.

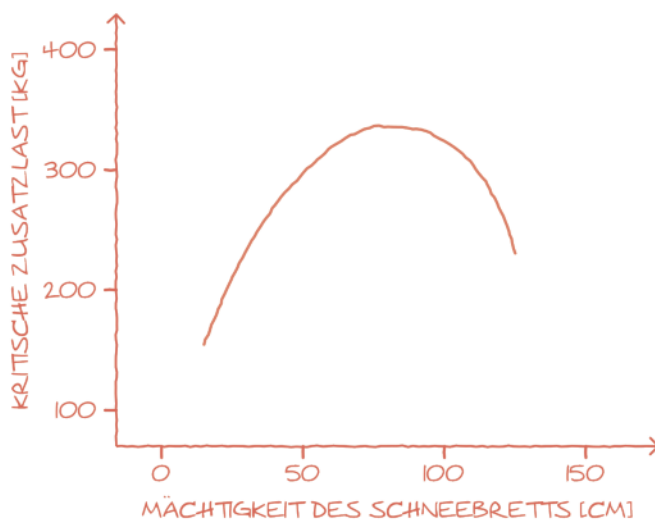
Ob das Schneebrett nun zuletzt nur großflächig absackt oder abreißt und den Hang hinunterrutscht, hängt von der Reibung und Festigkeit der Schneedecke ab. Dies ist nicht Schwerpunkt des hier beschriebenen Modells, aber ebenfalls berechenbar.

Philipp Rosendahl forscht als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Ingenieur an der Technischen Universität Darmstadt zu Bruchmechanik und Modellbildung. Ergebnisse der gemeinsamen Forschung zu Lawinenmodellierung veröffentlichten die beiden Autoren auf [www.2phi.de](http://www.2phi.de).

**Abb.6 Berechnete kritische Zusatzbelastung**, die ein typischer Schneedeckenaufbau neben dem Eigengewicht des Snowboards erträgt. Wie zu erwarten nimmt die ertragbare Zusatzlast mit zunehmender Hangneigung ab.



**Abb. 7 Kritische Zusatzbelastung**, die ein typischer Schneedeckenaufbau neben dem Eigengewicht des Snowboards erträgt, in Abhängigkeit von der Mächtigkeit des Snowboards. Sehr dünne Snowboards erlauben eine Störung der Schwachschicht bei geringer Zusatzlast. Mit steigender Mächtigkeit des Snowboards wird die Zusatzlast zunehmend großflächiger über die Schwachschicht verteilt und die ertragbare Zusatzbelastung steigt. Ab einer bestimmten Mächtigkeit dominiert jedoch das Eigengewicht des Snowboards. Dieses wird so groß, dass die aufbringbare kritische Zusatzbelastung wieder abnimmt. Bei weiter steigender Mächtigkeit sinkt die kritische Zusatzbelastung bis auf Null, was einer spontanen Selbstauflösung entspricht.



## Erkenntnisse

In Abb. 6 und Abb. 7 sind Ergebnisse einer Auswertung unseres Modells dargestellt. Dabei wurden typische Werte einer Schneedecke als Eingangsparameter verwendet, um die auf die Schneedecke wirkende Kraft, die zur Auslösung führt, für unterschiedliche Hangneigungen zu berechnen. Es wurde dabei eine Schwachschicht aus Tiefenreif in 60 cm Tiefe betrachtet. Die kritische Belastung, die zur Auslösung führt, liegt im Bereich der Belastung, die ein Skifahrer auf die Schneedecke ausübt. Die Belastbarkeit nimmt mit zunehmender Hangneigung deutlich ab (Abb. 6). Ändert man in dieser Betrachtung die Dicke der Schneedecke über der Schwachschicht, so ergibt sich ein Zusammenhang, wie er in Abb. 7 dargestellt ist. Eine dickere Schneedecke verteilt die Zusatzlast durch die Skifahrerin oder den Skifahrer gleichmäßiger und sowohl die örtliche Belastung als auch die für den Bruchprozess zur Verfügung stehende Energie nimmt ab. Dies geschieht in erster Linie durch die zunehmende Biegesteifigkeit des Snowboards. Dadurch ergibt sich zunächst mit steigender Dicke eine zunehmende Belastbarkeit, also eine höhere kritische Zusatzlast durch eine Skifahrerin oder einen Skifahrer. Wird die Schneedecke jedoch noch dicker, spielt das Eigengewicht der Schneedecke eine immer größere Rolle. Dann sind zunehmend kleinere Zusatzlasten durch eine Skifahrerin oder einen Skifahrer bereits kritisch und führen in Kombination mit dem Eigengewicht zu einem Kollaps der Schwachschicht.

Das Modell kann auch dazu benutzt werden, den oben beschriebenen Propagation Saw Tests (PST) vorteilhaft physikalisch auszuwerten (Abb. 2). Aus der im Versuch bestimmten kritischen Risslänge, die zum plötzlichen Kollaps der Schwachschicht führt, lässt sich die Bruchzähigkeit der Schwachschicht ermitteln.

Auf dem International Snow Science Workshop 2018 wurden von anderen Teilnehmern neue Formen des PST-Versuchs mit leicht geänderter Belastung vorgestellt und diskutiert. Mit diesem Modell ist es nun möglich, solche Experimente im bruchmechanischen Sinne auszuwerten und den tatsächlichen Abhängigkeiten der Versagensparameter der Schwachschicht nachzuspüren.



## Ein Beitrag

Wir hoffen mit diesen Überlegungen zu einem verbesserten Verständnis des physikalischen Prozesses von Snowboardlawinen beizutragen. In Zukunft könnten damit Empfehlungen für geeignete Schneedeckenuntersuchungen verbessert werden. Ziel sollte es sein, dann Aussagen von Schneedeckentests aus flacherem Gelände auf steilere Hänge übertragbar zu machen. Dies würde die Durchführung von Stabilitätsuntersuchungen in weniger kritischem Gelände erlauben.

Die moderne Bruchmechanik zeigt, dass keine Annahmen über Anfangsrisse notwendig sind, um berechnen zu können, welche Lasten zu Rissentstehungen führen. Es müssen lediglich die beiden grund-



legenden Materialeigenschaften Festigkeit und Bruchzähigkeit bekannt sein. Geeignete Experimente stehen hierfür bereits zu Verfügung. Der Propagation Saw Test erlaubt die Bestimmung der Bruchzähigkeit; Festigkeiten wurden bereits in Laborversuchen ermittelt. Als guter Schätzwert kann die Festigkeit auch mithilfe des Scherrahmentests bestimmt werden.

Des Weiteren benötigt das Modell den Schneedeckenaufbau und die elastischen Kenngrößen der Schneedecke als Eingabegrößen. Das sind deutlich mehr als Skitourengängern direkt zur Verfügung stehen. Aktuelle wissenschaftliche Arbeiten befassen sich jedoch mit der Lösung dieses Dilemmas. Ziel sind Modelle, die aus meteorologischen Daten diese Schneedeckeneigenschaften abschätzen können. Damit könnten Modelle wie das hier vorgestellte größere Bedeutung gewinnen. Der aktuelle Stand ist ein Blick in die gegenwärtige wissenschaftliche Diskussion und soll zu einem verbesserten Verständnis der Lawinenauslösung beitragen.

In jedem Fall ist ein solches Prozessverständnis nur ein Baustein der Bewertung der Lawinengefahr. Die Kombination von modernen Strategiemethoden und einer Bewertung von Risiko (= Eintrittswahrscheinlichkeit mal Schadensschwere) muss in jedem Fall Fundament für Entscheidungen bei Vorbereitung und im Gelände sein.

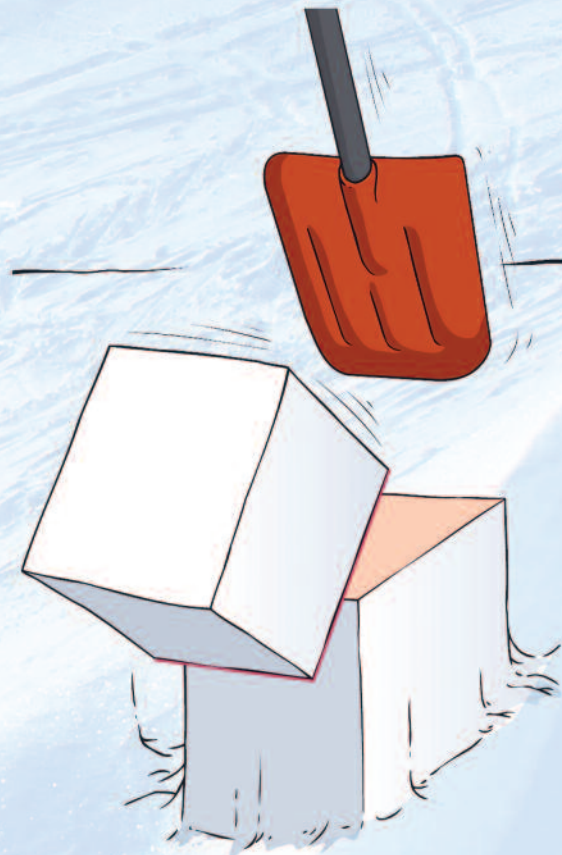
Illustrationen: Roman Hösel

## Referenzen und Vertiefungsmaterial

- Gaume, J., Gast, T., Teran, J., van Herwijnen, A., Jiang, C. (2018). Dynamic anticrack propagation in snow. *Nature communications*, 9(1), Artikelnummer 3047.
- Gaume, J., van Herwijnen, J., Chambon, G., Wever, N., Schweizer, J. (2016). Snow fracture in relation to slab avalanche release: critical state for the onset of crack propagation. *The Cryosphere* 11, Seiten 217–228.
- Gauthier, D., Jamieson, B. (2006). Towards a field test for fracture propagation propensity in weak snowpack layers. *Journal of Glaciology*, 52(176), Seiten 164–168.
- Gross, D., Seelig, T. (2016). *Bruchmechanik: mit einer Einführung in die Mikromechanik*. Springer-Verlag, Heidelberg, 349 Seiten.
- Harvey, S., Rhyner, H., Schweizer, J. (2012). *Lawinenkunde*. Bruckmann Verlag GmbH, München, 192 Seiten.
- Heierli, J., van Herwijnen, A., Gumbsch, P., Zaiser, M. (2008). Anticracks: A new Theory of Fracture Initiation and Fracture Propagation in Snow. In: *Proceedings of the International Snow Science Workshop ISSW 2008*. Whistler, Kanada, Seiten 9–15.
- Höller, P. (2016). Schneewissen einst&heute. *bergundsteigen* #96. Österreichischer Alpenverein, Innsbruck, 25(3), Seiten 80–87.
- Mitterer, C., Reuter, B., Proksch, M., Schweizer, J. (2016). Das Schneeprofil. *bergundsteigen* #97. Österreichischer Alpenverein, Innsbruck, 25(4), Seiten 44–49.
- Reiweger, I., Gaume, J., Schweizer, J. (2015). A new mixed-mode failure criterion for weak snowpack layers. *Geophysical Research Letters*, 42(5), Seiten 1427–1432.
- Reuter, B., Schweizer, J., van Herwijnen, A. (2015). A process-based approach to estimate point snow instability. *Cryosphere*, 9(3), Seiten 837–847.
- Rosendahl, P.L., Lübke, V., Weißgraeber, P. (2018). Anticrack nucleation in snowpacks without assuming initial defects: modeling dry snow slab avalanches. In: *Proceedings of the International Snow Science Workshop ISSW 2018*. Innsbruck, Österreich, Seiten. 880–884.
- Schweizer, J., Jamieson, J. B., Schneebeli, M. (2003). Snow avalanche formation. *Reviews of Geophysics*, 41(4), Artikelnummer 1016.
- Schweizer, J. und Reuter, B. (2015). Lawinenbildung. *bergundsteigen* #93. Österreichischer Alpenverein, Innsbruck, 24(4), Seiten 43–53.
- Schweizer, J., Reuter, B., van Herwijnen, A., Gaume, J. (2016). Avalanche Release 101. In: *Proceedings of the International Snow Science Workshop ISSW 2016*. Breckenridge, Colorado, Seiten 1–11.
- Sigrist, C., Schweizer, J. (2007). Critical energy release rates of weak snowpack layers determined in field experiments. *Geophysical Research Letters*, 34(3), Artikelnummer L03502.
- Techel, F., Winkler, K. (2015). Fürchtet den Altschnee. *bergundsteigen* #90. Österreichischer Alpenverein, Innsbruck, 24(1), Seiten 34–40.
- van Herwijnen, A., Jamieson, B. (2005). High-speed photography of fractures in weak snowpack layers. *Cold Regions Science and Technology*, 43(1–2), Seiten 71–82.
- Weißgraeber, P., Leguillon, D., Becker, W. (2016). A review of Finite Fracture Mechanics: crack initiation at singular and non-singular stress raisers. *Archive of Applied Mechanics*, 86(1–2), Seiten 375–401.
- Würtl, W., Riedl, H. (2017). Schneedeckeanalyse für Praktiker. *bergundsteigen* #98. Österreichischer Alpenverein, Innsbruck, 26(1), Seiten 56–61.

# Auswirkung von vertikaler und seitlicher Belastung auf Schwach- schichten bei Schnee- deckentests

Abb. 1 Kleiner Blocktest (KBT)



## Einleitung

Systematische und standardisierte Schneedeckenuntersuchungen sind unverzichtbar, um Informationen aus der Schneedecke zu erhalten und darauf aufbauend eine mögliche Gefährdung abzuleiten. Damit Lawenkommissionen, aber auch Skibergsteiger zu einem einheitlichen Ergebnis der Bewertung der Lawinensituation am Einzelhang kommen, wurde 1996 die „Systematische Schneedeckendiagnose“ (SSD) von Georg Kronthaler entwickelt und zwei Jahre später gemeinsam mit Dr. Bernhard Zenke, ehemaliger Leiter der Lawinenwarnzentrale Bayern, in die Ausbildung für Lawenkommissionen eingeführt.

Mit Hilfe des „Kleinen Blocktests“ (KBT) werden Schwachschichten durch seitliches Belasten von oben nach unten mit einer Lawinenschaufel gesucht (Abb.1). Anhand einer systematischen Abfrage festgelegter Eigenschaften von Schwachschicht und Schneebrett wird anschließend die Gefahrensituation beurteilt.

Mehrere Untersuchungen in den letzten Jahren (siehe Literaturhinweis) zeigen, dass KBT und SSD einfach anwendbar sind und gleichzeitig eine hohe Trefferquote bei der Einschätzung eines Einzelhangs vorweisen. Unter anderem wurde herausgefunden, dass der Bruch der Schwachschicht bei starkem Klopfen mit dem KBT auf sta-





**Abb. 2 Die Testhänge** wurden so ausgewählt, dass an jedem Untersuchungstag für die jeweilige Testreihe dieselben Bedingungen (Exposition und Steilheit) vorherrschten.



bile Verhältnisse schließen lässt (in früheren Arbeiten wurde stabil so definiert, dass eine Lawinenauslösung bei geringer Zusatzbelastung unwahrscheinlich ist).

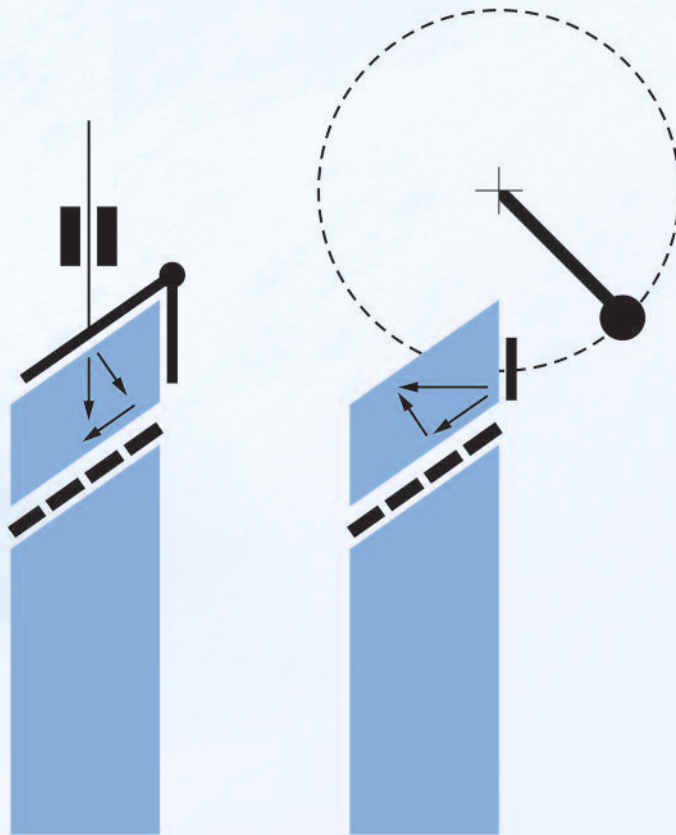
In dieser auf dem ISSW 2018 in Innsbruck präsentierten Arbeit wurde zum einen versucht herauszufinden, wie groß der Belastungsunterschied ist, wenn eine Schwachschicht vertikal (vB) oder lateral (KBT) ausgelöst wird. Zum anderen, ob das Testverfahren des seitlichen Belastens beim KBT eine Bedeutung auf die hohe Trefferquote (insbesondere, wenn die Schneedecke als stabil bewertet wurde) ausübt. Darüber hinaus wollten wir wissen, ob es sein kann, dass starkes Klopfen beim KBT als alleiniges Merkmal für stabile Verhältnisse gelten kann.



## Testaufbau

An einer Reihe von Tagen wurden im Gelände mehrere Testblöcke in einem kleinen Hang ausgegraben (Abb.2). Mittels eines Gewichtes von 10 N (Masse ca. 1 kg) und verschiedenen Fallhöhen von 0,05 m bis 0,5 m wurden die Testblöcke (0,3 x 0,3 m) vertikal und seitlich belastet, wobei die unterschiedlichen Tests in unmittelbarer Nachbarschaft vorgenommen wurden.

**Abb. 3 Testmethode vertikales Belasten (links) und seitliches Belasten (rechts).** Reinzeichnung: Lisa Manneh



Bei vertikaler Belastung wurde das Gewicht durch eine Stange mit Höhenmarkierungen senkrecht geführt, jeweils 10 Schläge mit einer bestimmten Fallhöhe ausgeführt und dann die nächste Höhe gewählt, bis ein Bruch der Schwachschicht erreicht wurde. Der Energieeintrag erfolgte auf eine Platte (0,3 x 0,3 m, in Hangneigung aufliegend), welche mit einer bergseitigen Platte (senkrecht) so verbunden war, dass auch der Hangabtrieb aus der Schlagenergie auf den Testblock übertragen wurde.

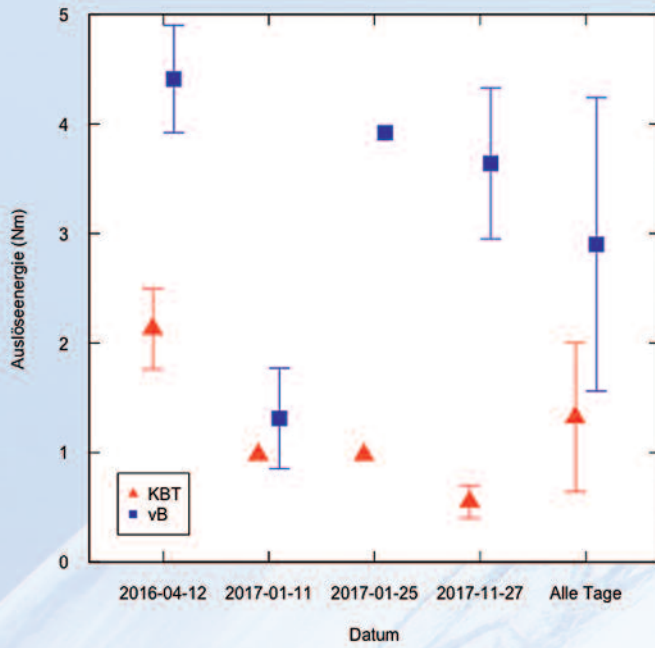
Bei seitlicher Belastung wurde das Gewicht durch ein Pendel (Länge 0,3 m) geführt. Auf einer Skala um den Drehpunkt konnte die jeweilige Fallhöhe abgelesen werden. Bergseitig war eine senkrecht angeordnete Platte (0,3 x 0,15 m), welche die Energie seitlich auf den Testblock einleitete (Abb.3).

Erfasst bzw. errechnet wurden Gesamtenergie, Auslöseenergie, Höhe Schneebrett vor und nach Belastung, Struktur der Bruchfläche (glatt, rau, stufig), Korngrößen in der Schwachschicht und die Hangneigung. An vier Testtagen wurden in zwei verschiedenen Gebieten insgesamt 94 Testblöcke belastet, davon konnten 91 Testblöcke ausgewertet werden.

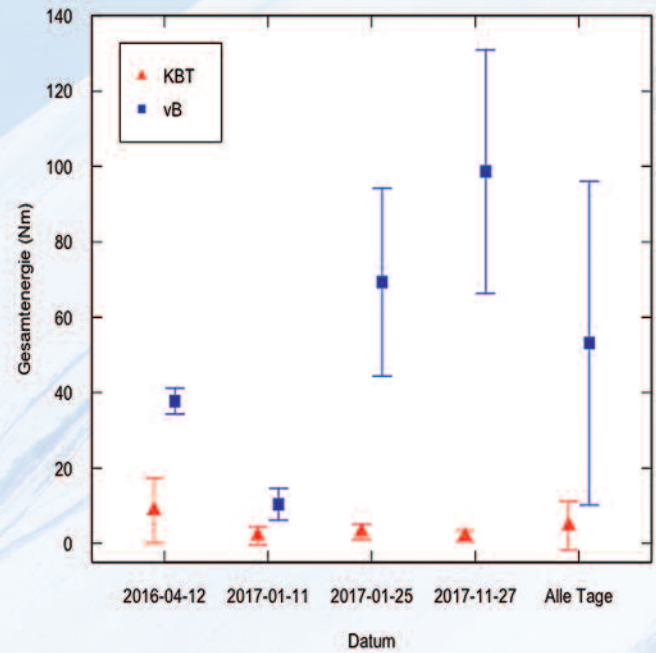
Hinweis: Gesamtenergie bedeutet addierte Höhe aller Schläge multipliziert mit dem Gewicht. Als Auslöseenergie bewerteten wir den letzten Schlag, der zum Bruch der Schwachschicht führte, d.h. Schlaghöhe multipliziert mit dem Gewicht.

Manfred Steffl hat Maschinenbau studiert, war 40 Jahren aktiv bei der bayerischen Bergwacht und ist als Rentner ehrenamtlich für den bayerischen Lawinenwarndienst als Nachmittagsbeobachter tätig.

**Abb.4 Auslöseenergie** (letzter Schlag vor Bruch) in Nm von KBT und vB (Mittelwerte und Standardabweichung).



**Abb.5 Gesamtenergie** (alle Schläge bis zum Bruch) in Nm von KBT und vB (Mittelwerte und Standardabweichung).



## e Ergebnisse

- Bei der Auslöseenergie (Abb. 4) liegt der Mittelwert aller Tage für vertikale Belastung (vB) bei ca. 2,9 Nm, mit seitlicher Belastung (KBT) bei ca. 1,3 Nm, d.h. Faktor ca. 2,2.
- Bei der Gesamtenergie (Abb. 5) liegt der Mittelwert aller Tage für vertikale Belastung (vB) bei ca. 53 Nm, mit seitlicher Belastung (KBT) bei ca. 5 Nm, d.h. Faktor > 10.
- Bei seitlicher Belastung (KBT) konnte bei allen 47 Testblöcken die Schwachschicht ermittelt und ausgelöst werden.
- Bei vertikaler Belastung (vB) waren 3 Testblöcke nicht auszuwerten, von den restlichen 44 Tests wurde bei 24 Blöcken, also bei ca. 55 % die Schwachschicht ermittelt und ausgelöst.
- Ein Einfluss der Hangneigung auf die Testergebnisse konnte nicht gefunden werden. Ein möglicher Grund dafür könnte die „schnelle Belastung“ aufgrund des Energieeintrages sein.
- Die Schlagenergie beim KBT, die beim seitlichen Belasten des Schneeblocks mit Hilfe einer Schaufel auftritt, entspricht beim leichten Klopfen einer Energie von max. 1 Nm, beim mäßigen Klopfen von max. 2 Nm sowie beim starken Klopfen einer Energie bis ca. 3 Nm und mehr (Abb. 6).
- Die Streuung der Auslöseenergie sowie der Gesamtenergie schwankten bei beiden Testmethoden zum einen tageweise, aber

auch innerhalb eines Testhanges (Abb. 4 u. 5). Insgesamt war jedoch die Streuung beim KBT, vor allem bei der Gesamtenergie, im Mittel ca. 7-fach geringer gegenüber vertikalen Belastungstests.

## i Interpretation

### Große Energieunterschiede zwischen vB und KBT

Der Grund der großen Energieunterschiede liegt darin, dass bei vertikaler Belastung erst das Schneebrett verdichtet werden muss, bevor die Schwachschicht ausgelöst wird (Abb. 7). Außerdem ist die Festigkeit der Schwachschichten bei Druck höher als bei Scherbelastung. Bei seitlicher Belastung wird der Einfluss durch das Schneebrett erheblich reduziert und damit ist wesentlich weniger Energie bis zum Bruch der Schwachschicht erforderlich. Die Schwachschicht bleibt besser erhalten. Dadurch lässt sich die Auslösung der Schwachschicht bei seitlicher Belastung wesentlich besser bewerten.

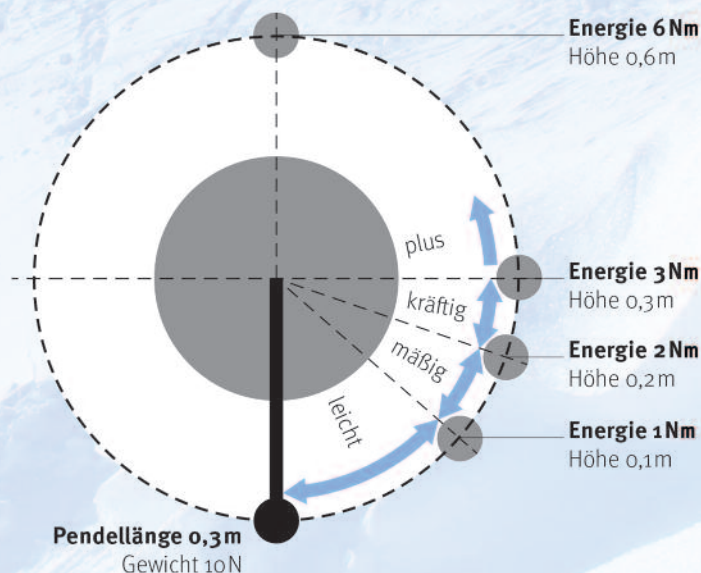
### Größere Streuung beim vB

Die große Streuung der Energiewerte beim vB könnte darin liegen, dass im Vergleich zum KBT, aufgrund des größeren Verdichtungsweiges, eine deutlich geringere Energie auf die Schwachschicht wirkt.



**Abb.6** Durch den Energieeintrag, der durch seitliches Belasten mit dem Pendel ermittelt wurde, können die Schlaghärten leichtes, mäßiges und starkes Klopfen quantifiziert werden.

Reinzeichnung: Lisa Manneh



Das sieht man auch daran, dass beim vB deutlich mehr Schläge (Ø 28 Schläge) bis zum Bruch benötigt werden als beim KBT (Ø 7 Schläge).

Wir schließen daraus, dass bei der Einzelhangbeurteilung, je nach Situation, beim vB insgesamt mehr Tests erforderlich sind als beim seitlichen Belasten. Es wird allerdings vermutet, dass bei kritischen Schwachschichten bzw. je gefährlicher eine Situation ist, die Streuung beim KBT und vB insgesamt geringer wird.

Unabhängig von der Testmethode zeigen die Daten jedoch eindrücklich, dass ein einzelner Test, vor allem bei „stabileren Verhältnissen“, nicht ausreicht, um einen Hang ausreichend zu beurteilen. Es wird daher empfohlen, Eigenschaften von Schneebrett und Schwachschicht einfließen zu lassen wie z.B. mittels „Systematischer Schneedeckendiagnose“ oder „Nietentest“.

#### **KBT findet Schwachschichten zuverlässiger**

Dass beim vB nur bei ca. 55 % der Testblöcke, beim KBT jedoch bei allen Testblöcken ein Bruch in der Schwachschicht erzeugt werden konnte, dürfte mit der vertikalen Belastung und der hohen Energieaufnahme des Schneebretts zusammenhängen. Man kann sich deshalb gut vorstellen, wie schwierig es ist, einzelne Testergebnisse, die mittels vB gefunden werden, auf die Fläche zu übertragen. Dieses Problem ist beim KBT deutlich geringer.

#### **Starkes Klopfen mit dem KBT: Stabile Schneedecke?**

Starkes Klopfen bedeutet einen Energieeintrag von ca. 3 Nm, welcher beim KBT relativ direkt auf die Schwachschicht wirkt. Es wird daher vermutet, dass so hohe Energiewerte nur dann zustande kommen, wenn die jeweiligen Schichten relativ gut miteinander verbunden sind. Deshalb nehmen wir an, dass ein Initialbruch durch einen einzelnen Skifahrer kaum möglich ist.

### **Z** Zusammenfassung

- ▮ Zum Bruch einer Schwachschicht muss bei vertikaler Belastung deutlich mehr Energie aufgewendet werden als bei seitlicher.
- ▮ Daneben stellten wir fest, dass bei vB nur etwas mehr als die Hälfte von Schwachschichten gegenüber dem KBT gefunden wurden. Auch die Streuung der Stabilitätswerte ist beim vB deutlich größer. Daraus schließen wir, dass man mit dem KBT zuverlässigere Aussagen über die Qualität sowie die Eigenschaften von Schwachschichten treffen kann.
- ▮ Die Hangneigung spielt beim KBT offensichtlich nur eine untergeordnete Rolle. Ein weiterer Vorteil beim KBT ist deshalb, dass die Schwachschicht auch im flachen Gelände einfach ermittelt werden kann.

■ In der Praxis belasten wir den Testblock oft seitlich (einfachere Handhabung). Die Ergebnisse von seitlicher und bergseitiger Belastung sind absolut vergleichbar.

■ Trotz der guten Testergebnisse des KBT sind einzelne Schneedeckentests vor allem dann zu wenig, wenn es darum geht einen Einzelhang als befahrbar zu bewerten. Zusätzlich zu einem zweiten oder mehreren Tests empfehlen wir, ähnlich der „Systematischen Schneedeckendiagnose“ oder dem „Nietentest“, Eigenschaften von Schwachschichten sowie des Schneesbretts heranzuziehen.

#### **Danksagung**

Ich bedanke mich bei Georg Kronthaler, mit dem ich gemeinsam die Tests im Gelände und die Auswertungen durchgeführt habe, sowie bei Ingrid Reiweger und Christoph Mitterer für die fachliche Unterstützung.

#### **Literatur**

Reiweger, I., Schweizer, J. (2010). Failure of a layer of buried surface hoar – Geophysical research letters Vol. 37, L24501, doi:10.1029/2010GLO45433,  
Reiweger, I., Gaume, J., Schweizer, J. (2015). A new mixed-mode failure criterion for weak snowpack layers, Geophysical research letters, 42, 1427–1432 doi. doi:10.1002/2014GLO62780,  
Schweizer, J., Camponovo P., Fierc, C., Föhn P. (1995). Skier triggered slab avalanche release – some practical implications. Proceedings,

International Symposium: Science and mountain – The contribution of scientific research to snow, ice and avalanche safety, ANENA, Chamonix, May 30–June 3, 1995, 309-315  
Schweizer, J. 1998. Schneebrettauslösung durch Skifahrer, Die Alpen, Jahrgang 74, S 11-18  
Kronthaler, G., (2003). Systematische Schneedeckendiagnose. Sicherheit im Bergland S. 106-116.  
Kronthaler, G., Zenke, B. (2006). Systematische Schneedeckendiagnose. berg und steigen(4), S. 56-64.  
Kronthaler, G., Mitterer, CH. (2014). The systematic snow cover analysis: A practical tool for interpreting and assessing slope stability. Proceedings, International Snow Science Workshop, (S. 772-775). Banff, Canada.  
Kronthaler, G., Feistl, T. (2016). Weak layer properties to assess avalanche release probabilities on single slopes. Proceedings, International Snow Science Workshop, (S. 1336-1339). Breckenridge, USA.  
Schweizer, J., McCammon, I. (2002). A field method for identifying structural weaknesses in the snowpack. Proceedings, International Snow Science Workshop, (S. 477-481) Pentiction, Canada.  
Winkler, K., Techel, F. (2009). Stabilitätstests im Vergleich. Berg und Steigen(4), S. 66-73.  
Sigrist, Ch., et alund, (2006) Measurement of Fracture Mechanical Properties of Snow and Application to Dry Snow Slab Avalanche Release. Diss. ETH No. 16736, Swiss Federal Institute of Technology Zürich



# K2

@David Carlier



The legendary downhill performance and stability of a metal laminate in a construction that rivals the lightest on the market. You can have it both ways.

## BECAUSE DOWNHILL SKIING PERFORMANCE MATTERS.

K2 SKIS // [www.k2skis.com](http://www.k2skis.com) // @K2skis



@Anton Brey

**GILLES SIERRO**  
Wayback 88 - Secret Valley  
#K2Guidelnspired



Planet Snow  
2019



Aktiv Tipp  
2019





Die an der Universität Innsbruck tätige Limnologin Birgit Sattler ist seit ihrem Studium der Faszination Eis und dessen Potenzial als Lebensraum verfallen. Über die Erfahrung aus mehreren Forschungsexpeditionen in Polargebieten sollte gemeinsam mit ihrer Arbeitsgruppe der Bogen bis in die Alpen gespannt werden.

# Leben im Eis



**Eine Reise zu den Überlebenskünstlern am Gefrierpunkt und was die Biologie mit dem Klima zu tun hat.**

*„Unser Kernbohrer arbeitet sich mühsam mit einem knirschenden Geräusch in das harte Gletschereis. Mit jeder Umdrehung wird wieder ein Stück Geschichte aus dem Eis gewonnen – man muss nur gut zuhören, um das Erzählte auch zu verstehen (Abb. 1).“*

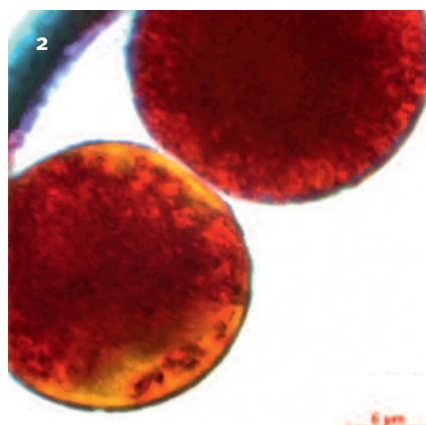
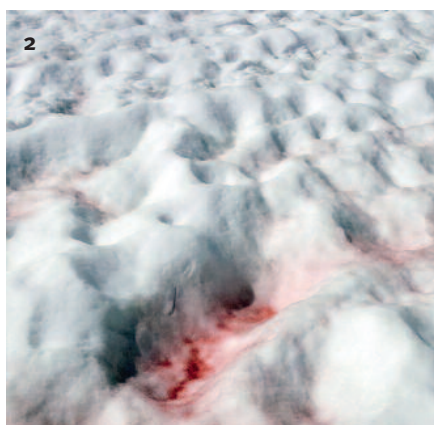
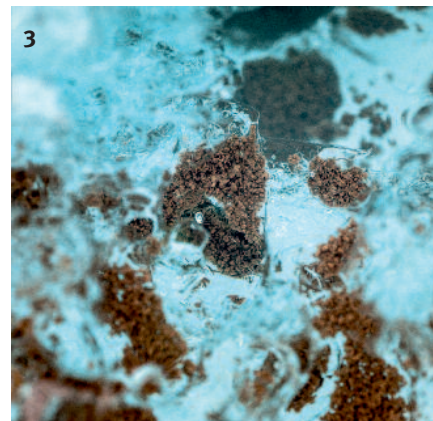
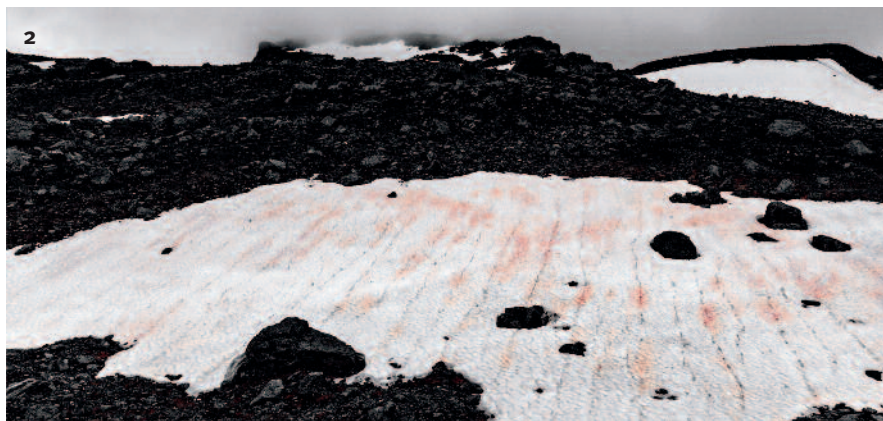
**von Birgit Sattler und Klemens Weisleitner**

Ein Gletscher – im Winter das Sinnbild einer unberührten und absolut reinen Landschaft – wird nach dem herkömmlichen Verständnis immer als lebensfeindlich angesehen. Ein Gletscher zeichnet sich nach all den literarischen Metaphern aus als majestätisch, gefährbringend, mächtig und dynamisch, oft auch unberechenbar und ohne Leben.

**Abb. 1 Birgit Sattler bei der Beprobung eines Gletschers.** Der motorbetriebene Eisbohrer ist eines der wichtigsten Werkzeuge der Autoren.



**Abb. 2 Bei der Schneecalgenblüte** befinden sich so viele einzellige Algen auf der Oberfläche, dass sie mit dem freien Auge leicht erkannt werden können.



**Abb. 3 Organismen in Miniatur-Seen** sind an extreme Lebensbedingungen angepasst.

## S

### So wirklich ganz ohne Leben?

Dieser Theorie hatte schon der griechische Philosoph Aristoteles nicht geglaubt, als er ca. 350 v.Chr. dieses Paradoxon bereits erkannt hat, als er die rote Färbung des Schnees im Frühsommer als den so genannten „Blutschnee“ – hervorgerufen durch die Präsenz von Algen - identifiziert hatte (Abb. 2).

Dieses heute noch im Volksmund als Blutschnee bezeichnete Phänomen wiederholt sich Jahr für Jahr, indem Altschnee über wenige Wochen im Jahr rot eingefärbt werden, sobald diese äußerst temperatursensiblen Zellen aus dem Boden durch das Schneepaket nach oben gewandert sind, um dort ihre stark gefärbten Pigmente auszubilden. Diese Pigmente schützen die Algen vor der schädigenden UV-Strahlung, sozusagen ein biologischer Sonnenschutz, wie er in Australien auch bereits als Sonnencreme verarbeitet wird.

Interessant neben ihrer industriellen Nutzung ist jedoch die Wahrnehmung im Mittelalter und die Instrumentalisierung über die katholische Kirche. Beim Auftreten dieser Algenblüte wurden die furchtsamen Bauern eingeschüchert, es sei das Blut Jesu Christi. Rückgän-

gig gemacht werden könne es nur durch großzügige Ablasszahlungen. Der Obolus wurde in ihrer Furcht bereitwillig bezahlt, der Schnee schmolz, somit wanderte auch die Schneecalge wieder in den Boden zurück und die armen Sünder wurden ihrer Schuld ob der vielen Sünden enthoben.

## d

### Doch beugen wir uns doch einmal hinunter und sehen etwas genauer auf die Eisoberfläche.

... und es bewegt sich doch: Abermillionen schwarzer Punkte, welche sich bewegen. Es sind Gletscherflöhe, welche in schwarzen Wolken fast synchron über ihre starke Sprunggabel ihre Position verändern können. Jeder Schitourengeher kennt diese kleinen schwarzen Kältefreaks, die dem Menschen doch einiges voraushaben: Zucker und Alkohole, welche im Körper eingelagert werden, nützen den Insekten als Gefrierschutzmittel. Der Mensch als scheinbare Krone der Schöpfung muss ohne diesen Trick auskommen.

Gehen wir noch ein Stück weiter auf dem Gletscher. Die Oberfläche ist übersät mit Miniatur-Seen (Abb. 3): zylinderförmig ausgeschmolzenen Tümpeln mit etwas Sediment und einer Wassersäule darüber.



**Abb. 4** Durch das Rasterelektronenmikroskop kann der Körperbau der Bärtierchen genau studiert werden. Foto: Hieronymus Dastych



Stellen wir uns vor, wir leihen uns ein Taschenmikroskop und schauen in diese Sandschichte hinein. Wir befinden uns plötzlich in einem Tiergarten voll Kleinstlebewesen, welche im selben Dilemma stecken wie alle anderen Organismen: fressen und gefressen werden.

Der Löwe in der Serengeti ist hier ein Millimeter großes Bärtierchen (Abb. 4). Dieser durchaus drollig aussehende Organismus ist jedoch der wahre Held auf dem Feld des Überlebens. Er schafft es auch, über lange Zeitperioden im Eis eingeschlossen zu sein. Er würde einfach seine acht Beinchen einziehen wie ein schlampig ausgezogener Fingerling, seinen Stoffwechsel drastisch drosseln und würde seine Extremitäten erst wieder bei besseren Bedingungen ausstülpen, um seine Lebensgewohnheiten wieder aufzunehmen. Er kann jedoch auch mit den Extremen der anderen Seite bestens umgehen: er ließe sich kochen, mit Radioaktivität bestrahlen, sogar ins Weltall schießen. Schier unglaubliche Möglichkeiten, die allesamt dem Menschen verwehrt bleiben.

Doch bohren wir ein wenig tiefer in das Eis: es zeigt sich schon in den obersten Zentimetern, dass diese reduzierte und doch faszinierende Landschaft Lebensraum für eine Vielzahl von Mikroorganismen bietet. Unter der Voraussetzung von flüssigem Wasser florieren Bakterien, Viren, Pilze, betreiben Stoffwechsel, reproduzieren sich

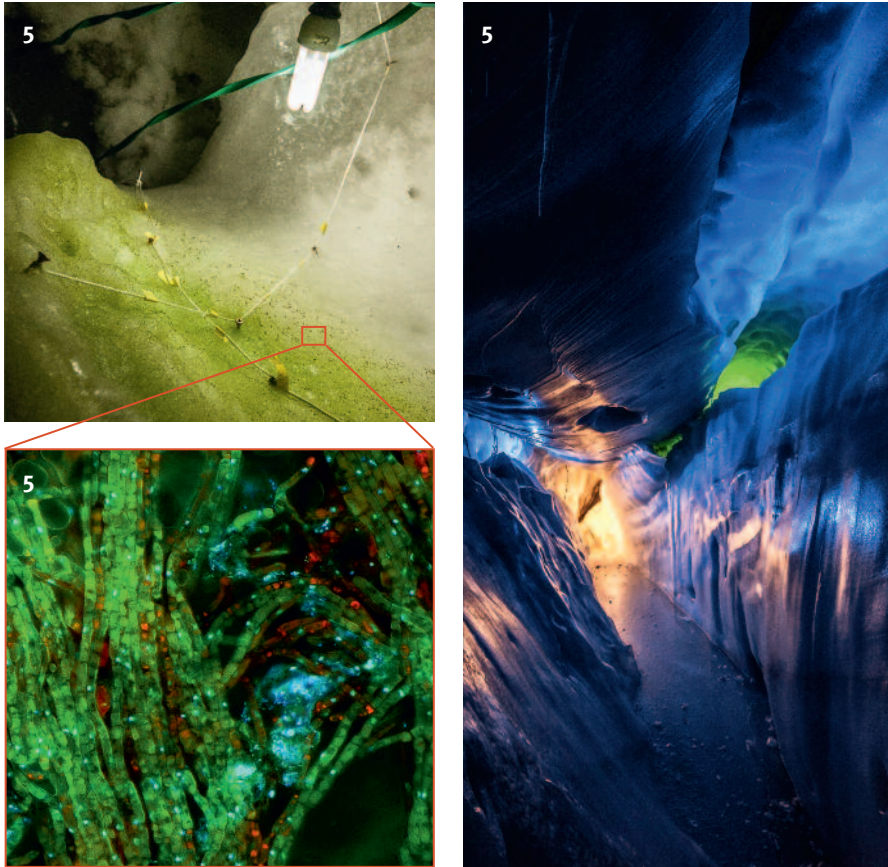
und passen sich an die gegebenen Bedingungen an, sodass Zimmertemperatur sogar für manche Arten zu heiß wäre.

Die Nischen für dieses kälteangepasste Leben sind oft sehr überraschend: Auch im Inneren der Eismatrix kann Leben bestens florieren, sofern bestimmte Bedingungen gegeben sind.

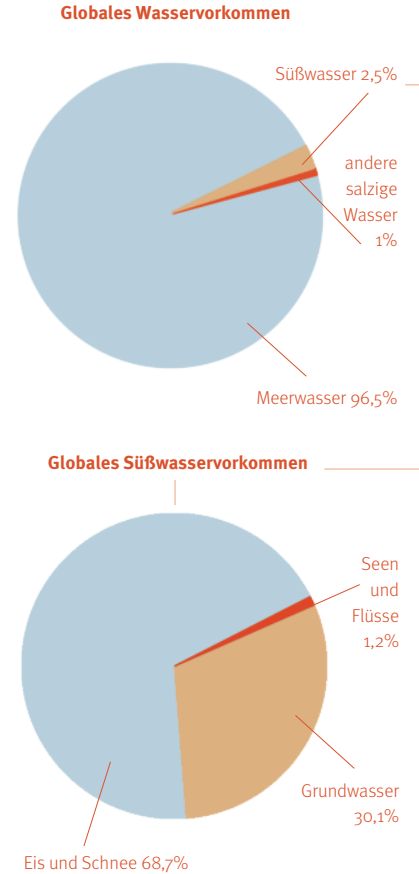
Ein Beispiel der Sonderklasse ist der öffentlich zugängliche Hintertuxer Natur-Eispalast auf 3.250 m am Hintertuxer Gletscher. Eine begehbare Gletscherhöhle mit bizarren Eisstrukturen, Kammern groß wie Kirchenschiffe sowie einem beschiffbaren See bietet zahlreichen Besuchern über das ganze Jahr hinweg ein einzigartiges Schauspiel. Die Natur sucht sich dabei ebenso ihren Weg. Die Gänge werden für die Besucher mit Leuchtquellen ausgeleuchtet, was den Mikroben die Voraussetzung für ihre Lebensbedingungen gibt: im engen Umkreis der Glühbirnen etablieren sich spezielle Algen, welche direkt auf der Eisoberfläche wachsen können und das Eis grasgrün färben können (Abb. 5). Sichtbares Leben direkt auf einer Eisoberfläche scheint ein Paradoxon zu sein, welches hier eindeutig wiederlegt wird. Die Wellenlänge der Lampe liefert den Zellen die nötige Energie, um Photosynthese zu betreiben, wie eben unter einer künstlichen Sonne. Und die Stoffwechselleistungen erinnern an einen überdüngten Badeteich.



**Abb. 5 Weitblick im Natureispalast am Hintertuxer Gletscher.** In der Nähe der Lampen wachsen Algen, die in der künstlichen Lichtquelle einen Ersatz für die Sonne gefunden haben. Fotos mit freundlicher Genehmigung der ÖBF und Roman & Marlies Erler, Natursport Tirol.



**Abb. 6 Nur ein Bruchteil des Wasservorkommens besteht aus Süßwasser,** der Großteil davon aus Eis und Schnee.



Diese Wachstumsformen um Lichtquellen werden als Lampenflora bezeichnet, welche ursprünglich in Schauhöhlen entdeckt wurden, wo Höhlenmalereien für Besucher ausgeleuchtet wurden und sich Bakterien, Algen und Pilze auf dem Felsen um den Lichtkegel etablieren.

### **W** Was haben nun aber die Mikroben mit dem Klimawandel zu tun?

Die Gletscher werden grüner ... Gletscher schmelzen aufgrund der Temperaturerhöhung – im heurigen Sommer 2018 ist ein ganz besonders starker Rückgang zu verzeichnen. Aber werfen wir nochmals einen Blick durch unser Mikroskop und betrachten eine Gletscheroberfläche im Sommer. Das unbewaffnete Auge sieht einen schmutzig aussehenden Eiskörper, welcher auf den ersten Blick mit Sand, Mineralien und vielleicht auch Erdpartikeln überzogen ist. Eine schwarz-graue Schicht scheinbar anorganischen Ursprungs bedeckt das Sommereis.

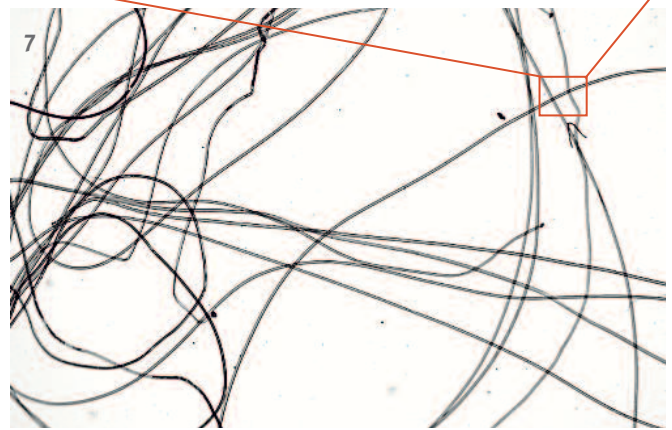
Was man bislang jedoch nicht wusste: Eine Gletscheroberfläche funktioniert fast wie eine Wiese, welche CO<sub>2</sub> aufnehmen und Sauer-

stoff produzieren kann. Ähnlich wie Schneeralgen Altschnee besiedeln, existieren auf dem Eis sogenannte Eisalgen. Bislang wurde die Präsenz von diesen winzig kleinen Algen immer übersehen, da ihre Färbung derart unscheinbar ist.

Die Gletscher werden durch diesen Effekt sprichwörtlich immer grüner und ein Rückkoppelungseffekt, welcher kaum aufzuhalten ist, setzt sich in Gang: Die erhöhte Temperatur setzt mehr flüssiges Wasser frei, dieses ist der Motor für ein vermehrtes Wachstum dieser Zellen, die Eisalgen müssen sich jedoch in gleichem Maße wie die Schneeralgen vor der schädigenden UV-Strahlung über eine starke Pigmentierung schützen. Die starke Pigmentierung führt zu einer Absorption der Sonnenenergie, was wiederum zu einer vermehrten Schmelze führt. Die biologisch induzierte Veränderung der Albedo („Weiße“, Rückstrahlvermögen) wird als Bioalbedo bezeichnet. So können mikroskopisch kleine Organismen bis zu einem Ausmaß von 40 % die Rückstrahlkraft einer Eisfläche reduzieren. Kleinstlebewesen mit größter Wirkung sozusagen.

Das nebenbei Beschämende ist die Erkenntnis, dass weitaus mehr aus polaren Gebieten über diesen Effekt bekannt ist als aus unserem alpinen Lebensraum. In den heimischen Alpen ist noch ein massiver Forschungsbedarf gefordert. Mikroben besiedeln nicht nur den gesamten Eiskörper eines Gletschers, sondern bedecken auch die

**Abb. 7 In Gletscherschigebieten werden neuralgische Stellen mit einer Geotextilie abgedeckt.** Unter dem Mikroskop werden die einzelnen Fasern von dieser Fleecedecke sichtbar.



gesamte Kryosphäre (schnee-/eisbedeckte Planetenoberfläche). Von den globalen Wasservorräten unseres Planeten gelten nur 2,5 % als Süßwasser. Und davon wiederum sind rund zwei Drittel in Schnee und Eis gespeichert (Abb. 6). Es ist unumstritten, dass der Anteil der Kryosphäre durch die globale Klimaerwärmung am absteigenden Ast ist. Speziell für ein Tourismusland wie Tirol erfordert das ein massives Umdenken des Konzeptes für den Wintertourismus. Bei den etablierten Strukturen erfordert dies eine enorme Flexibilität und auch Fantasie.

Der Mensch reagiert nun mit der Reduktion dieser nutzbaren Flächen mehr mit einer Symptom- denn mit einer Ursachenbekämpfung. Das überall sichtbare Beispiel ist die Abdeckung von Gletscherschlipisten sowie neuralgischer Stellen wie die Verankerung von Liftstützen im Eis mit Geotextilien. Über die Sommersaison werden große Flächen vor der Kraft der Sonne geschützt, indem die Rückstrahlung der Oberflächen optimiert wird (Abb. 7). Vor dem ersten großen Schneefall werden diese Polypropylenfolien wieder eingewickelt. Die Mikrobiologie im Schnee und Gletschereis findet hier völlig veränderte Lebensbedingungen vor. Die Abdeckung verändert die Lichtverhältnisse sowie die Nährstoffversorgung und sie exkludiert atmosphärische Depositionen. Ein Einfluss auf die Lebewelt mag vielleicht noch keinen Touristiker hinter dem Ofen hervorholen, aber

was unter den Folien rein chemisch geschieht, das steht auf einem anderen Blatt Papier und wäre aufgrund der Effekte wert oder sogar noch erforderlich, neu überdacht zu werden.



### Das große Ganze.

Wir könnten nun das Auge vom Mikroskop wieder abwenden und uns dem großen Bild widmen, welches uns ein Szenario bietet, wo sich Leben an diese Nischen adaptiert hat, jedoch extrem sensibel auf etwaige Veränderungen reagiert. Es geht hier nicht nur um einzelne Mikroben, sondern um Rückkoppelungseffekte, welche letztendlich auch für den Menschen spürbar sind und vielleicht erst dann für unser Verständnis Gewicht bekommen.

Mikroben mögen klein sein, mit dem bloßen Auge nicht sichtbar, auch skurril und gleichzeitig wunderbar in ihrer Anpassungsfähigkeit an das harsche Klima und ihre Überlebensstrategien. Aber ihre Rolle in dem großen Rad der klimatisch verursachten Zusammenhänge sollte hier nicht unterschätzt werden. Es bedarf wohl noch einer ganzen Menge an Eiskernen, bis wir diese Informationen aus dem Eis richtig interpretieren und nutzen lernen.





Celebrate  
gravity!

+  
TESTE DIE NEUESTEN  
EISGERÄTE. DIE AKTUELLEN  
EISTESTCENTER FINDEST DU  
AUF [AUSTRIALPIN.AT](http://AUSTRIALPIN.AT)

TEAMATHLET BENEDIKT PURNER

[AUSTRIALPIN.AT](http://AUSTRIALPIN.AT)

+

K.I.C.E.R High-End Steileis- und  
Mixedgerät. Mit erprobter Geometrie  
für perfekte Präzision und Dynamik.  
MADE IN AUSTRIA.





# Klimawandel

-10

-12

-14



Foto: shortly the.

## Was bedeutet er für den Schnee in den Alpen?

Klimawandel – ein Thema, das erst kürzlich durch den neuen „1,5-Grad-Bericht“ des Weltklimarates (<http://www.ipcc.ch/report/sr15/>) wieder stärker in das Bewusstsein der Öffentlichkeit gerückt wurde. Der Bericht zeigt auf, dass die derzeit geplanten Klimaschutz-Bemühungen bei weitem nicht ausreichen, um die weltweite Erwärmung, verglichen mit vorindustriellen Zeiten, unter +1,5 Grad Celsius zu halten. Die Atmosphäre hat sich bereits um einen Grad erwärmt und ein gewisses Maß an weiterer Erwärmung ist selbst bei radikalen Klimaschutzbemühungen nicht mehr vermeidbar.

Wir entscheiden heute also längst nicht mehr darüber, ob wir den Klimawandel vermeiden wollen, sondern vielmehr darüber, wie stark sich das Klima ändern wird. Die Spannweite reicht nach heutigen Schätzungen von den angesprochenen +1,5 Grad bis etwa +5 Grad weltweiter Erwärmung bis zum Ende des 21. Jahrhunderts.

**von Andreas Gobiet, Sven Kotlarski, Prisco Frei, Jan Rajczak, Deborah Verfaillie, Samuel Morin & Marc Olefs**





## Globale Erwärmung und Klimawandel im Alpenraum

Was bedeutet nun aber „weltweite Erwärmung“ für den Alpenraum? Wir wissen zum Beispiel, dass die Temperaturen in der Vergangenheit im Alpenraum doppelt so schnell gestiegen sind wie im weltweiten Mittel (+2 Grad seit 1880; Auer et al., 2007). Das ist zum größten Teil der „Kontinentalität“ der Alpen geschuldet, also der Entfernung zu den großen Ozeanen.

Weiters wissen wir, dass die Kryosphäre (Eis und Schnee) im Alpenraum sehr sensibel auf Erwärmung reagiert (z.B. Beniston et al., 2018). Ein Beispiel ist der Gletscherrückgang, der für Österreich im jährlichen Gletscherbericht des Alpenvereins sehr gut dokumentiert wird (<https://www.alpenverein.at/portal/service/presse/2018/gletscherbericht.php>) und den meisten Leserinnen und Lesern auch aus der persönlichen Bergerfahrung bekannt sein dürfte. Auch das vermehrte Auftauen von Permafrost und die damit einhergehende Destabilisierung von Gipfeln und Hängen wird dem einen oder anderen schon persönlich aufgefallen sein.

Allgemeiner betrachtet hat die Kryosphäre im Alpenraum eine große ökologische und wirtschaftliche Bedeutung: Sie speichert Wasser und durch Änderungen in diesem Wasserspeicher – sei es nun durch die geänderte Menge des gespeicherten Wassers oder durch den geänderten Zeitpunkt der Schnee- und Gletscherschmelze – verändert sich auch die saisonale Verfügbarkeit für Wasserkraft, Landwirtschaft und Trinkwasserversorgung. Außerdem ist Schnee eine wichtige Grundlage für den Wintertourismus. In diesem Zusammenhang sei betont, dass sich dieser Artikel ausschließlich mit Naturschnee befasst und die Frage der technischen Schneeerzeugung ausklammert. Wir reden hier also nicht von der Schneesicherheit in Skigebieten, wo durch Technik viel ausgeglichen werden kann.

Unsere Perspektive ist vielmehr die des Skitourengehers und Tief-schneefreundes am Titelfoto. Ihn bewegt die bange Frage: Wird mir der Klimawandel das Skitourengehen verderben? Anmerken möchten wir an dieser Stelle, dass es sich dabei angesichts der teilweise dramatischen Folgen des Klimawandels in anderen Bereichen und anderen Regionen der Erde um ein Luxusproblem handelt. Anderswo geht es um die Lebensgrundlage großer Teile der Bevölkerung, hier um wesentlich weniger.

Um die langjährige Entwicklung des Schnees im Alpenraum besser verstehen zu können, betrachten wir zuerst die zwei wichtigsten meteorologischen Zutaten für Schnee: tiefe Temperaturen (unter etwa +2 Grad Celsius Tagesmitteltemperatur) und Niederschlag.

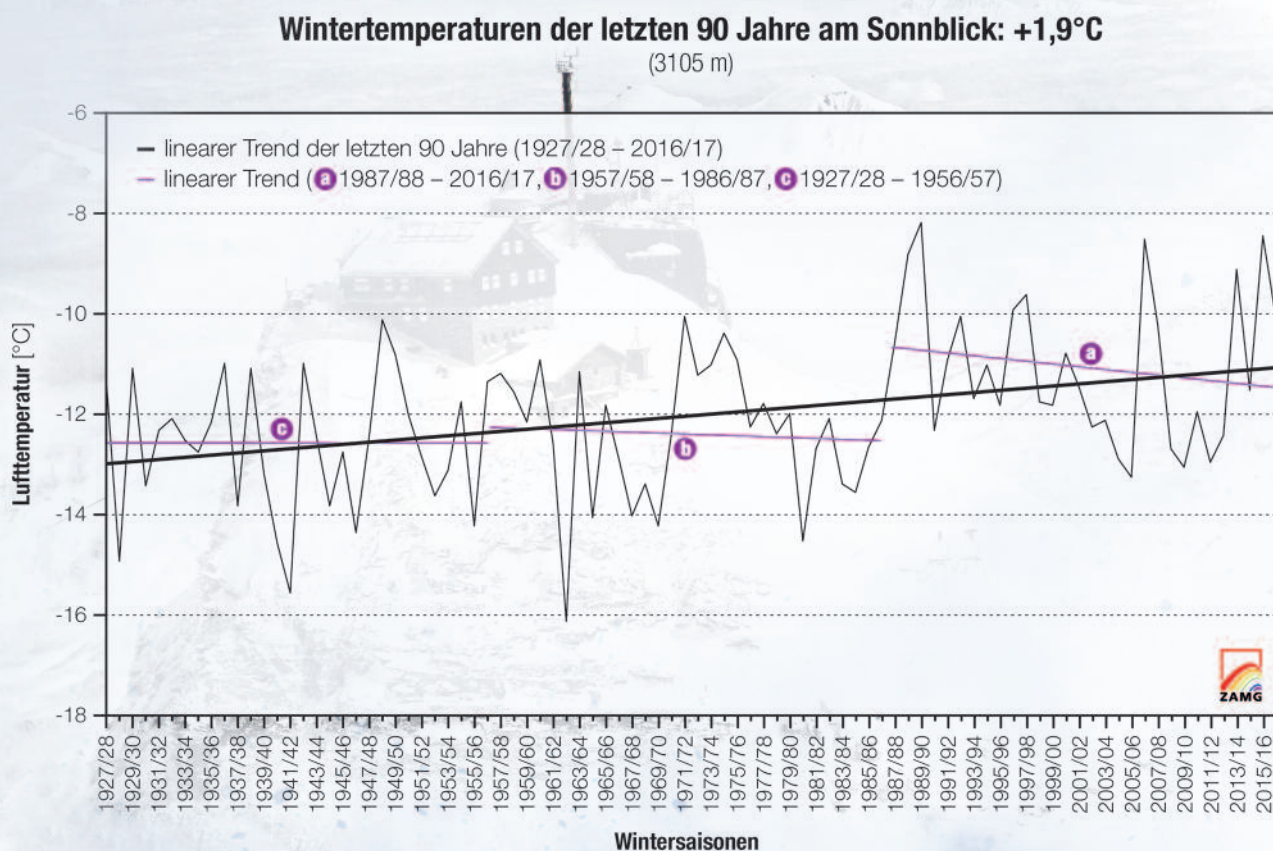


## Wintertemperaturen

Wie schon erwähnt, sind die Temperaturen im Alpenraum bereits um 2 Grad gestiegen. Das ist ein Jahresmittelwert für den gesamten Alpenraum und bezieht sich – gemäß des Flächenanteils der unterschiedlichen Höhenstufen – hauptsächlich auf tiefere Lagen. Aber wie sieht es dort aus, wo es für Skitourengeher besonders interessant ist? Steigt die Temperatur auch im Winter und auf den Bergen?



Abb. 1 Wintertemperaturen (Dezember, Januar, Februar) Sonnblick seit 1927/28. Foto: Michael Staudinger



Die Antwort ist knapp und klar: Ja, auch im Winter und auf den Bergen steigt die Temperatur. Und zwar ebenfalls um etwa 2 Grad (in den vergangenen 90 Jahren). Allerdings ist die natürliche Variabilität der Wintertemperaturen, also das „Auf und Ab“ von Jahr zu Jahr sehr groß. An dieser Stelle ist es nützlich zu wissen, dass Klimaforscher den Ausdruck „natürliche Variabilität“ oft als Umschreibung für „Mist, das können wir nicht vorhersagen!“ verwenden. Die natürliche Variabilität maskiert den langjährigen Erwärmungstrend und macht ihn teilweise unkenntlich.

Die Wintertemperaturen am Sonnblick (gemessen in 3.105 m über dem Meer) demonstrieren diesen Sachverhalt sehr deutlich (Abb. 1): Innerhalb der letzten 90 Jahre beträgt der Temperaturanstieg 1.9 Grad. Dieser Trend ist statistisch signifikant und passt sehr gut in das allgemeine Bild des Klimawandels im Alpenraum. Betrachtet man aber 30-jährige Zeitfenster isoliert (violett in Abb. 1), ergeben sich alle möglichen unterschiedlichen „Trends“, je nachdem, wo genau man das Zeitfenster positioniert. Statistisch gesprochen sind das gar keine Trends, sondern Zufallsergebnisse, deren Ursache in der natürlichen Variabilität zu suchen ist.

Sehr ähnliche Ergebnisse finden sich überprüfterweise an allen qualitativ hochwertigen und homogenisierten Bergstationen der Ostalpen. Sie sind im Verlauf fast deckungsgleich und die langjährigen

Trends betragen: Schmittenhöhe (1.973 m): +2.2 °C; Patscherkofel (2.251 m): +2.1 °C; Zugspitze (2.962 m): +2.4 °C; Obergurgl-Vent (1.938 m): +2.2 °C; Säntis (2.502 m, genau genommen schon in den Westalpen): +2.1 °C (Gobiet et al., 2017).

Was lernen wir daraus? Einerseits, dass sich die globale Erwärmung auch im hochalpinen Winter deutlich und signifikant als langjähriger Erwärmungstrend niederschlägt und andererseits, dass wegen der natürlichen Variabilität für klimatologisch kurze Zeiträume (also z.B. für die kommenden 10 Jahre) keine konkreten Vorhersagen möglich sind („Mist, ...“).

In anderen Worten: Die Bergwinter des kommenden Jahrzehnts könnten kälter ausfallen als die des vergangenen Jahrzehnts (etwas wahrscheinlicher ist jedoch das Gegenteil). Die Bergwinter der kommenden 30 Jahre werden aber mit ziemlicher Sicherheit wärmer sein als die der vergangenen 30 Jahre („Ha! Da können wir also doch etwas vorhersagen.“). Die betrachtete Zeitskala bestimmt also, ob die unvorhersagbare natürliche Variabilität oder der vorhersagbare, langjährige Erwärmungstrend überwiegt.

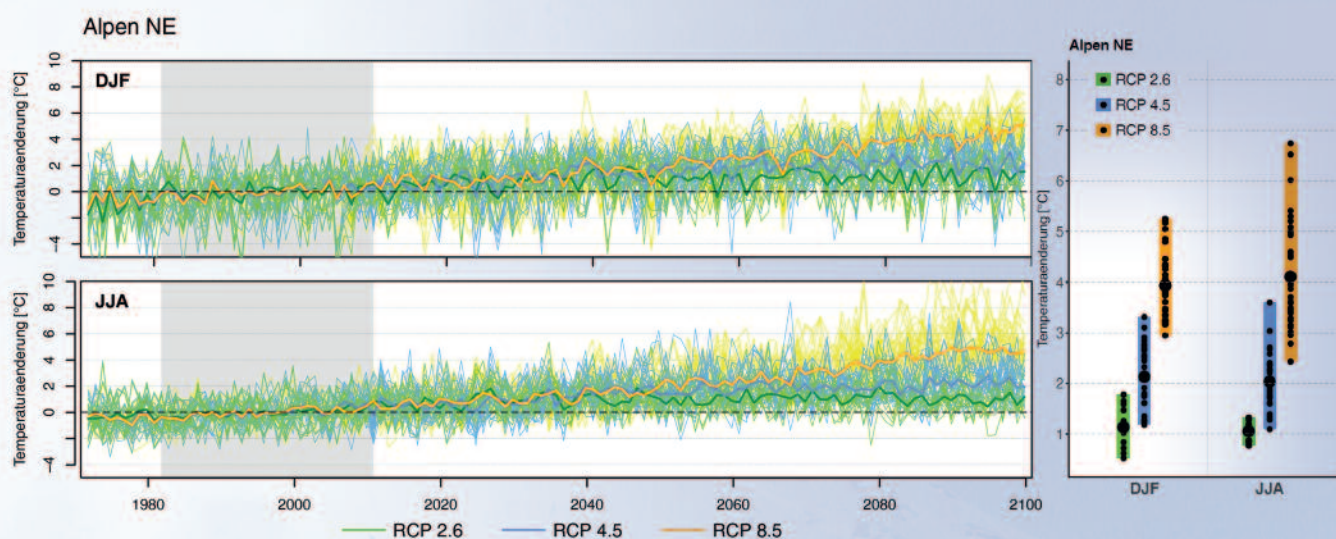
In der Aussage über die kommenden 30 Jahre steckt implizit die Annahme, dass künftig im Alpenraum ein ähnlicher Erwärmungstrend wie in der Vergangenheit herrschen wird. Zahlreiche wissenschaftli-

Andreas Gobiet beschäftigt sich als Klimaforscher seit über 15 Jahren mit dem Klimawandel in den Alpen. Derzeit kümmert er sich an der ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien) um den Bereich „Climate Services“ und ist im Winter als operationeller Lawinenprognostiker tätig.





**Abb. 2 Erwartete Änderung der Winter- (Dezember, Januar, Februar) und Sommertemperaturen (Juni, Juli, August) gegenüber dem Mittelwert 1981-2010 im nordöstlichen Alpenraum im 21. Jahrhundert für drei unterschiedliche Treibhausgasszenarien getrennt dargestellt** (sieht in anderen Bereichen der Alpen sehr ähnlich aus). Diese reichen vom sehr ambitionierten Klimaschutzszenario („2-Grad-Ziel“, grün, RCP2.6) über ein immer noch ambitioniertes „mittleres“ Klimaschutzszenario (blau, RCP4.5) bis hin zum „Weitermachen wie bisher“-Szenario (orange, RCP8.5). Die dicken Linien entsprechen dem Mittelwert über eine Vielzahl von Modellen, die dünnen Linien sind die einzelnen Modelle. Die Änderungen in der rechten Abbildung beziehen sich auf das Ende des 21. Jahrhunderts (2070-2099). Der große Punkt entspricht jeweils der besten Schätzung für das Szenario, die kleinen Punkte sind einzelne Modellergebnisse, also ebenfalls mögliche Varianten. Quelle: MeteoSchweiz



che Studien, Klimamodelle und das Wissen über die physikalischen Zusammenhänge im Klimasystem bestätigen diese Annahme. Abb. 2 zeigt, wie sich nach heutigen Abschätzungen die Wintertemperaturen (zum Vergleich auch die Sommertemperaturen) im Ostalpenraum in Abhängigkeit von unterschiedlichen Annahmen über zukünftige menschliche Treibhausgasemissionen („Treibhausgasszenarien“) weiter entwickeln werden. Bis etwa zur Mitte des 21. Jahrhunderts wirken sich die Unterschiede zwischen den betrachteten Treibhausgasszenarien kaum aus. Wir können, so oder so, mit etwa einem Grad zusätzlicher Erwärmung im Alpenraum rechnen.

In der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts treten die Unterschiede der Treibhausgasszenarien aber deutlich zutage: Bei intensiven Klimaschutzbemühungen kann die weitere Temperaturzunahme im Vergleich zu heute auf ein Grad beschränkt werden (Abb. 2: grün, Treibhausgasszenario RCP2.6). Insgesamt beträgt die Temperaturzunahme im Alpenraum ab 1880 dann etwa 3 Grad. Wenn wir keinerlei besondere Klimaschutzmaßnahmen ergreifen, muss hingegen mit einem weiteren Temperaturanstieg von 4 Grad gerechnet werden (Abb. 2: orange, Treibhausgasszenario RCP8.5), also insgesamt etwa +6 Grad im Vergleich zu 1880. Das ist nun doch ein beachtlicher Unterschied und hat, wie wir später sehen werden, starke Auswirkungen auf den Schnee.

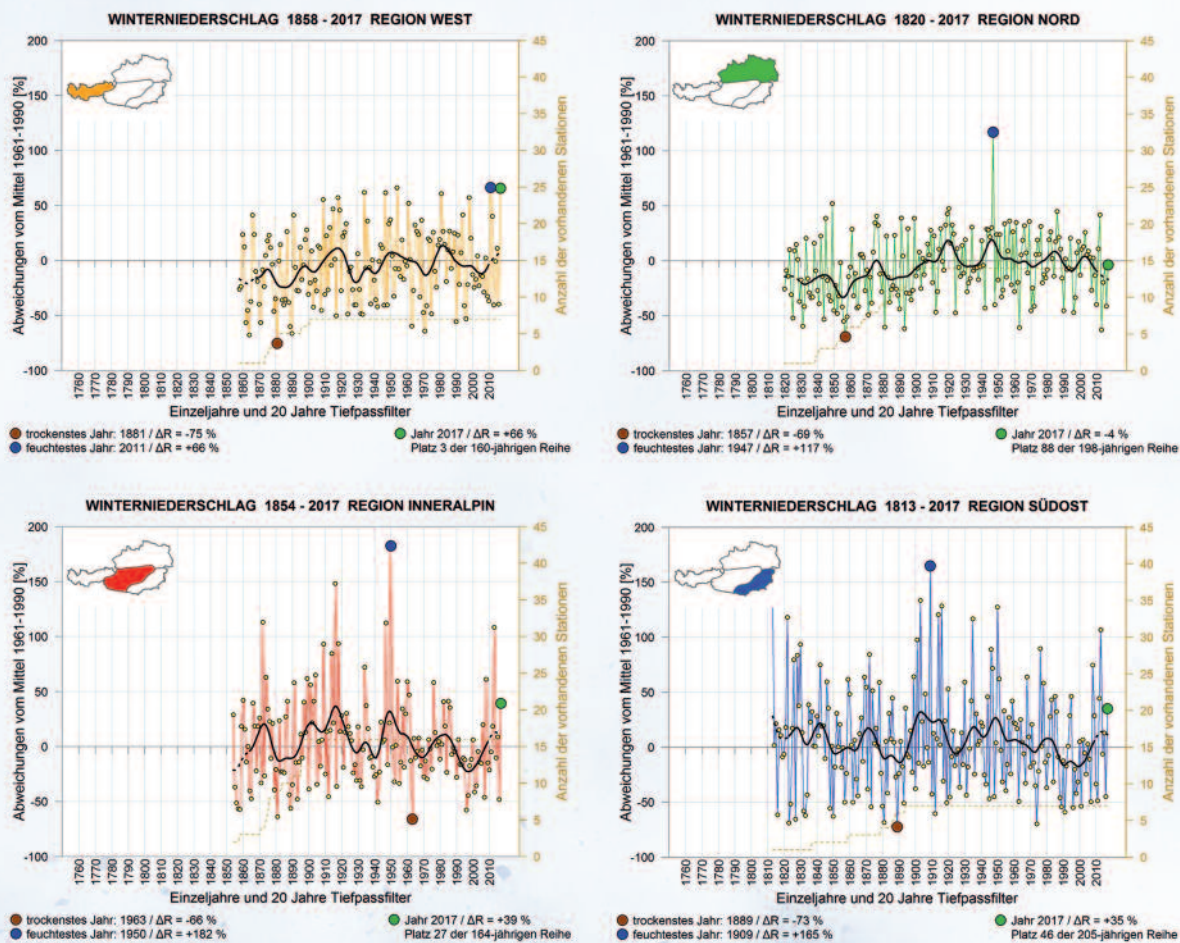
Sven Kotlarski ist Hydrologe und beschäftigt sich seit über 10 Jahren mit Klimavariabilität und Klimawandel in Europa, insbesondere in den Alpen. Derzeit arbeitet er bei MeteoSchweiz (Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, Zürich) unter anderem an der neuesten Generation der Schweizer Klimaszenarien.





Prisco Frei hat an der ETH Zürich Atmosphären- und Klimawissenschaften studiert. Aktuell arbeitet er als Quantitativer Wetteranalyst für ein Londoner Energiehandelsunternehmen. Seine Freizeit verbringt er am liebsten in den Bergen, sei es mit oder ohne Schnee.

Abb. 3 Langjährige Winterniederschlags-Anomalien in unterschiedlichen Regionen Österreichs. Quelle: ZAMG



## W Winterniederschlag

Gleich vorweg: Beim Niederschlag ist alles viel komplizierter und ungewisser als bei der Temperatur. Die regionalen Unterschiede sind größer, die natürliche Variabilität ist größer, die Messungen sind weniger verlässlich (insbesondere im Winter auf den Bergen) und als ob das nicht genug wäre, auch die Klimamodelle tun sich mit Niederschlag viel schwerer als mit der Temperatur.

Langjährige Messungen der Winterniederschlagssumme in unterschiedlichen Regionen im Alpenraum zeigen keinen einheitlichen Trend (Beispiel Österreich in Abb. 3). Allerdings wissen wir, dass sich anderswo in Europa durchaus etwas ändert: In Nordeuropa wurde es in den letzten Jahrzehnten deutlich nasser, im Mittelmeerraum wurde es trockener. Der Alpenraum liegt ziemlich genau zwischen diesen zwei Bereichen. Bei genauerer Betrachtung der Niederschlagsänderungsmuster zeigt sich, dass sich die Zone mit mehr Niederschlag im Winter nach Süden ausdehnt und im Sommer nach Norden zurückzieht. Wenn man nun annimmt, dass dieses Muster etwas mit den steigenden Temperaturen zu tun hat, dann ist es naheliegend, dass es sich in Zukunft verstärken wird.

Für den Alpenraum würde das, vereinfacht gesagt, bedeuten: Mehr Niederschlag im Winter, weniger Niederschlag im Sommer. Die neuesten Klimaszenarien (z.B. in der Schweiz CH2018, in Österreich ÖKS15) erhöhen diesen Verdacht, insbesondere was den vermehrten Niederschlag im Winter angeht. Über den Alpenraum gemittelt kann unter Annahme des extremsten Emissionsszenarios (RCP8.5) bis zum Ende des Jahrhunderts mit etwa 20 % mehr Niederschlag gerechnet werden. Allerdings ist die Unsicherheit dieser Abschätzung im Vergleich zur Temperatur sehr hoch. Abb. 4 zeigt diese vermutliche Zunahme künftiger Winterniederschläge. Im Sommer zeigen die Szenarien übrigens tatsächlich eine Tendenz zu weniger Niederschlag und in allen Jahreszeiten eine Zunahme der Extremniederschläge.

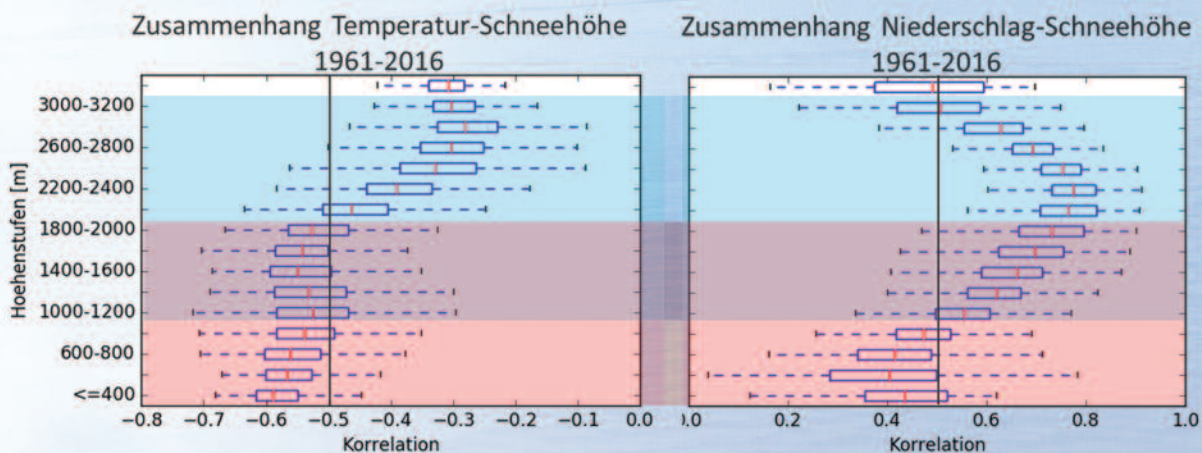
## S Schnee in der Vergangenheit

Nun endlich zum Schnee: Die gute Nachricht ist, dass wir uns nicht vor mangelndem Winterniederschlag fürchten müssen, ganz im Gegenteil. Die schlechte Nachricht ist, dass steigende Temperaturen dafür sorgen könnten, dass dieser Niederschlag immer häufiger als





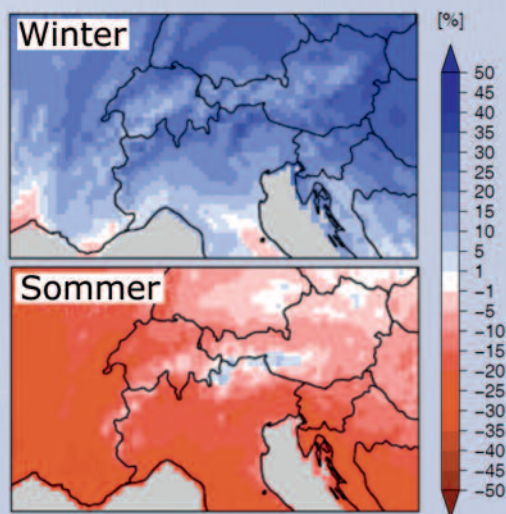
**Abb. 5 Korrelationskoeffizient zwischen mittlerer Gesamtschneehöhe (Nov. bis Apr.) und Temperatur (links) bzw. Niederschlagssumme (rechts) in Österreich für den Zeitraum 1961/62 bis 2016/17. Quelle: ZAMG**



Regen und nicht als Schnee vom Himmel fällt und dass die Schneedecke schneller wieder schmilzt. Wenn es sehr kalt ist (z.B.  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), machen 2 Grad mehr für den Schnee wenig Unterschied. Wenn wir uns aber nahe dem Gefrierpunkt befinden (z.B.  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), kann jedes zusätzliche Grad dafür sorgen, dass es regnet statt schneit oder die Schneedecke schmilzt. (Den Faktor Strahlung, der insbesondere für die Schneeschmelze wichtig ist, lassen wir hier der Einfachheit halber beiseite). Die Frage ist also: Wann und wo führt Erwärmung zu weniger Schnee? Beziehungsweise: Wann und wo bringt mehr Niederschlag mehr Schnee?

Qualitativ lässt sich das „Wo?“ leicht beantworten: In größeren Höhen ist es kälter, hier ist der Niederschlag wichtiger und in tieferen Lagen ist es wärmer, hier ist die Temperatur wichtiger. Aber wo genau sind nun die „größeren Höhen“? Einen Hinweis dazu liefert eine Studie der ZAMG über Schneehöhen in Österreich seit 1961. Abb. 5 zeigt die Stärke des Zusammenhangs zwischen Schneehöhe und Temperatur (links) und Schneehöhe und Niederschlag (rechts) in verschiedenen Höhenstufen. „0“ bedeutet: kein Zusammenhang. „1“ bzw. „-1“ bedeuten: sehr starker Zusammenhang. Man sieht, dass der Einfluss der Temperatur auf die mittlere Schneehöhe bis in Höhen von etwa 2.000 m mehr oder weniger konstant bleibt (Korrelationskoeffizient  $-0,5$  bis  $-0,6$ ) und darüber deutlich abnimmt.

**Abb. 4 Änderung der Niederschlagssumme im Sommer (oben) und im Winter (unten) bis Ende des 21. Jahrhunderts. Annahme: Kein Klimaschutz (RCP8.5). Das ist ein „Worst-Case-Szenario“, und die Unsicherheiten in dieser Abschätzung sind relativ hoch. Es kann also auch anders kommen.**



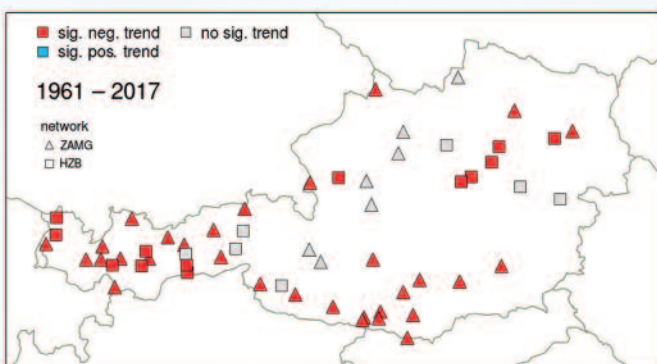
Jan Rajczak ist Klima- und Wetterforscher, hat an der ETH Zürich studiert und arbeitet derzeit daran, die Wettervorhersage für die Schweiz zu verbessern.





Deborah Verfaillie hat sieben Jahre Forschungserfahrung in den Bereichen Klima, Kryosphäre und deren Wechselwirkungen. Sie ist Mitentwicklerin einer Methode, die es erlaubt, die Ergebnisse von Klimamodellen auf die lokalen Bedingungen in Bergregionen anzupassen (ADAMONT).

**Abb. 6 Trends der Schneedeckendauer (Nov. – Apr.) an qualitätsgeprüften, homogenisierten Schneemessstationen in Österreich.** Die Stationen decken den Höhenbereich von 161 m bis 2.140 m ab. Rot: signifikant abnehmende Schneehöhen; grau: keine signifikante Änderung; blau: signifikant zunehmende Schneehöhen. Quelle: ACRP Projekt SNOWPAT, aktualisiert von R. Koch

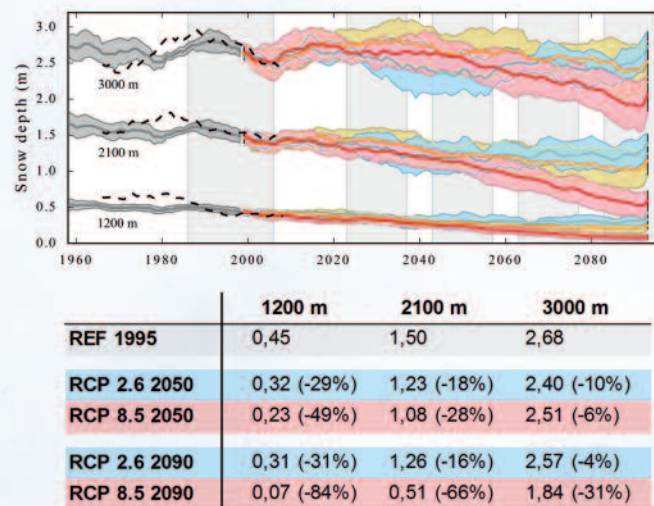


Andererseits ist der Einfluss des Niederschlags bereits ab ca. 1.300 m größer als der der Temperatur (Korrelationskoeffizient 0.6). Für die Vergangenheit lässt sich also sagen: Schnee in Höhenlagen unter etwa 2.000 m reagiert relativ empfindlich auf höhere Temperaturen, über etwa 1.300 m kann das aber durch zusätzlichen Niederschlag (falls vorhanden) wettgemacht werden. Oberhalb von 2.000 m spielt die Temperatur eine untergeordnete Rolle.

Auch auf das „Wann?“ lässt sich qualitativ ziemlich leicht antworten: Typischerweise zu Beginn der Schneesaison führt zusätzliche Wärme dazu, dass es öfter regnet statt schneit und am Ende der Saison dazu, dass der Schnee schneller schmilzt. Je nach Höhenlage betrifft das andere Zeiträume, aber die Länge der Saison sollte nach dieser Überlegung in allen Höhenlagen abnehmen. Eine Studie aus der Schweiz (Klein et al., 2016) hat gezeigt, dass das zumindest in der Schweiz auch der Fall ist: An allen untersuchten Stationen (die einen Höhenbereich von 1.139 m bis 2.540 m Seehöhe abdecken) hat sich die Schneesaison seit 1970 um etwa einen Monat verkürzt.

Auch in Österreich wurde die Schneedeckendauer zwischen November und April untersucht und auch hier wurden signifikante Abnahmen gefunden. Abb. 6 zeigt einen Überblick über die Ergebnisse dieser Untersuchung: Mit Ausnahme weniger Stationen (wo keine

**Abb. 7 Mittlere Schneehöhe in 1.200 m, 2.100 m und 3.000 m Seehöhe im Mont-Blanc-Massiv.** Blau: RCP2.6; orange: RCP4.5; rot: RCP8.5; grau: Vergangenheit. In der Tabelle unten sind die Schneehöhen in Meter und in Klammer die prozentualen Änderungen im Vergleich zu einer 15-jährigen Periode um 1995 dargestellt. Quelle: Météo France



Trends gefunden wurden) hat die Schneedeckendauer seit 1961 signifikant abgenommen. Dabei muss aber betont werden, dass in diesem Fall die meisten Stationen relativ tief liegen. Der höchste Standort ist die Villacher Alpe (2.140 m). Auch hier wurde eine signifikante Verkürzung der Schneesaison gefunden.

## S Schnee in der Zukunft

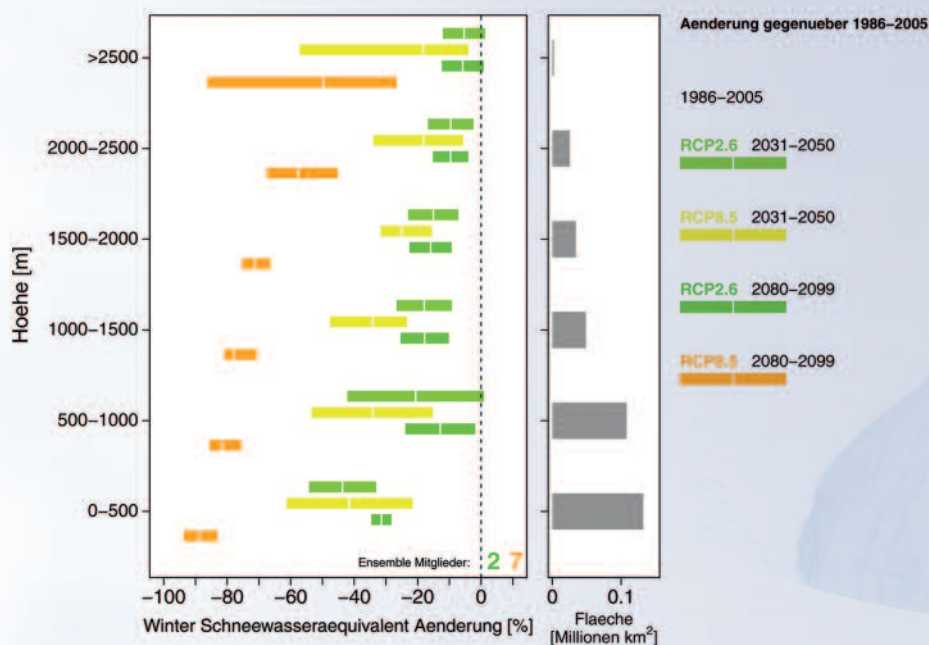
Bevor wir das bisher Gesagte zusammenfassen und unsere Schlüsse für die Zukunft daraus ziehen, möchten wir noch zwei Studien erwähnen, die auf Basis aufwändiger Klima- und Schneemodelle die Zukunft des Schnees in den Alpen untersucht haben. Météo France hat die Auswirkungen der unterschiedlichen Treibhausgaszenarien auf die zukünftige mittlere Schneehöhe (Dez. – Apr.) im Mont-Blanc-Massiv untersucht (eine genauere Beschreibung der Methodik ist in Verfaillie et al. (2018) zu finden). Das Ergebnis ist in Abb. 7 dargestellt und lautet zusammengefasst:

Bis 2050 muss mit einem Rückgang der mittleren Schneehöhe zwischen etwa 30 % bis 50 % in tiefen Lagen (1.200 m) und 5 % bis 10 %





**Abb. 8** Modellerte Änderung des mittleren Schneewasseräquivalents (Dez.-Mai) im Alpenraum im 21. Jahrhundert für die Szenarien RCP2.6 (grün) und RCP8.5 (gelb, orange). Ohne Klimaschutz (RCP8.5) sind bis zum Ende des Jahrhunderts Abnahmen von rund -85 % unter 1.500 m und -50 % über 2.500 m zu erwarten. Wird das 2-Grad-Ziel eingehalten (RCP2.6), kann die Reduktion auf etwa -20 % begrenzt werden.



in hohen Lagen (3.000 m) gerechnet werden. Bis zum Ende des Jahrhunderts kommt es dann sehr stark darauf an, wie schnell sich die Menschheit dazu entschließt, drastische Klimaschutzmaßnahmen zu ergreifen: Wenn wir es schaffen, das „2-Grad-Ziel“ einzuhalten (Treibhausgasszenario RCP2.6), dann bleibt es bei den Werten von 2050. Wenn wir aber in puncto Klimaschutz weitermachen wie bisher (Treibhausgasszenario RCP8.5), dann sehen die Abnahmen etwa folgendermaßen aus: 1.200 m: -85 %, 2.100 m: -65 % und 3.000 m: -30 %.

Eine Untersuchung der MeteoSchweiz, die mit etwas einfacheren Mitteln (nur Klimamodelle, kein detailliertes Schneemodell) die zukünftige Schneeverfügbarkeit im gesamten Alpenraum analysiert hat, kam zu einem sehr ähnlichen Ergebnis. Das ist ein Hinweis darauf ist, dass die Ergebnisse für das Mont-Blanc-Massiv repräsentativ für die typischen Verhältnisse im Alpenraum sind. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Abb. 8 zu sehen.

Samuel Morin hat sich seit 2009 am Centre d'Études de la Neige (CEN) der Météo-France/CNRS in Grenoble ganz der Schneeforschung verschrieben und ist seit 2015 Leiter des CEN. Er ist Leitautor des derzeit im Entstehen begriffenen IPCC-Berichtes über Ozeane und die Kryosphäre im Klimawandel.



Marc Olefs ist Abteilungsleiter Klimaforschung bei der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) und ist Leitautor des im Jahr 2020 erscheinenden Special Report „Tourismus und Klimawandel in Österreich“.



## Resümee

Zusammenfassend lässt sich sagen: Klimawandel findet auch im Winter auf den Bergen statt. Die Temperaturen sind bereits um 2 Grad gestiegen und werden bis 2050 um etwa 1 weiteres Grad ansteigen. Auch am Naturschnee ist der Klimawandel bereits ablesbar: Die Schneesaison wird in allen Höhenlagen kürzer.

Die Menschheit hat es aber in der Hand, diesen Rückgang zu begrenzen: Zwar werden wir bis 2050 voraussichtlich mit einer weiteren Reduktion von (je nach Höhenlage) -10 % bis -30 % leben müssen, aber das bedeutet lediglich, dass unsere Skitourensaison etwas später beginnt und früher endet.

Wie es in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts weitergeht, hängt ganz von uns ab: Vernachlässigen wir den Klimaschutz und machen weiter wie bisher, wird das Skitourengehen nur mehr in seltenen Ausnahmesituationen möglich sein: In tieferen Lagen verschwindet der Schnee fast vollständig und selbst über 2.500 m muss noch mit Abnahmen von 50 % gerechnet werden.

Schaffen wir es aber, das ambitionierte Ziel der Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf unter 2 Grad gegenüber vorindustrieller Zeit einzuhalten, dann können auch unsere Kinder und Enkelkinder ohne viel Aufwand erleben, was der am Anfang des Artikels abgebildete Tiefschneefreund erlebt hat.

## Nachtrag

Um Missverständnisse zu vermeiden: Wie schneereich die Winter der nächsten 10 bis 15 Jahre werden, wissen wir nicht.

## Danke!

Vielen Dank den KlimamodelliererInnen der EURO-CORDEX-Initiative für das Zur-Verfügung-Stellen der Resultate ihrer Klimamodelle. Die Mont-Blanc-Studie wurde im Rahmen der Projekte ADAMONT (GICC), Clim'Py (INTERREG OPCC2) und Trajectories (CDP, Univ. Grenoble Alpes IDEX) vorbereitet. Die Analysen der Schneezeitreihen in Österreich wurden im Projekt SNOWPAT (ACRP) durchgeführt und von Roland Koch (ZAMG) aktualisiert. Die Auswertung der Klimaszenarien wurde von der CH2018 Initiative ([www.ch2018.ch](http://www.ch2018.ch)) unterstützt. Vielen Dank auch an Andreas Riegler (ZAMG) für die Sonnblick-Abbildung.

## Literatur

- Auer, I., and Coauthors, 2007: HISTALP - historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region. *Int. J. Climatol.*, 27, 17–46, doi:10.1002/joc.1377.
- Beniston, M., and Coauthors, 2018: The European mountain cryosphere: a review of its current state, trends, and future challenges. *The Cryosphere*, 12, 759–794, doi:10.5194/tc-12-759-2018.
- Gobiet, A., K. Ulreich, M. Hofstätter, A. Podesser, M. Olefs, J. Vergeiner, and G. Zenkl, 2017: Langfristige Entwicklung Hochalpinen Wintertemperaturen. ZAMG-Newsletter ([https://www.zamg.ac.at/cms/de/dokumente/klima/dok\\_news/2017/gobiet\\_et\\_al-2017-hochalpinewintertemperaturen/at\\_download/file](https://www.zamg.ac.at/cms/de/dokumente/klima/dok_news/2017/gobiet_et_al-2017-hochalpinewintertemperaturen/at_download/file)).
- Verfaillie, D., M. Lafaysse, M. Déqué, N. Eckert, Y. Lejeune, and S. Morin, 2018: Multi-component ensembles of future meteorological and natural snow conditions for 1500 m altitude in the Chartreuse mountain range, Northern French Alps. *The Cryosphere*, 12, 1249–1271, doi:10.5194/tc-12-1249-2018.

Fotos: Pauli Trenkwalder, [www.paulitrenkwalder.com](http://www.paulitrenkwalder.com)



# DISCOVER THE BACKLAND

#WEARESKIING



DAS  
PERFEKTE  
SETUP  
ADVENTURE

BACKLAND CARBON



BACKLAND TOUR + BRAKE



BACKLAND 85





# Seiltechnik aus der Grauzone

## Ein Alpin-Tutorial als Foto-Story

Während beim Sport- und Alpinklettern meist eine einzige Sicherungstechnik angewendet wird (und ohne grobe Fehler auch funktioniert), steht uns als Alpinisten ein ganzes Arsenal an Seil- und Sicherungspraktiken zur Verfügung. Vom seilfreien Gehen über das berühmte „kurze Seil“ bis zu hoffnungsvoll eingewobenen Felszacken, die unseren Sturz halten sollen: die Sicherungsmethoden für alpines Kombigelände bieten meist keinen klar definierten Sicherheitsgewinn. Sie müssen situativ im Spannungsfeld aus persönlichem Können, Geländeverhältnissen, Zeitbedarf und Risikobereitschaft ausgewählt sowie ständig angepasst werden.

Dabei bewegen wir uns häufig in einer Grauzone: ein Hundertprozentig, ein klares Richtig oder Falsch gibt es oft nicht. Ziel muss es sein, eine sinnvolle Herangehensweise bewusst auszuwählen; die Technik anzuwenden, welche uns die besten Chancen gibt, das Risiko auf ein angemessenes Maß zu reduzieren, und diese dann korrekt umzusetzen. Tun wir das nicht, ist das Seil nicht mehr unser wichtigstes Hilfsmittel, sondern nur noch Ausdruck bergkameradschaftlicher Verbundenheit – möglicherweise bis in den Tod.

Leider gehen diese „grenzwertigen“ Inhalte in vielen Lehrbüchern hinter den technischen hard-skills Knotenkunde, Spaltenbergung und Co. etwas unter. Die Frage „Macht es Sinn, was ich gerade tue?“ bleibt ohne Bezug zum Gelände und zur Situation abstrakt. Um die alpine Vorstellungskraft zu unterstützen und eine Besprechung der heute gängigen Sicherungstechniken in den richtigen Rahmen zu setzen, nehmen uns die Autoren in ihrer Fotostory mit auf Tour.

**von Florian König und Arne Bergau**



**Abb.1 Der Forbesgrat (AD, 3b,III) auf die Aiguille du Chardonnet, 3.824m ...**

Gelände	Technik
<b>A</b> Spaltenreicher Gletscherzustieg	Gletscherseil
<b>B</b> Steiler Firnhang, 45°, keine Spalten	Seilfrei / kurzes Seil
<b>C</b> Aufschwung 45°, Randspalte	Körpersicherung / Gegengewicht
<b>D</b> Eisgrat / Rücken 50°, blank, keine Spalten	Gleitendes Seil mit Rücklaufsperr
<b>E</b> Bergschrund	Körpersicherung / Gegengewicht
<b>F</b> Firngrat	Sprungseil
<b>G</b> Schlüsselstelle Fels	Standplatzsicherung
<b>H</b> Querung im Firn und am flachen Felsgrat	Gleitendes Seil mit Zwischensicherung
<b>I</b> Kombiniertes Fels- und Firngrat	Gestaffeltes Klettern
<b>▲</b> Geiler Gipfel	
<b>J</b> Vereister Gipfelhang 50°	Seilfrei / Standplatzsicherung
<b>K</b> Abseilstellen im Fels	Abseilen an fragwürdigen Fixpunkten
<b>L</b> Riesiger Bergschrund	Abseilen im Firn
<b>M</b> Spaltenreicher Gletscherabstieg	Gletscherseil

**Abb. 2 ... und „seine“ Sicherungstechniken, bei den Stationen A bis M.**





**Abb. 3 Seiltechnik – Toolbox.** Je mehr Sicherungstechniken wir draufhaben, desto mehr Alternativen haben wir zwischen schnellem „seilfrei“, „kurzem Seil“ und der langsamen „Standplatzsicherung“. Wir können je nach Gelände die optimale Technik wählen und schnell hin- und herwechseln.

Nur „nicht-Stürzen“ gibt Sicherheit	Seilschaftsabbruch wird verhindert	Nachsteiger gesichert, erhöhtes Vorstiegsrisiko	Vor- und Nachsteiger angemessen gesichert
<b>Seilfrei</b>			<b>Gletscherseil</b> Große Seilschaftsabstände zum Halten eines Spaltensturzes. Keine Absturzsicherung.
<b>Kurzes Seil</b> Gleichzeitiges Gehen am Seil ohne Zwischensicherungen.			
	<b>Sprungseil</b> Gleichzeitiges Gehen mit aufgenommenen Reaktionsschlaufen.	<b>Gleitendes Seil mit Rücklauf Sperre</b> Gleichzeitiges Gehen am gespannten Seil mit variablem Abstand. Das Seil verläuft durch Zwischensicherungen und wird durch eine Seilklemme am Zurücklaufen gehindert.	
	<b>Gleitendes Seil mit Zwischensicherungen</b> Gleichzeitiges Gehen am gespannten Seil mit variablem Abstand. Das Seil verläuft durch mindestens eine Zwischensicherung.	<b>Gestaffeltes Klettern</b> Kurze Seillängen ohne Vorstiegssicherung des Seilersten.	
		<b>Körpersichern / Gegengewicht</b> Sicherung des Partners ohne Fixpunkt über das Körpergewicht aus tiefer Position.	<b>Standplatzsicherung</b> Vor- und Nachstieg über Standplätze an Fixpunkten.

**„Nur Sitzenbleiben schützt vor der Gefahr zu fallen“** Friedrich Hebbel

Wir nutzen das Seil, um weniger riskant unterwegs zu sein. Unser Risiko hängt zum einen davon ab, wie wahrscheinlich es ist, zu stürzen. Dem gegenüber stehen die Konsequenzen im Falle eines Sturzes. Diese werden durch das Seil minimiert. Beide Faktoren (Eintretenswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß) wägen wir meist intuitiv gegeneinander ab – vor allem, wenn uns die Düse geht, weil die letzte Sicherung zu weit unten ist.

Die Wahl der Sicherungsmethode bringt Sturzwahrscheinlichkeit und mögliche Folgen in ein hoffentlich, nach persönlichen Maßstäben, ausgeglichenes Verhältnis. Dabei unterliegen wir den äußeren Zwängen Zeitbedarf und Sicherungsmöglichkeiten.

Soweit die Theorie. In der Praxis benötigt dieser Entscheidungsprozess Wissen und Erfahrung. Es gibt keine Geheimformel. Dennoch sollten wir einige Grundregeln beherzigen: Etwas spitz formuliert:

**Wenn es eine bessere Lösung gibt, die keine Nachteile hat, nutze sie.**

Unnötiges Gefahrenpotential in den Bergen ist ... unnötig. Es zu vermeiden ist klug und nicht paranoid. Mit zwei Metern Abstand über Monsterspalten zu laufen, ist schlicht eine schlechte Idee. Was spricht dagegen, auf Gletscherseil umzubauen? Mit etwas Übung und guter Vorbereitung ist das kein Zeitverlust.

**Die Technik muss bewusst ausgewählt werden und Sinn machen ...**

Unsere Entscheidung basiert auf der Schwierigkeit, den Sicherungsmöglichkeiten, dem Zeitbudget und unserem Sicherheitsbedürfnis. Bequemlichkeit und Lässigkeit sind keine Kriterien. Über Reibung an einem Felskopf zu sichern, ist eine tolle Lösung - den Dreißig-Meter-Pendler des Nachsteigers damit halten zu wollen, nicht.

**... wird sie nicht korrekt ausgeführt, macht sie keinen Sinn.**

Möchten wir die Chance haben, den Rutscher eines Nachsteigers am kurzen Seil

zu halten, dann muss dieses straff sein. Mit fünf Metern Schlappseil wird uns der Ruck zweifelsfrei mitreißen. Das ist nicht Pech, sondern eine physikalische Tatsache.

**„Wird schon gutgehen“ ist keine Strategie.**

Lieber einmal ein paar Meter abklettern, als ohne Standplatz nachzusichern. Sobald wir das Gefühl haben, wir müssen auf unser Glück vertrauen, sollten die Alarmglocken läuten. Es gibt meistens eine Alternative. Auch umkehren ist eine.

**Schau über den nächsten Griff hinaus.**

Wenn wir eine Sicherungsstrategie planen, Szenarien aufstellen und beim Klettern das Gelände vor uns im Blick haben, erwarten uns keine Überraschungen. Stehen wir plötzlich seilfrei im Blankeis, ist es zum Anseilen vielleicht zu spät. Wir überlegen uns beim Aufstieg schon eine Taktik für den Abstieg, denn dieser ist der gefährlichere Teil.

**Weniger ist oft mehr, aber mehr ist manchmal auch schneller.**

Auch in Zeiten des Fast-and-light-Alpinis-



4

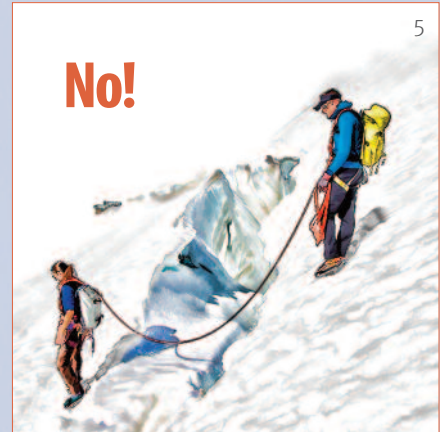
**Abb. 4 Wir erreichen am Vorabend das Ref. Albert I.** Beide verfügen wir über das selbe Wissen und Können und sind gleich fit.



A

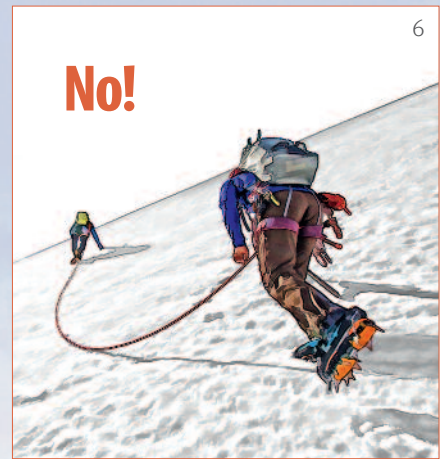
**Abb. 5 No! Kurzer Abstand und Handschlaufen.** Das sieht man leider häufig – wenn Gletscherseil, dann lang und ohne Handschlaufen, sonst liegen beide in der Spalte.

**Abb. 6 No! Gletscherseil im Absturzge-  
lände.** Oft müssen wir Kompromisse ein-  
gehen und es gilt abzuwägen, ob ein Spalten-  
sturz überhaupt noch zu halten ist oder wir  
nur riskieren, bei einem Sturz des Partners  
mitgerissen zu werden. Kommt „steil & Spal-  
ten“ zusammen, bleibt nur, Fixpunkte zu ver-  
wenden, Umkehr oder das Risiko zu akzep-  
tieren. Überwiegt die Absturzgefahr, ist das  
Gletscherseil fehl am Platz: Wenn hier einer  
fällt, wird der andere mitgerissen. Ein ge-  
meinsames Bremsen in „Liegestütztechnik“  
ist am Seil kaum möglich.



5

No!



6

No!

mus sollten wir den richtigen Cam für den Riss dabei haben, um nicht lange den passenden Riss für unseren einzigen Cam suchen zu müssen.

Die Protagonisten unserer Tour haben ein ähnliches Niveau. Keiner der beiden muss oder möchte für den anderen eine Führungsaufgabe übernehmen. In ungleich starken Seilschaften einen weniger sicheren Partner „ans Seil zu nehmen“ bedeutet hohe Anforderungen und Verantwortung. In diesem Sinne verzichten die beiden auf das „Gehen am kurzen Seil“ (siehe Toolbox Abb. 3).

Es gibt in den Bergen häufig kein Richtig oder Falsch. Viele würden (Bergführer müssen) in einigen Situationen anders vorgehen. Unsere beiden Alpinisten (Abb. 4) entscheiden sich für eine, nicht die einzige mögliche Herangehensweise.



### Station A

3:30 Uhr, der Wecker klingelt - los geht's! Nach einem kurzen Geröllgewackel erreichen wir den Gletscher. Der Schnee ist nach der klaren Nacht hart gefroren. Noch im Halbschlaf manövrieren wir zwischen gährenden Löchern hindurch (Abb. A). Das ist immer einer der spannendsten Teile der Tour, obwohl sie noch gar nicht richtig angefangen hat.

#### Steckbrief: Gletscherseil

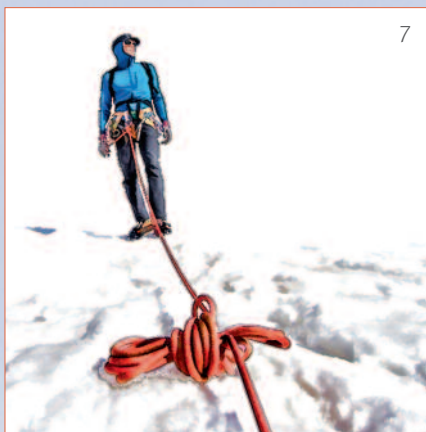
**Wo und wie?** Grundsätzlich auf schneebedeckten Gletschern zum Halten eines Spaltensturzes. Ist ab einer gewissen Hangneigung die Mitreißgefahr größer als die Spaltensturzgefahr, kann die Technik nicht mehr sinnvoll angewendet werden. Es besteht das Risiko eines Seilschaftsabsturzes. Dann muss man abwägen, ob seilfreies Gehen vertretbar ist oder ob über kurze Strecken Fixpunkte eingesetzt werden können.

Ein ausreichend großer Abstand zwischen den Seilschaftsmitgliedern ist überlebenswichtig, um einen Sturz rechtzeitig zu stoppen. Viele wählen diesen zu kurz. Minimum sind 10 Meter, zu zweit 15 oder mehr! Auf aeren Gletschern kann sich das Seil nicht einschneiden und ein Sturz ist kaum zu halten. Allerdings sind die Spalten sichtbar und Steigeisen wichtiger als das Seil. Die Haltechancen eines Spaltensturzes hängen von folgenden Kriterien ab:

**Steilheit.** Je steiler, desto größer die Mitreißgefahr. Ab einer gewissen Steilheit lässt sich ein Spaltensturz des unterhalb gehenden Kletterers schlicht nicht mehr halten. Wenn man seinen eigenen Stolperer kaum noch bremsen kann, wie soll man dann den Kollegen halten, der frei in der Spalte hängt?

**Schneebeschaffenheit.** Was bremst, ist nicht die Nase im Schnee, sondern vor allem das Seil, das sich in den Spaltenrand einschneidet. Weicher Pulver oder durchnässter Sumpf bieten kaum Widerstand. Achtung nach Regen!





**Abb. 7 Bremsknoten** sollten mit einigem Abstand zu den Personen geknüpft werden, damit sich das Seil zuerst einschneiden kann, bevor der Knoten blockiert. Ein zu kleiner Knoten bremst bei weichem Schnee kaum - hier kann man ruhig einen BFK benutzen (Big Fat Knot, d.h. einfach nur ein verdammst dicker Knoten).



**Seilschaftsgröße.** Je weniger Leute zum Bremsen zur Verfügung stehen, desto schwieriger wird es. In der Zweierseilschaft immer, bei kritischen Verhältnissen auch bei drei Personen, sollten dringend Bremsknoten (Abb. 7) eingesetzt werden.

#### Dos

- █ Extralange Abstände bei großen Spalten, Durchfeuchtung, Zweierseilschaft und steilem Gelände.
- █ Bei fragilen Brücken: einfach mal kriechen.
- █ Der Schwerere geht oberhalb.
- █ Seillänge flexibel einstellen mit Abbund (bergundsteigen #75).

#### Don'ts

- █ Schlappseil und Schlaufen in der Hand (Abb. 5).
- █ Gletscherseilschaft im Absturzgelände (Abb. 6) oder gar im Fels.
- █ Gletscherseil auf einem apere Gletscher.

## B Station B

Unterhalb der Aiguille Forbes geht es endlich hoch in Richtung Grat. Im gleichmäßig 45° Hang mit wenigen Zentimetern Firnaufgabe sollte es keine überdeckten Spalten geben. Auf der harten Schneeoberfläche wäre ein Sturz sowieso nicht zu halten. Wir entscheiden uns, das Seil für diesen Abschnitt wegzunehmen. Über uns droht hier ein Serac. Wir halten uns möglichst aus der Schusslinie, geben Vollgas und machen keine Pause (Abb. B). Seracs brechen unabhängig von Temperatur und Sonnenstrahlung ab.

#### Steckbrief: Seilfrei

Wo und wie? Im Gelände, dem die Kletterer technisch und mental absolut gewachsen sind. Dies ist abhängig vom persönlichen Können, den aktuellen Bedingungen und der momentanen Verfassung. Das seilfreie Gehen ist natürlich keine Sicherungstechnik, sondern eine Maßnahme zur Schadensbe-

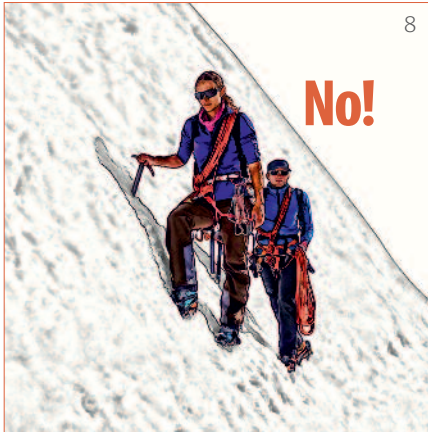
grenzung. Jeder trägt das Risiko seines Absturzes allein. Bestehen objektive Gefahren, muss abgewogen werden: diese können, zum Beispiel bei Steinschlag, die Absturzgefahr beim ungesicherten Klettern erhöhen. Auf der anderen Seite kann man den Gefahrenbereich seilfrei schneller verlassen.

#### Dos

- █ Offener Umgang mit der Frage, ob ein Solo für alle nicht nur machbar, sondern auch gewollt ist. Kein Gruppenzwang.
- █ Keine Flucht nach vorne. Rechtzeitig sichern.
- █ Vorbereitet sein, Gurt an, Seil bereit.
- █ Nahe zusammenbleiben. Das hilft der Kommunikation und ist meist auch bei selbst ausgelöstem Steinschlag besser.
- █ Seil zeitsparend als Abbund aufnehmen oder hinterher ziehen statt in den Rucksack packen.

#### Don'ts

- █ Ungesichertes Klettern in brüchigem Gelände.
- █ Egotrips für Instagram und Co.



8

### Alternative: „Kurzes Seil“?

Wir könnten uns im spaltenfreien 45° Hang auch für das Gehen am kurzen Seil (s. Toolbox, Abb. 3) entscheiden. Das Risiko wäre vertretbar: ein Sturz ist unwahrscheinlich, zudem läuft der Hang unten flach aus. Wäre es plötzlich blank geworden oder wären Spalten aufgetaucht, hätten wir schneller reagieren können. Wenn es stockdunkel oder der Weiterweg unbekannt ist bzw. es absehbar ist, dass wir das Seil bald wieder brauchen, kann die Entscheidung anders ausfallen. Sie ist oft rein subjektiv.



9

### Der Fluch des (kurzen) Seiles?

Im alpinen Alltag bewegen sich Alpinisten immer wieder im Absturzgelände ohne Zwischensicherungen gleichzeitig am Seil. Ob das sinnvoll ist - Stichwort Mitreißgefahr - wird kontrovers und emotional diskutiert. Sind wir seilfrei unterwegs, hängt es nur von uns allein ab, ob wir stürzen. Das Risiko trägt jeder selbst.

Binden wir uns dagegen an unseren Seilpartner, ist von dem Fehler des einen immer auch der andere betroffen: **Ohne Zwischensicherungen multipliziert sich angeseilt die Wahrscheinlichkeit eines Sturzes für jedes Seilschaftsmitglied.** Besteht Absturzgefahr ohne die Möglichkeit zu sichern, wäre es daher für gleich starke Partner meist besser, auf das Seil zu verzichten.

Warum kann das Gehen am kurzen Seil trotzdem seine Berechtigung haben? Meist wechselt sich leichtes Gelände, in dem kein Seil notwendig wäre, mit schwierigeren Passagen ab. Wollen wir an den schwierigeren Stellen angemessen sichern, bedeutet häufiges Ein- und Ausbinden Zeitverlust. Verpassen wir den richtigen Moment, kann das Anseilen an exponierter Position selbst eine Gefahr darstellen. Oder eine schwierige Passage wird „ungewollt“ ohne Sicherung geklettert. Wir akzeptieren daher an manchen Stellen die Abhängigkeit von unserem Partner, um in anspruchsvollen Abschnitten schnell zu reagieren und auf eine angemessene Sicherung umstellen zu können. Über die gesamte Tour gesehen sind wir dann vielleicht sicherer unterwegs. Das Gelände, in dem wir das kurze Seil in Kauf nehmen, muss das erhöhte Risiko dadurch kompensieren, dass ein Sturz kaum denkbar ist.

### Das kurze Seil als Sicherung?

Beim gleichzeitigen Gehen ohne Zwischensicherungen kann ein Sturz des Seilpartners

nicht gehalten werden. Beschleunigt mein Partner bereits Richtung Tal, ist es zu spät - selbst beim Nachsteiger. Die eigentliche Technik besteht darin, am straff gespannten Seil durch aktiven Zug zu verhindern, dass ein Stolpern im Sturz endet! Dies bedarf höchster Konzentration, intensiver Ausbildung und Übung. Auch dann sind die Erfolgsaussichten ungewiss - auch bei Bergführern liegen sie sicher nicht bei 100 %.

Möchten wir unserem Partner am kurzen Seil Sicherheit geben, muss uns klar sein, dass sein Risiko nur zu unseren Lasten sinkt. Bei ungleich starken Kletterern, Kindern, Ermüdung, den Gästen von Bergführern o.Ä. kann das durchaus Sinn machen. Aber dabei gilt:

- █ Das kurze Seil ist kein Selbstzweck. Es erlaubt uns, schnell auf Sicherheitsbedarf zu reagieren. Wenn wir jedoch nicht - wann immer möglich - auf höherwertige Sicherungstechniken umsteigen, macht es keinen Sinn.
- █ Schnell genug eingreifen zu können, bevor jeglicher Ruck (Fangstoß) entsteht, ist nur bei einer ungemütlich kurzen Seillänge zwischen den Personen möglich.

- █ Ein zu langes Seil kann nicht dauerhaft straff gehalten werden und führt unweigerlich zur Bildung von Schlappseil. In einer Querung oder steilem Gelände nimmt der Gestürzte Fahrt auf, bevor wir es richtig mitbekommen.

- █ Dass der Vorsteiger nicht stürzen darf, ist selbstverständlich. Zudem muss er das Seil wie eine Feder gespannt halten, um jede Unregelmäßigkeit des Partners sofort zu spüren. Das verlangt Übung und Können.

- █ Das kurze Seil vermittelt einem unsicheren Partner Sicherheit. Wenn er den Schwierigkeiten nicht gewachsen ist, kann es jedoch eine trügerische Sicherheit vorgaukeln.

- █ Sind die Voraussetzungen nicht gegeben und wird die Technik nicht einwandfrei beherrscht, erhöhen wir nur das Risiko eines Seilschaftsabsturzes. Der Gedanke an eine Partnersicherung ist dann illusorisch.

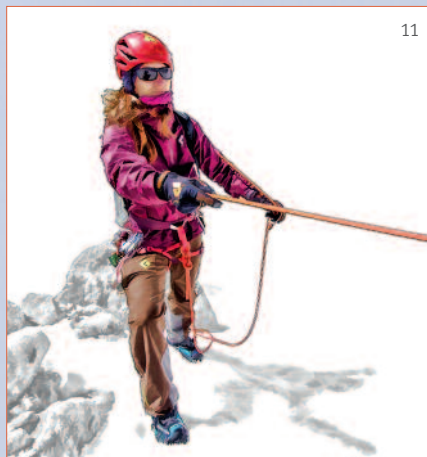
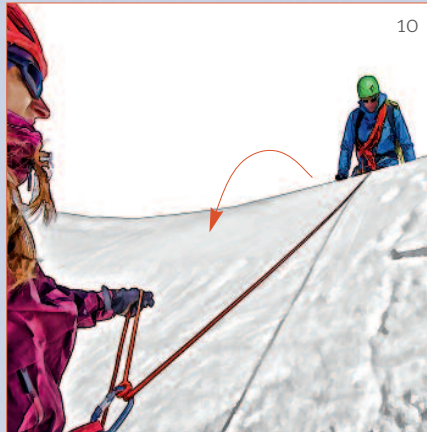
- █ Bereits in einer Dreierseilschaft steigt das Risiko enorm. Zwei Nachsteiger „kurz“ zu sichern ist bereits kritisch. Bei größeren Seilschaften ist gleichzeitiges Gehen ohne Zwischensicherungen nicht zu verantworten.

- █ Achte auf die Verhältnisse. Die Schneeoberfläche, Eis, die Qualität der Spur, Felsqualität und objektive Gefahren wie Steinschlag bestimmen häufig, ob das kurze Seil vertretbar ist oder nicht.

**Abb. 8 No! „Kurzes Seil“ mit Schlappseil, steiler Hang, eine Querung und unaufmerksam.** So nicht, dann lieber seilfrei!

**Abb. 9 „Das ist nicht ganz unrisikvoll.“** (K.-H. Rummenigge). Man könnte auch sagen: saugefährlich!





**Abb. 10 Körpersicherung/Gegengewicht.**

Durch geschicktes Ausnutzen des Geländes lassen sich schnell Sicherungsstellen ohne Mitreißgefahr finden.

**Abb. 11 No! Aus der Hüfte sichern.** Der letzte mit dieser „Sicherung“ erfolgreich gehaltene Sturz war 1929 am Piz Palü. Auch wenn es sich klassisch-heroisch anfühlt: Es gibt bessere Möglichkeiten der Partnersicherung.

**Abb. 12 No! Irgendwie halblustig sichern.**

Auch solche Methoden sind höchst fragwürdig und die gezeigte Ausführung geht gar nicht. Der abgebildete Steckpickel ist ein No\_Go (bergundsteigen #78).



## Station C

Nachdem wir das Seil wieder angelegt haben, folgt ein kurzer felsdurchsetzter Aufschwung auf den Rücken des „La Bosse“. Dort angekommen steige ich jenseits der Geländekante etwas ab und nutze mein eigenes Körpergewicht zur Sicherung (Abb. C).

### Steckbrief: Körpersichern/Gegengewicht

**Wo und wie?** Dort, wo der obere Kletterer durch das Gewicht des nachfolgenden Partners ausreichend gesichert ist: fällt er in eine Spalte (Bergschrund) oder stürzt in eine Zwischensicherung, wird der unterhalb Gehende nach oben gezogen.

Anders sieht es beim Nachsteiger aus. Bergab ist dieser ab einer gewissen Steilheit nicht zu halten. Wenn keine Fixpunkte eingesetzt werden können, besteht häufig die Möglichkeit, das Gelände auszunutzen und hinter eine Geländekante abzusteigen.

Dann kann auch der Körper des Vorsteigers als Gegengewicht dienen.

- Um nicht mitgerissen zu werden, muss die Position des Sichernden deutlich tiefer als die Geländekante (Rücken, Grat) liegen.
- Das Seil muss auf Zug gehalten werden. Entweder durch weiteres Absteigen oder Seileinziehen.
- Gesichert werden sollte über ein Sicherungsgerät bzw. mit HMS am Gurt, vielleicht sogar aus sitzender Position. Eine Luis Trenker'sche Schultersicherung gehört in die alpinen Geschichtsbücher. Besteht die Möglichkeit des freien Hängens (z.B. bei einem Spaltensturz des Nachsteigers), muss man sich der Grenzen dieser Methode absolut bewusst sein. Das Sicherungsgerät muss dann blockiert und die Last auf einen Fixpunkt übertragen werden.

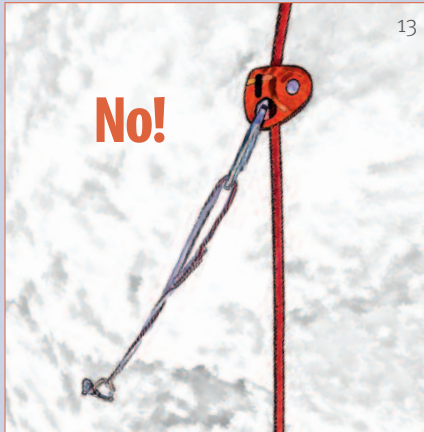
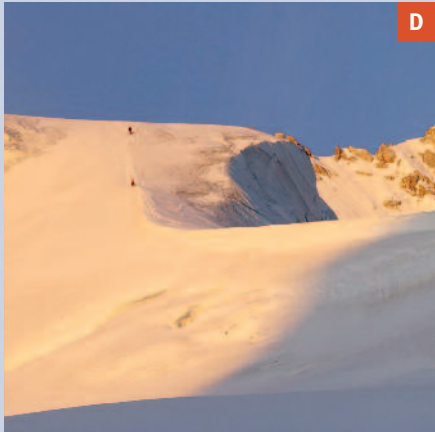
An Graten lässt sich diese Technik in Kombination mit dem Sprungseil anwenden.

### Dos

- Weit genug absteigen und Körperschwerpunkt so tief wie möglich positionieren.
- Sitzend gegen den Zug stemmen, um nicht nach vorne gerissen zu werden.

### Don'ts

- Schlappseil und Pendler
- Zu wenig Reibung an der Gratkante, z.B. bei Blankeis.
- Scharfe Kanten im Fels



**Abb. 13 No! Rücklaufsperr lang eingehängt.** An einer langen Verbindung kann die Rücklaufsperr durch die Seilreibung nach oben gezogen werden. Bei Belastung schlägt sie nach unten um und der entstehende Zug am Seil kann den Vorsteiger herunterreißen. Aber auch bei der korrekten „kurzen“ Verbindung direkt mit einem Karabiner ist ein Ruck am Seilersten nicht ausgeschlossen – der Nachsteiger sollte seinem Vorsteiger zuliebe nicht stürzen; der Vorsteiger sich selbst zuliebe übrigens auch nicht ...

**Abb. 14 No! Schlappseil beim „Gleitenden Seil mit Rücklaufsperr“.** Besonders nahe an der Klemme (Sturzfaktor) besteht bei Schlappseil im Falle eines Sturzes die Gefahr, das Seil zu beschädigen. Die letzten Meter zur Rücklaufsperr zu sprinten, um diese auszuhängen, damit der Vorsteiger nicht warten muss, kann deshalb gefährlich sein. Achtung: Riskieren wir allgemein Stürze in eine Seilklemme (und Umlenkrolle), bewegen wir uns außerhalb der Herstellerangaben!

## D Station D

Den Weiterweg auf den „Bosse“ planen wir bei einer kurzen Pause. Es sieht zwar nicht so aus (Abb. D), aber das Gelände hat knapp 50° und stellt den steilsten Eisteil der Tour dar.

### Steckbrief: Gleitendes Seil mit Rücklaufsperr

**Wo und wie?** In Seillängen, bei denen Zwischensicherungen gewünscht sind, aber deren geringe Schwierigkeit den Zeitverlust an Standplätzen nicht rechtfertigt. Wie beim gleichzeitigen Klettern mit Zwischensicherungen ist der Vorsteiger über das Gewicht des Nachsteigers gesichert; stürzt der Untere bei vertikalem Seilverlauf, wird er den Seilersten brutal herunterreißen. Um dies zu verhindern, wird eine Rücklaufsperr eingesetzt, die das Seil bei einem Zug nach unten blockiert.

**Rücklaufsperr:** Hier bietet sich eine geeignete Mini-Seilklemme an, die an einer zweifelsfrei bombenfesten Zwischensicherung hängt. Sie muss kurz, mit einem einzelnen Verschlusskarabiner verbunden sein.

**Kein Schlappseil:** Gezahnte Seilklemmen sind nicht für eine Fangstoßbelastung geeignet. Bilden sich beim Nachsteiger Seilschlaufen und er stürzt, besteht die Gefahr der Beschädigung des Seiles. Stürzen zwei Nachsteiger nahe an einer Klemme, darf man sich berechnete Sorgen um sein Seil machen ...

**Gelände.** Die Technik bietet sich vor allem für Eisflanken an, in denen es gerade hochgeht und wo wenig Seilreibung auftritt. Als Speedtechnik im Fels ist sie mit Vorsicht zu genießen, eignet sich aber, um eine Seillänge bis zum nächsten Standplatz zu verlängern.

Achtung in Querungen: der Vorteil der Klemme ist geringer, aber eine Sturzbelastung (Pendel) möglich.

Auch bei sauberer Anwendung ist nie ausgeschlossen, dass der Vorsteiger einen kleinen Ruck abbekommt, wenn der Nachsteiger stürzt. Um dabei nicht das Gleichgewicht zu verlieren, kann er das Seil in leichtem Gelände mit der Hand halten und entlasten.

### Dos

- Der Nachsteiger hängt die Rücklaufsperr erst aus, wenn der Seilerste eine neue eingebaut hat oder ihn nachsichert. Klare Kommunikation!

- Beachten, dass Seilklemmen nicht als umgelenkte Zwischensicherung bei einem Vorstiegssturz gedacht sind.

- Die Länge des Seiles wird an die vorhandenen Sicherungsmöglichkeiten angepasst.

### Don'ts

- Zu wenige oder schlechte Zwischensicherungen. Mindestens zwei!

- Aus Mangel an Kommunikation steht plötzlich die ganze Seilschaft ungesichert da.





E



15



E

**Abb. 15 Am Bergschrund lassen sich häufig Gegengewichtstechniken anwenden.** Stürzt der Vorsteiger in den Schrund ist er durch das Gewicht des Nachsteigers gesichert. Der Nachsteiger ist dies nicht.



## Station E

Kurz darauf kommen wir an den Bergschrund. Zum Überklettern wählen wir eine Stelle, an der wir schnell die Felsen des Grates erreichen. Diese nutze ich zum stressfreien Nachsichern des Seilzweiten (Abb. E).

### Steckbrief: Gegengewicht/Sichern am Bergschrund

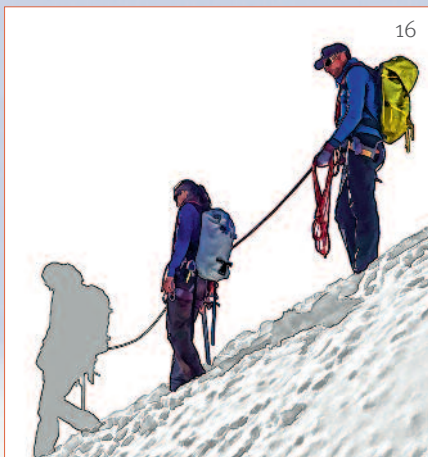
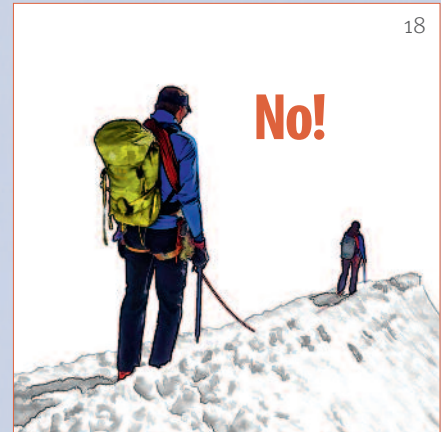
**Wo und wie?** Wenn bei der Überwindung des Bergschrunds der Seilerste durch das Gegengewicht des Unteren gesichert ist (Abb. 15). Fällt aber der Seilzweite, baumelt er möglicherweise frei im Schrund.

Dessen Sicherung muss daher für eine waschechte Spaltenbergung geeignet sein: inklusive Fixierung und Flaschenzug. Am einfachsten ist es, nach Eis für Schrauben zu graben oder zu versuchen, Cams in den Fels zu bekommen.

Kann oder will man keinen Fixpunkt schaffen, ist es das Mindeste, dass sich der Erste die Situation gesichert kritisch ansieht und erst dann entschieden wird, ob es der Seilzweite ohne Seil riskieren kann. Ohne Fixpunkt hilft ihm das Seil ohnehin nicht und wenn beide drin liegen, hilft ihm aber auch keiner raus ...

Achtung: besteht die Gefahr, dass der Vorsteiger nicht in den Bergschrund, sondern den darunter liegenden Hang hinabstürzt, muss auch er über einen Fixpunkt gesichert werden.

Im Abstieg ist das Abseilen über Bergschründe übrigens nur einer der Gründe für jeden Alpinisten, Abalakovs zu kennen (eine lange Schraube macht es leichter und sicherer). Wird abgeklettert, sollte der Untere am gespannten Seil von der Spalte weggehen. Er sichert damit seinen Partner und die Gletscherseilschaft ist auch gleich bereit.



**Abb. 16 Sprungseil.** Bei drei Personen gehen zwei nahe beisammen. Eine trägt das Sprungseil.

**Abb. 17 Der Erfahrenste der Seilschaft trägt das Sprungseil** und hat seinen Partner möglichst im Blick. Sind beide Kletterer gleich stark, können auch beide Schlaufen aufnehmen. Beim Sprungseil sollte man sich andauernd fragen, ob man eine Chance hat, über die Gratkante zu kommen. Zu weit? Zu weich? Zu steil? Zu wenig Seil?

**Abb. 18 No! Am spaltenfreien Grat hat das Gletscherseil nichts verloren.** Bei gespanntem Seil trifft uns der Zug eines Sturzes sofort und es bleibt keine Reaktionszeit.



## Station F

Eine Abwandlung der Gegengewichtstechnik stellt das Sprungseil dar. Grenzwertig und berüchtigt bewahrt es uns (hoffentlich) vor nicht mehr als dem Seilschaftsabsturz. Im Spätsommer gibt es am Forbesgrat nur wenige Stellen, an denen es notwendig ist.

### Steckbrief: Sprungseil

Wo und wie? An schmalen Firngraten. Die Kletterer bewegen sich gleichzeitig am Seil und tragen Schlaufen in der Hand (Abb. 16, 17). Fällt einer vom Grat, kann der Seilschaftsabsturz durch einen Sprung des Partners auf die andere Seite verhindert werden. Das Sprungseil setzt sich also aus Sturz und Gegensturz zusammen: es liegt auf der Hand, dass jeder froh sein kann, der diese Technik unbeschadet übersteht ...

**Nur im Firn:** Eine Felsberührung muss ausgeschlossen sein, da an Kanten die Gefahr

eines Seilrisses besteht. An steilen Firngraten muss sich das Seil einschneiden können, damit es nicht entlang der Gratkante rutscht.

**Lage der Spur.** Bewegt man sich nicht nahe der Gratkante, kann man auch nicht auf die andere Seite springen. Wer nicht über die Kante schauen kann, ist bereits zu tief. Im knietiefen Pulver kann niemand im Bruchteil einer Sekunde weit hoch zur Gratkante spuren.

**Seilschlaufen.** Lieber zu viel als zu wenig Seil in lockeren Schlaufen aufgenommen verschafft die nötige Reaktionszeit. Zehn Meter sind das Minimum.

Kann man etwas in eine Flanke absteigen, kann auch mit der Gegengewichtstechnik gesichert werden. Allerdings darf der Partner dann keinesfalls auf dieselbe Seite stürzen! Ist es möglich, sich gleichzeitig links und rechts des Grates fortzubewegen, ist das die sicherste Alternative.

### Dos

- Die Seilschlaufen schön aufnehmen um ein knotenfreies Abwickeln sicherzustellen.
- Auf Wechten achten! Bei stark verwehten Graten funktioniert die Technik nicht.

### Don'ts

- Die Bruchkante von Wechten unterschätzen! Diese kann weit in den festen Untergrund hineinreichen.
- Seilschaftsgrößen von mehr als drei Personen sind ungeeignet.





## G

### Station G

Nun versperrt uns ein Gendarm den Weiterweg. Ihn zu übersteigen stellt auf der Tour die Schlüsselpassage im Fels dar. Für zwei kurze Seillängen wechseln wir zur klassischen Standplatzsicherung (Abb. G).

#### Steckbrief: Standplatzsicherung

**Wo und wie?** Immer dann, wenn eine andere Sicherungsmethode nicht mehr sicher erscheint. Nachteil ist, dass man nur langsamer vorwärtskommt – was auf langen Touren wiederum ein Risiko darstellt.

Die Standplatzsicherung gehört zum Standardrepertoire eines jeden Alpinisten. Ein paar Kleinigkeiten können dabei das seillängenweise Klettern sicherer und schneller machen:

**Stand an Felszacken.** Nicht immer ist auch solide, was auf den ersten Blick fest aus-

sieht. Bevor einem Felsköpfl das Schicksal der Seilschaft anvertraut wird, muss es getestet werden. Eine Hand auflegen und dann ein kräftiger Schlag oder Tritt dagegen: sobald es vibriert, ist Vorsicht geboten.

**Stand an Normalhaken.** Die klassische Rostgurke wird so schnell nicht aussterben, doch leider lässt sie sich so gut wie nicht beurteilen. Geschlagene Stände sollten daher verstärkt werden. Wer im Nicht-Plaisir-Terrain unterwegs ist, tut gut daran, sich mit dem Thema Hakenschlagen zu befassen.

**Standplatzsicherheit.** Am Standplatz darf nicht aus Bequemlichkeit gespart werden („Belayziness“). Ein Stand kann auch noch perfektioniert werden, wenn der Zweite bereits klettert. Dabei geht keine Zeit verloren.

**Seillängen.** Ein guter Stand darf auch schon nach weniger als der halben Seillänge bezogen werden. Späteres Suchen oder Seilzug sind nervig und kosten mehr Zeit als zwei kurze, schnelle Längen.

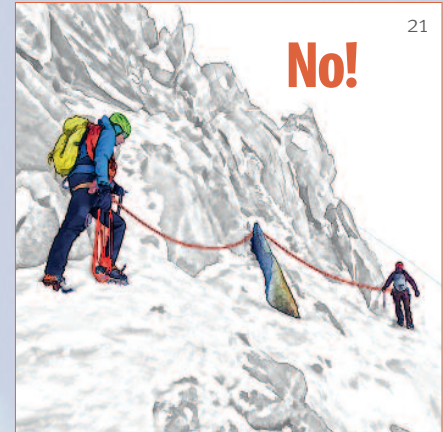
**Zeit gewinnen.** Bei langen Längen lohnt es sich, den Nachsteiger selbstblockierend (Plate-Funktion) zu sichern. So kann sich der Vorsteiger ohne Zeitverlust stärken, umziehen und fotografieren.

## H

### Station H

Bei der folgenden Querung in der Eisflanke über der Nordwand gehen wir gleichzeitig mit Zwischensicherungen am gespannten Seil, können aber auf eine Rücklaufsperrverzicht. Zurück am Grat erwartet uns mäßig schwieriges, verblocktes Gelände, das nicht sehr steil ist (Abb. H). Wir gehen gleichzeitig weiter, legen den einen oder anderen Cam und werfen das Seil über die zahlreichen Zacken (Abb. 19).

**Steckbrief: Gleitendes Seil mit Zwischensicherungen (ohne Rücklaufsperr)**



**Wo und wie?** Bei Seillängen mit geringer Sturzwahrscheinlichkeit, in der zuverlässige Zwischensicherungen angebracht werden können. Wird im Gegensatz zum gleitenden Seil mit Rücklaufsperrung auf die Klemme verzichtet, reißen sich beide Kletterer im Sturzfall gegenseitig mit.

Die Anwendung sollte daher auf noch leichteres Gelände und horizontale bis leicht an- oder absteigende Passagen beschränkt werden. Querungen können zudem gegen den Einsatz von Seilklemmen sprechen: bei einem Pendelsturz des Nachsteigers besteht die Gefahr der Seilbeschädigung.

**Gelände.** Die Technik eignet sich besonders für Querungen in Firn- und Eisflanken oder für horizontale Abschnitte an Felsgraten.

**Schlappseil.** Werden zwei stürzende Kletterer durch das Seil aufgefangen, entstehen hohe Kräfte. Kommt Schlappseil hinzu, ist die Belastung enorm und das Seil könnte an scharfen Kanten reißen. Deshalb muss es zwischen den Seilschaftsmitgliedern straff gehalten werden!

**Seillänge.** Für besseres Handling wählt man diese lieber etwas kürzer, denn bei langen Seilen entsteht immer Schlappseil. Zwei solide Zwischensicherungen sollten allerdings zwischen die Kletterer passen.

**Dos**

- ▮ Pendelstürze nicht unterschätzen und ausreichend Zwischensicherungen setzen.
- ▮ Länge des Seiles an das Gelände anpassen.
- ▮ Gelände ausnutzen: solange sich der Nachsteiger noch im Gehgelände befindet, kann der Seilerste in den nächsten Aufschwung hineinklettern.

**Don'ts**

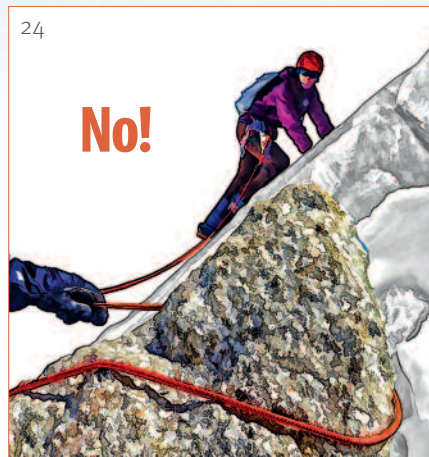
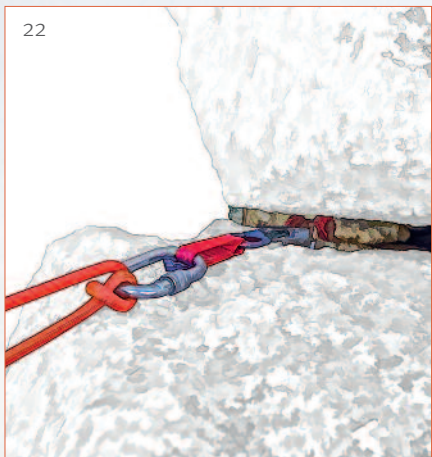
- ▮ Gleichzeitig an zweifelhaften Zwischensicherungen klettern.
- ▮ Steiles Gelände, in dem freier Fall und freies Hängen möglich ist.

**Abb. 19 Köpflsicherung.** An flachen Felsgraten wird häufig auf echte Zwischensicherungen verzichtet und das Seil um Felszacken geführt. Das macht die Anwendung deutlich fehleranfälliger und komplexer, denn die Seilführung muss immer zur ständig wechselnden Sturzrichtung passen: wer an Köpfln unterschiedlicher Belastungsrichtung spart, steht schnell ungesichert da. Zudem kann das Seil durch die Bewegung von den Köpfln gehoben werden und verläuft per se über mehr oder weniger scharfe Kanten. Wie das Sprungseil kann diese Technik nur den Seilschaftsabsturz verhindern.

**Abb. 20 Gleitendes Seil.** Eindeutige Sturzrichtung, kein Schlappseil, zwischen uns ein dicker Block – so kommen wir mit einem Mindestmaß an Sicherung flott vorwärts.

**Abb. 21 No! Schlaufen in der Hand, Schlappseil, ein mickriger, scharfkantiger Zacken** - wenn wir hier stürzen, kann das ganz übel enden.





## Station I

An kurzen Aufschwüngen wartet der Nachsteiger und der Seilerste geht vor, bis er über einen Felsblock nachsichern kann. Auch das letzte Stück, in der Südflanke gerade hoch zum Gipfel, legen wir in gestaffelten Miniseillängen zurück (Abb. I).

### Steckbrief: Gestaffeltes Klettern

**Wo und wie?** Beim gestaffelten Klettern geht der Vorsteiger mit verkürztem Seil voraus, verzichtet aber typischerweise auf das Legen von Zwischensicherungen. Der Aufbau der Standplätze kann damit einfacher sein, da sie nur einen Sturzzug nach unten halten müssen. Während der Seilerste weite Stürze riskiert, ist der Nachsteiger über Köpfschlingen oder Seilreibung um einen Block gut gesichert.

Kurze Längen ohne viel Seileinziehen, keine Zwischensicherungen und Minimalstand-

plätze sparen Zeit gegenüber der herkömmlichen Standplatzsicherung. Verhältnismäßig sicher ist diese Technik aber nur, wenn der untere Stand den Absturz der gesamten Seilschaft verhindert.

**Gelände.** Der Seilerste muss die Schwierigkeiten souverän beherrschen. Für Querungen ist gestaffeltes Klettern weniger geeignet, da ohne Zwischensicherungen große Pendelstürze des Nachsteigers möglich sind.

**Minimalstände.** Im Gegensatz zur Standplatzsicherung werden oft Stände mit geringerer Sicherheitsreserve in Kauf genommen (Abb. 22). Trotzdem müssen sie hundertprozentig ihren Zweck erfüllen, denn es ist nur dieser Standplatz, der die Seilschaft am Berg hält.

**Seillänge.** Taucht ein guter Stand auf, wird dieser auch nach wenigen Metern bereits genutzt. Das Seil kann daher deutlich verkürzt werden, als Seilreserve dient der Abhund – Achtung beim Öffnen: im Falle eines Sturzes besteht Strangulationsgefahr.

**Abb. 22 Wer an einem einzelnen Sicherungspunkt Stand macht, sollte sich seiner Sache sehr sicher sein:** Hängt die gesamte Seilschaft an einem Cam, ist die Fehlertoleranz gleich Null. Mit etwas Kreativität findet sich meist schnell ein zweites Placement. Minimalstände dürfen nicht zum Standard werden. Wo die Möglichkeit großer Stürze besteht, haben sie nichts zu suchen.

**Abb. 23 Blöcke und Zacken als Standplatz einzufangen geht am schnellsten.** Auch hier ist wichtig gründlich zu testen. Selbst wenn kein Sturzzug nach oben auftritt, muss die Schlinge oder das Seil sicher sitzen. Finden wir eine Sanduhr aus Blöcken (Klemmblock), hält diese in alle Richtungen.

**Abb. 24 NO! Reibungssicherung funktioniert nicht ...**

- ... um einen Vorsteiger zu sichern.
- ... bei Pendelstürzen oder freiem Hängen in steilem Gelände.
- ... wenn das Seil nicht durchgehend straff gehalten wird.
- ... wenn nicht beide (handschuhten) Hände am Seil für ausreichende Reibung sorgen.
- ... wenn das Seil bei Belastung nicht vom Köpfl springen kann.

### Dos

- Keine Flucht nach vorne! Wenn es schwer wird, sollten Zwischensicherungen gelegt werden. Ein Sturz in den Stand ist kein Spaß.
- Kurze Seillängen mit schnell einzurichtenden, aber sicheren Ständen nutzen.
- (Leder-) Handschuhe sind bei Reibungssicherung um Felsköpfln eine gute Idee.

### Don'ts

- Große Stürze und Pendler an Minimalständen riskieren.
- Die Möglichkeiten und Haltekräfte von Seilreibung auf Fels überschätzen.

### Geteiltes Risiko, ungleiche Verantwortung

Entscheiden wir uns, ohne solide Standplätze gestaffelt zu klettern, trägt der Vorsteiger die gesamte Verantwortung für die Seilschaft. Dies sollten wir nur aus gutem Grund tun: So soll bei ungleich starken Seilschaften häufig nur der schwächere Partner gesichert werden. Auch wenn ein Partner den schweren Rucksack trägt, müde oder verletzt ist, muss die Verantwortung nicht immer 1:1 verteilt sein.



**Gipfelrückblick: die wichtigsten Stichpunkte zu den Seiltechniken.**



## Station Gipfel

Endlich oben! Von hier aus geht es zwar nur noch runter, aber der Abstieg verlangt nochmals volle Konzentration. Gut, dass wir nun alle Sicherungstechniken ausreichend geübt haben. Während wir von Bier und Burgern träumen, nutzen wir die Gipfelrast um die angewendeten Techniken noch einmal kurz zu rekapitulieren.

### Gletscherseil

- „keine Schlaufen, kein Schlappseil“
- „evtl. Bremsknoten“
- „Abstand“
- „Spaltensturzgefahr vs. Absturzgefahr“

### Sprungseil

- „riskant bei Wechten“
- „ausreichend Reaktionsseil“
- „nur im Firn, keine Scharfkanten“
- „Abstand zur Gratkante beachten“

### Seilfrei / kurzes Seil

- „muss gut begründet sein“
- „sichern am kurzen Seil ist eine Führungstechnik“
- „wird zugunsten der Handlungsbereitschaft akzeptiert“
- „am kurzen Seil multipliziert sich die Sturzwahrscheinlichkeit“

### Gleitendes Seil mit Zwischensicherungen

- „Nachsteiger reißt Vorsteiger mit“
- „kein Schlappseil“
- „besser für Querungen“
- „möglichst min. zwei Zwischensicherungen“

### Körpersicherung / Gegengewicht

- „Seil straff halten: keine großen Stürze“
- „äußerste Vorsicht, wenn freies Hängen möglich“
- „ausreichend (Brems-) Reibung sicherstellen“
- „Gelände ausnutzen für eine tiefe Sicherungsposition“

### Standplatzsicherung

- „Felszacken testen“
- „Normalhaken hintersichern“
- „solide Stände, keine Belayziness“

### Gleitendes Seil mit Rücklaufsperr

- „Achtung in Querungen“
- „Rücklaufsperr kurz einhängen“
- „Rücklaufsperr an zuverlässigem Fixpunkt“
- „kein Schlappseil zwischen Nachsteiger und Klemme“

### Gestaffeltes Klettern

- „kurze Seillängen“
- „nur ausgeprägte Köpfl und Zacken“
- „nur der Stand schützt die Seilschaft“
- „straff halten, kein Pendler bei Reibungsicherung“





J



K

## Station J

Der Gipfelhang: Mit „c'est très sec“ hatte der Hüttenwirt leider recht. Am besten wäre es hier abzuseilen oder über Standplätze zu sichern. Wir entscheiden uns aus Zeitgründen – die Sonne kommt bald um die Ecke – trotzdem seilfrei zu gehen. Aber nur, weil wir uns der Schwierigkeit absolut gewachsen fühlen (Abb. J).

### Vereister Gipfelhang: Seilfreies Klettern

Beginnender Steinschlag im Gipfelhang und aufweichende Spaltenbrücken machen einen zügigen Abstieg ratsam: Abklettern bietet hier einen Geschwindigkeitsvorteil. Ein Solo darf aber nur riskiert werden, wenn sich alle Seilschaftsmitglieder absolut sicher fühlen.

Wenn genug Zeit zur Verfügung steht, ist abseilen an Felsständen und Abalakovs sicherer. Auch wenn bereits Steinschlaggefahr besteht, sollte abgeseilt werden. Das

kurze Seil ist hier keine Option. Wenn beide Kletterer auf den Frontalzacken balancieren, verdoppelt es lediglich das Risiko – einen Sicherheitsgewinn bietet es nicht.

„Wird schon gehen“ hat beim seilfreien Klettern nichts verloren. Verändert sich das Gelände oder die eigene Verfassung, muss man konsequent sein und auf höherwertige Sicherungsmethoden wechseln. Ballistisches Verhalten („einmal seilfrei, immer seilfrei“) und Finaldenken („ist ja nicht mehr weit zum Stand“) sind bekannte Risikofaktoren. Besonders unter Zeitdruck, bei Ermüdung oder wenn die Hütte schon in Sichtweite ist, sollte die Motivation hinter einer Entscheidung kritisch beleuchtet werden.



## Station K

Von hier aus führt eine Reihe von Abseilstrecken hinunter auf den Gletscher. Die Standplätze sind klassisch alpin: Sie beste-

hen aus Schlingen undefinierbaren Alters und Normalhaken.

### Abseilstellen: Abseilen an fragwürdigen Fixpunkten

Können wir die Festigkeit von Fixpunkten nicht zuverlässig einschätzen, wäre abseilen russisches Roulette – außer wir testen den Abseilstand.

Das Prinzip:

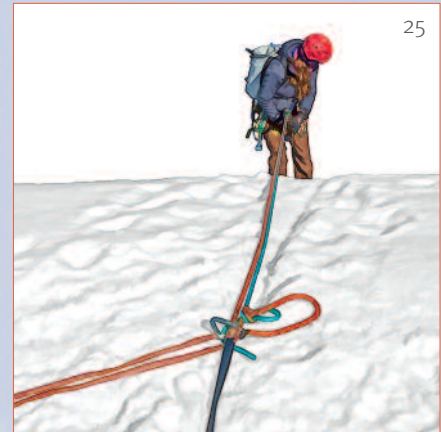
■ Der Standplatz wird zunächst mit zusätzlichem Material hintersichert. Dies muss so erfolgen, dass beim Testen nur der eigentliche Abseilstand belastet wird, aber die Hintersicherung bei Versagen sofort greift.

■ Der Erste testet den Stand, indem er ihn mit deutlich mehr als dem Körpergewicht belastet. Das funktioniert, indem er sich einige Dezimeter nahe am Stand ins Seil fallen lässt, bevor er seine Abseilfahrt beginnt.

■ Der Nachfolgende weiß nun, dass der Stand einer Überbelastung „standgehalten“ hat und für seinen Abseiler kann er das



L



25



L

**Abb. 25 Egal ob Pickel, Holz oder unbekanntes vergrabenes Objekt: besser hinter sichert testen!** Stellt man sich auf den T-Anker der Hintersicherung, ist's noch sicherer.

Backup mit Zuversicht entfernen, um Material zu sparen.

■ Oder aber: Live.Rappel.Repeat und im Zweifelsfall lieber Material opfern!

Dieselbe Herangehensweise nutzen wir auch beim Abseilen an Eissanduhren. Beim ersten Abseilenden wird die Eissanduhr durch eine zusätzliche Schraube hinter sichert. Der Zweite kann diese, wenn alles gut ging, herausnehmen. Nur so ist es vertretbar, an einem einzelnen Fixpunkt im Eis abzuseilen.



### Station L

Der Bergschrund weiter unten gehört zur beeindruckenden Sorte. Bei guten Verhältnissen lässt sich der Hang vielleicht abklettern, momentan endet er in einem haushohen Überhang. Im Firn seilen wir am besten an T-Ankern ab und damit wir dazu keinen Pickel opfern müssen, vergraben wir einen

Stein aus bestem französischem UIAA-Normgranit (Abb. L).

### Abseilstellen: Abseilen im Firn/Schnee

In der weichen Materie Schnee ist abseilen immer spannend. Abseilbirnen („Bollards“) und ausziehbare T-Anker dürfen durchaus als suspekt angesehen werden. Vor allem, wenn sich das Seil nicht abziehen lässt und man an diesem wieder aufsteigen muss, um nicht ohne dazustehen...

Sicherer ist es, einen Anker zu vergraben und samt Schlinge an Ort und Stelle zu belassen. Anstelle des wertvollen Pickels eignen sich Steine oder vorausschauend mitgebrachte, ausreichend dicke Holzstäbe (Holzscheiter von der Hütte – aber Wirtin fragen!). Zur Not tut es auch ein prall mit Schnee gefüllter Packsack – aber damit bleibt mehr Müll zurück.

Das Wichtigste ist natürlich, dass die Schneekonsistenz passt. Die Lawinenkundler „messen“ die Schneehärte mit dem Handtest: lassen sich die Faust oder vier

ausgestreckte Finger in den Schnee stecken, ist dieser grenzwertig weich. Dann sollte er vor dem Graben zumindest verfestigt werden. Außerdem gilt: je tiefer, desto besser. Dreißig Zentimeter dürfen es mindestens sein.

Sonst gilt klarerweise dasselbe wie zuvor: Falls geringste Bedenken an der Qualität des T-Ankers bestehen, dann seilt auch hier der Erste hinter sichert ab (Abb. 25).

Mehr zum Abseilen in bergundsteigen #78 und #80 (online aufrufbar unter [www.bergundsteigen.at](http://www.bergundsteigen.at)).



### Station M

Bleibt nur noch der Rückweg zur Hütte und dann weiter hinunter ins Tal. Lediglich der Gletscher könnte uns jetzt noch aufhalten: er gleicht einem aufgeweichten Acker und ein Spaltensturz ist gar nicht so unwahrscheinlich (Abb. M).





**Endlich am eigentlichen Ziel!**

### Spaltenreicher Gletscherabstieg: Gletscherseil

Den nachmittäglichen Abstieg sollte man nicht unterschätzen. Eine Spaltenzone, die am frühen Morgen harmlos erscheint, kann mit aufgeweichtem Schnee gefährlich bis unüberwindbar werden. Wer hier nachlässig arbeitet, setzt nicht nur den wohlverdienten Touren-Abschluss-Burger aufs Spiel!

Gerade in der Zweierseilschaft gehört das Seil bei diesen Verhältnissen deutlich verlängert. Bremsknoten sind unverzichtbar und dürfen gerne einen soliden Durchmesser aufweisen (vgl. BFK).

Dass Schneebrücken bei durchfeuchtem Schnee ihre Tragfähigkeit komplett einbüßen können, muss aber vor allem in der Zeitplanung der Tour berücksichtigt werden. Übt man regelmäßig, die Schneebeschaffenheit anhand der Nullgradgrenze, Sonneneinstrahlung und des Geländes vorherzusagen, lassen sich Überraschungen vermeiden.

**„Erfahrung ist die Summe der Dummheiten, die man machen durfte, ohne sich den Hals zu brechen.“ Paul Wegener**

Natürlich hätte man die beschriebene Tour auf die Aig. du Chardonnet auch ganz anders machen können. Für jede Situation gibt es alternative „Lösungen“. Das ist auch gut so, denn es ist Teil der persönlichen Freiheit und Eigenverantwortung, die wir in den Bergen erleben.

Selbstverständlich lassen sich die angewendeten Seiltechniken in der Praxis nicht so wie im Beitrag auf klar voneinander getrennte Abschnitte verteilen: sie werden vielmehr flüssig und laufend an die gegebenen Umstände angepasst. Wie wir die nächste Passage „sichern“, muss schnell und intuitiv entschieden werden.

Ob ein Griff versagt, ein Stein fällt oder eine Schneebrücke bricht, lässt sich nicht vorhersagen. Oft handeln wir nach Gefühl. Um diese Entscheidungskompetenz zu fördern, ist es notwendig unsere Herangehenswei-

sen zu hinterfragen: Was ist mein Motiv dafür, weiterhin am Seil zu gehen? Aus welchem Antrieb heraus verzichte ich auf eine Sicherung? Kann ein Sturz so überhaupt gehalten werden?

Denn wer das nicht tut, läuft Gefahr, auf die Frage „Macht es Sinn, was ich da gerade tue?“ keine Antwort parat zu haben.

Dieser Artikel ist eine Kurzfassung des „Alpin Tutorial“, das unter [www.picos-guides.com/alpintutorial](http://www.picos-guides.com/alpintutorial) heruntergeladen werden kann.

Fotos: Baschi Bender, [www.baschibender.de](http://www.baschibender.de)  
Fotobearbeitung: Arne und Flo

Besten Dank an Bea Scharbach!

Lawinenwarn-Apps nur in Kombination  
mit Kollisionswarn-Apps verwenden!







## NOMIC & ERGONOMIC

---

Steil und steiler

Das neue NOMIC behält sein weltbekanntes, ausgewogenes Schlagverhalten und zeichnet sich besonders in steilem Eis aus. Das ERGONOMIC spielt seine Stärken in noch steilerem, überhängendem Mixed-Gelände, beim Hooken und Klemmen voll aus. Beide Eisgeräte haben einen gummierten Doppelgriff mit verstellbarem GRIPREST, modularem Kopf und hydrogeformtem Schaft. [www.petzl.com](http://www.petzl.com)

# # sharing the stoke

*since '74*

Marmots Produktentwickler teilen mit ihren Kunden die Leidenschaft und die Liebe zum Backcountry. Daher entwerfen sie Styles, die die Bedürfnisse an Performance und Funktion uneingeschränkt erfüllen.



B Love Pro Jacket & Pant  
Farbe: 4921 Blue Agave /  
Mallard Green Mars  
Orange Zips

