



6. LAWINEN 2025

SYMPOSIUM GRAZ

18. Oktober 2025

Tagungsband des 6. internationalen Lawinensymposiums





Schnee und Eis.

Sie suchen einen Partner für die alpine Sicherheitsplanung?

Wir blicken auf eine langjährige Erfahrung beim Betrieb operationeller Lawinewarndienste in Österreich zurück. Unsere täglichen Lawinoprognosen erhöhen die Sicherheit im alpinen Raum und warnen vor Schadlawinen, um Katastrophen zu vermeiden.

Sie planen eine Skitour in den Alpen?

Mit unserem umfangreichen Stationsnetz bleiben wir den Ursachen für Lawinen auf der Spur. Hochwertige Prognosemodelle und permanente Messungen der Schneedecke sorgen für sichere Verkehrswege und eine bestmögliche Tourenplanung.

Tagungsband des 6. internationalen Lawinensymposiums Graz 2025

Impressum

GeoSphere Austria, Regionalstelle Graz, Klusemannstraße 21, 8053 Graz
Naturfreunde Österreich, Referat Skitouren, Viktoriagasse 6, 1150 Wien

Wissenschaftliches Komitee

Dr. Thomas Feistl – Lawinenwarnzentrale im Bayerischen Landesamt für Umwelt
Dr. Jan-Thomas Fischer – Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW)
DI Kilian Heil – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft (BMLUK)
DI Siegfried Holzer – AVL List GmbH
DI Dr. Harald Raupenstrauch – Montan Universität Leoben
Dr. Renate Renner – Montan Universität Leoben
Dr. Arnold Studeregger – GeoSphere Austria

Organisationskomitee

Dr. Arnold Studeregger – GeoSphere Austria
Lisa Pulling, MSc – GeoSphere Austria
Mag. Gernot Zenkl – GeoSphere Austria
Martin Edlinger – Naturfreunde Österreich
Claudia Schwarz – Naturfreunde Österreich
DI Rene Stix – Naturfreunde Steiermark

Das „6. internationale Lawinensymposium Graz“ (18. Oktober 2025) wird gefördert durch die Abteilung 12 Wirtschaft, Tourismus und Forschung des Landes Steiermark und die Stadt Graz.

Für die Inhalte der Publikationen sind die jeweiligen Autor:innen verantwortlich, sie sind mit der digitalen Verbreitung ihrer Arbeiten im Internet einverstanden. Obwohl in der vorliegenden Publikation teilweise auf die geschlechtsspezifisch korrekte Anrede zugunsten einer besseren Lesbarkeit verzichtet wird, bezieht sich das generische Maskulinum zugleich auf die männliche, die weibliche und andere Geschlechteridentitäten. Gendern und die Schreibweise obliegen frei den jeweiligen Autor:innen.

Layout: Lisa Pulling, MSc – GeoSphere Austria

Umschlagbild: Ralf Hochhauser – outdoor-foto.at

Druck: Offsetdruck Bernd Dorrang e.U. / Graz

Auflage: 600

Erscheinungsjahr: 2025

Erscheinungsort: Graz

Zum Inhalt...

01	Lawinenkatastrophe Galtür 1999 mit einem Seitenblick auf Blons 1954 Bernd Rieken	10
02	Lawinenabgang mit drei vermissten Personen - Psychosoziale Akutversorgung zwischen Hoffen und Bangen Cornelia Forstner	20
03	Lawinenunfälle bei geführten Touren Walter Würtl, Susanna Mitterer	28
04	Der Faktor Mensch im Lawinengelände - eine rechtliche Betrachtung! Stefan Vollmann, Martin Heissenberger	34
05	Die neuartige Sensorarray „peakr“ für die Überwachung, Ereigniserkennung und Warnung bei Lawinenereignissen Markus Hoffmann, Michael Brauner, Christian Rachoy, Thomas Dolleschal, Ingrid Reiweger	38
06	Comparison of two avalanche terrain classification approaches: Automated Avalanche Terrain Exposure Scale - Classified Avalanche Terrain Paula Spannring, Christoph Hesselbach, Andreas Huber, Stephan Harvey, Yves Bühler, Christoph Mitterer, Jan-Thomas Fischer	46
07	„Notfall Lawine VR“ - Mit Virtual Reality vorbereitet sein für den Ernstfall Norbert Lanzanasto	50
08	Künstliche Intelligenz und datengetriebene Wetterprognosen: Neue Modelle für die Tourenplanung im alpinen Raum Irene Schicker, Caglar Küçük, Pascal Gfäller, Alexander Kann	54
09	Exploring the potential of seasonal predictions for winter hazard assessment - a glimpse into the near future Sasha Bellaire, Gudrun Mühlbacher	58
10	Climate change impact on snow cover below 1200 m in Slovenian Alps, from 1950 to 2100 Gregor Vertačnik	62
11	ERKLÄREN STATT BELEHREN Warum die Fehlerkultur am Berg und im Netz so unterschiedlich ist - und was wir daraus lernen können Riki Daurer, Pauli Trenkwalder	66
12	Mensch und Lawine: Schlussfolgerungen aus einer Bestandsaufnahme des Wissensstands Martin Schwiersch, Bernhard Streicher	76
13	Lawinenszenariokarten als Entscheidungshilfe für Lawinenkommissionen Christoph Hesselbach, Jakob Schwarz, Paula Spannring, Andreas Huber, Alice Gasperi, Michael Winkler, Marc Adams, Jan-Thomas Fischer	82
14	Notruf am Berg Gerhard Mössmer	88
15	Vorstellung der neuen ÖNORM B 4801 - Technischer Lawinenschutz Matthias Granig	96
16	Integrated avalanche monitoring based on satellite data for Austria Thomas Höll and RSnowAUT consortium	100
17	Schneedeckenstabilitätstests auswerten mit der Daumenmethode Christoph Hummel	104
18	Probabilistik - Mensch vs./und Maschine Florian Hellberg, Lukas Fritz und Forschungsgruppe Winter der DAV-Sicherheitsforschung	108
19	Sicherheitsmanagement Skigebiet - ein Tagebucheintrag vom Kitzsteinhorn René Cizek, Stefan Ortner	116
20	33 Jahre im Dienst der Lawinenkommission Idalpe Serafin Siegele, Paul Dobesberger, Harald Riedl	122
21	Lawinenklimatologie auf Basis von SNOWPACK-Simulationen und dem AVAPRO-Algorithmus Andreas Wedenig	130
22	Wie beeinflussen Lawinensituation und Geländefaktoren die Tourenwahlen und die Hangeinschätzungen von Skitourengruppen? Martin Schwiersch, Michaela Brugger, Lukas Fritz, Bernhard Streicher, Florian Hellberg, Christoph Hummel	136
23	CAIROS: Grenzüberschreitende Harmonisierung der Lawinenkommissionstätigkeiten Michael Winkler, Alice Gasperi, Jakob Schwarz	144
24	Combining long-term visitor and avalanche hazard monitoring to support risk management in winter mountain tourism: a case study of the Tatra Mountains, Poland Ingrid Reiweger, Karolina Taczanowska, Mikolaj Bielanski	148
25	weBIGeo: Interaktive Lawinensimulation im Web Patrick Komon, Gerald Kimmersdorfer, Markus Rampp, Paula Spannring, Felix Oesterle, Jan-Thomas Fischer, Adam Celarek, Manuela Waldner	150
26	„Spannungen in der Schneedecke“ - Auslösewahrscheinlichkeit von Schneebrettlawinen Ingrid Reiweger, Jürg Schweizer	156
27	Everybody makes mistakes, newbies and experienced people Pavel Krajčí	160
28	Gestaltung von Freeride- und Lawinenkursen für Jugendliche auf Grundlage einer Studie zu Gruppendynamik und Entscheidungsfindung junger Freerider*innen Tamara Tschanhenz, Clemens Leitner, Carolin Strutzmann	164
29	An affordable permanent monitoring solution of potential avalanche sites Stefan Wallner, Thomas Gölles, Birgit Schlager, Alexander Prokop, Christoph Gaisberger, Markus Schratter, Stefan Muckenhuber	170
30	Automated dry-snowfall level calculation for improved assessment of melt-freeze crusts and associated faceted weak layers Marie Hofmann, Jil Lehnert, Christoph Mitterer	176
31	Field measurements of multiaxial strength of weak snowpack layers Sirah Kraus, Alec van Herwijnen	184
32	Workshop Interpretation Lawinen Lagebericht Andreas Widauer, Marcellus Schreilechner	188
33	Workshop Wie können digitale Lawinentrainings die bestehenden Ausbildungsprogramme erweitern? Philipp Leodolter, Simone Vogl-Umschaden, Gustav Philipp Vogl	192

Vorwörter



Sehr geehrte Damen und Herren,
geschätzte Kolleginnen und Kollegen,

wir heißen Sie herzlich willkommen zum 6. Internationalen Lawinen-Symposium in Graz, der größten und bedeutendsten Fachveranstaltung im deutschsprachigen Raum zum Themenkreis **Mensch-Lawine-Klimawandel-Katastrophenschutz**. Die mittlerweile schon traditionelle Veranstaltung wird von der GeoSphere Austria und den Naturfreunden seit über 12 Jahren gemeinsam organisiert.

Mit rund **600 Teilnehmenden** aus Wissenschaft, Praxis, Verwaltung und Politik zeigt sich eindrucksvoll, wie groß das Interesse und die Relevanz dieser komplexen Themen sind. Die steigenden Herausforderungen durch den Klimawandel, die Zunahme von Extremereignissen, die zunehmende Zahl von Menschen im alpinen Gelände sowie die Notwendigkeit eines modernen und integrierten Katastrophenmanagements machen den interdisziplinären Austausch heute wichtiger denn je.

Das Symposium befasst sich in kompakter Form mit Inhalten für Lawinenkommissionen, Skitourengeher:innen und Interessierte. Mit **40 Fachvorträgen** sowie **7 praxisorientierten Workshops** gibt es ein umfassendes Forum für Information, Diskussion und Vernetzung. Ziel ist es, wissenschaftliche Erkenntnisse mit praktischer Erfahrung zu verbinden und gemeinsam tragfähige Lösungen für den Umgang mit Lawinen im alpinen und voralpinen Raum zu erarbeiten.

Wir danken allen Referentinnen und Referenten, unseren Partnerinstitutionen sowie allen Beteiligten, die durch ihre Mitwirkung und ihr Engagement zum Gelingen dieser Veranstaltung beitragen.

Wir wünschen Ihnen erkenntnisreiche Tage, spannende Diskussionen und einen inspirierenden fachlichen Austausch beim 6. Internationalen Symposium in Graz.

Bernd Niedmoser und das Organisationsteam
GeoSphere Austria



Rücksichtsvoll und risikobewusst am Berg!

Das internationale Lawinensymposium findet heuer bereits zum 6. Mal statt – ein deutliches Zeichen dafür, wie konsequent wir als eine der größten alpinen Freizeitorganisationen in Österreich unsere Verantwortung für die Sicherheit am Berg wahrnehmen. Mit unserer Initiative „Sicher mehr vom Berg“ setzen die Naturfreunde weiterhin Maßstäbe, wenn es darum geht, Outdoor-Erlebnisse sicherer und nachhaltiger zu gestalten. Ziel bleibt ein rücksichtsvoller und wertschätzender Umgang miteinander und mit der Natur.

Wintersport im freien, ungesicherten Gelände ist längst im Zentrum der Gesellschaft angekommen. Der Trend zum Skitourengehen und Freeriden hält ungebrochen an. Damit wächst auch die Verantwortung aller, die sich im winterlichen Gebirge bewegen. Wer abseits gesicherter Pisten unterwegs ist, muss wissen, wie man Gefahren erkennt und sich risikobewusst verhält.

Schnee- und Lawinenkunde, der Umgang mit Notfallausrüstung sowie fundierte Ausbildung und praktische Erfahrung sind unverzichtbar für die sichere Ausübung des Wintersports im freien Gelände. Prävention ist und bleibt daher ein zentraler Schwerpunkt der Naturfreunde-Arbeit. Österreichweit bieten wir zahlreiche Kurse und Trainings rund um Lawinen und alpine Sicherheit an – durchgeführt von hochqualifizierten Übungsleiterinnen, Instruktorinnen und Bergführer*innen.

Mein besonderer Dank gilt erneut unseren Partnern – allen voran der Geosphere Austria für die langjährige, hervorragende Zusammenarbeit bei der Organisation dieses Symposiums. Diese Veranstaltung bietet eine einmalige Gelegenheit, neueste Erkenntnisse aus Forschung und Praxis aus erster Hand zu erhalten und sich mit Expert*innen auszutauschen.

Ich freue mich auf spannende Vorträge, aktuelle Informationen sowie anregende Gespräche und Diskussionen mit Ihnen allen.

Mit einem herzlichen „Berg frei“!
Mag. Günter Abraham
Bundesgeschäftsführer der Naturfreunde Österreich

VORMITTAG

08:00 – 09:00 **Begrüßung**

09:00 – 09:20 **Eröffnung**

GeoSphere Austria Bernhard Niedermoser **Naturfreunde Österreich** Günter Abraham

VORTRAGSSAAL 1

9:20–10:00 Bernd Rieken
Vergleich der Lawinenabgänge Galtür 1999 mit Blons 1954

10:00–10:20 Cornelia Forstner
Lawinenabgang mit drei vermissten Personen – Psychosoziale Akutversorgung zwischen Hoffen und Bangen

10:20–10:40 Walter Würtl
Lawinenunfälle bei geführten Touren

10:40–11:00 Stefan Vollmann & Martin Heissenberger
Der Faktor Mensch im Lawinengelände - eine rechtliche Betrachtung!

11:00–11:30 **Pause**

11:30–11:50 Irene Schicker et al.
Künstliche Intelligenz und datengetriebene Wetterprognosen: Neue Modelle für die Tourenplanung im alpinen Raum

11:50–12:10 Sascha Bellaire & Gudrun Mühlbacher
Exploring the potential of seasonal predictions for winter hazard assessment – a glimpse into the near future

12:10–12:30 Gregor Vertačnik & Ales Poredos
Climate change impact on the snow cover below 1200 m in Slovenian Alps

12:30–12:50 Riki Daurer & Pauli Trenkwalder
Erklären statt belehren - Fehlerkultur am Berg und im Netz

12:50–13:10 Martin Schwiensch & Bernhard Streicher
Mensch und Lawine: Schlussfolgerungen aus einer Bestandsaufnahme des Wissensstands

13:10–14:00 **Pause**

VORTRAGSSAAL 2

09:20–09:40 Thomas Dolleschal & Michael Brauner
Die neuartige Sensorarray „peakr“ für die Überwachung, Ereigniserkennung und Warnung bei Lawineneignissen

09:40–10:00 Richard Koschuch
Erfahrungen aus 15 Jahren Lawinendetektion mit dem Puls Doppler Radar in Österreich

10:00–10:20 Paula Spannring et al.
Comparison of two avalanche terrain classification approaches: Automated Avalanche Terrain Exposure Scale - Classified Avalanche Terrain

10:20–10:40 Ales Poredos & Jaka Ortar
Most visited winter mountain sites in Slovenia and related avalanche dangers

10:40–11:00 Norbert Lanzanasto
Notfall Lawine VR - Mit Virtual Reality vorbereitet sein für den Ernstfall

11:00–11:30 **Pause**

11:30–11:50 Thomas Feistl & Christoph Hummel
Auswirkungen des Klimawandels auf die Lawinenwarnung – Fallbeispiel September 2024

11:50–12:10 Christoph Hesselbach et al.
Lawinenszenariokarten als Entscheidungshilfe für Lawinenkommissionen

12:10–12:30 Gerhard Mössmer
Notfall am Berg

12:30–12:50 Matthias Granig
Vorstellung der neuen ÖNORM B4801 - Technischer Lawinenschutz

12:50–13:10 Thomas Gölles
Integrated avalanche monitoring based on satellite data for Austria

13:10–14:00 **Pause**

SAAL 3 Workshops

09:30–11:00

Günther Apflauer

Integrative Lawinenkunde (geschlossener Workshop)

11:30–13:00

Renate Renner & Julia Graf

Klimawandelanpassung & Climate Services „Scheitern erlaubt – Erfolg erwünscht: Evaluierung von Risiken und Chancen der Klimawandelanpassungskommunikation“ (geschlossener Workshop)

NACHMITTAG

VORTRAGSSAAL 1

14:00–14:20 Christoph Hummel
Schneedeckenstabilitätstests auswerten mit der Daumenmethode

14:20–14:40 Lukas Fritz & Florian Hellberg
Probabilistik – Mensch vs./und Maschine

14:40–15:00 Rene Cizek & Stefan Ortner
Sicherheitsmanagement Skigebiet – ein Tagebucheintrag vom Kitzsteinhorn

15:00–15:20 Serafin Siegele, Paul Dobesberger & Harald Riedl
33 Jahre im Dienste der Lawinenkommission Idalpe

15:20–15:40 Andreas Wedenig
Towards an avalanche climatology in the european alps based on simulated avalanche problems

15:40–16:10 **Pause**

16:10–16:30 Ingrid Reiweger & Jürg Schweizer
Spannungen in der Schneedecke

16:30–16:50 Dieter Kotlaba
Know your enemy. Know your technology – Ein prozessualer Ansatz zum Umgang mit Interferenzeinflüssen auf die LVS-Suche

16:50–17:10 Pavel Krajič
Everybody makes mistakes, newbies and experienced people.

17:10–17:30 Norbert Pichler
Lawinenhunde der Bergrettung im Lawineneinsatz

17:30 **Verlosung**

VORTRAGSSAAL 2

14:00–14:20 Bernhard Streicher, Martin Schwiensch & Michaela Brugger
Wie beeinflussen Lawinensituation und Geländefaktoren die Tourenwahlen und die Hangeinschätzungen von Skitourengruppen?

14:20–14:40 Jakob Schwarz & Michael Winkler et al.
CAIROS: Grenzüberschreitende Harmonisierung der Lawinenkommissionstätigkeiten

14:40–15:00 Ingrid Reiweger, Karolina Taczanowska & Mikolaj Bielanski
Combining long-term visitor and avalanche hazard monitoring to support risk management in winter mountain tourism: a case study of the Tatra Mountains, Poland

15:00–15:20 Patrick Komon & Manuela Waldner et al.
weBIGeo: Interaktive Lawinensimulation im Web

15:20–15:50 **Pause**

15:50–16:10 Tamara Tschanhenz
Gestaltung von Freeride- und Lawinenkursen für Jugendliche auf Grundlage einer Studie zu Gruppendynamik und Entscheidungsfindung junger Freerider*innen

16:10–16:30 Stefan Wallner et al.
An affordable permanent monitoring solution of potential avalanche sites

16:30–16:50 Marie Hofmann, Jil Lehnert & Christoph Mitterer
Automated dry-snowfall level calculation for improved assessment of melt-freeze crusts and associated faceted weak layers

16:50–17:10 Sirah Kraus
Field measurements of multiaxial strength of weak snowpack layers

SAAL 3 Workshops

13:00–14:00

Thomas Pflügl

Wie soll ich mich entscheiden? Spannungsfeld Gruppenführung. Zur Logik des Misslingens

14:00–15:00

Marcellus Schreilechner & Andreas Widauer

Interpretation des Lawinenlageberichts

15:00–16:00

Matthias Pilz

Digitale Tourenplanung für Skitouren

16:00–17:00

Philipp Leodolter & Gustav Philipp Vogl

SchneeWISE e-Learning

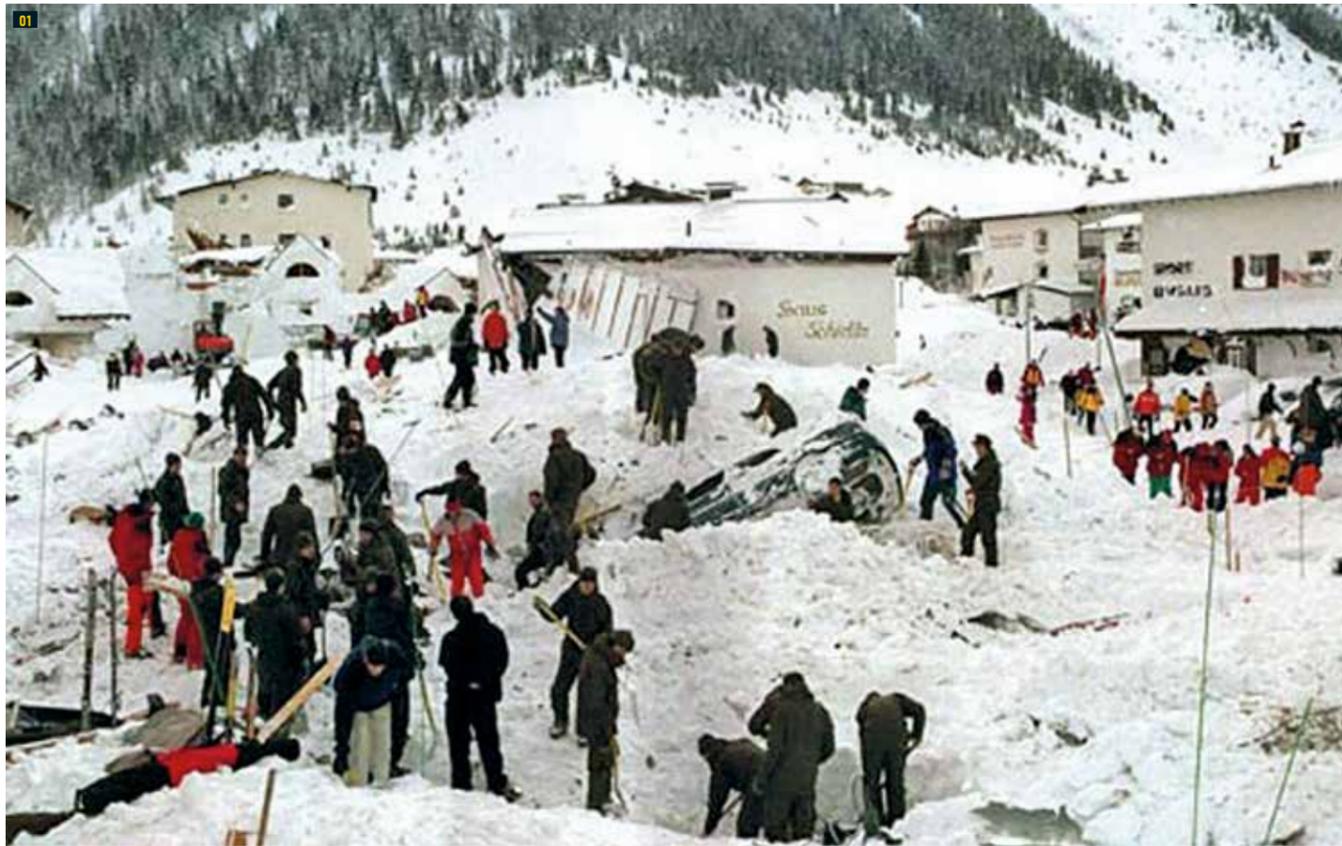
Alle Infos unter lawinensymposium.naturfreunde.at

VERANSTALTER



SPONSOREN & PARTNER





01 Rettungsmannschaften durchsuchen nach der verheerenden Lawinenkatastrophe in der Urlauberhochburg Galtür Trümmer und Schnee nach Verschütteten (Archivfoto vom 24.02.1999). © dpa |

01 Lawinenkatastrophe Galtür 1999 mit einem Seitenblick auf Blons 1954

Autor Bernd Rieken

Schneedeckenmodelle in der Lawinenwarnung

Durch die Mechanisierung und Industrialisierung unserer Welt und den damit einhergehenden Glauben an technische „Machbarkeit“ hat sich in vielen Menschen die Einstellung verfestigt, Wetterkapriolen jeglicher Art mithilfe der Technik trotzen und die Beseitigung etwaiger Schäden Institutionen überlassen zu können. Kommt es jedoch anders, und die Natur zeigt ihre ganze Kraft, dann löst das mitunter Irritationen aus. Als während des Jahreswechsels 2006/2007 ein Orkan über der Nordsee wütete, waren die Touristen auf der friesischen Hochseeinsel Helgoland einige Tage von der Außenwelt abgeschlossen. Das deutsche Nachrichtenmagazin „Der Spiegel“ sprach dramatisierend von einem „Mega-Sturm“, der die Urlauber zu „Gefangenen“ gemacht habe, während der Bürgermeister der Insel lakonisch entgegnete: „Wer in die Berge fährt, muss damit rechnen, einzuschneien. Wer auf eine Hochseeinsel reist, muss stürmisches Wetter

einkalkulieren“ (Rieken 2007, S. 23f.). Ähnlich war es, als im Februar 1999 in den Zentralalpen so viel Schnee fiel wie noch nie und die seit Tagen eingeschlossenen Touristen allmählich unruhig wurden. Ein aufgebrachter Gast aus Ischgl im Tiroler Paznauntal meinte etwa, dass man, wenn man 13.000 Urlauber einladen könne, dafür auch sorgen müsse, sie wieder hinauszubringen (Ernstreiter, Jelinek und Liska 2009).

Nordseeküste und Hochalpen sind in den obigen Beispielen nicht zufällig gewählt, weil es sich um so genannte Risiko-Regionen handelt, in denen naturräumliche Gefahren eine größere Rolle spielen als anderswo. Typisch ist, wenn man einen Blick in die Geschichte wirft, dass in den regionalen Chroniken aus diesen Gegenden gleichberechtigt neben der politischen Geschichte stets auch der Naturgeschichte in Gestalt von Desastern breiter Raum gewidmet wird. Darüber hinaus versteht es sich von

selbst, dass die Menschen sich seit jeher intensiv über materielle und immaterielle Schutzmaßnahmen Gedanken machen. Teilweise tragen sie trotz großer geografischer Entfernung sogar die gleichen Namen. So wird in den altfriesischen Rechtsatzungen die durchgängige Deichlinie an den Küsten „goldener Ring“ genannt (Buma und Ebel 1963, S. 91), und ebenso lautet die Bezeichnung für das Schutzsystem im Schweizer Kanton Uri (Renner 1991, S. 181–190). Die bedrohlichen Mächte der Natur, die dort der goldene Ring fernhalten soll, werden in Uri als „Es“ bezeichnet (Zurfluh 1994, S. 59) – eine interessante Namensgebung, weil sie gewisse Gemeinsamkeiten mit dem Es der Psychoanalyse aufweist, das Sigmund Freud als jenen Teil des psychischen Apparates begreift, der den Triebpol der Persönlichkeit mit seinen verdrängten, unbewussten Inhalten und ihrem teils zerstörerischen Potential darstellt.

Auf besonders zerstörerische Weise wirkte sich auch jene Lawine aus, welche in Galtür am 23. Februar 1999 ins Tal und in Ortsteile stürzte, die jahrhundertlang als sicher gegolten hatten. Neben zahlreichen Verletzten forderte die Lawine 31 Menschenleben, davon 25 Urlaubsgäste und sechs Einheimische. Nicht allein wegen des Ausmaßes der Katastrophe, sondern auch aufgrund des außergewöhnlichen Medieninteresses ist Galtür seither in aller Munde, wenn es um extreme Lawinenereignisse in den Alpen geht (das Folgende nach/aus Rieken 2010; Rieken 2015).

Ein solches Geschehen muss Spuren in den Einheimischen hinterlassen haben. Im Folgenden soll es daher um die Frage gehen, wie die Dorfbewohner die Katastrophe erlebt, inwieweit sie sie verarbeitet und vor allem, wie sie sie verarbeitet haben. 2008, also neun Jahre später, begab ich mich für eine Feldforschung dorthin und machte insgesamt 15 Interviews. Darunter waren Alte und Junge, Frauen und Männer, Betroffene und Helfer sowie Funktionsträger wie der Bürgermeister oder Diakon. In qualitativen Untersuchungen kann keine numerische Repräsentativität das Ziel sein, sondern ausschließlich eine theoretische. Das bedeutet erstens, auf einer eher beschreibenden Ebene typische Einteilungen vorzunehmen und zweitens auf einer interpretierenden Ebene sich im Sinn von Goethes Symbolbegriff zu fragen, inwieweit das Besondere des Einzelfalls allgemeine Bedeutung hat.

Da im Fall einer Katastrophe sehr persönliche Fragen aufgeworfen werden, die unter anderem mit

existentiellen und philosophischen Dimensionen zu tun haben, kam eine quantitative Untersuchung nicht infrage, zumal das ihr zugrunde liegende, durch die neuzeitliche Physik geprägte mechanistische Weltbild mit seiner Vorliebe für starre Hypothesenbildung kaum geeignet ist, sich derartig sensiblen Bereichen anzunähern. Ich entschied mich daher für eine Mischung aus narrativem Interview, Leitfaden- und Tiefeninterview. Dabei wurde die Auswertung drei Themenbereichen zugeordnet:

- ▷ Chronologie der Ereignisse,
- ▷ Auseinandersetzung mit der Katastrophe,
- ▷ ausführliche Beispiele Betroffener.

Bereits vor der Lawine hatte durch die fortwährend sich vermehrende Überfülle an Schnee und durch das Eingesperrt-Sein im Dorf ein Gefühl der Bedrohung um sich gegriffen. Ähnlich wie im „Zauberlehrling“ von Goethe wurde das, was normalerweise freudig begrüßt wird und das Leben bereichert, durch ein Übermaß zu einer existentiellen Bedrohung. Etwas Vertrautes verkehrt sich in sein Gegenteil – ein Phänomen, mit dem sich bereits Sigmund Freud beschäftigt hat, als er die Schrift „Über den Gegensinn der Urworte“ des Altphilologen Carl Abel (Abel 1884) auf die Begriffe „Heim“ und „heimelig“ bezog und Verbindungen zum „Unheimlichen“ herstellte. Das Unheimliche ist nach Freud „jene Art des Schreckhaften, welche auf das Altbekannte, Längstvertraute zurückgeht“ (Freud 1919h/1986, S. 231), was in dem Fall bedeutet, dass der an sich willkommene und wohlbekannte Schnee bedrohliche Ausmaße annahm. Das Unheimliche ist aus Freuds Sicht demnach nicht das gänzlich andere, wie man zunächst meinen könnte, sondern das Vertraute in entstellter Form. Im traditionellen Volksglauben ist das zum Beispiel die scheinbar freundliche Nachbarin, die dem Neugeborenen mithilfe des bösen Blicks Schadenzauber zufügt, weil sie eine Hexe ist, oder in psychopathologischer Hinsicht alkoholranke Eltern, die nüchtern freundlich und betrunken unberechenbar sind, oder auch der scheinbar liebe Onkel, der sich als Missbrauchstäter entpuppt.

Nach Francisco de Goya erzeugt der Schlaf der Vernunft Ungeheuer, doch die Natur vermag das ebenso. Denn die realen Folgen des Lawinenabgangs übertrafen das, was man infolge des „unheimlichen“ Gefühls der Bedrohung bestenfalls erraten konnte. Der verwüstete Ortsteil wirkte, als hätte „eine Bombe eingeschlagen“, als befände man sich „im Krieg“ oder als stünde „der Weltuntergang“ unmittelbar bevor. Das Unbegreifliche lässt sich verbal



02 Zertrümmerte Autos liegen nach der Lawinenkatastrophe kreuz und quer in den Schneemassen. © dpa |

nur schwer vermitteln, man greift daher zum Vergleich und zur bildlichen Sprache. Die Bezugnahme auf den Krieg ist dabei nicht zufällig gewählt, denn er hat mit Elementarkatastrophen gemeinsam, dass alle gesellschaftlichen Abgrenzungssysteme beschädigt und dabei die Menschen in ihrer ganzen Leiblichkeit getroffen werden können.

Nachdem die Lawine ins Dorf gestürzt war, wurde sofort vonseiten der Einheimischen auf professionelle Weise Hilfe geleistet, wodurch ein Großteil der Verschütteten lebend gerettet werden konnte. Da Galtür gewissermaßen „am Rande der Welt“ liegt, ist man häufig auf sich allein gestellt und kann nicht auf externe Hilfe warten. Da außerdem ein Großteil der Bevölkerung in Vereinen wie der Feuerwehr oder der Bergrettung organisiert und man darüber hin- aus mit Lawinenunglücken vertraut ist, braucht es nicht zu überraschen, dass in kurzer Zeit rasche und effiziente Hilfe geleistet wurde.

Anhand der Interviews wurde rasch deutlich, dass zwar alle das gemeinsame Erleben der Lawine teilen, aber doch jeder, entsprechend seiner Funktion, seines persönlichen Grades an Betroffenheit und seiner individuellen Lebensgeschichte, eine eigene Perspektive auf das Geschehen hat.

Die subjektive und anders geartete Wahrnehmung desselben Sachverhaltes erklärt ein weiteres Phänomen, auf das die Galtürer zu Recht stolz sind. Sie haben sich zwar gegenüber Auswärtigen abgeschirmt, haben aber umso intensiver im ersten Jahr nach der Lawine untereinander über die Ereignisse gesprochen, und das nach mehrheitlichem Bekunden „in fast jedem Gespräch“. Das war als Akt der Psychohygiene sinnvoll, und gleichzeitig war es möglich, weil jeder eine andere Perspektive auf die Ereignisse hatte, die er in die Unterhaltungen einbringen konnte. Gespräche sind nämlich dann bereichernd und spannend, wenn sie einen selber berühren, weil Vertrautes und Bekanntes enthalten ist, und sich gleichzeitig neue Gesichtspunkte eröffnen oder neue Erlebnisse mitgeteilt werden. Demnach haben die Galtürer das getan, was jeder Psychotherapeut oder jede Psychotherapeutin mit ihnen getan hätte, nämlich solange über das Geschehen zu sprechen, bis die belastenden Emotionen an die Oberfläche getreten und einigermaßen verarbeitet sind. Das entbehrt insofern nicht einer gewissen Ironie, als man in Galtür mit Angehörigen der „Psy-Berufe“, die in Tirol umgangssprachlich als „Vogeldoktor“ bezeichnet werden, nicht gern etwas zu tun haben möchte. Aber es relativiert die etwas pauschalen

Aussagen von Traumaforschern, wonach 20 bis 40 Prozent all jener, welche belastenden Situationen in Katastrophen ausgesetzt sind, psychologischer Betreuung bedürfen. Wenn 1.) ein intaktes soziales Netz vorhanden ist und 2.) die Betroffenen nicht von vornherein psychisch belastet sind, reicht auch nicht-professionelle Unterstützung aus.

In den Gesprächen miteinander, aber auch in der Selbstreflexion, wollte man das Geschehen verstehen und verarbeiten. Das ist ein tief liegendes Bedürfnis, welches der Germanist Wilhelm Köller auf treffliche Weise folgendermaßen formuliert:

„Da Menschen isolierte Tatsachen letztlich nicht ertragen können, weil uninterpretierte Tatsachen von ihnen als Bedrohung empfunden werden, haben die Wahrnehmungssubjekte immer eine unaufhebbare Neigung, die ihnen begegnenden Phänomene in Sach- und Entwicklungszusammenhänge einzuordnen, um ihnen dadurch den Stachel der Bedrohlichkeit zu nehmen“ (Köller 2004, S. 837).

Mit Blick auf die Einordnung in „Sach- und Entwicklungszusammenhänge“ existieren aus Sicht der Ursachenlehre des Aristoteles wenigstens zwei Aspekte, die Wirkursache oder Causa efficiens und die Zielursache oder Causa finalis, das heißt das Woher und das Wozu (Aristoteles 1995, 194b). In den Naturwissenschaften dominiert die Wirkursache, die Frage danach, woher etwas kommt. In der Statistik ist die unabhängige Variable die „Ursache“, denn ihr Wert ist unabhängig von anderen Variablen. Die abhängige Variable ist demgegenüber die „Wirkung“. Ihr Wert hängt von Änderungen der unabhängigen Variable ab.

Die Frage nach Ursache und Wirkung im Sinne der Causa efficiens ist im Fall Galtürs leicht geklärt: Von Ende Jänner bis Ende Februar 1999 führten Niederschlagsfronten, die vom Nordatlantik kamen, zu außergewöhnlich ergiebigen Schneefällen an der Nordseite der Alpen. Heftige Stürme bewirkten, dass sich hohe Schneeweichten aufbauten. Im Februar 1999 fiel binnen zehn Tagen eine Schneemenge, wie sie statistisch betrachtet nur alle 300 Jahre vorkommt. Verantwortlich war eine Nordwestwetterlage, nämlich ein Tief über Skandinavien und ein Hoch über dem Ostatlantik. Zwischenzeitlich gab es eine intensive Strömung mit Warm- und Kaltfronten sowie großer Feuchtigkeit. Die Folge waren ergiebige Schneefälle in Form von Pulverschnee, der eine nur geringe Bindungsfähigkeit aufweist (Alpinarium Galtür 2004, S. 17f; Stötter u.a. 2002).

Dann nahm das Schicksal seinen Lauf: Am Montag, dem 22. Februar, begann ein heftiger Schneesturm zu toben, der, von kurzen Unterbrechungen abgesehen, bis zum folgenden Dienstag anhielt. Unterhalb des Gipfels befindet sich eine Mulde, die in normaler Zeit als Schutz gegen Lawinen dient, indem dort den abgehenden Schneebrettern Einhalt geboten wird. Da es aber in den Tagen vor der Katastrophe überreichlich geschneit und sich in der Mulde sehr viel Schnee angesammelt hatte, ging die von oben kommende Lawine praktisch über die Mulde hinweg und donnerte mit geballter Kraft ins Tal hinab. Ihre Fallhöhe betrug 1150 Meter, und sie erreichte eine Geschwindigkeit von über 300 Stundenkilometern. Als sie die ersten Häuser im Ortsgebiet erfasste, betrug ihr Druck ungefähr sechs bis zehn Tonnen pro Quadratmeter, ein Wert, dem Hauswände kaum Einhalt zu bieten vermögen.

Soweit die Wirkursache, die mir in ähnlicher Weise auch einige Einheimische mitgeteilt haben. Sie befriedigt das Bedürfnis, eine isolierte Tatsache – nämlich die Lawine und ihre Zerstörungskraft – „in Sach- und Entwicklungszusammenhänge einzuordnen“, zumindest zu einem Teil. Schwieriger ist nämlich der Umgang mit der Zielursache. Zunächst ist davon auszugehen, dass ein derartiges Geschehen einen Einschnitt in der Lebensgeschichte bedeutet. Aus der Katastrophenforschung weiß man, dass Betroffene rückblickend oftmals ihr Leben in eine Zeit vor und in eine Zeit nach der Katastrophe einordnen. Da der Mensch bestrebt ist, als Ausformung der Identität eine Art roten Faden durch die eigene Lebensgeschichte zu weben, kann ein Desaster diesen roten Faden beeinträchtigen, sprich: den Menschen aus der Bahn werfen. Damit das nicht passiert, bedarf es der Integration des tragischen Geschehens in die eigene Biografie, und da kann der Zielursache oder Causa finalis eine bedeutende Rolle zukommen. Es geht mit anderen Worten um die zunächst sinnlos erscheinende Frage nach dem Sinn des Geschehens, das heißt aus dem Sinnlosen etwas Sinnvolles herauszuholen, ohne indes etwas schönzureden. So haben mir mehrere Interviewpartnerinnen bzw. Interviewpartner Folgendes mitgeteilt:

- 1.) Seit der Katastrophe nehmen sie ihr Leben bewusster wahr und sind dankbarer dafür, auf der Welt zu sein.
- 2.) Sie haben gelernt, sich mehr über ihre inneren Befindlichkeiten mit anderen Leuten auszutauschen.
- 3.) Das Beziehungsgefüge zu nahen Angehörigen, aber auch zu Nachbarn und anderen

Dorfbewohnern gestärkt. Das entspricht Ergebnissen der Resilienzforschung, die auf die Notwendigkeit eines stabilen sozialen Netzes hinweist, um schwierige Lebensphasen zu meistern.

4.) Wenn man in einer Risikoregion lebt, muss man damit rechnen, dass etwas Schreckliches passieren kann. Dafür lebt man aber auch, wie mir mehrfach mitgeteilt wurde, an einem der schönsten Orte der Welt. Das beinhaltet ein gewisses Trospotential, was auch für den nächsten Punkt gilt.

5.) Ein Interviewpartner, der nahe Angehörige verloren hatte, erzählte mir, er gehe öfter zum Friedhof und sehe dort viele Verstorbene, die er persönlich gekannt habe. Das vermittele ihm einen gewissen Trost. In der Psychotherapiewissenschaft nennt man das die „Universalität des Leidens“ (Yalom 2015, S. 28–36), das Gewähr-Werden dessen, dass man mit seinem eigenen Leiden nicht allein in der Welt ist. Jene Person, ein gläubiger Katholik, erzählte ferner, dass er immer wieder intensive Gespräche mit seiner durch die Lawine getöteten Frau führe, wodurch er Kontakt zu ihr halte und sich dessen gewiss sei, sie im Jenseits wiederzusehen.

Damit kommen wir zum 6. Punkt, der aus meiner Perspektive eine besondere Rolle spielt im Verarbeiten einer Katastrophe, nämlich der Frage nach der Weltanschauung als einem Resilienzfaktor. Dass die Religion bei einem derartigen Desaster in einem katholischen Bergdorf generell eine Rolle spielt, liegt auf der Hand. Das Problem der Theodizee – die Frage nach dem menschlichen Leid in Anbetracht der göttlichen Allmacht – führte in den Interviews keineswegs zur Infragestellung Gottes. Einerseits wurde argumentiert, dass er sich nicht in das natürliche Geschehen einmische, eine Auffassung, die in Einklang mit modernen theologischen Ansichten steht, welche die Schöpfung als einen einmaligen Akt betrachtet und nicht als einen Vorgang, in den Gott andauernd eingreifen muss. Andererseits hieß es, dass er nach der Katastrophe den Menschen durchaus Hilfe zukommen habe lassen und vor allem Hilfe zur Selbsthilfe gegeben habe, was in Einklang steht mit mentalen Strukturen in Siedlungen „am Rande der Welt“, wo es oftmals gar nicht möglich ist, auf externe Unterstützung zu warten. Bemerkenswerterweise steht eine solche Auffassung der protestantischen Sicht, die explizit eine aktive und selbstverantwortliche Auseinandersetzung mit der Welt fordert, näher als der katholischen Perspektive mit ihrer hierarchischen Struktur, dem hohen Stellenwert des Gehorsams und der Unterordnung unter die absolute Autorität des Papstes, der unfehlbare Dogmen verkündet.

Was folgt aus all dem?

In seiner Innsbrucker ethnologisch-historischen Dissertation „Gletscher und Glaube. Katastrophenbewältigung in den Ötztaler Alpen einst und heute“ hat Franz Jäger die Bedeutung der Religion als mentaler Bewältigungsstrategie bei Katastrophen ins Zentrum gerückt (Jäger 2019). Das ist legitim, aber der Autor schießt übers Ziel hinaus, wenn er pauschal behauptet, die Religion erfülle heute genauso wie früher „die Aufgabe einer Sinnstiftung und bietet an, allen Unwägbarkeiten des Lebens mit Gottvertrauen zu begegnen“ (ebd., S. 79). Zum einen ist es abwegig zu glauben, dass Atheisten, Agnostikern oder jenen, welche dem Glauben gleichgültig gegenüberstehen, in Katastrophen mit Religion geholfen wäre. Zum anderen und vor allem existieren auch alternative Sinnangebote bzw. Weltanschauungen. Wer zum Beispiel wertekonservativ ist, könnte auf das funktionierende Dorfleben hinweisen, in dem füreinander Verantwortung vorhanden ist. Oder wer Sozialdemokrat bzw. Marxist ist, könnte die Solidarität bzw. gemeinschaftsstiftende Aspekte betonen, die durch die Katastrophe gestärkt wurden. In dieser Hinsicht ist mir allerdings dort niemand begegnet. Was mir aber verschiedentlich mitgeteilt wurde, sind ökologisch inspirierte Deutungsangebote, die mit der Gaia-Hypothese des englischen Biophysikers James Lovelock zu tun haben. Aus seiner Sicht wird die Erde als eine Ganzheit und als ein System betrachtet, bei dem alles mit allem zusammenhängt, was im Gegensatz steht zur analytisch-isolierenden Betrachtungsweise, die in der Naturwissenschaft dominiert (Lovelock 1996). Bisher habe laut Lovelock die Erde durch Selbstregulierungsprozesse die Temperatur und die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre sowie der Ozeane in engen Grenzen konstant gehalten und für optimale Lebensbedingungen gesorgt. Doch durch die massive Industrialisierung habe der Mensch das ökologische Gleichgewicht außer Balance gebracht und den Klimawandel hervorgerufen, wodurch die Anzahl schwerer Naturkatastrophen zugenommen habe (Lovelock 2008).

Es geht hier nicht darum, den sachlichen Gehalt der Gaia-Hypothese zu beurteilen. Für unsere Betrachtung ist bedeutsamer, dass sie ein Weltbild entwirft, welches in Anbetracht des anthropogenen Klimawandels den Nerv der Zeit trifft, und das in doppelter Hinsicht. Zum einen reflektiert es das Unbehagen an einem Lebensstil, der zwar bequem ist, aber mit der Umwelt rücksichtslos verfährt, zum anderen gibt sie einer Unzufriedenheit mit dem naturwissenschaftlich-technischen Denken



03 Luftaufnahme von dem teilweise verschütteten Galtür am 25. Februar 1999. Das Bild wurde vom österreichischen Bundesheer aufgenommen. Mit Flugzeugen hatte man Touristen und Einwohner aus dem Lawinengebiet in Sicherheit gebracht. © dpa |

traditioneller Provenienz Ausdruck, das zwar gezielt und effektiv einzelne Phänomene untersucht, aber eine ganzheitliche Sicht vermissen lässt, nach der das Einzelne Teil einer miteinander vernetzten Gesamtheit ist.

Darauf nehmen auch einige Galtürer Bezug, wenn sie die Lawine von 1999 als einen „Finger-zeig der Natur“ begreifen: Die menschlichen Eingriffe in das Ökosystem würden überhandnehmen, sie wehre sich gegen eine rücksichtslose Ausbeutung der Ressourcen, gegen ungezügelt Verbauung und gegen die massive Umweltverschmutzung. Dann werde es ihr zu viel, und sie müsse sich entladen, unter anderem in Form von Katastrophen. Diese Sicht der Dinge fügt sich ein in mentale Strukturen Galtürs, da sich die einzelnen Bürger auch als Teil eines übergeordneten Ganzen begreifen, nämlich des Dorfes, und darüber hinaus ein in der Regel christlich begründetes Verantwortungsgefühl zeigen. Und dieser Bezug auf einen übergeordneten Rahmen zeigt sich auch darin, dass die Lawine nicht als ein singuläres oder isoliertes Phänomen betrachtet wird, sondern als Ausdruck eines Ökosystems, das aus dem Gleichgewicht geraten ist.

Die Berücksichtigung übergeordneter Strukturen ist auch aus psychotherapeutischer Sicht sinnvoll.

So ist in der Individualpsychologie des Tiefenpsychologen Alfred Adler – der im Gegensatz zum bürgerlichen Sigmund Freud zeitlebens überzeugter Sozialdemokrat war – seelische Gesundheit nicht nur durch Liebes- und Arbeitsfähigkeit bestimmt, sondern auch durch den Bezug aufs Kollektiv, durch Gemeinschaftsfähigkeit. Um den Menschen zu begreifen, dürfe man, so Adler, nicht nur das Individuum isoliert betrachten, sondern müsse ihn auch in Zusammenhang mit seinen gesellschaftlichen Bezügen und der Umwelt sehen (Adler 1927a/2007, S. 41f.; vgl. in Bezug auf den Klimawandel Wessinger 2021).

Mit Blick auf die Zielursache oder Causa finalis möchte die Natur sich durch Katastrophen an den Menschen gewissermaßen rächen für das, was er ihr antut, ihm aber im Sinne der Zielursache im selben Atemzug etwas mitteilen, nämlich weniger die Umwelt zu schädigen. Das ist gleichzeitig eine sehr alte und eine sehr neue Argumentationsweise. Alt ist sie, weil Katastrophen in der Vergangenheit – und in traditionellen Kulturen bis heute – als Strafe höherer Mächte betrachtet wurden und werden. Gott straft die Menschen, weil sie gesündigt haben, das ist die Wirkursache. Aber er tut es gleichzeitig, um sie zu einer Verhaltensänderung zu bewegen, die besser mit religiösen Normen übereinstimmt.

Ähnlich verhält es sich mit dem populären Öko-Diskurs: Die Natur rächt sich für die Umweltsünden, gleichzeitig soll der Mensch dadurch zur Besinnung gebracht werden. Darauf deutet eine Vielzahl an Zeitungsartikeln oder Büchern hin, die sich mit desaströsen Ereignissen befassen und im Titel „Rache der Natur“, „Strafe der Natur“ und ähnliches führen. Selbst eine führende Klimatologin wie Friederike Otto betitelt eines ihrer Bücher „Wütendes Wetter“ (Otto 2019) bzw. in der englisch-sprachigen Ausgabe „Angry weather“ (Otto 2020), also „böses“ oder „verärgertes“ Wetter. Der dem Menschen innewohnende Hang zur Anthropomorphisierung des Naturgeschehens zeigt sich demnach auch bei ihr.

Um Missverständnisse zu vermeiden: Es geht bei der Causa finalis nicht um naturwissenschaftliche Erklärungen. Eine naturwissenschaftliche Erklärung ist an der Causa efficiens orientiert und nimmt Bezug auf klimawirksame Spurengase, von denen durch die Verbrennung fossiler Energieträger insbesondere das Kohlendioxid (CO₂) stark zugenommen hat, das in der Lage ist, langwellige Strahlung (Infrarotstrahlung), die von der erwärmten Erde ausgesandt wird, zu absorbieren und in Wärmeenergie umzusetzen. Demgegenüber verlässt die Causa finalis zwar den empirischen Boden, aber sie befriedigt das menschliche Sinnbedürfnis: Katastrophen sind in dieser Hinsicht zwar nicht mehr ein Ausdruck des strafenden Gottes für sündhaftes Handeln, aber sie sind ein Ausdruck der „zornigen“ Natur wegen des „sündhaften“ Umweltverhaltens der Menschen, verbunden mit der Aufforderung, den ökologischen Fußabdruck zu reduzieren.

Was folgt aus all dem?

Weltanschauungen bieten eine Hilfe, um Desaster in die Lebensgeschichte integrieren zu können, weil sie das menschliche Sinnbedürfnis zu befriedigen vermögen. Das kann die Religion sein, genauso der Sozialismus oder ein ökologisches Weltbild, dessen Bedeutung in Zeiten des Klimawandels zugenommen hat, und wahrscheinlich auch manch andere Weltanschauungen. Das wird deswegen betont, weil in der Resilienz-Diskussion dieser Aspekt wenig Berücksichtigung findet.

Insgesamt meinten die von mir interviewten Personen, die Katastrophe einigermaßen bewältigt zu haben. Hilfreich seien in erster Linie Gespräche gewesen, das soziale Netz und die Religion. Eine Ausnahme bildet indes jemand, der meinte, er habe die dörflichen Verarbeitungsmöglichkeiten nicht als hinreichend angesehen, weswegen er sich Hilfe

außerhalb von Galtür gesucht habe. Dennes würden auch heute noch die Gefühle von damals spürbar, wenn die Erinnerung an die Katastrophe aktiviert werde, zum Beispiel in unserem Gespräch über das Thema. Und das, obwohl weder das eigene Haus noch Familienangehörige von der Lawine betroffen gewesen seien, er aber wie die meisten anderen in der Katastrophennacht Hilfe geleistet habe. So meinte er:

„Ich merke es selber, wenn du da wieder drinnen bist, dann ist da wieder so eine gewisse Schwere [...]. Ich merke ja selber schon beim Reden, man gräbt sich da immer mehr wieder hinein in diese, ja, in diese Fassungslosigkeit oder in diese, dieses fast Gelähmte. Also es gibt schon wesentlich schönere Themen zu bereden als wie dieses Naturereignis da zu beschreiben. Es ist schon nachher egal, ob das schon fünf Jahre her ist oder zehn Jahre“ (Rieken 2010, S. 122f.).

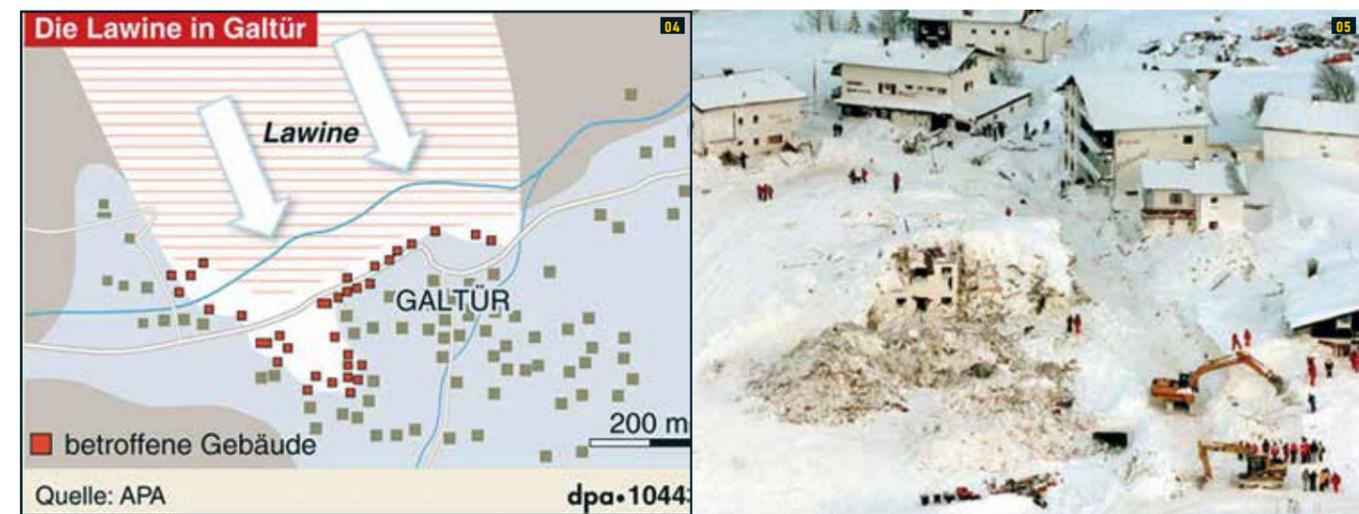
Wird die Erinnerung aktiviert, ist die Leichtigkeit verschwunden und macht einem Gefühl der Schwere Platz, man kann auch sagen: der Schwermut oder Melancholie. Diese ist Teil jedes Lebens, wenn man davon ausgeht, dass alle Menschen zuweilen mit Schicksalsschlägen konfrontiert sind, etwa beim Tod geliebter Angehöriger. So betrachtet ist die „Schwere“, die sich beim Interviewpartner einstellt, wenn er an die Ereignisse von 1999 denkt, als etwas Natürliches oder Normales anzusehen: Er hat das Leid der Menschen miterlebt, und wenn er sich an die Geschehnisse erinnert, gelangen die Gefühle von damals an die Oberfläche und lassen ihn zeitweise schwermütig werden. Aber die Melancholie drückt nicht nur allgemein Menschliches aus, sie hat darüber hinaus eine dunkle Seite, die sich im folgenden Interview-Auszug zeigt:

„Rieken: Ähm weil du sagst, du warst früher äh eckiger und kantiger: Was heißt das? Hast du mit Aggressionen Probleme gehabt oder, was? Äh, ich kann mir das nicht so genau vorstellen.

Interviewteilnehmer: Wahrscheinlich, also, unbewusst, also, unterdrückt wahrscheinlich, so kann ich mir das vorstellen, dass ich jetzt wahrscheinlich, wenn ich mich geärgert habe, gezeigt habe, das dann durch Fieberblasen gezeigt habe. [...] – Mit diesem Thema habe ich auch nichts mehr am Hut.

Rieken: Ja. Es könnte ja sein – das habe ich mir jetzt gerade zusammengereimt –, so eine Lawine ist sozusagen, kann man ja auch als Akt der Aggression der Natur sehen, dass das sozusagen irgendwie so dich an deine eigene unterdrückte Gewalt oder so irgendwie ...

Interviewteilnehmer: ... oder nicht ausgedrückte ...



04 Der Weg der Lawine, die am 23. Februar 1999 über den 700-Einwohner-Ort Galtür im Paznauntal hinweg donnerte. Die roten Kästchen zeigen die zerstörten Gebäude. © dpa | 05 Luftaufnahme am 25. Februar 1999. © ap |

Rieken: ... nicht ausgedrückte Gewalt erinnert hat, dass dich das deswegen so betroffen gemacht hat ... Interviewteilnehmer: ... nicht ausgedrückte Aggression, kann vielleicht sein, ja. Du hilfst mir vielleicht weiter (lacht) ...

Rieken: ... ja, möglich ...

Interviewteilnehmer: ... das so zu sehen“ (ebd., S. 125).

Die Beschäftigung mit der „nicht ausgedrückten Aggression“ dürfte im Interviewpartner etwas Wichtiges angesprochen haben, denn am Ende des Zitats meint er, ich hätte ihm mit meinen Fragen und Bemerkungen vielleicht weitergeholfen. Und nachdem das Tonband abgeschaltet ist, sagt er, das Interview sei eine Art Psychotherapiesitzung gewesen. Was könnte mit diesen Worten intendiert sein? Vielleicht, dass etwas Belastendes, das sich bisher der Erklärung entzog, nun ins Bewusstsein gerückt und in einer Weise verstanden worden ist, dass auch die damit zusammenhängenden Gefühle verarbeitet werden können. Damit ist konkret der Hinweis auf den Zusammenhang zwischen Innenwelt und Außenwelt gemeint, genauer zwischen innerem Aggressionsstau und äußerer Aggressionsentladung in Gestalt der Lawine. Diese wird zum Symbol für seine eigenen unkontrollierten Aggressionsanteile. Das braucht nicht zu überraschen, weil ein Denken und Empfinden nach dem Merkmal der Ähnlichkeit oder Analogie weit verbreitet ist – die Dinge, welche uns berühren, haben in der Regel mit unseren eigenen Befindlichkeiten zu tun.

In eine ähnliche Richtung geht das folgende Beispiel aus einer Feldforschung über die Lawinenkatastrophe in Blons im Großen Walsertal anno 1954. Unter anderem führten mein Kollege Michael Simon und ich ein Interview mit der Witwe eines

Betroffenen, der als junger Mann den Tod seiner Angehörigen erleben musste. In der Literatur wird er als jemand beschrieben, der kurz vor dem Desaster mit seinem Vater in Autoritätsprobleme geraten war, weil er der Enge des Großen Walsertals entfliehen wollte, gleichzeitig aber seit einiger Zeit „melancholische Anwandlungen“ hatte (Wechsberg 1959, S. 134). Das klingt widersprüchlich, ist es aus tiefenpsychologischer Sicht aber nicht, weil einer depressiven Verstimmung, um die es sich hier offensichtlich handelt, ein Konflikt zu Grunde liegt, in dem Fall der Wunsch auszubrechen, dabei aber in Gegensatz zum Vater zu geraten. Nachdem er unter anderem ihn durch die Lawine verloren hatte, wurde er zunächst vollends aus der Bahn geworfen (ebd., S. 284f.), und auch später litt er, wie uns seine Witwe mitteilte, lange unter Alpträumen und kam stets betrunken von den Gedenkfeiern anlässlich des Jahrestags der Katastrophe heim. Aber wie passt das alles zu den ebenfalls weiter oben konstatierten Autonomie-Tendenzen? Logisch gar nicht, aber vielleicht tiefenpsychologisch, sofern man bereit ist zu sehen, dass die Lawine für den Betroffenen nicht nur ein kaum erfassbares tragisches Leid bedeutete, sondern auch eine entstellte Form der Wunscherfüllung, indem er mit einem Schlag von dem befreit war, was ihn belastete, nämlich der patriarchalisch strukturierten „traditionellen Ordnung“. Ich spreche hier selbstredend von unbewussten Prozessen, von der psychodynamischen Natur des menschlichen Seelenlebens, das heißt von Vorgängen, welche durch gegenläufige Tendenzen charakterisiert sind und nicht ins Bewusstsein eindringen (Simon und Rieken i.D.).

Was ich mit den beiden Beispielen mitteilen möchte, ist, dass der Resilienz-Begriff nicht überstrapaziert werden und zu einer oberflächlichen Sicht verleiten



06 Der erste von zwei Schutzwällen in Galtür am Donnerstag, 17. Februar 2000, vor den größtenteils neu erbauten Häusern im Ort. Die Mauer ist 340 Meter lang, bis zu zwölf Meter hoch und aus vielen Tonnen von Stahl. © ap |

sollte, indem man etwa belastende Umstände, die ihre Quellen zumeist in der frühen Kindheit haben, bagatellisiert. Das sieht auch der Psychotraumatologe Gottfried Fischer so, wenn er schreibt, dass derartige Annahmen „zur völlig irrigen Vorstellung von ‚unverwundbaren‘ Kindern und traumasensiblen Erwachsenen Anlass gegeben“ hätten (Fischer und Riedesser 2009, S. 161). Personen, die durch negative Einflüsse in ihrer Lebensgeschichte eine gewisse psychische Beeinträchtigung mitbringen, leiden stärker an einer Katastrophe als minder belastete Menschen. Entsprechendes gilt für den Glauben, man könne durch ein geeignetes Risikomanagement gefährdete Regionen „resilient“ machen gegen Sorgen und Befürchtungen schlechthin. Das wären übersteigerte Machbarkeitsvorstellungen, die den potentiellen Gefahren und den tragischen Dimensionen der menschlichen Existenz nicht Rechnung tragen. Da waren meine Interviewpartner näher an der Realität: Ihnen war klar, dass man, wenn man an gefährdeten Orten lebt, auch mit einer gewissen Angst leben muss, genauer mit einer Real-Angst, die gewisse Risiken einkalkuliert, wobei es aufschlussreich ist, dass im Risiko-Diskurs der Begriff der Angst kaum eine Rolle spielt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass man in Galtür mit der Katastrophe wahrscheinlich besser umgegangen ist als in jenen Orten, in denen man im Anschluss an die Aufräumarbeiten wieder zur Tagesordnung übergeht, um das Geschehene zu

vergessen bzw. zu verdrängen und ausschließlich in die Zukunft zu blicken. Dann aber bleiben die Belastungen im Unbewussten wirkmächtig und beeinträchtigen die Lebensqualität. Daher gehört zur Katastrophennachsorge, Betroffene dazu zu ermutigen, ausführlich über das Erlebte zu reden, und das solange, bis es halbwegs verarbeitet ist. Derartige Ereignisse sind schlimm genug und beeinträchtigen das Wohlergehen. Narben bleiben immer zurück und oftmals auch zeitweilige melancholische Gefühle, aber es sollten keine allzu großen offenen Wunden mehr vorhanden sein. Das kann gelingen, wenn man über Belastendes ausführlich spricht, wenn man dem Negativen auch etwas Positives abgewinnen kann und wenn man eine Weltanschauung verinnerlicht hat, die einem einen Sinn im Leben vermittelt.

Literatur

- Abel, Carl 1884: Über den Gegensinn der Urworte. Leipzig: Friedrich.
- Adler, Alfred 1927a/2007: Menschenkenntnis. Studienausgabe, Bd. 5. Hg. von Jürg Ruedi. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Alpinarium Galtür (Hg.) 2004: Die Lawine. Galtür: Alpinarium Galtür / Innsbruck: Studien Verlag.
- Aristoteles 1995: Physik. Vorlesung über die Natur. In: Philosophische Schriften in sechs Bänden, Bd. 6. Hamburg: Meiner, S. 1–258.

- Buma, Wybren Jan; Ebel, Wilhelm (Hg.) 1963: Das Rüstringer Recht. Musterschmidt, Göttingen (Altfriesische Rechtsquellen, Bd. 1).
- Ernstreiter, Claudia; Jelinek, Gerhard; Liska, Peter LSKA 2009: Zehn Jahre Galtür – Die Chronik einer Katastrophe. Dokumentationsfilm der ORF-Reihe „Menschen & Mächte Spezial“. Erstaussstrahlung: ORF 1, 08.02.2009.
- Freud, Sigmund 1919h/1986: Das Unheimliche. In: Gesammelte Werke, Bd. XII. 6. Aufl. Frankfurt am Main: S. Fischer, S. 227–268.
- Jäger, Franz 2019: Gletscher und Glaube. Katastrophenbewältigung in den Ötztaler Alpen einst und heute. Innsbruck, Wien, Bozen: Studien Verlag.
- Köller, Wilhelm 2004: Perspektivität und Sprache. Zur Struktur von Objektivierungsformen in Bildern, im Denken und in der Sprache. Berlin, New York: de Gruyter.
- Lovelock, James 1996: Gaia. Die Erde ist ein Lebewesen. München: Heyne.
- Lovelock, James 2008: Gaias Rache. Warum die Erde sich wehrt. Berlin: Ullstein.
- Otto, Friederike 2019: Wütendes Wetter. Auf der Suche nach den Schuldigen für Hitzewellen, Hochwasser und Stürme. 3. Aufl. Berlin: Ullstein.
- Otto, Friederike 2020: Angry weather. Heat waves, floods, storms, and the new science of climate change. Vancouver: Greystone Books.
- Renner, Eduard 1991: Goldener Ring über Uri. Ein Buch vom Erleben und Denken unserer Bergler, von Magie und Geistern und von den ersten und letzten Dingen. Ammann, Zürich.
- Rieken, Bernd 2007: Angst vor dem Meer. Sturmfluten aus Sicht der volkskundlich-historischen Katastrophenforschung. In: Volkskunde in Rheinland-Pfalz 22, S. 23–48.
- Rieken, Bernd 2010: Schatten über Galtür? Gespräche mit Einheimischen über die Lawine von 1999. Ein Beitrag zur Katastrophenforschung. Münster, New York: Waxmann.
- Rieken, Bernd 2015: Homo narrans – das Unfassbare verarbeiten. Die Galtür-Interviews aus Sicht der Erzählforschung. In: Rieken, Bernd (Hg.): Wie bewältigt man das Unfassbare? Interdisziplinäre Zugänge am Beispiel der Lawinenkatastrophe von Galtür. Münster, New York: Waxmann (Psychotherapiewissenschaft in Forschung, Profession und Kultur. Schriftenreihe der Sigmund-Freud-Privatuniversität, Bd. 10), S. 107–135.
- Simon, Michael; Rieken, Bernd i.D.: Leben mit der Katastrophe. Die Lawine von Blons im Großen Walsertal 1954 (Arbeitstitel). Münster: Waxmann.
- Stötter, Johann; Meissl, Gertraud; Rinderer, Michael; Keiler, Margreth; Fuchs, Sven 2002: Galtür. Eine Gemeinde im Zeichen des Lawinenereignisses von 1999. In: Steinicke, Ernst (Hg.): Europaregion Tirol, Südtirol, Trentino: geographischer Exkursionsführer; mit zahlreichen Tabellen. Innsbruck: Geographie Innsbruck (Innsbrucker geographische Studien, Bd. 33), S. 167–184.
- Wechsberg, Joseph 1959: Blons. Geschichte einer Katastrophe. Hamburg: Wolfgang Krüger Verlag.
- Wessinger, Katherine A. 2021: Eco-Anxiety im Zeitalter des Klimawandels. In: Rieken, Bernd; Popp, Reinhold; Raile, Paolo (Hg.): Eco Anxiety – Zukunftsangst und Klimawandel. Interdisziplinäre Zugänge. Münster, New York: Waxmann 2021 (Psychotherapiewissenschaft in Forschung, Profession und Kultur, Bd. 33), S. 203–220.
- Yalom, Irvin D. 2015: Theorie und Praxis der Gruppenpsychotherapie. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Zurfluh, Anselm 1994: Uri, Modell einer traditionellen Welt? Eine ethno-geschichtliche Studie über die Urner Mentalität 17.–20. Jahrhundert. Forschungsinstitut zur Geschichte des Alpenraums, Brig / Thesis, Zürich (Reihe ars historica).

Bernd Rieken

bernd.rieken@univie.ac.at

Studium der Deutschen Philologie, Geschichte, Politikwissenschaft, Philosophie, Lehramt PPP und Volkskunde in Mannheim und Wien. Habilitation für Europäische Ethnologie (Volkskunde) in Wien, Professor an der Sigmund-Freud-Privatuniversität Wien, Psychotherapeut (Psychoanalytisch-Psychodynamische Therapie – Individualpsychologie) und Lehranalytiker in Baden bei Wien.



01 Wenn nicht mal die professionellen Rettungskräfte weiterhelfen können trifft das die Angehörigen völlig unvorbereitet und macht sie oftmals hilflos. (Quelle: Cornelia Forstner)

02 Lawinenabgang mit drei vermissten Personen – Psychosoziale Akutversorgung zwischen Hoffen und Bangen

Autorin Cornelia Forstner

Im Februar 2005 kehrten drei Männer von einer Wildfütterung am Fuße des Leobners nicht mehr ins Tal zurück. Zuvor hatte es mehrere Tage durchgehend geschneit. Die Vermutung, dass sie von der Lawine unfassbaren Ausmaßes mitgerissen wurden, blieb vorerst unbestätigt, da die Suchaktionen der Bergrettung und der Alpinpolizei nach drei Tagen ergebnislos eingestellt werden mussten. Das vorbildhafte Zusammenwirken und die transparente Krisenkommunikation der Behörden, der Einsatzkräfte und der psychosozialen Akutteams gegenüber den Hinterbliebenen und den Familienangehörigen, schaffte, trotz der traumatischen Erfahrung und der unfassbaren Situation, dass die Suche erfolglos eingestellt werden musste, eine Basis des Vertrauens und der Dankbarkeit.

Der Vortrag gibt einen Überblick zu psychosozialen Maßnahmen der Akutversorgung in der Akut- Übergangs- und Langzeitphase, zeigt Reaktionen von Menschen in Ausnahmesituationen auf, hebt Wirkfaktoren für Betroffene in der Bewältigung von traumatischen Erfahrungen hervor und unterstreicht

die Praxis mit internationalen Qualitätsrichtlinien und wissenschaftlichen Erkenntnissen.

Psychosoziale Unterstützungsmaßnahmen für Hinterbliebene, deren Angehörige und direkt Betroffene sowie Prävention und Nachsorge nach psychosozialen Belastungen im Einsatzwesen fanden in den letzten Jahrzehnten im Katastrophenschutzmanagement zunehmend Beachtung und gehören zu einem professionellen Krisenmanagement zur Bewältigung traumatischer Ereignisse dazu.

In der Steiermark gilt das Grubenunglück in Las-sing 1998 als Geburtsstunde des Aufbaues einer Struktur der psychosozialen Versorgung und diese wurde 1999 im Stmk. Katastrophenschutzgesetz gesetzlich verankert.

Wenn das Unfassbare Wirklichkeit wird – der Mensch in der Ausnahmesituation

Unerwartete, außerhalb der Vorstellungskraft liegende Ereignisse und Notfälle, wie plötzliche Todesfälle, Suizide, Unfälle mit Todesfolge oder Naturereignisse, wie z.B. Lawinen- oder Murenabgänge,

treffen Menschen völlig unvorbereitet, machen fassungslos, ohnmächtig und oftmals hilflos. Diese, als traumatisches Geschehen einzuordnende Situationen, sind häufig auch durch Reizüberflutungen (Gerüche, Geräusche, Bilder, u.a.m.) gekennzeichnet. In der Medizin versteht man unter einem Trauma eine gewaltsame Einwirkung auf den Körper mit nachhaltiger Schädigung (Schädel-Hirn-Trauma, Polytrauma). Dieses Sinnbild gilt auch für die psychische Traumatisierung, der eine seelische Verwundung folgern kann. Mit psychischen Traumatisierungen und den damit verknüpften Reaktionen von Betroffenen, beschäftigt sich die Wissenschaft vermehrt erst seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Vorerst galten die auf ein traumatisches Ereignis folgenden Verhaltensauffälligkeiten, wie solche nach einem Eisenbahnunglück oder bei Soldaten nach Fronteinsätzen, als rein organisch verursacht. Lange Zeit bestand auch der Verdacht, dass Menschen diese Reaktionen nur vortäuschen würden, um Vorteile für sich zu erzielen. So wurden sie oftmals auch als Simulanten bezeichnet (vgl. Hausmann 2021:44-45).

Fischer und Riedesser (2020) definieren das psychische Trauma als seelische Verletzung, die das seelische System aus dem Gleichgewicht bringt und durch seine Belastungsfaktoren die Bewältigungsmöglichkeiten überfordert. Sie beschreiben das Psychotrauma weiters als ein „vitales Diskrepanzerlebnis zwischen bedrohlichen Situationsfaktoren und den individuellen Bewältigungsmöglichkeiten, das mit dem Gefühl von Hilflosigkeit und schutzloser Preisgabe einhergeht und so eine dauerhafte Erschütterung des Selbst- und Weltverständnisses erwirkt.“ (Fischer & Riedesser 2020:92).

Diese traumatischen Situationen können in unserem Gehirn nicht mehr in normaler Weise verarbeitet werden, weil es in der rezeptorischen Sphäre zu Veränderungen kommt, die das Zeit- Raum- und Selbsterleben beeinflussen. Gestört wird auch die effektorische Sphäre, die eine Unterbrechung der Handlung folgert, die sich zwischen den Polen der Erstarrung und dem panikartigen Bewegungsturm äußern kann. Langfristig setzt sich der so genannte „Zeigarnik-Effekt“ – die Tendenz zur Wiederaufnahme unterbrochener Handlungen durch – welcher die verschiedenen Wiederholungstendenzen erklären kann. Zusätzlich werden die Schemata der Wahrnehmungsverarbeitung (Bilder, Gerüche, Geräusche, ...) durch traumatische Ereignisse strukturell verändert. Bis zu einem gewissen

Grad lassen sich neurophysiologische Veränderungen in der traumatischen Situation mit den Konzepten der Stressforschung beschreiben (vgl. Fischer & Riedesser 2020:92-93). So können Stressreaktionen auf vier Ebenen sichtbar werden:

1. Kognitiver Bereich: Enormer Stress kann zu Gedächtnisstörungen und Orientierungslosigkeit führen. Das Kurzzeitgedächtnis, die Merkfähigkeit, die Konzentrations- und Entscheidungsfähigkeit sind eingeschränkt. Dies reicht von jenen Situationen in denen Betroffene wiederholt nachfragen, was denn geschehen sei, bis hin zu Einsatzkräften, die schon tagelang im Einsatz stehen und aufgrund von Müdigkeit und Druck Fehlentscheidungen treffen.
2. körperliche Symptome: Schwitzen, Sprachstörungen, Herzrasen, erhöhter Blutdruck, schnelles Atmen, Appetitlosigkeit und Übelkeit kennzeichnen den Schockzustand.
3. emotionaler Ebene: Wut, Trauer, Ängste, das Gefühl überwältigt zu sein, eine gefühlte Ausweglosigkeit, Ohnmacht und Hilflosigkeit sowie eine emotionale Taubheit werden oftmals erlebt.
4. Die vierte Ebene weist auf mögliche Verhaltensveränderungen hin. Diese können sich in Abweichungen von vertrauten Verhaltensmustern verändertem Essverhalten, apathischem Verhalten mit Rückzugstendenzen, längerem Schweigen oder Vielreden, risikoreichem Verhalten, u.a.m. zeigen (vgl. Johnstone & Player 2019:10, 15-16 & Hausmann 2021:23-25).

Darüber hinaus gibt es allerdings spezifische, traumabezogene Veränderungen. So etwa die chronische Dysregulation der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenachse. Flashbacks und Pseudo-Erinnerungen sind traumaspezifische Symptome und lassen sich durch neurobiologische Vorgänge erklären. Symptome wie Depersonalisation (z.B. neben sich stehen, sich selbst zusehen) und Derealisation (ich komme mir vor wie im Film, es ist alles nur ein Traum) sowie Amnesien bei Menschen, die ein traumatisches Ereignis erlebten, bestätigen dies in der Praxis und dienen oftmals auch als Distanzierungsmöglichkeit zum Ereignis, da zum Beispiel flüchten nicht möglich und kämpfen als aussichtslos eingestuft wird. Die Einschränkung der Wahrnehmung in der peritraumatischen Situation zeigt sich in Form einer Verengung des Blickfeldes. Diese Phänomene dienen zur Selbsterhaltung

des psychobiologischen Systems und sichern das Überleben (vgl. Fischer & Riedesser 2020:92-93 & 124).

Die Ausführungen zur Psychotraumatologie lassen erahnen in welchen Ausnahmesituationen sich Menschen nach plötzlichen Ereignissen befinden und wie sie reagieren könnten. Wie bedrohlich und schlussendlich belastend ein traumatisches Ereignis jedoch schlussendlich erlebt wird, hängt von vielfältigen Faktoren, z.B. dem aktuellen physischen und psychischen Gesundheitszustand der Person, den aktuellen Lebensherausforderungen, den Vorerfahrungen, der jeweiligen Persönlichkeit, der Nähe zum Ereignis, etc. ab. Diese begründen auch unterschiedliche Belastungsgrade der Betroffenen sowie der Einsatzkräfte, denen es mit verschiedenen Unterstützungsangeboten zu begegnen gilt.

Was tun, wenn man das Geschehene nicht ungeschehen machen kann - psychosoziale Akutinterventionen und ihre Wirksamkeit

Die psychosoziale Akutversorgung von Betroffenen nach plötzlichen, unerwarteten, außerhalb der Vorstellungskraft liegenden Ereignissen hat sich in Österreich seit vielen Jahren etabliert.

Hilfe bei der unmittelbaren Bewältigung des Ereignisses und eine gezielte psychosoziale Frühintervention reduzieren die erlebte Hilflosigkeit und fördern die Bewältigungskompetenzen der Betroffenen und ihres sozialen Netzwerkes. Maßnahmen, die diesen Grundsätzen dienen, wirken daher nachweislich präventiv. Stein führt aus, dass frühzeitige Angebote nach akuten Traumatisierungen, möglichst unmittelbar nach dem Ereignis, das Risiko später Traumafolgestörungen zu entwickeln, herabsetzen. Positiv hebt Stein hervor, dass frühe Hilfsangebote mittlerweile gesellschaftliche Akzeptanz findet. Jedoch weist er auch darauf hin, dass die Selbstheilungskräfte nicht unterschätzt werden dürfen (vgl. Stein 2020:162).

Ziele der psychosozialen Akutversorgung (im deutschsprachigen Raum als „Psychosoziale Notfallversorgung“, PSN definiert) sind:

- ▷ Die Prävention von psychosozialen Belastungsfolgen
- ▷ Früherkennung von psychosozialen Belastungsfolgen nach belastenden Notfällen bzw. Einsatzsituationen
- ▷ Bereitstellung von adäquater Unterstützung und Hilfe für betroffenen Personen und Gruppen zur Erfahrungsverarbeitung
- ▷ Sowie die angemessene Behandlung von Psychotraumafolgestörungen und - bezogen auf Einsatzkräfte - einsatzbezogenen

psychischen Fehlbeanspruchungsfolgen (BBK 2012:20).

Phasen der psychosozialen Versorgung

In der Österreichischen Plattform haben sich im Sinne des zeitlichen Ablaufs von Maßnahmen die Begrifflichkeiten der Akut-, Übergangs- und Langzeitphase etabliert. Im deutschsprachigen Raum wird von psychosozialen Maßnahmen der Prävention und in der „kurz-, mittel-, und langfristigen Versorgung“ gesprochen (BBK 2012:20). Teams der Akutbetreuung unterstützen vor allem in der Akut- und Übergangsphase, bei Bedarf wird ein Informations- und Betreuungszentrum eingerichtet, und vermitteln dann an bestehende Beratungs- und Betreuungseinrichtungen oder veranlassen, vor allem nach Großschadenslagen und Katastrophen, wie z.B. nach der Amokfahrt in Graz und aktuell nach der Amoktat an einer Grazer Schule, dass ein Nachsorgezentrum eingerichtet wird. Dieses dient als Koordinations- und Clearingstelle („One stop shop“) zur Weitervermittlung und Vernetzung mit bestehenden Einrichtungen und zur gesicherten Informationsweitergabe (vgl. Richtlinie Psychosoziale Akutbetreuung 2013:52-53 & Richtlinie Großschaden 2012:6).

Die Maßnahmen der psychosozialen Versorgung gliedern sich in Phasen und werden an die Erfordernisse durch das Ereignis und die Bedürfnisse und Risikofaktoren der Betroffenengruppen und Einsatzkräfte individuell angepasst. Lassoga (2014) differenziert diese im „psychosozialen Versorgungsdreieck“ aus.

Grundlegende psychische Erste Hilfe wird bereits von den ersteintreffenden Einsatz- und Rettungskräften vor Ort geleistet. Oder auch von Laien, wie Angehörige oder ErsthelferInnen an einer Unfallstelle, die die Rettungskette in Gang bringen. Oftmals führt allerdings ein fehlendes Wissen über einen hilfreichen Umgang mit Notfallopfern dazu, dass nichts getan wird.

Meist erst danach treffen Kräfte der psychosozialen Akuthilfe ein und übernehmen die Betreuung. Je nach traumatischer Intensität des Ereignisses (viele Tote, viele Gruppen von Betroffenen, usw.) können Unterstützungsangebote auch in einer so genannten Übergangsphase, den nächsten Tagen, wie auch in einer Langzeitphase, den Wochen und Monaten nach dem Ereignis, erforderlich sein. Krüsmann und Müller-Cyran (2005:92) beschreiben das besondere Merkmal, dass sich die MitarbeiterInnen der psychosozialen Notfallversorgung zum Betroffenen in das traumatische Ereignis begeben und es sich um eine Geh-Struktur, im Gegensatz

zur Komm-Struktur von Beratungsstellen, handelt. Hervorzuheben ist, dass psychosoziale NotfallhelferInnen eine wichtige Funktion in der Betreuung von Menschen in Notsituationen haben, jedoch nur dann, wenn sie gut ausgebildet sind und die Grenzen der Betreuung wahren (vgl. Lassoga 2014:111-115). In Österreich bestehen seit dem Jahr 2003 Richtlinien zur Ausbildung, zu den Zulassungskriterien, den Fortbildungserfordernissen und der Qualitätssicherung, die in einem Leitfaden (2019) von der Österreichischen Plattform Akutbetreuung/Krisenintervention/Stressverarbeitung nach belastenden Ereignissen verschriftlicht wurden. Dieser gehören 10 Mitgliedsorganisationen (www.plattform-akutbetreuung.at) an.

An dritter Stelle im Versorgungsdreieck Lassoga (2014) stehen die Fachkräfte, die je nach Situationsanforderungen hinzugezogen werden müssen und an unterschiedlichen Orten tätig werden. PsychologInnen zum Beispiel bringen ihre Kompetenzen im Rahmen der psychischen Diagnostik ein. SozialarbeiterInnen werden zur Bewältigung von sozialen Problemlagen herangezogen. Bei körperlichen Beschwerden, sollten MedizinerInnen im besten Fall jene, die mit der Psychosomatik vertraut sind, hinzugezogen werden, bei psychiatrischen Reaktionen PsychiaterInnen. Handlungsbedarf besteht in der Sicherstellung der Alarmierung und der Übergaben zwischen den Hilfesystemen (vgl. Lassoga 2014:115-117).

Wirkfaktoren in der psychosozialen Akutintervention - Was ist wie zu tun?

Hobfoll et al. (2007) zeigten in ihrer wissenschaftlichen Überblicksarbeit auf, dass sich vor allem Interventionen als positiv wirksam erweisen, die Sicherheit, Beruhigung, Selbstwirksamkeit, Verbundenheit und Zukunftsorientierung vermitteln.

Sicherheit: Die äußere Sicherheit wird wiederhergestellt, indem Betroffene von der Gefahrenstelle weg an einen gesicherten Ort gebracht werden, eine psychosoziale und bei Bedarf auch eine medizinische Versorgung sichergestellt wird, Schutz vor Medienvertreterinnen oder Schaulustigen geboten wird u.a.m. Die Weitergabe von gesicherten Informationen und Informationen zu Abläufen, um Antworten auf sich aufdrängende Fragen zu erhalten, stärkt das Grundvertrauen.

Beruhigung: Mit Beruhigung sind in der Akutphase die Stressreduktion sowie eine äußerliche und innerliche Distanzierung zu verstehen, um Abstand zum Ereignis zu gewinnen. Als hilfreich haben sich dabei Psychoedukation, Gespräche, die Förderung

positiver Emotionen, gezieltes Spiel und Ablenkung bei Kindern, das Durchführen von Stressbewältigungstechniken wie z.B. Bewegung in der Natur oder Entspannungstechniken erwiesen.

Selbstwirksamkeit: Sie wird dadurch gefördert Menschen anzuleiten, und es ihnen auch zuzutrauen, selbst bei der Bewältigung des Notfalles mitzuwirken, sie ins Handeln zu bringen. Es ist wichtig Betroffenen, im überschaubaren Rahmen, Entscheidungen zuzumuten und sich dadurch wieder selbst wirksam zu spüren. Handeln und Entscheiden sind das „Gegengift“ gegen Ohnmacht und Hilflosigkeit

Verbundenheit - Einbeziehung des sozialen Umfeldes: Mit Verbundenheit sind die rasche Aktivierung der sozialen Kontakte mit Familienangehörigen, FreundInnen und zu den Betroffenen untereinander sowie die Sicherstellung von sozialer Unterstützung zu verstehen.

Zukunftsorientierung und stellvertretende Hoffnung: Erste kleine Schritte in die nahe Zukunft werden besprochen und vorbereitet. Dadurch werden sie bewältigbar. Zum Beispiel kann es wichtig sein, dass niemand in der Nacht alleine ist oder wer die Kinder ins Bett bringt. Die Verwendung des Begriffs Hoffnung soll in diesem Zusammenhang die Zuversicht in eine positive Zukunft vermitteln. Dies kann in der Akutphase, wo Leid und Trauer vorherrschen jedoch auch missinterpretiert werden und negative Reaktionen hervorrufen. Vielmehr sind HelferInnen Symbole für die stellvertretende Hoffnung, da sie durch das Wissen über Abläufe und durch das

02 Das Kriseninterventionsteam Steiermark erreicht man unter der Notrufnummer 130. |



positive Verstärken von beginnender Selbsthilfe vermitteln, dass es außerhalb der herausfordernden Situation noch ein „anderes“ Leben geben kann (vgl. Hausmann 2021:150-153, ergänzt durch Forstner).

Strukturen der psychosozialen Versorgung

In komplexen Betreuungslagen, Großschadens- und Katastrophenfällen werden die jeweiligen Einsatzstrukturen der Organisationen und Behörden aufgebaut. Auch für den psychosozialen Betreuungseinsatz besteht ein erhöhter Koordinations- und Planungsbedarf und daher auch die Notwendigkeit einer eigenen Einsatzleitungsschiene. Wichtig ist die Einbindung des psychosozialen Einsatzleiters/der psychosozialen Einsatzleiterin in die jeweiligen Einsatzleitungen vor Ort (Polizei, Feuerwehr, Bergrettung, ...) sowie in die behördlichen Einsatzstrukturen. Es bedarf dem Aufbau guter Führungsstrukturen mit ausreichend geschulten psychosozialen Führungskräften sowie der Entsendung von psychosozialen Verbindungsorganen/ FachberaterInnen in bezirkswerte, landesweite bzw. bundesweite (behördliche) Einsatzstäbe (vgl. Richtlinie Großschaden 2012:3).

Maßnahmen der psychosozialen Akutversorgung nach dem Lawinenabgang am Leobner:

Die erste groß angelegte Suchaktion der Bergrettung, der Hundeführer und der Alpingendarmarie musste wegen akuter Lawinengefahr vorerst abgebrochen werden. Erst als die Schneemengen abgesprengt waren, konnte die Suche nach den Vermissten weitergeführt werden. Alle technischen und personellen Möglichkeiten wurden ausgeschöpft. Ein Bagger wurde mit dem Hubschrauber zum Lawinenkegel gebracht, ein Spezialist mit seinen Dampfsonden aus Tirol eingeflogen, das Bundesheer zur Suche eingesetzt. Das Kriseninterventionsteam des Landes Steiermark wurde vom Bezirksgendarmeriekommando alarmiert, um die, im örtlichen Gasthaus eingetroffenen Angehörigen zu betreuen. Die KIT-AkutbetreuerInnen gingen auf die Betroffenen zu, begleiteten die Fassungslosigkeit und das Nicht-Wahrhaben-Können, informierten über die Tätigkeiten am Lawinenkegel und die geplanten weiteren Schritte der Suche. Zu Beginn der Betreuung bestand noch Hoffnung, alle drei lebend zu finden. „Vielleicht haben sie sich in eine Hütte retten können, vielleicht sind sie auf einem anderen Weg ins Tal zurückgekehrt...“, versuchten die Angehörigen sich zu beruhigen. Insgesamt wurden an diesem Wochenende täglich bis zu 40 Familienmitglieder betreut. Bis zu 200 Einsatzkräfte und 14 KIT-AkutbetreuerInnen waren vor Ort. Besonders hervorzuheben war das strukturierte und koordinierte Zusammenwirken der Behörde mit den Einsatzkräften in der Gesamteinsatzleitung. Vor 20 Jahren war dies noch nicht selbstverständlich, ermöglichte es jedoch, eine Vertrauensbasis mit den Betroffenen herzustellen, die trotz Abbruch der Suchaktion eine Dankbarkeit, dass alles versucht und getan wurde, auslöste. Schon damals wurde sichtbar, wie wertvoll es sein kann, wenn psychosoziale AkutbetreuerInnen den Einsatzkräften den „Rücken freihalten“, damit diese ihre wichtigen Aufgaben in Einsatzleitungen und vor Ort erfüllen können. Edwin Benko, fachlicher Leiter KIT-Land Steiermark, brachte die psychosoziale Expertise als KIT-Einsatzleiter und Fachberater in die Gesamteinsatzleitung ein und stellte den Rahmen und die Struktur für den psychosozialen Einsatz sicher. Die AkutbetreuerInnen waren gefordert, alle Betroffenen auf dem Weg vom Hoffen und Bangen um das Leben ihrer Männer, über die Tatsache hin, dass sie nicht mehr lebend gerettet werden können, zu der Erkenntnis hinzuführen, dass die Suche eingestellt werden muss. Die Schneemassen und das Flächenausmaß der Lawine wurden den Angehörigen zuerst durch Bilder und danach auch durch



04 Hundeführer mit ihren Suchhunden werden in zahlreichen Fällen als Unterstützung bei der Suche nach Vermissten herangezogen. |

eine gesicherte Besichtigung des Lawinenkegels nähergebracht, sodass sie schließlich selbst zur Einsicht kamen, dass ihre Männer diese Naturgewalt nicht überlebt haben können. Ein Ritual und das Entzünden einer Kerze trugen zu einem ersten kleinen Schritt der Realisierung bei, dass die Männer vermutlich tot sind. Um den Angehörigen Sicherheit und das Gefühl nicht allein gelassen zu werden zu vermitteln, wurde die Betreuung in der Übergangsphase durch eine Sozialarbeiterin weitergeführt. Die Begleitung hatte zum Ziel, offene Fragen, Sorgen und Bedürfnisse der Angehörigen wahrzunehmen und mit ihnen Lösungsmöglichkeiten zu erarbeiten, sodass sie selbst wieder handlungsfähig werden. Zusätzlich führten die Polizei und die Bergrettung tägliche Patrouillen am Lawinenkegel durch.

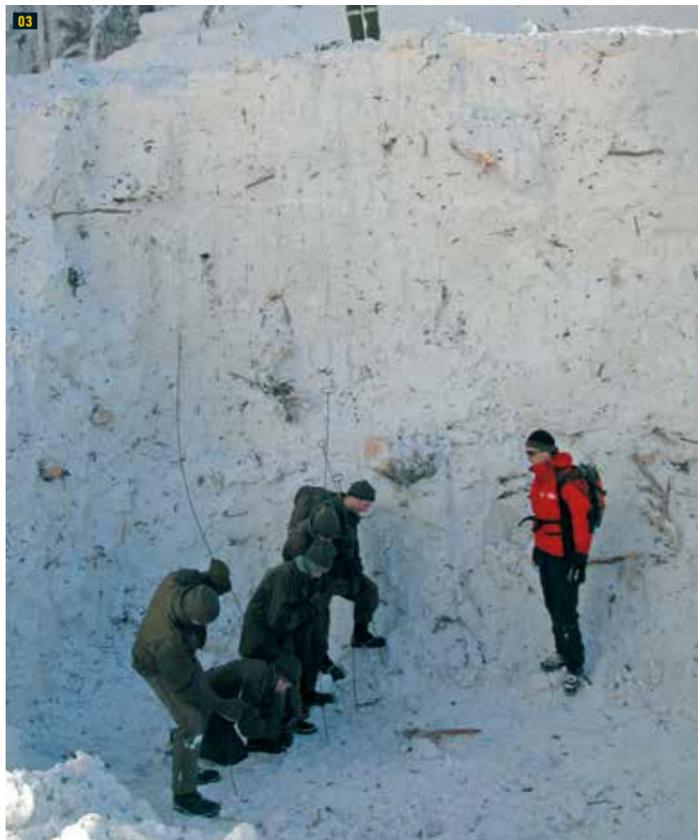
Im März 2005 wurde dann eine Gebietsübung der Bergrettung am Lawinenkegel durchgeführt, die wiederum ohne Suchergebnis blieb. Hinterbliebene und Angehörige waren vor Ort und wurden in den Stunden des Wartens psychosozial betreut. Der Bezirkspolizeiinspektor klärte die drei betroffenen Frauen über die Notwendigkeit von DNA-Material ihrer Männer auf, das von Kriminalbeamten im Beisein der Sozialarbeiterin dann eingeholt wurde. Vier Tage später wurde der erste Vermisste tot aufgefunden. Bei der Überbringung der Todesnachricht begleiteten zwei KIT-Mitarbeiter die Polizei. Im Mai

2005, drei Monate nach dem Abgang der Lawine, wurden schlussendlich, mit Hilfe der Rettungshunde und der Dampfsonden, die zwei vermissten Männer unter vier Meter tiefem Schnee tot aufgefunden und geborgen. Die Angehörigen wurden nach Absprache mit der Einsatzleitung persönlich verständigt, bevor die Presse informiert wurde, und fanden sich anschließend im Gasthaus ein, wo sie wiederum betreut wurden. In der Übergangszeit bis Juni war die Sozialarbeiterin mit den Familien in stetem Kontakt, um regelmäßig über die Tätigkeiten auf dem Lawinenkegel zu informieren, über Ängste, Sorgen und die Hoffnungen, die Leichname der Männer zu finden zu sprechen und sie so in ihrer Trauerarbeit zu begleiten. Weiters galt es rechtliche Fragen zu klären (One-Stop-Shop) und bei Bedarf zu weiterführenden Beratungsangeboten zu vernetzen. Im Rückblick betrachtet kann festgehalten werden, dass damals schon richtlinienkonform gearbeitet wurde.

Gesunde gesund erhalten – psychosoziale Unterstützung für Einsatzkräfte

Es ist Aufgabe der Leitungs- und Führungspersonen nach besonders schweren und belastenden Einsätzen für die Gesunderhaltung der Einsatzkräfte zu sorgen. Im Gegensatz zu jenen Menschen die unmittelbar vom plötzlichen Ereignis z.B. als Hinterbliebene oder Angehörige (Primärbetroffene)

03 Groß angelegte Suchaktion der Bergrettung mit Unterstützung der Alpingendarmarie. (Quelle: Cornelia Forstner)



betroffen sind, sind Einsatzkräfte wiederum dem Risiko ausgesetzt, Sekundärbetroffene zu werden. Dies bedeutet, dass das bloße Miterleben des Leidens von Menschen in Not bzw. auch die Schilderungen von traumatischen Ereignissen auch bei den Helfenden zu belastenden Stressreaktionen, wie z.B. wiederkehrende Erinnerungen, Bilder, Geräusche, Gerüche, Vermeidungsverhalten, sozialer Rückzug, u.a.m. führen können. Einsatzkräfte können jedoch auch zu Primärbetroffenen werden, wenn sie im Einsatz in Situationen gelangen, wo sie mit ihrem eigenen Leben bedroht sind. Weitere Umstände können die Belastung verstärken, wie zum Beispiel die außergewöhnliche Dimension des Ereignisses, eine Vielzahl an Toten, die persönliche Bekanntschaft zu einem Opfer oder eine Ähnlichkeit zur privaten Lebenssituation usw.

Sehr gute Ausbildungen, Einsatzerfahrung, körperliche Fitness, gute Kenntnis über die eigenen Fähigkeiten, Grenzen, klare Aufträge sowie eine positive Lebenseinstellung sind wesentliche Voraussetzungen für Einsatzkräfte, um trotz der herausfordernden Tätigkeit und der Konfrontation mit Chaos, Leid und Verzweiflung u.v.m. stressresistent zu sein und gesund zu bleiben. Weitere Faktoren, die die Gesunderhaltung positiv beeinflussen sind eine umgehende Reaktion und Unterstützung durch den Vorgesetzten, die soziale Anerkennung und die soziale Unterstützung, das Gespräch und der Austausch mit KollegInnen und bei Bedarf auch mit Außenstehenden. Grundsätzlich ist anzumerken, dass es besser ist, über das Ereignis zu sprechen als zu schweigen und dass jemand, der sich Unterstützung holt Klugheit zeigt und keine Schwäche (vgl. Hausmann 2021:316-322).

Für Einsatzkräfte wurden eigene Maßnahmen zur Stressverarbeitung nach belastenden Einsätzen entwickelt, die sich von der Betreuung von Angehörigen und Betroffenen in wesentlichen Punkten sowie in der Methodik unterscheiden. Ziel dieser Maßnahmen ist es offene Fragen zu klären, das Erlebte in Worte zu fassen und für alle, die am Einsatz beteiligt waren, ein Gesamtbild zu entwickeln. Dabei stehen die Gruppenkompetenzen und -ressourcen, die Anerkennung der erbrachten Leistung, die Informationen über Stress- und Stressmanagement und notwendige Handlungsschritte, um wieder gut in den nächsten Einsatz gehen zu können, im Vordergrund.

In der Steiermark können die Angebote der psychosozialen Akutversorgung für Hinterbliebene und Angehörige, als auch für Einsatzkräfte über die Landeswarnzentrale unter der Notrufnummer 130 rund um die Uhr angefordert werden und stehen allen kostenlos zur Verfügung.

Literatur

- Benko, E. (2014). Das Modell der psychosozialen Akutbetreuungsarbeit in der Steiermark. Entwicklungen, Brüche und Aussichten. In Claudia Höfner & Franz Holzhauser (Hrsg.), *Freiwilligenarbeit in der Krisenintervention. Entwicklungen, Bedeutungen, Grenzen* (S. 192-210). Wien: Facultas.
- Fischer, G. & Riedesser, P. (2020): *Lehrbuch der Psychotraumatologie*. 5. Auflage. München, Basel: Ernst Reinhard.
- Hausmann, Clemens (2021): *Interventionen der Notfallpsychologie. Was man tun kann, wenn das Schlimmste passiert*. 2. Auflage. Wien: Facultas Verlag.
- Hobfoll, Stefan/Watson, Patricia/Bell, Carl/Bryant, Richard/Brymer, Melissa/Friedman, Matthew/Friedman, Merle/Gersons, Berthold/de Jong, Joop/Layne, Christopher/Maguen, Shira/Neria, Yuval/Norwood, Ann/Pyne, Robert/Reissman, Dori/ Ruzek, Josef/Shalev, Arieh/Solomon, Zahava/Steinberg, Alan/ Ursano, Robert (2007): *Five essential elements of immediate and midterm mass trauma intervention*. In: *Psychiatry*, 70, S. 283-315.
- Johnstone, Matthew/Player Michael (2019): *Kein Stress! Wie sie Stress und Angstgefühle bewältigen und gelassener werden*. München: Kunstmann.
- Krüsmann, Marion/ Müller-Cyran Andreas (2005): *Trauma und frühe Interventionen. Möglichkeiten und Grenzen von Krisenintervention und Notfallpsychologie*. Stuttgart: Pfeiffer bei Klett-Cotta.
- Lasogga, Frank (2014): *Die Grenzen der Laienhilfe in der Notfallpsychologie*. In C. Höfner & F. Holzhauser (Hrsg.), *Freiwilligenarbeit in der Krisenintervention. Entwicklungen. Bedeutungen. Grenzen*. Wien: Facultas.
- Stein Claudius (2020): *Spannungsfelder der Krisenintervention. Ein Handbuch für die psychosoziale Praxis*. Stuttgart: Kohlhammer.

Richtlinien

Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Koordinationsstelle Krisenintervention. (2013): *Richtlinie Psychosoziale Akutbetreuung*. Land Steiermark.

BBK. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.) (2012): *Psychosoziale Notfallversorgung: Qualitätsstandards und Leitlinien*. Teil I und II. 3. Aufl. Bonn: BBK.

EUTOPA (2009): *European guideline for target group oriented psychosocial aftercare*. Available at: <http://www.eutopa-info.eu>

Österreichische Plattform Krisenintervention (2012): *Richtlinie für komplexe Betreuungslagen/ Großschadensereignisse/Katastrophen*. www.plattform-akutbetreuung.at

Österreichische Plattform Krisenintervention (2019): *Leitfaden. Version 7*. www.plattform-akutbetreuung.at

TENTS Guidelines for psychosocial care following disasters and major incidents (2008).

The European Network for Traumatic Stress. Available at: <http://www.tentsproject.eu>

Cornelia Forstner, MA MSc

cornelia.forstner@stmk.gv.at

Leiterin der Koordinationsstelle Krisenintervention/Kriseninterventionsteam KIT-Land Steiermark, Sozialarbeiterin, Supervisorin, Coach und Fachhochschullektorin am Studiengang Soziale Arbeit FH JOANNEUM

Ausgewählte Publikationen

Forstner, Cornelia (2021). *Vom fremdinitiierten Kontaktangebot zur hilfreichen Hilfe*. *soziales_kapital. wissenschaftliches journal österreichischer fachhochschul-studiengänge soziale arbeit*. Nr. 25 (2021). <http://www.soziales-kapital.at/index.php/sozialeskapital/article/view/711/1310.pdf>

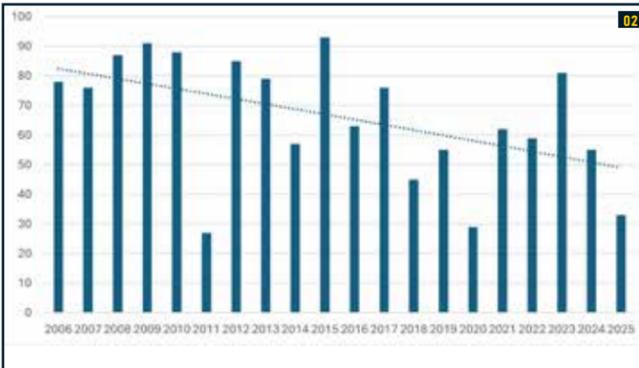
Masterthesis: *Wissensmanagement in Arbeitsbeziehungen zu Ehrenamtlichen* (2016). Fakultät für Psychologie der Sigmund Freud Privat Universität Wien. Institut für Beratungs- und Managementwissenschaften. Studienrichtung: Universitätslehrgang Beratungswissenschaften und Management sozialer Systeme.

Masterthesis: *Grubenunglück in Lassing 1998 – Die Geburtsstunde der psychosozialen Akutbetreuung in der Steiermark – ein Team aus SozialarbeiterInnen, PsychotherapeutInnen und PsychiaterInnen übernimmt die Akutbetreuung der betroffenen Familien und Werksarbeiter. Welche Kompetenzen sind notwendig, um in der Katastrophe Betroffene in der Akutphase psychosozial zu betreuen zu können und dabei seine eigene psychische Gesundheit nicht zu gefährden?* (2009). Studiengang Soziale Arbeit. Sozialarbeitswissenschaft und Sozialmanagement. FH JOANNEUM Graz.

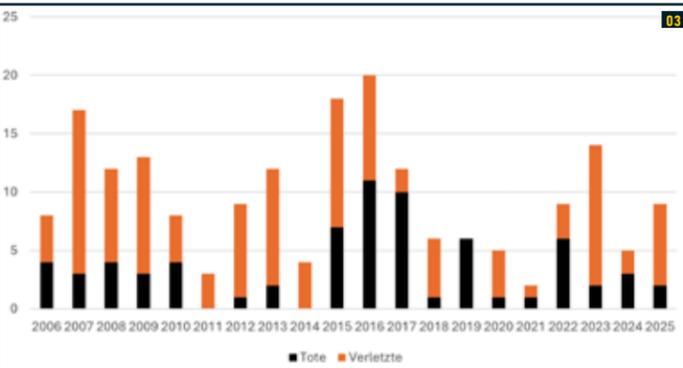




01 Ein Lawinenunfall am 6. Februar 2016 in Lizum endete mit 5 Toten. (Foto: Walter Würtl) |



02 Verletzte und Tote bei Lawinenunfällen in Österreich. (Quelle: ÖKAS 2025) |



03 Verletzte und Tote bei Lawinenunfällen in Österreich bei geführten Touren (Abfahrten). (Quelle: ÖKAS 2025) |

03 Lawinenunfälle bei geführten Touren

Autor:innen Walter Würtl, Susanna Mitterer

Eine Datenauswertung

Lawinenunfälle bekommen immer größte Aufmerksamkeit in der Öffentlichkeit. Ist dabei eine geführte Gruppe betroffen, ist ein Platz auf der Titelseite garantiert und schnell entsteht der Eindruck, dass es eine Vielzahl von Lawinenunfällen, insbesondere auch bei geführten Touren gibt. Wie die Unfallzahlen in Österreich tatsächlich aussehen, hat sich Walter Würtl mit Hilfe von Susanna Mitterer vom Kuratorium für Alpine Sicherheit angesehen und einige kritische Schlussfolgerungen gezogen.

Die Datengrundlage

Grundlage der vorliegenden Analyse sind die Daten des Österreichischen Kuratoriums für Alpine Sicherheit (ÖKAS), das sich seit Jahrzehnten darum bemüht, mit Hilfe der Alpinunfallstatistik Präventionsarbeit zu leisten bzw. zu ermöglichen. Die Daten selbst werden von der Alpinpolizei mit großem Engagement erhoben, was aus fachlicher Sicht äußerst wertvoll ist, da die Qualität der Daten damit sehr hoch ist. Trotzdem muss angemerkt werden, dass es v.a. im Bereich der unverletzten und leicht verletzten Personen eine gewisse Dunkelziffer gibt, da in diesen Fällen oft keine Rettungsaktion

gestartet wird und damit der Vorfall unbekannt bleibt. Andererseits ist aber die Zahl der Lawinentoten und der schwer verletzten Personen sehr gut abgesichert und damit absolut zuverlässig. In der vorliegenden Auswertung wurde ein Datensatz berücksichtigt, der den Zeitraum 06.01.2006 – 01.04.2025 umfasst und 614 Personen enthält, die bei einem Lawinenunfall einer geführten Tour/Abfahrt beteiligt waren. Da es im folgenden Beitrag nur um die Unfälle geht und nicht darum, wie sich ein Winter lawinenmäßig entwickelt hat, werden die Zahlen nach Jahren und nicht nach Saisonen (z.B. Winter 2021/22) dargestellt, dies bedeutet, dass das Jahr 2025 noch nicht abgeschlossen ist und somit nur begrenzt mit anderen Jahren verglichen werden kann.

Sicherheit als zentrales Leistungsversprechen bei geführten Touren

Während man beim Bergsteigen allgemein gesehen immer mit der Eigenverantwortung oder dem Alpinmantra „Jeder hat das Recht aufzubrechen, wohin er will!“ argumentieren kann, muss dieser Punkt im Zusammenhang mit geführten Touren differenzierter betrachtet werden. Es ist nämlich der elementare Bestandteil der

„Führungsarbeit“, dass eine sachkundige Person wenigstens ein Stück der Verantwortung übernimmt, weil es die Geführten nicht können oder nicht wollen. Das zentrale Leistungsversprechen ist dabei Sicherheit!

Beispielhaft für dieses Versprechen steht der Slogan auf der Startseite der Homepage der österreichischen Berg- und Skiführer, wo in Großbuchstaben zu lesen ist: „DIE BERGE IN SICHERHEIT ERLEBEN“. Dass daraus eine hohe Erwartungshaltung bei den Kund*innen resultiert ist nachvollziehbar! Unfälle bei geführten Touren passen hier natürlich nicht ins Bild. Sicherheit als Leistungsversprechen betrifft aber nicht nur die Berg- und Skiführer, sondern alle, die Verantwortung übernehmen und mit Gästen oder Kursteilnehmer*innen in die Berge gehen, also auch Vereinsführer*innen, Wanderführer*innen, Skilehrer*innen, Instruktor*innen sowie Lehr- und Aufsichtspersonen.

Zahlen, Daten, Fakten

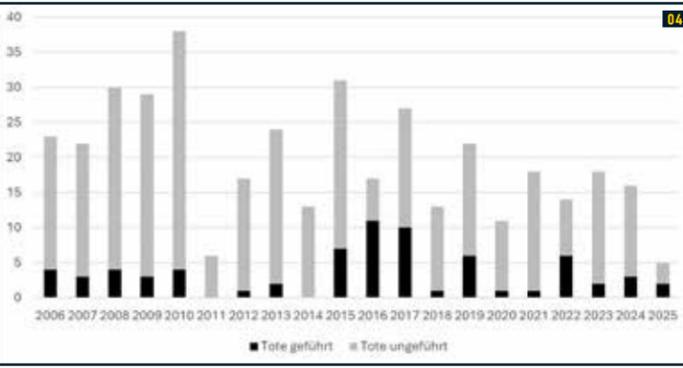
Betrachtet man die Entwicklung bei der Zahl der Personen, die bei Lawinenunfällen in den letzten 20 Jahren verletzt oder getötet wurden, ist erfreulicherweise ein deutlicher Trend nach unten festzustellen. Die günstige Entwicklung ist tatsächlich noch etwas stärker ausgeprägt als im Diagramm dargestellt, da in den letzten 20 Jahren die Zahl der Personen, die in den winterlichen Bergen unterwegs sind, permanent zugenommen hat. Bewusst sind in Abbildung 2 nicht nur die Toten dargestellt, sondern auch die Verletzten, denn ob eine Lawine mit einer Verletzung oder mit dem Tod endet, ist meist nur Glück – respektive Pech! Wie oben erwähnt ist das Jahr 2025 noch nicht vollständig und daher kann man es nicht mit den anderen Jahren vergleichen, da unter Umständen noch mit weiteren Lawinenopfern gerechnet werden muss.

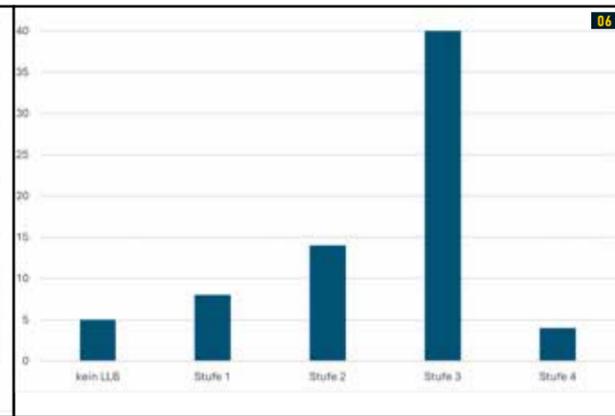
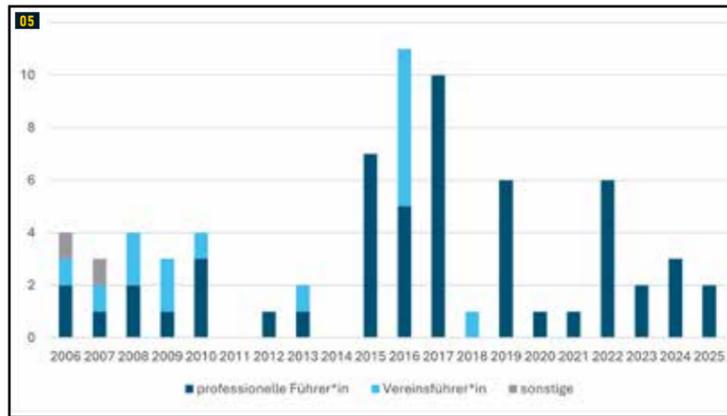
Schaut man sich nur die Verletzten und Toten bei geführten Touren in den letzten 20 Jahren an, ergibt das eine Gesamtsumme von 193 Personen (Verletzt oder Tot) bei 118 Unfällen. 71 Personen kamen in Lawinen ums Leben und 122 Personen wurden verletzt. Ein deutlicher Trend nach oben oder nach unten lässt sich hier nicht erkennen. Tatsächlich ist es so, dass oft wenige Unfälle mit mehreren Opfern, die Statistik wesentlich beeinflussen und einzelne Jahre als besonders unfallträchtig erscheinen lassen.

Unter dem Gesichtspunkt der Sicherheit als zentrales Leistungsversprechen von Führenden sind diese Zahlen durchaus unerfreulich und bringen eindeutig zum Ausdruck, dass die Lawinengefahr von den Führungspersonen bei weitem nicht gut genug beherrscht wird!

Von den insgesamt 394 Lawinentoten, die in der Statistik des ÖKAS in den letzten 20 Jahren erfasst wurden, waren 71 Personen (18 %) geführt und 323 Personen (82 %) ungeführt unterwegs. Dass fast jeder 5. Lawinentote in den letzten 20 Jahren bei einer geführten Tour oder Abfahrt ums Leben kam,

04 Lawinentote in Österreich unterteilt in geführte und ungeführte Personen. (Quelle: ÖKAS 2025) |





05 Lawinentote in Österreich bei geführten Touren und Abfahren. (Quelle: ÖKAS 2025) |

06 Lawinentote in Österreich bei geführten Touren in Abhängigkeit der Gefahrenstufen. (Quelle: ÖKAS 2025) |

ist insofern bemerkenswert, da in der Praxis mit Sicherheit nicht jede 5. Person geführt unterwegs war. Dies würde in der Schlussfolgerung bedeuten, dass das Todesrisiko bei geführten Touren höher ist als bei ungeführten Touren! Zu erwarten wäre hingegen, dass die Führungspersonen aufgrund ihrer Ausbildung und ihrer Erfahrung viel weniger Lawinenunfälle haben sollten als die Führungsquote, da sie ihre Kenntnisse und Fähigkeiten zur Vermeidung dieser tödlichen Gefahr zielgerichtet einsetzen können. Offensichtlich gibt es in Führungssituationen aber Dynamiken, die den Wissensvorsprung und die Erfahrung in negativer Sicht überkompensieren.

Von den 71 Lawinentoten bei geführten Touren wurden 15 Personen von Vereinsführer*innen (21 %) und 54 Personen (76 %) von professionellen Führer*innen geführt. Zu letzteren zählen Berg- und Skiführer*innen (46 *), Skilehrer*innen (7 *) und Wanderführer*innen (1 *).

Eine Relativierung dieser hohen Unfall- bzw. Opferzahlen im „Profisegment“ mit dem Argument, dass die Profis erstens sehr viele und zweitens sehr anspruchsvolle Touren machen würden, ist natürlich unsinnig! Wäre dies tatsächlich so, müsste man nämlich vor erfahrenen Bergführern ebenso dezidiert warnen, wie vor erfahrenen Pilotinnen oder Chirurginnen, die viele und anspruchsvolle Operationen machen!

Die Zahl von durchschnittlich rund 10 Personen, die pro Jahr bei geführten Touren in Lawinen verletzt oder getötet werden, zeigt vielmehr auf, dass es hier enormen Handlungsbedarf gibt und zwar explizit bei den Berg- und Skiführern!

Wo liegen mögliche Problemfelder im Umgang mit Lawinengefahr im Führungskontext?

Um nicht nur aufzuzeigen, dass es ein durchaus veritables Problem mit Lawinen im Führungs-

kontext gibt, sondern auch was eventuell Gründe dahinter sein könnten, werden nachfolgend einige Punkte kurz andiskutiert.

Lawinengefahr ist (zumeist) unsichtbar!

Auch wenn diese Erkenntnis nicht gerade bahnbrechend ist, hat sie doch eine elementare Bedeutung, denn bei den allermeisten Lawinenunfällen hat es keine im Vorhinein erkennbaren Anzeichen für Lawinengefahr gegeben. Sogenannte Alarm- und Gefahrenzeichen wie: frische Lawinen, Setzungsgeräusche, Risse, starke Durchfeuchtung etc. sind insgesamt gesehen bei weitem nicht immer vorhanden. Wenn sie auftreten und man noch Zeit für eine Reaktion hat, dann führen sie in der Regel auch zu richtigen Handlungen. Bleiben diese direkten Hinweise aber aus, so können selbst erfahrene Expert*innen eine drohende Lawinenauslösung nicht erkennen oder auch nur mit annähernder Genauigkeit voraussagen! Die Lawinenwarnung hilft den Wintersportlern in diesem Zusammenhang nicht, da nur allgemein gültige Aussagen in großem Maßstab gegeben werden.

Lawinenwarnung ist zu unspezifisch!

Obgleich es große Anstrengungen und auch bemerkenswerte Fortschritte seitens der Lawinenwarndienste gibt, ist und bleibt die Lawinenwarnung in der Praxis zu unspezifisch. Allein die Tatsache, dass eine Gefahrenstufe bzw. auch die zugehörigen Lawinenprobleme und die textlichen Ausführungen immer für eine ganze Region gelten und die Besonderheiten eines Einzelhangs nicht abgebildet werden können, zeigt die Grenzen der Warnung deutlich auf. Wenn die Warnung aber nicht am Einzelhang gilt, dann nützt sie dem Anwender in letzter Konsequenz zu wenig. In diesem Sinne muss man die Warnungen zwar ernst nehmen, in die Planung bestmöglich einbeziehen, sie aber insgesamt gesehen nicht überschätzen.

Stets ist zu bedenken, dass es sich um eine Prognose für Regionen handelt, die hunderte, meist tausende Quadratkilometer groß sind. Analog zum Wetterbericht ist es zwar enorm hilfreich zu wissen, dass in den Hohen Tauern morgen nachmittags mit Gewittern zu rechnen ist, ob es dann aber am Großvenediger Nordgrat um 14:32 Uhr zu einem Blitzschlag kommt oder nicht, kann der Wetterbericht natürlich nicht wissen. Ein Blitzschlag ist ein wenig vergleichbar mit einem Lawinenabgang, auch wenn im Lawinenlagebericht von möglichen oder wahrscheinlichen Lawinen in der ganzen Warnregionen gesprochen wird, so findet man tatsächlich trotzdem nur wenige Lawinen.

Betrachtet man die 71 Lawinentoten in Abhängigkeit der Lawinengefahrenstufe, so kann man feststellen, dass die Warnungen bei Gefahrenstufen 4 und 5 (große und sehr große Lawinengefahr) mit kleinen Einschränkungen an den wenigen Tagen, an denen diese ausgegeben wurden, gut gewirkt haben. Diese Wirkung ist bei den anderen Gefahrenstufen nicht so eindeutig festzustellen. Bei erheblich (Stufe 3) stellt sich die Frage, warum die Warnungen beim Führungspersonal nicht angekommen sind und bei Stufe 1 und 2 (gering und mäßig) stellt sich die Frage, warum es trotz der „günstigeren Verhältnisse“ immer noch zu 22 Lawinentoten gekommen ist?

Aus der Unfallstatistik lässt sich keine fachlich tragfähige Beziehung zwischen Lawinengefahrenstufe und Hangneigung erkennen!

Eine Erklärung für die Fragen oben ist u.a. in der Tatsache begründet, dass es keine ausreichend gute Beziehung zwischen der Hangneigung und der Lawinengefahrenstufe gibt, wie sie von zahlreichen (Reduktions-)Methoden und vielen zugehörigen Studien propagiert wird. Auch wenn es in den unterschiedlichen Lehrmeinungen und Strategien der letzten Jahrzehnte in Stein gemeißelt scheint und gebetsmühlenartig wiederholt wird, bleibt die Tatsache, dass selbst bei großzügiger Auslegung 48 von 71 Tote trotz Verwendung sogenannter Reduktionsmethoden nicht zu verhindern gewesen wären. Das bedeutet, dass dieser Methoden in zwei Dritteln der Unfälle zeigen, dass sie falsch sind! Die hypothetische Behauptung, dass diese Methoden in unzähligen Fällen einen Unfall verhindert haben und somit sehr wirksam sind, darf zwar aufgestellt werden, der Beweis dieser Behauptung bleibt aber vage, da die Datenlage letztlich zu dünn ist.

Fakt bleibt, eine retrospektive Trefferquote von 67,6% ist absolut indiskutabel und steht auch der

Tatsache im Weg, dass die einzige gültige Neigungsgrenze in Sachen Lawine bei 30° liegt. Gerade die Lawinenunfälle in Österreich der jüngsten Vergangenheit zeigen deutlich, dass es längst an der Zeit ist die „probabilistischen“ Ansätze endgültig fallen zu lassen bzw. maximal in der Planung mit großer Vorsicht zu berücksichtigen, da hier u.a. suggeriert wird, dass man beispielsweise bei Gefahrenstufe 2 unter 40° steile Hänge mit vertretbarem Risiko begehen oder befahren kann. Einige durchaus akzeptierte Strategien lassen diese Grenze sogar bei Gefahrenstufe 3 unter gewissen Umständen zu. Dies ist fachlich gesehen sehr fragwürdig und im Rahmen einer verantwortungsvollen Führungstätigkeit nicht zu vertreten! In diesem Zusammenhang ist auch der Punkt zu nennen, dass viele aktuelle Vermittlungskonzepte in der Lawinenkunde so von Nebensächlichkeiten überfrachtet sind, dass der Blick auf die zentralen Elemente darin absolut verstellt ist. Dementsprechend niedrig ist auch die Akzeptanz dieser Konzepte, was Umfragen nachvollziehbar belegen.

Was wären notwendige Konsequenzen? Eingeständnis einer gewissen Unfähigkeit im Umgang mit Lawinengefahr!

Nach Lawinenunfällen heißt es immer wieder aus der Alpincommunity: *„Dieser Unfall hätte mir auch passieren können!“* und das nicht nur, um einen Kollegen oder eine Kollegin in Schutz zu nehmen, sondern durchaus betroffen im Angesicht der Katastrophe und aus ehrlicher Überzeugung. Anders formuliert: Wer von uns würde sich trauen zu behaupten, dass ihm oder ihr niemals ein Lawinenunfall passieren könne?

Wenn es aber jedem passieren kann und auch die „Besten der Besten“ von Lawinenunfällen betroffen sind, müssen wir uns doch längst eingestehen, dass wir die Lawinengefahr mit den vorhandenen Mitteln nicht beherrschen und endlich andere Wege oder Vorgehensweisen einschlagen!

Unsere Kunden und Teilnehmer*innen dürfen sich mit Recht sehr hohe Sicherheitsstandards erwarten und nicht, dass der Tourentag in der Lawine mit einem Statement eines anderen Experten endet, wo er feststellt, dass ihm dieser Unfall auch passiert wäre!

Änderung im Mindset der Führer*innen

Will man im Winter also der zurecht geforderten Sicherheitserwartung gerecht werden, dann braucht es eine Änderung im Mindest, also in der Haltung, was das eigene Führungsverständnis betrifft. Wir müssen agieren wie „Busfahrer“ an-



07 „Dieser Unfall hätte mir auch passieren können!“ Wenn es jedem passieren kann und auch die „Besten der Besten“ von Lawinenunfällen betroffen sind, müssen wir uns doch eingestehen, dass wir die Lawinengefahr mit den vorhandenen Mitteln nicht beherrschen. (Foto: Walter Würtl) |

statt wie „Rennfahrer“! Das mag vielleicht nicht so attraktiv sein und vielleicht auch den einen oder anderen Kunden abschrecken, aber Unfälle dürfen im Führungskontext nicht als „unausweichlich“ angesehen werden, nur weil wir nicht bereit sind, unsere „Geschwindigkeit“ zu drosseln. Der Tod in der Lawine ist zu akzeptieren, wenn sich Privatpersonen eigenverantwortlich in Gefahr begeben und natürlich kann jede Führerin und jeder Führer privat machen was immer sie oder er will. Zum Berufsbild bzw. zur Aufgabe als Tourenführer*in gehört der „Weiße Tod“ er aber definitiv nicht! Fangen wir an den Lawinentot bei geführten Touren als etwas „Normales“ zu begreifen, steht das einer Veränderung hin zu mehr „Sicherheit“ massiv entgegen.

Konsequente Umsetzung von Standardmaßnahmen!

Auch wenn es keine zuverlässigen Verhaltensempfehlungen in Sachen Lawinengefahrenstufe und Hangneigung gibt, bleiben dennoch genug Möglichkeiten die Führungstätigkeit verantwortungsbewusst zu gestalten. Wie Auswertungen von Unfalldaten zeigen, spielen Standardmaßnahmen dabei eine entscheidende Rolle!

Beispielhafte Maßnahmen, die das Unfall- und Todesrisiko nachweislich senken sind:

- ▷ eine nachvollziehbare und umfassende Planung (inkl. Berücksichtigung der aktuellen

- ▷ Lawinenwarnung und des Wetterberichts!
- ▷ die gewissenhafte Einhaltung von Abständen bzw. Einzelfahren
- ▷ das Wählen sicherer Sammelpunkte bzw. einer sicheren Spur
- ▷ das Meiden von Geländefallen
- ▷ das Meiden von Gefahrenstellen (z.B. Übergänge von wenig zu viel Schnee)
- ▷ das Wahrnehmen und richtige Interpretieren von Alarm- und Gefahrenzeichen
- ▷ eine offene Kommunikation
- ▷ ein sauberer Notfall- und Ausrüstungscheck
- ▷ eine gute Einweisung der Teilnehmer*innen und Gäste in das Notfallmanagement
- ▷ ...

Alleine die Tatsache, dass in den letzten 10 Jahren (2016 – 2025) bei 21 Lawinenunfällen im Führungskontext 43 Personen verstorben sind, weist eindeutig darauf hin, dass elementare Standardmaßnahmen wie Abstände einhalten und sichere Sammelpunkte wählen nicht umgesetzt wurden. Während im Schnitt aller Lawinenunfälle 1,3 Tote pro Unfall zu beklagen sind, waren es bei den geführten Touren knapp über 2 Tote.

Kommunizieren statt Garantieren!

Dass man unterhalb von 30° keine Lawinen auslösen kann, heißt natürlich nicht, dass man in Zukunft bei geführten Touren nicht auch steiler

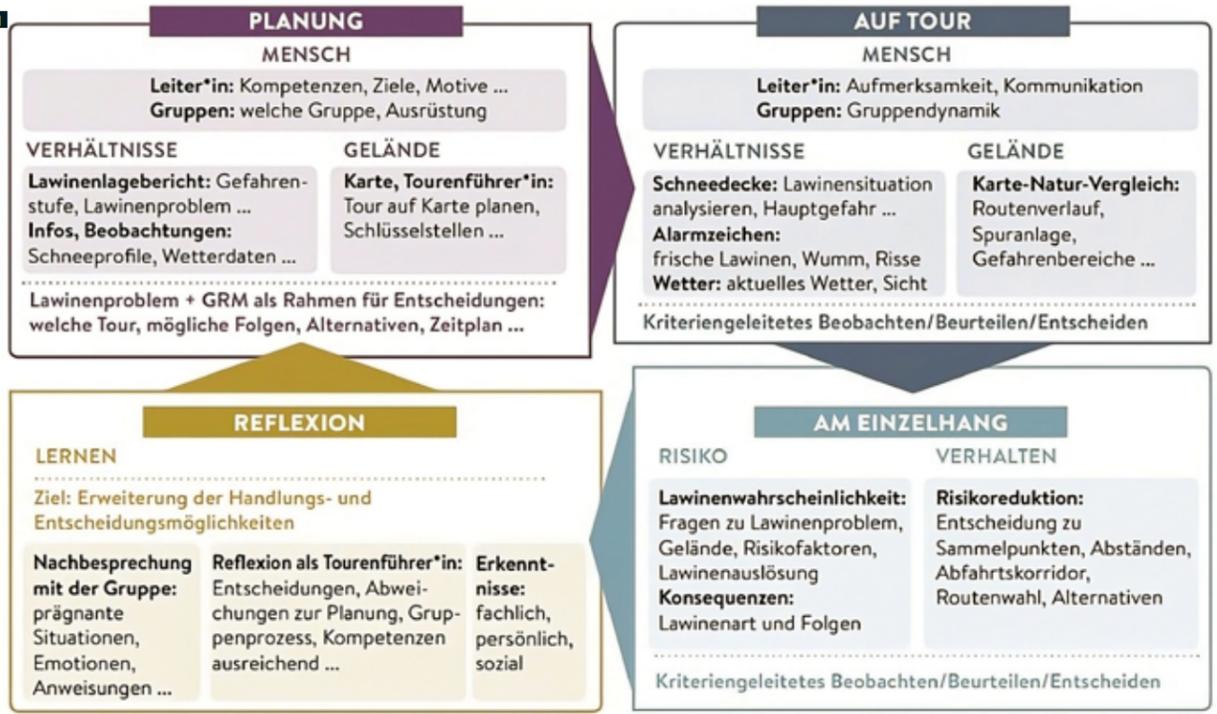
fahren darf! Das Wesentliche ist nur, dass man dies seinen Gästen auch vorher klar mitteilt. Da einen Lawinenunfall (fast) keiner von uns in Steilhängen mit Sicherheit ausschließen kann, müssen wir das aktiv den Teilnehmer*innen und Kund*innen sagen, anstatt Pseudosicherheit zu garantieren. Während diese Offenheit für den „Magier in der Grauzone“, der stets alles weiß und alles im Griff hat, zum Problem werden könnte, ist es für einen transparent agierenden Profi sicher keine Schwierigkeit, denn wenn es ein einigermaßen intaktes Vertrauensverhältnis gibt, gehen mit Recht alle Kunden und Teilnehmer*innen davon aus, dass die Führungsperson im ureigensten Interesse alles tut, um eine Lawinenauslösung zu vermeiden. Was in Krankenhäusern als völlig selbstverständlich akzeptiert wird, nämlich, dass man nach einem Aufklärungsgespräch unterschreibt, das Risiko einer Operation zu kennen und dieses Risiko auch eingehen zu wollen, ist das im Bergsport bislang absolut verpönt. Hier geht es aber nicht um eine „sittenwidrige Freizeichnung“ und auch nicht darum, dass eine Führungsperson nicht für Fahrlässigkeit oder (bedingten) Vorsatz haftet, sondern nur darum, dass jeder der sich am Berg bewegt auch ein Mindestmaß an Eigenverantwortung tragen muss. Eigenverantwortung kann ich aber nur übernehmen, wenn mich jemand kompetent aufgeklärt hat und ich weiß, welches Risiko auf mich zukommt! Das dies schriftlich zu erledigen ist, verdeutlicht den Ernstcharakter und dient der Nachvollziehbarkeit.

Schlussbemerkung

Mit statistischen Daten kann man sicher nicht alles erklären und manchmal wird man in der Interpretation durch scheinbare Offensichtlichkeiten auch fehlgeleitet! Wie die Zahlen zu den Lawinenunfällen bei geführten Touren aber zeigen, gibt es Handlungsbedarf in einem Bereich, der bislang zu oft mit Richtungs- und Methodendiskussionen verdeckt wurde.

Die aktuelle Schnee- und Lawinenkunde bietet einen genügend gesicherten Informationsstand, der in Verbindung mit einem einfachen Risikokonzept wesentliche Fortschritte in der Lawinenunfallprävention zulässt. Diskussionen wie bisher auf großer Bühne und breiter Basis, um einen kleinsten gemeinsamen Nenner zu erhalten, stehen einer echten Weiterentwicklung im Profisegment (und dazu zähle ich alle Führungspersonen) aber entgegen!

Walter Würtl
 walter.wuertl@outlook.com
 Alpinwissenschaftler, Berg- und Skiführer, Sachverständiger und Expertenmitglied im ÖKAS
Susanna Mitterer
 diplomierte Geografin, Bergwanderführerin und Projektmanagerin für die alpine Unfallstatistik im ÖKAS



01 In der österreichischen Bergführerausbildung steht seit einigen Jahren der Mensch im Fokus. Schon in der Planungsphase ist der erste und mächtigste Filter der Mensch (3). (Quelle: bergundsteigen #129) |



02 Der Bereich Schmittenhöhebahn Bergstation auf knapp 2000 m im interaktiven Pistenplan. (Quelle: www.schmitten.at) |

04 Der Faktor Mensch im Lawinengelände – eine rechtliche Betrachtung!

Autoren | Stefan Vollman, Martin Heissenberger

Der Faktor Mensch im Lawinengelände...

„Menschliches Verhalten wird nicht von den Bedingungen diktiert, die der Mensch antrifft, sondern von Entscheidungen, die er selber trifft.“ Dieses Zitat stammt vom weltbekannten österreichische Neurologen, Psychiater und Philosophen Viktor Frankl. Ausgestattet mit einer schrecklichen Angst vor dem Blick in die Tiefe fragte er sich, ob er nicht stärker als seine Angst sein könnte (1). Frankl hat sich mit dieser Frage selbst therapiert, wurde zum Kletterer und schließlich sogar zum Bergführer. Nicht die Bedingung, dass er an einer Angst litt hat sein Verhalten gesteuert, sondern seine eigene Entscheidung, dagegen etwas zu tun und in die Berge zu gehen.

Wenn wir im angeführten Ausspruch das Wort Bedingungen gegen „Verhältnisse“ ersetzen, die zum Beispiel im „Gelände“ einer winterlichen Berglandschaft von einem „Mensch“ angetroffen werden, können wir einen Bezug zu unserem Verhalten als Skitourengeher, Schneeschuhwanderer oder Variantenfahrer herstellen.

Der „Lawinenpapst“ Werner Munter definierte in den Neunzigerjahren in seiner 3*3 Formel zur ganzheitlichen Beurteilung der Lawinengefahr eben diese drei Hauptfaktoren für die Risikoanalyse (2): VERHÄLTNISS, GELÄNDE, MENSCH. Obwohl sich die Methoden in den letzten 30 Jahren weiterentwickelt haben, finden wir auch heute diese 3 Faktoren zum Beispiel in der Integrativen Lawinenkunde im Beurteilungs- und Entscheidungsrahmen (3).

Wurde bisher in der altbekannten Formel „Verhältnisse, Gelände, Mensch“ der Mensch zuletzt gereiht, steht er in der österreichischen Bergführerausbildung bereits seit einigen Jahren im Fokus. Schon in der Planungsphase ist der erste und mächtigste Filter der Mensch (3).

In der Winterausgabe von analyse:berg des Österreichischen Kuratoriums für Alpine Sicherheit wurde das alpine Unfallgeschehen in Österreich im Beobachtungszeitraum vom 01.11.2022 bis zum 31.10. 2023 ausgewertet. Insgesamt wurden durch die Alpinpolizei 110 Lawinenunfälle registriert.

Beinahe alle Lawinenunfälle sind dem touristischem Bereich zuzuordnen, wobei sich 61 beim Skitourengehen und 42 beim Variantenfahren ereigneten. Von den insgesamt 276 beteiligten Personen blieben 196 unverletzt, 65 trugen Verletzungen davon und 15 Personen verstarben (davon 8 beim Variantenfahren und 6 auf Skitouren) (4).

Da Österreichs alpine Regionen natürlich kein rechtsfreier Raum sind, zählt es zu den Aufgaben der Alpinpolizei ebensolche Alpinunfälle, bei denen Menschen getötet, verletzt oder gefährdet werden zu erheben. Diese Unfalldaten werden in der Folge anonymisiert an das ÖKAS weitergeleitet.

Anhand eines Fallbeispiels des Lawinenereignisses vom 03.02.2023 im Skigebiet Schmittenhöhe, Zell am See, möchten wir nun im Speziellen den Faktor Mensch im Lawinengelände betrachten.

Zusammenfassung Unfallhergang

Am 03. Februar 2023 kam es im Bereich der Bergstation der Schmittenhöhebahn zur Auslösung einer Schneebrettlawine. Die Bergstation der Bahn liegt auf knapp 2000 m Seehöhe, die Waldgrenze liegt in diesem Bereich bei etwa 1800 m Seehöhe. Ein Vater war an diesem Tag mit seinem damals 10-jährigen Sohn im Skigebiet Schmittenhöhe beim Skifahren unterwegs, der Vater mit seinem Snowboard, sein Sohn mit Ski. Gegen 13:30 Uhr fuhren die beiden in den 35° steilen Osthang unter der Bergstation ein (der nicht zum gesicherten Skiraum gehört) und dabei löste der Vater eine Schneebrettlawine aus.

Unmittelbar nach dem Lawinenabgang wurde durch einen Angestellten der Schmittenhöhebahn

eine diesbezügliche Meldung erstattet. Er konnte mitteilen, dass im Anrissbereich des Schneebretts zwei Spuren hinein und einige Meter später wieder herausführen würden. Da es anfangs unklar war, ob es Verschüttete geben würde, wurden die Bergrettung sowie der Polizeihubschrauber über das Ereignis in Kenntnis gesetzt. Ein Alpinpolizist begab sich ohne unnötigen Aufschub in den Anrissbereich der Lawine und konnte dort die besagten Ein- und Ausfahrts Spuren feststellen und dokumentieren, wobei die Spuren zum Teil von der Lawine verschüttet wurden. Es konnten keine weiteren Skispuren im frisch verschneiten Lawinengelände festgestellt werden.

Vater und Sohn gelang es aus der Lawine auszufahren und ihre Fahrt ins Tal unverletzt fortzusetzen, wo sie von der Polizei schließlich zum Hergang der Ereignisse befragt werden konnten.

Verhältnisse

Für den Unfalltag wurde im ausgegebenen Lawinenbericht für die Kitzbühler Alpen, wozu auch die Schmittenhöhe gehört, die Lawinengefahr oberhalb der Baumgrenze mit GROSS, darunter mit ERHEBLICH beurteilt. Auf eine ungünstige Schneeoberfläche aus Oberflächenreif und Wildschnee im Bereich der Baumgrenze fiel in der Nacht auf Freitag viel Neuschnee (ca. 70 cm ab 01.02.), der Nordwestwind wehte meist stark. An diesem Freitag erreichten den Lawinenwarndienst Salzburg zahlreiche Meldungen von spontanen und personausgelösten Schneebrettlawinen aus diesem Höhenbereich, was die hohe Störanfälligkeit der Schneedecke und die entsprechende Lawinenge-



03 Die Geländecharakteristik führte zu einer Kanalisierung der Schneemassen in ihrer Sturzbahn. Der steile, enge Graben bildet eine bedeutsame Geländefalle und hätte womöglich zu großen Verschüttungstiefen etwaiger mitgerissener Personen geführt. (Foto: Joachim Buchner, 03.03.2023) (Quelle: LWD Salzburg) |

Leben, die Gesundheit oder die körperliche Sicherheit eines anderen herbeiführt, ist mit Freiheitsstrafe bis zu drei Monaten oder mit Geldstrafe bis zu 180 Tagessätzen zu bestrafen.“

Unter Bezug auf den geschilderten Sachverhalt setzt sich dieser Beitrag nur mit der Tatbegehungsvariante „grob fahrlässig (§ 6 Abs. 3)“ StGB auseinander. Unter fahrlässigem Verhalten versteht man ein Verhalten, das objektiv und subjektiv sorgfaltswidrig ist. Nur sozial-inadäquat gefährliches Verhalten, kann überhaupt objektiv sorgfaltswidrig sein. In zahlreichen Bereichen unseres modernen Lebens (zB Sport) sind Handlungen, die gefährlich sind, unvermeidbar oder werden toleriert und sind deswegen auch nicht verboten. Die objektive Sorgfaltswidrigkeit beginnt erst dort, wo der tolerierte Bereich der Gefahr überschritten wird. Handelt man also im erlaubten oder sozialadäquaten Risikobereich, handelt man nicht fahrlässig.(7) Die objektive Sorgfaltswidrigkeit ergibt sich entweder aus dem Verstoß gegen eine Rechtsnorm (zB StVO), dem Verstoß gegen eine Verkehrsnorm (zB FIS-Skiregeln) oder dem Vergleich mit dem Verhalten einer „differenzierten Maßfigur“ (gewissenhafter, einsichtiger und besonnener Mensch aus dem Verkehrskreis des Täters).(8)

Ergänzend ist noch festzuhalten, dass die Frage der „differenzierten Maßfigur“ in Strafverfahren sehr oft mit der Expertise von Sachverständigen gelöst wird. Zu Fahrlässigkeitsdelikten darf an dieser Stelle neben den in den Verweisen genannten Kommentierungen auch auf Beiträge(9) aus vergangenen Tagungen und Literatur im Kontext Lawinen(10) verwiesen werden.

Vordergründig soll hier in Bezug auf § 89 StGB besprochen werden, ab wann ein Verhalten grob fahrlässig („Gefährlichkeit“ als Verhaltenseigenschaft) ist und wann eine konkrete Gefahr für das Leben, die Gesundheit oder die körperliche Sicherheit eines anderen anzunehmen ist („Gefährdung“ als Erfolg).(11) **Grob fahrlässig** ist ein Verhalten (Tun oder Unterlassen) dann, wenn es ungewöhnlich und auffallend sorgfaltswidrig ist, sodass der Eintritt eines dem gesetzlichen Tatbild entsprechenden Sachverhaltes als geradezu wahrscheinlich vorhersehbar war. Es muss also ein erhöhter Handlungsunwert im Sinne eines gesteigerten Abweichens vom konkret gebotenen sorgfaltskonformen Verhalten vorliegen.(12) So wurde etwa das Verhalten eines Schilehrers als grob fahrlässig beurteilt, der einen Schüler bei Lawinenwarnstufe 3, sichtbaren Gefahrenzeichen

fahr bestätigte.(5)

Angesichts der Tatsache, dass das Schneebrett eine Länge von 800 Metern, eine Breite von 300 Metern sowie einen Anriss, der mit freiem Auge vom Tal aus zu sehen war, kann man nur von einem Glücksfall sprechen.

Es ist nichts passiert, aber... soll derartiges Verhalten sanktionslos bleiben?

Neben dem wohl eher bekannten Straftatbestand der fahrlässigen Körperverletzung nach § 88 StGB kennt das österreichische Strafgesetzbuch noch die Gefährdung der körperlichen Sicherheit nach § 89 StGB. Bei beiden Delikten muss ein „Erfolg“ (Erfolgsdelikte) eingetreten sein. Während bei der fahrlässigen Körperverletzung nach § 88 StGB jedoch stets eine Körperverletzung (vgl. § 88 StGB: „am Körper verletzt“) eingetreten sein muss, reicht bei der Gefährdung der körperlichen Sicherheit nach § 89 StGB bereits die konkrete „Gefahr für das Leben, die Gesundheit oder die körperliche Sicherheit“ (vgl. § 89 StGB).

Gefährdung der körperlichen Sicherheit

§ 89 StGB (6): „Wer vorsätzlich, grob fahrlässig (§ 6 Abs. 3) oder fahrlässig unter den in § 81 Abs. 2 umschriebenen Umständen, eine Gefahr für das

wie Triebschnee und starkem Wind, ohne Notfallausrüstung (LVS-Gerät, Schaufel und Sonde) und ohne die Hangsteilheit zu messen, in einen bis zu 45 Grad steilen Hang einfahren ließ, wobei der Schüler durch einen Sturz ein Schneebrett auslöste, das diesen mitriss und total verschüttete.(13) **Eine konkrete Gefährdung des Lebens, der Gesundheit oder der körperlichen Sicherheit** ist anzunehmen, wenn sie für den Betroffenen erfahrungsgemäß nahezu zwangsläufig eine Beeinträchtigung von Leib oder Leben zur Folge hat.(14) Man könnte auch sagen, dass nach der allgemeinen Lebenserfahrung ebensogut der Tod oder eine schwere körperliche Beschädigung eines anderen Menschen hätte erfolgen können.(15) Es hängt sohin nur noch vom Zufall ab, ob die vom Täter herbeigeführte Gefahrenlage eine Verletzung „eines anderen“ herbeiführt oder nicht.(16) Hier liegt auch der wesentliche Unterschied zum italienischen Pendant. Die fahrlässige Auslösung einer Lawine ist nach dem italienischen Strafrecht auch dann strafbar, wenn eine Gefährdung der Allgemeinheit nur vermutet wird, die jedoch im konkreten Fall gar nicht vorliegen muss.(17)

Was ist nun mit dem eingangs beschriebenen Fall?

Im oben genannten Fall wird man auch ohne Sachverständigengutachten zum Schluss kommen müssen, dass das Verhalten des Vaters, nämlich das Einfahren mit seinem 10-jährigen Sohn trotz der oben beschriebenen Gefährdungslage, insbesondere natürlich die Bewertung der Lawinengefahr oberhalb der Baumgrenze mit GROSS, in den Lawinenhang, durch Vergleich mit einem gewissenhaften, einsichtigen und besonnenen Menschen aus dem Verkehrskreis des Vaters, als grob fahrlässig zu bewerten ist. Ergänzend muss angeführt werden, dass im vorliegenden Fall auch Warnhinweise über die konkrete Lawinengefahr und das Verlassen der Piste missachtet wurden. Die konkrete Gefährdung des Lebens, der Gesundheit oder der körperlichen Sicherheit des 10-jährigen Sohnes wird im Hinblick auf das beschriebene Ausmaß der Lawine und der damit einhergehenden Lebensgefahr ebenfalls zu bejahen sein. Ein sachkundiger Beobachter, der zur Zeit des Ablaufs des Geschehens am Standort des Betroffenen postiert ist, muss hier wohl denken: ebensogut hätte der Tod oder eine schwere körperliche Beschädigung des Sohnes erfolgen können. Es hing sohin nur noch vom Zufall ab, ob die vom Vater herbeigeführte Gefahrenlage eine Verletzung des Sohnes herbeiführt oder nicht. Damit sind die wesentli-

chen Kriterien des § 89 StGB erfüllt. Zu diesem Ergebnis kamen auch Erst- und Rechtsmittelgericht. (18)

Neben der ohnedies bestehenden moralischen Verpflichtung, muss jedem Wintersportler/Alpinisten bewusst sein, dass gefährliche Verhaltensweisen auch strafrechtliche Folgen haben können. Je mehr Menschen in den alpinen Raum drängen desto mehr bedarf es einer gegenseitigen Rücksicht. Dort wo dies nicht passiert, kann das Strafrecht regulieren. Ob man das will, ist eine andere Frage.

Literatur

- (1) Karl Lukan, Ein Stück vom Himmel, ISBN
- (2) 978-3-7022-3304-4
- (3) Werner Munter, 3*3 Lawinen, ISBN 3-00-010520-4
- (4) bergundsteigen, #129
- (5) analyse:berg, Winterausgabe 2022/2023
- (6) LWD Salzburg, Lawinenbericht für
- (7) 03.02.2025 und Beitrag Saisonbericht 22/23
- (8) idF BGBl. I Nr. 112/2015
- (9) Burgstaller/Schütz in Höpfel/Ratz, WK2 StGB § 6 Rz 37 (Stand 1.4.2017, rdb.at)
- (10) Burgstaller/Schütz in Höpfel/Ratz, WK2 StGB § 6 Rz 38ff (Stand 1.4.2017, rdb.at)
- (11) zB Pfaffeneder/Studeregger, Skitouren – Rechtsfreier Raum auf Modebergen?, Tagungsband des 3. internationalen Lawinensymposiums Graz 2019, 31ff
- (12) Auckenthaler/Hofer, Lawine und Recht (2012)
- (13) Burgstaller/Schütz in Höpfel/Ratz, WK2 StGB § 89 Rz 6 (Stand 1.6.2018, rdb.at)
- (14) Burgstaller/Schütz in Höpfel/Ratz, WK2 StGB § 6 Rz 15 (Stand 1.4.2017, rdb.at)
- (15) OLG Innsbruck 6 Bs 254/16b nv
- (16) RIS Justiz RS0101077
- (17) RIS Justiz RS0092831
- (18) RIS Justiz RS0092817
- (19) Auckenthaler/Hofer, Lawine und Recht (2012), XII Rechtslage in Italien, S. 132;
- (20) LG Salzburg 43 Bl 6/24f nv

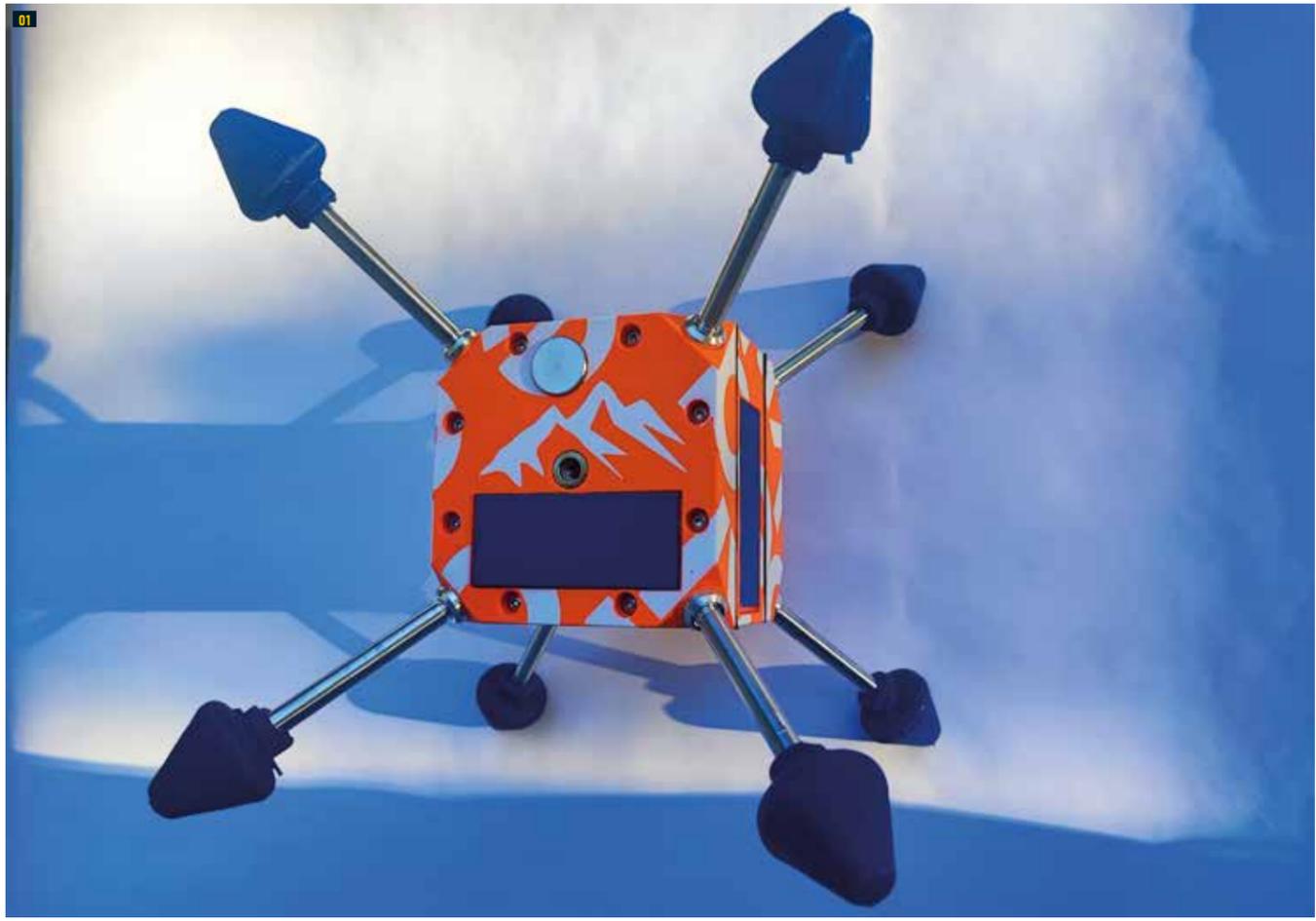
Stefan Vollmann

stefan.vollmann@polizei.gv.at

Landesausbildungsleiter Alpinpolizei Steiermark

Martin Heissenberger

Richter des Landesgerichts für Strafsachen Graz



01 Sensorarray „peakr“ |

05 Die neuartige Sensorarray „peakr“ für die Überwachung, Ereigniserkennung und Warnung bei Lawineneignissen

AutorInnen Markus Hoffmann, Michael Brauner, Christian Rachoy, Thomas Dolleschal, Ingrid Reiweger

Die ÖBB-Infrastruktur AG hat in Zusammenarbeit mit Hoffmann-Consult, BLADESCAPE und der BOKU Wien eine innovative Sensormesslösung zur Lawinenüberwachung entwickelt. Mithilfe des „peakr“-Sensormesssystems können kontinuierlich die Schneedeckenparameter Temperatur, Feuchtigkeit, Position und Bewegung an exponierten Hängen dreidimensional erfasst werden. Die Sensoren können manuell, per Drohne oder per Hubschrauber platziert werden und übermitteln die Messdaten autark über eine gesamte Wintersaison drahtlos über LoRaWAN oder GSM an eine Online-Plattform. Ein Entscheidungsalgorithmus analysiert die Daten automatisch und alarmiert die Verantwortlichen bei signifikanten Veränderungen der Parameter sowie bei Lawineneignissen per SMS und E-Mail. Feldtests, insbesondere im Skigebiet St. Anton am Arlberg, bestätigten die

Zuverlässigkeit des Systems bei der Erkennung von Gleitschneelawinen. Durch eine ergänzende Kombination der Sensordaten mit Daten von Wetterstationen und Webcam-Aufnahmen ist die Entwicklung von Lawinenhäufigkeitskarten und verbesserten Risikoanalysen für Bahnbetreiber und Lawinenkommissionen möglich.

Lawinen – eine unterschätzte Gefahr und der Ruf nach Sicherheit

Sicherheitsverantwortliche von Infrastrukturanlagen, Skistationen oder Kommunen stehen vor der Herausforderung die überwachten Hangbereiche unter Einhaltung minimaler Sperrzeiten effektiv vor Gefahren durch Lawinen oder Schneerutsche zu schützen. Der Auslösemechanismus von Schneelawinen kann in Lockerschneelawinen, Schneebrettlawinen und Gleitschneelawinen

unterschieden werden (z. B. Statham G. et al. 2017, Landrø, M., et al. 2020, Germain, D. et al. 2022). Dabei gestaltet sich die Bewertung und Sicherung von Gleitschneelawinen und Feuchtschneerutschen besonders schwierig. Daher ist hier eine kontinuierliche Überwachung und Vorhersage dieser Lawinenart für die gesamte Wintersaison von entscheidender Bedeutung. Das Forschungsprojekt „peakr“, das von der ÖBB-Infrastruktur AG begleitet wurde, verfolgt einen neuartigen, nutzerfreundlichen und kostengünstigen Ansatz, um die Überwachung potenzieller Lawinhänge durch kontinuierliche Schneedeckenüberwachung und Lawinenrisikobewertung mit einem innovativen Sensorsystem zu unterstützen.

Ziel und Umfang der Entwicklung

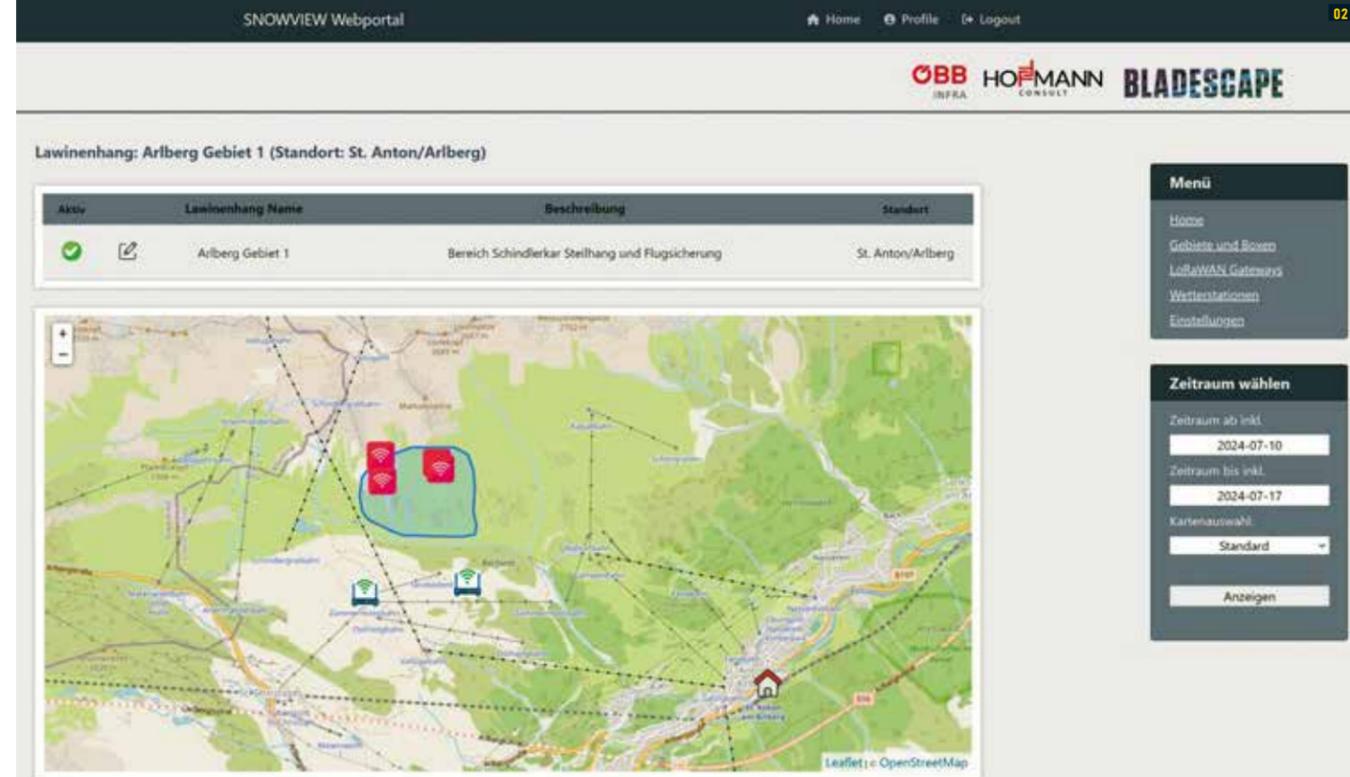
Das Kernziel des Projekts war die Entwicklung einer Lösung zur unmittelbaren und kontinuierlichen Messung von Schneedeckenparametern, insbesondere im Hinblick auf Gleitschneebedingungen. Es soll der Zustand der Schneedecke lokal erfasst werden und kritische Parameterveränderungen rechtzeitig erkannt werden, damit geeignete Maßnahmen zeitgerecht ergriffen werden können.

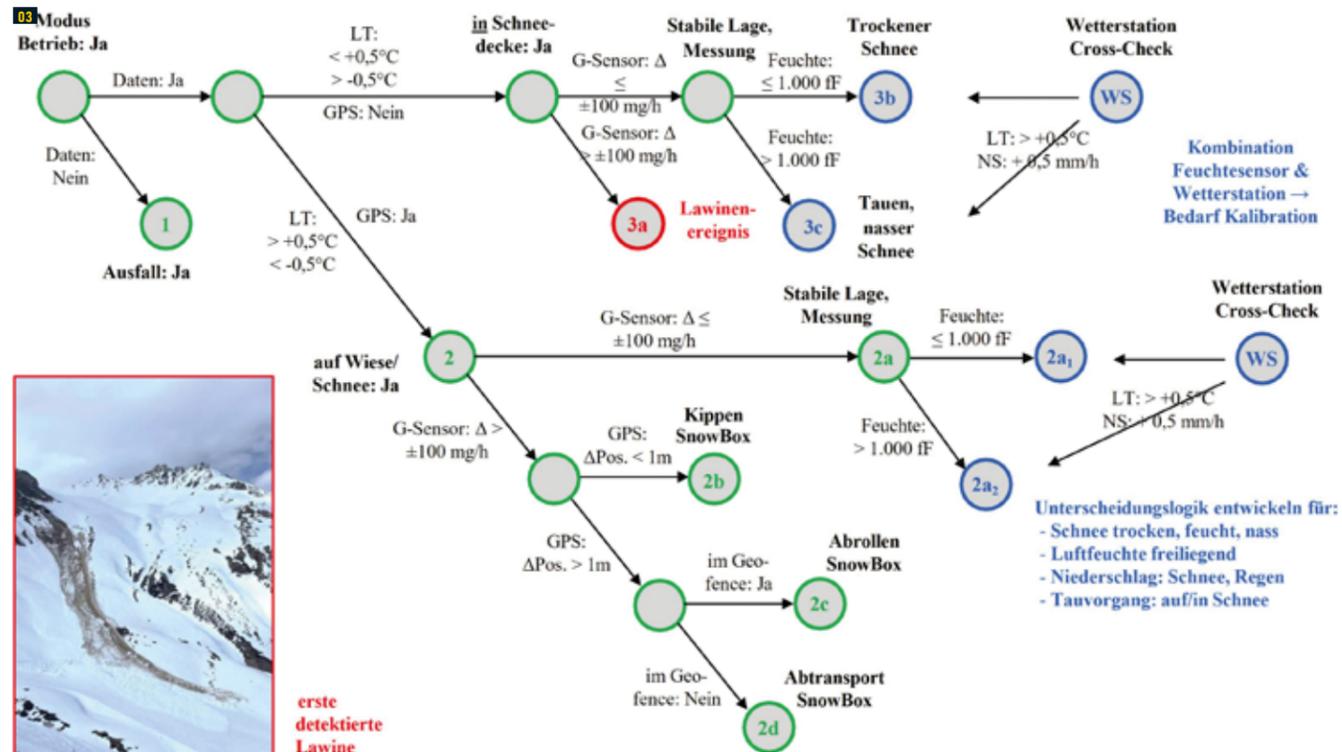
Zudem soll eine Abbruchdetektion ermöglicht werden. Um Experten bei der Risikobewertung und Entscheidungsfindung zu unterstützen, ist ein robuster Algorithmus für die Validierung der Messwerte und die Ereigniserkennung erforderlich. Wichtige Anforderungen an das System sind zudem eine einfache und sichere Platzierung der Sensoren sowie die drahtlose Datenübertragung durch die Schneedecke.

Entwicklung des Systems „peakr“

Das Sensorsystem „peakr“ besteht aus einer wasserdichten Box (10 x 10 x 10 cm), die Daten drahtlos über LoRaWAN oder GSM durch die Schneedecke hindurch an ein Gateway sendet. Von dort werden die Daten zentral an den Nutzer via GSM weitergeleitet. Der Sensor ermöglicht die kontinuierliche Echtzeit-Messung der Position, der Beschleunigung in 3D sowie der Temperatur und Feuchtigkeit, jeweils an drei Seiten des Geräts. LoRaWAN ist ein Low-Power-Wireless-Übertragungsverfahren, welches die Daten durch die Schneedecke hindurch über Entfernungen bis zu einigen Kilometern übermittelt. Zur nachhaltigen Datensicherheit werden die Messdaten zusätzlich in der

02 Web-Plattform zur Datenanalyse |





03 Entscheidungsbaum "peakr" |

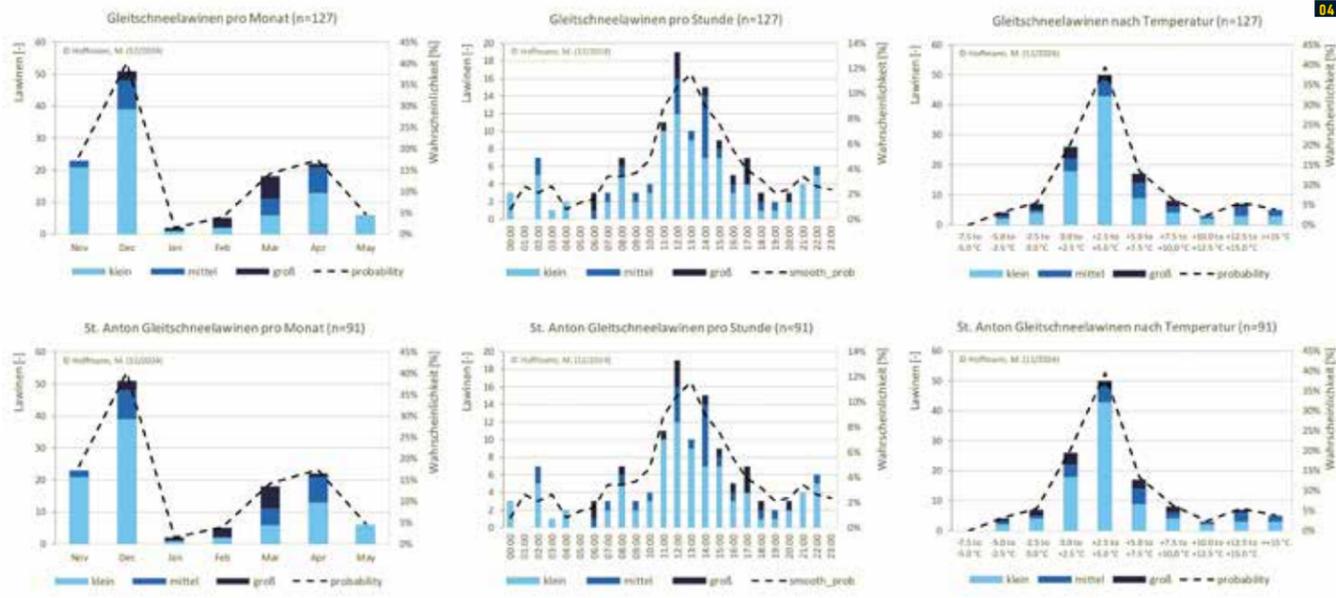
Sensormessbox auf einer SD-Karte abgespeichert und können nach der Bergung des Sensors ergänzend ausgelesen werden. Das System ist auf eine Akkulaufzeit von sechs Monaten optimiert. Nach der Wintersaison kann das Sensorarray mithilfe eines GPS-Signals, des letzten bekannten Standortes sowie eines aktivierbaren akustischen Signals wiedergefunden und geborgen werden. Auf Suchtechnologien ähnlich der Lawinenbergung wurde bewusst verzichtet.

Ergänzend zum Sensorarray wurde eine Web-Plattform „peakr“ entwickelt, die über ein Anmeldesystem gesichert ist. Sie ermöglicht die individuelle Verwaltung aller Sensorarrays mittels bidirektionaler Kommunikation. Die Plattform bietet den Kunden eine Kartendarstellung der überwachten Geländebereiche, Gateways und Sensoren, ergänzt durch grafische und tabellarische Darstellungen aller Messzeitreihen. Basierend auf einem Entscheidungsbaum werden die Messdaten auf Plausibilität geprüft sowie zusammengefasst dargestellt, um Veränderungen der Daten, Zustandsbedingungen oder Bewegungen in der Schneedecke bedienerfreundlich hervorzuheben.

Entscheidungsbaum und Ereigniserkennung
Für eine erste, zuverlässige Kontrolle der korrekten Lagerung des Sensors in der Schneedecke werden die Parameter Temperatur, Feuchte und

die Verfügbarkeit eines GPS-Signals gemäß dem Entscheidungsbaum in Abbildung 3 herangezogen. In einem zweiten Schritt erfolgt für eingeschneite Sensoren die Detektion der Veränderungen der Schneedecke im Wesentlichen in der Kombination aus einer annähernd konstanten Temperatur um den Gefrierpunkt in der Schneedecke mit einer plötzlichen Beschleunigung und einem Anstieg der gemessenen Schneefeuchte. Die Kombination mit integrierten Daten nahegelegener Wetterstationen oder Schneedeckenmodelle ermöglicht zudem tiefere Einblicke in relevante Schneeschichtparameter und bildet die Grundlage für eine systematische Lawinenrisikoanalyse. Auf Grund der limitierten GPS-Verbindung in der Schneedecke, GPS-Bewegungsdaten können bis zu einer Schneeüberdeckung von etwa 0,5 Metern verfolgt werden, ist eine langfristige Bewegungsverfolgung des Sensors nur eingeschränkt möglich.

Feldtests und erhobene Ereignisse
Feldtests wurden in Österreich in den Winterperioden 2022/23, 2023/24 und 2024/2025 an verschiedenen Standorten in der Nähe von Bahnstrecken (Mallnitz, Lermoos, Dalaas, Langen, Pass Lueg, Obertraun), in Skigebieten (St. Anton/Arlberg, Axamer Lizum, Hafelekar) und in der Ebene für Referenzmessungen (Niederapl, Schneeberg) durchgeführt. Ein besonderer Fokus wurde witterungsbedingt in den letzten beiden Saisonen auf



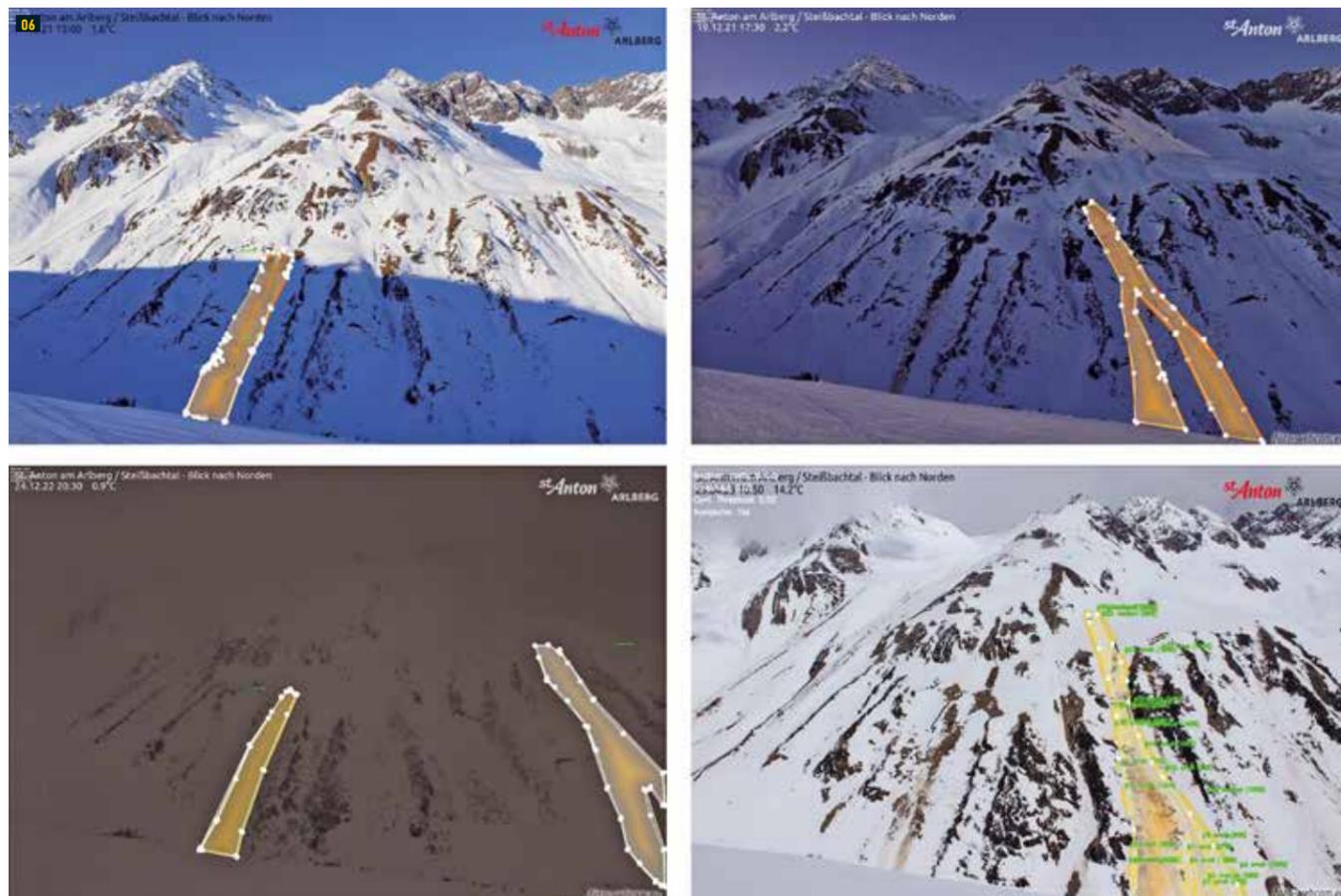
04 Statistische Auswertung aller Lawineneignisse |

das Skigebiet St. Anton/Arlberg gelegt. Dieses Gebiet ist bekannt für Schneegleiten und Gletschneelawinen in Höhenlagen zwischen 1800 und 2500 m. Generell ist die Zusammenarbeit mit den lokalen Lawinenkommissionen, den zuständigen Bergbahnen und Gemeinden von großer Bedeutung. In Kooperation mit den lokalen Experten sowie anhand von Webcam-Daten konnten in St. Anton/Arlberg 91 Gletschneereignisse in den Saisonen 2022/23 und 2023/24 identifiziert werden. Die Gletschneereignisse wurden hinsichtlich ih-

res Auftretens und ihrer relativen Auftretenshäufigkeit nach Monaten, nach Stunde sowie nach der Umgebungstemperatur im Zeitraum analysiert. Die Analyse der Ereignisse an den Teststandorten ergab, dass das erhöhte Risiko für Gletschneelawinen etwa vom 20. November bis 20. Dezember sowie von Mitte Februar bis Mitte April besteht. Die meisten Ereignisse (60%) wurden zwischen 11:00 und 17:00 Uhr beobachtet und traten hauptsächlich bei Umgebungstemperaturen von 0,0°C bis 7,5°C (73%) auf. Temperaturen über 0,0°C und

05 Detektierte Ereignisse im Testgebiet St Anton/Arlberg |

Datum/Wetter	Vorher	Nachher	Analyse
22.04.2023 16:10 - 16:20 AT: +13,8°C bedeckt EAWS: 2-3			- erkennbare Risse - sehr warm - große Gletschneelawine - erkannt mit peakr #1
16.02.2024 18:10 - 18:20 AT: +4,0°C bedeckt EAWS: 2			- erkennbare Risse - warm - große Gletschneelawine - erkannt mit peakr #14
11.03.2024 12:40 - 12:50 AT: +1,8°C klar EAWS: 3			- erkennbare Risse - über Gefrierpunkt - große Gletschneelawine - erkannt mit peakr #14
09.04.2024 12:00 - 12:30 AT: +13,8°C bedeckt EAWS: 2			- erkennbare Risse - sehr warm - mittlere Gletschneelawine - erkannt mit peakr #12



06 Beispiele dokumentierter und detektierter Lawineneignisse |

Sonneneinstrahlung führen zu einem Tauprozess in der Schneedecke, was die Feuchtigkeit erhöht und das Lawinenrisiko steigert.

Bei Temperaturen über 0,0°C sowie bei Wärmestrahlung der Sonne an klaren Tagen, hauptsächlich zwischen 10:00 und 16:00 Uhr, wird in der Schneedecke ein Auftauprozess eingeleitet. Die Erhöhung der durchschnittlichen Lufttemperaturen in den Monaten Februar bis April führt zu einer Steigerung der durchschnittlichen Feuchtigkeit in der Schneedecke mit erhöhtem Lawinenrisiko.

Gerade bei Schlechtwetter ohne Sicht und bei uneinsichtigen Bereichen beziehungsweise Regionen, welche nicht ständig unter Beobachtung sein können, sind die Arrays eine gute und kostengünstige Möglichkeit zur zuverlässigen Überwachung und Detektion.

Zur Auswahl der Ausbringungsstandorte der Sensorarrays

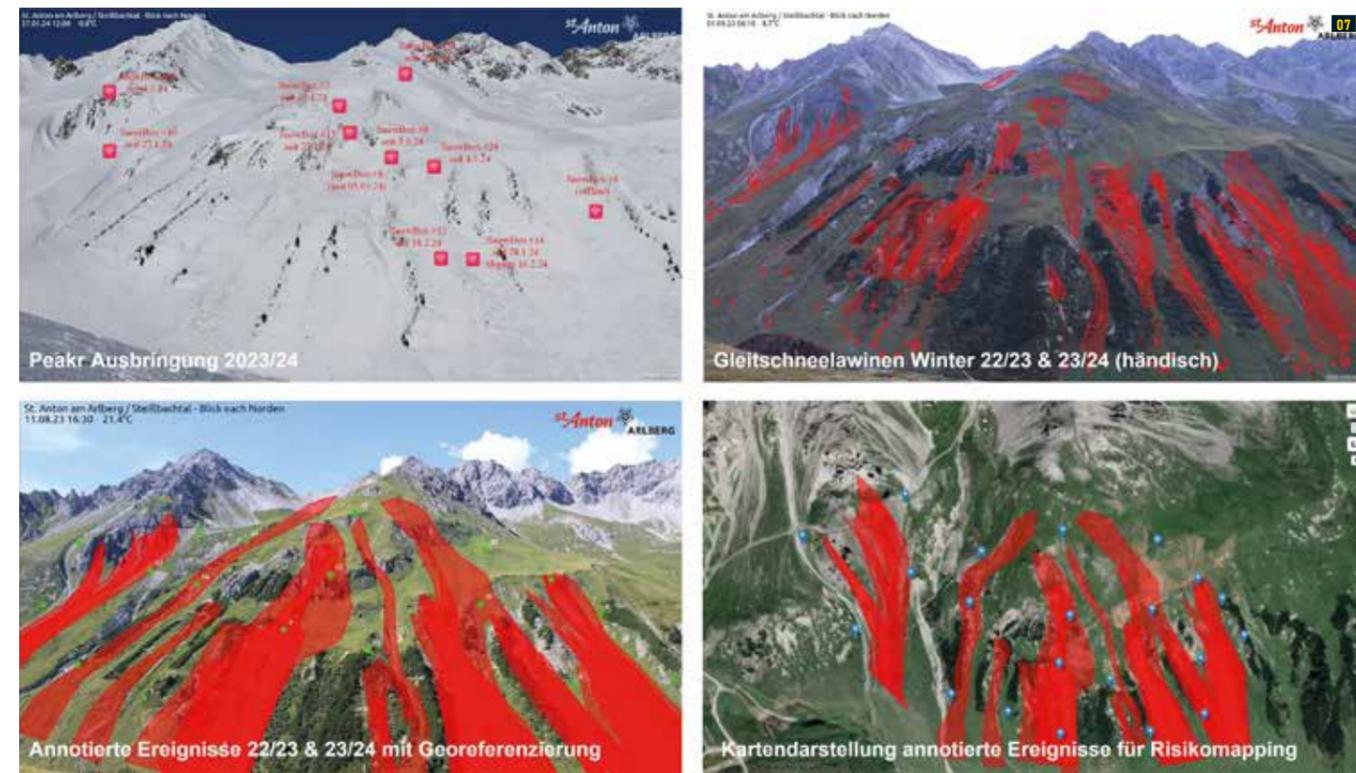
Die Auswahl der Ausbringungsstandorte für die Sensorarrays basiert auf der Expertise lokaler Experten bzw. Lawinenkommissionen. Die mit den Sensoren gewonnenen Daten ermöglichen in der Folge eine Erweiterung der Lawinenrisikokataster sowie

eine Verfeinerung des Sensornetzwerks. Es wird empfohlen, vorhandene Webcam-Bilder in die Analyse einzubeziehen, um eine umfassende Gebietsanalyse und Risikokartierung zu ermöglichen. (siehe Abbildung 06).

Empfehlungen zur Überwachungsstrategie

Der Einsatz von „peakr“ und der Webplattform soll lokale Experten sowie Lawinenkommissionen bei der Entscheidungsfindung unterstützen und die Rettungskette verkürzen. Die Implementierung hängt von spezifischen Überwachungszielen, Anwendungsbereichen, topografischen Gegebenheiten und der Lawinenhäufigkeit ab. Für einen effizienten Einsatz werden folgende Schritte empfohlen:

- ▷ Nach Definition des Überwachungsziels werden Anwendungsbereich und erwartete Überwachungsergebnisse definiert und Ereigniswarnschwelle abgeleitet,
- ▷ Es folgt die Analyse der bestehenden Daten sowie Ereignisdokumentation des zu überwachenden Gebiets zur Ableitung einer Ausbringungs- und Einsatzstrategie,
- ▷ Daraus leiten sich die notwendige Ausstattung



07 Darstellung des Sensornetzwerks sowie der Lawineneignisse 2022-24 |

(Sensorarray, LoRaWAN-Gateways, Drohnen, Ausbringung) und Schulung der Benutzer sowie die

- ▷ Definition der Überwachungsphase (gesamte Wintersaison oder Zeitraum mit erhöhtem Risiko für Nassschneebedingungen) ab,
- ▷ Laufende Ergebnisauswertungen, Ereignisvalidierungen und das Ausarbeiten von Verbesserungspotenzial helfen die gelände- und lagespezifischen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen und die Lawinenkommissionen bestmöglich zu unterstützen.

Schlussfolgerungen und Zukunftsaussichten

Der Artikel präsentiert einen neuartigen Ansatz zur Unterstützung der verantwortlichen Lawinenkommissionen bei der Überwachung und Risikobewertung von lawinengefährdeten Hängen. Feldtests wurden an verschiedenen Standorten in Österreich durchgeführt, wobei ein besonderer Fokus auf das Skigebiet St. Anton/Arlberg aufgrund einer hohen Anzahl an Lawineneignissen gelegt wurde. Obwohl die Schneefälle in den vergangenen Wintern begrenzt waren, konnten eine Vielzahl an Lawineneignissen erfolgreich erkannt und analysiert werden.

Die systematische Überwachung und Analyse von Gleitschneelawinen über mehrere Winterperioden hat das Ziel, weitere Erkenntnisse zum

Lawinenrisiko zu gewinnen und die möglichen Einsatzbereiche von "peakr" zu optimieren. Darüber hinaus werden Daten für die Lawinenrisikomodellierung und -kartierung gewonnen. Die Informationen zu signifikanten Veränderungen maßgeblicher Parameter im Vorfeld von Lawinenabgängen, die automatisierte Lawinendetektion und Ereignisdarstellung werden kontinuierlich optimiert.

Ein ergänzendes Forschungsthema ergibt sich aus der Verknüpfung kontinuierlicher Webcam-Aufnahmen mit Echtzeit-Schneedeckenmessdaten, um zeitabhängige Risikokarten zu erstellen. Diese Risikokartierung befindet sich derzeit noch in der Entwicklungsphase. Sie fußt auf der Ergänzung von lokalen Lawinenrisikokarten, die über mehrere Jahre von Experten erstellt wurden, durch eine laufende Schneedeckenüberwachung, einen Abgleich mit Wetterdaten und -vorhersagen sowie die automatische Detektion aktueller Ereignisse am Lawinengang.

Das System „peakr“ ist ab der Wintersaison 2025/2026 verfügbar und wird von BLADESCAPE in Zusammenarbeit mit A1-Telekom vertrieben und betrieben. Die Entwicklung wurde maßgeblich durch die ÖBB-Infrastruktur AG und die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) unterstützt.

Danksagung

Die Entwicklung des Sensorarrays und der Online-Plattform zur Lawinengangüberwachung und Ereigniserkennung wurde durch die großzügige Unterstützung der ÖBB-Infrastruktur AG (2020-2024) ermöglicht. Unser Dank gilt auch den lokalen Lawinenkommissionen für die Feldtests, insbesondere dem Skigebiet St. Anton/Arlberg für die Mitwirkung und besondere Unterstützung. Die Patentierung des "peakr" Sensorarrays und der Algorithmen auf der Plattform (Patent A50911/2023, Marke AM10329/2025) wurde durch die Förderung der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) ermöglicht.

Literatur

- Denoth, A.: An electronic device for long-term snow wetness recording. *Annals of Glaciology*, 19, 104-106, 1994.
- Eckerstorfer, M., Bühler, Y., Frauenfelder, R. and Malnes, E.: Remote sensing of snow avalanches: Recent advances, potential, and limitations. *Cold Regions Science and Technology*, 121, 126-140, 2016.
- Fox J., Siebenbrunner A., Reitingner S., Peer D., Rodriguez-Sanchez A., Automating avalanche detection in ground-based photographs with deep learning, *Cold Regions Science and Technology* 223, 2024.
- Hoffmann, M., Brauner, M., Rachoy, C., Dolleschal, T., Leubolt, J. and Reiweger, I.: Development of an innovative mobile sensor array box for continuous monitoring of avalanche slopes and robust event detection, in: *Proceedings of the International Snow Science Workshop, Tromsø, Norway, 23-29 September 2024*.
- Landrø, M., Pfuha, G., Engeseta, R., Jackson, M., Hetland, A.: Avalanche decision-making frameworks: Classification and description of underlying factors, in *Cold Regions Science and Technology Volume 169*, January 2020.
- Statham G., Haegeli P., Greene E., Birkeland K., Israelson C., Tremper B., Stethem C., McMahon B., White B., Kelly J., A conceptual model of avalanche hazard, in *Nat Hazards*, 2017.

- Winkler, K. Schrudlach, G., Degraeuwe, B., Techel F., On the correlation between the forecast avalanche danger and avalanche risk taken by backcountry skiers in Switzerland; in *Cold Regions Science and Technology Volume 188*, August 2021.
- Germain D., Pop O. T., Gratton M., Holobaca I., Burada C., Snow-avalanche hazard assessment based on dendrogeomorphic reconstructions and classification tree algorithms for ski area development, Parâng Mountains, Romania, in *Cold Regions Science and Technology Vol 201*, doi.org/10.1016/j.coldregions.2022.103612
- Wikipedia, abgerufen am: 2026-05-13, https://de.wikipedia.org/wiki/Long_Range_Wide_Area_Network

Markus Hoffmann

office@hoffmann-consult.at
Hoffmann-Consult e.u.
1230 Wien, Fürst-Liechtenstein-Straße 13

Michael Brauner

michael.brauner@oebb.at
ÖBB-Infrastruktur AG
1010 Wien, Lassallestraße 5

Kontakt „peakr“

BLADESCAPE Airborne Services GmbH
2320 Schwechat, Concorde Business Park B5
office@blade-scape.com
www.blade-scape.com
www.peakr.at



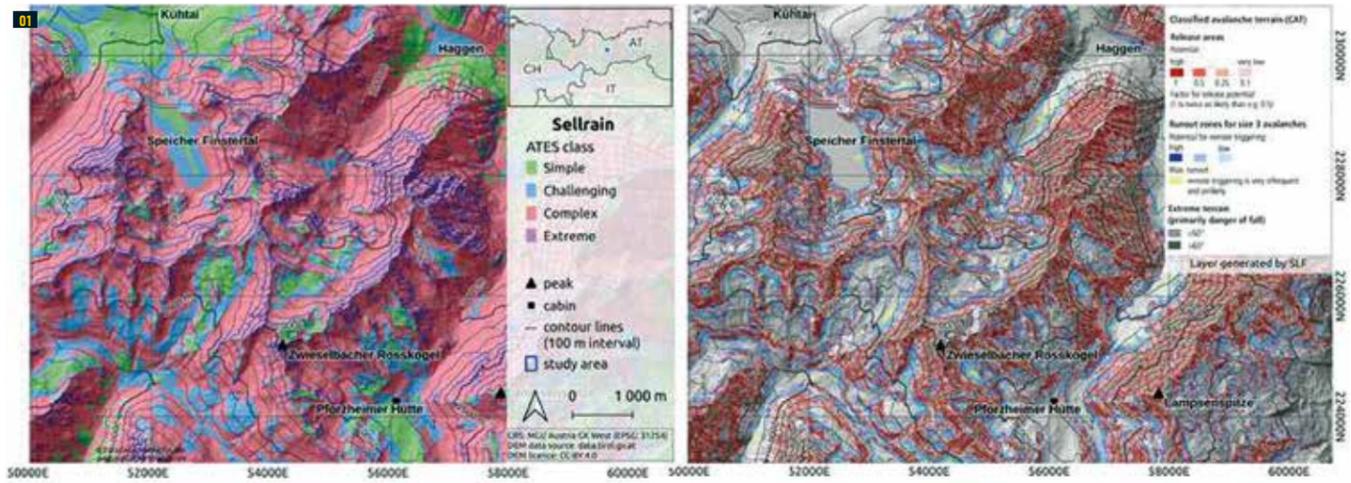
#wirsindbergsport

und du?

Wir sehen
uns beim
**Lawinen
symposium!**

Foto: Geog Schrutka

Die größte Auswahl und die beste Beratung für Bergsportler:innen:
Wien, Kaiserstraße 15 / Graz, Hans-Resel-Gasse 7 / Online: bergfuchs.at



01 DComparison of two avalanche terrain classification approaches: AutoATES (left) and CAT (right) (DEM data source: data.tirol.gv.at, DEM licence: CC-BY 4.0.) |

06 Comparison of two avalanche terrain classification approaches: Automated Avalanche Terrain Exposure Scale – Classified Avalanche Terrain

Autor:innen Paula Spannring, Christoph Hesselbach, Andreas Huber, Stephan Harvey, Yves Bühler, Christoph Mitterer, Jan-Thomas Fischer

Maps classifying avalanche-prone terrain aid in planning professional and recreational activities. Examples generated by computational algorithms include the automated Avalanche Terrain Exposure Scale (AutoATES) and the Classified Avalanche Terrain (CAT). We compare the maps and workflows of both approaches for two different test regions on a qualitative and quantitative level. The two workflows have similar intermediate steps, such as determining potential release areas and corresponding avalanche runout using different tools. But they differ in the representation, ATES classifies the terrain in four generalized classes, while CAT maps represent eleven avalanche-specific classes. ATES classes 'simple' and 'extreme' correspond well with CAT categories 'no classification' and 'very steep terrain', respectively. The distribution of CAT categories is widely spread in ATES classes 'challenging' and 'complex'. One reason for the divergence in results from avalanche runout simulations as intermediate steps for both classification methods. The simulation results within the AutoATES model chain exhibit longer avalanches than the results within the CAT workflow.

Motivation

The avalanche risk for individuals traveling in avalanche-prone terrain is determined by a combination of factors including human behavior, snowpack stability and terrain conditions (Jamieson

and Geldsetzer 1996). To reduce avalanche risk, detailed trip planning is essential. Therefore, assistance tools are available. While avalanche warning services investigate the current and predicted avalanche hazard on a regional scale, avalanche terrain classification maps assess the terrain regarding the potential of avalanches for a certain scenario, independent of the current conditions. Examples for maps classifying avalanche-prone terrain generated by computational algorithms include the Automated Avalanche Terrain Exposure Scale (AutoATES) and the Classified Avalanche Terrain (CAT) (Larsen et al. 2020; Harvey et al. 2018, 2024). In this study we compare the final maps and workflows of the two approaches qualitatively and quantitatively in two test regions in order to investigate similarities and differences between these classification methods, which intend to represent a similar avalanche scenario. The aim is to ascertain the advantages and limitations of these avalanche terrain classification maps for users.

Methods

We generated ATES and CAT maps for two test regions. One test region is located in Sellrain (Tyrol, Austria; area of 100 km²), while another is around Davos (Grisons, Switzerland; area of 600 km²). ATES maps are based on the open-source algorithm and parameter settings as described by Hesselbach (2023) and Huber (2023) utilizing modules of the open avalanche framework AvaFrame.

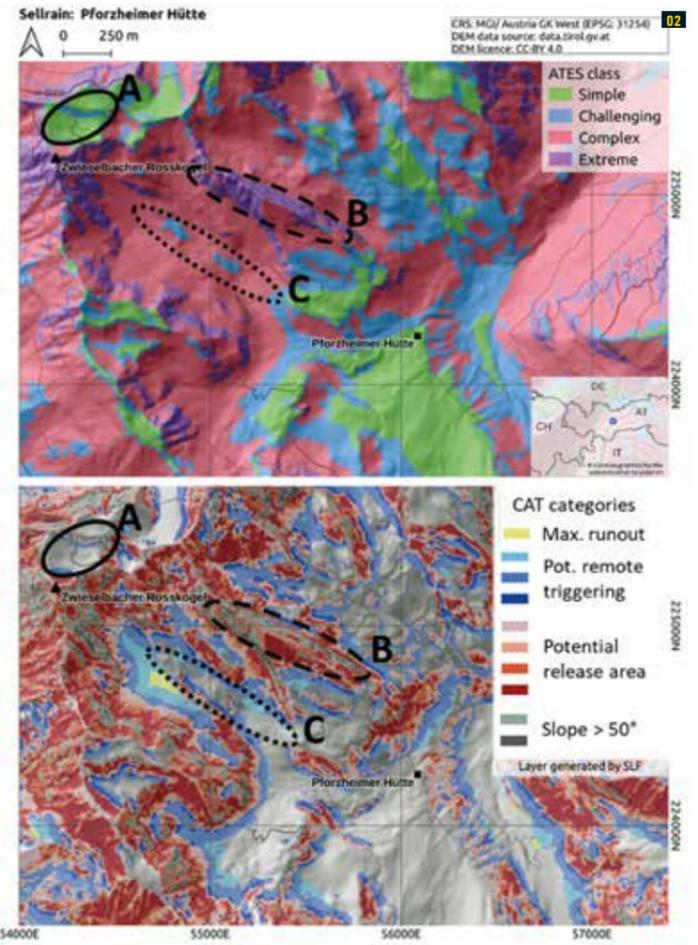
CAT maps are based on avalanche simulations utilizing the well known RAMMS::EXTENDED (Harvey et al. 2018), provided by the Institute for Snow and Avalanche Research (SLF). To quantitatively compare the classes of the final ATES and CAT maps, we analyzed the distribution of CAT categories (i.e., the number of 10 m x 10 m pixels) in the areas assigned to each ATES class. Similarly, we analyze the CAT categories in areas that are affected by simulated avalanches using com4FlowPy.

AutoATES and CAT model chains

While the open-source AutoATES workflow classifies terrain into four classes, ranging from 'simple' to 'extreme', CAT explicitly delineates and represents potential release areas, maximum runout, zones for potential remote triggering and slopes steeper than 50° (see Fig. 1). Despite differing map products, both algorithms share similar intermediate steps: computing potential release areas (PRA) and simulating avalanche runouts using different tools. To estimate avalanche runouts AutoATES, using open-source software, relies on AvaFrame's empirically motivated simulation tool com4FlowPy. CAT uses RAMMS::EXTENDED for runout estimates. In both workflows a parameterization is chosen to simulate large avalanches according to the EAWS size classification. The CAT workflow additionally includes a calculation of remote triggering potential. AutoATES combines the model chain results with terrain parameters into four ATES classes. These classes are represented in the ATES map, while CAT maps present the intermediate results directly (Statham and Campbell 2025; Toft et al. 2023; Harvey et al. 2018, 2024).

Comparison of AutoATES and CAT

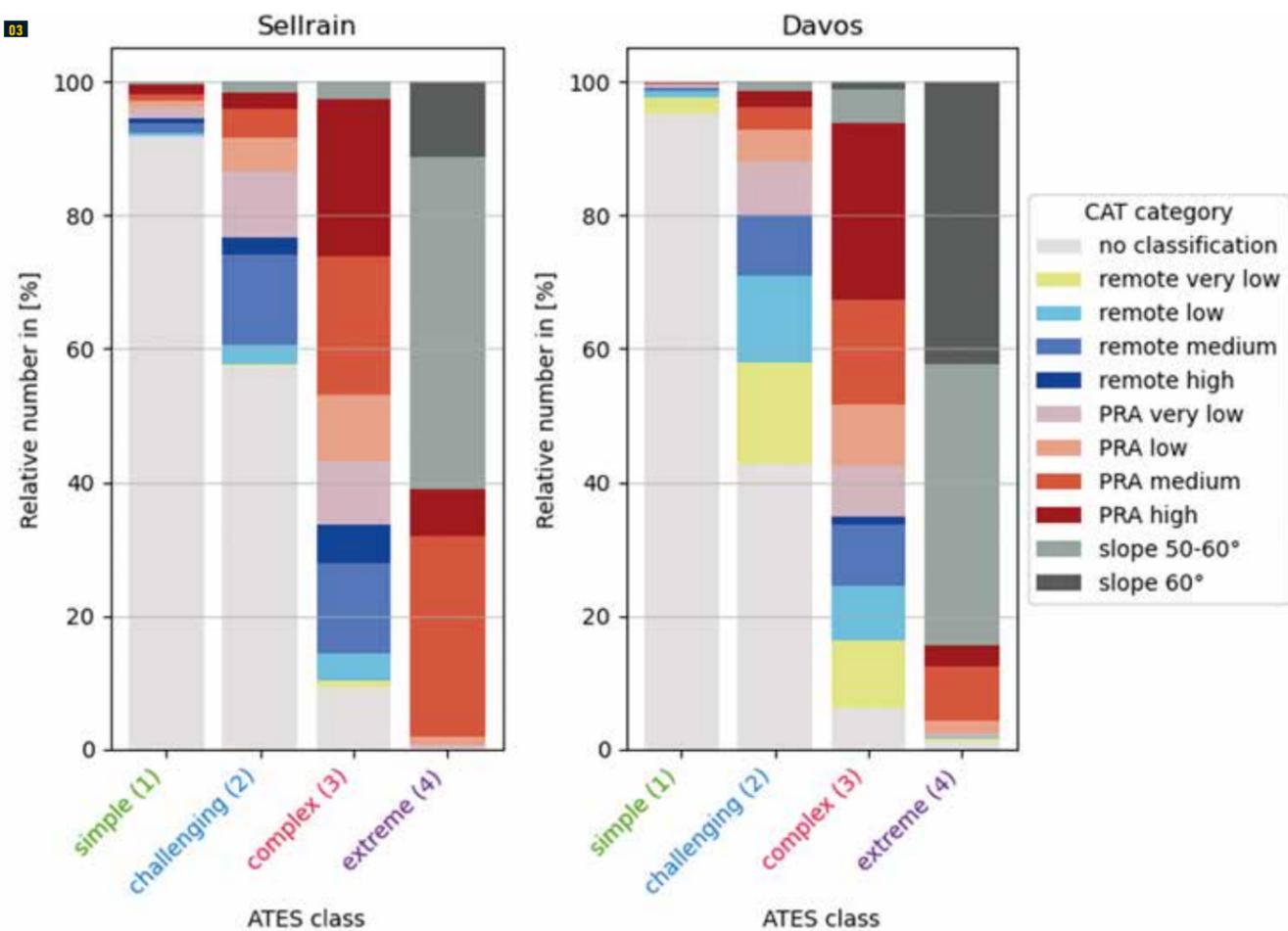
An ATES and CAT map is shown for a small excerpt of the Sellrain test region in Figure 02. The end products of both workflows exhibit different categories. ATES maps contain four generalized classes, while CAT maps classify the terrain in eleven avalanche-thematic categories. In the following we compare these final maps. Regarding the intermediate steps, we focus on the comparison of the runout results because the PRA results of both workflows are similar (Spannring 2024). Although the different intermediate results and end products depend on the choice of parameters, we can derive the following general observations in both study areas: When comparing ATES and CAT maps qualitatively, we can observe that areas assigned to ATES class 'simple' align well with



02 ATES (left) and CAT (right) maps in a small excerpt of the Sellrain test region. The ATES map classifies the terrain in the four ATES classes 'simple' (green), 'challenging' (blue), 'complex' (red) and 'extreme' (purple). The CAT map shows the potential of release areas (red), remote triggering zones (blue), maximal avalanche runout (yellow) and areas with slopes steeper than 50° (grey) in respective colour schemes. The marked areas (in circles) compare the maps: ATES class simple in solid circle (A), ATES class extreme in dashed circle (B) and ATES classes challenging and complex in dotted circle (C). |

areas not classified in CAT maps (e.g., area A in Figure 02). Extreme areas in ATES maps correspond to CAT's steep slopes (steeper than 50°; e.g., area B in Figure 1). Classes "challenging" and "complex" overlap more variably with PRAs, remote triggering and runout zones and even with non-classified terrain in CAT maps (e.g., area C in Figure 02).

In a quantitative comparison (see Figure 03), results are similar, more than 90% of the area assigned to ATES class 'simple' is not classified in the CAT map and more than 60% of the area classified as extreme in ATES maps indicates slopes steeper than 50° in CAT maps. CAT categories are widely spread in ATES classes 'challenging' and 'complex'. The results are similar for both test regions. In Davos, the correspondence between the ATES class 'extreme' and the very steep terrain delineated in the CAT map is more pronounced. However, only 0.2% of the total area is classified as ATES class 'extreme', diminishing the significance of the statement.



03 The barplots show the distribution of the CAT categories depending on the ATES classes 'simple', 'challenging', 'complex' and 'extreme'. The CAT categories are potential of release areas (red), remote triggering zones (blue), maximal avalanche runout (yellow) and areas with slopes steeper than 50° (grey), with potential represented in respective colour schemes. The amount of raster cells assigned to CAT and ATES classes are considered. The analysis is represented for the study regions Sellrain (left) and Davos (right).

To investigate differences between the two runout results, we analyze the CAT categories in areas where com4FlowPy assigns runout areas (see Figure 04). More than 40% of the com4FlowPy runout areas are not classified to any category in the CAT map. Given a high correspondence of PRAs between both algorithms, it is evident that com4FlowPy tends to simulate avalanches with longer runout lengths than RAMMS. Possible reasons are different friction models and model parameterizations used in the simulation models, different treatment of forests, and in general different model approaches (process based model and empirical model). The divergence in results from avalanche runout simulations is a contributing factor to the distribution of CAT categories within ATES classes "challenging" and "complex".

Conclusion and Outlook

Classification maps are helpful for assessing avalanche terrain, but their limitations must be recognized. AutoATES and CAT maps, as well as the results of their intermediate steps, represent a specific scenario dependent on parameter se-

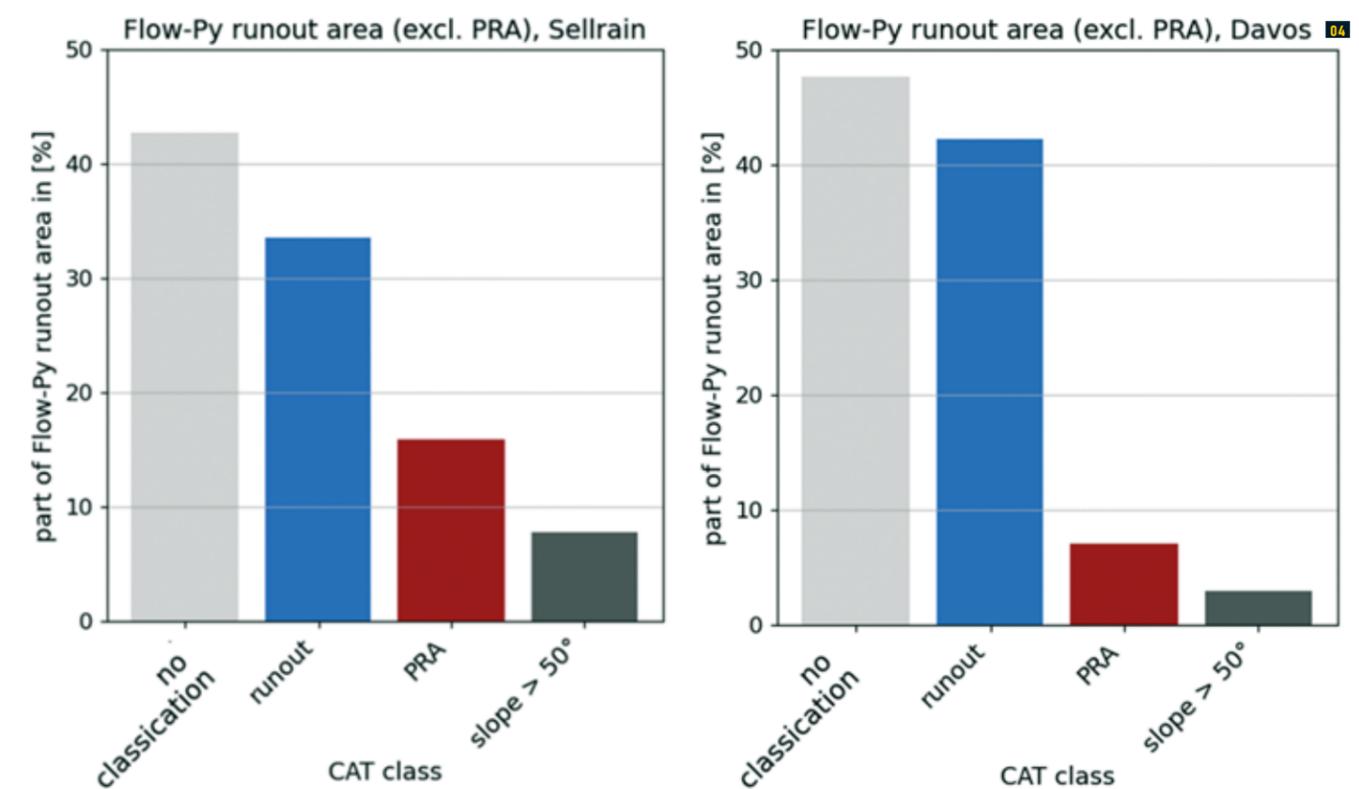
lection. These maps differ in the level of detail and therefore in the potential application case and necessary knowledge.

The two maps categorize similar meanings in simple and extreme terrain, but differ in challenging and complex terrain.

Extensions and adaptations to the open-source AutoATES model chain can provide additional data for interpreting and evaluating results, for example in the com4FlowPy avalanche simulations. This can help improve the AutoATES workflow. More detailed comparison results and analyses of the extension and adaptation of the AutoATES workflow can be found in Spannring (2024).

Literature

- Harvey, S., G. Schmutlach, Y. Bühler, L. Dürr, A. Stoffel, and M. Christen, 2018: Avalanche terrain maps for backcountry skiing in Switzerland. *Proceedings of the International Snow Science Workshop*, International Snow Science Workshop, Innsbruck, Austria, 1625-1631.
- Harvey, S., M. Christen, Y. Bühler, C. Hänni, N.



04 The percentage distribution of CAT classes in areas, where Flow-Py assigns avalanche runout (excluding PRAs), is shown for Sellrain (left) and Davos (right). The CAT classes are 'no classification', runout (max. runout, runout zones with very low, low, medium, high potential), PRA (Release areas with very low, low, medium and high potential) and 'slope steeper than 50°'.

Boos, and B. Bernegger, 2024: Refined Swiss avalanche terrain mapping CATv2 / ATHv2.

Proceedings of the International Snow Science Workshop, International Snow Science Workshop, Tromso, Norway.

- Hesselbach, C., 2023: Adaptation and Application of an Automated Avalanche Terrain Classification in Austria. Universität für Bodenkultur, 108pp.
- Huber, A., and Coauthors, 2023: AutoATES AUSTRIA - TESTING AND APPLICATION OF AN AUTOMATED MODEL-CHAIN FOR AVALANCHE TERRAIN CLASSIFICATION IN THE AUSTRIAN ALPS. *Proceedings of the International Snow Science Workshop*, International Snow Science Workshop, Bend, Oregon, 929-936.
- Jamieson, B., and T. Geldsetzer, 1996: *Avalanche accidents in Canada*. Canadian Avalanche Association 202pp.
- Larsen, H. T., J. Hendrikx, M. S. Slåtten, and R. V. Engeset, 2020: Developing nationwide avalanche terrain maps for Norway. *Nat Hazards*, 103, 2829-2847, <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04104-7>.
- Spannring, P., 2024: Comparison of two avalanche terrain classification approaches: Avalanche Terrain Exposure Scale - Classified Avalanche Terrain. University of

Innsbruck, 103pp., <https://ulb-dok.uibk.ac.at/urn/urn:nbn:at:at-ubi:1-155858>.

- Statham, G., and C. Campbell, 2025: The Avalanche Terrain Exposure Scale (ATES) v.2. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 25, 1113-1137, <https://doi.org/10.5194/nhess-25-1113-2025>.

Toft, H. B., J. Sykes, A. Schauer, J. Hendrikx, and A. Hetland, 2023: AutoATES v2.0: Automated avalanche terrain exposure scale mapping, <https://doi.org/10.5194/nhess-2023-114>.

Paula Spannring

paula.spannring@bfw.gv.at

Austrian Research Center for Forests (BFW), Department of Natural Hazards, Innsbruck, Austria

Christoph Hesselbach, Andreas Huber, Jan-Thomas Fischer

Austrian Research Center for Forests (BFW), Department of Natural Hazards, Innsbruck, Austria

Stephan Harvey, Yves Bühler

WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Davos, Switzerland

Christoph Mitterer

Avalanche Warning Service Tyrol, Innsbruck, Austria



01 Beim Üben mit der VR beginnt die Skitour bereits beim Einpacken des Materials – genauso wie im echten Leben. (Quelle: Notfall Lawine VR) |

07 „Notfall Lawine VR“ – Mit Virtual Reality vorbereitet sein für den Ernstfall

Autor Norbert Lanzanasto

Lawinengefahr: Ein Notfall, der jeden treffen kann

Wer im Winter gerne Skitouren geht oder abseits gesicherter Pisten unterwegs ist, kennt das Risiko: Lawinen. Auch erfahrene Bergsportler:innen können plötzlich in eine lebensbedrohliche Situation geraten – sei es durch einen selbst ausgelösten Abgang oder weil man Zeuge eines Lawinenunfalls wird. In solchen Momenten zählt jede Sekunde. Die Überlebenschance für vollständig verschüttete Personen ist in den **ersten Minuten** nach einem Lawinenabgang am höchsten und sinkt danach rasant ab. Deshalb ist die **Kameradenrettung** – also das unmittelbare Handeln durch Begleiter:innen noch vor dem Eintreffen professioneller Einsatzkräfte – von entscheidender Bedeutung. Doch wie trainiert man dieses Verhalten so, dass es im Ernstfall sitzt?

Die Antwort auf diese Frage liefert seit kurzem ein innovatives Projekt aus Tirol: die **kostenlose Virtual-Reality-App „Notfall Lawine VR“**. Sie soll helfen, Abläufe zu verinnerlichen, Fehler zu erkennen – und im besten Fall Leben zu retten.

Was ist „Notfall Lawine VR“?

„Notfall Lawine VR“ ist ein interaktives, digitales Trainingswerkzeug, das vollständig in **Virtual Reality (VR)** abläuft. Nutzer:innen tragen dabei eine **Meta Quest-Brille** (Version 2, 3 oder Pro) und erleben eine realitätsnahe Simulation eines Lawinenunfalls – vom Tourstart bis zur Rettung einer verschütteten Person.

Die App wurde vom **Lawinenwarndienst Tirol** zusammen mit der Agentur **MediaSquad** entwickelt und wird durch das Land Tirol unterstützt. Ihr Ziel ist klar: **Sicherheitsbewusstsein stärken,**

Handlungssicherheit vermitteln, Rettungsabläufe üben – und das überall, jederzeit, kostenlos.

Was genau kann man mit der App trainieren?

Die App bildet einen kompletten Skitourtag ab – inklusive Vorbereitungen und Notfallszenario:

1. **Vorbereitung daheim:** Der Rucksack wird gepackt – inklusive Lawinenschaufel, Sonde und LVS-Gerät.
2. **Ausrüstungs-Check am Parkplatz:** Der LVS-Check mit der Gruppe vor dem Aufstieg – eine oft unterschätzte, aber essenzielle Routine.
3. **Lawinenabgang:** Plötzlich geht ein Schneebrett ab – eine Person wird verschüttet.
4. **LVS-Suche:** Mit realistisch simulierten Signaltönen und Feldlinien suchst du systematisch nach der verschütteten Person.
5. **Sondieren:** Sobald du die Stelle gefunden hast, geht es darum, die genaue Position durch gezielte Sonden-Stiche zu bestimmen.
6. **Ausschaufeln:** Die wohl anstrengendste, aber entscheidende Phase – hier zählt jede Minute.

Die gesamte Simulation ist **fehlerfreundlich aufgebaut:** Wenn du etwas falsch machst (z. B. zu langsam suchst, Ausrüstung vergisst oder den Notruf nicht absetzt), reagiert die App unmittelbar. So wird der Lerneffekt verstärkt – ohne reale Konsequenzen, aber mit nachhaltigem Eindruck.

Für wen ist die App gedacht?

„Notfall Lawine VR“ richtet sich an eine **breite Zielgruppe:**

- ▷ **Skitourengeher:innen und Freerider** – von Anfänger:innen bis Fortgeschrittene

- ▷ **Schulklassen und Jugendgruppen** – um früh ein Sicherheitsbewusstsein zu entwickeln
- ▷ **Rettungsdienste und Bergführer:innen** – als Ergänzung zum realen Training
- ▷ **Tourismusbetriebe, Hüttenwirte und Regionen** – um Gästen niederschwellige Vorbereitung zu ermöglichen

Die App ist nicht nur auf **Deutsch**, sondern inzwischen auch auf **Englisch** verfügbar. Sie wird bereits auf Berghütten wie der **Franz-Senn-Hütte** im Stubaital eingesetzt, wo Gäste direkt vor ihrer Tour trainieren können. Auch auf Messen, in Schulen oder bei Sicherheitstagen kommt sie zum Einsatz.

Wichtig: Kein Ersatz für echtes Gelände-Training!

So beeindruckend die App ist – und so realistisch das Erlebnis auch wirkt – **sie kann und soll das Training im Gelände nicht ersetzen.** Nur unter realen Bedingungen lernt man:

- ▷ wie sich Tiefschnee wirklich anfühlt
- ▷ wie anstrengend es ist, mit einer Lawinenschaufel zu graben
- ▷ wie komplex Gruppendynamik in einer Stresssituation wird
- ▷ wie Technik und Körper bei Kälte und Wind reagieren

„Notfall Lawine VR“ ist deshalb eine **ideale Ergänzung**, kein Ersatz. Sie soll helfen, **Verhalten einzuüben**, den **Ablauf zu verinnerlichen** und die **Bedeutung der richtigen Ausrüstung und Vorbereitung** bewusst zu machen – aber am Ende gehört auch der Gang ins Gelände zum vollständigen Lawinentraining dazu.

02 Was ist zu tun wenn eine Lawine abgeht auf Tour? (Quelle: Notfall Lawine VR) | 03 Auch die LVS-Suche kann mittels Notfall Lawine VR im Wohnzimmer geübt werden. (Quelle: Notfall Lawine VR) |





Geplante Erweiterungen: Mehr Realität, mehr Teamarbeit

Es sind bereits zwei große Weiterentwicklungen geplant, die das Erlebnis noch realistischer und interaktiver machen:

Szenarien mit Mehrfachverschüttung

In echten Notfällen sind oft nicht nur eine, sondern mehrere Personen verschüttet. Das verlangt von Retter:innen ein noch strukturierteres Vorgehen, Prioritätensetzung und starke Nerven. Ein solches Szenario soll in der App künftig geübt werden können – eine besonders anspruchsvolle Situation.

Multi-Player-Modus

Ein echtes Highlight: Künftig soll es möglich sein, mit mehreren Nutzer:innen gleichzeitig ein Szenario zu trainieren. So können zum Beispiel Schulklassen, Freundesgruppen oder Rettungsteams gemeinsam trainieren, sich absprechen und gegenseitig helfen. Das steigert den Lerneffekt und bringt wichtige soziale Dynamiken ins Spiel.

Fazit: Üben rettet Leben – auch virtuell

Mit „Notfall Lawine VR“ wird modernes Lawinentraining zugänglich, verständlich und emotional greifbar. Die App nutzt die Stärken von Virtual Reality, um kritische Abläufe zu üben, Verantwortung zu stärken und Sicherheit in den Bergen zu fördern.

Sie ist kein Ersatz für echtes Lawinentraining – aber ein **hochwirksamer Türöffner**. Wer die Abläufe virtuell mehrfach durchgespielt hat, geht bewusster, vorbereiteter und sicherer ins Gelände.

Das macht die App zu einem wichtigen Werkzeug für Prävention, Bildung und Lebensrettung im alpinen Raum.

Links

▷ Offizielle App-Seite (Meta): <https://www.meta.com/de-de/experiences/notfall-lawine/5126690040788288/>

Die App ist **kostenlos**, im App Lab des Meta Quest Stores verfügbar. Einfach herunterladen und ausprobieren – am besten gemeinsam mit Freund:innen. Denn: **Trainieren rettet Leben. Auch im Wohnzimmer.**

▷ Projektseite des Lawinenwarndienstes des Landes Tirol:

<https://lawinen.report/education/virtual-reality-project>

Norbert Lanzasato

norbert.lanzasato@tirol.gv.at

Lawinenprognostiker LWD Tirol



EIN GANZHEITLICHES SAFETY SYSTEM

Für Bergsteiger- und SkitourengeherInnen geht es um mehr als nur bahnbrechende Safety-Produkte. Um sich sicher in den Bergen zu bewegen, braucht es Wissen, Können und die richtige Ausrüstung.

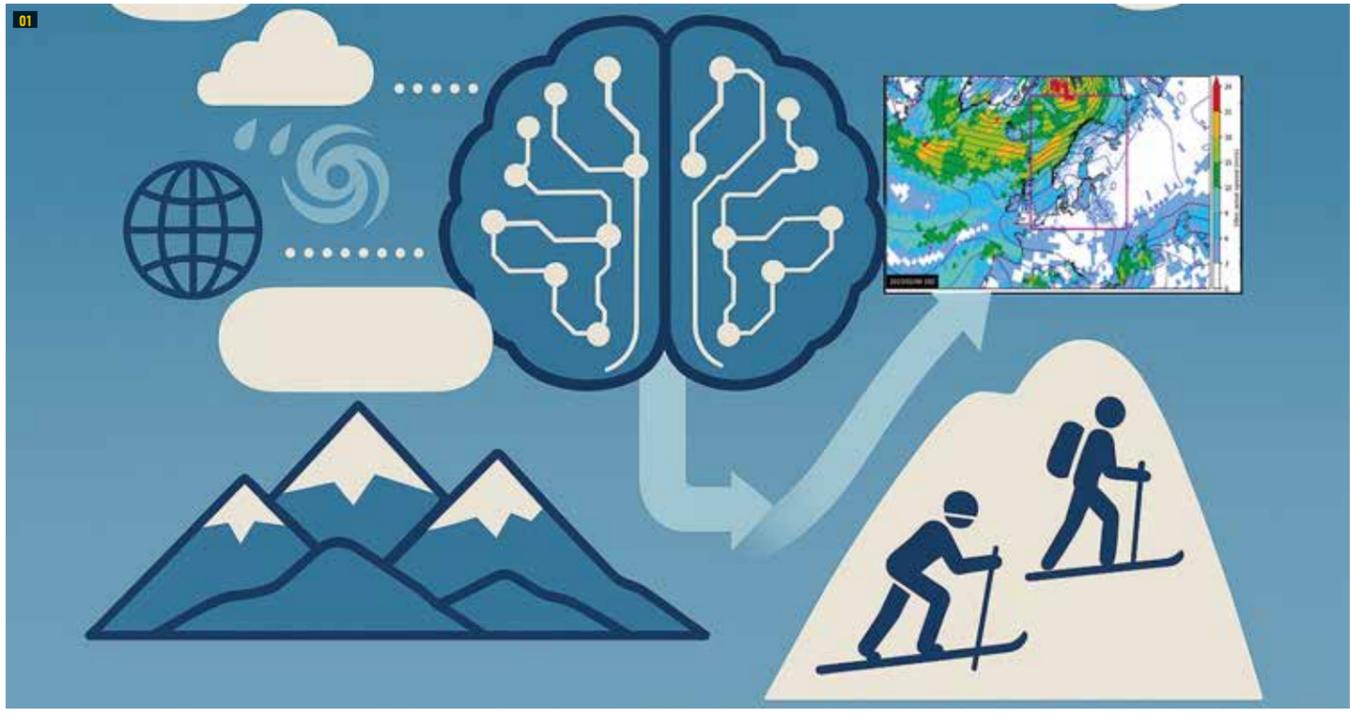
Entdecke unser gesamtes System auf ortovox.com



ORTOVOX

04 Beim Üben im Wohnzimmer wird man richtig aktiv und muss mittels Handbewegungen die Probleme lösen. (Foto: Christian Vorhofer) | 05 Nach der LVS-Suche kommt die Sondierung des Verschütteten. (Quelle: Notfall Lawine VR). |





	Klassisches NWP (z.B. IFS)	KI-Modelle (z.B. AIFS, Graph Cast)
	Stunden auf Supercomputern	<1 Minute auf GPU
	9 km (HRES), 1-3 km (local)	28 km global, teils bis 2,5 km
	sehr hoch	>1000 x geringer
	ja	nein, datenbasiert
	gut (bei lokaler Auslösung)	z.T. geglättet
	mit Spezialmodellen möglich	in Entwicklung (z.B. Bris)
	Topografische Details	in Entwicklung (z.B. Bris)

02 Klassische Wettermodelle (NWP) vs. AIWP KI-Modelle. I

Was bringt das für die Tourenplanung im Gebirge?

- Schnelligkeit:** KI-Modelle erzeugen eine 10-Tage-Prognose in unter 1 Minute. Dies ermöglicht nahezu Echtzeit-Anwendungen für Tourenplaner oder Lawinenwarndienste.
- Effizienz:** Die Rechenkosten sind bis zu 1000-mal geringer. Dadurch könnten zukünftig auch lokale Prognosen auf Mobilgeräten möglich werden.
- Neue Auflösungstechniken:** Durch sog. "gestreckte Gitter" („stretched grid“) oder nachträgliche Verfeinerung (downscaling) können hochauflösende Prognosen für alpine Regionen erstellt werden. Diese Modelle werden derzeit an mehreren Wetterzentren, u.a. auch der GeoSphere Austria, gemeinschaftlich entwickelt.
- Spezialisierte Parameter:** Relevante Größen für den Bergsport wie 2m-Temperatur, Wind in verschiedenen Höhen, Niederschlagstyp, Schneefallgrenze oder Strahlung werden direkt vorhergesagt bzw. können aus den derzeit verfügbaren Größen abgeleitet werden.

08 Künstliche Intelligenz und datengetriebene Wetterprognosen: Neue Modelle für die Tourenplanung im alpinen Raum

Autor:innen Irene Schicker, Caglar Küçük, Pascal Gfäller, Alexander Kann

Der Paradigmenwechsel in der Wettervorhersage

Seit 2023/24 erleben wir in der Meteorologie einen disruptiven Wandel: Mit dem Einzug künstlicher Intelligenz (KI) in die Wettervorhersage entstehen neue Prognosesysteme, die Wetter schneller, effizienter und in oft auch genauer vorhersagen können als klassische numerische Wettermodelle (NWP). Besonders im alpinen Raum können diese Modelle einen wichtigen Beitrag zur Tourenplanung und Risikobeurteilung leisten, trotz ihrer derzeit noch geringen räumlichen Auflösung. In diesem Beitrag geben wir einen Überblick über den aktuellen Stand, den Nutzen für die Praxis und die Herausforderungen der KI-basierten Wetterprognose (Abbildung 02).

Wie funktionieren KI-Wettermodelle?

KI-Wettermodelle (AIWP = AI Weather Prediction, Abbildung 03) basieren auf tiefen neuronalen Netzen, die aus jahrzehntelangen Wetterarchiven wie ERA5 "lernen", wie sich die Atmosphäre von einem Zustand zum nächsten entwickelt. Statt physikalischer Gleichungen nutzen diese Modelle Mustererkennung verknüpft mit physikalischem Wissen und

teils auch Gleichungen: sie sagen voraus, wie sich ein atmosphärischer Zustand über Stunden und Tage entwickelt, oft über autoregressive Schleifen. Modelle wie AIFS (ECMWF, Lang et al., 2024), GraphCast (Google, Lam et al., 2023), Pangu-Weather (Huawei, Bi et al., 2023) oder FourCastNet (NVIDIA/NOAA, Bonev et al., 2023), Aurora (Keisler et al., 2024) haben mittlerweile eine Genauigkeit erreicht, die mit traditionellen Modellen wie dem IFS des ECMWF konkurriert oder sie sogar übertrifft.

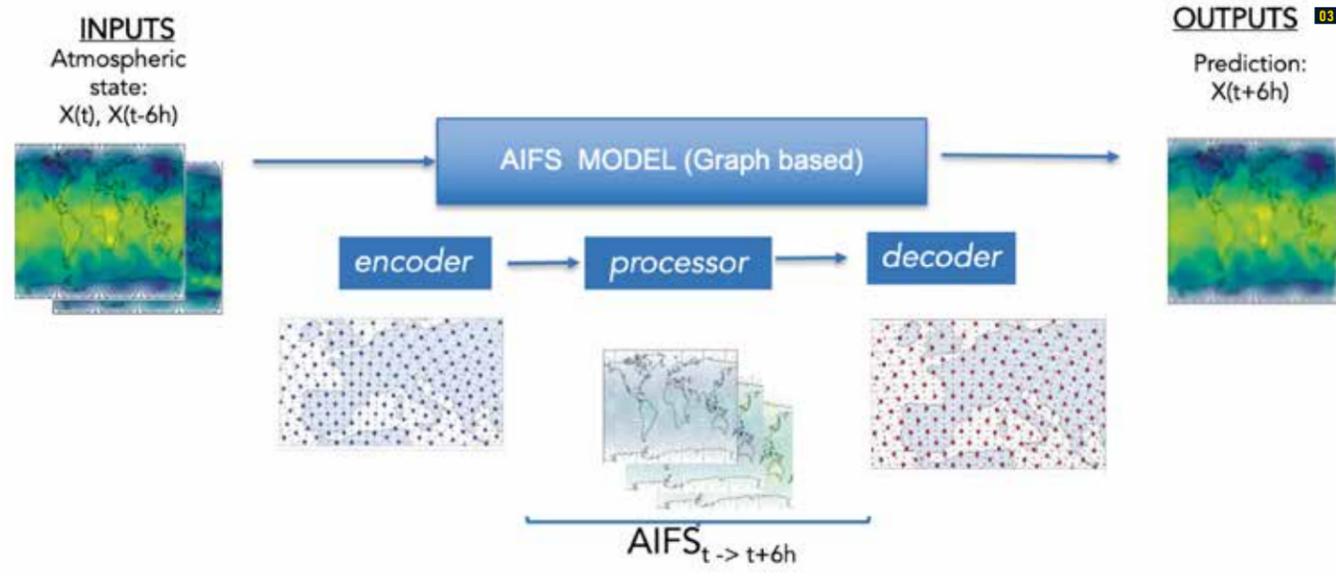
Chancen für mehr Sicherheit im alpinen Raum – was bieten uns diese Modelle für den alpinen Sport?

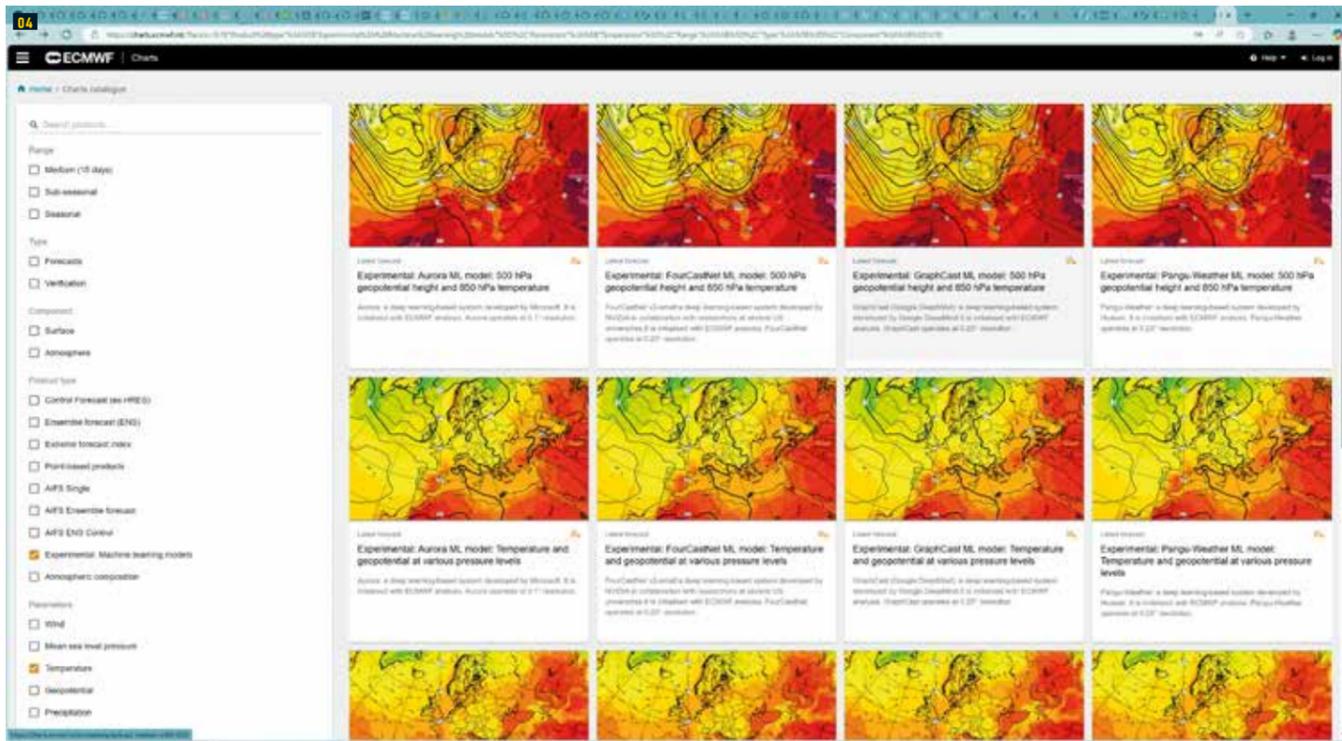
KI-Modelle sind kein Ersatz für klassische Wettermodelle oder menschliche Erfahrung, aber ein wertvolles Werkzeug zur Unterstützung. Besonders für die Tourenplanung bieten sie neue, schnelle und vielfach zugängliche Informationen. In Kombination mit lokalem Wissen, klassischer Prognose und Schneedeckenbeobachtung können sie helfen, Lawinengefahr besser einzuschätzen und Touren sicherer zu planen.

Der nächste logische Schritt wäre die Integration von KI-Wetterdaten in Tourenplanungs-Apps oder Tools der Lawinenwarndienste – mit interaktiven Karten, Unsicherheits-Overlay und spezifischen Warnparametern.

Für den Bergsportler könnte dies bedeuten: wenn z.B. am Morgen einer Skitour neue Schneefälle oder ein Föhnsturm einsetzen, kann mit einem schnell gerechneten AIWP Modell eine aktualisierte Prognose verwendet werden, anstatt bis zum nächsten Modelllauf am Folgetag zu warten. Dadurch lassen sich Touren zeitlich und routentechnisch flexibler anpassen, um Wetterfenster optimal zu nutzen oder rechtzeitig abubrechen, bevor Gefahr droht.

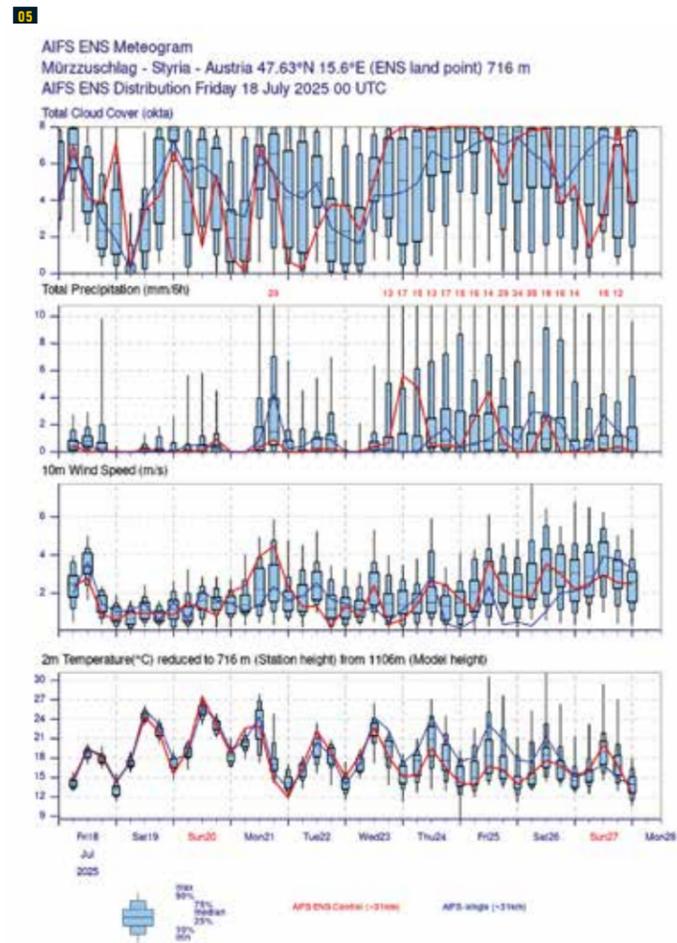
03 Wie AIWP funktionieren (©ECMWF). I





04 Vorhersagekarten der unterschiedlichen AIWP Modelle. |

05 Prognose des AIFS Ensemble Modelles für Mürzzuschlag für die nächsten Tage (18.7.2025). |



Das AIFS-System des ECMWF – der globale Goldstandard

Seit Februar 2025 betreibt das Europäische Zentrum für mittelfristige Wettervorhersage (ECMWF) das erste operationelle KI-Wettersystem weltweit: AIFS. Die Besonderheit: Mit einer Auflösung von ca. 28 km global und optionaler Verfeinerung im Alpenraum bietet AIFS Prognosen, die oft genauer sind als klassische Modelle. Diese Daten sind frei verfügbar (<https://charts.ecmwf.int/>) und es können für Städte und Orte Punktprognosen dargestellt werden (Abbildung 04). Derzeit wird eine Version mit "gestrecktem Gitter/Zoom" (Nipen et al., 2024) für ausgewählte Regionen wie dem Alpenraum getestet, die lokal bis zu 2.5 km Auflösung ermöglicht – ideal für Tourenplanung in komplexem Gelände.

Unsicherheiten und Grenzen: Was kann KI (noch) nicht?

So vielversprechend die Entwicklungen sind, es gibt Limitationen:

- ▷ **Extreme** wie Starkniederschlag oder Föhnlagen werden oft zu glatt vorhergesagt ("blurry forecasts").
- ▷ **Feinstruktur** der Topographie fehlt bei 30 km-Auflösung – lokale Effekte wie Talwindssysteme oder mikroklimatische Lagen sind schwer erfassbar. Hier benötigen wir die „gestreckten Gitter“ Modelle

- ▷ **Unsicherheitsinformation:** Nur wenige Modelle (z.B. GenCast, Lützens et al., 2024) liefern probabilistische Informationen über Vorhersagen – für die Risikobeurteilung aber entscheidend.
- ▷ **Trainingsdaten:** KI-Modelle sind nur so gut wie die Daten, mit denen sie trainiert wurden. Diese Trainingsdaten benötigen aber vor allem bei hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung sehr

Was erwartet uns in den nächsten Jahren?

Die KI-Modelle entwickeln sich rasant weiter. Aktuell entstehen regionalisierte Hochauflösungsmodelle wie "Bris" in Norwegen, mit 2.5 km Auflösung und spezifischem Training für den Alpenraum. Gleichzeitig wird an hybriden Systemen gearbeitet, die klassische Physik und KI kombinieren (NeuralGCM, AIFS-Hybrid). Zudem entstehen erste Tools zur Quantifizierung von Unsicherheit, was gerade für Toureneher:innen essenziell ist.

Literatur

- Lam, R., Noland, D., Zheng, T., & Hassabis, D. (2023). GraphCast: Learning skillful medium-range global weather forecasting. arXiv preprint arXiv:2310.01808. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.01808>
- Bi, K., Zhang, L., Gao, Y., Xie, L., Zhang, Y., Lin, L., & Song, G. (2023). Accurate medium-range global weather forecasting with 3D neural networks. *Nature*, 620, 534–540. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-05980-1>
- Keisler, R., Pathak, J., Subramanian, S., et al. (2024). Aurora: A foundation model for physics and the climate. arXiv preprint arXiv:2402.00849. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.00849>
- Bonev, A., Subramanian, S., Kashinath, K., et al. (2023). FourCastNet v2: Physics-aware autoregressive transformer for data-driven weather forecasting. arXiv preprint arXiv:2306.09372. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.09372>
- Lützens, B., Zhang, L., Lam, R., et al. (2024). GenCast: Generating global ensemble weather forecasts with diffusion models. arXiv preprint arXiv:2402.14520. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.14520>

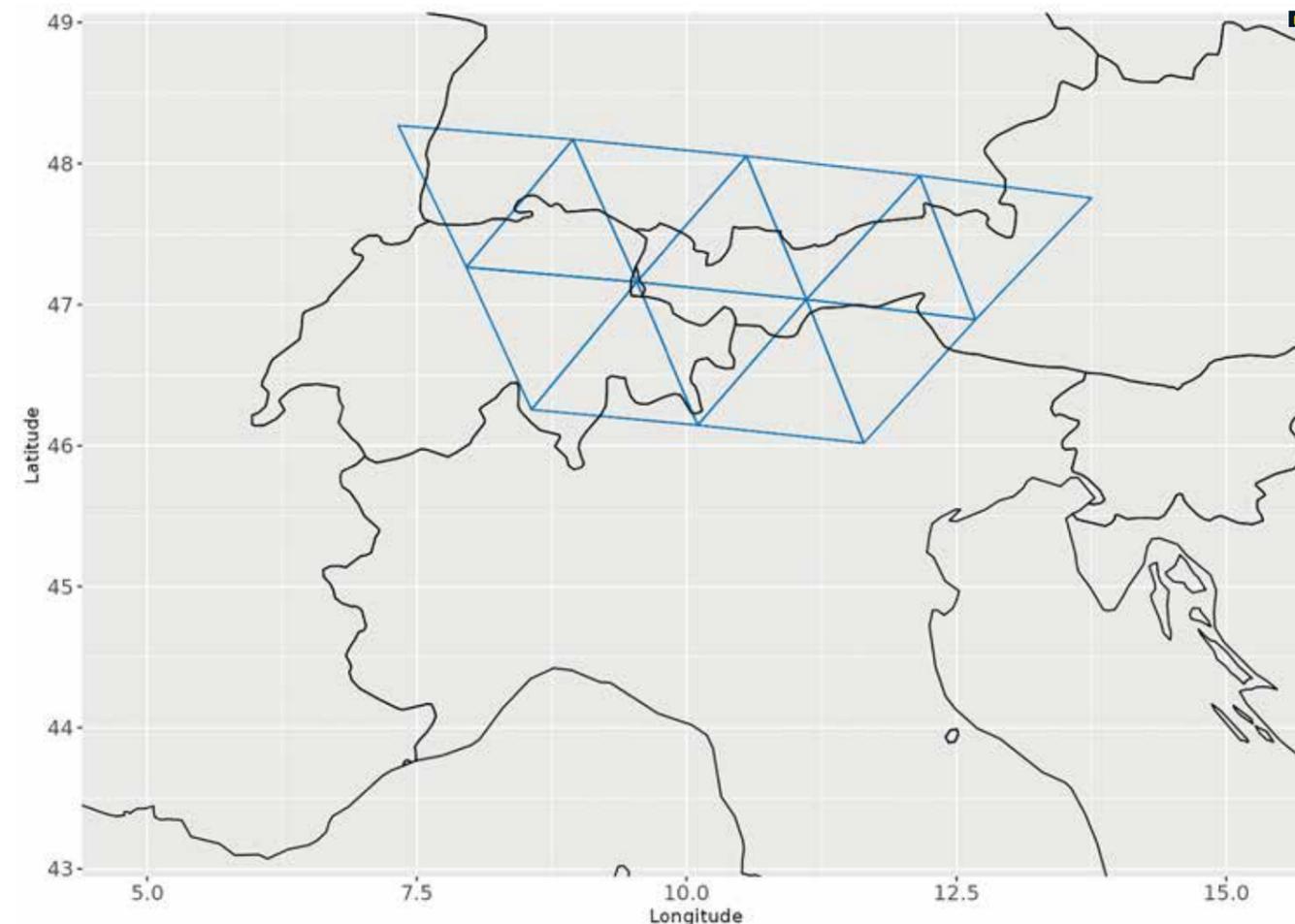
- Lang, S., Alexe, M., Chantry, M., Dramsch, J., Pinault, F., Raoult, B., Clare, M. C. A., Lesig, C., Maier-Gerber, M., Magnusson, L., Ben Bouallègue, Z., Prieto Nemesio, A., Dueben, P. D., Brown, A., Pappenberger, F., & Rabier, F. (2024). AIFS – ECMWF's data-driven forecasting system [Preprint]. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2406.01465>
- Nipen, T. N., Haugen, H. H., Ingstad, M. S., Nordhagen, E. M., Salihi, A. F. S., Tedesco, P., Seierstad, I. A., Kristiansen, J., Lang, S., Alexe, M., Dramsch, J., Raoult, B., Mertes, G., & Chantry, M. (2024). Regional data-driven weather modeling with a global stretched-grid [Preprint]. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2409.02891>

Irene Schicker

irene.schicker@geosphere.at
 GeoSphere Austria, Abteilung Analyse und Modell, CU Postprozessing und AI
Caglar Küçük, Pascal Gfäller und Alexander Kann
 GeoSphere Austria, Abteilung Analyse und Modell, CU Postprozessing und AI



01 A single event cannot be tied to climate change, but changes of frequency and intensity of events can be. (Picture: Walter Würtl) |



02 Location of the German Climate Forecast System (GCFS) grid cell across the European Alps. Horizontal resolution corresponds to about 100 km on a regular Gaussian grid. |

09 Exploring the potential of seasonal predictions for winter hazard assessment – a glimpse into the near future

Autor:innen Sascha Bellaire, Gudrun Mühlbacher

Is it still weather or already climate?

A German newspaper recently titled an article about recent natural catastrophic events causing monetary damage and loss of life with the above question. To be clear, there is no doubt about anthropogenic climate change in general, however to tie a certain catastrophic event to climate change is impossible. Therefore, the above question is the correct question to ask while communication climate change induced risks of natural hazards to the public. Simply spoken a single event cannot be tied to climate change, but changes of frequency and intensity of events such as heavy rain or periods of draught or heat can be.

There we already have the difference between weather and climate. Weather is the short-term state (hours to days) of the atmosphere whereas climate describes the state of the atmosphere over longer time periods (decades to centuries). In other words, climate is the statistic of weather observed over long time periods, e.g. based on hourly

measured of air temperature or precipitation a daily mean can be calculated measured over decades one can derive monthly, yearly or hence decadal means. This in turn, allows a statistical analysis of changes in, e.g. temperature or precipitation and hence the change of the climate at the location of the measurement.

Seasonal forecasting (up to month) aims on bridging the gap between weather and climate. The intention of seasonal forecasting is not to predict the weather in a month time it aims rather on predicting the deviation from a certain climate mean or reference period, i.e. will the season be warmer or colder, more have more wet or dry conditions compared to said reference period. Predicting this deviation from a climate mean requires a numerical model. Such a model is typically an extended version of a numerical weather prediction model, which besides the lower layers of the atmosphere and the land surface also consider upper atmospheric layers, the ocean and e.g. phenological

processes which typically are of minor importance for weather but are key elements of the climate system. To estimate the probability of the deviation from the climate mean an ensemble of numerical simulation is generated, where each member starts from slightly different initial condition. The larger the deviation between the individual members the lower the probability.

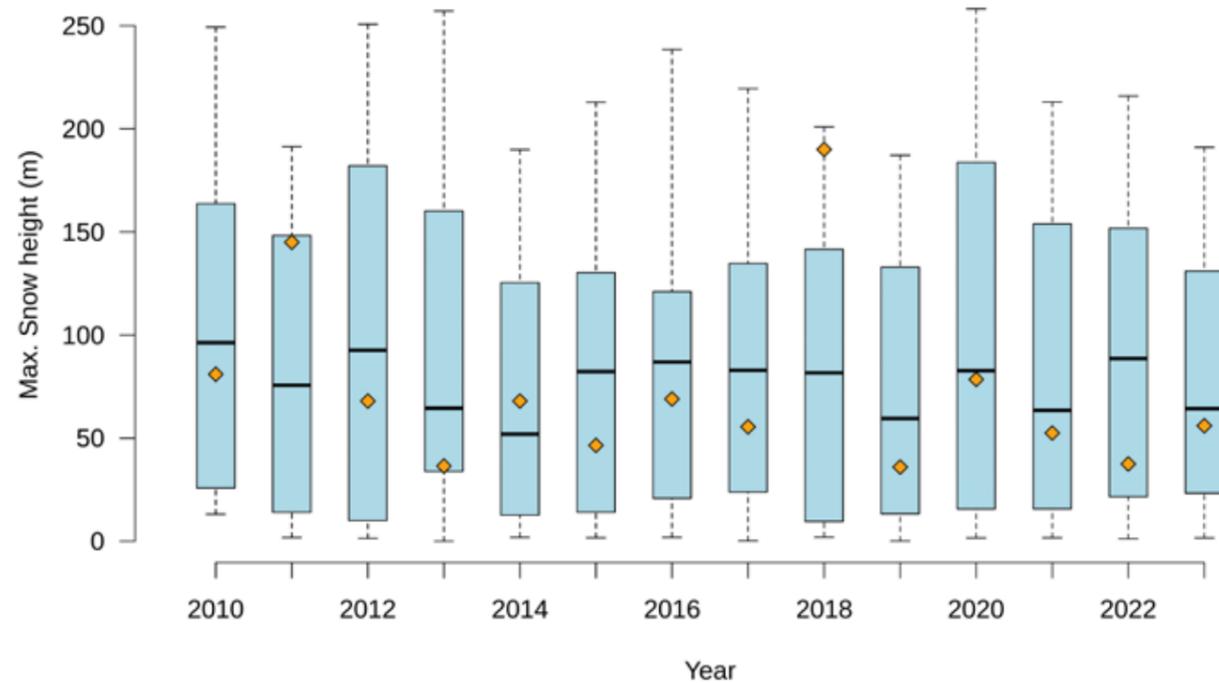
For seasonal forecasting the German Weather Service (DWD) operates the German Climate Forecast System (GCFS). Behind the GCFS, or the climate model, is an earth system model which can describe the state and evolution of the atmosphere, the ocean, sea ice, the land surface and all their interactions on a global scale. The earth system model of choice at DWD is the ICON model (Icosahedral Nonhydrostatic), which is also used for numerical weather prediction at DWD and other countries worldwide. ICON therefore allows a seamless prediction from weather, over seasonal to climate timescales and also from regional to global prediction. However, for the short-term predictions it is of paramount importance to have accurate initial

conditions (e.g. temperature, humidity etc.) of all relevant components of the climate system, while moving on to longer timescale initial conditions become less relevant and boundary conditions (e.g. radiation, concentration of greenhouse gases and aerosols) become more important. Seasonal forecasting with its time scale of month making it equally dependent on both, i.e. accurate initial as well as boundary conditions and therefore a challenging prediction.

Weather, climate and natural hazards – so what?

Numerical weather and climate predictions have improved significantly in recent years. This is mainly due to increased computational power and hence the ability to process more observations, include better physical parameterizations or to increase horizontal as well as vertical resolution of the numerical models.

Similar to the numerical weather prediction the assessment of winter natural hazards requires an accurate nowcasting, i.e. initial conditions of the snow cover in terms of stability, e.g., for avalanche



03 Boxplots of simulated maximum snow height for the Alps domain (Fig. 02) of all 25 members for the period of December to February between 2010 and 2023. Orange diamonds show the median measured maximum snow height of five automated weather stations across the domain. |

warning or for snow loads on infrastructures. This is typically done by observers doing manual observations depending on the target, i.e. snow profiles and stability tests or measurements of the snow water equivalent (SWE), respectively.

However, only by adding the information of a weather forecast to the current state, a warning for the next day becomes possible. To overcome the issue of limited observations – especially at the beginning of the season – sophisticated snow cover models have been forced with output from numerical weather prediction models in order to provide additional information and to do an actual forecast of the evolution of the snow cover.

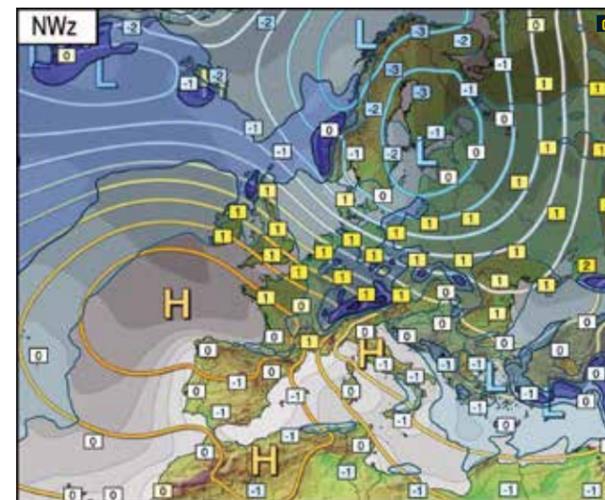
For climate predictions knowing the current state is of less importance. Due to increased computational costs and a high demand on data storage, future scenarios for snow are currently limited to simple questions such as the future evolution of the snow extent. Assessing potential shifts in e.g. avalanche problems and associated vulnerability of human being and infrastructure would require a sophisticated snow cover scheme implemented in a climate model. The latter is currently work in progress at DWD and the only way to get the required information for stability assessment since the resolution in time and space is not sufficient to force snow cover models offline, i.e. take model output as input for the snow model. Keep in mind that while forcing a snow cover model offline there

is no interaction between the atmosphere and the snow cover making the input inaccurate from the beginning.

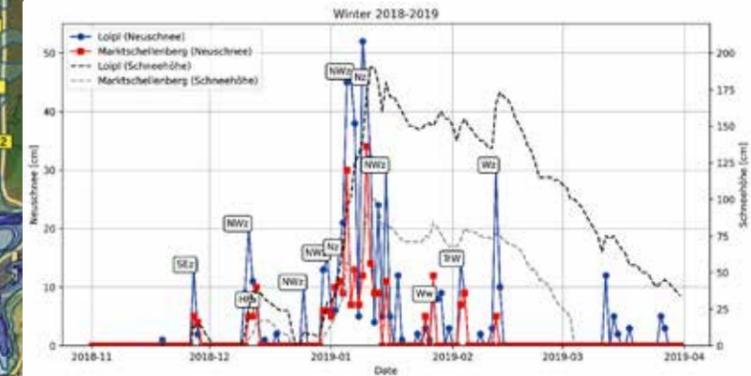
For short-term and mid-term planning of resources for warning purposes or even winter tourism local authorities would benefit from a prediction into the near future, i.e., a couple weeks, month or entire season. Therefore, the afore mentioned seasonal forecasts could bridge the gap between weather and climate timescales. The shorter time periods of weeks and month allow for a higher resolution output compared to climate runs providing the required input for sophisticated snow cover schemes or ideally implement the snow cover scheme directly.

So does it work?

The answer to this question is currently: 'Sort of!' However, lucky for us in science no results are not necessarily bad results giving us the opportunity to learn and improve. But let's start from the beginning. Figure 02 shows the GCFS grid (i.e. ICON) across a domain spanning the southern German Alps, east parts of Switzerland, northern parts of Italy as well as western parts of Austria. Seasonal forecasts or hindcasts are initiated 4 times a year in August, November, February and May with a lead time, i.e. length of forecast, of 4 months. The GCFS ensemble consists of 25 members for which atmospheric output variables are available 3-hourly.



04 Exemplary weather map for a north-west cyclonal (NWz) weather regime over Europe. | 05 Measured snow height (dashed) as well as new snow amounts (green and red lines) for two automated weather stations in the region of Berchtesgaden, South-East Germany. Boxes with abbreviations indicate weather related to the new snow event, e.g. NWz north-west cyclonal (German: zyklonal). (Source: Semjon Schimanke (DWD)) |



This allows running a sophisticated snow cover scheme offline, i.e. not directly within the GCFS system. This becomes necessary because the implemented snow cover scheme does not perform well (not shown) in terms of snow cover evolution. Therefore, Figure 03 show results of this exercise. To be specific, Figure 03 shows a boxplot of the maximum snow height for December to February (DJF) for 14 winters between 2010 and 2023 for all 25 members and the selected grid boxes of Figure 02. For comparison the median maximum measured snow depth of selected stations within the domain is given as well. Overall the difference or spread between members seems large ranging from no snow on the ground to up to 250 cm, with a median between 50 and 100 cm for all years. Keep in mind that this is somewhat a median for the entire alps since the grid cell horizontal resolution is about 100 km covering lower altitudes and higher altitudes in one grid cell. However, median measured maximum snow height seems to be within 10 to 25 cm to the simulations indicating minor skill or in other words the same ball park. Noteworthy is the winter 2018-2019 where in January a persistent weather regime (Figure 04 and 05) brought large amounts of snow to the northern alps. Single members seem to cover this situation (outliers) but the majority of the members does not. This indicated by a large deviation of the median measured maximum snow height to the simulated counterpart.

What's next?

The observed spread seems too large which can have various reasons. First of all, the horizontal resolution of 100 km is quite coarse and therefore large deviation in elevation between the model and

real topography exist. Therefore a few member show air temperatures clearly above freezing and therefore no snow fall is simulated, which is clearly not the case for the Alps at least not for an entire grid cell. Furthermore, as Figure 04 and 05 indicated – and we also know – certain weather regimes, if persistent, can bring large amounts of snow. Therefore, it needs to be clarified if members also were able to reproduce these specific weather events, which is a prerequisite for more accurate snow amounts. In summary, results show potential to be able to have a 'glimpse' into the near future with current seasonal forecasting systems, but there is still work required in order to improve the seasonal forecast for alpine regions.

Sascha Bellaire

Sascha.Bellaire@dwd.de

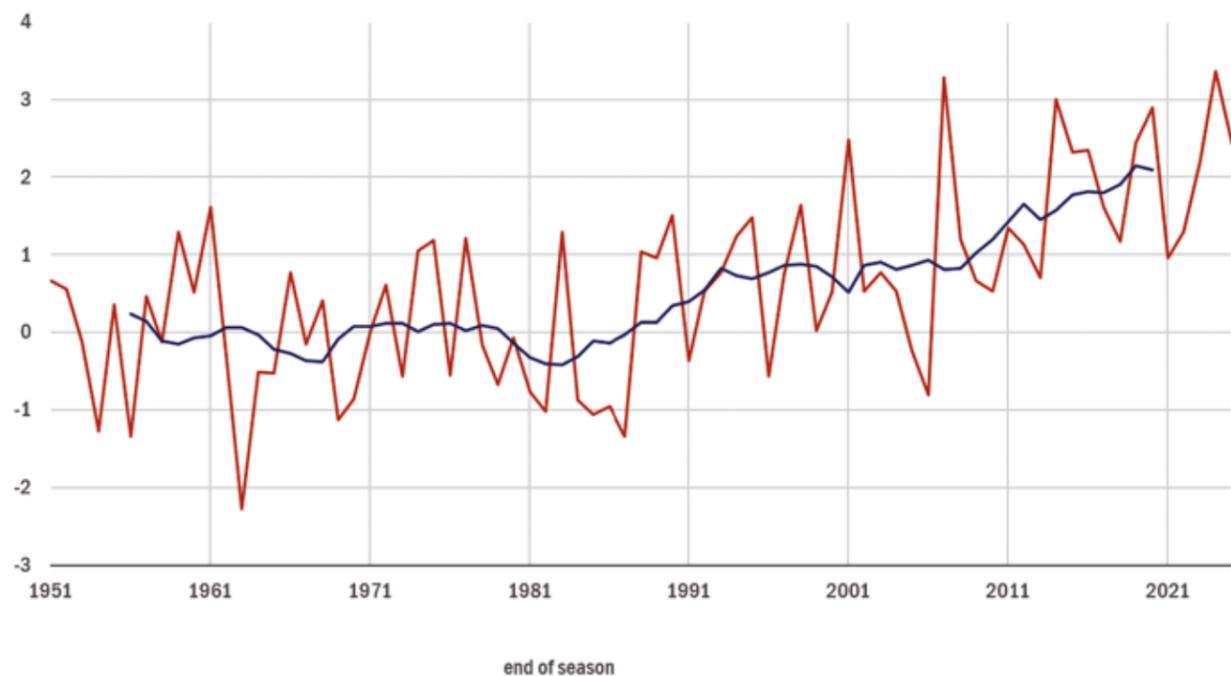
Meteorologist and Snow Scientist specialized in weather and climate modelling with a current focus on snow cover modelling. Instructor of the winter education team of the Austrian and German Naturfreunde.

Gudrun Mühlbacher

Gudrun.Muehlbacher@dwd.de

Meteorologist at the German Weather Service at the department "climate & environment", leader of Regional Climate Office in Munich, expert in Alpine Climatology, member of expert team Klima.Schnee.Sport of Stiftung Sicherheit im Skisport

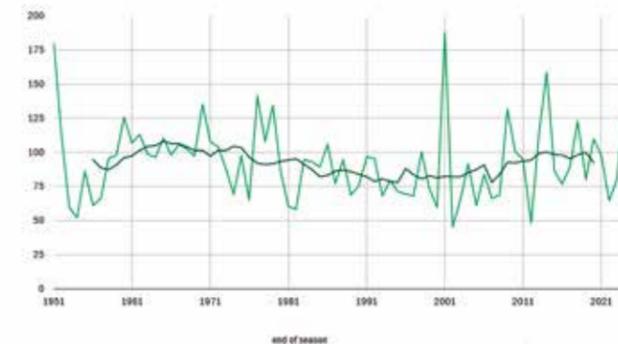
01 mean temperature anomaly (C°), November-April



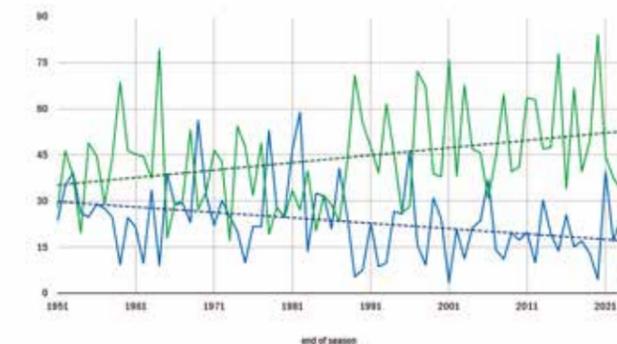
ARSO VREME

01 Mean air temperature anomaly from November through April, 1950/51-2024/25 in the lower parts of Slovenian Alps (mean of time series of Rateče, Planina pod Golico, Bohinjska Češnjica, Zgornja Sorica and Jezersko stations). The reference period is 1950/51-1979/80. Red line represents seasonal and dark red line 11-year moving average values. |

02 mean precipitation index (%), November-April



03 snow/rain to total precipitation ratio (%), November-April



02 Mean index of November through April precipitation sum, 1950/51-2024/25 in the lower parts of Slovenian Alps (mean of time series of Rateče, Planina pod Golico, Bohinjska Češnjica, Zgornja Sorica and Jezersko stations). The reference period is 1950/51-1979/80. Green line represents seasonal and dark green line 11-year moving average values. | 03 Snow (water equivalent) to total precipitation amount (blue) and rain to total precipitation amount (green) in Kranjska Gora for November-April season through 1950/51-2024/25. The dashed lines display linear trend. Only precipitation amount data with either only snow or only rain in 24-hour period are considered. |

10 Climate change impact on snow cover below 1200 m in Slovenian Alps, from 1950 to 2100

Autor Gregor Vertačnik

Since 1950 climate has radically changed in Slovenia and this climate change is expected to continue for at least several decades in middle- to high-end emission scenarios. Slovenian Environment Agency has recently prepared homogenised and imputed stations' daily time series of main climate variables that start in 1950 or 1960. The data show annual mean temperature increase of about 2.7 °C since 1970. The increase is quite homogeneous throughout Slovenia, but differs somewhat throughout the year. During November-April period, covering almost all of the snowfall and snow cover periods, lower Alpine regions have warmed by around 2 °C in the last 40 years (Figure 01).

Precipitation amount in the same period displays less clear imprint of climate change. Apart from some spots in summer, there are no significant li-

near trends on seasonal and annual levels since 1950 in Slovenian Alps. Slowly varying precipitation amount (Figure 02) combined with temperature increase has translated into a significant drop in snow-related variables since 1950 (Figures 04 and 05). The relative decrease in snowfall amount has been stronger in lowlands (Ljubljana and Celje basin, around 10 % per decade), whereas the trend is altitudinally more homogenous and slightly stronger for the total snow depth. Increasing air temperature has diminished snow cover through two distinct ways: decreasing snow to total precipitation ratio (Figure 03) and increasing snow cover melt.

Despite the lack of continuous high-quality measurements in the higher parts of Slovenian Alps, but based on higher sensitivity of snow cover to precipitation amount one can infer that the relative

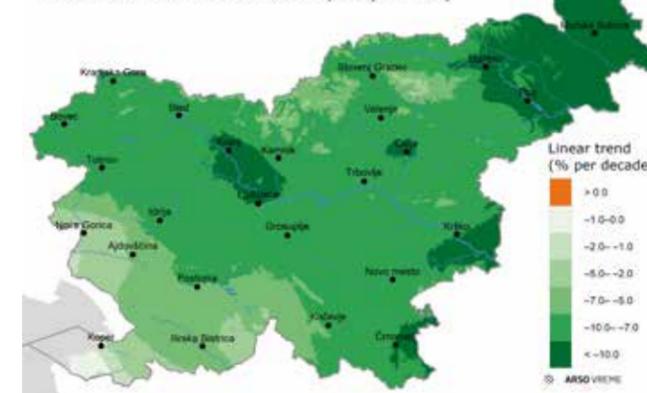
change in snow variables has probably been much less pronounced than at lower elevations. Above 2000 metres of ASL (above sea level) precipitation abundant seasons correspond well to the snowiest seasons; the wettest season since at least 1951/52, 2000/01, match the record snow depth of 7 metres, measured at Kredarica station (2513 m ASL). Complementary, even in a past colder climate, dry seasons (e.g. 1975/76, 1980/81, 1981/82) lack snow in the upper part of Slovenian Alps (at Kredarica only 284, 280, 350 cm was measured as a maximum snow depth, respectively). Time series of snowfall, total snow depth and snow cover duration reveal an interesting evolution (see Figures 06-08). Till 1986/87 there is no meaningful drop in the snow statistics, and then a sudden, probably just an apparent jump occurred. After two very snow-poor seasons of 1988/89 and 1989/90 snowfall amount, snow depth and duration of snow cover remained at decreased levels. The two snowiest periods since 1950 were around 1968 in 1982,

whereas the minima were around 1959, 1993 and especially in the last few years. Long-term change in snow statistics from 1950/51-1979/80 to 2000/01-2024/25 for the stations of Kranjska Gora (northwestern corner of Slovenia) and Davča (southeastern edge of the Julian Alps) is as follows: -32% and -35% for snowfall, -48 %, 52 % for snow depth, and -27% and -38% for snow cover duration, respectively. Total snow depth seems to be more affected by climate change than either snowfall amount or snow cover duration. This behaviour is expected due to more frequent and intense periods of thaw in a warmer climate.

Based on selected regional climate models, participating in EURO-CORDEX CMIP5 project, ARSO has estimated snow statistics trends in the future. Daily precipitation and temperature gridded data were inserted into snow module of mGROWA water balance model in order to calculate gridded snowfall. These climate projections show negative

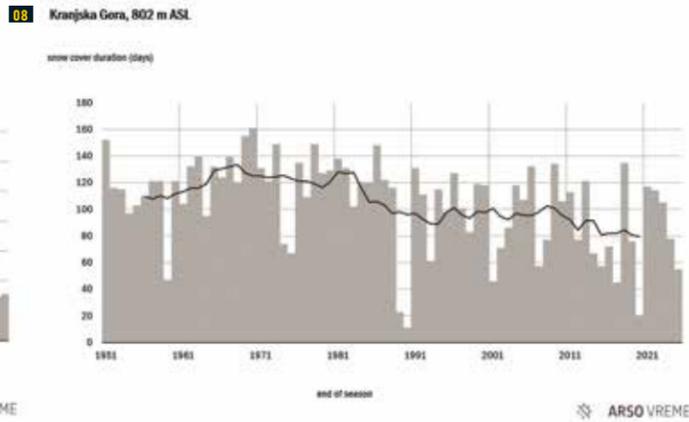
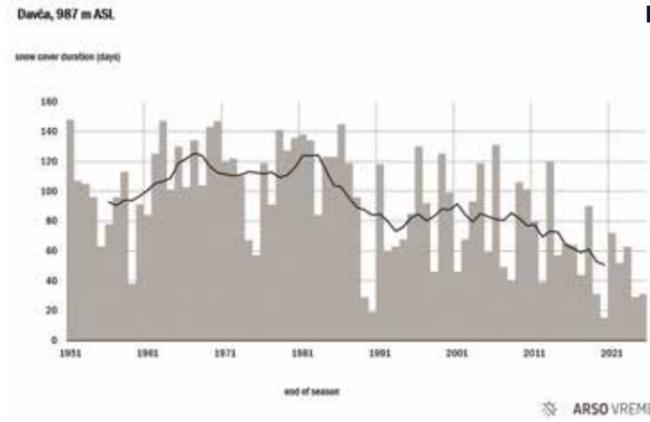
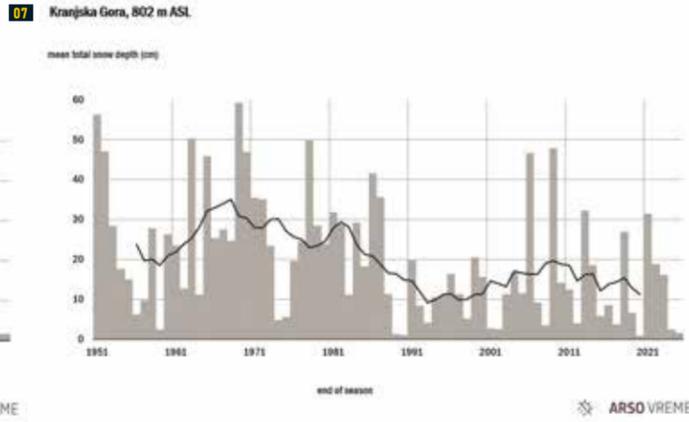
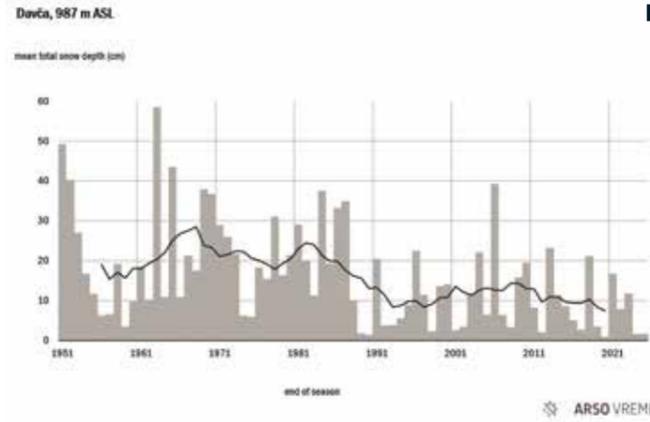
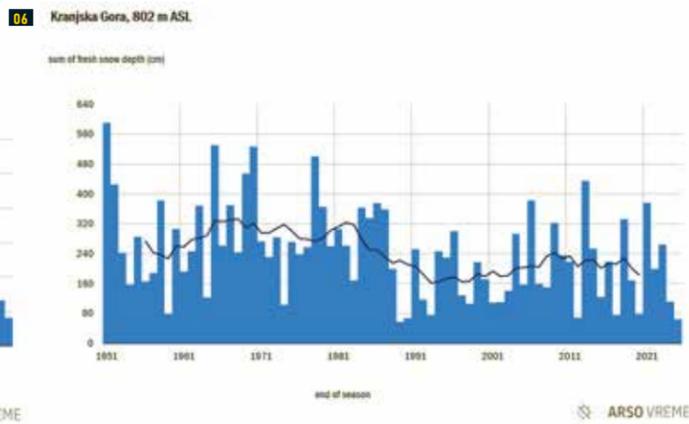
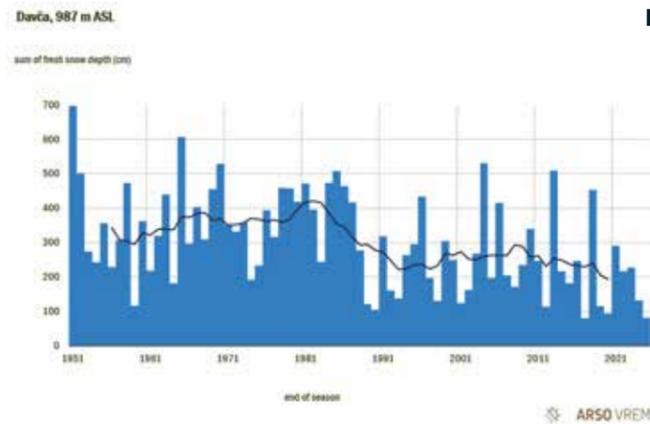
04 Relative linear trend of annual snowfall (sum of daily new snow depth) during 1950-2022 based on homogenous and imputed time series of daily measurements at weather stations (only below 1300 m ASL). | 05 Relative linear trend of mean total snow depth during 1950-2022 based on homogenous and imputed time series of daily measurements at weather stations (only below 1300 m ASL). |

Linear trend of new snow depth (annual)



Linear trend of total snow depth (annual mean)



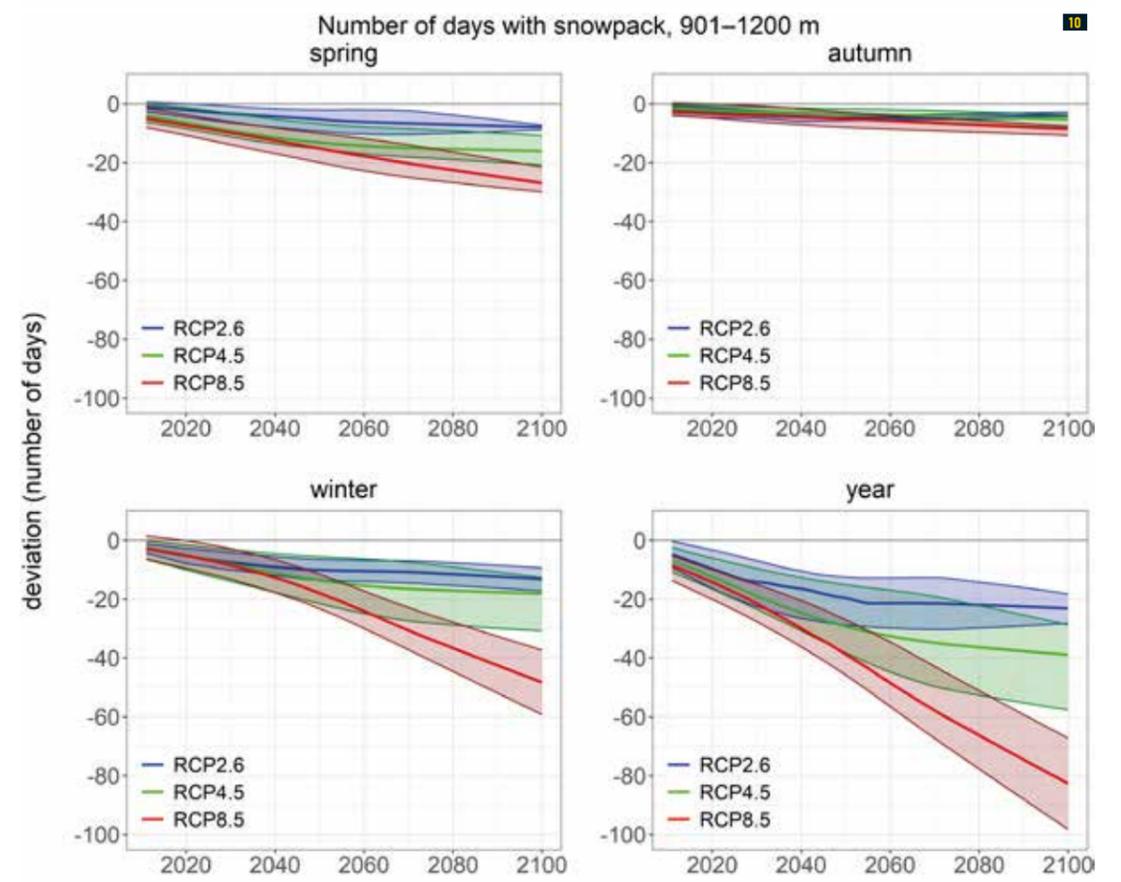
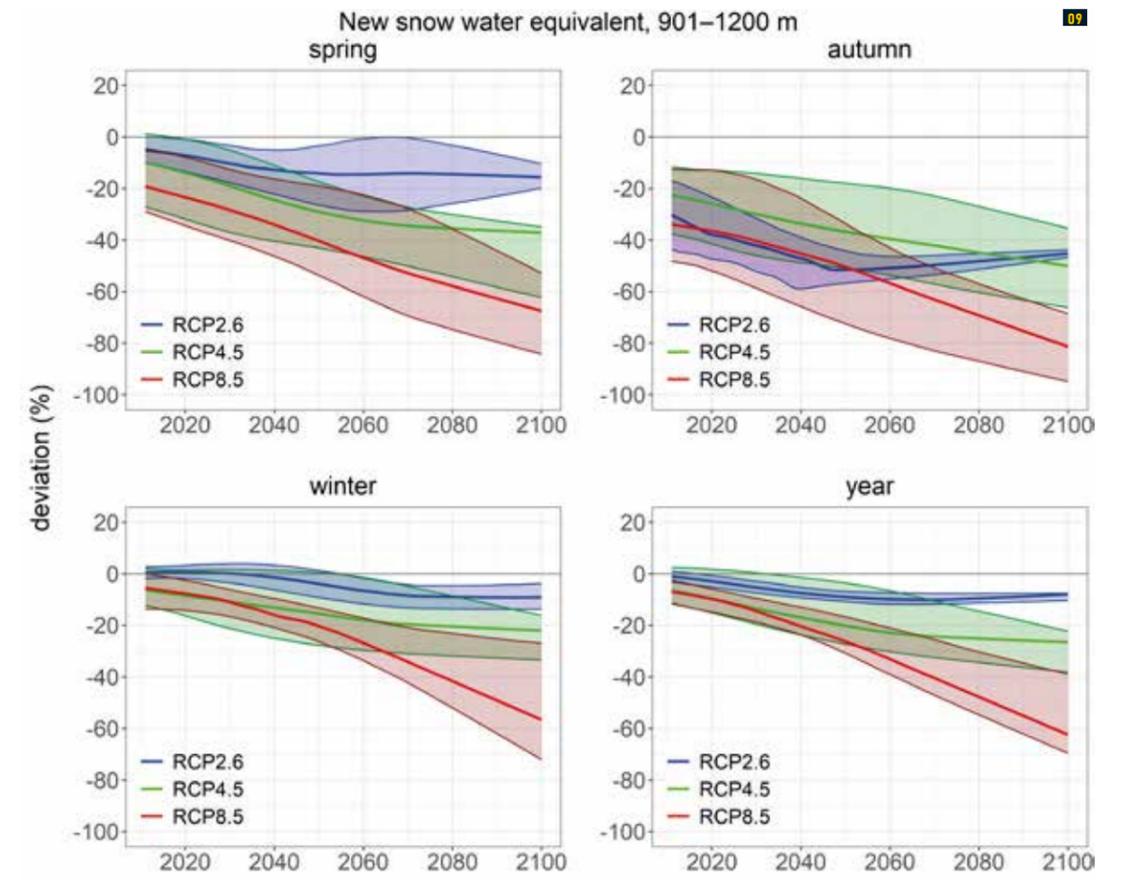


04 Seasonal total snowfall (sum of daily new snow amounts from August to July) at two weather stations in Slovenian Alps: Kranjska Gora in an Alpine valley (left) and Davča on a low-peak ridge at the southeastern edge of Julian Alps (right), from 1950/51 to 2024/25. | **07** Seasonal mean total snow depth (mean of daily values from November through April) at two weather stations in Slovenian Alps: Kranjska Gora in an Alpine valley (left) and Davča on a low-peak ridge at the southeastern edge of Julian Alps (right), from 1950/51 to 2024/25. | **08** Seasonal cover duration (number of days with a morning total snow depth of 1 cm or more) at two weather stations in Slovenian Alps: Kranjska Gora in an Alpine valley (left) and Davča on a low-peak ridge at the southeastern edge of Julian Alps (right), from 1950/51 to 2024/25. |

trends in snow statistics all seasons throughout the majority of the 21st century, albeit with the different rate, depending on both the emission scenario and climate model. For the intermediate scenario (RCP4.5) and the altitude belt of 901 to 1200 m the annual snowfall amount and snow cover duration may diminish by about 30 % and 40 days, respectively (Figures 9 and 10). Projections show an opposite seasonal pattern for both variables: smaller decrease in meteorological winter for snowfall but larger decrease for snow cover

duration with respect to autumn and spring. However, modelling snowfall and snowcover from air temperature and precipitation amount data is, especially in a complex Alpine terrain, challenging and burdened by significant bias and uncertainty.

Gregor Vertačnik
 gregor.vertacnik@gov.si
 Slovenian Environment Agency, Vojkova cesta 1b,
 SI-1000 Ljubljana



09 Smoothed projections of seasonal snowfall expressed as water equivalent throughout the 21st century for the altitude belt of 901 to 1200 m ASL, separately for three seasons and the whole year. The reference period is 1981-2010. The time evolution for RCP2.6 is less reliable as only two models are included, whereas there are six for the other two emission scenarios. | **10** Smoothed projections of seasonal snow cover duration throughout the 21st century for the altitude belt of 901 to 1200 m ASL, separately for three seasons and the whole year. The reference period is 1981-2010. The time evolution for RCP2.6 is less reliable as only two models are included, whereas there are six for the other two emission scenarios. |



01 Auf Tour als Gruppe, mit einem Bergführer, bei Schneefall und schlechter Sicht. (Quelle: Pauli Trenkwalder) |

11

ERKLÄREN STATT BELEHREN Warum die Fehlerkultur am Berg und im Netz so unterschiedlich ist – und was wir daraus lernen können

Autor:innen Riki Daurer, Pauli Trenkwalder

Zwischen Felsgrat und Kommentarspalte

Frühmorgens am Grat. Zwei Bergsteiger*innen steigen vorsichtig über festen Firn und griffigen Fels. Stirnlampen werfen tanzende Kegel in die Dunkelheit, der Wind ist kalt, der Himmel verspricht einen klaren Tag. Jeder Schritt ist durchdacht, jeder Griff bewusst. Es herrscht Ruhe – aber auch Konzentration, Verantwortung, Vertrauen. Und vor allem eines: Freiheit.

Diese Momente am Berg bedeuten für viele mehr als nur Sport. Sie sind Ausdruck von Selbstbestimmung, von Lebensphilosophie. Entscheidungen sind nicht immer eindeutig – aber getragen von Erfahrung, Intuition, Absprache. Freiheit, Vertrauen, Verantwortung – das sind hier nicht bloß Worte, sondern gelebte Werte.

Und dann passiert ein Unfall. Ein falscher Tritt, ein Steinschlag, eine Fehleinschätzung – oder einfach Pech. Die Seilschaft gerät in Not. Einer wird verletzt, der Rettungshubschrauber kommt, der Tag endet im Krankenhaus statt am Gipfel.

Wie vor kurzem an einem bekannten Ostalpengipfel: Zwei gut vorbereitete Alpinist*innen geraten in einem steilen Schneefeld ins Rutschen. Der Unfall geht glimpflich aus – doch die Geschichte macht im Netz die Runde. Keine 24 Stunden später: Dutzende Kommentare, Hunderte Likes, klare Urteile. „Die sollen das selber zahlen.“ – „Wer so was macht, gefährdet nicht nur sich, sondern auch andere.“ – „Unbelehrbar!“ – „Fahrlässig.“

Und während die beiden Bergsteiger*innen noch versuchen zu verstehen, was passiert ist, wird im digitalen Raum bereits geurteilt – noch lange bevor ein Gutachten erstellt ist und ein Gericht ein Urteil fällen wird. Plötzlich sind die Werte, die wir am Berg so hochhalten, wie weggeblasen. Aus Freiheit wird Kontrolle. Aus Vertrauen Misstrauen. Aus Verantwortung Schuldzuweisung.

Was passiert da mit uns? Warum fällt es uns im Netz so schwer, empathisch und lernbereit zu bleiben, wenn etwas schief läuft?

Diese Überlegungen führen zu einer zentralen Frage im Umgang mit sozialen Medien: **Können wir online wirklich aus den Fehlern anderer lernen? Oder brauchen wir dafür zuerst eine andere Haltung im Umgang mit Fehlern – online wie offline?**

Die Realität sozialer Medien

Kehren wir zu dem oben geschilderten Unfall in den Ostalpen zurück, der innerhalb kürzester Zeit viele Darstellungen im Netz und zig-fache Kommentare ausgelöst hat. Gepostet wurde dieser Unfall von vielen: von alpinen Organisationen, die an der Rettung beteiligt waren, von einem Medium, das darüber berichtete, und auch von Privatpersonen – die diese Postings teilten und mit ihrem Kommentar und ihrer Bewertung versahen.

Wer den Post mit welcher Motivation erstellt, ist dabei sowohl dem Portal, auf dem das Posting veröffentlicht wird, als auch den lesenden User*innen egal. Beide – also Portal und User*innen – nehmen diesen Inhalt und verschaffen ihm im Rahmen ihrer jeweiligen Möglichkeiten Reichweite. Das Portal durch seinen Algorithmus, die User*innen durch Kommentar, Likes, Emojis oder das reine Betrachten der Meldung. Dabei stoßen Welten aufeinander: die alpine Realität, zu der unvorhergesehene Ereignisse, schlechte Entscheidungen oder einfach Pech dazugehören, und eine gänzlich anders gelagerte – bzw. fehlende – Fehlerkultur in den sozialen Medien. In vielen Fällen kommt es dadurch zu einer – nicht immer beabsichtigten – Moralisierung und Verurteilung von Opfern bzw. deren Angehörigen sowie zur Verbreitung von ungewollten Botschaften.

Im Folgenden wird zum einen dargestellt, warum das Thema „Alpinunfälle“ bei User*innen und Leser*innen so beliebt ist und nicht nur gern gelesen, sondern auch kommentiert bzw. emotionalisiert wird, und wie ambivalente Narrative und Motive dies befördern. Zum anderen wird aufgezeigt, wie die Mechanismen der Portale diese Dynamik zusätzlich begünstigen.

Ambivalente Narrative befördern das Kommentieren von Unfällen

Motivation hinter dem Post versus Botschaft der Nachricht Autor*in versus Community

Ein vermeintlich gut gemeinter Unfallpost (Motivation: Damit andere daraus lernen) wird schnell zum Auslöser eines Shitstorms gegen Opfer oder deren Angehörige. Denn mit dem Posten eines Unfallbe-

richts lädt man die Community zur Bewertung ein, die wiederum die finale Botschaft kreiert – durch Folgekommunikation. Der vermeintliche Autor wird seiner Position enthoben und die ursprünglichen Leser*innen des Posts werden durch ihre Kommentare zum neuen Autor, dem Produzent, und verleihen dem Post eine neue, oft unerwünschte Bedeutung.

Umgekehrt kann ein bewusst medial inszenierter Unfallbeitrag bei den Leser*innen als „gut gemeinte“, zuverlässige Information ankommen – dahinter steckt aber das harte Kalkül einer Marketing-Rechnung: mehr Klicks, mehr Werbeeinnahmen.

„Die Geister, die wir riefen“ versus „Die Bergsteiger*innen, die wir nicht wollen“ Versicherung versus Vollkasko mentalität

Viele von uns leben vom „alpinen“ Tourismus – in direkter oder indirekter Weise. Wir befördern den Bergtourismus durch die Vermarktung der Alpen – zuzüglich notwendiger Versicherung, Unterkünften und Touren. Auch in den sozialen Medien.

Doch der Unfall scheint in diesem Zusammenhang keinen Platz zu haben und die Verunfallten werden zu Unerwünschten, zu den anderen. Sie symbolisieren die Seite der Berge, die in den Hochglanzprospekten keinen Platz hat – die gefährliche, risikobehaftete, die praktischen allen alpinen Unternehmungen innewohnt. Und so entsteht die skurrile Situation, dass auf der einen Seite der Abschluss von Versicherungen für Bergungskosten angepriesen wird und auf der anderen Seite werden die vernadert, die diese auch beanspruchen.

Laien versus Expert*innen Wir & die anderen

Die perfekte Pulverabfahrt bei Lawinenwarnstufe 3, der Aufruf zum „Spaß im Schnee“ steht neben der Warnung, bitte an demselben Tag ja nicht ins freie Gelände zu gehen. Die einen (Spaß) sind Expert*innen, alle anderen – gehen sie doch raus und es passiert etwas – anscheinend fahrlässig unterwegs.

Fahrlässigkeit versus Schicksalsschlag Rettung versus Gefahr

Doch wer entscheidet, ob fahrlässig gehandelt wurde? Leider sehr oft und sehr schnell die Community. Dazu eingeladen durch die sozial-mediale Aufbereitung von Unfällen. Für mehr Reaktionen werden diese – leider zunehmend auch von traditionellen Medien – mit für den Vorfall irrelevanten Informationen wie die Nationalität der Betroffenen versehen. Passiert derselbe Unfall hingegen

Einheimischen oder Bergführer*innen, wird in der Berichterstattung eher von einer Naturgewalt oder einem unvorhersehbaren Ereignis gesprochen. Für bestimmte Communitys ist das ein gefundenes Fressen – es bestätigt ihr Denken innerhalb der eigenen Filterblase.

In dieser Argumentationskette findet man auch immer Kommentare, die auf die vermeintliche Gefährdung der Retter*innen hinweisen, die durch die Fahrlässigkeit anderer Personen entsteht. Doch Rettungsorganisationen distanzieren sich klar: Auch wenn ein Restrisiko besteht, hat die Sicherheit der Einsatzkräfte selbstverständlich oberste Priorität.

Sensibilisieren versus Rage Bait

Unfallbericht versus Lösen des Alpinkrimis

Ein Einsatz im Mai 2025: Ein Verunfallter wird am Klettersteig Donnerkogel-Himmelsleiter gerettet. Während die ARA Flugrettung über den Einsatz an sich berichtet, nüchtern und knapp, und lediglich einen Kommentar dafür erhält, wird an andere(n)

Stellen derselbe Unfall mit Informationen zur Nationalität der verunfallten Person und ersten Beurteilungen gepostet. Die Ausbeute: 183 meist negative Kommentare.

Während die einen, oft Bergrettungsorganisationen, Unfälle für ihre Öffentlichkeitsarbeit posten, die Motivation meist klar und die Kommunikationsregeln transparent sind, ergänzen andere den Titel um reißerische Details. Das Ziel: mehr Klicks.

Die Konsequenzen aus diesen unterschiedlichen Beweggründen sind jedoch dieselben: Man lädt die Community zum Mitdiskutieren und Lösen eines „Alpinkrimis“ ein und geriert sich somit als Wächter*in, der*die über die Einhaltung der Moral beim Bergsteigen wacht.

Mutmaßungen versus Faktenwissen

Mutmaßungen sind von Fakten nicht immer ad hoc von jedem zu unterscheiden – gerade in den sozialen Medien. Und so werden gerne den sofort geposteten Unfallberichten und Beurteilungen geglaubt. Dass eine professionelle Aufarbeitung und Bewertung von Alpinunfälle Zeit braucht, wissen viele nicht.

Fremdzweck versus Eigennutzen

Den gerne genannten altruistische Ansatz, einen Unfall zu posten, damit andere lernen, soll kritisch gesehen werden – v.a. bei Privatpersonen. Poste ich einen Unfall wirklich nur, damit andere etwas daraus lernen können? Oder eignet sich ein Unfall nicht hervorragend, um mich selbst als vermeintliche*n Experten*in zu positionieren? Auf Kosten anderer.

Einen Denkanstoß dazu bietet die Studie zu „Positional Preferences“ von Andrea Mannberg, die sich zwar primär darauf bezieht, wie soziale Vergleiche das Risikoverhalten von Skitourengehern im freien Gelände beeinflussen, aber gut auf die hier dargestellte Thematik übertragbar ist. Mannberg beschreibt die Tendenz von Individuen, ihren eigenen Status oder Nutzen im Vergleich zu anderen zu bewerten. Der Alpinunfall in den sozialen Medien eignet sich dafür hervorragend – ich bin besser, weil mir passiert das nicht.

Vermeintliche Anonymität versus juristische Verantwortung

Vermeintlich anonym und geschützt wähnt sich manche*r User*in unter dem Schutzmantel der Community. So überschreitet man fröhlich und öffentlich ethisch und juristisch Grenzen mit Posts, Likes oder Kommentaren. Dass man dabei aber juristischer und natürlich auch journa-

listischer Verantwortung unterliegt, ist man sich hier nicht bewusst. Und so war es für viele überraschend, als 2024 das erste Mal ein Teilnehmer eines Shitstorms verurteilt wurde (mehr dazu <https://alpin.online/strafrechtliche-grenzen-bei-einem-shitstorm/>).

Die sozialen Medien verstärken diese ambivalenten Narrative

Ambivalente Bilder wirken im Netz besonders stark auf die Dynamik von Kommentaren, weil sie Interpretationsspielräume öffnen und emotionale Reaktionen aktivieren. Das beeinflusst, wie Menschen reagieren, kommentieren und urteilen.

All diese ambivalenten Narrative und die daraus resultierende Folgekommunikation drehen die sozial-mediale Entrüstungs-Spirale weiter bzw. erlauben der Community, die Spirale weiterzudrehen. Folgende Wirkmechanismen der sozialen Medien verstärken dies noch zusätzlich:

Soziale Medien sind Wirtschaftsunternehmen

Alle Portale haben eine Zielsetzung: eine möglichst hohe Nutzung durch User*innen und möglichst viel Interaktion, denn damit verdienen sie Geld. Mehr User*innen, mehr Klicks, mehr Kommentare. Die Algorithmen der Portale verstärken diesen Mechanismus zusätzlich.

Portale übernehmen keine journalistische Verantwortung

Ein Portal ist – auch in rechtlicher Hinsicht – kein Medieninhaber. Im Gegensatz zu klassischen Medien haben Portale keine redaktionelle Verantwortung. Für sie zählen Interaktion statt Einordnung, Emotionalisierung statt Kontextualisierung. Soziale Plattformen bieten keine Einordnung oder Korrekturmechanismen – alles erscheint gleichwertig. Medieninhaber sind alle, die posten oder kommentieren und somit vermeintlich journalistischen Content erstellen. Doch die meisten User*innen sind sich dieser Rolle und ihrer Verantwortung nicht bewusst und überschreiten – häufig ungewollt – medienethische und juristische Grenzen.

Kollektives Gatekeeping

Die redaktionellen Auswahlprozesse übernimmt im Fall von sozialen Medien die Community. Durch Interaktionen wie Likes, Shares und Kommentare beeinflussen die User*innen, welche Inhalte verstärkt angezeigt werden. Die Algorithmen der Portale verstärken dies.

Aufbau der Posts: Visual Framing

Bilder dominieren die Wahrnehmung auf den Portalen, vermitteln Emotionen und beeinflussen die inhaltliche Bewertung von Posts. Meist wird die Caption (Text) nur in gekürzter Vorschau wahrgenommen – das Bild vermittelt den Hauptinhalt.

Kommentar-Dominanz & De-Kontextualisierung

Die Folgekommunikation wird im Vergleich zur ursprünglichen Botschaft immer wichtiger. Nicht nur wird der Wert des Posts über die Anzahl der Likes gemessen, sondern die gesamte Folgekommunikation wird wichtiger als der ursprüngliche Inhalt. Der Diskurs verlagert sich von der Bedeutung des Beitrags zur Bedeutung der Reaktionen darauf.

Die Kommentare werden zum primären Inhalt, der Inhalt des Post zum sekundären.

Nicht nur dadurch, sondern auch durch Teilen des Inhaltes in einem anderen Kontext verändert sich der Inhalt. Ein Post, gedacht für eine Experten-Community, kann in anderen Kontexten etwas völlig anderes vermitteln.

Filterblasen & Confirmation Bias

Menschen suchen Informationen, die ihre bestehenden Überzeugungen bestätigen, und ignorieren gegenteilige Hinweise. Soziale Medien verstärken diese Tendenz durch Filteralgorithmen.

Illusory Truth Effect

Wiederholte Aussagen werden als glaubwürdiger wahrgenommen, selbst wenn sie falsch sind. Diese Tendenz wird besonders durch algorithmische Wiederholung innerhalb von Filterblasen verstärkt. So entstehen durch mehrfach geteilte Posts Empörung oder vermeintliche Fakten.

Negativity Bias

Negative Inhalte bewirken stärkere emotionale Reaktionen und höhere Interaktionen bei den User*innen als positive oder neutrale. Algorithmen verstärken dies, indem sie negativen oder besonders emotionalisierenden Inhalten mehr Reichweite und Sichtbarkeit verleihen – unabhängig von deren Wahrheitsgehalt oder Qualität.

Bandwagon-Effekt & Social Proof

Menschen schließen sich der Meinung oder dem Verhalten der Mehrheit an – oft ohne eigene inhaltliche Auseinandersetzung. Oder anders gesagt: Wenn viele etwas tun oder glauben, gilt es als richtig. Die Folgekommunikation (Kommentare, Emojis, Shares) wird zum Maßstab für Relevanz, nicht der Beitrag selbst.

02 Achtung Lawine! bei offenem Schranken. Was sagt die Community dazu? (Quelle: Pauli Trenkwalder)



First-Mover Advantage & Sofortismus

Wer Informationen zuerst postet, erhält die größte Sichtbarkeit – unabhängig von der Qualität. Inhalte werden daher oft direkt vom Ort des Geschehens geteilt.

Quantität vor Qualität

Reichweite wird algorithmisch über Interaktionen (Likes, Shares, Emojis) und nicht über qualitätsvolle Inhalte gemessen. Nicht die fachliche Tiefe entscheidet, sondern Engagement.

Die Konsequenzen im analogen Leben

Aus obigen genannten ambivalenten Narrativen, bestärkt durch die Algorithmen sozialer Medien, werden im Netz oft unvollständige oder unwahre Informationen übermittelt. Diese lassen den Leser*innen Spielraum zu bewerten, laden zum Kommentieren ein.

Verunfallten oder deren Angehörige werden be- und verurteilt – ohne jegliche Grundlage. User*innen überschreiten ethische und juristische Grenzen mit Sätzen, die man Betroffenen wahrscheinlich so nie direkt sagen würde. Sie werden an den Pranger gestellt und beschuldigt – nicht nur sich selbst, sondern auch andere zu gefährden. Dieses Verhalten hat nicht nur belastenden Auswirkungen auf die Betroffenen, sondern manchmal sogar juristische Konsequenzen.

„Jeder, der sich an einem Shitstorm beteiligt, haftet dem Opfer gegenüber persönlich – unabhängig davon, wer den Post als Erster ins Netz gestellt hat.“ (...)

„[D]ie Menschen sind sich gar nicht darüber bewusst, dass sie juristisch als Einzelperson dastehen und verstecken sich einfach hinter der Masse.“ („Strafrechtliche Grenzen bei Shitstorms – OGH-Urteil, Haftung & rechtliche Risiken beim Teilen – Interview mit Dr. Kerschbaumer“ auf <https://alpin.online/strafrechtliche-grenzen-bei-einem-shitstorm>)

Eine gute Idee: Sich der eigenen Motive bewusst werden

Bevor ein Post zu einem Unfall abgesetzt wird oder ein entsprechender Post kommentiert wird, ist es eine gute Idee ist, sich über die eigenen Motive klarzuwerden. Was will man damit erreichen und kann man das gewünschte Ziel mit einem Post überhaupt erreichen? Besteht die Gefahr unerwünschter Botschaften, Folgekommunikation oder

juristischer Konsequenzen? Dies gilt für Vereine und Organisationen gleichermaßen wie für traditionelle Medien und private User*innen.

Wenn man postet, sollte man auf Vollständigkeit, Wahrheit und Relevanz achten. Je vollständiger und eindeutig zuordenbar Informationen sind und je weniger Spielraum sie dem Leser und der Community für Mutmaßungen lassen, desto seltener wird auch eine unerwünschte Folgekommunikation stattfinden.

Ein Faktencheck hat somit oberste Priorität – online gestellt wird nur, was auch zu hundert Prozent verifiziert ist. Sind zum Zeitpunkt der Berichterstattung noch nicht alle Fakten gesichert, können die Leser*innen darüber informiert werden – oder man sieht davon ab, das Posting zu diesem Zeitpunkt abzusetzen.

Hierzu gehört auch die Transparenz hinsichtlich der Motivation des Postens. Denn auch in diesem Punkt kann fehlende Information zu falschen Mutmaßungen und Anschuldigungen führen.

All dies kann in einem entsprechenden Entscheidungsbaum definiert werden – ein Modell dazu findet man in dem Beitrag „Der Alpinunfall in den sozialen Medien“ in analyse:berg, online nachzulesen unter: <https://alpinSicherheit.at/alpinunfall-soziale-medien/>

Psychologische Betrachtungen

*Zur Orientierung: zurück zum inneren Wertekompass, der für so viele Bergsteiger*innen gilt:*

Freiheit / Unabhängigkeit

Für viele ist das Bergsteigen ein Gegenpol zum Alltag, zur Taktung, zu Regeln und Konventionen. Am Berg sind sie selbstbestimmt, weg vom Lärm, weg vom System.

Typische Aussagen:

„Da oben bestimme ich selbst.“

„Niemand schreibt mir vor, welchen Weg ich gehen muss.“

„Freiheit ist für mich, wenn ich mit Ski auf einen Gipfel gehe.“

Psychologisch betrachtet: Das Bedürfnis nach Autonomie ist ein Grundbedürfnis (Deci & Ryan), das sich beim Bergsteigen sehr direkt erfüllt.

Vertrauen / Verlässlichkeit (vor allem im Team)

In Seilschaften zählt, dass man sich aufeinander verlassen kann. Vertrauen in den* Partner*Partnerin, in das Material, in den eigenen Körper.



03 Vermeintlich anonym und geschützt wähnt sich manche*r User*in unter dem Schutzmantel der Community. So überschreitet man fröhlich und öffentlich ethisch und juristisch Grenzen mit Posts, Likes oder Kommentaren. (Quelle: Pauli Trenkwalder) |

Typische Aussagen:

„Ich gehe nur mit Leuten, denen ich wirklich vertraue.“

„Am Berg zeigt sich, wie jemand wirklich tickt.“

„Wir haben uns wortlos verstanden, das ist Gold wert.“

Psychologisch betrachtet: Vertrauen ist ein zentraler Pfeiler sozialer Sicherheit – und in hochrisikanten Umgebungen überlebenswichtig. Außerdem stärkt Vertrauen das Kohärenzgefühl, also das tiefe Vertrauen, dass das Leben einen Sinn hat, dass Herausforderungen verstehbar sind und dass man ihnen gewachsen ist (Antonovsky). Dies ist bei Bergmenschen stark ausgeprägt.

Verantwortung

Verantwortung für sich selbst, für andere, für die Natur. Viele Bergsteiger*innen tragen dieses Verantwortungsbewusstsein sehr bewusst – auch in der Abwägung von Risiko.

Typische Aussagen:

„Ich entscheide selbst, aber ich trage auch die Konsequenzen.“

„Ich will niemanden gefährden.“

„Es geht nicht nur um den Gipfel, sondern auch ums Wieder-Runterkommen.“

Psychologisch betrachtet: Hier wirkt das Konzept der Selbstwirksamkeit (Bandura) mit – also das Vertrauen in die eigene Fähigkeit, Herausforderungen aktiv zu gestalten. Verantwortung zu übernehmen gibt Sinn und stärkt das Selbstbild.

Natürlich könnte man noch andere starke Werte nennen – z.B. **Erlebnis, Naturverbundenheit, Demut, Grenzerfahrung** oder **Gemeinschaft** – je nach Subgruppe. Aber **Freiheit, Vertrauen** und **Verantwortung** bilden für mich die solide Basis.

Die Werte, die Menschen am Berg als grundlegend erleben, scheinen im digitalen Raum plötzlich zu verschwinden oder sogar ins Gegenteil verkehrt zu werden:

Freiheit wird ersetzt durch Urteil / Kontrolle

Am Berg bedeutet Freiheit: *Ich entscheide selbst, ich gehe meinen Weg.*

Online jedoch – besonders nach Unfällen – kippt das oft in: „Wie konnte man nur so etwas tun?“ „Selbst schuld – bei Lawinenwarnstufe 4 geht man halt nicht raus.“

Was passiert? Die Freiheit des*der Einzelnen wird im Nachhinein kollektiv bewertet. Es entsteht ein Kontrollreflex: Menschen wollen Risiko rationalisieren, kategorisieren, **um sich selbst sicherer zu fühlen**. Psychologisch ist das eine Schutzstrategie gegen das Gefühl von Kontrollverlust – nach dem Motto: *Wenn ich weiß, was der*die falsch gemacht hat, kann mir das nicht passieren.*

Vertrauen wird ersetzt durch Misstrauen / Schuldzuweisung

Im Gelände ist Vertrauen zentral – in den*die Partner*in, in Entscheidungen, in gemeinsame Verantwortung.

Online: „Hat er seine Partnerin da reingezogen?“ „Wurde da überhaupt ordentlich geplant?“

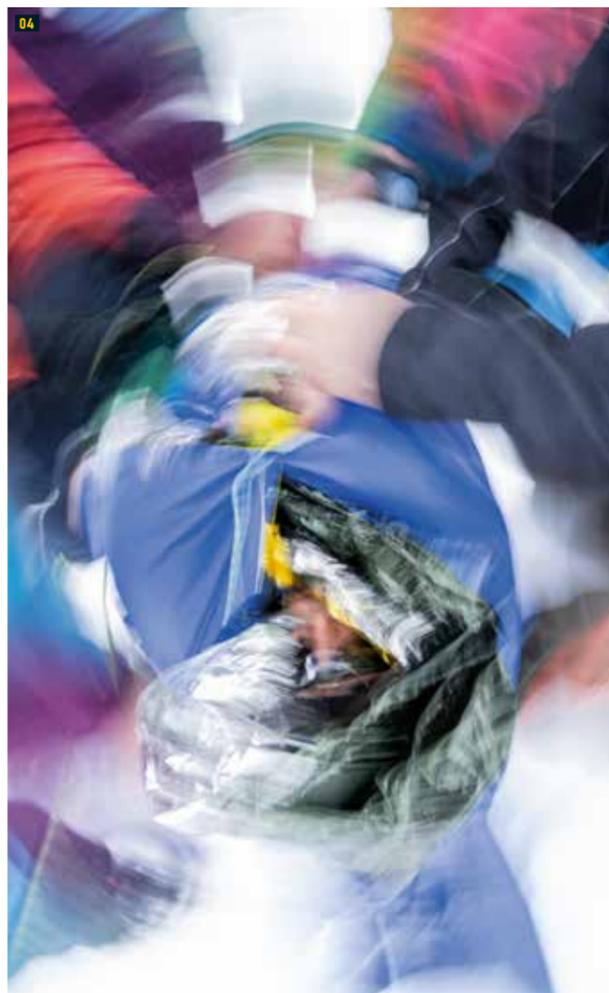
Was passiert? Der Vertrauensraum „Seilschaft“ wird durch einen **öffentlichen Gerichtssaal** ersetzt. Besonders tragisch: Der Unfall zerstört nicht nur Leben, sondern oft auch nachträglich Beziehungen durch öffentliches Misstrauen. Psychologisch gesprochen: In der Anonymität der Kommentarspalten fehlt die soziale Einbettung, es dominiert das Bedürfnis nach kognitiver Kohärenz: *Jemand muss schuld sein.*

Verantwortung wird ersetzt durch Schuld / Moralisation

Am Berg heißt Verantwortung: *Ich bin mir der Risiken bewusst und trage die Konsequenzen.*

Online wird daraus oft: „Völlig verantwortungslos, bei dem Wetter rauszugehen!“ „Solche Leute gefährden auch die Bergrettung!“

Was passiert? Es entsteht eine **Moralisation** von Risiko. Verantwortung – die am Berg hoch geschätzt wird – wird im digitalen Raum zum Vorwurf. Der Unterschied ist subtil, aber tiefgreifend: Verantwortung ist aktiv, selbstbewusst, bewusst getragen. Schuld ist passiv, rückwirkend, beschämend.



04 Rettungsorganisationen sagen klar: Auch wenn ein Restrisiko besteht, hat die Sicherheit der Einsatzkräfte selbstverständlich oberste Priorität. (Quelle: Pauli Trenkwalder) |

Warum diese Umkehr?

- 1. Emotionale Entlastung:** Menschen wollen sich nach einem Unfall abgrenzen – emotional, moralisch, rational. „Ich bin anders, ich würde so was nicht tun.“ Das gibt Sicherheit, aber kostet Empathie.
- 2. Digitale Disinhibition (Hemmungslosigkeit im Netz):** Online fehlt oft der soziale Korrektiv-Rahmen. Der Blickkontakt, das Mitfühlen, die Zwischentöne fehlen. Das befeuert Urteile.
- 3. Kognitive Vereinfachung komplexer Realität:** Unfälle sind meist Ergebnis vieler Faktoren. Online will man schnelle Erklärungen, einfache Schuldige, klare Narrative.

Warum wir so schnell urteilen

Aus psychologischer Sicht ist das Verständnis für Fehler alles andere als trivial.

Wer andere belehrt, stellt sich über sie. Damit ver-



05 Wenn wir möchten, dass Menschen aus Fehlern lernen, brauchen wir eine andere Haltung. Eine, die erklärt, statt zu belehren. (Quelle: Pauli Trenkwalder) |

letzt er oft ein zentrales menschliches Grundbedürfnis: das nach Autonomie. In der Selbstbestimmungstheorie der US-Psychologen Edward Deci und Richard Ryan gilt Autonomie als eine der drei Grundvoraussetzungen für intrinsisch motiviertes Lernen. Wird dieses Bedürfnis untergraben, etwa durch bevormundende oder überlegene Kommunikation, reagieren Menschen häufig mit innerem Widerstand. Selbst gut gemeinte Hinweise werden dann abgelehnt – nicht, weil sie inhaltlich falsch sind, sondern weil sie als Angriff auf die eigene Entscheidungsfreiheit empfunden werden. Das erzeugt Hierarchien: „Ich weiß es besser als du.“ Beim Gegenüber löst das oft Scham, Trotz oder Abwehr aus. In der Psychologie spricht man hier vom sogenannten **Reaktanz-Effekt**: Menschen reagieren mit innerem Widerstand, wenn sie sich bevormundet fühlen – selbst dann, wenn der Rat eigentlich sinnvoll wäre. Ein typischer Satz wie „Bei Lawinenwarnstufe 3 geht man dort halt nicht rauf“ mag sachlich korrekt sein. Aber er blendet aus, dass solche Entscheidungen in Echtzeit, mit unvollständigen Informationen, unter Druck oder in komplexen Dynamiken getroffen werden. Im Nachhinein zu urteilen ist leicht – hilfreich ist es selten.

Belehrung grenzt aus – Erklären öffnet Dialog

Wenn wir möchten, dass Menschen aus Fehlern lernen, brauchen wir eine andere Haltung. Eine, die erklärt, statt zu belehren.

Erklären bedeutet: Wir begegnen uns auf Augenhöhe. Statt zu fragen „Warum haben Sie das gemacht?“, könnten wir fragen: „Welche Faktoren könnten hier eine Rolle gespielt haben?“

Ein Beispiel:

Belehrend: „Wer bei Stufe 3 diesen Hang einspurt, ist selbst schuld.“

Erklärend: „Viele Unfälle passieren bei Stufe 3, weil die Bedingungen trügerisch sind. Wie kann man das besser einschätzen?“

So entsteht ein Lernraum. Menschen, die einen Fehler gemacht haben, wissen das oft selbst. Doch genau in diesem Moment sind sie besonders verletzlich. Scham- und Schuldgefühle können, wie die US-amerikanische Forscherin Brené Brown zeigt, das Lernen blockieren. Wenn sich jemand beschämt oder moralisch entwertet fühlt, schließt sich oft der innere Zugang zur Reflexion. Deshalb brauchen wir sogenannte „sichere Lernräume“ – Umgebungen, in denen Fehler nicht mit Bloßstellung, sondern mit Verständnis beantwortet



06 Wenn wir als Bergcommunity möchten, dass aus Unfällen gelernt wird, dann brauchen wir eine Sprache, die erläutert statt bloßzustellen. (Quelle: Pauli Trenkwaldler) |

werden. Nur so entsteht die Offenheit, aus Erlebtem tatsächlich etwas mitzunehmen. Die zentrale Frage ist nicht: Wer ist schuld? Sondern: Was können wir alle daraus mitnehmen?

Digitale Dynamiken: Wenn aus Verantwortung Schuld wird

In sozialen Netzwerken zeigt sich ein besonderer Mechanismus: Psychologisch betrachtet spricht man vom sogenannten Digital Disinhibition Effect (John Suler). Er beschreibt die Enthemmung, die viele Menschen in digitalen Räumen erleben. Ohne Blickkontakt, ohne unmittelbare Rückmeldung durch Mimik oder Körpersprache und oft anonym, verlieren viele die natürlichen sozialen Filter. Kommentare werden härter, Zuschreibungen extremer, Urteile schneller. Die fehlende soziale Nähe senkt die Schwelle für Moralisierung und öffentliche Anklage – gerade dann, wenn ein Thema emotional aufgeladen ist wie ein Bergunfall. Die Kommunikation verändert sich. Aus Verantwortung wird Schuld, aus Vertrauen Misstrauen, aus Freiheit wird das Nachrechnen von Fehlern. Online-Kommentare sind schnell, hart, urteilsfreudig. Die sozialen Korrektive, die wir am Berg intuitiv beachten – Respekt, Zwischentöne, das gemeinsame Risiko – fehlen in der Anonymität des Netzes.

Die Folge: Statt kollektivem Lernen entsteht eine Tribunalkultur. Besonders tragisch ist das für jene, die betroffen sind: Angehörige, Kamerad*innen, Retter*innen. Eine kritische Reflexion wird so unmöglich gemacht.

Fehlerkultur als eine Frage der Haltung

Fehlerkultur beginnt nicht mit Fakten, sondern mit Haltung. Denn Lernen geschieht nur dort, wo psychologische Sicherheit besteht – ein Konzept, das von der Organisationspsychologin Amy Edmondson geprägt wurde. Es beschreibt ein Klima, in dem Menschen sich trauen, Fragen zu stellen, Zweifel zu äußern und auch Fehler einzugestehen, ohne negative soziale Konsequenzen befürchten zu müssen. Gerade in risikobehafteten Kontexten wie dem Bergsport ist diese Sicherheit zentral: Nur wer sich sicher fühlt, reflektiert ehrlich und lernt nachhaltig.

Wenn wir als Bergcommunity – egal ob als Expert*innen, Autor*innen oder Kommentierende – möchten, dass aus Unfällen gelernt wird, dann brauchen wir eine Sprache, die erläutert statt bloßzustellen. Eine Kommunikation, die fragt statt urteilt. Eine Fehlerkultur, die die Würde der Beteiligten wahrt und gleichzeitig das Lernen fördert. Denn: **Wer belehrt, schafft Distanz. Wer erklärt, schafft Verständnis. Und nur wer versteht, kann lernen.**

Warum wir das gemeinsam schreiben

Wir – Riki Daurer und Pauli Trenkwaldler – beschäftigen uns beide seit Jahren mit dem, was am Berg passiert. Riki aus der Perspektive der Medien und digitalen Kommunikation, Pauli als Psychologe und Bergführer. Was uns verbindet, ist nicht nur „das Draußensein“, sondern auch die gemeinsame Irritation darüber, wie im Netz über Bergunfälle gesprochen wird. Schnell wird geurteilt, bewertet, moralisiert – oft ohne Kontext, dafür mit viel Meinung. Manche Kommentare sind schwer auszuhalten.

Gerade deshalb finden wir unsere Zusammenarbeit bereichernd. Wir bringen unterschiedliche Zugänge ein, fragen einander, ordnen gemeinsam ein und unterstützen uns darin, digitale Dynamiken und Motivationen besser zu verstehen. **Und wir wollen verbinden – Themen, Professionen und Expertisen:** Pauli ist Bergführer und somit professioneller Alpinist, Riki Hobby-Bergsteigerin – was eigentlich egal ist, nur im Falle eines Unfalls doch auch zu unterschiedlichen Bewertungen führt. Riki beschäftigt sich hauptberufliche mit digitalen Medien, mit technischen und operativen Abläufen und Online-Phänomenen. Pauli ist als Psychologe primär analog unterwegs. Für Phänomene, die im Netz oft den sozialen Medien als Einzigartigkeit oder Merkmal zugeordnet wird, findet Pauli das Pendant in der Allgemeinen Psychologie.

Diese Zusammenarbeit hat sich auch in der „Shitstorm Agency – Agentur für Fehler- & Kommunikationskultur im Netz“ verdichtet. Ein Ort, an dem wir versuchen, das laute Netzverhalten verstehbar zu machen – ohne selbst laut zu werden.

Und wenn's zu viel wird? Dann gehen wir raus. In die Berge. Dorthin, wo Respekt und Verantwortung mehr zählen als Klicks. Wir kultivieren unsere eigene Resilienz – nicht online, sondern im Gelände. Ach ja – wir sind gerne auf sozialen Netzwerken aktiv. Wir posten, wir kommentieren. Und stellen uns immer wieder die Frage: Was tut mir gut? Und was macht mein Kommentar mit anderen?

Pauli Trenkwaldler

trenkwaldler@icloud.com

Bergführer, Psychologe

In seiner Arbeit begegnet er der ganzen Bandbreite menschlicher Fehler – und sieht sie als Ausgangspunkt für Lernen und Weiterentwicklung.

Riki Daurer

riki.daurer@gmail.com

Kommunikationsberaterin und Gründerin von alpin.online.

Sie beobachtet seit Jahren die Entwicklung digitaler Bergwelten und beschäftigt sich kritisch mit der Inszenierung, Bewertung und Dynamik alpiner Inhalte in sozialen Medien – etwa auf ihrer Themenseite „Berge und Soziale Medien“.



01 Mensch und Lawine sind auf Tour stetig eng beieinander. (Quelle: Martin Schwiersch) |

12 Mensch und Lawine: Schlussfolgerungen aus einer Bestandsaufnahme des Wissensstands

Autoren Martin Schwiersch, Bernhard Streicher

Da die Beurteilung der Lawinengefahr alles andere als trivial sein kann, sind die Art und Weise, wie Skitourengeher:innen zu ihren Einschätzungen und Entscheidungen kommen, für die Qualität der Entscheidungen ausgesprochen bedeutsam. Daher gilt der Mensch in der Lawinenkunde neben Verhältnissen und Gelände dritter zu berücksichtigender Faktor und das Thema erfährt große Aufmerksamkeit. Gleichzeitig bleibt oft unklar, wie belastbar Annahmen und Aussagen tatsächlich sind oder wieviel hiervon eher anekdotische Erfahrungen oder subjektive Interpretation sind. Basierend auf unserer Beitragsreihe in bergundsteigen (Ausgaben 128, 129 & 130) präsentieren wir Schlussfolgerungen aus der dort versuchten Bestandsaufnahme des Wissensstands.

2. Risikosituation Lawine

Eine psychologische Analyse der Risikosituation Lawine führt zu zwei Schlüssen.

a. Die Risikosituation „Lawine“ erlaubt kaum Erfahrungslernen im engeren Sinn.

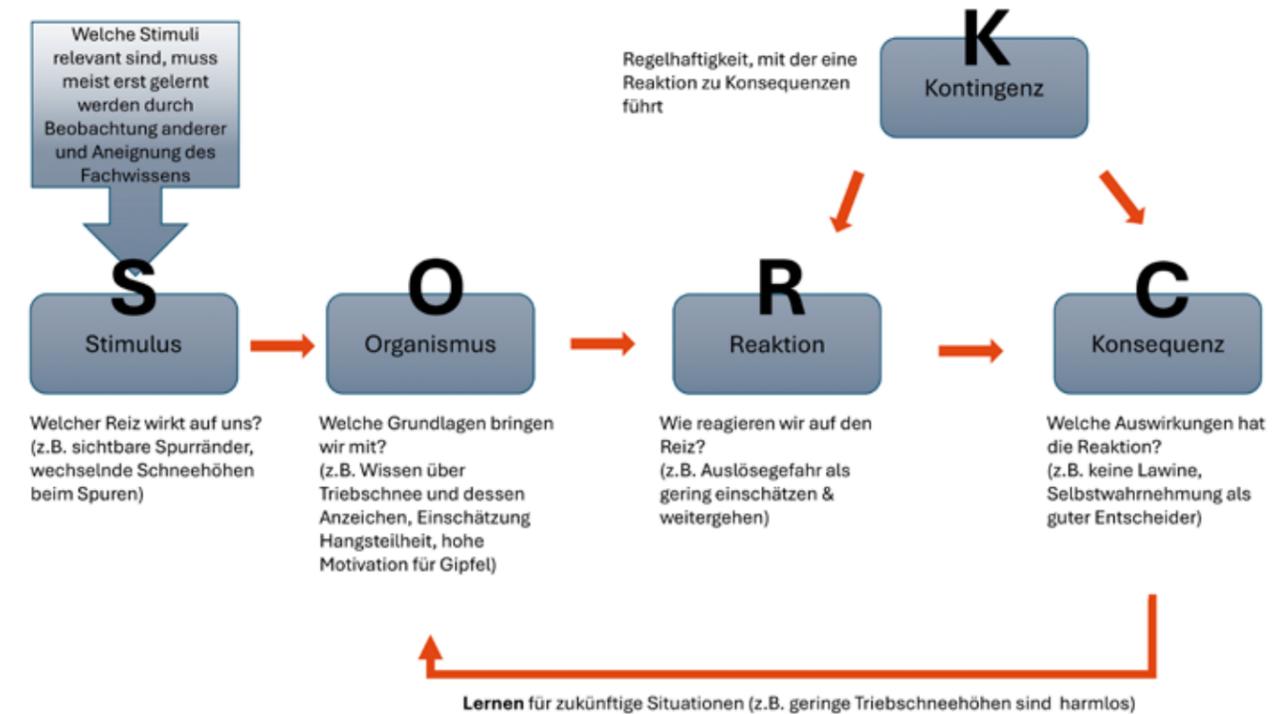
„Lernen durch Erfahrung“ kann gut im psychologischen SORKC-Modell veranschaulicht werden (s. Abb. 02).

Mit O sind der Mensch und seine Innenwelt gemeint (Organismus). Menschen verhalten sich, d.h. denken, fühlen und handeln, dafür steht R. Sie sind immer in eine Situation gestellt, dafür steht S (Stimulus oder Reiz), womit alles gemeint ist, was um ihn herum gerade passiert und auf ihn wirkt. Das Verhalten des Menschen wirkt sich nun wieder auf seine Umwelt aus, erkennbar daran, dass diese mit Konsequenzen „antwortet“ (C). Nun gibt es natürlich ganz unterschiedliche Möglichkeiten, wie systematisch und zeitnah – oder zusammengefasst: regelhaft – Konsequenzen auf Verhalten folgen, dafür steht K. Schauen wir dieses Modell beim Skitourengehen an.

Wir fangen bei der Reizumgebung (S) an. Angenommen, ich spüre und bemerke wechselnde Schneehöhen beim Spuren und deutliche Spurränder. Dann wäre das gemäß Modell S. Tatsache ist aber, dass jemand Unbedarfter das vielleicht wahrnimmt, aber „sich nichts dabei denkt“. Erst wenn man verstanden hat, dass dies „Reize“ sind, die Triebsschnee andeuten, dann wird S zu S. Das bedeutet: Beim Skitourengehen müssen als erstes Bedeutungen bestimmter Aspekte der Reizumgebung gelernt werden. Dies erfolgt aber nicht über Erfahrungslernen, sondern über Lernen am Modell bzw. kognitive Aneignung: Jemand „Erfahrener“ muss es dem Lernenden beibringen, dass Spurränder Zeichen für Triebsschnee sind. Der Erfahrener – beispielsweise in Person eines ausgebildeten Tourenleiters/in, Lehrplans oder Lehrvideo – ist das Modell, dem der Lernende sich anpasst, in dem er – in diesem Fall – das Konzept Triebsschnee übernimmt. Dieses notwendige Wissen ist die Basis für die Einschätzung einer konkreten Lawinengefahr. Gehen wir nun davon aus, dass dem Menschen bekannt ist, dass es Triebsschnee gibt, und er erkennt ihn auch an dieser Stelle. Er hat nun zwei Möglichkeiten: Weitergehen oder Umdrehen. Damit sich „Erfahrungslernen“ realisieren kann, muss er entweder selbst weiter gehen oder hoffen, dass jemand anderer weiter geht, während er zu-

sieht. Es gibt nun zwei Konsequenzen: der Hang hält oder er hält nicht. Wenn der Mensch umdreht und niemand anderer den Hang begeht, gibt es kein Erfahrungslernen, da keine Konsequenz eintreten kann. Wenn der Mensch oder jemand anderer weiter geht, dann wird, wenn der Hang hält, gelernt: Weitergehen hat hier und heute nicht zur Lawine geführt, obwohl Triebsschnee vorlag. Aus dieser Erkenntnis kann aber nicht zuverlässig für ähnliche zukünftige Situationen gelernt werden könnte. Denn es ergeben sich zwei Probleme: Erstens, Lawinen sind selten. Die Seltenheit von Lawineneignissen verunmöglicht persönliches Erfahrungslernen, man muss es so klar sagen. Aber hierfür gäbe es eine Lösung: Das ist die „Erfahrung der Community“. Eine Person macht wenig Erfahrungen, bei vielen kommt aber einiges zusammen. Hier aber macht, das zweite Problem, die Kontingenz (K) Probleme: Lawinen gehen in gleicher Reizumgebung manchmal ab und manchmal nicht. Zusammenhänge gibt es zwar, können aber nur über eine Vielzahl von Fällen statistisch mit Eintrittswahrscheinlichkeiten erfasst werden (z.B.: „je instabiler der Schneedeckenaufbau, je steiler die Hangneigung, desto höher die Auslösewahrscheinlichkeit“). Das Erfahrungswissen der Community ist deswegen für den Einzelnen in einer konkreten Beurteilungssituation eher als

02 SORKC Modell des Erfahrungslernens |



allgemeines Zusammenhangswissen verfügbar denn als konkrete und zuverlässige Aussage über (Un-)Sicherheit eines Hanges.

b. *Es besteht eine typische Diskrepanz zwischen der Risiko- und der Entscheidungssituation*

Die Risikosituation ist dreistufig (eindeutig sicher – unentscheidbar/uneindeutig – eindeutig unsicher), unsere Entscheidung aber zweistufig (Hang betreten – Hang meiden). Diese Diskrepanz hat erhebliche Konsequenzen:

- ▷ Es muss zwischen Hangentscheidung und Handlungsentscheidung unterschieden werden. Im Fall von günstigen Lawinenverhältnissen wird das offensichtlich: Wir sind ja nicht gezwungen, einen Hang zu befahren (Handlungsentscheidung), bloß weil er sicher ist (Hangentscheidung); der Hang selbst nötigt uns keine Entscheidung auf. Diese Unterscheidung ist u.E. nicht spitzfindig, sondern hilft, die Verschmelzung von Hangsituation und persönlichen Interessen aufzulösen, die in der Frage: „Geht das heute?“ anklingt. Es geht darum, aus dieser Frage zwei zu machen: „Was liegt vor?“ und „Was heißt das für uns?“
- ▷ Lawinenentscheidungen sind nicht immer komplex. Die Einschätzung, welcher der o.e. drei Fälle vorliegt, ist i.d.R. vorbewusst: Praktiker*innen wissen meist, bevor sie überhaupt mit der Tourenplanung beginnen, welche Situation vorliegt. Diese Unterscheidung bewusst vorzunehmen, schadet nicht. Und räumt mit dem „Vorurteil“ auf, Lawinenentscheidungen seien immer schwierig und komplex. Dies gilt vor allem im „Mittelbereich“, nicht jedoch bei sicheren oder sehr kritischen Verhältnissen. „Gut“ entscheiden können bedeutet nicht zwingend, eine komplexe Entscheidungssituation gut auflösen zu können, sondern zu erkennen, wann eine Entscheidung einfach ist und wann nicht: Auch mit wenig Ahnung kann gut entschieden werden, wenn man einfache Entscheidungssituationen erkennt und bei ihnen bleibt.
- ▷ Die Komplexität der Entscheidungssituation ergibt sich aus der Komplexität von Hang- und Handlungsentscheidung und deren Verschränkung: Bei sicheren Verhältnissen ist sowohl die Hangentscheidung einfach wie die Handlungsentscheidung frei. Bei sehr kritischen Verhältnissen ist die Hangentscheidung auch einfach, bindet aber die Handlungsentscheidung, was die Optionen reduziert – und

in Schwierigkeiten führen kann, wenn z.B. eine Durchquerung abgebrochen werden muss. Hier kann ein psychologischer Druck entstehen, die Hangentscheidung der eigenen Handlungsentscheidungstendenz anzupassen. Die Situation und der Druck sind allerdings offensichtlich und werden von der/die Entscheider*in erlebt, was eine reflektive Betrachtung der Drucksituation erlaubt.

- ▷ Am fehleranfälligesten dürfte der Entscheidungsprozess im Zwischenbereich sein, wenn die Hangentscheidung uneindeutig ist. Da dies eine häufige Situation ist, muss sie detailliert untersucht werden. Für die Handlungsentscheidung, die nur zweiwertig sein kann, muss eine Entscheidung herbeigeführt werden. Zunächst werden Praktiker*innen versuchen, durch detaillierte Untersuchungen (Schneedeckentests, Konsequenzenanalyse) Informationen zu gewinnen, um die Uneindeutigkeit aufzulösen. Wir schlagen hingegen vor, sich zunächst auf Handlungsentscheidungstendenz zu besinnen: „Ich würde schon gern hochgehen“ oder „Wenn's nicht geht, auch recht“. Damit wird die Unterscheidung zwischen Hang- und Handlungsentscheidung genutzt, um den Einfluss der Handlungsentscheidungstendenz zu markieren. Denn einer reflektierten Tendenz kann eher entgegengetreten werden als einer unreflektierten. Dann richtet sich die Aufmerksamkeit auf die Hangentscheidung. Wenn die Situation auch nach vertiefender Untersuchung uneindeutig bleibt, kann sie nur aufgelöst werden durch Einführung einer Gewissheitsgraduierung: „Der Hang hält und ich bin mir da auch sicher“ oder „Ich glaub' zwar, dass er hält, aber mir ist es zu unsicher.“ Nun ist die Entscheidung am Kernpunkt angekommen: der bewussten und prozessual gewonnenen Entscheidung für ein Maß an Risiko. Hier gehen nun wieder „menschliche Faktoren“ ein – aber es geht nicht anders.
- ▷ Damit wird deutlich, dass wir gerade in einer solchen Situation für unsere tatsächliche Entscheidung als Zünglein an der Waage nur Faktoren verwenden können, die außerhalb der Schneedecke liegen, z.B. unsere Motivation, körperliche Befindlichkeit oder das Verhalten anderer. Das ist nicht unvernünftig, sondern eine gegebene Folge der Risikosituation „Lawinengefahr“.
- ▷ Dies bringt uns zu einem anderen Blick auf den „Faktor Mensch“. Mit diesem Begriff wird

ein technisch-analytisches Risikomanagement bedient: Man zergliedert ein Geschehen in einzelne Faktoren, um über die Kontrolle der Einzelfaktoren das Geschehen in den Griff zu bekommen. In einem Risikomanagementmodell wie z.B. einer Probabilistik könnte der „Faktor Mensch“ dann als „Störfaktor Mensch“ missverstanden werden: Das Modell wäre an sich gut, der Mensch kann es aber suboptimal anwenden (oder häufig: gar nicht). Damit kommen am Hang zwei „Probleme“ zusammen: Mensch und Lawine. Auch beim Menschen müssen, wie bei der Lawine, nun die Schwachstellen aufgedeckt werden. Diese Perspektive ist eine wahrnehmungsleitende Hintergrundkognition mit praktischen Folgen: Untersuchungen und Beiträge zum „Faktor Mensch“ sind in der Regel problemzentriert; sie postulieren z.B. problematische Heuristiken. Und es werden Systematiken (Checklisten etc.) vorgelegt, den „Faktor“ einzuhegen. Wir plädieren dafür, sich vor Augen zu führen, dass Entscheidungen, die zu Lawinenunfällen führen, selten sind. Lawinenrisiken werden grundsätzlich gut „gemanaget“ durch typischerweise defensive Tourenwahlen. Dies ist der Rahmen, in den der skitourengewende Mensch gestellt gehört. Da ist der Begriff „Faktor“ nicht hilfreich.

3. Merkmale der Person und der sozialen Umwelt

Zur Einschätzung der Lawinengefahr verwenden Menschen drei Prozesse: Verstehen, Heuristiken & Intuition. Auch läuft eine Risikoentscheidung in einem typischen phasischen Prozess ab. Dies ist in der Beitragsreihe ausgeführt, aus Platzgründen beschränken wir uns hier auf drei Konsequenzen:

- ▷ Zentral ist, dass Skitourengewer*innen ihren Entscheidungsweg bewusst und reflektiert gehen sollten. Dies wird u.a. dann zum Ausdruck gebracht, wenn Entscheidungen und deren Bedingungen innerlich (bzw. in der Gruppe) auf den Punkt gebracht werden.
- ▷ Menschen sind nicht immer gut entscheidungsfähig. Ihre Verantwortung ist, dafür zu sorgen, Situationen zu vermeiden, in denen sie nicht mehr gut entscheiden können (z.B. weil es nichts mehr zu entscheiden gibt, sie in Zeitnot sind, sie sich nicht orientieren können und somit keine Informationen sammeln (Nebel, Dunkelheit) oder schlicht zu erschöpft sind, um noch entscheiden zu können).
- ▷ Am Ende einer Entscheidung erfolgt eine

Festlegung. Sie besteht aus zwei Aspekten: „Der Hang geht (=Festlegung), weil es vermutlich keine massiven Verfrachtungen gegeben hat (=Bedingung). Diese Art von Festlegung hat den Vorteil, dass die Bedingungen geprüft werden können, was die Tendenz reduziert, nach Festlegungen nicht mehr wahrnehmungsoffen zu sein. Skitourengewer*innen sind dann, „gerichtet offen“: Sie können diesen Faktor am Checkpunkt bewerten und neu entscheiden.

Die soziale Umwelt beeinflusst uns durch die Gruppe, mit der wir unterwegs sind, andere Anwesende sowie schließlich durch nicht anwesende, aber für uns bedeutsame Andere. Allerdings gibt es hier zu konkreten Effekten nur wenige empirische Studien. Unseres Erachtens sind insbesondere solche Einflüsse relevant, die die Wahrnehmung und Mitteilung von Informationen und einen transparenten, strukturierten und planvollen Entscheidungsprozess erschweren (z.B. Gruppenpolarisation, Verantwortungsdiffusion, Hidden Profile). In der Praxis sollte jede(r) zu einer Gruppenkultur beitragen, die den Austausch über innere und äußere Wahrnehmungen fördert, Führung und Verantwortung klar regelt und die Selbstreflexion des eigenen Tuns unterstützt. Dies beschreiben wir abschließend.

4. Vorschläge für die Praxis

Wir beschränken uns auf die ungeführte Gruppe, die sich frei zum Zweck des Schneesports zusammenschließt, eine sogenannte „thematische Gruppe“. Unsere Vorschläge richten sich an das einzelne Gruppenmitglied. Ziel ist, eine Gruppenkultur zu entwickeln, die einen guten Umgang mit Risiko erleichtert.

Suche Wohlgefühl und Sorge dafür: Wie auch immer ein Mensch zur Einschätzung gelangt, dass eine Situation in Ordnung ist, „Wohlgefühl“ wird es ihm anzeigen – und „Unwohlsein“, wenn etwas nicht passt. Emotionen sind unser Seismograph, den wir immer mit uns führen. Wir stellen daher an den Anfang: Erlaube dir das, was du ohnehin immer tust: fühlen. Natürlich kann Wohlgefühl trügen, wie auch Unwohlsein. Gefühle gehören also untersucht, sortiert, eingeordnet – nicht unmittelbar ausgelebt. Das geht nur über Reflektion, Nachdenken. Und dies wiederum setzt – wir beschäftigen uns hier ja mit dem Thema Lawine – Ahnung voraus. Ohne einen gewissen lawinenbezogenen Sachverstand kann ein Mitglied einer Skitouren-

gruppe sein Sicherheits- oder Bedrohungsgefühl weder eigenständig einordnen noch hilfreich in den Gruppenprozess einbringen. Thematische Gruppen leben dafür und davon, dass die Mitglieder sich dem Thema verpflichtet fühlen. In Abwandlung eines bonmots von Reinhard Karl („Die Expedition war erfolgreich, wenn ich oben war“) kann man sagen: Der Gruppe geht es gut, wenn ich Ahnung habe.

Wähle, mit wem Du unterwegs bist. Wieder ist Wohlgefühl der Leitstern. In der Regel ist es einfach, anzugeben, weswegen ich mich mit einem anderen alpin wohl fühle: das angenehme Tempo beim Aufstieg, die sorgsame Spurwahl, ... eine Summe von „Kleinigkeiten“. Skitourengehen als eine Abfolge von Mikrostressoren bringt über die Zeit ans Licht, wie Andere mit ihnen umgehen; Täuschungen haben hier kurze Beine. Über vieles wird man hinwegsehen dürfen, über eine Sache aber nicht: die Art, wie der/die andere sich über Lawinengefahr sorgt. Hierin verbergen sich zwei mögliche Ähnlichkeiten: Wohlfühlen kann ich mich mit jemandem, der sich ähnlich „früh“ oder „schnell“ sorgt, wie ich selbst und mit jemandem, der mit Besorgtheit ähnlich umgeht wie ich. Ähnlichkeit in diesen beiden Punkten macht die Entwicklung einer gemeinsamen Risikokultur und einen guten Umgang mit Risiken überhaupt erst möglich.

Teile Wahrnehmungen und Einschätzungen. Halte Bedürfnisse und Emotionen nicht zurück. Gruppen können nur teilen, was geteilt worden ist. Die „GIHRE“-Studie (Group Interactions in High Risk Environments), die Interaktionen in Cockpits und Operationssälen untersuchte, liefert klare Hinweise, die wir beschreiben wollen:

- ▷ Arbeitsgruppen machen weniger Fehler, wenn sie sich beizeiten ohne Zeitdruck über mögliche Probleme unterhalten. Dann können sich die Gruppenmitglieder an der Lösungssuche beteiligen und es entsteht ein gemeinsames mentales Modell. „Beizeiten“ meint das Telefonat oder der Gruppenchat am Vorabend und die Diskussion der Tour bei der Anfahrt. Spätestens am Parkplatz, wenn alle da sind, ist ein kurzes Briefing sinnvoll. Damit bekommen alle in der Gruppe eine ähnliche Vorstellung von der Tour und sind auf mögliche Vorkommnisse vorbereitet.
- ▷ Bei unklaren Verhältnissen geht es darum, den schlimmstmöglichen Ausgang zu benennen: „Ob wir uns in den Gipfelhang hineintrauen, müssen wir an der X-Scharte sehen.“ Das

festigt das gemeinsame Risikomodell und lockert Festlegung.

- ▷ Es gilt, sich konkret und spezifisch auszudrücken. Aussagen wie „Die Verhältnisse sind ok“ setzen voraus, dass alle wissen, welche Verhältnisse gemeint sind. Nur konkrete Sprache führt zu einem gemeinsamen Modell und nur sie ist überprüfbar; im schlimmsten Fall lebt jede/r in der Gruppe in seinen eigenen „Verhältnissen“. Das Skitourengehen stellt eine Fachsprache zur Verfügung (Mulde, Kammnähe, ...), die man lernen kann. Ohne gemeinsame (Fach-)Sprache kein gemeinsames Modell, und keine geteilte Risikokultur.
- ▷ Wahrnehmungen und Gedankenprozesse gehören mitgeteilt. Andere können sie nicht erraten. Das darf anlasslos geschehen: Die spurende Person macht eine Spitzkehre. Ein kurzer Satz kann genügen: „Ich denke mir hier nichts, will nur den schönen Hang nicht zerschneiden“. Er erneuert das gemeinsame Modell und festigt die Risikokultur der Gruppe.
- ▷ Wahrnehmungen gehören mitgeteilt, wenn lawinenbezogenes Unwohlsein entsteht. Wieder geht es darum, konkret und spezifisch zu sein. Ein „Mir gefällt das nicht, was meint ihr?“ ist als Gesprächseinstieg in Ordnung. Doch auch dann liegt es beim „Sender“, zu spezifizieren: „Hier hat es mehr Triebschnee als noch unten bei den Latschen.“
- ▷ Fragen und Einwürfe gehören vollständig beantwortet. „Vollständig“ ist ebenfalls abhängig vom geteilten Vorverständnis der Gruppe und dem vorangegangenen Sicherheitsgespräch. Antworten knapp, klar, konkret und vollständig zu geben will wie eine gute Spuranlage gekonnt sein!

Doch wer ist nun in einer Gruppe ohne formale Leitungsperson für was zuständig?

An die informelle Führungsperson: Nimm Deine Rolle an. Informelle Gruppen haben zwar keine formale Leitungsperson, sind aber deswegen nicht ungeführt. Je nach Kompetenz, Gruppenstatus etc. wird einem Gruppenmitglied Führung zugesprochen, zumindest in Teilbereichen: Sie war schon mal im Gebiet auf Tour, also weiß sie auch, welchen Parkplatz wir ansteuern. Daher lautet die Botschaft an diejenigen mit der relativ meisten Erfahrung, dem besten Geländewissen, dem besten Können oder diejenigen, die das Auto an den Parkplatz gebracht haben: Ihr seid zuständig! Zu einer guten Risikokultur in der Gruppe trägt diejenige

Person, die gerade das Heft in der Hand hält, bei, wenn sie sicherheitsrelevante Überlegungen, die ihr durch den Kopf gehen, mitteilt. An Checkpunkten ist sie zuständig, ein Sicherheitsgespräch zu beginnen und auch, dass dieses von allen gehört werden kann. Zu einer guten Risikokultur gehört weiter, dass Zustimmung von allen eingeholt wird, auch von denjenigen, die eine Entscheidung über ihren Kopf hinweg akzeptieren würden. Dazu kann Augenkontakt genügen oder die Person kann auch direkt angesprochen werden: „Wie siehst Du das?“. Damit entwickelt eine Gruppe eine Kultur von gemeinsamen Entscheidungen, die im Gespräch herbeigeführt werden können. Wie kann man nun aber verhindern, dass es ein Verantwortungsvakuum gibt, wo der eine sich auf die andere verlässt?

Wer vorne ist, führt. Wird dieses Prinzip abgesprochen und praktiziert, gibt es kein Vakuum. Auch unabgesprochen gibt es kein Vakuum, wenn die Person, die vorne ist, für sich akzeptiert, dass sie führt. Dies ist der einfachste Fall: Die Führungsverantwortung liegt bei einer Person und dies ist allen in der Gruppe bekannt. Führungsverantwortung zu teilen kann sinnvoll sein, wenn Kompetenzen unterschiedlich verteilt sind oder sonst das soziale Gefüge leiden würde. Die Teilung von Verantwortung ist aber eine Herausforderung, weil dann auch klar sein muss, wer für was wann zuständig ist. Ansonsten entsteht schnell wieder eine Verantwortungsdiffusion. Über geteiltes Führen muss es also wieder ein geteiltes Verständnis der Gruppe geben.

Einbringen. Was aber, wenn Gruppenmitglieder ohne aktuelle Führungsverantwortung ein Unwohlsein verspüren? Es ist nichts dagegen zu sagen, wenn sich alpin weniger kompetente Gruppenmitglieder auf die Mitteilung der eigenen Bedürfnisse (z.B. Pausen) beschränken und sich nicht an Entscheidungsprozessen beteiligen. Damit geht auch einher, dass sie selbst verantworten, die Verantwortung abgegeben zu haben. Auch dagegen ist nichts zu sagen. Allerdings sollten solche Gruppenmitglieder unbedingt auch eigenes Unwohlsein mitteilen. Denn Unwohlsein, das nicht geäußert wird, führt zu Kopfkino. Die Person fällt aus der Situation heraus. Zu möglicherweise lawinenbezogenen Befürchtungen kommen Ärger und Hilflosigkeit hinzu und schaukeln sich auf bis zu negativen Globalisierungen („Was soll das alles hier?“ „Wie immer macht der X Druck, auf den Gipfel zu kommen, und alle machen mit.“). Diese Gedanken haben kaum mehr mit der Situation

und oft nicht mit der tatsächlichen Wirklichkeit der anderen zu tun, über die man in diesen Gedankenschleifen nachdenkt. Der Ausweg ist: sich einbringen. Am besten noch, bevor die Negativspirale es verhindert, dies freundlich lapidar zu tun. Der wahrgenommene Gruppendruck ist oft nur eine Art Popanz, der sich in nichts auflöst, wenn ein Mensch den Mund aufgemacht hat.

Stell Dir vor, Du bist allein hier. Dies ist unser abschließender Vorschlag. Wahrnehmen gelingt mit einem angemessenen Abstand besser. Diesen kann ich jederzeit in meiner Vorstellung einnehmen. Angemessen ist die Vorstellung, in der aktuellen Situation allein zu sein, schon deshalb, weil dies plötzlich die Realität sein kann. Man denke nur an eine Lawinenverschüttung, von der man als einzige/r nicht betroffen ist. Sich in der Situation allein vorzustellen, distanziert auch vom Gruppengeschehen. Drei Beine braucht ein Stuhl und ein Mensch, der mit anderen auf Skitour geht, braucht gleichzeitig drei Fähigkeiten: er muss in der Situation sein können, mit den anderen sein können und bei sich sein können. Gruppen auf Skitour brauchen solche Menschen.

Literatur

Wir beschränken uns auf die Beitragsreihe in bergundsteigen; dort ist die jeweilige Literatur aufgearbeitet.

- Streicher, B. & Schwiersch, M. (2024a). Mensch und Lawine. Versuch einer Bestandsaufnahme – Teil 1 von 3: Merkmale des Risikos. Bergundsteigen, (128), 34–43.
- Streicher, B. & Schwiersch, M. (2024b). Mensch und Lawine. Versuch einer Bestandsaufnahme – Teil 2 von 3: Merkmale der Person. Bergundsteigen, (129), 20–33.
- Streicher, B. & Schwiersch, M. (2025). Mensch und Lawine. Versuch einer Bestandsaufnahme – Teil 3 von 3: die soziale Welt. Bergundsteigen, (130), 20–31.

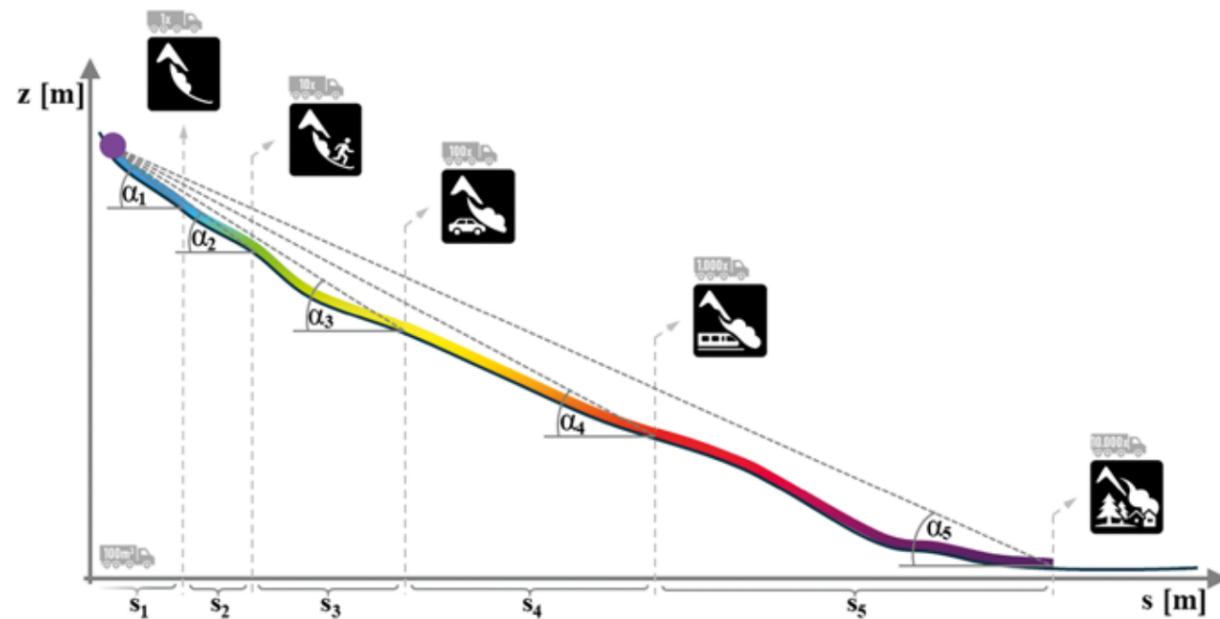
Martin Schwiersch

martin@m-schiersch.de

staatlich geprüfter Berg- und Skiführer, Psychotherapeut in eigener Praxis, langjährige Mitarbeit bei der Sicherheitsforschung des DAV

Bernhard Streicher

Risikoforscher, Autor, Redner, Lektor, Mitglied der Sicherheitskommission des DAV



01 Schematische Darstellung der Lawinengrößen 1 bis 5 in Anlehnung an die Klassifikationssysteme der EAWS und CAA. Visualisiert werden typische Lauflängen (s_1 - s_5), Lawinenwinkel (α_1 - α_5), sowie Ablagerungsvolumen (symbolisiert durch LKWs mit je 100 m^3 Ladevolumen) und das jeweilige Zerstörungspotenzial (dargestellt über Piktogramme: von harmlos für Personen bis hin zu großflächigen Schäden an Infrastruktur, Wald und ganzen Ortschaften). Der pinkfarbene Punkt markiert den Startpunkt der jeweiligen Lawinengröße. Die Farbskala von Blau zu Lila entspricht der Legende der Lawinenszenariokarten in Abbildung 04 und 05. |

13 Lawinenszenariokarten als Entscheidungshilfe für Lawinenkommissionen

Autor:innen Christoph Hesselbach, Jakob Schwarz, Paula Spannring, Andreas Huber, Alice Gasperi, Michael Winkler, Marc Adams, Jan-Thomas Fischer

Lawinenkommissionen stehen bei der Einschätzung von Gefahrenlagen regelmäßig vor der Herausforderung, komplexe Informationen unter Zeitdruck räumlich einzuordnen. Zur Unterstützung dieses Prozesses wird ein digitales Hilfsmittel entwickelt – das Decision Support Tool (DST) – mit dem Ziel, regional oder lokal prognostizierte Lawinenszenarien in kartografisch aufbereitete Lawinenszenariokarten zu übersetzen. Die Szenarien basieren auf den Informationen der regionalen Gefahren einschätzungen, etwa der Lawinenvorhersage (lawinen.report) oder lokalen Einschätzungen durch die jeweils zuständigen Lawinenkommissionen. Dabei orientieren sich die Lawinenszenariokarten an den zentralen Fragen: „Wo kann was passieren?“ und „Was kann dort passieren?“. Das „Wo“ bezieht sich auf die räumliche Lage potenzieller Lawinenauslösegebiete, das „Was“ auf die zu erwartende Lawinengröße in Abhängigkeit von Gelände und Fließregime (von trockenen, kalten Staublawinen bis zu warmen, nassen Fließlawinen). In den Lawinenszenariokarten bilden digitale Geländemodelle die Basis für die Identifikation potenzieller Auslösegebiete und die

darauf aufbauende Simulation von Lawinen unterschiedlicher Größe. Grundlage für die Einstufung der Lawinengröße bilden international etablierte Klassifikationsstandards der europäischen, kanadischen und amerikanischen Lawinenwarndienste (EAWS, CAA oder AAA).

In diesem Beitrag werden erste Ergebnisse vorgestellt, um das methodische Konzept zu veranschaulichen und das Potenzial für die zukünftige Anwendung im Rahmen der lokalen Gefahren einschätzung zu diskutieren.

Abbildung 01 zeigt eine schematische Darstellung der verschiedenen Lawinengrößen, klassifiziert nach Auslösevolumen, Lauflänge und Lawinenwinkel (Alpha-Winkel), sowie der damit verbundenen Zerstörungskraft.

Die Lawinenszenariokarten als Teil des DST werden im Zuge des INTERREG-Projekts CAIROS entwickelt, welches die grenzüberschreitende Zusammenarbeit von Lawinenkommissionen in der Europaregion Tirol-Südtirol-Trentino harmonisieren und stärken soll. Zu den übergeordneten Projektzielen gehören (I) die Definition gemeinsamer Standards (z.B. Ausbildung), (II) die

Entwicklung einer gemeinsamen Softwareinfrastruktur, sowie (III) die Bereitstellung digitaler Werkzeuge wie das DST zur Unterstützung des täglichen Entscheidungsprozesses in den Kommissionen.

Derzeit erfolgt die Entwicklung des DST in zwei grenzüberschreitenden Pilotregionen:

- ▷ Region „Sellajoch“ (Südtirol-Trentino) mit den Lawinenkommissionen Wolkenstein, Canazei, Campitello di Fassa und Mazzin – Gesamtfläche ca. 150 km^2
- ▷ Region „Brennerpass“ (Nordtirol-Südtirol) mit den Kommissionen Obernberg, Gries am Brenner und Brenner – Gesamtfläche ca. 200 km^2

Methoden

Die Entwicklung der Lawinenszenariokarten basiert auf drei aufeinander aufbauenden Schritten. Diese umfassen die *Identifikation von Lawinengelände*, *Definition von Lawinenszenario* und *Erstellung von Lawinenszenariokarten*. Im Folgenden werden diese drei Schritte genauer beschrieben:

1 Identifikation von Lawinengelände

Die Identifikation von Lawinengelände beinhaltet die Datengenerierung und die Modellierung potenzieller Lawinenszenarien und umfasst drei Schritte:

1.1 Identifikation potenzieller Lawinenauslösegebiete

Potenzielle Lawinenauslösegebiete werden automatisiert anhand eines digitalen Geländemodells identifiziert. Mittels GIS-gestützter Analysen werden Flächen ausgewiesen, auf denen aufgrund von Geländeparametern wie Neigung, Rauigkeit, Windexposition und Bewaldung Lawinenabgänge möglich sind (Ansatz nach Veitinger et al. 2016). Diese flächigen Rasterdaten werden anschließend in einzelne, diskrete Auslösegebiete überführt. Dabei werden Exposition und hydrologische Einzugsgebietsgrenzen berücksichtigt.

1.2 Räumliche Einordnung und Bestimmung des maximal möglichen Lawinenpotenzials

Für die spätere Zuordnung im Lawinenszenario – dem „Wo“ – werden die diskreten Auslösegebiete zunächst nach ihrer räumlichen Lage (Höhenstufe und Exposition) klassifiziert.

Das maximal mögliche Lawinenpotenzial des Geländes wird anhand der potenziellen Lawinengröße ermittelt, die sich aus dem fassbaren Schneevolumen des jeweiligen Auslösegebiets

ergibt. Dieses wird durch Multiplikation der Auslösefläche mit einem höhenstufenoder regionalabhängigen Schneehöhengradienten bestimmt. Die Einordnung in Größenklassen erfolgt in Anlehnung an die volumenbasierten Klassifizierungsschemata von EAWS und CAA (siehe Abbildung 01), wobei ein möglicher Massenzuwachs zwischen Auslösung und Ablagerung (*Entrainment*) berücksichtigt wird.

1.3 Modellierung potenzieller Lawinenausläufe und Intensitäten

Um die Frage nach dem „Was“ in der späteren Szenariodefinition zu beantworten, dienen die potenziellen Auslösegebiete als Input für die Modellierung des Lawinenpotenzials. Die Modellierung erfolgt mit dem empirisch motivierten, konzeptionellen Open-Source-Tool AvaFrame::com4FlowPy (D'Amboise et al., 2022, Oesterle et al. 2025). Die Parametrisierung basiert auf typischen Kenngrößen unterschiedlicher Lawinengrößen, insbesondere dem Lawinenwinkel (Alpha-Winkel oder Reichweitenwinkel) und der Intensität, sowie kalten oder warmen Fließregime. Zusammenfassend gilt:

Lawinen einer bestimmten Größe weisen charakteristische Reichweitenwinkel und eine maximal mögliche Intensität auf. Das in Schritt 1.2 bestimmte maximal mögliche Lawinenpotenzial fungiert dabei als Grenzwert für die maximal simulierte Lawinengröße pro Auslösegebiet. Kleinere Auslösegebiete können nur Lawinen kleinerer Größe erzeugen, während in sehr großen Auslösegebieten, sowohl kleinere als auch größere Lawinen möglich sind. Der Modelloutput wird anschließend in standardisierte Kenngrößen wie Lauflänge, Lawinenwinkel (intensitätsabhängig) und Zerstörungspotenzial übersetzt.

2 Definition von Lawinenszenario

Die Definition des Lawinenszenarios ist die Schnittstelle zum DST. Diese umfasst die Einbindung der regionalen Lawinenvorhersage und in einem zweiten Schritt die Möglichkeit zur lokalen Einschätzung der jeweils zuständigen Lawinenkommissionen. Ersteres erscheint im DST standardmäßig und kann entsprechend der lokalen Lage angepasst werden.

Das definierte Szenario grenzt die zentralen Fragen des DST – nach dem „Wo“ und „Was“ – weiter ein, und konkretisiert sie zu einer entscheidenden Schlüsselfrage: „Welche Ausläufe und Intensitäten sind ausgehend von der prognostizierten Lawinengröße und dem erwarteten Fließregime in

Verbindung mit den potenziell aktiven Auslösegebieten möglich?"

Im DST wird diese Frage umgesetzt durch die Selektion von:

- ▷ Höhenstufe (< Baumgrenze, Baumgrenze, Alpin)
- ▷ Exposition (N, O, S, W) der potenziellen Auslösegebiete
- ▷ Das erwartete Fließregime (kalt oder warm), welches sich direkt aus dem vorherrschenden Lawinenproblem bestimmen lässt
- ▷ Die zugrunde liegenden Parameter der Gefahrenstufe gemäß der EAWS-Matrix:
 - Maximal zu erwartende Lawinengröße
 - Schneedeckenstabilität
 - Häufigkeitsverteilung dieser Stabilität

Schneedeckenstabilität und ihre Häufigkeitsverteilung bilden das erweiterte Modell und dienen gemeinsam als Indikator für das relative Lawinenpotenzial.

3 Erstellung von Lawinenszenariokarten

Die Erstellung von Lawinenszenariokarten entspricht der Übersetzung eines regional oder lokal definierten Lawinenszenarios in eine kartografische Darstellung.

Für ein spezifisches Szenario werden zunächst durch die Eingrenzung von Höhenstufe und Exposition die potenziell aktiven Auslösegebiete so wie das Fließregime für das vorherrschende Lawinenproblem bestimmt.

Um die passenden Lawinensimulationen zu visualisieren, wird die prognostizierte Lawinengröße mit der maximal möglichen Größe entlang des jeweiligen Lawinenpfades, der Lawinengeländegröße, abgeglichen.

Abbildung 02 visualisiert den Zusammenhang zwischen prognostizierter Lawinengröße, potenziell möglicher Lawinengeländegröße und die für das DST räumlich relevante Lawinenszenariogröße in Form einer Matrix. Die prognostizierte Lawinen-

größe wird dabei in Abhängigkeit von der potenziell möglichen Lawinengeländegröße in die maximal mögliche Lawinenszenariogröße übersetzt. Die maximal mögliche Lawinenszenariogröße ist dabei stets kleiner oder gleich der prognostizierten Lawinengröße.

In einem Worst-Case-Szenario schöpft eine Lawine ihr vollständiges Potenzial aus und erreicht – relativ zum jeweiligen Pfad – die maximal mögliche Größe, nicht jedoch zwingend die prognostizierte. Ein Pfad mit einem sehr großen Potenzial (z. B. Lawinengeländegröße 4) kann selbst bei einer prognostizierten Größe 5 maximal eine Lawine der Größe 4 von 4 erzeugen. In weniger kritischen Szenarien ist entlang desselben Pfades jedoch auch nur eine Lawinengröße von 3 von 4 oder 2 von 4 möglich. Die tatsächlich erreichte Größe hängt vom Szenario ab und kann – abhängig von der lokalen Topografie – trotz identischem Volumen unterschiedliche effektive Ausprägungen in Bezug auf Lauflänge, Lawinenwinkel und Zerstörungspotenzial gemäß EAWS-Standards entwickeln.

Das Konzept der relativen Größen wird nach der AAA beschrieben und reicht von klein (R1) bis sehr groß bzw. maximal (R5), jeweils in Relation zum betrachteten Pfad, in Abbildung 02 in Rot angeführt.

In einer Erweiterung des Konzepts wird das bestehende Modell um zusätzliche Parameter der EAWS-Matrix ergänzt – die Schneedeckenstabilität und deren räumliche Häufigkeitsverteilung. Die Erweiterung folgt der Annahme, dass Lawinen ihr volles Potenzial nur unter bestimmten kritischen Voraussetzungen ausschöpfen können – etwa bei einem sehr gleichmäßig verbreiteten Lawinenproblem, also einer hohen räumlichen Dichte von einer sehr instabilen Schneedecke. Umgekehrt ist es bei geringerer Dichte und insgesamt stabileren Verhältnissen weniger wahrscheinlich, dass Lawinen ihr maximales Potenzial bzw. relative Größe erreichen.

Abbildung 03 stellt diesen Zusammenhang schematisch als Matrix dar. Die Herleitung orientiert sich dabei an dem Schema der EAWS-Matrix und wird im erweiterten Modell als Maß für das relative Lawinenpotenzial interpretiert.

Ergebnisse

Die vorgestellte Methode übersetzt regionale Lawinvorhersage oder lokale Einschätzungen in konkrete Szenarien. Diese bilden die Eingangsparemeter für eine simulationsgestützte Modellkette zur Berechnung potenzieller Lawinenausläufe. Der Modelloutput wird anschließend in standardisierte

Lawinenpotential + Prog. Lawinengröße		Schneedeckenstabilität		
		sehr schlecht	schlecht	mittel
Häufigkeit	viele	sehr hoch ≤ 5	sehr hoch ≤ 5	hoch ≤ 4
	einige	sehr hoch ≤ 5	sehr hoch ≤ 5	moderat ≤ 3
	wenige	sehr hoch ≤ 5	hoch ≤ 4	moderat ≤ 3
	fast keine	niedrig ≤ 2	niedrig ≤ 2	niedrig ≤ 2

03 Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Schneedeckenstabilität und der räumlichen Häufigkeitsverteilung. Die Matrix veranschaulicht das daraus abgeleitete relative Lawinenpotenzial, welches im erweiterten Modell berücksichtigt wird. Die Farbgebung entspricht der Logik aus Abbildung 02: Lila Farbtöne zeigen das interpretierte Lawinenpotenzial. Die Systematik orientiert sich an der EAWSMatrix. |

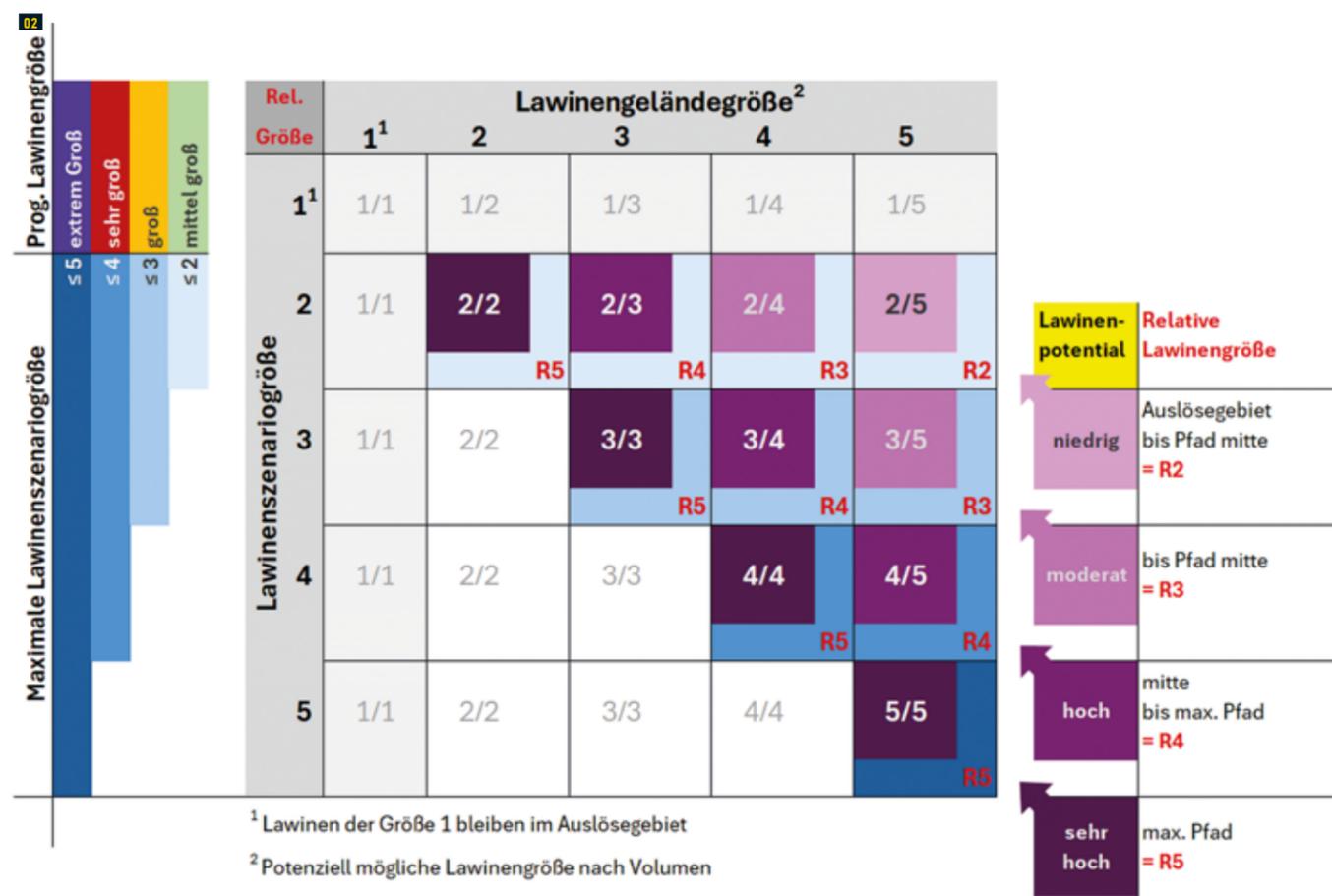
Lawinengrößen wie Lauflänge, Lawinenwinkel und Zerstörungspotenzial überführt und kartografisch als Lawinenszenariokarte visualisiert. In den Abbildungen 04 und 05 werden die Lawinengrößen auf Basis des Lawinenwinkels (intensitätsabhängig) dargestellt und farblich gemäß der Klassifikation in Abbildung 01 visualisiert.

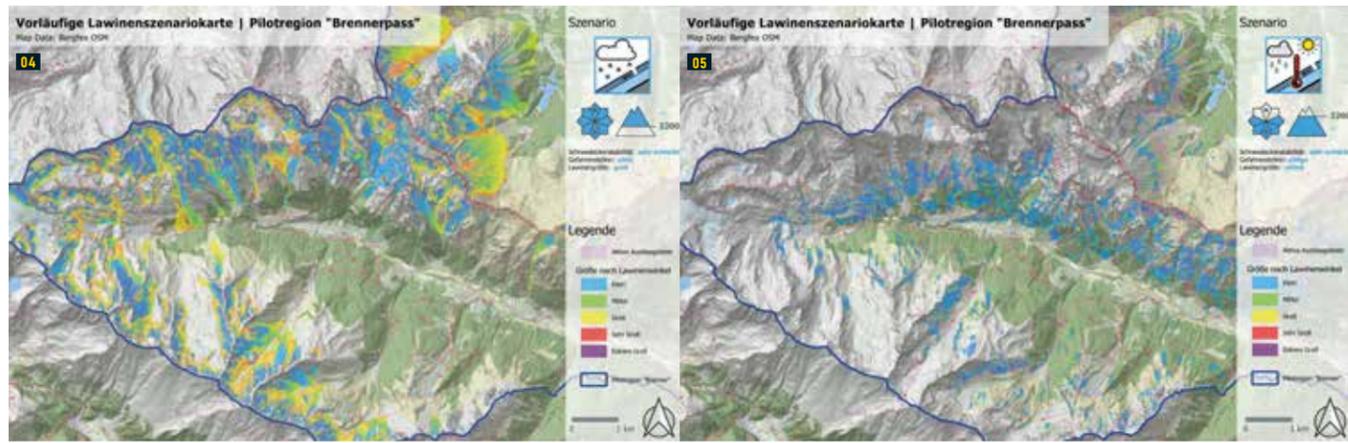
Im Folgenden werden zwei solcher Lawinenszenariokarten für unterschiedliche prognostizierte Lagen gezeigt: ein Hochwinterszenario (Abbildung 04) und eine typische Frühjahrsituation (Abbildung 05).

Die gezeigte Darstellungsform veranschaulicht, wie die Lawinenszenariokarten künftig zur Unterstützung der Entscheidungsfindung von Lawinenkommissionen bereitgestellt werden könnten.

Lawinenszenario 1 beschreibt eine großflächige Neuschneesituation oberhalb von 2200 m in allen Expositionen, gekennzeichnet durch sehr schlechte Schneedeckenstabilität, eine hohe Dichte an Gefahrenstellen und eine prognostizierte Lawinengröße von „groß“ (Größe 3). Aufgrund des ausgegebenen Neuschneeproblems wird von einem kalten Fließregime ausgegangen – also trockenen Lawinen, die auch Staubanteile ausbilden können. Die vorläufige Lawinenszenariokarte zeigt dementsprechend eine flächige Aktivierung potenzieller Auslösegebiete in den genannten Höhenstufen- und Expositionen. Die resultierenden

02 Matrix zur Übersetzung von prognostizierter Lawinengröße und potenziell möglicher Lawinengeländegröße in die für das DST relevante Lawinenszenariogröße. Die lila eingefärbten Felder zeigen das interpretierte Lawinenpotenzial. Die roten Klassen R1-R5 entsprechen den relativen Lawinengrößen gemäß AAA und stellen die erwartbare Wirksamkeit relativ zum jeweiligen Lawinenpfad dar. |





04 Mögliche Darstellung einer kritischen Neuschneesituation im Hochwinter, basierend auf einem regional prognostizierten Szenario (oben rechts). Die aktiven Auslösegebiete sind in pink dargestellt. Die resultierenden Lawinenausläufe sind in Größenklassen gemäß Lawinenwinkel (intensitätsabhängig) dargestellt. Die Farbgebung folgt der Klassifikation in Abbildung 01 und zeigt die räumliche Verteilung potenzieller Lawinengrößen. | **05** Mögliche Darstellung einer typischen Frühjahrsituation, basierend auf einem regional prognostizierten Szenario (oben rechts). Die aktiven Auslösegebiete sind in pink dargestellt. Die resultierenden Lawinenausläufe sind in Größenklassen gemäß Lawinenwinkel (intensitätsabhängig) dargestellt. Die Farbgebung folgt der Klassifikation in Abbildung 01 und verdeutlicht die selektive Aktivierung potenzieller Lawinengänge bei moderatem Gefahrenpotenzial. |

Lawinenausläufe sind nach potenziell erreichbarer Größe skaliert und visualisiert. Die aktiven Pfade weisen eine hohe Dichte an Lawinen der Größenklassen 3 nach Lawinenwinkel auf. In über der Hälfte der aktiven Auslösegebieten wird damit die potenzielle Lawinengeländegröße vollständig ausgeschöpft.

Lawinenszenario 2 zeigt eine typische Frühjahrsituation mit einem Nassschneeproblem in Ost-, Süd- und Westexpositionen unterhalb von 2200 m. Die Schneedeckenstabilität ist sehr schlecht, die Dichte aktiver Gefahrenstellen jedoch gering. Die prognostizierte Lawinengröße liegt bei „mittel“ (Größe 2), das Fließregime ist warm – es wird mit nassen Lawinen gerechnet.

Die Lawinenszenariokarte zeigt eine deutlich selektivere Aktivierung potenzieller Auslösegebiete, dominiert von Lawinen der Größenklassen 1 bis 2 nach Lawinenwinkel.

Das Szenario bleibt deutlich unterhalb des maximal möglichen Potenzials der jeweiligen Lawinengänge. Nur etwa ein Viertel der Pfade schöpft die potenzielle Lawinengeländegröße vollständig aus und steht exemplarisch für lokal begrenzte Frühjahrsereignisse mit moderater räumlicher Ausdehnung.

Diskussion & Ausblick

Die beiden dargestellten Karten verdeutlichen, wie ein einheitlicher, daten- und modellgestützter Ansatz differenziert auf unterschiedliche Lawinenszenarien angewendet werden kann. Das Neuschneeszenario aktiviert ein breites Spektrum an Lawinengrößen und schöpft in vielen Bereichen das maximale Potenzial der jeweiligen Lawinengänge nahezu vollständig aus. Im Gegensatz dazu führt das Frühjahrszenario – trotz sehr schlech-

ter Schneedeckenstabilität und mittlerer prognostizierter Lawinengröße – nur zu einer selektiven Aktivierung potenzieller Auslösegebiete. Dadurch bleibt das tatsächliche Ereignispotenzial deutlich reduziert. Das Beispiel zeigt, wie gezielt definierte Szenarien die räumliche Dynamik von Lawinereignissen differenziert abbilden können.

Die Lawinenszenariokarten sind als experimenteller Ansatz zu verstehen, die darauf abzielen, bestehende Werkzeuge – insbesondere die Schnittstelle zwischen Lawinenbericht und Lawinensimulationen – mit dem Expertenwissen der Lawinenkommissionen zu verknüpfen und in bestehende Handlungsabläufe zu integrieren. Als innovatives Hilfsmittel zur Unterstützung der Risikoanalyse kann das DST vor allem in die Phasen der Gefahrenwahrnehmung und -beurteilung eingebettet werden.

Dabei soll jenes Wissen, sowie die Erfahrung der Lawinenkommissionen, nicht durch das DST ersetzt, sondern durch objektive, quantitative und datenbasierte Karten ergänzt werden. Eine mögliche Parallele kann hier z.B. zu Wetterkarten gezogen werden, welche Kommissionen ebenfalls zur Einschätzung der Gefahrenlage heranziehen, wobei eine lokale Plausibilisierung und Einschätzung auch hier unumgänglich ist.

Da jene Lawinenszenariokarte den Kommissionen standardmäßig vorgeschlagen wird, die der aktuellen Gefahreneinschätzung auf regionaler Ebene entspricht (*lawinen.report*), soll ermöglicht werden, dass bei einer Abweichung der regionalen zur lokalen Gefahrenlage, eine manuelle Anpassung der Inputparameter durch die Kommissionen vollzogen werden kann und somit die Karte, welche das Lawinenszenario entsprechend der lokalen Situation dargestellt wird.

Erste Prototypen der Lawinenszenariokarten

werden wie beschrieben für die beiden Testgebiete im Projekt CAIROS entwickelt. Um dem Ziel näher zu kommen, diese Karten für die gesamte Euregio Region Tirol-Südtirol-Trentino zur Verfügung stellen, ist eine detaillierte Parametrisierung des Modelles zentral. Hier wird die Zusammenarbeit zwischen den Institutionen der Länder und Entwicklern mit den Lawinenkommissionen eine entscheidende Rolle spielen, mit dem Ziel, das Modell an lokale Gegebenheiten anzupassen.

Christoph Hesselbach

christoph.hesselbach@oegsl.at
Institut für Naturgefahren, Bundesforschungszentrum für Wald, Innsbruck, Österreich

Jakob Schwarz

Amt für Meteorologie und Lawinenwarnung, Bozen, Italien

Alice Gasperi

Ufficio previsioni e pianificazione, Trento, Italien

Michael Winkler

Lawinenkommissionen Tirol, Innsbruck, Österreich

Paula Spannring, Andreas Huber, Marc Adams und Jan-Thomas Fischer

Institut für Naturgefahren, Bundesforschungszentrum für Wald, Innsbruck, Österreich

Literatur

- American Avalanche Association (2016). Snow, Weather and Avalanches: Observation Guidelines for Avalanche Programs in the United States (3rd ed). Victor, ID.
- Canadian Avalanche Association CAA (2016). Observation guidelines and recording standards for weather snowpack and avalanches. Technical Report, Canadian Avalanche Association, Revelstoke, BC, Canada.
- D'Amboise, C. J. L., Neuhauser, M., Teich, M., Huber, A., Kofler, A., Perzl, F., Fromm, R., Kleemayr, K., & Fischer, J.-T. (2022). Flow-Py v1.0: A customizable, open-source simulation tool to estimate runout and intensity of gravitational mass flows. *Geoscientific Model Development*, 15(6), 2423–2439. <https://doi.org/10.5194/gmd-15-2423-2022>.
- EAWS (2025). Standards: avalanche size. <https://www.avalanches.org/standards/avalanche-size/>.
- EAWS (2025). Standards: EAWS matrix. <https://www.avalanches.org/standards/eaws-matrix/>.
- Oesterle, F., Wirbel, A., Fischer, J.-T., Huber, A., & Spannring, P., (2025). *avaframe/ AvaFrame: 1.13_rc4 (1.13_rc4)*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15682242>.
- Veitinger, J., Purves, R. S., & Sovilla, B. (2016). Potential slab avalanche release area identification from estimated winter terrain: A multi-scale, fuzzy logic approach. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(10), 2211–2225. <https://doi.org/10.5194/nhess-16-2211-2016>.



01 Jede Rettung am Berg beginnt mit einem Notruf. (Quelle: Gerhard Mössmer) |

14 Notruf am Berg

Autor Gerhard Mössmer

Nicht überall am Berg hat man Handyempfang. Ein Überblick über Möglichkeiten und Grenzen unterschiedlichster Alarmierungs-Tools.

Eines vorweg: In Zeiten von Starlink¹, 5G², iPhone 16³ und Co. schreitet die Entwicklung in der weltweiten Kommunikation so rasant voran, dass die Aktualität dieses Artikels vermutlich nur von kurzer Dauer sein wird. Nichtsdestotrotz wollen wir eine Momentaufnahme erstellen und etwas Licht in den Notruf-Dschungel am Berg bringen. „Welcher Dschungel?“ wird sich jetzt die nicht bergsteigende Person fragen, denn im urbanen Umfeld ist der Käse seit der Einführung der europäischen Notrufnummer 112 schnell gegessen: Man wählt – die Netzabdeckung ist kein Thema – die 112⁴ und in der Regel ist in wenigen Minuten die angeforderte Blaulichtorganisation vor Ort. Wir Alpinsportler*innen wissen allerdings, dass die Sache oben am Berg leider nicht ganz so trivial ist...

Szenario 1: kein Mobilfunknetz
Das Hauptproblem liegt darin, dass uns am Berg oder in der sprichwörtlichen „Pampa“ – beispielsweise auf Reisen – noch immer kein flächendeckendes Mobilfunknetz zur Verfügung steht, um einen Notruf abzusetzen. Und leider ist „kein (Mobilfunk-)Netz“ gleichbedeutend mit „kein Notruf“. Um diese Problematik zu lösen, sind unsere Mittel mehr als bescheiden (Abb. 02 oben).

Alpines Notsignal
Zum einen haben wir die Möglichkeit, das alpine Notsignal abzusetzen: Dabei geben wir in regelmäßigen Abständen – optisch in Form von Lichtsignalen und/oder akustisch in Form von Pfiffen – sechs Zeichen hintereinander ab, dazwischen machen wir eine Pause von einer Minute (Abb. 02 unten).

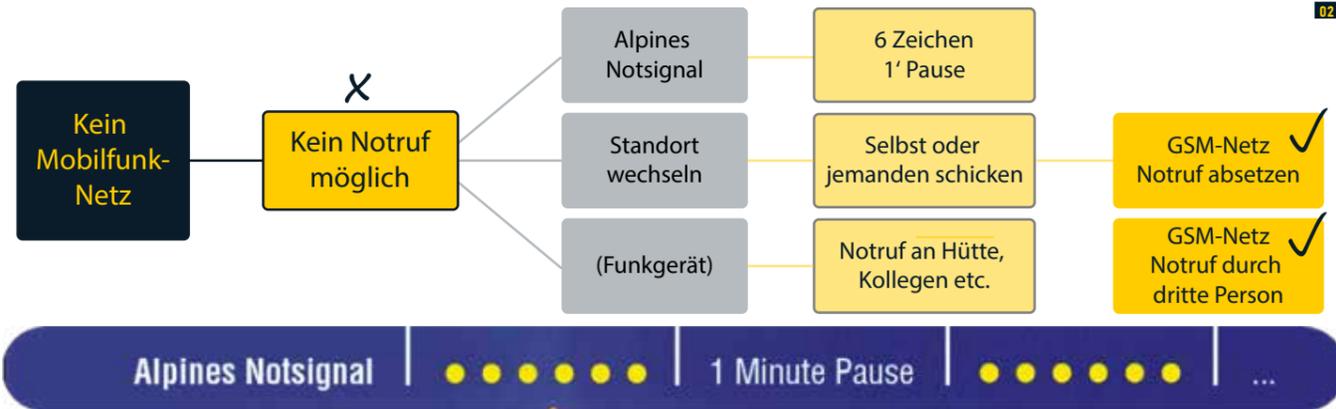
10 seconds for 10 minutes

Bevor wir einen Notruf absetzen, gilt es, ganz allgemein, einige wenige, dafür aber umso wichtigere Dinge abzuchecken. Dabei lautet die goldene Regel „10 seconds for 10 minutes“ oder anders ausgedrückt „Ruhe bewahren, Überblick verschaffen“:

- Was genau ist passiert?
- Drohen weitere Gefahren? Achtung: Selbstschutz geht vor Rettung!
- Ist eine sofortige Evakuierung der verunfallten Person aus einem etwaigen Gefahrenbereich notwendig?
- Ehestmöglich mit der Ersten Hilfe nach dem (cr)ABCDE-Schema beginnen.
- Sofort Notruf absetzen, wenn ohne Zeitverlust möglich.

Beim Notruf führt der sogenannte „Call-Taker“ der jeweiligen Leitstelle das Gespräch. Dafür sind wir auf folgende Fragen vorbereitet:

- Wo genau ist der Unfall passiert?
- Wer meldet den Unfall?
- Was genau ist passiert?
- Wie viele Personen sind betroffen?
- Wichtige Details zur Situation wie Unfallzeitpunkt, Vitalfunktionen, Symptome etc.
- Bestehen weitere Gefahren, z. B. durch Wetter?



02 Oben: Szenario 1 – kein Mobilfunknetz vorhanden. Unten: Alpines Notsignal mit sechs Zeichen. (Quelle: Gerhard Mössmer) | 03 Link zur A1-Mobilfunk-Netzabdeckung in Österreich. |

Standortwechsel

Zudem können wir durch einen Standortwechsel versuchen, ein Mobilfunkempfang zu erhalten. Diese Möglichkeit ist aber sehr stark von der Gesamtsituation abhängig: In welchem Zustand ist/sind der/die Verletzte/n? Welche Gefahren bestehen bei einem Standortwechsel? Wie groß ist die Gruppe und wie groß ist überhaupt die Chance, zeitnah Mobilfunkempfang zu erhalten? In Abwägung dieser Rahmenbedingungen kann man „im Idealfall“ zwei Personen gemeinsam schicken, um zu versuchen, über ein Mobilfunknetz (Abb. 03) einen Notruf abzusetzen.

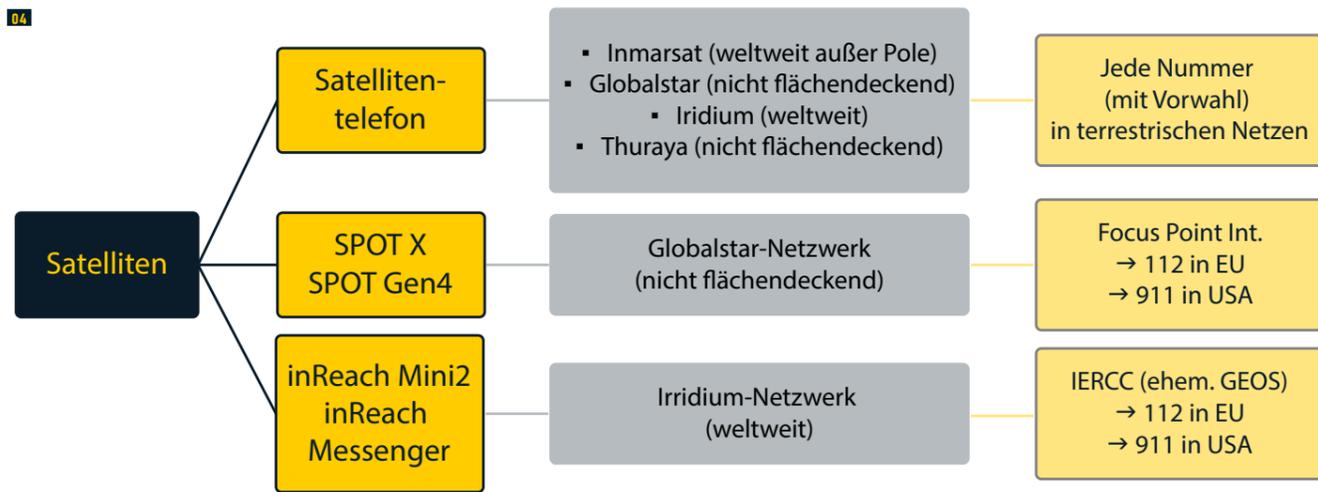


Funkgerät

Im Gegensatz zu Österreich war und ist in der Schweiz die Mitnahme eines Funkgerätes für professionelle Führungskräfte gang und gäbe. Dazu Christian Andermatt, Bergführer und Fachleiter Ausbildung Winter vom SAC: „In der Schweiz haben insbesondere Bergführer älteren Semesters immer noch ein Funkgerät dabei. Hauptsächlich wegen der Alarmierung infolge eines Unfalls bei fehlender Handynet-Abdeckung. Die meisten Funkgeräte sind Rega⁵-Funkgeräte, welche auf die Relaisstationen des Rega-Funknetzes zugreifen. Diese haben aber keine freie Frequenzwahl.“

⁵ Die Schweizerische Rettungsflugwacht Rega ist eine gemeinnützige private Stiftung für Luftrettung in der Schweiz, die 1952 von Mitgliedern der Schweizerischen Lebensrettungs-Gesellschaft gegründet wurde und ihren Sitz am Flughafen Zürich hat.

¹ Starlink ist ein von dem US-Raumfahrtunternehmen SpaceX betriebenes Satellitennetzwerk, das seit 2020 in verschiedenen Ausbaustufen weltweiten Internetzugang bietet (Wikipedia).
² 5G ist ein Mobilfunkstandard, der seit 2019 an Verbreitung gewinnt (Wikipedia).
³ Ab Generation 14 kann man mittels iPhone einen Notruf über Satelliten absetzen.
⁴ Der Euronotruf 112 ist ein gebührenfreies, länderübergreifendes Notrufsystem in Europa (Wikipedia).
⁵ Die Schweizerische Rettungsflugwacht Rega ist eine gemeinnützige private Stiftung für Luftrettung in der Schweiz, die 1952 von Mitgliedern der Schweizerischen Lebensrettungs-Gesellschaft gegründet wurde und ihren Sitz am Flughafen Zürich hat.



04 Die wichtigsten Satellitenkommunikationssysteme im Überblick. Wo geht der Notruf hin? |



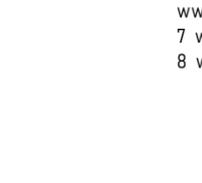
Szenario 2: Satellitenkommunikation

Eine Alternative für Personen, die häufig in Regionen ohne Mobilfunk-Netzabdeckung unterwegs sind, ist die Kommunikation via Satellitennetz. Im Moment stehen uns vier Satellitennetze zur Verfügung. Dabei ist das Iridium-Netz das einzige Satellitennetz mit einer weltweiten Netzabdeckung (Abb. 05), Inmarsat hat – außer an den Polen – ebenfalls eine sehr gute Netzabdeckung (Abb. 06), Globalstar (Abb. 07) und Thuraya (Abb. 08) sind hingegen nicht weltweit flächendeckend.

Für die Kommunikation via Satelliten braucht es außerdem (!) – mit einer Ausnahme, aber dazu später mehr – eigene Geräte, die durch die Bank natürlich mit Anschaffungs- und laufenden Kosten verbunden sind. Dabei ist das „klassische“ Satellitentelefon⁶ die Deluxe-Variante, mit der man jede Nummer (mit Vorwahl) in terrestrischen Netzen erreichen und wie gewohnt telefonieren kann.

Hat man nicht das Bedürfnis, immer und überall uneingeschränkt telefonieren zu können, sondern will man einzig ein Backup für den Notfall, bieten sich sogenannte Messenger an. Für den Bergsportbereich kommt hierfür die Messenger von SPOT und Garmin in Frage.

05 Link zum Iridium-Netz mit weltweiter Abdeckung. | 06 Link zum Inmarsat-Netzabdeckung. | 07 Link zur Globalstar-Netzabdeckung. | 08 Link zur Thuraya-Netzabdeckung. |



SPOT⁷

Die Geräte SPOT Gen4 (Abb. 8) und SPOT X (Abb. 9) arbeiten beide im nicht ganz flächendeckenden Globalstar-Netzwerk (schade für Bergsteiger*innen, denn leider deckt das Globalstar-Netz die Himalaya-Regionen nicht ab). Sie senden den Notruf an die rund um die Uhr besetzte Focus-Point-International-Notrufzentrale⁸ mit Sitz in Miami, Florida. Diese Zentrale alarmiert anschließend die jeweilige Notrufnummer im terrestrischen Netz (z. B. die 112 in Europa bzw. die 911 in den USA). In der Schweiz kann man seit 2021 die Rega (Luftrettung) direkt mit einem Satellitenmessenger (SPOT oder inReach) ohne Umweg über die USA und somit ohne zeitliche Verzögerung alarmieren (Direktnummer: 076 601 14 14). Die Rega empfiehlt, im Gerät die E-Mail-Adresse alarm@rega.ch zu hinterlegen und die Rega-Einsatzzentrale im Notfall auf diesem Weg zu kontaktieren. Mit einer Meldung an diese Adresse wird zudem der aktuelle Standort übermittelt und die Rega kann direkt antworten. Diese Option gibt es nur in der Schweiz und im Schweizer Grenzgebiet.

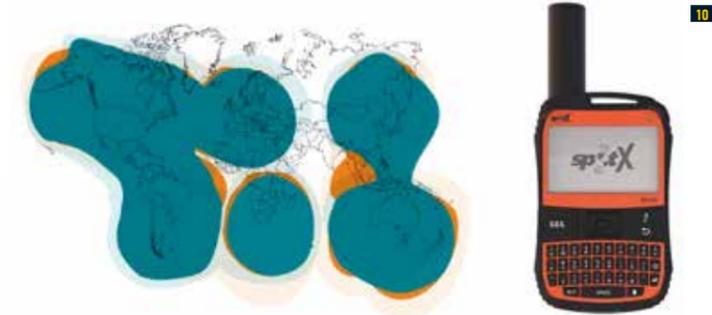
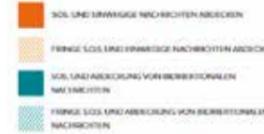
Mit dem kleineren SPOT Gen4 ist neben dem Absetzen des obligatorischen SOS-Notrufes auch Tracking sowie Ein-Weg-Kommunikation möglich. Das größere SPOT X bietet zudem das Feature einer bidirektionalen Kommunikation via Messenger, es hat in dieser Funktion aber eine minimal kleinere Netzabdeckung.

09 SPOT Gen4
UVP 189,99 €
Globalstar-Netzwerk
▷ SOS-Notruf Focus Point Int.
▷ Tracking
▷ Check-in (einfache Okay-Mitteilung)
▷ Ein-Weg-Kommunikation
Akkulaufzeit: 1250 Nachrichten
Kosten: ab 17,97 €/Monat bei Jahresvertrag |



6 Sehr hilfreiche Informationen über Netzabdeckung, Kosten etc. sowie einen Vergleich der gängigen Geräte findet man auf: www.satelliten-telefon.com
7 www.findmespot.com
8 www.focuspointintl.com

10 SPOT X
UVP 299,00 €
Globalstar-Netzwerk
▷ SOS-Notruf Focus Point Int.
▷ Zwei-Wege-Kommunikation
▷ App Tracking Check-in (einfache Okay-Mitteilung)
▷ Kompass
Bis 10 Tage Akkulaufzeit
Kosten: ab 17,97 €/Monat |



Garmin⁹

Im Bereich der GPS-Navigation ist Garmin schon lange Marktführer. Mit der Übernahme von DeLorm ist der US-Konzern 2016 auch in die 2-Wege-Satellitenkommunikation eingestiegen. Die Geräte von Garmin verwenden das Iridium-Netz mit 100 % Abdeckung weltweit. Die Notrufe gehen dabei an die 2020 von Garmin übernommene Notrufzentrale IERCC¹⁰ (ehemals GEOS) mit Sitz in Montgomery, Texas.

Der kleinere Garmin inReach Messenger (Abb. 11) kann neben dem Absetzen eines SOS-Notrufs über die Messenger-App auch bidirektional kommunizieren und Wetterdaten empfangen. Zudem können Positionen geteilt und Koordinaten per Textnachricht versendet werden. TrackBack Routing ist ebenfalls möglich. Mit dem etwas größeren Garmin inReach Mini2 (Abb. 12) kann man zudem GPS-navigieren, außerdem verfügt das Gerät über einen digitalen Kompass.



11 Garmin inReach Messenger
UVP 299,99 €
Iridium-Netzwerk – 100%ige globale Abdeckung
▷ SOS-Notruf 24/7 an International Emergency Response Coordination Center (IERCC)
▷ Zwei-Wege-Kommunikation mittel App
▷ teilen der Positionen, Koordinaten per Textnachricht senden
▷ TrackBack Routing
▷ Wetterinformationen
Akkulaufzeit bis 28 Tage
Kosten: ab 19,99 €/Monat, 14,99 €/Monat bei Jahresvertrag |



12 Garmin inReach Mini2
UVP 399,99 €
Iridium-Netzwerk – 100%ige globale Abdeckung
▷ SOS-Notruf 24/7 an International Emergency Response Coordination Center (IERCC)
▷ Zwei-Wege-Kommunikation
▷ teilen der Positionen, Koordinaten per Textnachricht senden
▷ GPS-Navigation
▷ TrackBack Routing
▷ Wetterinformationen
▷ digitaler Kompass
Akkulaufzeit bis 14 Tage
Kosten: ab 19,99 €/Monat, 14,99 €/Monat bei Jahresvertrag |

Apple

Ab dem iPhone 14 von Apple (Abb. 13) wird ein neues Kapitel in Bezug auf das Thema Notruf aufgeschlagen: Erstmals ist es möglich, an einem Ort ohne Mobilfunk-Netzabdeckung mit einem „herkömmlichen“ Telefon einen Notruf via Satellit abzusetzen. Dabei verwendet Apple (leider) das nicht flächendeckende Globalstar-Netzwerk, weshalb der Dienst in den Bereichen nördlich des 62. Breitengrades nicht funktioniert. „Notfall via Satellit“ ist in den USA, Kanada, Frankreich, Deutschland, Irland, Großbritannien und seit Ende März mit iOS 16.4 auch in Österreich, Belgien, Italien, Luxemburg, den Niederlanden und Portugal verfügbar (Abb. 14). Abgesetzt wird der Notruf per Notruf-Button am Display, die bidirektionale Kommunikation erfolgt per SMS-Texteingabe.



13 Mit dem Apple iPhone 14 lässt sich seit diesem Jahr auch in Österreich ein Notruf via Satellit absetzen. |

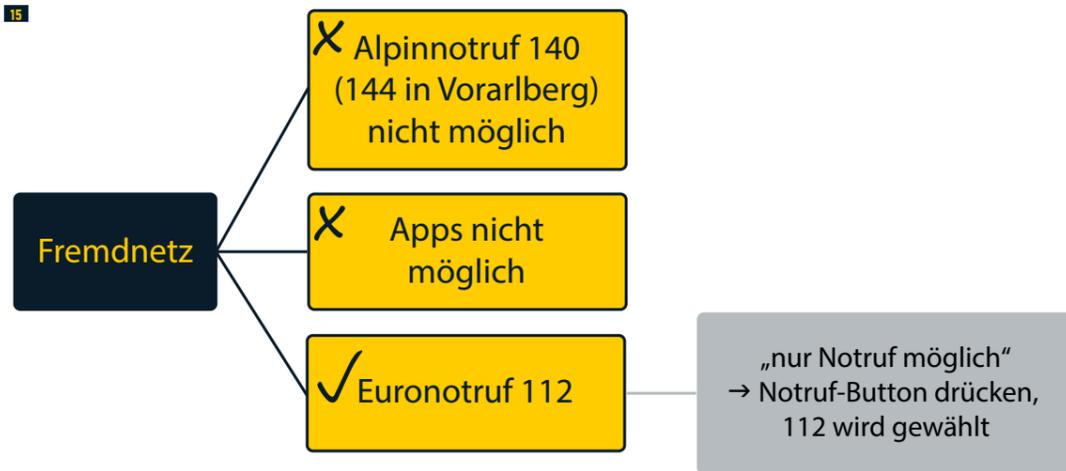


14 Link zum Apple-Support „Notfall via Satellit“. |

9 www.garmin.com

10 International Emergency Response Coordination Center (ehemals GEOS): www.iercc.com/en-US/

11 Seit 2021 kann in der Schweiz mit einem Messenger wie z.B. dem inReach Mini direkt mit der REGA kommuniziert werden. Somit entfällt der Umweg über die USA, ein Notruf geht direkt zur REGA (Direktnummer: 076 601 14 14).



15 Fremdnetz verfügbar. Welche Notrufmöglichkeiten gibt es in Österreich? |

Starlink¹²

Starlink ist ein Satelliteninternetdienst von SpaceX, der weltweit schnellen Internetzugang über ein Netzwerk von Tausenden Satelliten in niedriger Erdumlaufbahn (LEO) anbietet. Starlink bietet Breitbandinternet mit hoher Geschwindigkeit (50–250 Mbit/s) weltweit, auch in abgelegenen oder ländlichen Regionen ohne klassische Internet-Infrastruktur. Nutzer erhalten ein Set mit Satellitenschüssel („Dishy“) und Router, das in wenigen Minuten eingerichtet werden kann. Mit speziellen Tarifen (z. B. „Starlink Roam“) lässt sich das System unterwegs, im Wohnmobil oder auf Booten nutzen. Stationär belaufen sich die Kosten auf ca. 50,- € pro Monat, mobil auf ca. 40,- € pro Monat, wobei für die Hardware stationär ca. 1400,- € und mobil ca. 300,- € berappt werden müssen. Für Bergsteiger*innen ist Starlink im Moment allerdings noch nicht interessant, da die Hardware zu groß (Sat-Schüssel) zum Mitnehmen ist.

Ausblick

Wie eingangs erwähnt, ist die Entwicklung im Bereich der globalen Kommunikation via Satellit – die USA machen es uns bereits vor – rasant. Es ist nur eine Frage der Zeit, dass wir mit unseren herkömmlichen Smartphones diese Technologie vollumfänglich nutzen und weltweit uneingeschränkt telefonieren können ...

Szenario 3: Mobilfunk-Fremdnetz verfügbar

Aber bis es so weit ist, wollen wir das nächste Szenario genauer unter die Lupe nehmen: Wir haben kein eigenes Netz, können aber über ein fremdes Netz den Notruf absetzen (Abb. 15). In dieser Konstellation sind weder Apps noch der Alpinnotruf 140 möglich, dafür funktioniert die europäische

Notrufnummer 112. Galt ewige Zeiten die Empfehlung „SIM-Karte rausnehmen und statt PIN die 112 wählen“, um einen Notruf abzusetzen, müssen wir dafür heute einfach den Button „nur Notruf möglich“ (oder so ähnlich, je nach Betriebssystem) am Smartphone drücken.

In Österreich ist die 112 Angelegenheit des BMI (Bundesministeriums für Inneres) und wird somit von der Polizei bedient. „Die Anrufe schlagen in der Landesleitzentrale (LLZ) der Polizei des jeweiligen Bundeslandes auf und können im Bedarfsfall auch an die zuständige Rettungs-Leitstelle weitergeleitet werden¹³“, weiß Oberstleutnant Viktor Horvath, Leiter der Alpinpolizei Tirol und stellvertretender Leiter der Alpinpolizei Österreich.

Auf die Frage nach der automatischen Weitergabe der Standortdaten durch AML (Advanced Mobile Location)¹⁴ erklärt Horvath weiter, dass das Betriebssystem der Landesleitzentrale zwar AML-ready ist, die Technologie aber aus datenschutzrechtlichen Gründen noch nicht eingesetzt werden kann¹⁵. Allerdings gibt es seit Mitte Februar 2023 in Österreich die Möglichkeit einer punktgenauen SMS-Ortung. Um diese durchführen zu können, fordert der Notruf-Agent in der Landesleitzentrale den Notrufenden dazu auf, ihm eine SMS zu senden. Der Notrufende muss dafür ein Smartphone besitzen und über Internetzugang bzw. LTE-Empfang verfügen. Der Notrufende erhält dann einen Link, dieser muss bestätigt werden, dann werden die GPS-Daten des Handys an die Landesleitzentrale übermittelt.

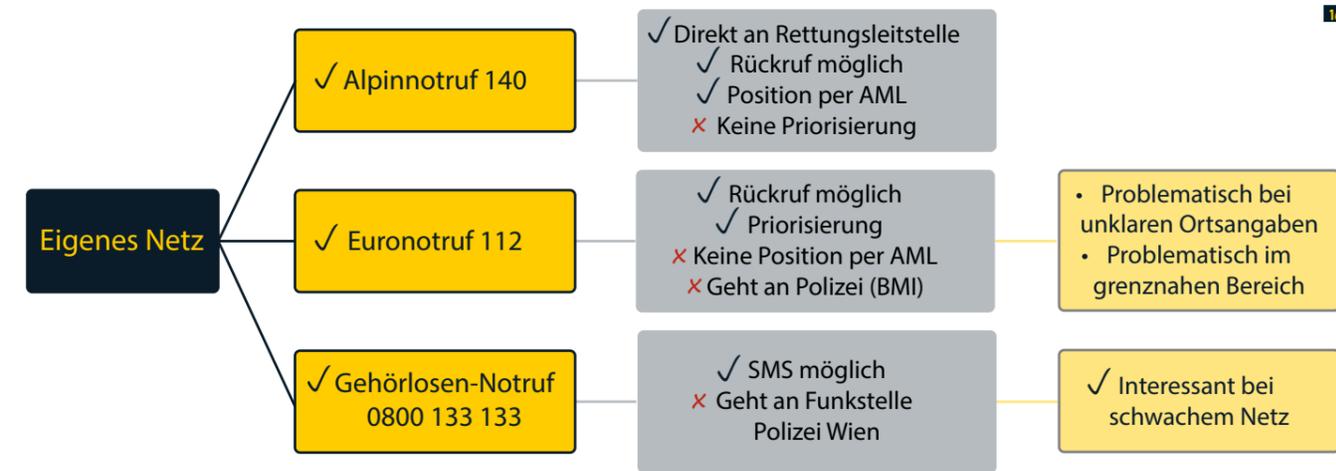
Eine Handy-Ortung auf Grundlage des Telekommunikationsgesetzes (TKG) wird im Notfall automatisch durchgeführt, d. h., man sieht im Umkreis von einigen Metern, in welchem Handymasten der Anrufer eingeloggt ist oder zuletzt eingeloggt war.

¹² Starlink.com

¹³ Im ELKOS-System der LLZ wird hierzu ein Protokollvermerk über die Weitervermittlung angelegt.

¹⁴ Advanced Mobile Location ist ein quelloffener Dienst zur Positionsbestimmung von Anrufern bei Nutzung einer Notrufnummer (Wikipedia).

¹⁵ Das Thema wurde durch die Finanzprokuratur geprüft und für rechtlich nicht umsetzbar befunden, an einer Lösung wird aber gearbeitet.



16 Was tun in den österreichischen Alpen, wenn eigenes Netz vorhanden? |

Die Genauigkeit der Handyortung hängt von der Funkzellengröße ab. „Eine genaue Angabe über den Radius lässt sich hierbei nicht treffen, es können 20 oder auch 2000 Meter sein, da erstens die Entfernungen sehr stark variieren und von sehr vielen verschiedenen Faktoren abhängen, die sich positiv oder negativ auf die Entfernungen auswirken können – z. B. Wetter, Örtlichkeit, Signalstärke, Art des Handys usw.“, erläutert Horvath.

Szenario 4: eigenes Mobilfunknetz verfügbar

Im letzten Szenario können wir aus dem Vollen schöpfen. Neben dem Euronotruf 112 (diesen kann man übrigens mit entsprechender Vorwahl – z. B. +43 512 für Innsbruck – auch aus dem Ausland wählen und gelangt dann z. B. zur LLZ Tirol) stehen uns nun auch der Bergrettungs-Notruf 140 sowie alle möglichen Alarmierungs-Apps zur Verfügung. Sollte das eigene Netz zu schwach zum Telefonieren sein, haben wir zudem die Möglichkeit, über den Gehörlosen-Notruf 0800 133 133 der Polizei Wien eine Notfallmeldung per SMS abzusetzen (Abb. 16).

Die alpine Notfallnummer 140

Da in Österreich die 140 (ebenso wie die 133 und 144) Bundesländersache ist, organisieren die jeweiligen Bundesländer diese Dienste in der Regel über eigene Leitstellen¹⁶ bzw. Landeswarnzentralen¹⁷.

Bei einem Alpin-Notfall in Österreich ist es im eigenen Netz auf alle Fälle günstiger, die 140 statt der 112 zu wählen. Warum? Man ist direkt mit der Leitstelle verbunden, die

a.) ein eigenes, genaueres Abfrageprotokoll sowie speziell auf Alpinunfälle geschultes Personal hat und

b.) den Einsatz direkt an die Rettungskräfte vor Ort disponiert.

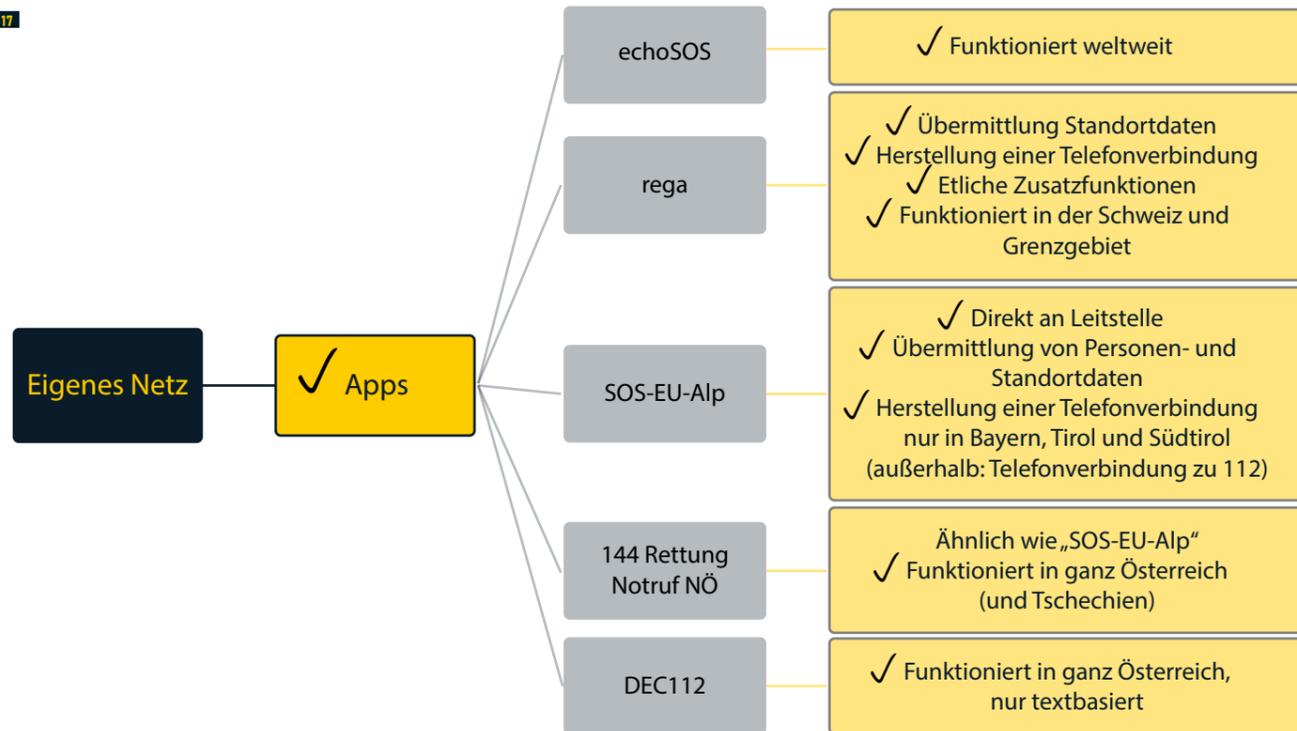
Anders als bei der 112 kann die 140 AML-Daten empfangen. Dadurch ist auch der Dienst, die Positionsdaten per Rückbestätigungs-SMS zu übermitteln, obsolet. Übrigens kann man die 140 mit entsprechender Vorwahl auch aus dem Ausland erreichen, was aber in Summe wenig sinnvoll ist, da keine Einsätze im Ausland abgewickelt werden können. Also ist es jedenfalls besser, die lokale Notrufnummer (i. d. R. 112) zu wählen.

Notrufnummern alpenweit

In Deutschland gibt es nur mehr eine Notrufnummer, die 112. In der Schweiz führt die 112 in die Alarmzentrale der Polizei. Diese leitet Sie dann weiter an die schweizerische Rettungsflugwacht Rega oder KWRO im Wallis. Um Zeit zu sparen, kann man direkt bei der Rega-Notfallnummer anrufen: +41 333 333 333 (für Handy mit SIM-Karte eines nichtschweizerischen Netzbetreibers) bzw. 14 14 (mit Schweizer SIM-Karte). Im Kanton Wallis gibt es, neben der Rega-Notfallnummer, noch die Notfallnummer 144 der Rettungsorganisation KWRO. In Frankreich gelangt man mit der 112 oder der Rettungsnotrufnummer 15 an die nächstgelegene Rettungsleitstelle. In der Region um Chamonix lohnt es sich, bei einem Alpinunfall, direkt die Bergrettungszentrale der Peloton de Gendarmerie de Haute Montagne (PGHM) anzurufen: +33 450 53 16 89. Diese ist rund um die Uhr (24/7) besetzt. In Südtirol und Italien ist die Euronotrufnummer 112 inzwischen auch die Nummer für Alpinunfälle.

¹⁶ Z. B. Tirol: Die LT ist als GmbH geführt, wobei das Land Tirol hundertprozentiger Gesellschafter ist.

¹⁷ Z. B. Steiermark: Die LWZ ist dem Amt der steiermärkischen Landesregierung unterstellt.



17 Eigenes Netz vorhanden: Welche Apps funktionieren in den Alpen? |

Notfall-Apps

Für die Nutzung von Notfall-Apps braucht es mobile Daten, d. h., wir müssen uns im 3G-, 4G- oder 5G-Netz befinden. Haben wir eines dieser Netze zur Verfügung, können wir mittels App eine Notfallmeldung inklusive GPS-Positionsdatenübermittlung absetzen. „Für den Raum Bayern, Tirol und Südtirol ermöglicht die App SOS-EU-Alp diesen Service über das Smartphone. Dabei werden die Standortdaten im Notfall direkt an die zuständige Leitstelle (Tirol, Südtirol oder Bayern) übermittelt und eine direkte Sprachverbindung wird aufgebaut. So kann in weiterer Folge eine rasche Hilfe eingeleitet werden. Außerhalb von Tirol, Südtirol und Bayern erfolgt die Notfallmeldung in Form eines aktiven Anrufes an den Euro-Notruf 112. Positionsdaten werden dabei aber nicht übermittelt“, weiß man von der Leitstelle Tirol. Die App kann im Notfall aber immer für eine exakte und rasche Ermittlung der Standortkoordinaten verwendet werden.

Eine Alternative zu SOS-EU-Alp (Abb. 18) ist die Notfall App Rettung 144 Niederösterreich (Abb. 19). Diese App verwendet die gleiche Technologie wie SOS-EU-Alp und funktioniert in ganz Österreich und Tschechien, die Notfalldaten werden an die Rettungsleitstelle Niederösterreich gesendet. Befindet sich der Hilfesuchende in Tirol, werden die Daten automatisiert und direkt an die Leitstelle Tirol weitergeleitet. Für Alpin-Notfälle steht ein eigener Alpinnotruf-Button zur Verfügung.

Mit der App DEC112 (Abb. 20) kann mittels Text-Chat ein Notruf abgesetzt werden. Per Button kann die jeweilige Organisation (112, 122, 133, 140 oder 144) ausgewählt werden. Die aktuellen Standort- und Gesundheits-Daten werden dabei (optional) automatisch an die Notruf-Zentrale gesendet. Derzeit ist die Verwendung der App nur in Österreich möglich.

Für die Schweiz ist die Rega-App zu empfehlen und wer noch internationaler unterwegs ist, sollte auf EchoSOS zurückgreifen, die nahezu weltweit funktioniert.

Fazit

Das Thema Notruf am Berg ist grundsätzlich einfach, aber im Detail nicht ganz trivial. Je nachdem, welches Service uns am Berg zur Verfügung steht, ist die Bandbreite groß: Haben wir unser eigenes Netz in voller Stärke zur Verfügung, läuft das Werk in der Regel wie geschmiert. Haben wir dagegen das Worst-Case-Szenario – also gar kein Netz –, kann die Sache schnell kritisch werden und bei allem, was dazwischen liegt, bleiben immer noch Fragen offen, mit denen wir uns aber vermutlich in wenigen Jahren nicht mehr auseinandersetzen müssen ...



18 SOS-EU-Alp. | 19 Rettung 144 Niederösterreich. | 20 Dec112. |



Gerhard Mössmer

gerhard.moessmer@alpenverein.at
Berg- und Skiführer, Sachverständiger und Bergretter; beim ÖAV in der Abteilung Bergsport tätig, für Publikationen, Lehrmeinung und das ÖAV-Lehrteam verantwortlich



01 Lawinen zählen zu den schnellen Massenbewegungen, die eine große Reichweite aufweisen und ein enormes Schadenspotential entwickeln können. Sie beginnen alle mit einem Bruch in der Schneedecke. (Foto: Walter Würtl)

15 Vorstellung der neuen ÖNORM B 4801 – Technischer Lawinenschutz

Autor Matthias Granig

Lawinen zählen zu den schnellen Massenbewegungen, die eine große Reichweite aufweisen und ein enormes Schadenspotential entwickeln können. Schutzmaßnahmen sind daher besonders stark gefordert, um Schäden zu verhindern. Aufgrund der zumeist exponierten Lagen oftmals auch in großen Seehöhen gelten besondere Anforderungen an die Lawinenschutzbauwerke. Die Bauwerke müssen daher entsprechende Festigkeiten und Sicherheiten aufweisen.

Seit dem 1.10.2024 ist die ÖNorm B4801 mit dem Ziel einer einheitlichen Terminologie für die Planung, Bemessung, Errichtung und Instandhaltung von Schutzbauwerken im permanenten technischen Lawinenschutz in Kraft.

Die bisherige ONR-Reihe 24805, 24806 & 24807 wurde zusammengefasst und durch die ÖNorm B4801 ersetzt. Diese Norm regelt die Schutzmaßnahmen im Lawinenanbruchgebiet, in der Sturzbahn und im Ablagerungsgebiet, sowie Grundlagen zur künstlichen Auslösung von Lawinen

mittels ortsfester, technischer Auslöseanlagen. Ein eigenes Kapitel befasst sich mit der Inspektion und dem Instandhaltungsmanagement. Damit stellt dieses Dokument die Grundlage für eine einheitliche Vorgehensweise bei Entwurf, Einwirkung, Bemessung und Instandhaltung von Schutzbauwerken dar. Forstlich-biologische Maßnahmen und der technische Gebäudeschutz sind nicht Gegenstand dieser Norm.

Die Anwendungsbereiche der Norm erstrecken sich zB. über die Planung, Bemessung und Instandhaltung von Lawinenschutzbauwerken in den unterschiedlichen Behördenverfahren, in der Gefahrenzonenplanung, sowie in der Vergabe von öffentlichen Aufträgen.

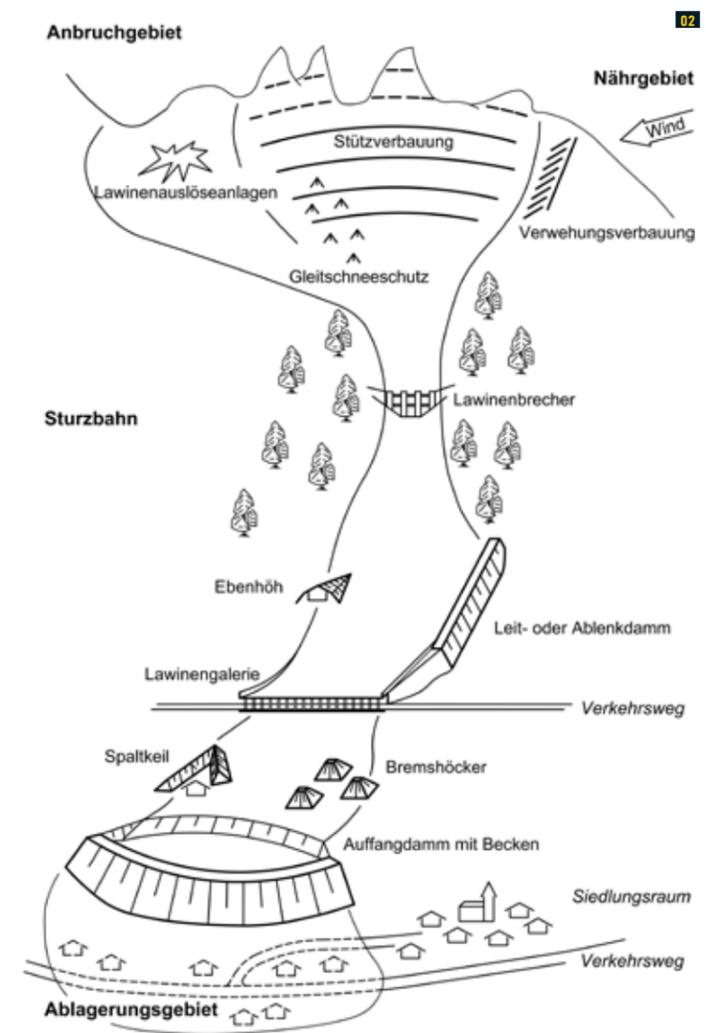
Bisher ist die B4801 das erste Normenwerk in der EU, welches den technischen Lawinenschutz vom Anbruchgebiet bis in den Auslauf umfasst. Damit konnte mit dem umfangreichen österreichischen Know-How auch ein Basiswerk für weitere Normvorhaben geschaffen werden.

Methodik

Zu Beginn des Normentextes werden die allgemeinen Begriffe und Grundlagen definiert. Es wurden auch Überlegungen zum Überlastfall von Lawinenbauwerken getroffen, die bei Überschreitung des Bemessungsfalles entsprechende organisatorische Maßnahmen erforderlich machen. In der Folge werden vom Anbruchgebiet und Nährgebiet von Lawinen, über die Sturzbahn bis in die Lawinenausläufe die unterschiedlichen Anforderungen und Maßnahmen im Detail beschrieben. Es wurde ein Augenmerk auf die gebräuchlichsten Maßnahmen am Stand der Technik gelegt. Einen Überblick dazu liefert Abbildung 02. Das Dokument regelt ausgereifte Maßnahmen und soll einen Rahmen auch für zukünftige Entwicklungen ermöglichen.

Die Lawinenanbruchverbaungen werden seit den katastrophalen Lawinereignissen in den Alpen in den Jahren 1951 und 1954 systematisch eingesetzt und daher gibt es hier eine lange Tradition mit vielen Erfahrungen in diesem Sektor. Als maßgebliche Grundlage zur Erstellung dieses Normenkapitels diente die Schweizer Richtlinie Lawinenverbau im Anbruchgebiet von Margreth (2007). Im Bereich der Werkshöhendimensionierung und in der Fundierung der Bauwerke wurden eigene Prozedere beschrieben. Da die Langlebigkeit von Stützbauwerken maßgeblich auch von der Fundierung der Mikropfähle und Stützenplatten abhängt wurde hier ein geändertes Vorgehen definiert. Aufbauend auf Zugversuche der Mikropfähle im Baufeld werden nun die erforderlichen Pfahllängen gemäß der neuen Norm ermittelt. Der Oberbau kann heutzutage im Verhältnis leichter mit Hubschraubern ausgetauscht werden, die Fundierungen sind hingegen sehr Zeit und Personal intensiv und damit auch sehr teuer in der Instandhaltung. Das Kapitel der Verwehungsverbaungen wurde gestrafft und klarer beschrieben, die Grundkonzeption hat sich jedoch kaum geändert. Dies gilt im Wesentlichen auch für die Gleitschneeschutzmaßnahmen.

Neu hinzugekommen ist der temporäre technische Lawinenschutz. Hier werden grundsätzliche Anforderungen vor allem in der Planungs- und Genehmigungsphase von standortgebundenen Lawinenauslöseanlagen, die mittels Fundament ortsfest verankert sind, geregelt. So werden z.B. neue Anlagen mit Auslösungen oberhalb des Siedlungsraumes oder Schutzwaldes als nicht genehmigungsfähig eingestuft. Das gesamte Gefährdungspotential durch die geplanten Lawinenauslösungen muss am Stand der Technik vorab geklärt werden.

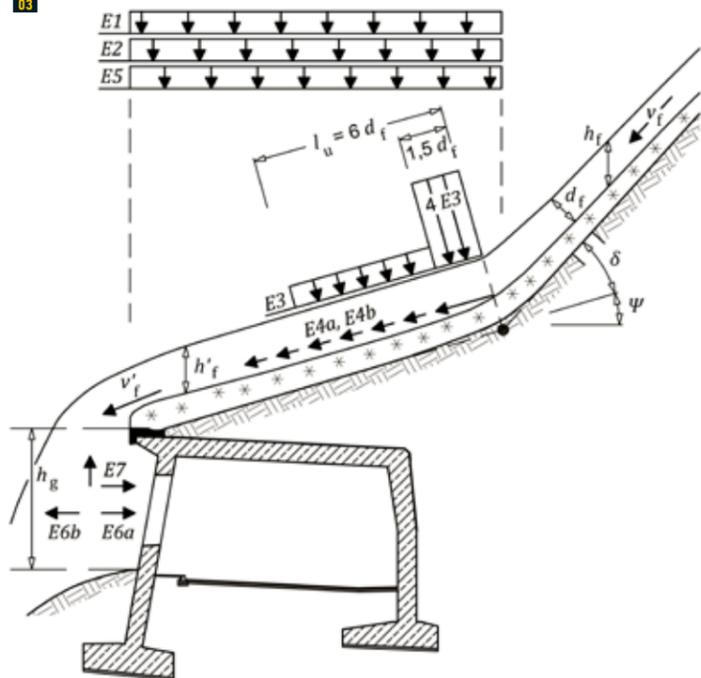


02 Übersicht der Maßnahmen des technischen Lawinenschutzes. (Quelle: A. Herbert, WLVI)

Die Lawinenablenk- und -auffangbauwerke wurden, basierend auf die bekannte Energiehöhenformel und SATSIE (2009), maßgeblich aufgebaut. Das Dimensionierungskonzept von Dämmen aus der ONR-Reihe inklusive der Regelung mit Freibord wurde beibehalten. Der Stauhöhenkoeffizient λ wurde in Abhängigkeit des Bemessungszieles und der verbleibenden Entfernung zum Schutzgut gesetzt und so neu geregelt.

Die Lawinengalerien werden in der B4801 anhand der üblichen Formeln, wie auch schon in der ONR 24806 bekannt, berechnet, siehe Abbildung 03. Lediglich die Berechnung der Einwirkung E_{6a} der Lawinenablagerung an der Galeriefront wurde geändert, da diese Formel früher fehlerhaft war. Die Aufgabenverteilung der unterschiedlichen Akteure wurde klar geregelt und in einem Ablaufschema zur Planung detailliert beschrieben.

Abschließend befasst sich das Kapitel Inspektion und Instandhaltung mit der Instandhaltungs-



03 Übersicht einer Lawinengalerie mit den einzelnen Einwirkungen E1 - E7. (Quelle: A. Herbert, WLV)

Literatur

- EUROPEAN COMMISSION. Directorate-General for Research and Innovation, The design of avalanche protection dams: recent practical and theoretical developments - SATSIE - Project, Issler, P. (editor), Gauer, P. (editor), Jóhannesson, T. (editor), Publications Office, 2009.
- Margreth, S. Lawinenverbau im Anbruchgebiet. Technische Richtlinie als Vollzugshilfe. Umwelt-Vollzug Nr. 0704. Bundesamt für Umwelt, Bern, WSL Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF), Davos, 2007.
- ÖNORM B 4801 - Technischer Lawinenschutz - Einwirkungen, Bemessung und Instandhaltung; Austrian Standards International, Wien, 2024.

strategie, um die Bauwerke möglichst lange funktional und schutzwirksam zu halten. Dabei wurde ein gemeinsames Vorgehen für Lawinen, Wildbäche und Steinschlag abgestimmt und eingeführt. Die Einteilung in Standard- und Schlüsselbauwerke bleibt weiterhin bestehen. Die maßgeblichen Eckpunkte zur laufenden Überwachung (LÜ), zur Kontrolle (K) und Prüfung (P) wurden definiert. Die Inspektionsintervalle der einzelnen Inspektionsarten wurden tabellarisch für alle oben genannten Prozessarten einheitlich geregelt, damit eine praktikable Zustandserfassung ermöglicht und gewährleistet werden kann. Da in Zukunft das Instandhaltungsmanagement immer wichtiger wird, vor allem auch bei knappen Budgets, gewinnt dieser Teil besonders an Bedeutung.

Ausblick

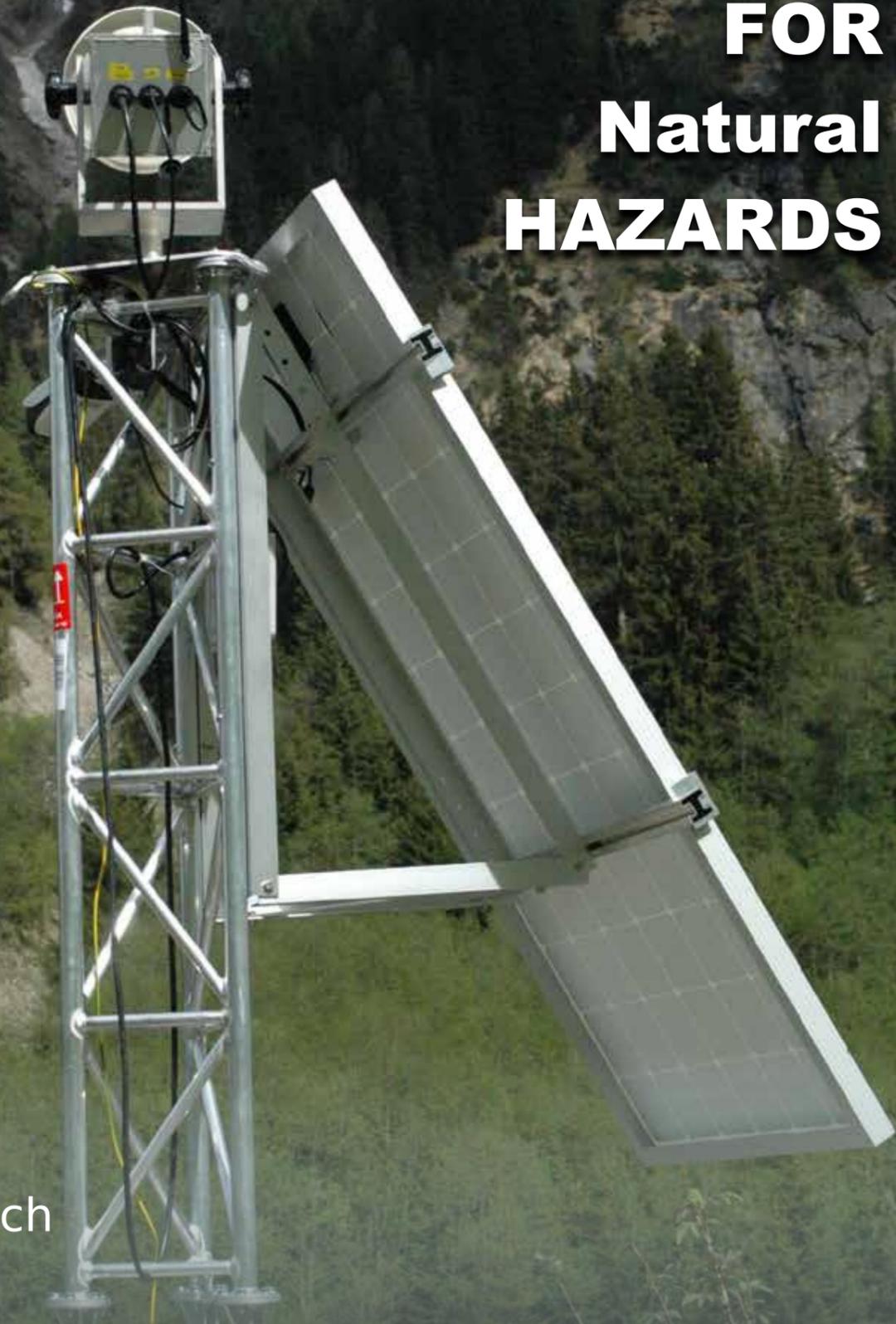
Im Zuge der Anfragenbeantwortungen und Schulungen konnten viele Fragen zur ÖNorm B4801 bereits geklärt werden. Die Anwendung der Norm in den nächsten Jahren wird zeigen, wie sich das Normenwerk in der Praxis bewährt. Innovationen im Bereich Lawinen sollen jedenfalls gefördert und für die Öffentlichkeit in sinnvolle Bahnen gelenkt werden.

Matthias Granig

matthias.granig@die-wildbach.at
 Wildbach und Lawinenverbauung, Fachbereich Lawinen

REAL-TIME ALERTING FOR Natural HAZARDS

Pulse
 Doppler
 Radar
 Technology
 By
 IBTP Koschuch



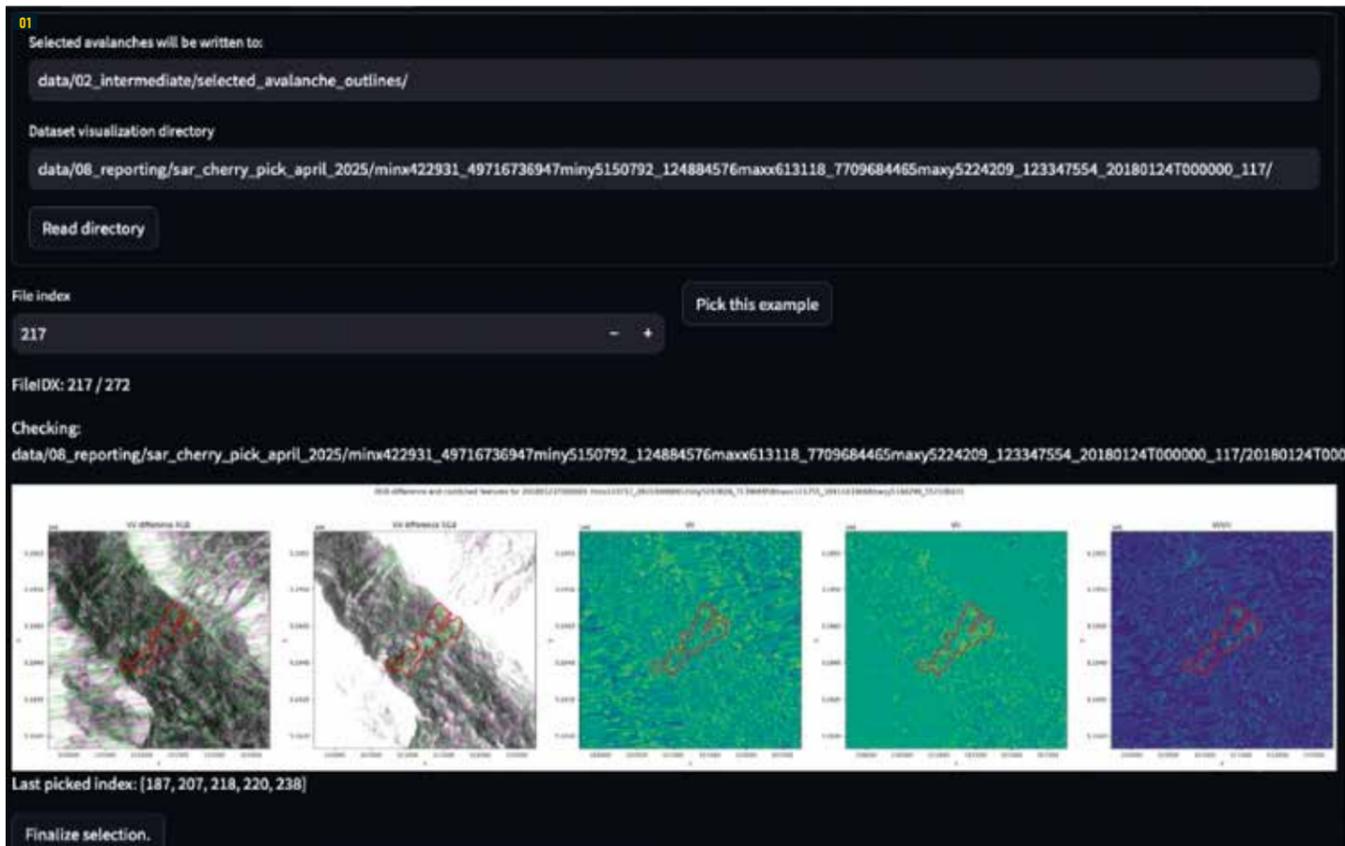
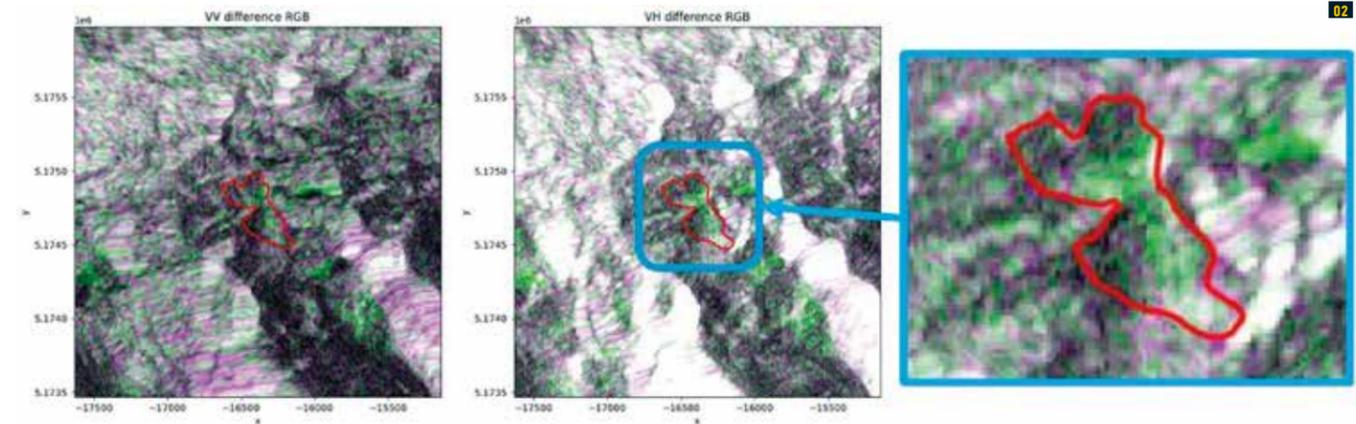


Table 01 Number of initial available training data: 174060 (Source: RSnowAUT) |

Date of avalanche outline recording	Number of annotated avalanches	SAR Satellite passes during that period	Total number of SAR and avalanche outline combinations = Total number of training data
2018-01-24	18737	8	149896
2019-01-16	6041	4	24164
Total			174060



02 Example of a training data (combination of SAR data and avalanche outline) where the SAR data (background image) and the avalanche outline (red outline) are not well aligned and require refinement. (Source: RSnowAUT) |

16 Integrated avalanche monitoring based on satellite data for Austria

Autor Thomas Höll and RSnowAUT consortium

We present our research, which uses radar satellite data to detect and monitor avalanche events in Austria. Central to our method is a machine learning algorithm that we train and deploy, designed for integration with a database backend to enable efficient data storage and retrieval.

Data driven detection approach

This project employs a data-driven methodology using Synthetic Aperture Radar (SAR) satellite data and annotated avalanche outlines to train a machine learning algorithm. We utilize ESA's Sentinel-1 mission as source of SAR data. SAR technology offers key advantages for avalanche detection: it provides freely accessible data, remains operational in adverse weather conditions, and covers extensive geographic areas. Our work builds upon pre-processed SAR data provided by our project partner NORCE (<https://www.norcere-search.no/en/>).

For training the algorithm, we use avalanche outlines collected in Switzerland during 2018 and 2019, as documented in previous studies [2], [3].

Data assessment and preparation

A key challenge is that the collected avalanche outlines do not perfectly match our available SAR data. This discrepancy arises because the available dataset of avalanche outlines comes from optical satellite imagery, while SAR operates on radar measurements. To resolve this, we have developed a semi-automatic process that refines and aligns these outlines with the SAR data.

Our solution includes three specialized tools: one for getting an overview of the available data, another for refining and aligning avalanche outlines with SAR measurements, and a final tool for conducting plausibility checks. The following sections provide an overview of this developed toolset.

Tooling: Getting an overview

When working with large datasets, it is essential to have tools that quickly evaluate the quality of individual data points (as shown in Table 01). These points must be examined to verify correspondences between avalanche outlines and the underlying SAR data. To facilitate this process, we developed a visualization tool that displays both SAR data and avalanche outlines (see Figure 01 for an example). This allows users to identify and remove data points where no correspondence is visible.

Missing correspondences may occur for several reasons, such as when an avalanche event happens outside the observable time window or when the satellite's imaging geometry prevents observation of the event.

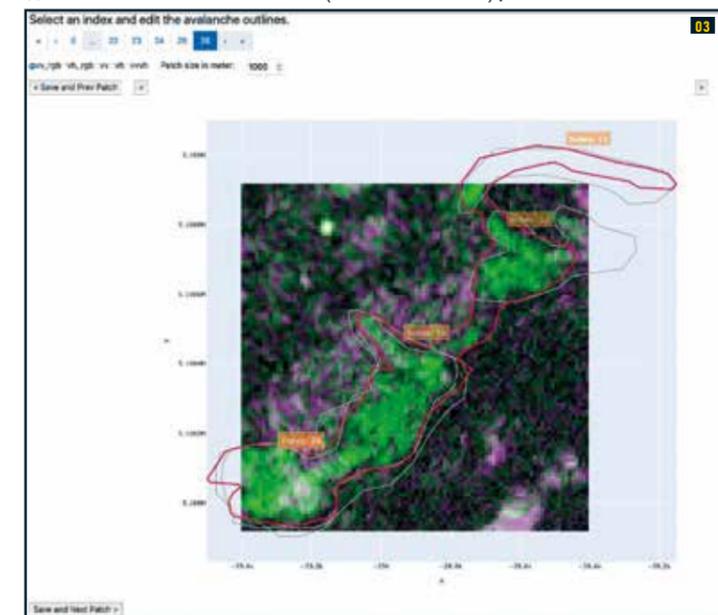
Tooling: Refinement and alignment

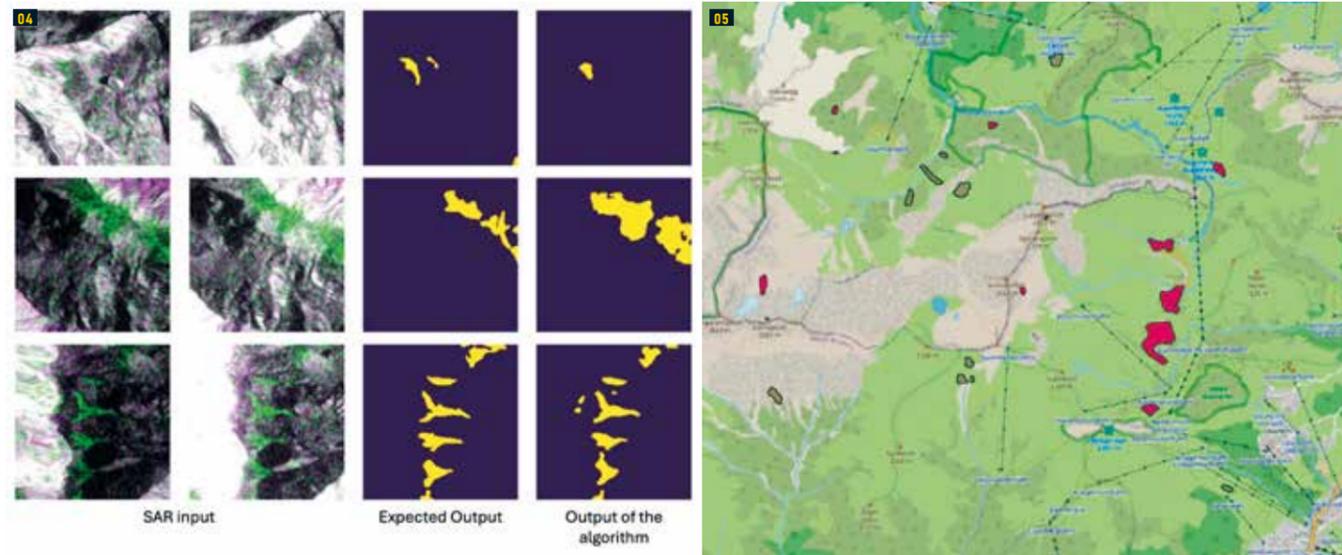
Upon reviewing the available training data, we found correspondences between SAR data and recorded avalanches. However, these matches are often misaligned and require manual refinement. In Figure 02 one can see such a case. The red outline represents an avalanche from the avalanche outline data dataset of Switzerland. The background image shows SAR data, where green areas indicate potential avalanche events. As seen in the figure, the red outline does not perfectly match the green region. Further refinement is needed to ensure the avalanche boundary aligns precisely with

the potential avalanche area in the SAR data.

To improve the alignment between avalanche outlines and SAR data, we developed a visualization and refinement tool. This tool allows users to overlay the SAR data with the avalanche outlines of the original dataset and adjust the outlines, so they match the potential avalanche areas precisely. Figure 3 shows a screenshot of this tool in action, demonstrating how users can refine the outlines.

03 Visualization and refinement tool. (Source: RSnowAUT) |





04 Data used for training and results. First two columns: The input SAR data. Third column: ground truth avalanches from the training data. This is the expected output of the algorithm. Forth column: Output of the detection algorithm. (Source: RSnowAUT) | **05** Geo-referenced avalanche outlines. These are example outputs of the detection algorithm. The different color (green vs. red) correspond to two different observations of the SAR satellite. Location: Lech, Austria. Observation period: 2024.12.24 – 2025.01.16. (Source: RSnowAUT) |

Tooling: Plausibility check

Lastly, to ensure accuracy, we validate the manually selected and refined data points using an automated approach. We exclude any data where the SAR signal inside the avalanche area closely resembles the surrounding SAR data in the same region. The underlying assumption is that avalanches produce unique SAR patterns distinct from their surroundings, and this filtering step helps maintain dataset reliability.

Training

To detect avalanches, we analyze differences in radar signals captured by two successive satellite flyovers. The principle behind this approach is that an avalanche occurring between these flyovers would alter the reflected radar signal [4]. We then employ a deep neural network, specifically a U-Net [5], to classify each region within the radar data as either containing an avalanche or not. This technique leverages a widely used method in computer vision called image segmentation, where the goal is to assign a label to each pixel of an image – in our case, identifying whether each pixel represents part of an avalanche.

During training, we minimize the discrepancy between the algorithm's prediction and the actual avalanche event [6]. Figure 04 shows examples of the training input data, the expected output and the actual output of the detection algorithm after training. The goal of the training is to reduce the discrepancy between the expected output (third column) and the actual output (fourth column).

Avalanche detection with data from Austria

The algorithm generates geo-referenced avalanche polygons, which are displayed in Figure 5. This test case shows the region of Lech, Austria, observed between December 24, 2024, and January 16, 2025. The algorithm's output is represented by green and red polygons, where the colors distinguish different SAR satellite observations.

The detected avalanche at the center of the image corresponds to a documented event at "Mohnenmäder" (47.2297° N, 10.1030° E, elevation 2360 m), which occurred on January 5, 2025, at 10:35 (LAWIS ID: 11019).

Some algorithm detections did not match documented events in the LAWIS system (<https://www.lawis.at>), which may occur for two main reasons: either the algorithm produced a false positive (detecting an avalanche where none occurred) or the event was not recorded by local warning services. Resolving this discrepancy remains an important area for future work, requiring collaboration among various stakeholders.

Outlook and open questions

Geo-referenced avalanche outline polygons as generated by the presented algorithm are valuable tools in geospatial analysis, particularly for risk assessment, disaster management, and environmental monitoring. These polygons support several key applications:

Avalanche Risk Mapping & Hazard Zonation: They help identify high-risk zones for avalanches, which is crucial for land-use planning, infrastructure development, and recreational activities such

as skiing. Furthermore, one can use the number of detected avalanches during a specific period and region and compare it with the danger scale.

Climate & Environmental Monitoring: These polygons enable the study of climate change impacts on avalanche frequency and intensity, as well as tracking snowpack stability trends to predict future risks.

Infrastructure Planning & Mitigation: They assist in designing protective structures like barriers and deflection walls in avalanche-prone areas, as well as evaluating the safety of roads, railways, and buildings in mountainous regions.

Tourism & Recreation Safety: They provide valuable data for ski resorts and hikers, helping to identify safe zones and closure areas. Additionally, they can be integrated into navigation apps for outdoor activities.

Scientific Research: They support the analysis of avalanche patterns to improve predictive models and study relationships between terrain, snow conditions, and avalanche triggers.

By using geo-referenced polygons, stakeholders can make informed decisions to reduce risks and improve safety in avalanche-prone areas. However, several open questions remain that need to be addressed to ensure this system provides meaningful benefits for potential users:

Practical Applications and Stakeholder Benefits: How can stakeholders benefit from its implementation, and what are the most practical ways to deploy it while minimizing disruptions? For example, false positives (where the algorithm incorrectly reports an avalanche) could cause unnecessary disturbances for stakeholders.

Discrepancies in Avalanche Detection: How should we address the differences between actual avalanches (avalanches that occurred in reality), detected avalanches (those identified by the algorithm, which may include false positives or missed events), and reported avalanches (those recorded by local avalanche warning services, which may not capture all events)? What strategies can improve alignment between these three categories?

Integration of Additional Data: Would incorporating supplementary data, such as weather conditions, improve the detection pipeline's accuracy or reliability? We also want to validate the algorithm with additional data from Austria. Fortunately, our project partner, LWD Tirol (<https://lawinen.report>), has compiled records of avalanche events spanning multiple seasons – this provides a rich and valuable dataset for both training and testing the algorithm.

Funding

The project RSnowAUT in Austria was funded by the "Austrian Space Application Program" (ASAP) of the Federal Ministry for Climate Protection (BMK). This work was conducted at Virtual Vehicle Research GmbH in Graz, Austria. The authors would like to thank the COMET K2 Competence Centers for Excellent Technologies for partial funding, provided by the Austrian Federal Ministry for Climate Protection (BMK), the Austrian Federal Ministry for Labor and Economy (BMAW), the State of Styria (Department 12), and the Styrian Business Promotion Agency (SFG). The program is managed by the Austrian Research Promotion Agency (FFG).

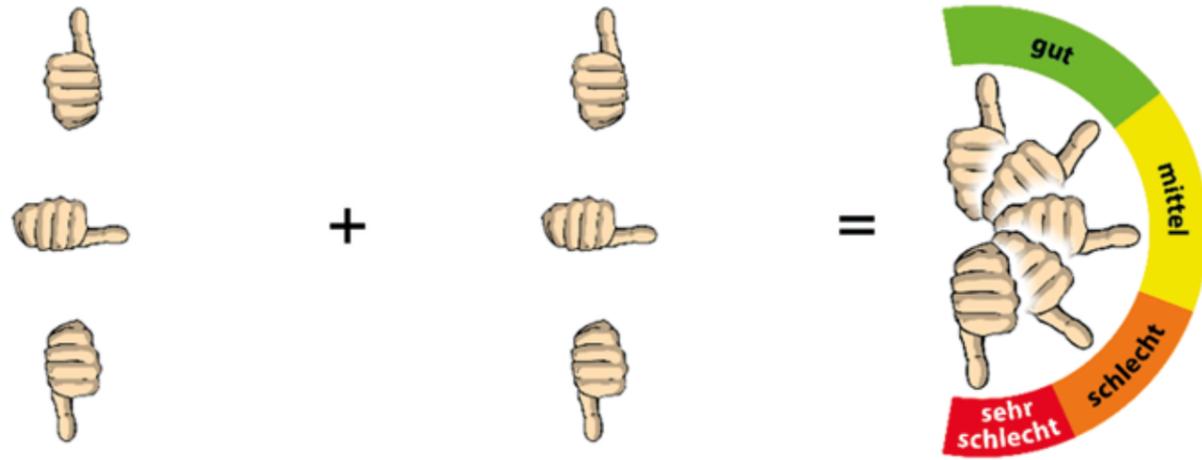
Literature

- [1] Eckerstorfer, M.; Vickers, H.; Malnes, E.; Grahn, J. "Near-Real Time Automatic Snow Avalanche Activity Monitoring System Using Sentinel-1 SAR Data in Norway.", *Remote Sens.*, (2019)
- [2] Bühler, Y. and Hafner, E. D. and Zweifel, B. and Zesiger, M. and Heisig, H., "Where are the avalanches? Rapid SPOT6 satellite data acquisition to map an extreme avalanche period over the Swiss Alps", *The Cryosphere*, (2019)
- [3] Hafner, E. D. and Techel, F. and Leinss, S. and Bühler, Y., "Mapping avalanches with satellites – evaluation of performance and completeness", *The Cryosphere*, (2021)
- [4] Wiesmann, A., Wegmuller, U., Honikel, M., Strozzi, T., & Werner, C. L. "Potential and methodology of satellite based SAR for hazard mapping." *IGARSS 2001. Scanning the present and resolving the future. proceedings. IEEE 2001 international geoscience and remote sensing symposium (Cat. No. 01CH37217)*. Vol. 7. IEEE, 2001.
- [5] Ronneberger, O., Fischer, P., Brox, T. "U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation.", *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention* (2015).
- [6] Bianchi, F.M., Grahn, J., Eckerstorfer, M., Malnes, E., & Vickers, H., "Snow Avalanche Segmentation in SAR Images with Fully Convolutional Neural Networks.", *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 14 (2019): 75-82.

Thomas Höll

thomas.hoell@uni-graz.at
Department of Geography and Regional Science at University Graz

Bruchinitiierung + Bruchfortpflanzung = Stabilitätsklasse



01 Die Daumenmethode führt durch die Kombination der Testergebnisse für Bruchinitiierung und Bruchfortpflanzung zur Stabilitätsklasse. (Grafiken: Georg Sojer) |

17 Schneedeckenstabilitätstests auswerten mit der Daumenmethode

Autor Christoph Hummel

Über die Notwendigkeit einer einfachen und einheitlichen Methode zur Auswertung von Schneedeckenstabilitätstests

Um die Schneebrettgefahr zu beurteilen, haben sich verschiedene standardisierte Schneedeckenstabilitätstests etabliert. Mit ihrer Hilfe versuchen wir, die Stabilität der Schneedecke in die Klassen sehr schlecht, schlecht, mittel und gut zu unterteilen, um dadurch Rückschlüsse auf die Auslösewahrscheinlichkeit von Schneebrettlawinen machen zu können. Der Wahrheit können wir uns dabei aufgrund der komplexen Realität nur mehr oder weniger nähern. Dies müssen wir akzeptieren, da wir es nicht ändern können.

Bei allen Schneedeckenstabilitätstests wird ein Testblock isoliert und dann durch Kräfteintrag belastet. Auf diese Weise wird überprüft, ob sich im getesteten Schneedeckenaufbau eine zusammenhängende, gebundene Schicht befindet (ein „Schneebrett“), und ob sich unter diesem eine schwache Schicht befindet, die kollabieren („brechen“) kann und innerhalb derer sich ein Bruch auch fortpflanzen kann. Nur wenn diese Voraussetzungen erfüllt sind, kann sich eine Schneebrettlawine lösen. Schneedeckenstabilitätstests unterscheiden sich jedoch in ihrer Durchführung hinsichtlich der Größe des freige-

stellten Testblocks und der Einbringung des Kräfteintrags. Gemein haben sie, dass sie eine Antwort auf die Frage suchen, ob im untersuchten Schneedeckenaufbau Schneebrettlawinen möglich sind, ob also ein Bruch innerhalb einer Schwachschicht initiiert werden kann und ob zu erwarten ist, dass sich dieser in der Fläche fortpflanzt. Neben den Grundvoraussetzungen für Schneebrettlawinen (Hangsteilheit > 30° + Vorhandensein von Brett und Schwachschicht + Zusatzbelastung/Auslöseimpuls), sind dies die beiden Faktoren, die letztlich über die Schneebrettauslösung und -größe entscheiden. Dabei ist das Ziel nicht nur das Erkennen der potenziellen Schneebrettgefahr, sondern auch die Einstufung dessen, ob spontane Lawinen zu erwarten sind oder ob es einer geringen oder einer großen Zusatzbelastung zur Lawinenauslösung bedarf. Den international verwendeten Stabilitätsklassen der Vereinigung der Europäischen Lawinenwarndienste (EAWS) sind Aussagen zur Auslösewahrscheinlichkeit direkt zugeordnet (siehe Abb. 02, Quelle: <https://www.avalanches.org/standards/snowpack-stability-frequency/>). Für eine grenzübergreifend einheitliche Lawinenwarnung ist eine möglichst identische Interpretation von Schneedeckenstabilitätstests nötig. Nur wenn sich Testdurchführung und -auswertung an

T1 Gegenüberstellung der drei Schneedeckenstabilitätstests RB, ECT und KB (Quelle: Lawinenwarnzentrale am Bayerischen Landesamt für Umwelt (LWZ Bayern)) |

Gemeinsamkeiten und Unterschiede	RB	ECT	KBT
Macht eine Aussage zur Bruchinitiierung	ja	ja	ja
Macht eine Aussage zur Bruchfortpflanzung	ja	ja	ja
Größe des Testblocks (Länge x Breite)	2 m x 1.5 m	90 cm x 30 cm	40 cm x 40 cm
Belastung des Testblocks (= Aussage zu Bruchinitiierung)	Von oben durch Personengewicht	Hand von oben auf die aufgelegte Schaufel fallen lassen	Schicht für Schicht von oben nach unten seitlich abklopfen
Belastungsstufen	1 = beim Ausgraben 2 = beim Betreten mit Ski 3 = beim 3x Wippen aus dem Stand 4 = beim 1. Sprung von oben mit Ski 5 = beim 2./3. Sprung von oben mit Ski 6 = beim Sprung von oben ohne Ski 7 = kein Bruch	10 x Hand aus dem Handgelenk auf Schaufel fallen lassen 10 x Hand aus dem Ellbogen auf Schaufel fallen lassen 10 x Hand aus der Schulter auf Schaufel fallen lassen	mit leichtem Klopfen mit mittlerem Klopfen mit starkem Klopfen
Brucharten (= Aussage zur Bruchfortpflanzung)	ganzer Bruch Teilbruch kein Bruch	P: Fortpflanzung (progagation) pp: teilweise Fortpflanzung (partial propagation) N: keine Fortspflanzung (no propagation)	glatter Bruch rauer Bruch gestufter Bruch
Kann auch Schwachschichten tiefer als einen Meter hinsichtlich Auslösung durch sehr große Zusatzbelastung testen	nein	nein	ja
Zeitaufwand	ca 30 Minuten	5-10 Minuten	5-10 Minuten

Stability Class	How easy is it to trigger an avalanche?
Very poor	Natural / very easy to trigger
Poor	Easy to trigger (e.g., a single skier)
Fair	Difficult to trigger (e.g., explosives)
Good	Stable conditions

02 Die vier EAWS-Schneedeckenstabilitätsklassen und jeweils der Auslöseimpuls, der für eine Lawinenauslösung nötig ist (Quelle: EAWS) |

gemeinsame Standards halten, können Testergebnisse zu gleichen Schlussfolgerungen bezüglich der Lawinengefahr führen. Dieser Beitrag macht einen Vorschlag, wie mit Hilfe der „Daumenmethode“ die Schneedeckentests Rutschblock (RB), Extended Column Test (ECT) und Kleiner Blocktest (KBT) einheitlich bewertet werden können.

Rutschblock, Extended Column Test, Kleiner Blocktest: Gemeinsamkeiten und Unterschiede

In ihrer Testdurchführung unterscheiden sich die drei Schneedeckentests RB, ECT und KBT hinsichtlich mehrerer Aspekte (siehe Tabelle T1).

Recherchiert man die Frage, wie die Tests ausgewertet werden, so findet man jeweils verschiedene Auswertmethoden. Dies mag verschiedene Ursachen haben:

- ▷ Die drei Tests wurden von unterschiedlichen Personen entwickelt.
- ▷ Die drei Tests wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten entwickelt.
- ▷ Die drei Tests wurden an verschiedenen Orten entwickelt.
- ▷ Für alle drei Tests wurden im Lauf der Jahre von unterschiedlichen Autoren unterschiedliche Interpretationshilfen veröffentlicht.

Dennoch haben die drei Schneedeckentests gemein, dass Schlussfolgerungen zur Wahrscheinlichkeit von Bruchinitiierung und Bruchfortpflanzung im untersuchten Schneedeckenaufbau möglich sind.

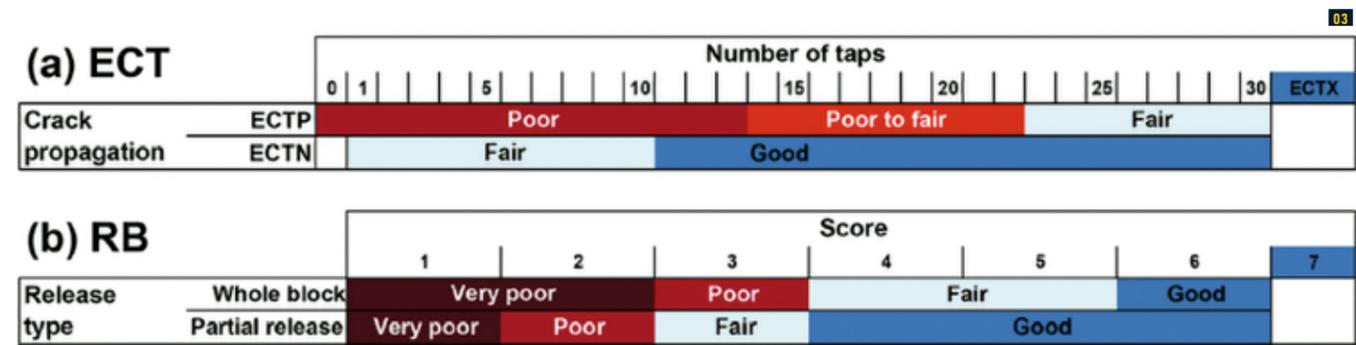
Die Daumenmethode

Mit der *Daumenmethode* lassen sich die Ergebnisse der Schneedeckentests RB, ECT und KBT einfach und eindeutig einer der vier Stabilitätsklassen der EAWS zuordnen:

- ▷ Die Belastungsstufe, bei der ein Bruch erfolgt, ist ein Hinweis auf die Tendenz der Schwachschicht, zu brechen (Bruchinitiierung unwahrscheinlich vs. möglich vs. wahrscheinlich).
- ▷ Die Bruchart ist ein Indiz dafür, ob sich ein Bruch innerhalb der Schwachschicht fortpflanzen kann (Bruchfortpflanzung unwahrscheinlich vs. möglich vs. wahrscheinlich).
- ▷ Durch die Kombination der beiden Daumenstellungen gelangt man zur Stabilitätsklasse wie in Abbildung 01 gezeigt.

T2 Vorgeschlagene testspezifische Grenzwerte zu Bruchinitiierung und Bruchfortpflanzung für die Daumenstellungen zur Bestimmung der Schneedeckenstabilität per Daumenmethode. (Quelle: Georg Sojer und LWZ Bayern) |

Test	Daumen	Bruchinitiierung	Bruchfortpflanzung
RB		RB 5-7	Kein Bruch
		RB 3-4	Teilbruch
		RB 1-2	Ganzer Bruch
ECT		ECT > 22	N (no propagation = keine Fortpflanzung)
		ECT 12-22	pp (partial propagation = teilweise Fortpflanzung)
		ECT <= 11	P (propagation = Fortpflanzung)
KBT		Starkes Klopfen	Gestufte Bruchfläche
		Mäßiges Klopfen	Raue Bruchfläche
		Leichtes Klopfen	Glatte Bruchfläche



03 Zuteilung von RB- und ECT-Ergebnissen zu den Stabilitätsklassen nach Techel et al. (2020). |

Eine detaillierte Beschreibung der Daumenmethode findet sich im Faltblatt des Bayerischen Landesamt für Umwelt (2023).

Um bei der Testinterpretation weitgehend in Einklang mit wissenschaftlichen Untersuchungen zu sein (vgl. Techel et al. 2020), bieten sich für die beiden Kategorien Bruchinitiierung und -fortpflanzung die in Tabelle T2 beschriebenen Grenzwerte an.

Dass die Anwendung der Daumenmethode zu vernünftigen Aussagen bezüglich der Schneedeckenstabilität führt, kann man leicht mit einem Abgleich zu den Vorschlägen erkennen, die in Techel et al. (2020) zur Interpretation von ECT und RB gemacht werden (siehe Abb. 03).

Da Schneedeckentestergebnisse nur als ein kleiner Baustein im Risikomanagement anzusehen sind, darf eine Hangentscheidung nie einzig und allein auf einem Schneedeckentestergebnis basieren. Je gebildeter und erfahrener die Testperson bei der Testdurchführung ist, desto mehr zusätzliches Wissen zum Schneedeckenaufbau, zu den Schneekristallen von Brett und Schwachschicht und zur Übertragbarkeit des Testergebnisses auf andere Geländebereiche wird in ihr Risikomanagement einfließen.

Fazit

Die Daumenmethode ist eine einfache und logische Methode zur Auswertung von Schneedeckenstabilitätstests im Zuge der analytischen Beurteilung der Schneebrettgefahr. In einem ersten Schritt werden bei der Methode die beiden für eine Schneebrettauslösung relevanten Aspekte von Bruchinitiierung und Bruchfortpflanzung einzeln dreistufig bewertet. Die beiden Ergebnisse werden anschließend zusammengeführt, wodurch man direkt zu einer der vier möglichen Stabilitätsklassen gelangt. Da die Methode sehr einfach funktioniert, wird aktuell diskutiert, ob sie in die Ausbildungsstandards der EAWS aufgenommen wird. Natürlich kann die Methode auch außerhalb

der Lawinenwarndienst-Arbeit im Bereich des Skibergsports eingesetzt werden. Um das Ziel, im Lawinenkontext eine einheitliche Sprache zu sprechen, zu erreichen, ist die Daumenmethode als ländergrenzen- und verbändeübergreifende Methode geeignet.

Literatur

- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2023): Schneebrettgefahr? Gefahreinschätzung mit dem analytischen Blick in die Schneedecke.
- EAWS: <https://www.avalanches.org/standards/snowpack-stability-frequency/> (aufgerufen am 16.07.2025).
- Techel, Winkler, Walcher, van Herwijnen, Schweizer (2020): On Snow Stability: Interpretation of Extended Column Test Results.

Christoph Hummel

christoph.hummel@lfu.bayern.de
Mitarbeiter der Lawinenwarnzentrale Bayern



01 Übersehen wir bei der Tourenplanung mit Skitouren-guru Gefahrenstellen (lawinengefährliche Stellen bzw. Hänge) im Vergleich zur Planung mittels der sogenannten 30°-Methode, die in leicht abgewandelter Form allen bisherigen Tourenplanungstools vorausgeht? (Foto: Martin Edlinger)

18 Probabilistik – Mensch vs./und Maschine

Autoren: Lukas Fritz, Florian Hellberg und Forschungsgruppe Winter der DAV-Sicherheitsforschung

Einleitung

Methoden wie die DAV-Snowcard könnten einen beträchtlichen Anteil (Verzicht auf Rot: 81%; Verzicht auf Gelb und Rot: 92%) von Lawinenunfällen vermeiden (Mersch & Behr 2017), werden aber aus verschiedenen Gründen nur wenig angewandt (Brugger et al., 2024; Schwiersch et al., 2024). Die WebApp-Anwendung Skitouren-guru (Schmudlach & Eisenhut 2024) mit ca. 40.000 angeklickten Routen pro Tag im Winter (pers. Kommunikation mit G. Schmudlach, Anm.) schickt sich an, bisherige Planungstools abzulösen und auch in den Ostalpen die Tourenplanungsphase deutlich zu vereinfachen. Wie sicher sind wir, wenn wir eine Skitour mit dem Skitouren-guru (im weiteren STG) planen, unterwegs? Übersehen wir bei der Tourenplanung mit Skitouren-guru Gefahrenstellen (lawinengefährliche Stellen bzw. Hänge) im Vergleich zur Planung mittels der sog. 30°-Methode, die in leicht abgewandelter Form allen bisherigen Tourenplanungstools vorausgeht? Lässt der Skitouren-guru bei Gefahrenstufe 3 mehr machbare Hänge zu als die DAV-Snowcard? Und nicht zuletzt: Was muss ich nach erfolgter Tourenplanung mithilfe des Skitouren-gurus vor Ort während der Tour berücksichtigen, um zu guten Entscheidungen zu kommen und etwaige Blindstellen des Skitouren-gurus auszugleichen?

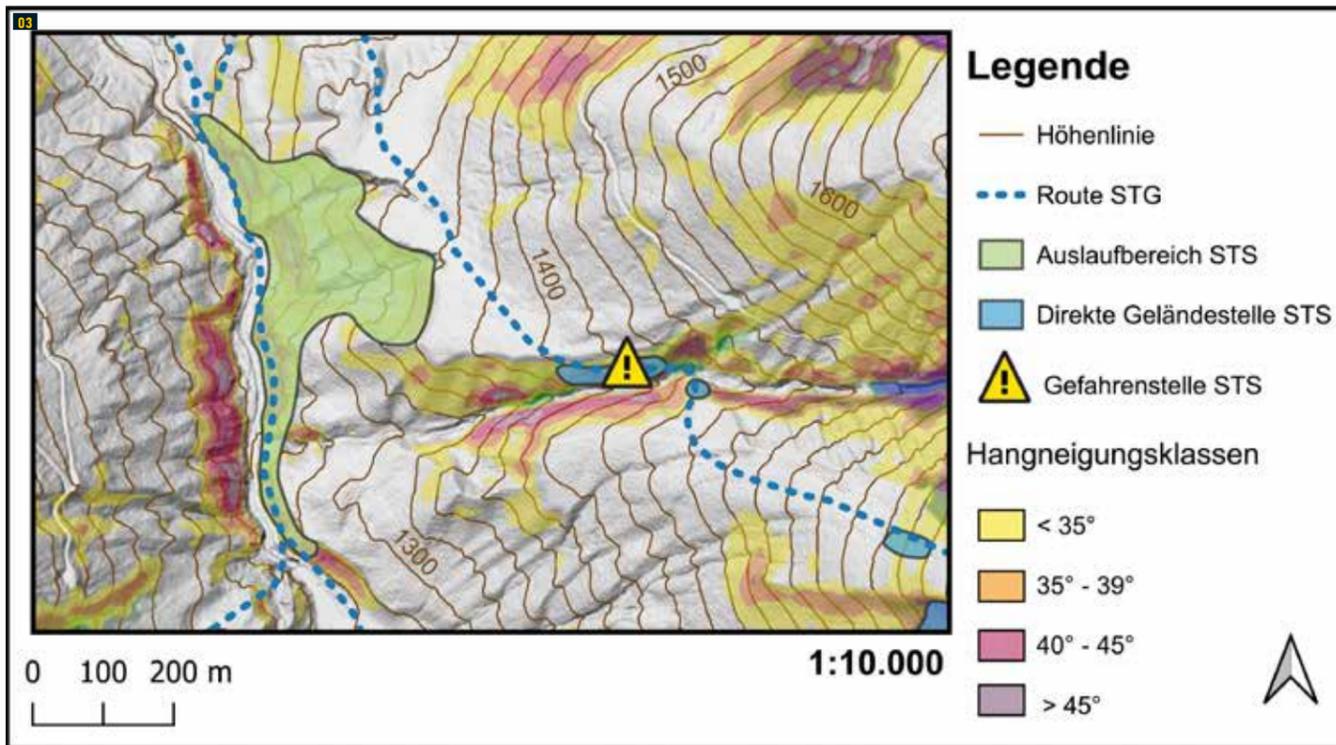
Im Rahmen dieser Studie wurde untersucht, inwieweit die Gelände- und Risikobeurteilung der DAV-Skitourenstudie (im weiteren STS) mit den Risikoeinschätzungen des Skitouren-guru-Algorithmus übereinstimmt. Ziel war es, empirisch zu analysieren, ob beide Systeme dieselben Geländeabschnitte als potenziell gefährlich identifizieren – und ob sich daraus Rückschlüsse auf mögliche Unterschiede in der Praxisanwendung ergeben.

Beschreibung der mit STG verglichenen Datensätze

Geländeanalyse
Im Zuge der DAV-Skitourenstudie (2019-2022) wurde im Vorfeld der Gruppenbefragungen an zwei Skitourenstandorten in Tirol - Kelchsau (Kitzbüheler Alpen) und Namlos (Lechtaler Alpen) eine umfangreiche Geländeanalyse mithilfe der Karte (zum Teil AV-Karte; zum Teil alpenverein-aktiv.com mit Hangneigungslayer) durchgeführt. Dabei wurden mit der „30°-Methode“ der STS alle relevanten Geländestellen der gängigsten Touren inkl. Varianten erfasst. Es wurde zwischen direkten Geländestellen (Steilheit ≥ 30°, mindestens 20x20 m Fläche), Auslaufbereichen sowie Doppelseiten, die beide Kriterien erfüllen, unterschieden (Brugger et al., 2022).

3.1 Hintere Steinkarspitze		GA erstellt von MS am 6.12.19		
Tour/Var.:		3.1-4		Aktualisiert <input type="checkbox"/>
1	Geländeanalyse			
a	Auslaufbereich (-/1)	1		
b	Hangexposition	SO		
c	Höhe	2020		
d	Hangdimension	40 m (an der höchsten Stelle)		
e	Steilheit	30-35°		
f	Geländebeschreibung	H		
g	Bewuchs	G / S		
h	Lage	./.		
		Snowcard, LLB, Karte	Experteneinschätzung	Geländebegehung
2	Relevanz/Bewertungsgrundlage	1	1	1
2.1 Lawinensituation				
a	LLB Stufe	3	3	3
b	Lawinenproblem/e	Nass	Nass	Nass
c	(g)ünstig/(u)ngünstig nach LLB	U		
2.2 Beobachtungen/Erkenntnisse				
a	Spuren an der Oberfläche			1
b	Alarmzeichen			
c	Günstige Faktoren (Variabilität)		S	S
d	Resultate Schneedeckentests			
e	Bewertung Lawinenproblem/e		0	+ → 0
f	Lawinenwahrscheinlichkeit		B	A1 -> B1
2.3 Konsequenzen				
a	Auslauf		+	+
b	Lawinengröße		0	0
c	Sammelpunkte		0	0
d	Bewertung der Konsequenzen		1	1
3	Risiko	O	B1	A1 - B1
4	Empfehlung		A	Gruppe - A
Bemerkungen		Nassschneerutsch dürfte nicht als Brett weggehen. Erkenntnis Tageszeitlicher Gang: bis Mittag N		

02 Datenblatt mit detaillierter Beschreibung der Geländeedaten einer Geländestelle 3.1-4, 4. Stelle im Aufstiegssinn der Skitour zur Hintere Steinkarspitze (1a-h): Auslaufbereich 1 = Auslaufbereich; Geländebeschreibung H = Hang; Bewuchs G/S = Gras/Schutt; sowie Risikoanalyse (2.-4.) am 6.12.2019 (=Gefahrenstellen-Fall): Günstig/ungünstig nach LLB u = ungünstig; günstige Faktoren (Variabilität) S = ständig befahren; Bewertung Lawinenproblem: 0 = Problem vorhanden, + = günstige Situation; Lawinenwahrscheinlichkeit A = sehr niedrig, B = niedrig; Auslauf + = sanft auslaufender Auslauf, keine Verdichtungen oder Verfüllungen; Lawinengröße 0 = mittlere Lawine (Gr. 2); Sammelpunkte 0 = Sichere Sammelpunkte möglich, aber nicht für die ganze Gruppe bzw. nur mit großem Aufwand; Bewertung Konsequenzen 1 = neutral; Risiko 0 (SnowCard) = orange (erhöht); Risiko Experteneinschätzung bzw. Geländebegehung setzt sich aus Lawinenwahrscheinlichkeit (Buchstabe) und Konsequenzen (Zahl) zusammen. Empfehlung A = mit Abständen gehen, Gruppe = im Gruppenverband passierbar. |



03 Beispiel eines Kartenausschnittes – Darstellung relevante Geländestellen und tagesaktuelle Gefahrenstelle sowie Routen aus dem Skitouren guru. |

Insgesamt wurden somit 190 Geländestellen identifiziert (Kelchsau: n = 86, Namlos: n = 104) und in einer strukturierten Datenmatrix (Abbildung 02) dokumentiert sowie zunächst händisch in eine Karte eingezeichnet.

Risikoanalyse

Im Rahmen der sog. Risikoanalyse wurden für jeden Erhebungstag alle relevanten Geländestellen im Erhebungsgebiet, die vermutlich von den befragten Skitourengruppen am Folgetag begangen werden würden, erfasst. Die Risikoanalyse erfolgte in zwei Schritten:

- (1) Erste Bewertung: Jede Geländestelle wurde zunächst anhand der DAV-SnowCard (Engler, 2001) bewertet, um festzustellen, ob sie angesichts der aktuellen Lawinenbedingungen eine Gefahrenstelle (siehe Abbildung 03) darstellte oder nicht.
- (2) Verfeinerung: Die Expert*innen überarbeiteten die erste Bewertung anhand eines systematischen Protokolls, um die tatsächlichen Gefahrenstellen zu identifizieren. Die abschließende Bewertung folgte dem Schema von Harvey (2017) und spezifizierte die Lawinenwahrscheinlichkeit mittels einer 4-stufigen ordinalen Variablen (1= sehr niedrig, 2 = niedrig, 3 = mittel und 4 = relativ hoch) sowie den potenziellen Konsequenzen eines Lawinenabgangs.

Alle auf Skitouren guru.com verfügbaren Routen (.gpx), die in den beiden Erhebungsgebieten im Bereich von relevanten Geländestellen der STS verlaufen (n=190), wurden als Linien in einen Layer eines Geoinformationssystems (QGIS 3.34.7-Prizren) importiert und mit den Flächen der digitalisierten relevanten Geländestellen der STS abgeglichen.

Auf Seiten des STG hat Günther Schudlach, der Entwickler des Algorithmus, an den Geländestellen Routenabschnitte (Linien-Shapefile) erstellt und für alle neun Erhebungstage Risikowerte (inverses absolutes Risiko, im Weiteren „InvAbsRisk“) mittels der QRM (Quantitative Reduktionsmethode; Schudlach, 2019) berechnet. Dabei sind Geländestellen in Form von Risikobewertungen an unterschiedlichen Tagen (9) bei unterschiedlichem Lawinenrisiko mehrfach eingeflossen (Kelchsau: n=291; Namlos: n=274; gesamt: n=565 Gefahrenstellen).

Fragestellungen und Ergebnisse zum Vergleich der STS mit dem STG

Während der STG Schlüsselstellen ausschließlich anhand statischer Geländemerkmale definiert und das Risiko dynamisch über den Lawinenlagebericht einbezieht, zielt das STS-Modell auf eine möglichst vollständige Erfassung aller potenziell lawinengefährlichen Geländestellen – unabhängig von der jeweiligen Gefahrenlage. Geländebereiche,

die im STS-Modell nicht erfasst wurden, sollten damit auch im STG unter angespannten Bedingungen stets unkritisch bleiben.

Diese konzeptionellen Unterschiede erlauben eine wechselseitige Validierung: Einerseits lässt sich prüfen, welche STS-Geländestellen auch vom STG als Schlüsselstellen erkannt werden; andererseits, ob der STG bei bestimmten Bedingungen zusätzliche Gefahrenpassagen identifiziert, die im STS-Modell nicht erfasst sind.

Fragestellung 1: Werden bei der Tourenplanung mit dem Skitouren guru potenziell lawinengefährliche Geländestellen übersehen – im Vergleich zur Planung anhand der 30°-Methode der Skitourenstudie?

Hierfür wurden alle Geländestellen aus dem STS-Modell händisch mit den Schlüsselstellen des STG nach folgendem Schema abgeglichen:

- ▷ STG hat an dieser Stelle keine Tour
- 1 STG hat an dieser Stelle eine Tour und eine Schlüsselstelle
- 0 STG hat an dieser Stelle eine Tour aber keine Schlüsselstelle

Von den ursprünglich 190 Geländestellen nach STG mussten 84 ausgeschlossen werden, da es für diese keine entsprechende Route im Skitouren guru gab. Damit verblieb ein Datensatz von k=106 Geländestellen: im Lechtal wurden auf 9 Skitourenrouten 50 Geländestellen erfasst und in der Kelchsau 12 Routen mit 56 Geländestellen.

Die Auswertung ergab, dass der STG statisch deutlich weniger Schlüsselstellen als potenziell lawinengefährliches Gelände ausweist als der sehr restriktive erste Filter der Skitourenstudie: 55% der 106 Geländestellen waren keine Schlüsselstellen nach STG; 45% waren Schlüsselstellen. Damit ist auch empirisch belegbar, dass das Konzept der „Schlüsselstelle“ nach STG enger gefasst ist als das der „Geländestelle“ nach STS – soweit wenig verwunderlich, da die Schlüsselstellen nach STG nur eine Ergänzung zur tagesaktuellen Bewertung darstellen.

In der Folge wurde analysiert, ob und welche Geländeckdaten zwischen Schlüsselstellen und Nichtschlüsselstellen nach STG differenzieren. Der Anteil der Schlüsselstellen des STG war bei reinen Auslaufbereichen deutlich geringer (29%; 11 von 38) als bei direkten Geländestellen (52%; 26 von 50) oder „Doppelstellen“ (69%; 9 von 13), $\chi^2(2) = 8.001$, $p = 0.018$, $\phi = 0.281$ (geringer Effekt). Die untersuchten Geländemerkmale Seehöhe, Hanggröße, Ausrichtung und Nähe zum Kamm

konnten hingegen nicht erklären, warum es im STG weniger Schlüsselstellen gab als in der STS.

Fragestellung 2: Erkennt der STG unter erhöhter Lawinengefahr zusätzliche Gefahrenstellen – auch außerhalb des STS-Modells?

Hierfür wurden 8 Touren inkl. der gebräuchlichen Abfahrtsvarianten aus beiden Standorten unter zwei Lawinenszenarien im STG analysiert. Es wurden sowohl „einfache“ wie komplexe Touren ausgewählt. Insgesamt hatten diese Touren nach dem Geländemodell der STS k= 64 Geländestellen. Wir führten den „Belastungstest“ im Sinne einer Sensitivitätsanalyse im Feature „Routen zeichnen“ des STG durch, wofür zwei Szenarien erstellt wurden:

Szenario 1: Lawinengefahrenstufe 3, Höhenstufe ab 1800 m, Nordsektor (W über N bis O). Dies entspricht im Routenplanungstool des Skitouren guru auch dem voreingestellten Standard.

Szenario 2: Lawinengefahrenstufe 3, Höhenstufe ab 1600 m, alle Sektoren.

Mit diesen beiden Szenarien bewegten wir uns im oberen Mittelfeld der Bandbreite von 10 typischen Lawinenlageberichten, die auf der Website des STG für eine Tour ausgewiesen werden.

Die STG-Tool-Einstellung „Bewegungsspielraum“ wurde auf 40% angepasst. Als relevante „Gefahrenstellen“ galten STG-Segmente ≥ 10 m Länge mit mindestens oranger Risikofärbung. Punktueller orange Segmente unterhalb dieser Schwelle wurden nicht gezählt.

Die „Verschärfung“ von Szenario 1 zu Szenario 2 führte in 12 Fällen zu zusätzlichen Gefahrenstellen nach STG (von 43 auf 52) – das entspricht einem Plus von 28%. Diese zusätzlichen Stellen sind in der Regel auf die Erweiterung der Exposition zurückzuführen. Weiters konnte beobachtet werden, dass Gefahrenstellen laut STG entweder „risikoreicher“ (also rot statt orange) und/oder länger wurden. Nur in einem Fall kam eine Stelle beim STG dazu, die das Geländestellenmodell der STS nicht berücksichtigt hatte.

Fragestellung 3: Lässt der Skitouren guru mehr machbare Hänge zu als die DAV-Snowcard – gemessen anhand von Experteneinschätzungen des Lawinenrisikos?

Zunächst galt es, geeignete Vergleichsvariablen zu identifizieren. Günther Schudlach stellte hierfür für jede Geländestelle der STS und für jedender neun Lawinenlageberichte Risikowerte (InvAbsRisk) bereit; seitens der STS wurden die Variablen Lawinenwahrscheinlichkeit und SnowCard-Analyse

aus der Risikoanalyse herangezogen.

Um beantworten zu können, welche Methode (STG oder SnowCard) im Vergleich zur STS-Risiko-einschätzung als weniger restriktiv gilt, wurden nach z-Transformation der Ausgangsvariablen Differenzvariablen gebildet. Diese dienten dazu, die Abweichung der jeweils modellbasierten Risikobewertung (STG, SnowCard) von der Experteneinschätzung (STS) für jede Gefahrenstelle numerisch auszudrücken. Die STS-Lawinenwahrscheinlichkeit fungierte dabei als Referenzwert („Benchmark“).

Es wurden zwei Differenzwerte berechnet. 1: Snowcard minus STS-Lawinenwahrscheinlichkeit und 2: STG InvAbsRisk minus STS-Lawinenwahrscheinlichkeit. Wenn nun die Differenzwerte des STG im Mittel höher ausfallen als jene der SnowCard, weist der STG den Gefahrenstellen häufiger ein höheres Risiko zu als die SnowCard – das Modell wäre in diesem Fall restriktiver. Fallen die Differenzwerte hingegen niedriger aus, deutet dies darauf hin, dass der STG im Vergleich zur SnowCard mehr Hänge als grundsätzlich machbar einstuft. Zur Überprüfung der Fragestellung wurde ein gepaarter t-Test auf die beiden Differenzvariablen durchgeführt. Wir beschränken uns dabei auf die Lawinengefahrenstufe 3: Es ergab sich ein deutlich signifikanter Unterschied zugunsten des STG, $t(141) = 4.401$, $p < 0.001$, $d = 0.37$ (kleiner Effekt). Das bedeutet: Bei Lawinengefahrenstufe 3 stuft die SnowCard Gelände signifikant häufiger als risikoreich ein als der STG – gemessen an der Experteneinschätzung der STS. Der Skitourenguru erlaubt damit in diesem Szenario mehr potenziell befahrbare Hänge.

Fragestellung 4: Welche Beobachtungen/Informationen vor Ort qualifizieren die Risikoeinschätzung anhand der Tourenplanung mithilfe des Skitourengurus?

Die vorangegangenen Analysen bescheinigen dem Skitourenguru eine grundsätzliche Eignung als taugliches Entscheidungstool für die Tourenplanung. Situativ beobachtbare Hinweise im Gelände – wie etwa die tatsächliche Verspurtheit oder das konkrete Vorliegen eines Lawinenproblems – finden jedoch nicht Eingang in den Algorithmus. Dies wirft die praktische Frage auf, welche Informationen für Skitourengruppen am relevantesten sind, um vor Ort die Bewertung des STG zu ergänzen. Dafür sind grundsätzlich zwei Variablen der Risikoanalyse, die durch die Experteneinschätzung vor Ort erfolgten, relevant: Verspurtheit (fünfstufige Variable mit folgenden Kategorien: Unverspurt,

einzelne Spuren, verspurt, stark verspurt, pistenähnlich) und Bewertung des Lawinenproblems (dreistufige Variable mit folgenden Kategorien: Günstige Situation, Lawinenproblem vorhanden, akutes Lawinenproblem).

Es zeigte sich, dass die Variable Verspurtheit im vorliegenden Datensatz der Skitourenstudie nur unvollständig ausgefüllt war: In vielen Fällen lagen den Expert*innen keine Informationen zur Verspurtheit vor, oder es handelte sich um Gefahrenstellen mit nur vereinzelt Spuren. Somit war der Datensatz nicht breit genug abgestuft, um valide Aussagen zu ermöglichen. Aus diesen Gründen konnte mit unseren Daten ein etwaiger Einfluss der Verspurtheit auf die Abweichung zwischen STG- und STS-Risiko nicht untersucht werden.

Anders verhielt es sich bei der Bewertung des Lawinenproblems durch die Expert*innen. Hier zeigte sich ein signifikanter negativer Zusammenhang mit der Differenz zwischen STG-Risikowert und der STS-Lawinenwahrscheinlichkeit, $r_s = -0.294$, $p < 0.001$, $n = 408$, was einem geringen Effekt entspricht. Ergänzend bestätigte eine einfaktorische ANOVA einen signifikanten Unterschied der Differenzwerte in Abhängigkeit des Ausmaßes des bewerteten Lawinenproblems, $F(2,405) = 19.230$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.087$ (mittlerer Effekt).

Übersetzt: Wenn Expert*innen das Lawinenproblem als relevant einschätzten, weichte die Einschätzung des STG in Richtung einer geringeren Gefährdung von der Lawinenwahrscheinlichkeit der Risikoanalyse ab. Die größte Übereinstimmung zwischen STG und STS trat auf, wenn die Expert*innen das Lawinenproblem als irrelevant oder wenig ausgeprägt betrachteten, während die größte Diskrepanz auftrat, wenn das Problem von den Experten als stark ausgeprägt eingeschätzt wird.

Zusammenfassung und Diskussion

Die vorliegende Studie untersuchte die Übereinstimmung zwischen der Geländebeurteilung der DAV-Skitourenstudie (STS) und der automatisierten Risikobewertung des Skitouren-Planungstools Skitourenguru (STG). Dabei wurden sowohl konzeptionelle Unterschiede in der Definition potenziell lawinengefährlicher Stellen als auch die praktische Relevanz dieser Unterschiede empirisch überprüft.

45% der Geländestellen, die in der Skitourenstudie als potenziell lawinengefährlich eingestuft wurden, wurden vom STG auch als Schlüsselstelle identifiziert. Diese Stellen wurden in der STS aus dem Anspruch, ein möglichst vollständiges

Geländestellenmodell zu erreichen, berücksichtigt, obwohl sie in der Praxis nur selten als real gefährlich bewertet werden würden. Besonders deutlich war die Abweichung bei Auslaufbereichen, etwa bei Anrissgebieten in dichtem Hochwald oder aus Latschenhängen. Betonen möchten wir, dass der STG keine generelle Schwäche bei Auslaufbereichen hat. Dies zeigt sich auch darin, dass bei höherer Lawinengefahr (LG-Stufe 3) zusätzliche Routenabschnitte als erhöhtes Risiko ausgegeben werden – die hier vorgestellte Diskrepanz vielmehr Ergebnis eines Vergleichs von verschiedenen Bearbeitungsschritten ist.

Es gilt, trotz der geringen Eintrittswahrscheinlichkeit von (selbstausgelösten) Nass-, Gleit- oder Lockerschneelawinen – die weniger als 10% der Lawinenopfer betreffen (SLF.ch; Abfrage am 26.06.2025) entsprechende Auslaufbereiche nicht leichtfertig zu behandeln. In Abhängigkeit des vorherrschenden Lawinenproblems und der zu erwartenden Lawinenart(en) ist es im Sinne einer umfassenden Risikoanalyse unabdingbar, derartige Geländestellen weiterhin und in Zukunft noch vermehrt (Stichwort Klimawandel) aufmerksam zu prüfen. Insbesondere bei spezifischen Gefahrenlagen wie Gleit- oder Nassschnee müssen Anwender*innen die algorithmische Einschätzung des STG gegebenenfalls überstimmen. Solche Szenarien sind meist gut zeitlich und räumlich eingrenzbar. Skitourenguru*innen reagieren auf das geringe Risikopotential in der Regel auch adäquat. Ein zentrales Ergebnis ist, dass der STG im Vergleich zur SnowCard bei der kritischen Gefahrenstufe 3 tendenziell geringere Risiken aufweist. Das bedeutet konkret, dass der STG mehr Hänge als begehbar einstuft als die SnowCard – und zwar auch dort, wo die Experteneinschätzung der STS keine erhöhte Gefahr sah. Daraus ergibt sich ein konsistentes Bild: Der STG erlaubt unter bestimmten Bedingungen mehr Handlungsspielraum, ohne erhöhte Risiken einzugehen. Praktisch lässt sich daraus ableiten, dass Nutzerinnen des STG bei Gefahrenstufe 3 mit größerer Wahrscheinlichkeit eine Tourenplanung vornehmen können, die mehr befahrbare Hänge beinhaltet – ohne dabei systematisch von den Experteneinschätzungen der STS abzuweichen.

Die abschließende Fragestellung betraf die Bedeutung situativer Geländebeobachtungen. Während die Daten zur Verspurtheit aus methodischen Gründen keine verlässlichen Aussagen erlaubten, ergab sich für das Vorliegen eines Lawinenproblems ein klarer Befund. Wurde dieses von den Expertinnen der STS als nicht vorhanden ein-

geschätzt, stimmte die Risikoeinschätzung des STG in der Regel mit der STS überein. Bei einem laut Experteneinschätzung stark ausgeprägten Lawinenproblem wich der STG jedoch deutlich ab und schätzte die Gefährdung tendenziell niedriger ein. Das weist auf eine methodische Grenze hin: Der STG kann das akute Vorliegen eines Lawinenproblems nicht direkt erkennen, sondern arbeitet auf Basis des allgemeinen Lageberichts. Lokale Beobachtungen, Gefahren- oder gar Alarmzeichen im Gelände, bleiben unberücksichtigt – weshalb Nutzer*innen vor Ort das Vorhandensein solcher im Gelände aktiv und fortwährend überprüfen bzw. feststellen müssen!

Neben inhaltlichen Differenzen gibt es aus Autorensicht auch Verbesserungsbedarf bei der grafischen Darstellung des STG. Die Kombination aus grauen Ringen (statische Schlüsselstellen) und farbiger Linienführung (dynamische Risikobewertung) ist für Anwender*innen nicht intuitiv. Die Bedeutung der Ringe – wann sie relevant sind, wie sie berechnet werden und wie sie in Bezug zur Farbskala zu interpretieren sind – bleibt weitgehend offen, solange nicht aktiv das Handbuch konsultiert wird.

Schließlich zeigte sich, dass die Routenbewertung im STG stark vom exakten Routenverlauf abhängt. Bereits kleine Verschiebungen führen zu Änderungen in Länge oder Risikograd einer Passage – was für die Praxis insofern problematisch ist, als dass Skitouren nur selten exakt entlang eines GPS-Tracks verlaufen. Ein Korridor (z.B. durch ein Konfidenzintervall um die Linie) wäre hier ein methodisch naheliegender nächster Schritt, der sich unseres Wissens bereits in Umsetzung befindet. Darüber hinaus ist im Benutzerhandbuch des STG ausgeführt, dass auch alternative Routen gut mit dem Risiko der definierten Route korrelieren. Hierzu bräuchte es unserer Meinung nach noch mehr Analysen.

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass der Skitourenguru ein leicht zugängliches, für Anwender*innen bequemes, aber dabei leistungsfähiges Planungstool ohne systematische Schwächen ist. Im Vergleich zu etablierten Tools wie der DAV-SnowCard eröffnet der STG größere Spielräume hinsichtlich mehr machbarer Hänge in der Tourenplanung. Zugleich zeigt sich, dass bestimmte Gefahrenstellen, insbesondere Auslaufbereiche, nicht vollumfänglich vom Modell erfasst werden. Ursächlich hierfür ist das vergleichsweise geringe statistische Unfallrisiko bei Lawinen,

die nicht durch die betroffenen Personen selbst ausgelöst werden – wie etwa Nass-, Gleit- und Lockerschneelawinen – sowie der relativ einfache Umgang damit in der Praxis.

In der praktischen Anwendung ergibt sich daraus eine klare Empfehlung: Der Skitourenguru bietet eine solide Basis für die Tourenplanung, ersetzt jedoch nicht die eigene Gelände- und Einzelhangkompetenz. Die vorab berechnete Risikobewertung muss vor Ort durch geschultes (!) Beobachten ergänzt werden – insbesondere hinsichtlich des konkreten Vorliegens eines Lawinenproblems, Grad der Verspurtheit sowie vorhandenen Gefahren- oder Alarmzeichen im Gelände. Nutzer*innen sollten die Limitierungen des Tools kennen und diese in ihre Entscheidungen aktiv einbeziehen.

Mittelfristig bietet der STG durch seine intuitive Nutzung, die breite Datenbasis und seine Anpassungsfähigkeit das Potenzial, sich als Standardinstrument (unter mehreren?) für die Skitourplanung über Ländergrenzen hinweg zu etablieren. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine intuitivere Darstellung der Risikoinformationen sowie eine Ergänzung durch praxisorientierte Schulungsangebote, um die selbstständige Urteilsfähigkeit der Anwender*innen zu fördern. Hier sind insbesondere die ausbildenden Alpinverbände gefordert, einerseits verstärkt in die Aus- und Weiterbildung zu investieren, und andererseits technisch am Puls der Zeit zu agieren (u.a. Integration in bestehende Tourenportale, Entwicklung von Handy-Apps).

Limitationen

Der Risiko-Vergleich des Datensatzes der STS erfolgte noch mit den vom STG berechneten Werten, die auf der sog. QRM (Qualitative Reduktionsmethode) basieren und noch nicht mit der neueren SLABS-Methode berechnet wurden. Beide, QRM und SLABS, korrelieren jedoch gut miteinander, wengleich SLABS insgesamt etwas mehr Spielraum zulässt als die QRM (Degraeuwe et al., 2024).

Literatur

- Brugger, M., Hellberg, F., Hummel, C., Schwiensch, M., Streicher, B., & Fritz, L. (2023): Wie gehen Skitourengruppen bei ihren Entscheidungen vor? In: Bergundsteigen 122, S. 44-53.
- Brugger, M., Schwiensch, M., Streicher, B., Fritz, L., Hummel, C. & Hellberg, F. (2022): Sind Skitourengänger*innen tatsächlich anfällig für Entscheidungsfallen? In: Bergundsteigen 121, S. 48-57.

- Degraeuwe, B., Schmutlach, G., Winkler, K. & Köhler, J. (2024): SLABS: An improved probabilistic method to assess the avalanche risk on backcountry ski tours, Cold Regions Science and Technology 221. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2024.104169>.
- Handbuch Skitourenguru (2025): Schlüsselstellen. Online verfügbar: https://skitourenguru.com/calc_data2/doc/Intro_DE.pdf; Abfrage am 25.06.2025.
- Harvey, S. (2017). Entscheidung im Einzelhang. bergundsteigen, 101, 92-96.
- Mersch, J. & Behr, W. (2017): Alles Snowcard, oder was? Zur Wirksamkeit von probabilistischen Methoden. In: Bergundsteigen 98, S. 50-55.
- Schmutlach, G. (2019): Quantitative Reduktionsmethode. In: Bergundsteigen 106, 2019.
- Schmutlach, G. & Eisenhut, A. (2024): A Routing Algorithm For Backcountry Ski Tours. In: Proceedings, International Snow Science Workshop, Tromsø, Norway, 2024. Online verfügbar: https://arc.lib.montana.edu/snow-science/objects/ISSW2024_011.9.pdf; Abfrage am 25.01.2025.
- Schmutlach, G. & Köhler, J. (2016): Method for an Automated Avalanche Terrain Classification. In: Proceedings, International Snow Science Workshop, Breckenridge, Colorado, 2016. Online verfügbar: https://arc.lib.montana.edu/snow-science/objects/ISSW16_P2.04.pdf; Abfrage am 06.06.2026).
- Schwiensch, M., Brugger, M., Fritz, L., Streicher, B., Hellberg, F., Hummel, C. & Feistl, T. (2024): The German Alpine Club (DAV) Ski Touring Study: Mindset, Risk Assessment and Decision-Making Processes Among Ski Touring Groups in the Alps. In: Proceedings, International Snow Science Workshop, Tromsø, Norway, 2024. Online verfügbar: https://arc.lib.montana.edu/snow-science/objects/ISSW2024_P11.14.pdf; Abfrage am 25.06.2025.
- SLF (2025): Lawinenarten. Online verfügbar: <https://www.slf.ch/de/lawinen/lawinenkunde-und-praevention/lawinenarten/>; Abfrage am 26.06.2025.

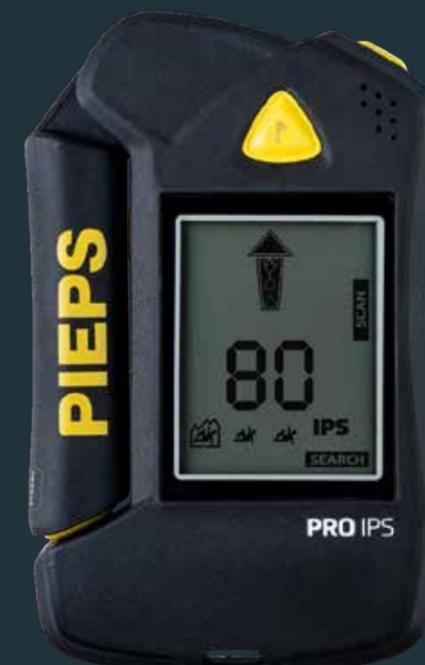
Lukas Fritz

lukas.fritz@alpenverein.de
Deutscher Alpenverein (DAV), Ressort Sportentwicklung und Sicherheitsforschung

Florian Hellberg

DAV, Mitglied im VDBS Bergführerlehrteam

RESCUE WITH THE PRO



PIEPS PRO IPS

Das erste LVS-Gerät mit Interference Protection System, das aktiv vor Störungen durch elektronische Geräte im Sendemodus schützt. Dual Antenna Signal Processing und eine durchdachte Konstruktion ermöglichen eine Suchstreifenbreite von 80 Metern für maximale Präzision.

Mit Bluetooth, App-Support und Profi-Funktionen ist das PRO IPS die erste Wahl für alle, die im Notfall keine Kompromisse machen.

[pieps.com](https://www.pieps.com)





01 Überblick per Drohne über das Gletscherskigebiet am Kitzsteinhorn (Quelle: Gletscherbahnen Kaprun AG) |

19 Sicherheitsmanagement Skigebiet – ein Tagebucheintrag vom Kitzsteinhorn

Autoren René Cizek, Stefan Ortner

Viele der täglichen Routinen bei einer alpinen Infrastruktur drehen sich um die Sicherheit. „Sicher muss es sein“ – das ist ein Motto, dass nicht erst durch Ereignisse immer wieder auf dem Prüfstand kommt. Die österreichischen Skigebiete investieren jährlich viele Millionen Euros in die Sicherheit ihrer Anlagen wie Bahnen, Pisten, Gebäude, ... Das dabei Menschen im Hintergrund tätig sind, die sich um die Sicherheit kümmern, die täglich Verantwortung übernehmen, wird dabei manchmal vergessen. Ein Blick auf die Arbeitsprozesse von diesen sicherheitsrelevanten Organisationseinheiten lohnt sich.

LO.LA 5* Sicherheitskonzept
Ziel eines Sicherheitskonzeptes ist es einen Nachweis darüber zu führen, ob die Verkehrssicherungspflicht erfüllt wird und sich die skitechnische Infrastruktur in einem „ordnungsgemäßen Zustand“ im Sinne der rechtsverbindlichen Grundlagen befindet. Die Verkehrssicherungspflicht als zentraler Begriff in der Rechtsprechung beruht auf dem Grundsatz, dass wer einen Verkehr oder eine Gefahrenquelle (Skibetrieb) eröffnet, hat alles Zumutbare zu tun, um die Verkehrsteilnehmer vor Gefahren zu bewahren oder zu warnen. Durch den Kauf einer Skikarte wird ein Vertrag geschlossen, deren Hauptleistung die Beförderung ist. Die

FACTS Winter 24/25	
4.271	Kontrollen zur Pistensicherheit im Skigebiet
653	Einsätze der Pistenrettung am Berg im Winter 24/25
175	Beurteilungen der lokalen Lawinensituation durch die LawK Kitzsteinhorn-Kaprun
10.300	geleistete Arbeitsstunden der Mitarbeiter des Pistendienstes des Gletscherskigebietes Kitzsteinhorn-Kaprun

Pistensicherungspflicht (Verkehrssicherungspflicht) entsteht als vertragliche Nebenpflicht aus dem Beförderungsvertrag. Es wird schon ab leichter Fahrlässigkeit gehaftet und den Pistenhalter trifft die Beweislastumkehr nach § 1298 ABGB.

- Welche Aspekte sind nun relevant für ein Sicherheitskonzept? Gemeinsam mit LO.LA hat das Kitzsteinhorn sich eine fachliche „Schablone“ erarbeitet, die am Berg wirken soll – ein 5* Sicherheitskonzept mit den Aspekten (siehe Abb. 02):
- ▶ Schutz vor Naturgefahren
 - ▶ Präparierung + Instandhaltung
 - ▶ Rettungskonzept
 - ▶ Absicherung von Gefahrenstellen
 - ▶ Markierung + Information



02 LO.LA 5* Sicherheitskonzept – Grundlagen & Routinen (Quelle: LO.LA, 2025) |

- Markierung und Information**
Korrekte Informationen und schlüssige Markierungen sind essenziell, um die Verkehrssicherheit herzustellen. Dabei geht es sowohl um Informationen zum touristischen Angebot als auch um sicherheitsrelevante Aspekte.
- ▶ Orientierung / Information
 - ▷ Wo befinde ich mich?
 - ▷ Was sind die (nächsten) Abfahrts- und Aufstiegsmöglichkeiten und Ziele?
 - ▷ Wo befinden sich Pisten, Anlagen, Attraktionen, Infomöglichkeiten, ...?
 - ▷ Was sind die Betriebszeiten? (Zeitraum der Verkehrssicherungspflicht)
 - ▶ Sicherheit
 - ▷ Schwierigkeitseinteilung (Widmung der Skipiste)
 - ▷ Aktuelle und permanente Gefahrenstellen (Gefahren-, Warn- und Sperrzeichen)
 - ▷ Aktuelle Sperrungen oder Einschränkungen
 - ▷ Rettungskonzept inkl. Notrufnummern
 - ▷ Benutzerordnung inkl. FIS-Regeln
 - ▷ Aktuelle Gefahrensituation (Wetter-, Lawinengefahr, ...)
 - ▷ Pistenrand

Absicherung von Gefahrenstellen
Ein Pistenhalter hat nur atypische Gefahren zu sichern, also solche, die unter Bedachtnahme des Schwierigkeitsgrads der Piste auch für einen verantwortungsbewussten Nutzer unerwartet oder schwer abwendbar sind. Atypisch ist es dann, wenn man eine Gefahr nicht erkennen kann oder trotz Erkennbarkeit nur schwer vermeiden kann. Atypische Gefahrenquellen müssen durch den

- Pistenhalter gesichert werden:
- ▷ Seilschlingen, Windenanker, Betonsockel, Metallteile, Schneerzeuger, ...
 - ▷ Felsabstürze, Bachgräben, extrem steile Abhänge, ...
 - ▷ Löcher in der Schneedecke, etwa durch Quellen oder extreme Fehlpräparierungen
 - ▷ Liftstützen, die sich auf der Piste oder unmittelbar am Pistenrand befinden
 - ▷ Stein- und Felsblöcke, die in die Piste ragen
 - ▷ Kreuzungen, Einmündungen, scharfe Kurven vor allem dann, wenn diese Gefahrenquellen auf der Piste nur selten vorkommen und sich der Pistenbenützer nicht darauf vorbereiten kann
 - ▷ Lawinen sind auf Pisten jedenfalls eine atypische und für den Pistenbenützer nicht vorhersehbare Gefahr. Die Pisten sind durch entsprechende Vorkehrungen zu sichern, wie z.B. Lawinensprengungen und Lawinenverbauungen

Rettungskonzept
Für Unfälle im Verantwortungsbereich des Verkehrssicherungspflichtigen wird ein Rettungskonzept/Notfallplan erstellt, der sicherstellt, dass Verunfallte eine adäquate Versorgung erhalten. Im Skibetrieb stellt der Betreiber einen eigenen Rettungsdienst in ausreichender Stärke bereit, der sowohl über die Leitstelle, als auch über Unfallmeldestationen (an allen Liftstationen) erreicht werden kann. Den Gästen wird das Rettungskonzept über die Infos an den Panoramatafeln bzw. über die Pistenpläne (u.a. in Papierform) vermittelt.

Präparierung und Instandhaltung

Damit die Pisten sicher befahrbar sind, müssen diese für die Benutzer in angemessenen (ordnungsgemäßen) Zustand gebracht bzw. gehalten werden. Pisten müssen so gestaltet sein, dass diese die technische Anforderung der Befahrbarkeit auch im Laufe des Tages bzw. über den Betriebszeitraum beibehalten. Trotz einer Widmung als Piste besteht keine Pflicht zur Präparierung. Der Pistenbenützer hat weder Anspruch auf Präparierung noch auf die Schneebeschaffenheit oder eine Warnung vor ungünstigen Schneeverhältnissen. Die Präparierung lediglich eines Teils der Piste stellt noch keinen Sorgfaltsverstoß dar. Der Wechsel vom präparierten Abschnitt der Piste zum unpräparierten stellt keine atypische Gefahr für einen verantwortungsbewussten Pistenbenützer dar.

Schutz vor Naturgefahren

Pisten müssen vor alpinen Gefahren (Naturgefahren), Skirouten nur vor Lawinengefahr gesichert sein. Da im alpinen Raum ein 100%iger Schutz vor Naturgefahren nicht möglich ist, geht es darum einen Analyse- und Beurteilungsprozess zu etablieren, der eine bestmögliche Sicherheit bietet, wobei Einschätzungen auf Basis von Fakten zu begründen sind. Maßnahmen (z.B. künstliche Lawinenauslösungen) sind entsprechend der lokalen Gefährdung umzusetzen und zu dokumentieren.

Dokumentation und Kontrolle

In Skigebieten ist der Pistenzustand regelmäßig zu kontrollieren, wobei zusätzliche Kontrollen notwendig werden, wenn sich die Wetterverhältnisse rasch ändern oder es möglicherweise andere Gefahren gibt. Die erste Kontrollfahrt muss vor Freigabe der Skipisten für den Skiverkehr erfolgen. Weitere Kontrollfahrten sind während dem Betrieb tagsüber vorzunehmen. Die Skirouten werden hingegen nicht kontrolliert. Fun-Parks, die als Sonderflächen gelten oder Rennstrecken, bedürfen tagsüber einer regelmäßigen Kontrolle. Am Ende des Tages hat eine Schlusskontrolle stattzufinden, das heißt die Pisten sind dann nicht mehr in Betrieb. Nach Schließung des Pistenbetriebes hat sich kein Pistenbenützer mehr im Skigebiet aufzuhalten. Diese Schlussfahrt kann auch durch organisatorische Maßnahmen sichergestellt werden, sodass die Dokumentation der Schlussfahrt zentral erfolgen kann.



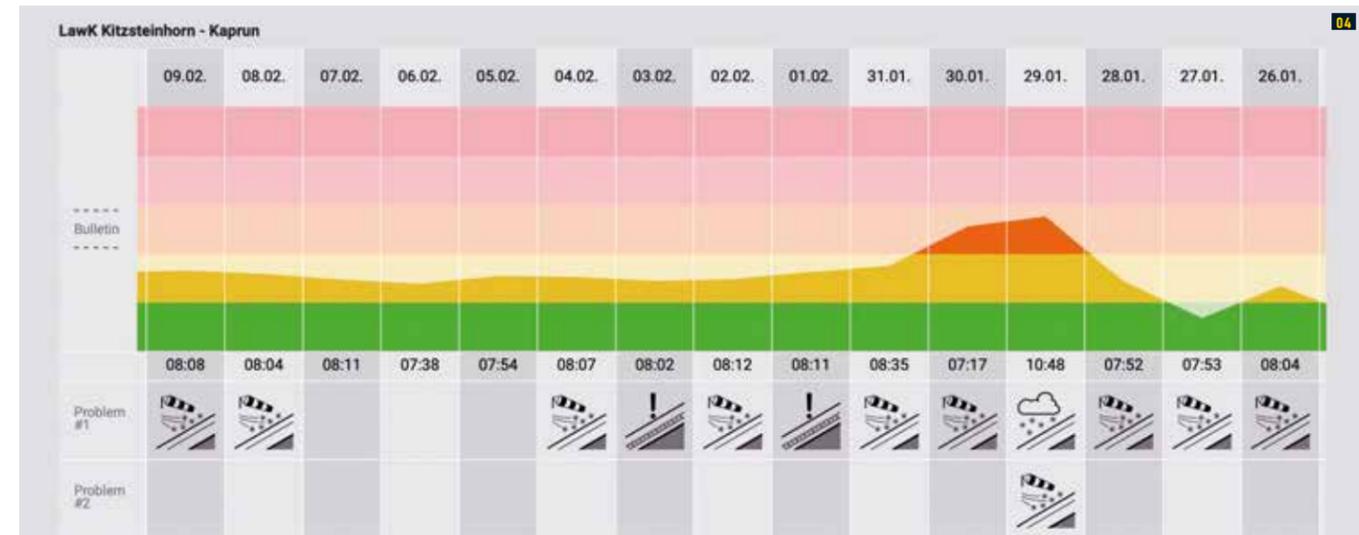
03 Am Morgen am Kitzsteinhorn - erste Kontrollfahrten starten gleich (Quelle: LO.LA, 2025) |

Wie funktioniert dieses Sicherheitskonzept an einem Betriebstag? – Ein Tagebucheintrag eines gewöhnlichen Betriebstages im Winter:

06:00 Uhr Frühstück – bereits Zuhause beim Frühstück werden erste Wetterdaten kontrolliert, hat sich etwas Überraschendes über Nacht getan? Aktuell ist eine gute Wittersituation, die sich aber im Laufe des Tages verschlechtern wird. Während der Fahrt zur Talstation gibt es ein kurzes Telefonat mit dem Einsatzleiter der Pistengerätfahrer -> Memo: alle Pisten sind präpariert worden / keine besonderen Vorkommnisse / keine Lawinenaktivitäten (Rutsche) auf die Pisten / Test mit Pistengerät ohne Erfolg – keine Auslösung

07:00 Uhr Beginn der betrieblichen Tätigkeiten – das Team des Pistendienstes Kitzsteinhorn trifft sich an der Talstation der Gletscherbahnen. Bei schlechten Witterungsverhältnisses ist bereits ein Teil des Teams oben am Berg vor Ort. Dann wird die Nacht am Berg verbracht, um bereits frühzeitig mit den Sicherungstätigkeiten beginnen zu können.

07:45 Uhr Morgenfahrt – die morgendlichen Kontrollfahrten werden vom Pistendienst per Ski durchgeführt und protokolliert. Einzelne Bereiche des Skigebietes werden von den Bahnmitarbeitern u.a. mit den Skidoo's bzw. Seilbahn durchgeführt. Eine lückenlose Dokumentation wird umgesetzt und ist Teil der Sicherheitsstrategie im Skigebiet.



04 Visualisierung der täglichen lokalen Kommissionsbeurteilungen in KIP.LIVE (Quelle: LO.LA, 2025) |

08:00 Uhr Arbeit der Lawinenkommission – parallel zu den Kontrolltätigkeiten arbeitet die Lawinenkommission an der Lagebeurteilung. Dies geschieht täglich, wenn notwendig mehrmals am Tag. Das digitale Tool KIP.LIVE von LO.LA unterstützt dabei die lokalen Experten im Beurteilungsprozess und der Dokumentation > die Lawinensituation ist für den heutigen Tag in Ordnung. Für Morgen muss allerdings mit einer Maßnahmensetzung – Sprengtätigkeiten – gerechnet werden. Weitere Abstimmungen erfolgen im Laufe des Tages.

08:15 Uhr Organisatorische Tätigkeiten – in Abstimmung mit dem Pistendienst und den Betriebsleitern am Berg wird besprochen, welche Anlagen/Pisten heute in Betrieb sind und ob spezielle Anforderungen für heute am Programm stehen (Trainingspisten, Skirennen,...). Der Informationsstand wird abgeglichen und an die Organisationseinheiten Kassa & Information, Marketing und Geschäftsführung weitergegeben.

08:30 Uhr Start Skitag – das Skigebiet startet für die Öffentlichkeit. Bis jetzt sind bereits 150 Menschen am Berg (inkl. Gastronomie), um alles vorzubereiten und ab nun für den Betriebstag zur Verfügung zu stehen.

09:00 Uhr Abstimmungsgespräche – Besprechung des Pistendienstes über die Aufgaben des Tages inkl. Pistenkontrollen während Betrieb, Vorgehensweise Schlussfahrt vom Tag, Rettungseinsätze, Pausenmanagement, ...

05 Kontrolltätigkeiten am Morgen mit Check der Beschilderung (Quelle: LO.LA, 2025) | 06 Einsatzgeräte am Berg sind unerlässlich für die Pistensicherheit (Quelle: Gletscherbahnen Kaprun AG, 2025) |





07 Handsprengung LawK Kitzsteinhorn-Kaprun (Quelle: Gletscherbahnen Kaprun AG, 2025) | 08 Gleitschnee-problematik in Langwied - Freeridebereich am Kitzsteinhorn (Quelle: LO.LA, 2025) |

09:45 Uhr Rettungseinsatz auf Piste 1 „Alpincenterpiste“ – 1 Rettungssanitäter fährt mit Skidoo zum Unfallort zur Hilfeleistung; Einzelsturz mit Verdacht auf Knieverletzung → Abtransport mit Skidoo möglich

10:20 Uhr Sonstiges - Neben Büroarbeit (Dokumentation Pistenunfälle, Abstimmungen Lawinenkommission, kurze Besprechungen mit Geschäftsführung über anstehende Events am Berg) bleibt auch noch Zeit für eine kurze Verschnaufpause und dem Organisieren der persönlichen Schutzausrüstung → neue Skibrille beim Intersport abgeholt, Batterien im LVS Gerät gewechselt und Sichtkontrolle Airbag-Rucksack (monatliche Kontrolle).

11:00 Uhr Check im Gelände – die Lawinenkommission fährt ihren definierten Geltungsbereich ab, um Sichtkontrollen durchzuführen. Es bleibt heute auch Zeit für einen Abstecher ins Gelände, um einen Schneedeckentest zu machen. Test ist ohne Ergebnis – stabile Lawinensituation. Gleitschneeaktivitäten sind zu kontrollieren und entsprechend auch zu dokumentieren.

12:15 Uhr Pause - Zeit für ein kurzes Mittagessen des Pistendienstes. 2 (von 5) Personen sind immer auf den Pisten unterwegs, um schnell Handeln zu können. Pistenkontrolltätigkeiten während des Tages werden in LO.LA Safety protokolliert. Keine spezifischen Maßnahmen zur Pistensicherheit notwendig.

13:30 Uhr Lokales Wissen schärfen - Lagebesprechung zur Lawinensituation für Morgen. Aufgrund der Wetterprognose und der derzeitigen Lawinensituation wird morgen wahrscheinlich eine Sprengserie gestartet werden. Die Sprengbefugten haben die Aufgabe am Nachmittag dies vorzubereiten → Kontrolle der Verfügbarkeit der Sprengmasten, Vorbereitungstätigkeiten Handsprengung

14:30 Uhr Organisatorisches zum Tagesende - im Pistendienst werden die Schlussfahrten eingeteilt mit dem Hinweis, dass besonders auf die Bereiche unterhalb Alpincenter Wert gelegt werden sollte, da dort morgen früh voraussichtlich Sprengaktivitäten stattfinden werden. Einzelne Beschilderungen und Netze werden vorsorglich umgelegt und Sperrtafeln an den neuralgischen Stellen (am Rand der Piste) bereits positioniert.

15:10 Uhr Rettungseinsatz auf Piste 5a „Maurerpiste 1“ – 1 Rettungssanitäter fährt mit Skidoo zum Unfallort zur Hilfeleistung; Verdacht auf Wirbelverletzung → Hubschrauber wird alarmiert, weitere Mitarbeiter des Pistendienstes werden nachalarmiert zur Absperrung der Piste für Hubschrauberlandung → Hubschrauber fliegt Patienten ins Krankenhaus Zell am See.

16:00 Uhr Offizielles Ende des Pistenskitages - der Pistendienst startet die Schlussfahrten per Ski bzw. Betriebsleiter an den Bahnen fahren definierte Abfahrten mittels Skidoo → Keine außergewöhnlichen Maßnahmen → Dokumentation in LO.LA Safety

16:45 Uhr Rückkehr ins Tal - Teil des Pistendienstes kehrt ins Tal zurück. Die Nachtschicht Pistendienst bleibt am Berg und unterstützt bei der Präparierung der Pisten. Am Morgen ist dann die Vorbereitung Lawinensprengung geplant. Je nach Wettersituation wird die weitere Vorgehensweise mit dem Obmann der Lawinenkommission morgen um 06:30 Uhr abgestimmt.

Tageszusammenfassung (ein gewöhnlicher Betriebstag im Winter):

- ▷ Gäste am Berg → 6.000 Eintritte (zum Beispiel gesamt für die Wintersaison 23/24 → ca. 979.000 Eintritte)
- ▷ 6 Pistenunfälle am Tag
- ▷ 60 Pistenkontrollen am Tag (Morgenfahrten, Fahrten während Betrieb, Schlussfahrten)
- ▷ 3 Tätigkeiten Lawinenkommission (1x lokale Beurteilung, 1x Schneedeckentest, 1x Handlungsempfehlung inkl. Vorbereitungsarbeiten Sprengungseinsatz)

Worüber gesprochen wird!

Sicherheitsmanagement wird gerne als „stilles“ Qualitätsmerkmal im Tourismus bezeichnet. Ereignisse wie Unglücke auf Bahnen, Lawinenunfälle, tödliche Pistenunfälle haben zu einer Sensibilisierung geführt ▷ meist für kurze Zeit. Die „Halbwertszeit des Vergessens“ macht uns hierbei einen Strich durch die Rechnung. Starke Prozesse, ein tiefansässiges lokales Wissen der Experten vor Ort, ein Vertrauen der Geschäftsführung in die Tätigkeiten des Sicherheitsmanagements helfen dem Thema Sicherheit im Skigebiet einen Stellenwert zu geben, der auch gerechtfertigt ist und der auch nachhaltig gestaltet werden sollte. Es wird dabei immer schwieriger, Personal für diese verantwortungsvolle Tätigkeit zu finden, denn gerade in der Ausbildung ist hier noch Luft nach oben. Gemeinsam mit LO.LA werden die Gletscherbahnen Kaprun AG sich diesem Thema widmen und verstärkt in die Kompetenz ihrer MitarbeiterInnen investieren.

René Cizek
rene.cizek@kitzsteinhorn.at
Gletscherbahnen Kaprun AG
Stefan Ortner
hello@lo-la.info
Lo.La Peak Solutions GmbH



01 Präventiv ausgelöste Lawine mittels GAZEX Zündrohren. |

20 33 Jahre im Dienst der Lawinenkommission Idalpe

Autoren Serafin Siegele, Paul Dobesberger, Harald Riedl

Ein Rückblick auf wichtige Meilensteine und Entwicklungen im Lawinenrisikomanagement des Skigebiets Ischgl

Das Skigebiet Ischgl liegt im Paznauntal im Tiroler Oberland und öffnete seine Pisten erstmals vor etwas mehr als 60 Jahren. Den Grundstein für die Entstehung der Silvretta Arena legten 1961 73 Gesellschafter – Großteils Bauern aus Ischgl und der Umgebung – mit der Gründung der Silvrettaseilbahn AG, und dem Bau der Silvrettatabahn, welche direkt von Ischgl auf die Idalpe führte. In den ersten Jahren war Lawinenrisikomanagement noch kein großes Thema in Ischgl, da sich das ganze Geschehen rund um die Idalpe abspielte und die vorhandenen Abfahrtsmöglichkeiten – markierte und präparierte Pisten gab es damals

noch keine – bei normalen Verhältnissen nicht durch Lawinen gefährdet waren. Zudem war es in den Anfängen des Skigebiets auch noch kein Problem, dass man bei erhöhter Lawinengefahr Teile oder auch das gesamte Gebiet gesperrt lassen konnte, bis sich die Wetterlage und der Schneedeckenaufbau stabilisiert hatten.

In den Folgejahren entstanden weitere Liftanlagen und ab der Skisaison 1970/71 wurden die Pisten in Ischgl erstmals von Menschen präpariert. Mitte der 1970er-Jahre wurde auch im Ort Samnaun eine AG für Bergbahnen gegründet und Liftanlagen errichtet. Bereits kurz nach der Gründung wurde die Silvrettaseilbahn AG mit 51% auch Mehrheits-eigentümer des angrenzenden Skigebiets in Samnaun und trieb in den Folgejahren den grenzübergreifenden Zusammenschluss der beiden Gebiete

durch mehrere Liftanlagen und Pisten voran. Ab der Wintersaison 1978/79 war es dann soweit, dass die beiden Skigebiete verbunden war und somit ein grenzübergreifendes Skifahren zwischen Österreich und der Schweiz in der Silvretta Arena ermöglicht wurde.

Mit seiner hochalpinen und schneesicheren Lage zwischen 1.377 und auf 2.870 m Höhe, einer Wintersaison von Ende November bis Anfang Mai und einem Pistennetz von 238 km ist Ischgl mittlerweile eines der größten Skigebiete in den Alpen und bringt jährlich bis zu 17 Millionen Gäste in die Region. Einhergehend mit dem Ausbau des Skigebiets, dem stetigen Zuwachs an Urlaubs- und Tagesgästen sowie der Transformation vom einem kleinen Bergdorf zu einer weltbekannten Urlaubsdestination wurden auch die Anforderungen an die Sicherheit der Gäste sowie die Verfügbarkeit der Liftanlagen und Pisten immer größer.

Die Anfänge der Lawinensicherung

Mit der zunehmenden Erweiterung des Skigebiets wurden auch immer mehr Bereiche erschlossen, welche von teils sehr großen Lawinen gefährdet sind. Somit mussten die Lawinengefahr in den Einzugsgebiet dieser gefährdeten Pisten ständig beurteilt sowie nach Möglichkeit auf ein akzeptables Maß reduziert werden, um längere Sperrungen von Teilbereichen oder gar des gesamten Gebiets zu vermeiden. Der überwiegende Teil des 238 km langen Pistennetzes in Ischgl ist potentiell durch Lawinen gefährdet, aber nur 11 km sind mit permanenten Maßnahmen wie Schneebrücken oder Galerien gesichert. Dieser Umstand belegt, dass man in Ischgl schon früh für die Sicherung von Pisten und Liftanlagen auf die Gefahreinschätzung durch eine örtliche Lawinenkommission, sowie die präventive Auslösung von Lawinen gesetzt hat.

Die Arbeit der Lawinenkommission Idalpe wird durch die günstige Skigebietsstruktur zumindest dahingehend erleichtert, dass man ausgehend von einem sicheren Kernbereich die Lawinenhänge schrittweise sichern sowie im Anschluss die zugehörigen Pisten präpariert und öffnen kann. So werden am Morgen als erstes die beiden Bereiche Talabfahrten und Idalpe gesichert, präpariert und im Normalfall bis 08:30 Uhr für die Gäste freigegeben. Da somit bereits zwei große Bereiche für den Skilauf geöffnet sind, kann sich die Lawinenkommission ohne den Druck, das Skigebiet möglichst rasch öffnen zu müssen, in die anderen Bereiche vorarbeiten und Hang für Hang beurteilen und sichern. Da diese Sicherungsarbeiten per Hand aber sehr zeitaufwendig sind, setzten man in

Ischgl schon sehr früh auf den Einsatz von Sprenganlagen für die kontrollierte Auslösung von Lawinen (siehe dazu auch Siegele et al. 2018).

So wurden bereits in der Saison 1972/73 erste Lawinensprengungen per Hand im Skigebiet durchgeführt und mehr oder weniger im selben Zuge auch drei Lawinensprengseilbahnen in Bereichen, die nicht oder nur mit viel Aufwand erreicht werden konnten, installiert. Diese Sprengseilbahnen wurden zu Beginn noch mit Dieselmotoren betrieben und später auf elektrisch Antriebe umgestellt, was deren Betrieb erheblich verbesserte sowie die Zuverlässigkeit deutlich erhöhte. Dass die kontrollierte Lawinenauslösung auch in Ischgl damals aber noch in den Kinderschuhen steckte, erkennt man an der Tatsache, dass für die Sprengarbeiten im Gebiet nur ein Bunker mit einem Fassungsvermögen von 25kg Sprengstoff zur Verfügung stand, was gerade einmal den damaligen Tagesbedarf abdeckte.

Parallel zu dem generellen Ausbau des Skigebiets wurde in den folgenden Jahrzehnten auch das Lawinenrisikomanagement in Ischgl stetig erweitert, modernisiert und mit der Unterstützung der Geschäftsführung auch neue Wege bestrieten.

1991 startet Serafin Siegele in seine erste Saison bei der Lawinenkommission Idalpe – damals hat diese noch 10 bis 15 Mitglieder, welche sich vorrangig aus Skilehrern und Bergführern zusammensetzte. Da diese Personen tagsüber jedoch ihren hauptberuflichen Tätigkeiten nachgehen mussten, war Serafin unter Tags mit der laufenden Beurteilung der Gefahrensituation im Skigebiet oftmals auf sich alleine gestellt.

Als 1992 in Tirol das Landesgesetz für Lawinenkommissionen eingeführt wurde (Amt der Tiroler Landesregierung, 1991), nahm Serafin dies zum Anlass um zusammen mit Raimund Mair, welcher beim Land Tirol für die Lawinenwarnung sowie die Lawinenkommissionen zuständig war, die Lawinenkommission Idalpe umzustrukturieren. Abermals stand auch die Geschäftsführung dieser Neuerung positive gegenüber und gab die benötigten Mittel frei, sodass mit der Saison 1993/94 in Ischgl eine der ersten hauptberuflichen Lawinenkommissionen Österreichs geschaffen wurde. Die neue Lawinenkommission Idalpe bestand damals noch aus vier Seilbahnangestellten mit der Hauptaufgabe die Lawinengefahr im Winter fortlaufend zu beurteilen, sowie notwendige Sicherungsarbeiten bzw. Sperrungen vorzuschlagen und teilweise auch selber auszuführen.

Ebenfalls 1993 wurde zudem die ersten beiden GAZEX Zündrohre der französischen Firma tas im



02 Mitglieder der Lawinenkommission Idalpe beim Lawinensprengen aus dem fix im Skigebiet stationierten Hubschraubers der Firma Schenk Air. (Quelle: Lawinenkommission Idalpe) | 03 Kontrolliert ausgelöste Lawine mittels Wyssen Lawinen-Sprengmast. (Quelle: Wyssen) |

Skigebiet installiert. Durch den Einsatz dieser automatischen Lawinenauslöseanlagen konnte zum einen die Sicherheit der Sprengteams erhöht und der Zeitaufwand für die Sicherungsarbeiten dieser Bereich deutlich reduziert werden. Bis 1998 wurden im Skigebiet Ischgl insgesamt 36 GAZEX Zündrohre errichtet, welche zum Teil bis heute noch im Einsatz sind.

Dem konsequenten Ausbau der Lawinensicherungsmaßnahmen im Gebiet war es schließlich auch zu danken, dass die Silvretta Arena relativ glimpflich durch den Katastrophenwinter 1998/99 gekommen ist. Durch massive Lawinensprengungen teilweise in der Früh und am Abend musste das Skigebiet nur an einem Tag geschlossen bleiben. Auch konnten größere Schäden an den Infrastrukturen durch extreme Lawinen infolge der regelmäßigen Entladungen der Hänge mittels kontrollierter Lawinenauslösung vermieden werden. Infolge der extrem ergiebigen Neuschneefälle im Januar und Februar 1999 war jedoch der Sprengstoffverbrauch in diesen Wochen extrem hoch und zudem die Zufahrtsstraßen ins Paznauntal gesperrt, sodass man mitten in der Saison Sprengstoff per Helikopter vom Inntal in das Skigebiet einfliegen musste um die Sprengarbeiten weiter durchführen zu können.

Übergang zu einem integralen und modernen Lawinenrisikomanagement

Der Lawinenwinter 1999 brachte in Tirol einiges ins Rollen – so wurde zum Beispiel der Lawinenwarndienst des Land Tirol personell aufgestockt und das Netz an automatischen Wetter- und Schneestationen in den folgenden Jahren zu einem

der dichtesten weltweit ausgebaut. Auch wurde die Lawinenwarnung durch den Ausbau des Beobachternetzes sowie durch verbesserte Prognosemodelle von Saison zu Saison verbessert. Parallel dazu wurde ein umfangreiches Angebot an Ausbildungskursen für Lawinenkommissionsmitglieder sowie einem zugehörigen Ausbildungshandbuch geschaffen, welche von der Beurteilung der aktuellen Lawinengefahr, über die Setzung von Maßnahmen bis hin zur Rettung von Lawinenopfern das gesamte Spektrum der Aufgabenbereiche einer Lawinenkommission abdeckt (Amt der Tiroler Landesregierung, 2022).

Ein weitere großer Meilenstein im Lawinenrisikomanagement in Ischgl war die fixe Stationierung eines Rettungshubschraubers der Firma Schenk Air direkt im Zentrum des Skigebiets auf der Idalpe ab der Saison 1999/00. Primär dient dieser Helikopter zwar der notärztlichen Versorgung und dem Abtransport von Verletzten in die umliegenden Krankenhäuser, aber es gab auch von Anfang an eine Abmachung, dass die Lawinenkommission Idalpe bei Bedarf jederzeit auf diesen Helikopter zugreifen kann um Lagebeurteilungen sowie Lawinensprengungen durchzuführen. Somit war die Lawinenkommission nicht mehr auf die Verfügbarkeit von Hubschraubern aus der weiteren Umgebung angewiesen und kann bei Bedarf jederzeit und ohne Vorlaufzeit auf dieses Helikopter zur Unterstützung ihrer Arbeit zurückgreifen.

2003 führten die Bergbahnen Ischgl zur Protokollierung des Wetterverlaufs, des Schneedeckenaufbaus, von Lawinensprengungen und des Sprengstoffverbrauchs die Softwarelösung AFADE im Skigebiet ein. Zudem war es mit diesem

Tool möglich ähnlichen Tagen in der Datenbank zu finden und durch die damals erfasste Lawinenaktivität Rückschlüsse auf die aktuelle Lawinensituation zu ziehen. Die Einführung dieser Software stellt zudem den Startpunkt eines der umfangreichsten digitalen Datensätze mit Informationen zum Wettergeschehen, der Schneedecke und der Lawinenaktivität im Alpenraum dar.

Da durch den stetig steigenden Sicherungsaufwand im Skigebiet auch der Sprengstoffverbrauch stetig stieg, entschied man sich im Jahr 2004 für den Bau von zwei neuen Sprengstoffbunker mit jeweils 5t zulässiger Lagermenge. Diese beiden Bunker befinden sich am Rande des Skigebiets, wodurch ein sicheres Vorbereiten von Sprengladungen auch während des laufenden Skibetriebs möglich ist. Zudem können nun auch größere LKW direkt zu den Bunkern gelangen und diese mit dem benötigten Jahresbedarf ohne aufwendiges Umladen beliefern. Vor den Bunkern wurde ein Vorplatz asphaltiert, sodass der Hubschrauber nun direkt vor den Bunkern landen kann um die Mannschaft sowie den Sprengstoff zum Helisprengen aufzunehmen.

2009 entschied sich die Lawinenkommission Idalpe beim Bau von neuen automatischen Sprenganlagen einen Systemwechsel vorzunehmen und statt des bis dato präferierten Gassystems auf die in Österreich noch relativ neuen Lawinen-Sprengmasten der Schweizer Firma Wyssen Avalanche Control zu setzen. Da sich das System im täglichen Einsatz sehr gut bewährte und durch die Überschneesprengung auch eine größere Fläche bewirkt werden kann, wurden seit dem Systemwechsel nur mehr Wyssen Lawinen-Sprengmasten installiert. Aktuell stehen der Lawinenkommission 74 Sprengmasten für die tägliche Sprengarbeiten zur Verfügung. Aktuell laufen die Bauarbeiten für weitere neun Anlagen im Gebiet und auch das werden laut Serafin Siegele nicht die letzten automatischen Sprenganlagen in Ischgl bleiben.

Großen Aufschwung erfuhr der Ausbau der automatischen Sprenganlagen in Ischgl vor allem auch durch die Änderungen im Seilbahngesetz 2011 (BMVIT 2011). Aufgrund des angepassten Seilbahnerlass war es nun auch zulässig das Liftanlagen und Pisten nur durch kontrollierte Lawinenauslösung gesichert wurden. Bis zu diesen Anpassungen musste die Bergesicherheit der Seilbahnanlage sowie die Lawinensicherheit zumindest einer zugehörigen Piste mit permanenten Maßnahmen sichergestellt werden. Diese neue Rechtslage brachte nicht nur die leichtere Umsetzung von neuen Projekten mit sich, sondern es wurden teilweise

auch bestehend Stahlschneebrücken abgebaut und durch Sprengmasten ersetzt.

Auch wenn durch den stetigen Ausbau der Lawinensprenganlagen im Skigebiet die Öffnung der Pisten deutlich schneller und sicherer von statten ging, war die Zufahrtsstraßen nach Ischgl nach größeren Neuschneefällen aufgrund erhöhter Lawinengefahr teils für mehrere Tage gesperrt. Um hier ebenfalls Abhilfe zu schaffen, wurde 2011 durch die Gemeinde Ischgl zusammen mit dem Land Tirol und der Wildbach- und Lawinverbauung ein Pilotprojekt ins Leben gerufen um die beiden Lawinenzüge Großtal und Hoher Zug mittels automatischer Sprenganlagen zu sichern. Gerne griff man hierbei auf die Expertise der Lawinenkommission Idalpe und von Serafin Siegele im Bereich der Lawinensprengung zurück. Gemeinsam wurden ein Konzept zur Sicherung der der einzigen Straße zwischen Ischgl und Galtür sowie eines Winder-Wanderwegs und einer Langlaufloipe erarbeitet und in weiterer Folge acht Wyssen Lawinen-Sprengmasten sowie ein Lawinenradar installiert. Seit der Installation und dem

04 Harald Riedl (Land Tirol) und Serafin Siegele (rechts) beim Vorstellen des Pilotprojektes Großtal im Zuge eines Ausbildungskurses für Lawinenkommissionen in Tirol. (Quelle: Lawinenkommission Idalpe) |





05 Lagerhalle zwischen zwei Sprengstoffbunker für aktuell 74 Magazinkästen der Wyssen Sprengmasten des Skigebiets sowie der 8 Magazinkästen von der Gemeinde Ischgl. (Quelle: Lawinenkommission Idalpe)

regelmäßigen Absprengen von Lawinen, musste die Straße in diesem Bereich, mit der Ausnahme der Sprengarbeiten selber, nicht mehr gesperrt werden.

Aufbauend auf den Erkenntnissen dieses Pilotprojektes fasst der Tiroler Landtag 2012 den Entschluss, für weitere Projekte dieser Art eine Richtlinie für den Einsatz temporärer Schutzmaßnahmen gegen Lawinen zu erarbeiten (Amt der Tiroler Landesregierung 2013, Riedl et al. 2018). Das Folgeprojekt im Gemeindegebiet von Kappl konnte bereits anhand dieser Richtlinien umgesetzt werden und somit ein weiterer Lawinenzug, welcher die Zufahrtsstraße nach Ischgl gefährdet, mittels dreier Wyssen Lawinen-Sprengmasten sowie einem Lawinenradar gesichert werden.

Durch den weiteren Ausbau von Lawinen-Sprengmasten wurde die Lagermöglichkeiten der Magazinkästen über den Sommer immer knapper und so entschied man sich 2012 für den Bau einer Lagerhalle für die Wyssen Sprengmasten zwischen den beiden bestehenden Sprengstoffbunkern. Somit wurde eine einzigartige Infrastruktur für die Lagerung und Vorbereitung von Sprengladungen geschaffen, welche die Arbeit der Sprengbefugten beim Laden der Sprengmasten sowie dem Vorbereiten der Ladungen für das Sprengen aus dem Hubschrauber enorm erleichterte und auch wesentlich sicherer machte. Durch die Lage am Rande des Skigebiets, ist es seit dem auch während des laufenden Skibetriebs möglich, Vorbereitungsarbeiten für das Sprengen aus dem Helikopter sowie zum Nachladen der Sprengmasten durchzuführen.

2013 wurde das Skigebiets durch die Erschließung des Bereichs Val Gronda nochmals deutlich erweitert. Um den Sicherheitsstandard trotzdem auf demselben hohen Niveau zu halten, wurde die Lawinenkommission Idalpe um eine zusätzliche Personen aufgestockt, sodass das Team fortan aus fünf hauptberuflichen Lawinenkommissaren bestand, wobei jeden Tag mindestens drei Teammitglieder gleichzeitig am Berg Dienst haben. Auch die Erschließung dieser neuen großen Geländekammer ging mit der Errichtung zusätzlicher Sprengmasten zur Sicherung der neuen Pisten.

Nach 15 Jahren am Markt wurden die Steuerung der Wyssen Lawinensprengmasten vom Hersteller komplett überarbeitet und auf den neuesten Stand der Technik gebracht. Dabei wurde die Hauptkommunikation von Funk auf Mobilfunk umgestellt (GPRS) und die Software von einer fix installierten Desktopanwendung auf eine browserbasierte Onlineanwendung umgestellt. In Ischgl entschied man sich 2015 auch alle bestehenden 65 Sprengmasten im Gebiet auf diese neue Steuerung umzurüsten und somit alle Lawinensprengmasten auf demselben technischen Stand zu haben. Mit der neuen Steuerung wurde der Verbindungsaufbau mit den Sprengmasten deutlich erleichtert und beschleunigt und zudem die Möglichkeit der Mehrfachauslösung von allen Sprengmasten auf derselben technischen Stand zu haben. Mit der neuen Steuerung wurde der Verbindungsaufbau mit den Sprengmasten deutlich erleichtert und beschleunigt und zudem die Möglichkeit der Mehrfachauslösung von allen Sprengmasten erheblich reduziert werden konnte. Zusammen mit einer intuitiven und webbasierten Benutzeroberfläche wurde durch das Upgrade der Steuerun-

gen, die Arbeit der Lawinenkommission sowie die Dokumentation der Sprengungen deutlich erleichtert.

Die Lawinenkommission Idalpe hatte sich bereits bei der Konzipierung der neuen Software für die Steuerung der Sprengmasten mit wichtigen Inputs eingebracht und war in den folgenden Jahren auch bei der Erweiterung der Software um zusätzliche Module für Lawinenkommissionen als Entwicklungskunden stark involviert. Mit der Saison 2021/22 wurde auch diese zusammen entwickelten Module der Softwareumgebung WAC.3 in den operativen Dienst übernommen, wodurch die Lawinenkommission Idalpe nun den Großteil ihrer täglichen Arbeit über die Softwarelösung WAC.3 ausführen bzw. protokollieren kann. Neben der Bedienungssoftware für die Sprengmasten umfasst WAC.3 in Ischgl weitere Module zur Informationsbeschaffung, der internen Kommunikation, zur strukturierten Lagebeurteilung, zur Dokumentation von Hubschrauber-Sprengungen, zur Dokumentation von Lawinenabgängen und zur Sprengstoff-Lagerbuchführung. Auch der Nearest Neighbor Ansatz zur Bestimmung der ähnlichsten Tage in der Vergangenheit aus der AFADE Software wurde komplett überarbeitet und im WAC.3 Cockpit integriert. Als weitere Unterstützung im Entscheidungsprozess der Lawinenkommission kam im selben Zuge die tägliche Simulation des Schneedeckenaufbaus im Gebiet mittels des Schneedeckenmodells SNOWPACK sowie die übersichtliche Darstellung der Ergebnisse im WAC.3 Cockpit hinzu. Auch diese Investition brachte zum einen eine große Erleichterung in der täglichen Arbeit der Lawinenkommission Idalpe mit sich und zum anderen, konnte durch diese Umstellung auch der Standard im Prozess der Informationsbeschaffung, Lagebeurteilung und Dokumentation des Entscheidungsfindungsprozesses sowie der gesetzten Maßnahmen auf den neuesten Stand der Technik gebracht werden. Durch die durchgehende Ausrichtung aller Module auf den mobilen Einsatz ist es den Kommissionsmitgliedern jetzt auch möglich an jedem Ort aktuelle Informationen abzurufen, Notizen zu erfassen, Lagebeurteilungen zu erstellen und Sprengungen auszulösen.

Fazit

In den letzten Jahrzehnten wurden dank der rechtlichen und betrieblichen Rahmenbedingungen sowie dem täglichen Einsatz der Lawinenkommission Idalpe das Lawinenrisikomanagement in der Silvretta Arena auf ein, auch im internationalen Vergleich betrachtet, extrem hohes Level gehoben.

Aktuell stehen der Lawinenkommission Idalpe mehr als 100 automatische Anlagen zur kontrollierten Lawinenauslösung, sowie ein im Skigebiet stationierter Hubschrauber zum Lawinensprengen zur Verfügung. Zusammen mit jenen Sprengpunkten, die noch mit Handladungen sowie dem Abschieben durch Pistengeräte gesichert werden, werden regelmäßig an 450 Punkten im gesamten Skigebiet präventiv Lawinen ausgelöst um die Sicherheit der Gäste und der Bediensteten zu garantieren. Eindrucksvoll wird der Sicherungsaufwand in Ischgl durch die bis zu 3.500 durchgeführten Lawinensprengungen pro Saison oder dem Sprengstoffverbrauch von bis zu 12t pro Winter veranschaulicht.

Trotz aller technologischer Fortschritte und technischer Hilfsmittel steht für Serafin Siegele nach wie vor fest, dass der Mensch immer noch das wichtigste Puzzlestück im Lawinenrisikomanagement ist und wohl auch noch in den nächsten Jahrzehnten bleibt wird.

Rückblickend auf drei Jahrzehnte in der Lawinenkommission Idalpe könnte Serafin nicht sagen, dass sich die Winter und vor allem die Lawinen im Skigebiet geändert hätten. Was sich aber auf jeden Fall geändert hat, ist das Verhalten der Gäste. Zum einen geht der Trend mehr und mehr zu kürzeren Urlauben. Waren die Gäste früher noch zwei bis drei Wochen im Tal, geht der Trend aktuell in Richtung zwei bis drei Tage, weshalb Sperrzeit infolge von Wind oder erhöhter Lawinenaktivität auch nicht mehr so akzeptiert werden wie früher.

Nicht zuletzt deshalb ist sich Serafin Siegele sicher, dass man ein Skigebiet wie Ischgl ohne die kontrollierte Auslösung von Lawinen heute zu Tage nicht mehr betreiben könnte und der Ausbau der Lawinensprenganlagen wohl auch nach seiner Zeit bei der Lawinenkommission Idalpe noch weitergehen wird.

Neben dem Rückhalt durch die Geschäftsführung und den großen Investitionen die seit 1962 in den Ausbau des Lawinenrisikomanagements in Ischgl geflossen sind, waren auch die Anpassungen in den rechtlichen Rahmenbedingungen ein großer Meilenstein und haben so manche Neuerung im Skigebiet und in der Lawinenkommission Idalpe erst möglich gemacht.

Auch wenn es im großen und ganzen eine Erfolgsgeschichte ist auf die Serafin und sein Team zurückblicken dürfen, gab es in den drei Jahrzehnten auch Schattenseiten. So kam es 2012 zu einem tragischen Ereignis wo ein Mann vor den Augen seiner beiden Söhne auf einer geöffneten Piste von einer Lawine erfasst und getötet wur-



06 Serafin Siegele bei der Begutachtung einer kontrolliert ausgelösten Lawinen im Skigebiet Ischgl. (Quelle: Lawinenkommission Idalpe)

aus diesem Blickwinkel kam die COVID-19 bedingte Sperre des gesamten Skigebiets im darauffolgenden Winter sehr gelegen, da man dadurch einen Winter lang die drei neuen Mitglieder einlernen und eigene Erfahrungen sammeln lassen konnte. Nach 33 Winter in der ersten Reihe des Lawinenrisikomanagements in Ischgl war die vergangene Saison die letzte für Serafin Siegele als Obmann der Lawinenkommission Idalpe. Als Paznauner wird ihn das Thema Lawinen aber sicher auch im Ruhestand nicht loslassen und er darf sie hoffentlich noch viele Jahr aus der zweiten Reihe beobachten.

Literatur

- Amt der Tiroler Landesregierung: Landesgesetz über die Lawinenkommissionen, 1991.
- Amt der Tiroler Landesregierung, Abt. Zivil- und Katastrophenschutz, Lawinenkommissionsangelegenheiten (Hrsg.): Praxisempfehlungen Lawinensprengungen. Richtlinien für den Einsatz temporärer Schutzmaßnahmen gegen Lawinen, 2013.
- Amt der Tiroler Landesregierung, Abt. Zivil- und Katastrophenschutz, Lawinenkommissionsangelegenheiten (Hrsg.): Ausbildungshandbuch der Tiroler Lawinenkommissionen, 6. Auflage, 2022.
- BMVIT: Erlass der Bundesministerin für Verkehr, Innovation und Technologie betreffend den Lawinenschutz im Bereich von Seilbahnen (Seilbahnerlass 2011), 2011.
- Riedl, H., P. Dobesberger, und R. Sterr: Praxisempfehlung Lawinensprengungen – Richtlinien des Landes Tirol für den Einsatz temporärer Schutzmaßnahmen gegen Lawinen. In International Snow Science Workshop Proceedings 2018, Innsbruck, Austria, 2018.
- Siegele, S., W. Steinkogler und P. Dobesberger: Lawinenrisikomanagement im Skigebiet Silvrettaseilbahn AG (Ischgl). In International Snow Science Workshop Proceedings 2018, Innsbruck, Austria, 2018.

Serafin Siegele
 Silvrettaseilbahn AG, Ischgl, Austria
Paul Dobesberger
 paul@wyssen.com
 Wyssen Avalanche Control, Innsbruck, Austria
Harald Riedl
 harald.riedl@tirol.gv.at
 Land Tirol, Innsbruck, Austria

de. Auch wenn in der gerichtlichen Aufarbeitung, diese bis dato einzigen Lawinenopfers auf einer geöffneten Piste in Ischgl, kein Verschulden der Lawinenkommission festgestellt werden konnte und das Ereignis als nicht vorhersehbar eingestuft wurde, prägen solche Ereignisse jeden Menschen und regen zur kritischen Hinterfragung der eigenen Arbeit und der getroffenen Entscheidungen an. Eine weitere Bewährungsprobe für die Lawinenkommission Idalpe war ein Unglück bei einem Firmenausflug zur Pensionierung eines ihrer Mitglieder im Jahr 2020. Im Zuge des Ausflugs in das Schweitzer Kandertal zum Hauptsitz der Firma Wyssen, kam es bei einem Rundflug mit einem Kleinflugzeug zu einem Absturz bei dem zwei Mitglieder der Lawinenkommission Idalpe, der CEO von Wyssen sowie der Pilot ums Leben kamen. Zusätzlich zu dem schweren Schlag infolge des tragischen Verlustes von drei guten Freunden, wurde das Team der Lawinenkommission Idalpe somit kurz vor Saisonstart gleich um drei langjährige Mitglieder mit viel Erfahrung ärmer. Zumindest

WAC.3®

- ✓ Cockpit
- ✓ Lagebeurteilung
- ✓ Helisprengen
- ✓ Sprenganlagen
- ✓ Pistenkontrolle
- ✓ Unfälle
- ✓ Detektionssysteme
- ✓ Sprengstofflagerbuch uvm.



Die Softwarelösung im Lawinenrisikomanagement!



Wyssen Austria GmbH
 6020 Innsbruck
 +43 512 2193 46
 austria@wyssen.com
 www.wyssen.com



01 Ob es in Zukunft noch solche schneebedeckten Landschaften geben wird? (Quelle: Andreas Wedenig) |

21 Lawinenklimatologie auf Basis von SNOWPACK-Simulationen und dem AVAPRO-Algorithmus

Autor: Andreas Wedenig

Was ist eine Lawinenklimatologie?
 Das Konzept der **Lawinenklimatologie** beschreibt, wie sich Regionen anhand ihrer typischen Schnee- und Wetterbedingungen unterscheiden und welche charakteristischen Muster der Lawinenaktivität daraus entstehen. Ähnlich wie in der klassischen Schneeklimatologie werden Unterschiede in klimatischen Faktoren und Schneedeckenei-

genschaften herangezogen, um Häufigkeit, Typ und saisonale Verteilung von Lawinenereignissen zu erfassen. Traditionell unterscheidet man drei Haupttypen von Schneeklima: **maritim, kontinental und transitional** – ein Rahmen, der seit Jahrzehnten die Forschung wie auch die Gefahreinschätzung prägt.

Ein zentrales Hindernis besteht im Fehlen langfristiger und verlässlicher Datensätze zu Lawinenereignissen. Während Klima- und Schneedeckenprozesse vergleichsweise gut erforscht sind, mangelt es an systematischen Aufzeichnungen zu Art, Häufigkeit und zeitlichem Auftreten von Lawinen. Dadurch war es bislang kaum möglich, Schneeklimata direkt mit real beobachteten Mustern der Lawinenaktivität zu verknüpfen. Einen neuen Zugang eröffnet die Arbeit von Reuter et al. (2023). Sie nutzten erstmals simulierte Lawinenprobleme, um eine Lawinenklimatologie für die französischen Alpen abzuleiten. Auf Grundlage von SNOWPACK-Simulationen und dem Algorithmus AVAPRO konnten Häufigkeit und Saisonalität verschiedener Lawinenprobleme analysiert und in Clustern zusammengefasst werden. Daraus ergaben sich vier charakteristische regionale Muster: Northern, Southern, Inner-Alpine und Front Range. Das inneralpine Muster ist geprägt von häufig auftretenden Altschneeproblemen, nur wenigen Neuschneeproblemen und einem vergleichsweise späten Beginn der Nassschneezyklen. Im Gegensatz dazu zeigt das nördliche Muster nur wenige Altschneeprobleme, während Nassschneeprobleme in der Regel erst nach dem 1. April einsetzen. Das südliche Muster ist durch insgesamt eher wenige Neuschnee- und Altschneeprobleme gekennzeichnet, wobei Nassschneeaktivität bereits ab Anfang März auftritt. Das voralpine Muster weist ebenfalls eine geringe Zahl an Neuschnee- und Altschneeproblemen auf, unterscheidet sich jedoch durch einen deutlich früheren Beginn der Nassschneezyklen, meist schon vor dem 1. März.

Datenbasis

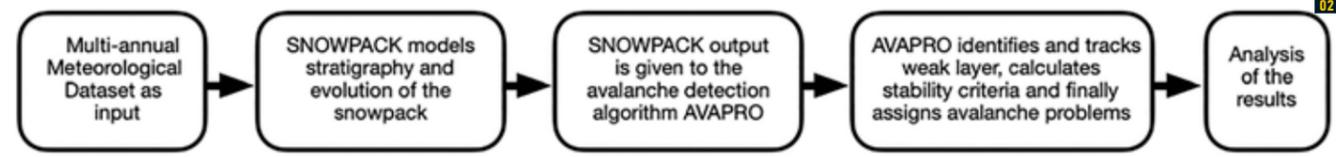
Für diese Arbeit wurden 11 alpine Messstationen (meist >2000 m Seehöhe) aus unterschiedlichen Regionen der Alpen ausgewählt. Die Stationen repräsentieren ein breites Spektrum klimatischer Bedingungen – von niederschlagsreichen Südalpen bis zu kalten, inneralpinen Lagen nördlich und südlich des Alpenhauptkamms. Insgesamt wurden 111 Wintersaisons (jeweils

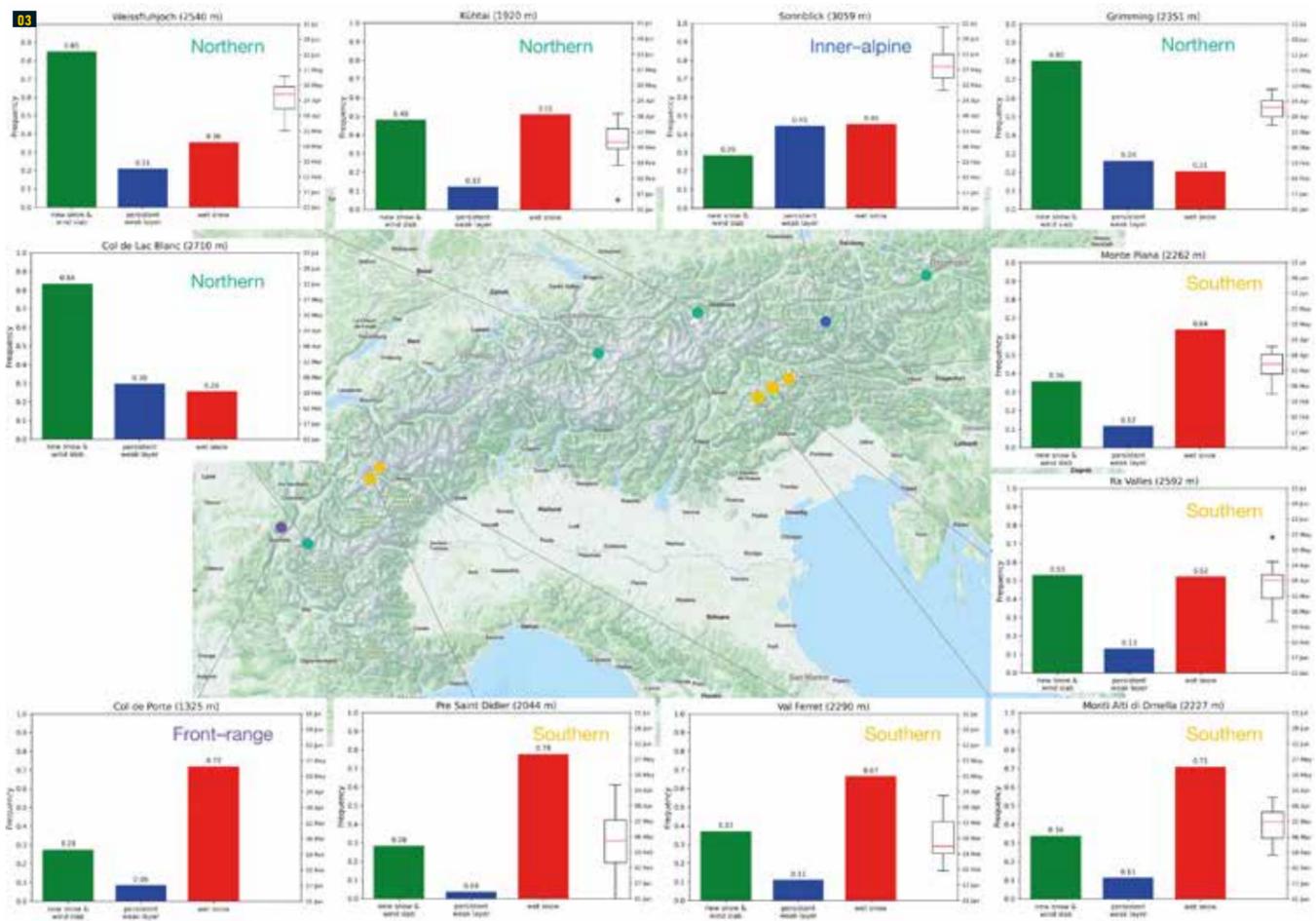
vom 1. September bis 31. August) simuliert. Die meteorologischen Eingangsdaten stammen von den jeweiligen Betreibern, u. a. GeoSphere Austria, ARPA Veneto und Regione Valle d'Aosta.

Methodik

Zur automatischen Bestimmung von Lawinenproblemen kommt der Algorithmus AVAPRO zum Einsatz. Er basiert auf der Methodik von Reuter et al. (2022) und wurde von Perfler et al. (2023) in Python für operationelle Anwendungen weiterentwickelt. Inzwischen ist AVAPRO Teil der Open-Source-Umgebung AWSOME (Avalanche Warning Service Operational Meteo Environment) und stellt damit ein universell einsetzbares Werkzeug für Lawinenwarndienste wie auch für die Forschung dar. Im Kern verfolgt AVAPRO einen prozessbasierten Ansatz, der die Schneedeckensimulationen (SNOWPACK oder CROCUS) täglich analysiert, relevante Schwachschichten identifiziert und ihre Stabilität bewertet. Durch die Analyse der simulierten Schneedecke liefert der Algorithmus Daten in täglicher Auflösung und ordnet jedem Tag eines der vier Hauptlawinenprobleme – Neuschnee, Tribschnee, Altschnee oder Nassschnee zu. Die Entscheidungskriterien beruhen auf stabilitätsrelevanten Parametern, die in früheren Arbeiten kalibriert und validiert wurden. Zum Beispiel gelten Schwachschichten als relevant, wenn sie von einer Schneeschicht überlagert sind, die mindestens 18 cm stark und im Mittel über 100 kg/m³ dicht ist (Schweizer & Jamieson, 2003). Nicht-persistente Schwachschichten – etwa innerhalb des Neuschnees – werden nach 48 Stunden wieder verworfen, sofern keine zusätzliche Belastung (z.B. neuer Schneefall oder Windverfrachtung) auftritt. Persistente Schwachschichten wie kantige Kristalle, Becherkristalle oder Oberflächenreif bleiben dagegen so lange aktiv, wie ihre charakteristischen Kornformen nachweisbar sind. Die Diagnose von Nassschneeproblemen erfolgt anhand zusätzlicher Energie- und Wasserbilanzparameter (Mitterer et al., 2016). Entscheidend ist

02 Modellierungsansatz. (Quelle: Andreas Wedenig) |





03 Simulierte tägliche Lawinenprobleme. Die Balken zeigen die Häufigkeit von Neuschnee- und Triebsschneeproblemen (grün), Altschneeproblemen (blau) sowie Nassschneeproblemen (rot). Der Boxplot veranschaulicht den Zeitpunkt des Einsetzens der Nassschneezyklen. Die farbigen Beschriftungen in den Boxen geben an, welchem Lawinenproblem-Cluster die Ergebnisse am ehesten Entsprechen. (Quelle: Andreas Wedenig)

dabei der Übergang von einer stabilen zu einer durchfeuchteten Schneedecke, in der der Flüssigwassergehalt eine kritische Schwelle überschreitet. So lässt sich der Beginn und die Dauer von Nassschneezyklen systematisch erfassen.

AVAPRO eine objektive, konsistente und reproduzierbare Klassifikation der Schneedeckenstabilität über lange Zeiträume. Besonders wertvoll ist dieser Ansatz, weil er nicht nur punktuelle Beobachtungen ersetzt oder ergänzt, sondern durch die standardisierte Auswertung von Simulationen vergleichbare Datensätze über ganze Regionen und mehrere Jahrzehnte hinweg ermöglicht. Einschränkungen bestehen vor allem bei der Erfassung von Triebsschneeproblemen, da Windprozesse und deren Indizes aktuell nur bedingt in Modellen abgebildet werden können. Dennoch eröffnet AVAPRO einen neuen Zugang zur systematischen Beschreibung von Lawinenproblemen und zur Entwicklung von Lawinenklimatologien.

Ergebnisse

Die Simulationen zeigen eine deutliche räumliche und zeitliche Variabilität in der Häufigkeit und im Auftreten verschiedener Lawinenprobleme:

Nassschneeprobleme treten am häufigsten auf und zeigen einen klaren Zusammenhang mit der Höhenlage: Das mittlere Einsetzen des Nassschneezyklus verschiebt sich pro 100 Höhenmeter um etwa 7,8 Tage nach hinten. Stationen mit maritimem Schneeklima beginnen früher, kontinentalere und höher gelegene Stationen später.

Die Dauer der Nassschneeperiode beträgt im Schnitt rund drei Monate – länger im Süden, kürzer im Norden. Insgesamt nimmt die Zahl der Nassschneelawinen an den meisten Stationen zu, oft verbunden mit einer früheren Saisonalität. Besonders deutlich zeigt sich dies an tiefer gelegenen Standorten (<2500 m), während hochalpine Stationen kaum Zunahmen im Winter verzeichnen.

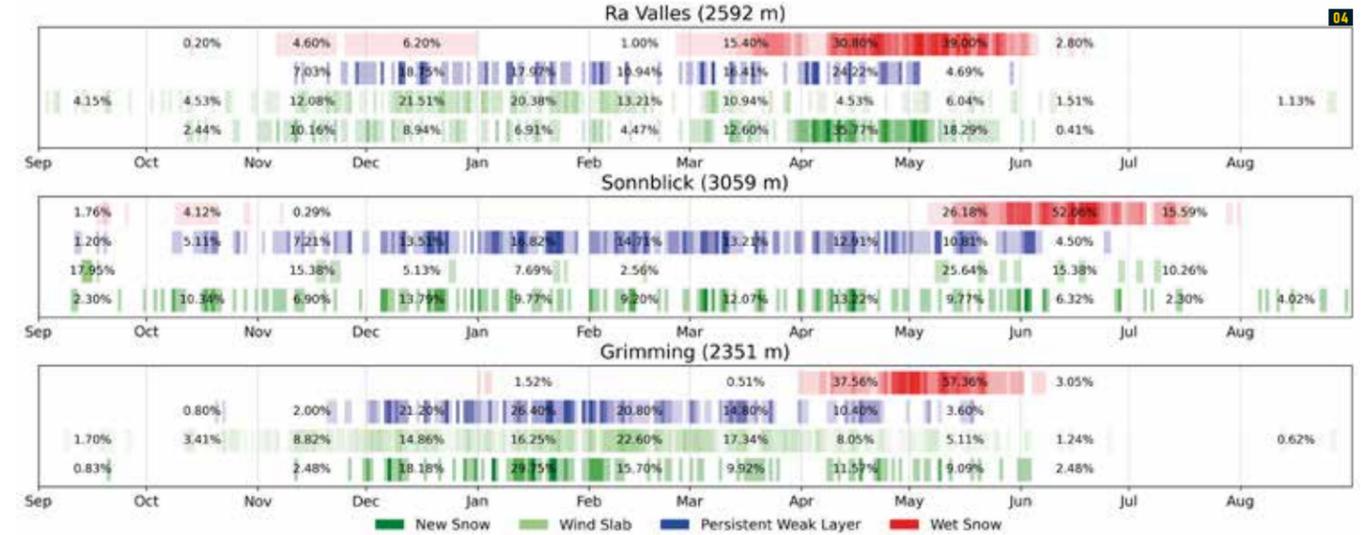
Mehrere Stationen (z. B. in der Aosta-Region, am Weissfluhjoch und am Gimming) weisen signifikante steigende Trends auf, teils mit mehr als einem zusätzlichen Tag mit Nassschneeproblemen pro Saison. Einzelne Stationen (z. B. Monte Piana, Col de Porte) zeigen dagegen konstantes oder sogar abnehmendes Verhalten, was auf eine kürzere Dauer der Schneebedeckung zurückzuführen ist. Diese Ergebnisse werden durch frühere Studien (u. a. Naaim et al. 2016; Reuter et al. 2022), die eine Zunahme von Nassschneelawinen und ein früheres Einsetzen von Nassschneelawinen in den Alpen und vergleichbaren Gebirgsregionen aufzeigen.

Altschneeprobleme sind insgesamt seltener, nehmen mit der Höhe jedoch deutlich zu. Ab rund 2300 m treten sie gehäuft auf, was den Zusammenhang zwischen kalten, hochgelegenen Schneedecken und der Bildung persistenter Schwachschichten verdeutlicht. Saisonale Häufungen zeigen sich vor allem in den kältesten Wintermonaten, doch grundsätzlich treten Altschneeprobleme über die gesamte Schneesaison hinweg auf. Trends sind weniger ausgeprägt als bei den Nassschneeproblemen: Während manche Stationen eine abnehmende Häufigkeit verzeichnen, wie etwa der Sonnblick mit einem deutlichen Rückgang an Tagen mit Altschneeproblem, zeigen andere Regionen leichte Zunahmen.

Neuschneeprobleme folgen stark den regionalen Niederschlagsmustern und sind besonders dort häufig, wo Staulagen und Tiefdruckeinflüsse regelmäßig für intensive Schneefälle sorgen – etwa am Weissfluhjoch oder am Gimming. In niederschlagsärmeren Regionen wie Kühtai (abgeschirmte Messstation) oder Monte Piana treten sie hingegen nur selten auf. Ihre saisonale Häufung liegt typischerweise im Hochwinter, wenn Schneefallintensität und -menge am größten sind. In den südlichen Alpen verschiebt sich das Maximum mitunter bis in den April, während Stationen nördlich des Alpenhauptkamms ihren Schwerpunkt bereits im Dezember bis Februar aufweisen. Einzelne Stationen wie jene im Aosta-Tal zeigen eine leichte Zunahme, während andere wie Sonnblick oder Gimming abnehmende Tendenzen aufweisen. Das Beispiel Gimming verdeutlicht zudem die enge Kopplung an synoptische Muster: Rund 30 % aller simulierten Neuschneeprobleme traten hier im Januar während typischer Nordstau-Lagen auf – ein Zusammenhang, der sich auch in Lawinenergebnissen widerspiegelt, die in den regionalen Warnberichten dokumentiert sind.

Triebsschneeprobleme erwiesen sich als am schwierigsten zu erfassen, da Windprozesse in den Modellen nur eingeschränkt abgebildet werden. Häufig wurden sie unterschätzt oder mit Neuschneeproblemen verwechselt, was die Grenzen der automatischen Detektion deutlich macht.

04 Saisonale Verteilung der Lawinenprobleme. Jedes Teilbild zeigt eine Messstation und stellt das kumulative tägliche Auftreten von Lawinenproblemen über mehrere Saisonen dar. Dunklere Farbtöne markieren überlappende Ereignisse einzelner Winter und verdeutlichen dadurch Zeiträume mit erhöhter Lawinenaktivität. (Quelle: Andreas Wedenig)



Lawinenklimata

Die stationenspezifischen Muster zeigen eine klare Übereinstimmung mit etablierten Klassifikationen der Schneeklimata. Maritime Regionen wie am Col de Porte sind geprägt von häufigen Nassschneeproblemen, während in kontinentalen Hochlagen wie am Sonnblick persistente Schwachschichten dominieren. Dazwischen liegen Übergangsregionen wie Weissfluhjoch oder Kühtai, die eine Mischform beider Extreme darstellen.

Interessant ist der Vergleich mit der clusterbasierten Einteilung von Reuter et al. (2023). Ihre Analyse unterscheidet vier Muster – *Front-Range, Nordalpin, Südalpin und Inneralpin* – die sich in unseren Ergebnissen deutlich wiederfinden. So lassen sich Standorte mit ähnlichen Bedingungen nicht nur über die Häufigkeit bestimmter Lawinenprobleme gruppieren, sondern auch über den Zeitpunkt der ersten Nassschneeprobleme. Dieses zusätzliche Kriterium schärft die regionale Differenzierung: Während inneralpine und hochgelegene Stationen ein spätes Einsetzen der Nassschneezyklen zeigen, beginnt die Aktivität in südlicheren und maritimen Regionen oft schon früh im Jahr.

Für die **Praxis im Wintersport** bedeutet das: Wer in ein Gebiet mit einem bestimmten Lawinenklimatyp fährt, kann bereits vorab mit typischen Problemen rechnen. In maritimen Gebieten ist es etwa wahrscheinlicher, schon im Februar mit Nassschnee zu tun zu haben. In kontinentalen Lagen dagegen spielt der Altschnee mit seinen tückischen Schwachschichten oft über die gesamte Saison hinweg eine zentrale Rolle. Übergangsregionen weisen beide Muster auf – was für Skitourengeher:innen und Freerider:innen eine besonders sorgfältige Tourenplanung erfordert, da sich die dominanten Gefahren im Saisonverlauf oft ändern.

Validierung des AVAPRO-Algorithmus

Der Abgleich mit den Prognosen der regionalen Lawinenwarndienste zeigt ein differenziertes Bild: Gute Übereinstimmung bei Nassschnee- und Altschnee- und Neuschnee-Problemen – sowohl hinsichtlich ihrer Häufigkeit als auch ihrer zeitlichen Entwicklung. Deutliche Abweichungen bei Trieb- und Nassschneeproblemen, die in den Simulationen häufig unterschätzt oder falsch klassifiziert wurden.

Die Validierung basiert auf dem Vergleich von punktuellen Stationssimulationen mit den regionalen Vorhersagen der Lawinenwarndienste und bringt daher gewisse Einschränkungen mit sich. Dieser Ansatz ist derzeit notwendig, da flächendeckende „Real-World“-Datensätze zu Lawinenproblemen fehlen, und bringt daher jedoch naturgemäß

Trotz dieser Schwächen bestätigt die Validierung, dass AVAPRO eine robuste Grundlage schafft, um großräumige und vergleichbare Datensätze zur Lawinenaktivität zu generieren.

Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass Simulationen ein wertvolles Werkzeug zur Entwicklung einer großräumigen Lawinenklimatologie darstellen. Sie erlauben es, regionale Muster, Höhenabhängigkeiten und saisonale Unterschiede systematisch zu erfassen.

Für die Zukunft sind entscheidend: längere Zeitreihen, bessere meteorologische Datengrundlagen, ein dichteres Messnetz im Alpenraum, zusätzliche Validierungen mit realen Lawinendaten sowie eine verbesserte Modellierung von Wind- und Trieb- und Nassschneeprozessen.

Damit entsteht nicht nur eine fundierte Basis für die wissenschaftliche Beschreibung von Lawinenklimata, sondern auch ein wertvoller Beitrag für die operative Lawinenwarnung und die Bewertung der Auswirkungen des Klimawandels im Alpenraum.

Literatur

- Baggi, S., & Schweizer, J. (2009). Characteristics of wet-snow avalanche activity: 20 years of observations from a high alpine valley (Dischma, Switzerland). *Natural Hazards*, 50(1), 101–124. <https://doi.org/10.1007/s11069-008-9322-7>
- Karbou, F., Veyssi re, G., Coleou, C., Dufour, A., Gouttevin, I., Durand, P., Gascoin, S., & Grizonnet, M. (2021). Monitoring Wet Snow Over an Alpine Region Using Sentinel-1 Observations. *Remote Sensing*, 13(3), 381. <https://doi.org/10.3390/rs13030381>
- Mitterer, C. & Schweizer, J. (2013). Analysis of the snow-atmosphere energy balance during wet-snow instabilities and implications for avalanche prediction. *The Cryosphere*, 7, 214–216. <https://doi.org/10.5194/tc-7-205-2013>
- Naaim, M., et al. (2016). Impact du r chauffement climatique sur l'activit  avalancheuse et multiplication des avalanches humides dans les Alpes fran aises. *La Houille Blanche*, 102, 12–20.
- Perfler, M., Binder, M., Reuter, B., & Mitterer, C. (2023). Assessing avalanche problems from operational avalanche forecasting based on different model chains. *Proceedings of the International Snow Science Workshop (ISSW)*.

- Reuter, B., Viallon-Galinier, L., Horton, S., van Herwijnen, A., Mayer, S., Hagenmuller, P., & Morin, S. (2022). Characterizing snow instability with avalanche problem types derived from snow cover simulations. *Cold Regions Science and Technology*, 194, 103462. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2021.103462>
- Reuter, B., Hagenmuller, P., & Eckert, N. (2023). Snow and avalanche climates in the French Alps using avalanche problem frequencies. *Journal of Glaciology*, 1–13. <https://doi.org/10.1017/jog.2023.23>
- Schweizer, J., Knappe, L., Reuter, B., & Mayer, S. (2024). On snow and avalanche climates in the Swiss Alps. In *Proceedings of the International Snow Science Workshop (ISSW)* (pp. 198–203).

Andreas Wedenig

Studium an der Universit t Graz, Institut f r Geographie und Raumforschung
Masterarbeit (2025): "Towards an avalanche climatology in the European Alps based on simulated avalanche problems"



01 Auf Tour beeinflussen Lawinensituation und Geländefaktoren laufend die Hangeinschätzung innerhalb der Gruppe. (Foto: Martin Edlinger) |

22

Wie beeinflussen Lawinensituation und Geländefaktoren die Tourenwahlen und die Hangeinschätzungen von Skitourengruppen?

Autor:innen Martin Schwiersch, Michaela Brugger, Lukas Fritz, Bernhard Streicher, Florian Hellberg, Christoph Hummel

Hintergrund

Gruppen im freien Skiraum wählen lawinenbezogen in der Regel machbare Touren. Aber sie übersehen lawinenbezogene Gefahrenstellen. Dies zeigte eine Feldstudie der DAV-Sicherheitsforschung in den Wintern 2019/20 and 21/22 in zwei typischen Skitourengeländen und einem Freeridegebiet, bei der 157 Gruppen mit 465 Personen befragt wurden (112 Skitourengruppen mit 345 Personen und 45 Freeridegruppen mit 120 Personen). Diese Diskrepanz wirft die Frage auf, ob und wie Lawinensituation und Geländefaktoren Tourenwahlen und Hangeinschätzungen von Skitourengruppen beeinflussen.

Im Rahmen der Studie war eine Geländestelle als ein Hangabschnitt $>30^\circ$ oder eine Stelle unterhalb eines solchen Abschnitts definiert. Eine solche Geländestelle ist eine potenzielle lawinenbezogene Gefahrenstelle und kann je nach Lawinensituation tagesaktuell eine Gefahrenstelle werden, die je nach Gefahrengrad noch passiert werden kann oder gemieden werden muss. Passagen unterhalb von 30° und außerhalb von Auslaufbereichen wurden in der Studie nicht betrachtet. Die Studie erhob zum einen die Einschätzungen und Entscheidungen der Grup-

pen für alle Geländestellen der gewählten Tour, zum anderen wurde für alle diese Stellen tagesaktuell eine strukturierte Risikoanalyse durch geschulte Experten durchgeführt, die das am Untersuchungstag gegebene Risiko einschätzte. Durch die Zusammenführung beider Datensätze konnte untersucht werden, wie die Einschätzungen und Entscheidungen der Gruppen von Gelände- und tagesaktuellen Lawinaspekten abhängen. Der Auswertungsdatensatz beinhaltet 776 Gruppeneinschätzungen an den von den Gruppen begangenen Geländestellen. Daten liegen vor für 133 Skitouren- und Freeridegruppen. Zum Zeitpunkt der Studie war die Fragestellung im Feld noch nicht untersucht worden.

Einführung

Die Todesfallrate von 8,7 Opfern auf eine Million Tourentage (Daten aus der Schweiz, 2005 bis 2015) und ihre abnehmende Tendenz (Winkler et al., 2017) deuten darauf hin, dass Skitourengruppen im wesentlichen probate Entscheidungen treffen. Allerdings wurden zwischen 80 und 90 % der tödlichen Lawinenunfälle von den Gruppen selbst ausgelöst (Landrø et al., 2020). Skitourenger*innen

müssen also lawinengefährdete Passagen erkennen, um angemessene Verhaltensmaßnahmen ergreifen zu können. Hier helfen ihnen grundsätzlich der Lawinenlagebericht, der im Laufe der Jahre kontinuierlich verfeinert und vereinheitlicht wurde (Müller et al., 2024). Doch die Frage, wie leicht eine Lawine an einem bestimmten Hang ausgelöst werden kann, übersteigt den Rahmen des Bulletins, das keine Beurteilung einzelner Hänge vornimmt (Winkler et al., 2021). Die Lücke zwischen der Risikoabstufung des Bulletins und der Notwendigkeit für den Skifahrer, eine Entscheidung zu treffen, wird durch Lawinen-Entscheidungs-Frameworks (DMFs, Landrø et al., 2020) bzw. regelbasierte Ansätze (Schweizer et al., 2024) geschlossen. DMFs sind integraler Bestandteil von Ausbildungs- und Trainingsprogrammen für das Lawinenrisikomanagement (ebd.) und enthalten Faustregeln, von denen einige seit jeher die Skifahrer leiten, wie z. B. „Bleibe in weniger steilem Gelände, wenn es gefährlicher ist“.

Faustregeln sind für die Untersuchungsfrage entscheidend, denn aus ihnen können Hypothesen abgeleitet werden, wie Gelände- und Verhältnismerkmale sich auf Touren- und Hangeinschätzungen auswirken.

Lawinenbezogene Faustregeln – Gelände und Verhältnisse

Aus den *Geländemerkmale*, die lawinenbezogen relevant sind, greift die Studie folgende heraus: Steilheit: Steilheit ist in den meisten DMFs ein wichtiger Faktor (Landrø et al., 2020). Sie formalisieren damit eine seit langem bestehende Faustregel: Wenn es gefährlich ist, wähle weniger steiles Gelände.

Höhenlage: Analysen von Degraeuwe et al., 2024 ergaben, dass Höhenlage an sich ein statistischer Faktor für die Wahrscheinlichkeit einer Lawinenauslösung ist. Da im Lawinenbulletin regelmäßig darauf hingewiesen wird, dass Gefahrenstellen in höheren Lagen wahrscheinlicher sind, kann die Faustregel abgeleitet werden: Wenn die Gefahr größer ist, meide größere Höhenlagen.

Kammnähe und Nordsektor sind weitere Geländemerkmale, die in Faustregeln eingegangen sind. Sie bieten sich ebenfalls an, um zu untersuchen, ob sie die Erkennung von Gefahrenstellen beeinflussen.

Der Lawinenlagebericht beschreibt die tagesaktuellen *Verhältnisse*. Er hat sich zu einer akzeptierten Informationsquelle entwickelt (Brugger et al., 2023). Die Gefahrenstufe des Lawinenlageberichts spielt eine herausragende Rolle in allen DMF

(Landrø et al., 2020). Jüngste Untersuchungen haben gezeigt, dass Tourenger die Kerninformationen des aktuellen Lawinenbulletins kennen (Ahonen et al., 2024; Streicher et al., 2024). Die Tourenwahl sollte daher für verschiedene Gefahrenstufen unterschiedlich ausfallen. Während die Gefahrenstufe linear von 1 bis 5 ansteigt, wird angenommen, dass das Risiko, eine Lawine auszulösen, exponentiell ansteigt. Neuere Erkenntnisse haben gezeigt, dass die Auslösewahrscheinlichkeit für jede Gefahrenstufe um den Faktor 4,3 zunimmt (Degraeuwe et al., 2024). Skitourenger*innen sollten sich also bewusst sein, dass die Häufigkeit von Gefahrenstellen und deren Lawinenauslösungspotenzial mit jeder Gefahrenstufe nicht linear, sondern exponentiell ansteigt. Dies sollte sich in ihrer Bereitschaft widerspiegeln, Gefahrenstellen entsprechend zu identifizieren.

Die Gefahrenstufen gelten für eine sogenannte Kernzone (EAWS, 2022b). Kernzonen bezeichnen kritische Höhenlagen und die Exposition von Gefahrenstellen, gegliedert nach den fünf sogenannten „Lawinenproblemen“, die die Ursache der Instabilität beschreiben (EAWS, 2022c). Schliesslich werden in den Bulletins geografische Geländemerkmale wie „kammnah“, „Übergänge von Flach- zu Tiefschnee“ usw. beschrieben, um den Benutzern zu helfen, potenzielle Gefahrenstellen zu erkennen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Tourenger bei der Planung und Auswahl von Touren Geländemerkmale wie Steilheit, Höhenlage, Ausrichtung und spezifische Geländeformen mit den Informationen des Bulletins kombinieren müssen, um lawinengefährdete Gebiete und Gefahrenstellen zu erkennen.

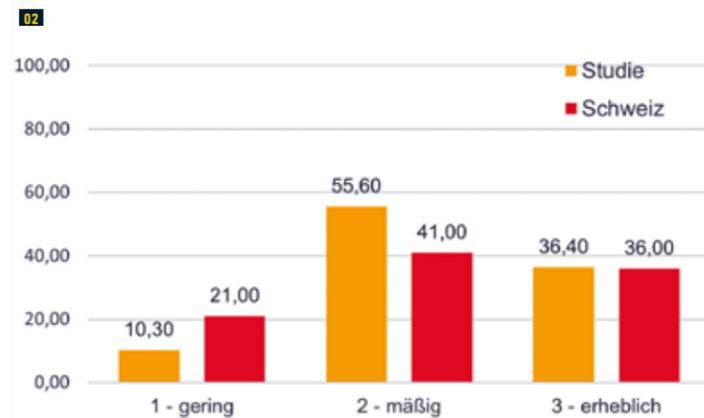
Forschungsfragen und deskriptive Ergebnisse

Forschungsfragen

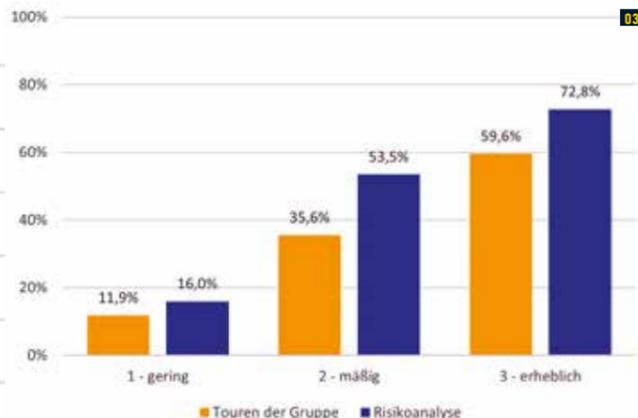
Der Beitrag untersucht drei Fragen: Wie hängt die Touren- und Geländewahl von den Lawinenverhältnissen ab? Erkennen die Gruppen Gefahrenstellen je nach Lawinenbedingungen und Geländemerkmale? Wie beeinflussen gespurte/ungespurte Hänge die Einschätzung?

Deskriptive Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Gefahrenstufen des Lawinenlageberichts an den Erhebungstagen im Vergleich zur Verteilung der Gefahrenstufen in den Schweizer Alpen während der Wintersaisons 2012/2013 bis 2021/2022 (Harvey et al., 2023, S. 135). Die Verteilung der Gefahrenstufen an den Befragungstagen spiegelt in etwa eine im Winter zu



02 Geländestellenbezogene Lawinengefahrenstufen an Erhebungstagen und Gefahrenstufen in den Schweizer Alpen 2012 to 2022. Anmerkung. Studiendaten % of k=786 Einschätzungen gemäß Risikoanalyse; Daten Harvey et al., 2023 in %. | 03 Anteil der Gefahrenstellen an den Geländestellen in Abhängigkeit von der Lawinengefahrenstufe für das gesamte Gebiet (blau) sowie bei den von den Gruppen gewählten Touren (gelb).



erwartende Verteilung wider (Abbildung 02). Eine systematische Verzerrung hin zu niedrigeren Gefahrenstufen konnte nicht festgestellt werden.

280 (36,1%) der insgesamt 776 von den Gruppen angetroffenen Geländestellen waren tagesaktuell seitens der Risikoanalyse als Gefahrenstelle eingestuft. 26 Gruppen (19,5 %) planten oder führten Touren durch, ohne eine Gefahrenstelle zu berühren. Die Gefahrenstellen waren meist moderat gefährlich: Nur vier Gruppen beabsichtigten Touren mit Gefahrenstellen, an denen gemäß Risikoanalyse hätte verzichtet werden müssen. (Diese Gruppen wurden über die Einschätzung der Risikoanalyse orientiert und aus der weiteren Erhebung ausgeschlossen.) Weitere fünf Gruppen wählten Touren mit Gefahrenstellen, die mit „Umgehen“ markiert waren.

Insgesamt wurden 40,4 % der 280 Gefahrenstellen seitens der Gruppen korrekt erkannt; 59,6 % blieben unerkannt. Von den 496 Geländestellen, die nicht als Gefahrenstellen eingestuft waren, wurden 89,9 % korrekt als „heute nicht gefährlich“ erkannt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich die Gruppen in 36 % der Fälle für Touren entschieden, bei denen Gefahrenstellen vorhanden waren. Gefahrenstellen, bei denen ein Verzicht auf die Passage oder die gesamte Tour geboten gewesen wäre, traten nur selten auf. Weniger als die Hälfte der Gefahrenstellen wurde korrekt identifiziert.

Ergebnisse

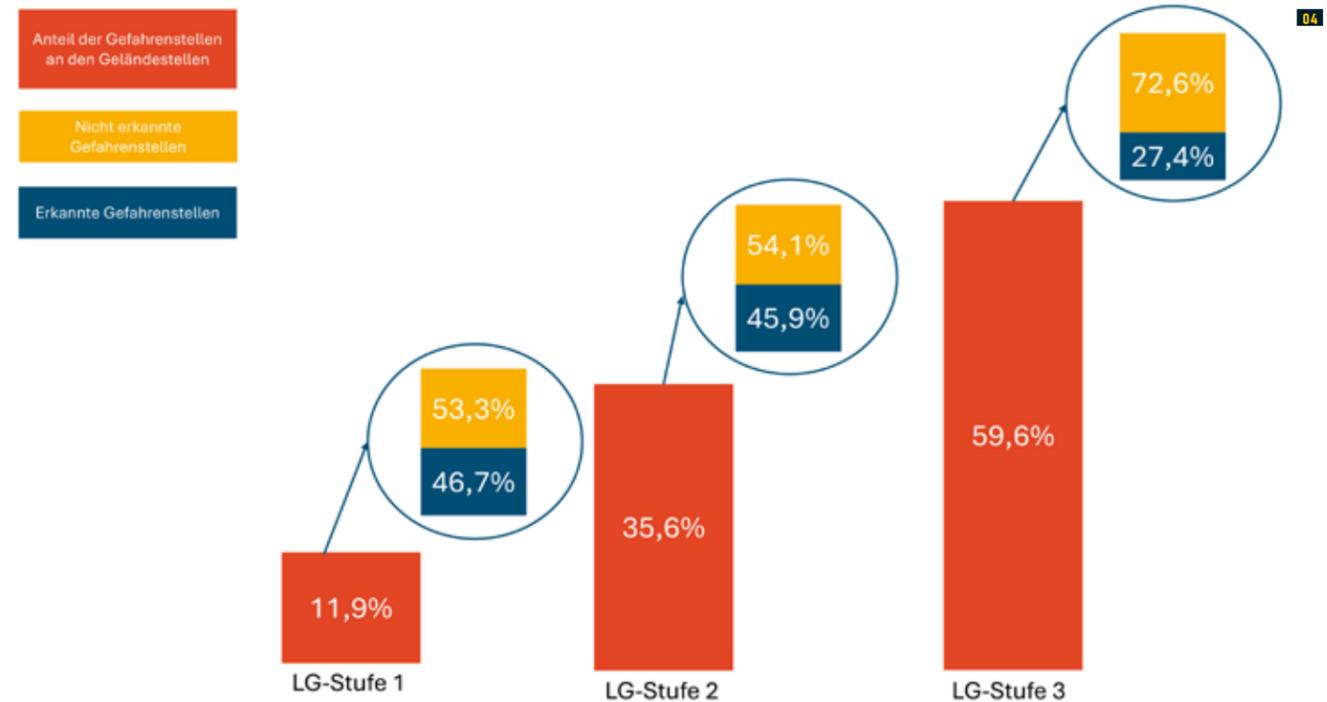
Touren- und Geländewahl und Lawinengefahr

Es wurden fünf Aspekte untersucht: Tourenwahl, Berücksichtigung von Gefahrenstellen, Gefährlichkeit von Gefahrenstellen, Steilheit und Höhenlage.

Tourenwahl: Wenn die Wahl der Touren mit der Gefahrenstufe zusammenhängt, müsste sich zeigen, dass bei höherer Gefahrenstufe Touren mit weniger Geländestellen gewählt werden. Skitourengänger*innen würden dann potenzielles lawinengefährliches Gelände eher meiden. Dies kann belegt werden (Varianzanalyse, kleiner Effekt).

Berücksichtigung von Gefahrenstellen: Da die Risikoanalyse die Gefahrenstellen und deren Gefährlichkeit für ein ganzes Tourengebiet bestimmte (was aus studienökonomischen Gründen jedoch nicht immer vollständig gelang), kann für einen Erhebungstag der Anteil von Gefahrenstellen an allen Geländestellen für das Gebiet bestimmt werden. Dieser Anteil müsste mit höheren Gefahrenstufen deutlich ansteigen. Gruppen würden dann Gefahrenstellen berücksichtigen, wenn der Anteil der Gefahrenstellen an den von ihnen gewählten Geländestellen für höhere Gefahrenstufen unterhalb der Gesamtgefährlichkeit der Region liegt oder sogar abnimmt für höhere Gefahrenstufen (Abbildung 03).

Die Risikoanalyse zeigt einen deutlichen Anstieg des Anteils der Gefahrenstellen an den Geländestellen im Gebiet mit der Gefahrenstufe: von 16 % bei Gefahrenstufe 1 auf 72,8 % bei Gefahrenstufe 3. Auch der Anteil der Gefahrenstellen an den von den Gruppen gewählten Geländestellen nahm zu – von 11,9 % bei Gefahrenstufe 1 auf 59,6 % bei Gefahrenstufe 3 (siehe Abbildung 04, gelbe Balken). Signifikante Unterschiede ergeben sich für die Gefahrenstufen 2 und 3, nicht jedoch für die Gefahrenstufe 1 (t-Tests). Daraus lässt sich für die Gefahrenstufen 2 und 3 schließen, dass die Gruppen Touren wählten, in denen der Anteil der Gefahrenstellen geringer war als die Gesamtgefährlichkeit des Gebiets. Berücksichtigung der Gefährlichkeit von



04 Anteile der Gefahrenstellen an den Geländestellen (orange) sowie Anteile erkannter (blau) und nicht erkannter (gelb) Gefahrenstellen in Abhängigkeit der LG-Stufe

Gefahrenstellen laut Risikoanalyse	15	181	84
Nicht erkannte Gefahrenstellen der Gruppe	8	98	61
Erkannte Gefahrenstellen der Gruppe	7	83	23

Gefahrenstellen: Wenn Gruppen dies berücksichtigen, sollten die von ihnen gewählten Gefahrenstellen eine geringere Gefährlichkeit aufweisen als der Durchschnitt der Gefahrenstellen eines Erhebungsgebiets am Erhebungstag. Zur Operationalisierung der Gefährlichkeit diente die Handlungsempfehlung für eine Gefahrenstelle, die sich aus der Risikoanalyse ergab. Es zeigten sich analoge Ergebnisse zur obigen Analyse, so dass geschlossen werden kann, dass Gruppen bei höheren Gefahrenstufen Gefahrenstellen mit geringerer Gefährlichkeit als im Gesamtgelände vorliegend auswählten.

Steilheit: Ein weiteres Indiz für die Anpassung der Tourenwahl an die Lawinengefahr wäre ein Rückgang der Steilheit der gewählten Touren mit steigender Gefahrenstufe. Insgesamt wiesen 474 der 776 von den Gruppen gewählten Geländestellen (61,1 %) eine Hangsteilheit von $\geq 35^\circ$ auf. Die relative Häufigkeit von Geländestellen unterhalb 35° nahm mit der Gefahrenstufe zu – von 28,6 % bei GS 1 auf 46,1 % bei Gefahrenstufe 3 (statistisch signifikant, kleiner Effekt).

Höhenlage: Eine Anpassung der Tourenwahl an die Lawinensituation wäre auch vor, wenn sich bei höheren Gefahrenstufen ein Rückgang der Höhenlage der gewählten Gefahrenstellen zeigt. Dies kann statistisch abgesichert werden (Varianzanalyse, mittlere Effektstärke).

Erkennen von Gefahrenstellen in Abhängigkeit von Lawinensituation und Geländemerkmalen

Nun geht es um die Frage, ob und wie die Lawinensituation und Geländemerkmalen das Erkennen von Gefahrenstellen beeinflussen.

► Erkennen von Gefahrenstellen in Abhängigkeit von Lawinensituation

Generell sollte eine höhere Gefahrenstufe Gruppen dazu veranlassen, Gefahrenstellen vermehrt Aufmerksamkeit zu schenken. Bei kritischen Verhältnissen wäre demnach zu erwarten, dass mehr Gefahrenstellen erkannt werden; der Anteil erkannter Gefahrenstellen sollte bei höherer Gefahrenstufe gleich bleiben oder sogar zunehmen. Dies kann nicht belegt werden, vielmehr zeigt sich,

daß Gefahrenstellen bei steigender Gefahrenstufe häufiger übersehen wurden.

► Erkennen von Gefahrenstellen in Abhängigkeit von Geländemerkmalen

Untersucht wurden die Geländemerkmale: Höhenlage, Steilheit, Exposition (Nordsektor), Kammnähe und Auslaufbereich. Signifikante Unterschiede ergaben sich für Kammnähe und Auslaufbereiche. Steilere Gefahrenstellen, höhere Gefahrenstellen oder Gefahrenstellen im Nordsektor werden nicht häufiger erkannt als andere Gefahrenstellen; kammnahe Gefahrenstellen hingegen schon. Auslaufbereiche werden schlechter als Gefahrenstellen erkannt als direkt lawinengefährdete Passagen. Gefahrenstellen werden offenbar besser erkannt, wenn sie offensichtliche Merkmale haben.

► Vorhandene Spuren bzw. unverspurte Hänge und deren Einfluss auf die Erkennung von Gefahrenstellen

Da die Gruppen vor und nach ihrer Tour befragt wurden, konnte untersucht werden, ob sich Veränderungen in ihren Einschätzungen zeigten. Falls Spuren einen Einfluss ausüben, sollte sich zeigen:

- ▷ Gefahrenstellen, die vor der Tour nicht als solche erkannt wurden, sollten auch während der Tour unentdeckt bleiben, wenn verspurt waren. Wenn sie hingegen unverspurt waren, wäre eher zu erwarten, dass Gruppen die Situation neu bewerten und die Gefahrenstelle korrekt identifizieren.
- ▷ Gefahrenstellen, die vor der Tour korrekt erkannt wurden, sollten mit höherer Wahrscheinlichkeit auf der Tour fälschlicherweise als ungefährlich eingeschätzt werden, wenn sie verspurt waren.

Für die erste Hypothese zeigte sich eine tendenzielle Signifikanz, die zweite kann statistisch nicht belegt werden (t-Tests). In der Tendenz hielten Gruppen an ihrer fehlerhaften Einschätzung – eine Geländestelle sei nicht gefährlich – fest, wenn diese Stelle verspurt war. War die Stelle hingegen unverspurt, neigten sie eher dazu, ihre Einschätzung zu korrigieren. Gruppen korrigierten jedoch ihre ursprüngliche, zutreffende Einschätzung einer Gefahrenstelle nicht fälschlicherweise, selbst wenn die betreffende Stelle befahren war. Spuren im Gelände scheinen bereits bestehende fälschliche Sicherheit zu stabilisieren.

Diskussion

Die Wahl machbarer Touren, die sich in der Studie zeigte, allein ist kein Beleg dafür, dass Gruppen

ihre Touren aus Sicherheitsgründen wählten; sie könnten ebenso bekanntes, gut zugängliches und wenig überraschendes Gelände begehen wollen. Daher war es erforderlich, die Abhängigkeit der Tourenwahl von den Lawinerverhältnissen systematisch zu untersuchen.

Formuliert man die Ergebnisse als Faustregeln, lassen sich folgende Zusammenfassungen ableiten:

1. Mit steigender Lawinengefahr wurden weniger Geländestellen gewählt. Dies spiegelt die grundlegendste Faustregel des Risikomanagements wider: *„Wenn es gefährlich ist, meide gefährliche Stellen.“*
2. Die Gruppen wählten bei höherer Gefahrenstufe flacheres Gelände – sowohl in Bezug auf die Geländestellen als auch im Hinblick auf die konkret angetroffenen Gefahrenstellen. Damit setzten sie eine zentrale Faustregel um: *„Bei erhöhter Lawinengefahr steile Hänge meiden.“*
3. Mit steigender Gefahrenstufe bewegten sich die Gruppen in tiefer gelegenen Geländebereichen. Dies entspricht der Faustregel: *„Bei hoher Gefahr – bleibe weiter unten.“*

Diese Ergebnisse widerlegen ein mögliches Vorurteil, wonach sich Wintersportler:innen im freien Gelände nicht an die aktuelle Lawinensituation anpassen würden. Unabhängig davon, wie genau die Gruppen zu ihren Entscheidungen kamen, legen die Befunde nahe, dass grundlegende Entscheidungsregeln berücksichtigt wurden. Die Gruppen passten ihre Tourenwahl an – sie handelten nicht „ballistisch“ (Dörner, 1989).

Das Ergebnis, dass Gruppen den tatsächlichen Anstieg der Gefahrenstellen mit zunehmender Gefahrenstufe unterschätzten, stellt vermutlich eine zentrale Erklärung für die Schwierigkeiten bei der Identifikation von Gefahrenstellen dar. Wir vermuten: Die lineare Skala der Gefahrenstufen und die damit verbundenen Formulierungen im Lawinenbulletin betonen das Ausmaß des exponentiellen Anstieg möglicherweise nicht ausreichend. Damit wird der allgemeinmenschlichen Tendenz, Veränderungsdynamiken zu unterschätzen, nicht entgegengetreten.

Es ist überraschend, dass Geländefaktoren wie Hangneigung, Höhenlage und Exposition keinen Einfluss auf die Erkennung von Gefahrenstellen hatten – insbesondere da diese Faktoren bei der Tourenwahl berücksichtigt wurden. Für den Faktor Hangneigung stehen diese Ergebnisse im Einklang mit den Befunden einer weiteren Feldstudie (Ahonen et al., 2024). Es ist wichtig, sich vor Augen

zu führen, dass in dieser Studie keine Geländeabschnitte erfasst wurden, die von den Gruppen bereits im Vorfeld gemieden oder abgelehnt wurden. Eine solche Ablehnung wäre jedoch potenziell Ausdruck einer angemessenen, lawinenbezogenen Entscheidung. Die Einschätzungen der Gruppen beziehen sich ausschließlich auf jene Geländestellen, die sie als begehbar erachteten oder tatsächlich auf der Tour passierten. Da Gruppen in der Regel Touren unternehmen, die sie als machbar einschätzen (Brugger et al., 2023), ist davon auszugehen, dass sich diese Grundhaltung auch in der Bewertung der gewählten Geländestellen widerspiegelt. Dennoch lässt sich der Einfluss von Geländefaktoren auf die Erkennung von Gefahrenstellen innerhalb der tatsächlich aufgesuchten Gefahrenstellen untersuchen: Geländemerkmale, die einen signifikanten Einfluss auf die Erkennung von Gefahrenstellen hatten, wiesen entweder besonders klare und offensichtliche Merkmale auf – oder es fehlte ihnen an solchen. Auslaufbereiche hingegen sind nicht offensichtlich erkennbar und müssen aktiv durch einen kognitiven Prozess erschlossen werden.

Schlussfolgerungen

Unsere praktischen Schlussfolgerungen konzentrieren sich auf die Planungsphase und die Verbesserung der Erkennung von Gefahrenstellen:

- ▷ Ein effektives Risikomanagement in Gruppen erfordert ein gemeinsames mentales Modell, das durch die Verwendung technischer Begriffe aufgebaut wird (vgl. Hartmann, 2006). Eine Klärung der Konzepte Geländestelle (entscheidungsrelevante Stelle je nach Lawinensituation) und Gefahrenstelle (als gefährlich eingestufte Stelle) sowie die Verwendung standardisierter Fachbegriffe könnten Gruppen dabei unterstützen, Gelände systematisch zu kategorisieren und eindeutig zu kommunizieren.
- ▷ Es sollte angestrebt werden, den exponentiellen Anstieg der Anzahl von Gefahrenstellen mit zunehmender Gefahrenstufe im Lawinenlagebericht stärker zu verankern.
- ▷ Da die Identifikation von Geländestellen und die Erkennung von Gefahrenstellen bereits in der Planungsphase fehleranfällig sind, erscheinen eine Visualisierung von Geländestellen (ATHM) und insbesondere von Gefahrenstellen in Abhängigkeit vom Lawinenbulletin, differenziert nach Lawinenproblemen, als hilfreiche digitale Anwendungen.

Die Entwicklung und Integration digitaler Werkzeuge zur Unterstützung der Risikoeinschätzung von Gefahrenstellen sollte gezielt gefördert werden. Ein Beispiel hierfür ist „Skitouren-guru“ (Schmudlach & Eisenhut, 2024), eine Anwendung für den Alpenraum.

Wir kommen aber auch zu einer theoretischen Schlussfolgerung: Um Wintersportler:innen im freien Gelände bereits in der Planungsphase dabei zu unterstützen, ein realistischeres mentales Bild der zu erwartenden Lawinenrisiken zu entwickeln, sollten Verfahren bevorzugt werden, die an die Stärken des menschlichen Wahrnehmungs- und Denkkapazitäts anknüpfen, anstatt dessen Schwächen durch Systematisierung kompensieren zu wollen. Verfahren, die auf die Fähigkeit des Menschen setzen, komplexe Entscheidungssituationen ganzheitlich zu erfassen – und dabei bei Bedarf gezielt Details zu analysieren –, sind zielführender als Ansätze, die eine rein lineare, systematische Bearbeitung verlangen. Digitale Anwendungen können dies in der Planungsphase besser leisten als die bisherigen systematisch-schrittweisen Verfahren.

Martin Schwiersch

martin@m-schwiersch.de
staatlich geprüfter Berg- und Skiführer, Psychotherapeut in eigener Praxis, langjährige Mitarbeit bei der Sicherheitsforschung des DAV

Michaela Brugger

Psychologin, Mentaltrainering

Lukas Fritz

Deutscher Alpenverein, Ressort Sportentwicklung / Sicherheitsforschung

Bernhard Streicher

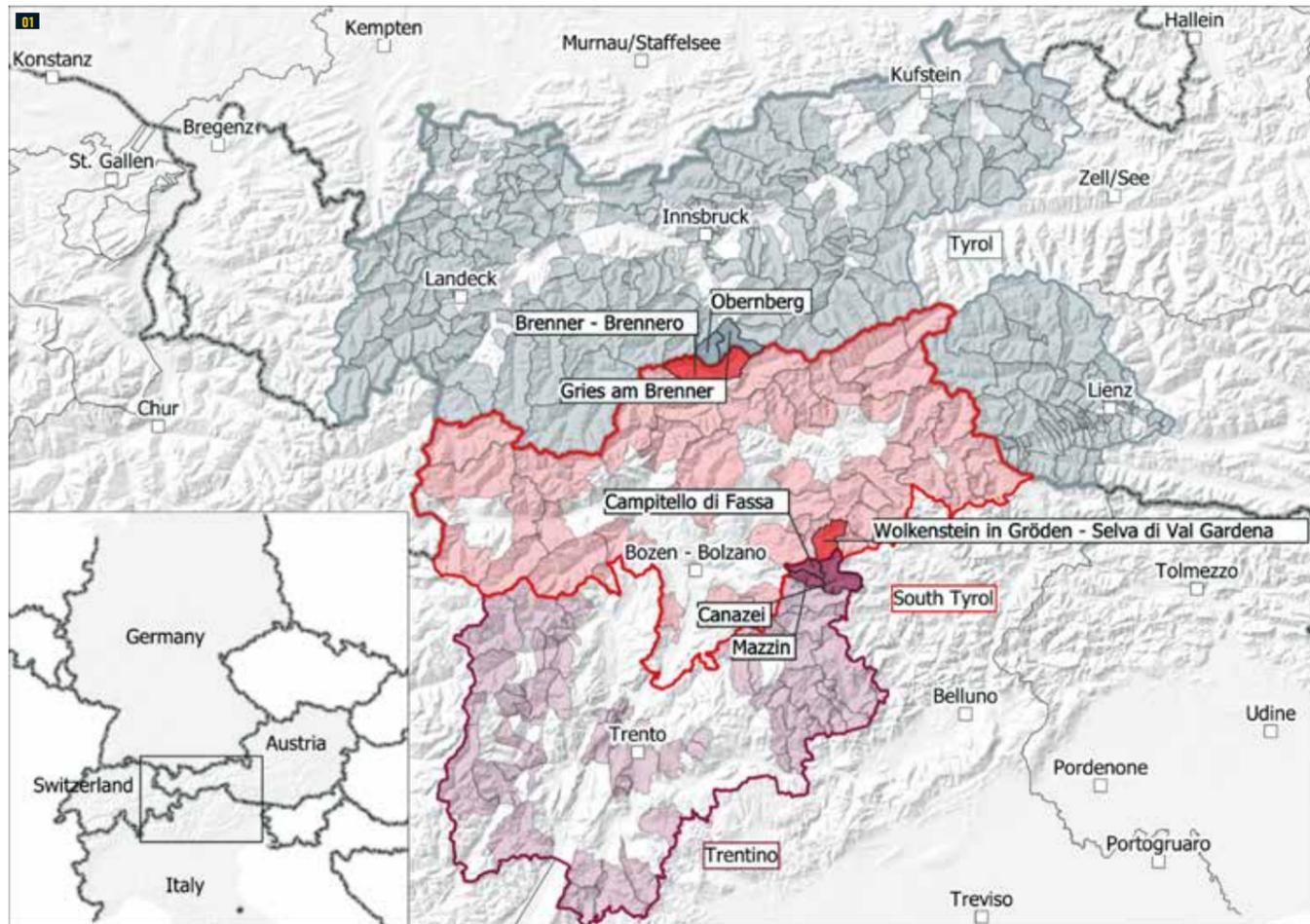
Risikoforscher, Autor, Redner, Lektor, Mitglied der Sicherheitskommission des Deutschen Alpenvereins

Florian Hellberg

Deutscher Alpenverein, Mitglied im VDBS Bergführerlehrteam

Christoph Hummel

Lawinenwarnzentrale Bayern im Bayerischen Landesamt für Umwelt



01 Karte der Europaregion Tirol-Südtirol-Trentino mit den Gemeinden, die eine oder mehrere Lawinenkommissionen einsetzen (grau, rot, violett). Die Pilotregionen Brennerpass und Sellajoch sind dunkler eingefärbt, und die entsprechenden Kommissionen sind beschriftet. (Graphik: Jakob Schwarz). |

T1 Daten zu den Lawinenkommissionen in der Europaregion Tirol-Südtirol-Trentino (Stand April 2025; vgl. Abbildung 01). |

	Tirol	Südtirol	Trentino
Fläche (km ²)	12.650	7.400	6.200
Einwohner	750.000	540.000	545.000
Gemeinden	277	116	166
Kommissionen	245	50	29
Kommissionsmitglieder	1350	400	250

zweisprachigen Lehrmodulen (Deutsch/Italienisch); **WP4** beinhaltet die Konzeption und Entwicklung einer neuen Softwarelösung, die sowohl offline als auch mobil nutzbar ist und dem neuesten Stand der Technik entsprechen soll. In diesem WP sind ebenfalls die Lawinenszenariokarten sowie das ihnen zugrundeliegende Lawinenmodell integriert; **WP5** konzentriert sich auf die Test- und Erprobungsphase der entwickelten Lösungen. Diese werden zunächst in zwei Pilotgebieten – dem Brennerpass und dem Sellajoch (siehe Abbildung 01) – auf ihre Praxistauglichkeit getestet. Auf Basis der Ergebnisse erfolgt anschließend eine schrittweise Ausweitung der Methoden und Werkzeuge auf alle Lawinenkommissionen der Europaregion.

Ziele und Methodik

Das Projekt CAIROS fußt inhaltlich auf drei Säulen. Als übergeordnetes Ziel gilt die Harmonisierung der Arbeitsabläufe von Lawinenkommissionen.

Säule I: Analyse und Ausbildung

Die erste Säule des Projekts besteht in einer vorbereitenden Analyse der bestehenden Praktiken und der operativen Anforderungen der Lawinenkommissionen. Auf Grundlage definierter Standards werden theoretische und praktische Ausbildungsinhalte entwickelt, die sich an unterschiedlichen Kompetenzstufen orientieren. Die geforderten Kompetenzen und Ausbildungsinhalte werden in Form einer Kompetenzmatrix zusammengefasst.

Dieses Verfahren ermöglicht eine praxisnahe Strukturierung der Ausbildung, die sich eng an den tatsächlichen Anforderungen der Kommissionsarbeit orientiert. Die Schulungsmaterialien werden digital und in deutscher sowie italienischer Sprache zur Verfügung gestellt, um einen einheitlichen Zugang zur Ausbildung zu gewährleisten. Zudem wird ein „Train-the-Trainer“-Modell entwickelt, um die Inhalte effizient und flächendeckend zu verbreiten.

Säule II: Digitale Infrastruktur

Die zweite Säule sieht die Entwicklung einer neuen digitalen Arbeitsumgebung vor (Softwareplattform), die sowohl mobil als auch offline nutzbar sein soll. Ziel ist es, die Arbeit der Lawinenkommissionen so praktisch und effektiv wie möglich zu gestalten. Die Softwarearchitektur folgt dem etablierten Grundsatz von „Wahrnehmen – Beurteilen – Handeln“ (Amt der Tiroler Landesregierung, 2022; Amt für Meteorologie und Lawinenwarnung der Autonomen Provinz Bozen, 2022) und basiert auf der Weiterentwicklung bestehender Plattformen, die bereits erfolgreich in Tirol und Südtirol im Einsatz sind.

Das System wird folgende Hauptfunktionen umfassen: Dokumentation von Beobachtungen/Bewertungen, interne Kommunikation zwischen Kommissionsmitgliedern sowie externe Kommunikation mit institutionellen Entscheidungsträgern; Zugriff auf Schulungsinhalte, inklusive Kursanmeldung und Nachverfolgung der Teilnahmehistorie; administrativ-organisatorische Verwaltung der Kommissionsmitglieder und der jeweiligen Kommissionsstruktur. Außerdem wird die Vernetzung und Interkonnektivität mit den IT-Systemen des Euregio-Lawinenreports verbessert und intensiviert, damit der Informations- und Datenaustausch zwischen den verschiedenen Ebenen der Lawinenwarnung bzw. des Lawinenrisikomanagements ausgebaut werden kann.

Die neue Software wird mit einem Backend ausgestattet, das auf der Logik der bereits existierenden Software aufbaut. Schnittstellen (APIs) werden geschaffen, mittels derer einerseits eine mobile App für das Smartphone und andererseits eine Desktop App für PC oder Mac auf das Backend zugreifen (Hybride Cross-Plattform Architektur). Funktionalitäten des täglichen Gebrauchs für Lawinenkommissionen werden am Smartphone durchführbar sein (Beobachtungen, Einschätzungen, Kommunikation, ...). Wichtige Aspekte werden dabei auch offline funktionieren. Die „Mandanten“

23 CAIROS: Grenzüberschreitende Harmonisierung der Lawinenkommissionstätigkeiten

Autor:innen Michael Winkler, Alice Gasperi, Jakob Schwarz

In vielen besiedelten Gebieten des Alpenraums liegt das Lawinenrisikomanagement in den Händen von Lawinenkommissionen, den lokalen Expertengruppen, die Entscheidungsträger bei der Einschätzung der Schnee- und Lawinenlage sowie bei der Festlegung von Sicherheitsmaßnahmen unterstützen. In der Euregio Tirol-Südtirol-Trentino (siehe Tabelle T1) agieren diese Kommissionen hauptsächlich auf Gemeindeebene.

Trotz geografischer Nähe und ähnlicher Herausforderungen ist die grenzüberschreitende Zusammenarbeit bislang oft eingeschränkt. Dass von einer solchen Zusammenarbeit jedoch alle profitieren können, konnte im Zuge des ALBINA Projekts (Mitterer et al., 2018; Lanzanasto et al., 2018), aus welchem der Euregio-Lawinenreport hervorgebracht wurde, aufgezeigt werden. So soll

auch CAIROS einen Beitrag in die Richtung eines verbesserten, grenzübergreifenden, integralen Lawinenrisikomanagements leisten.

Projektstruktur

Das Projekt CAIROS ist in folgende Arbeitspakete gegliedert (working packages – WP), wobei die WPs 2-5 die inhaltlichen Kernbereiche des Projektes bilden (WP1 umfasst die Projektadministration): **WP2** befasst sich mit der Harmonisierung und Standardisierung der Arbeitsprozesse von Lawinenkommissionen. Grundlage dafür ist eine Analyse der bestehenden Methoden und Bedürfnisse in den beteiligten Regionen; **WP3** ist der Entwicklung und Umsetzung eines standardisierten Ausbildungsprogramms gewidmet. Dieses umfasst die Definition von Kompetenzen, Lernzielen und

der Anwendung sind die Länder und Institutionen, die diese Software ihren Lawinenkommissionen zur Verfügung stellen. Sie stellen einen Identity Provider bereit, wodurch ein einfacher Login der Mitglieder bei gleichzeitig hoher Cyber-Sicherheit ermöglicht wird. Es ist vorgesehen, dass diese Software über die Europaregion hinaus auch den assoziierten CAIROS-Partnern Salzburg und Kärnten sowie anderen österreichischen Bundesländern und Partnern zur Verfügung steht.

Säule III: Entscheidungshilfe in Form von Lawinen-simulationen

Die dritte Säule des Projekts konzentriert sich auf die Entwicklung eines Tools zur Erleichterung der Entscheidungsfindung in der Kommissionstätigkeit (Decision Support Tool). Hierfür werden Lawinenszenariokarten erstellt, welche auf gegebenen Szenarien basieren. Dieses Instrument wird

vom Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) in Innsbruck entwickelt, das über fundierte Expertise in der Modellierung von Lawinenprozessen verfügt.

Endprodukt des Tools sind Lawinenszenariokarten, welche tagesaktuell, basierend auf der regionalen Lawinenwarnung, verschiedene Einheiten wie Größen, Ausläuflängen oder Drücken von Lawinen darstellen und somit die lokale Gefahrenlage versuchen bestmöglich darzustellen. Eine manuelle Anpassung der Modellinputparameter kann in einem zweiten Moment von einem Nutzer (Kommissionsmitglied), vollzogen werden. Für genauere Infos zum Lawinenmodell soll hier auf den Beitrag von Hesselbach et al. (2025) verwiesen werden.

Vorläufige Ergebnisse und Ausblick

Zum Zeitpunkt des Verfassens dieses Artikels

(Ende Juni 2025) ist das Projekt in allen drei Säulen aktiv und hat sämtliche Analysen sowie Bestandsaufnahmen erfolgreich abgeschlossen. Diese Phase wurde durch intensive Zusammenarbeit mit den Lawinenkommissionen im Winter 2024/2025 getragen, besonders mit den Pilotregionen. Hinzu kommen Vor-Ort-Treffen, Erfahrungsaustausch und gegenseitiger Teilnahme an Schulungen und Kursen durch die CAIROS-Vertreter der jeweiligen Länder. Diese Aktivitäten haben eine gemeinsame und solide Grundlage für die Entwicklung der Inhalte und Schulungsinstrumente geschaffen. Derzeit wird ein detailliertes Ausbildungskonzept ausgearbeitet, das entsprechend einer klar definierten Kompetenzmatrix gegliedert ist und den vereinbarten Standards entspricht. Diese Matrix wird mit anderen Institutionen abgestimmt (snow.institute, Alpenverein usw.). Die Softwareentwicklung wurde an die Daten-Verarbeitung-Tirol GmbH (DVT) übertragen, während die Implementierung des Lawinenmodells vom Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) durchgeführt wird.

Die ersten Praxistests sind für den Winter 2025/2026 geplant und werden in zwei strategischen Pilotgebieten durchgeführt: am Brennerpass (zwischen Tirol und Südtirol) und am Sella-Joch (zwischen Südtirol und Trentino). Diese Orte wurden aufgrund ihrer infrastrukturellen Bedeutung, des hohen Engagements der lokalen Lawinenkommissionen, der ausgeprägten morphologischen Unterschiede der beiden Gebiete sowie aufgrund deren Grenzcharakters ausgewählt.

Das Projekt CAIROS stellt einen bedeutenden Schritt in Richtung Modernisierung und Harmonisierung der Arbeit der Lawinenkommissionen im grenzüberschreitenden Alpenraum dar. Der integrierte Ansatz – bestehend aus Prozessstandardisierung, Ausbildung und fortschrittlichen IT-Werkzeugen – zielt darauf ab, die Zusammenarbeit zwischen lokalen Institutionen zu stärken und die Sicherheit in besiedelten Bergregionen zu erhöhen. Die Einführung gemeinsamer und abgestimmter Verfahren, unterstützt durch Open-Source-Ansätze und ein Netzwerk von Ausbildern, könnte als Modell auch für andere alpine Regionen dienen.

Das Projekt CAIROS wird durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und das Programm Interreg VI-A Italien-Österreich 2021-2027 finanziert und endet im Jänner 2026. Für eine nachhaltige Implementierung der Projektergebnisse in den Regionen sind im Projekt explizit Ressourcen vorgesehen. Das Projektteam arbeitet intensiv daran, dass dieses Ziel erreicht wird, ist

jedoch mittel- und langfristig auf das weitere Engagement der Entscheidungsträger und Geldgeber angewiesen.

Literatur

- Amt der Tiroler Landesregierung, ed.: Ausbildungshandbuch der Tiroler Lawinenkommissionen, Innsbruck, Austria, 6 edn., 2022.
- Amt für Meteorologie und Lawinenwarnung der Autonomen Provinz Bozen – Südtirol, ed.: Ausbildungshandbuch für Südtiroler Lawinenkommissionen, Bozen-Bolzano, Italy, 1 edn., 2022.
- Hesselbach, C., Schwarz, J., Spannring, P., Huber, A., Gasperi, A., Winkler, M., Adams, M., Fischer, J.T.: Lawinenszenariokarten als Entscheidungshilfe für Lawinenkommissionen, Tagungsband des 6. internationalen Lawinensymposiums Graz, Austria, 2025.
- Lanza, N., Boninsegna, A., Cestari, P., Kriz, K., Nell, D., Pucher, A., and Mitterer, C.: Project ALBINA: The technical framework for a consistent, cross-border and multilingual regional avalanche forecasting system, pp. 1045–1051, ISSW 2018 Innsbruck, Austria, URL <https://arc.lib.montana.edu/snow-science/item/2705>, 2018.
- Mitterer, C., Lanza, N., Nairz, P., Boninsegna, A., Munari, M., Geier, G., Rastner, L., Gheser, F., Trenti, A., Benigni, S., Tognoni, G.-L., Pucher, A., Nell, D., Kriz, K., and Mair, R.: Project ALBINA: A conceptual framework for a consistent, cross-border and multilingual regional avalanche forecasting system, pp. 1523–1530, ISSW 2018 Innsbruck, Austria, URL https://arc.lib.montana.edu/snow-science/objects/ISSW2018_017.8.pdf, 2018.

Michael Winkler

michael.winkler@tirol.gv.at
Abteilung für Krisen und Gefahrenmanagement,
Land Tirol, Innsbruck, Österreich

Alice Gasperi

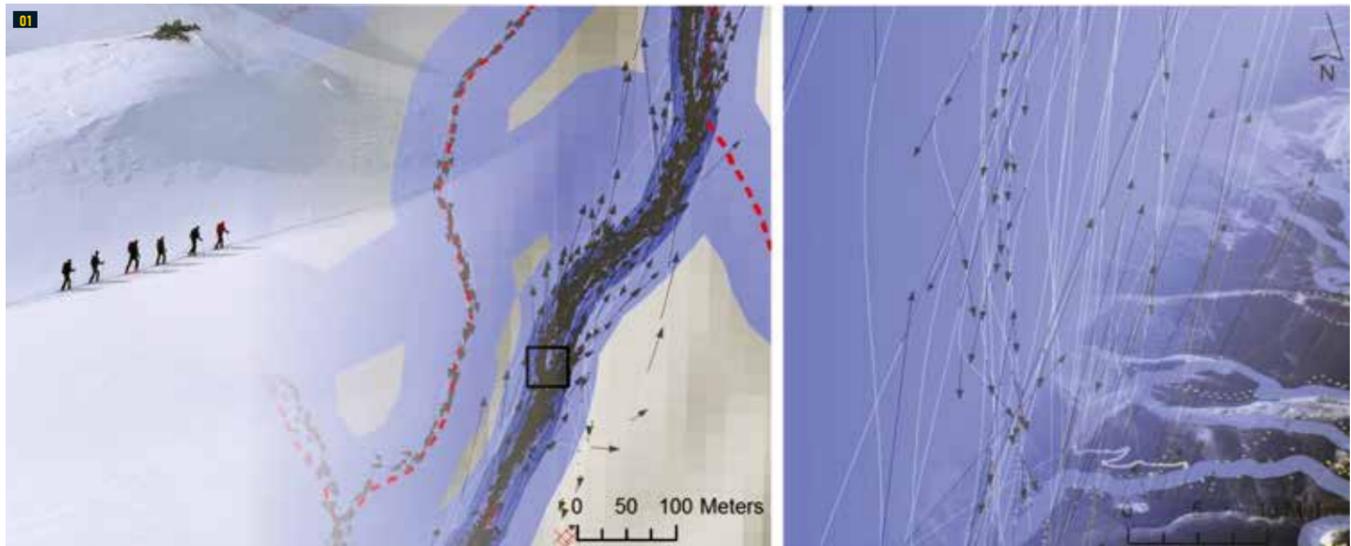
Ufficio previsioni e pianificazione, Trento, Italien

Jakob Schwarz

Amt für Meteorologie und Lawinenwarnung,
Bozen, Italien

02 Lawinenkommissionskurs "Schneedeckeanalyse", Februar 2025. (Foto: LWD Tirol) |





01 Visitor monitoring in the Polish Tatra Mountains. Ski-touring visitors were equipped with GPS devices in order to record their movements during the visiting days (Bielanski et al., 2018).

24 Combining long-term visitor and avalanche hazard monitoring to support risk management in winter mountain tourism: a case study of the Tatra Mountains, Poland

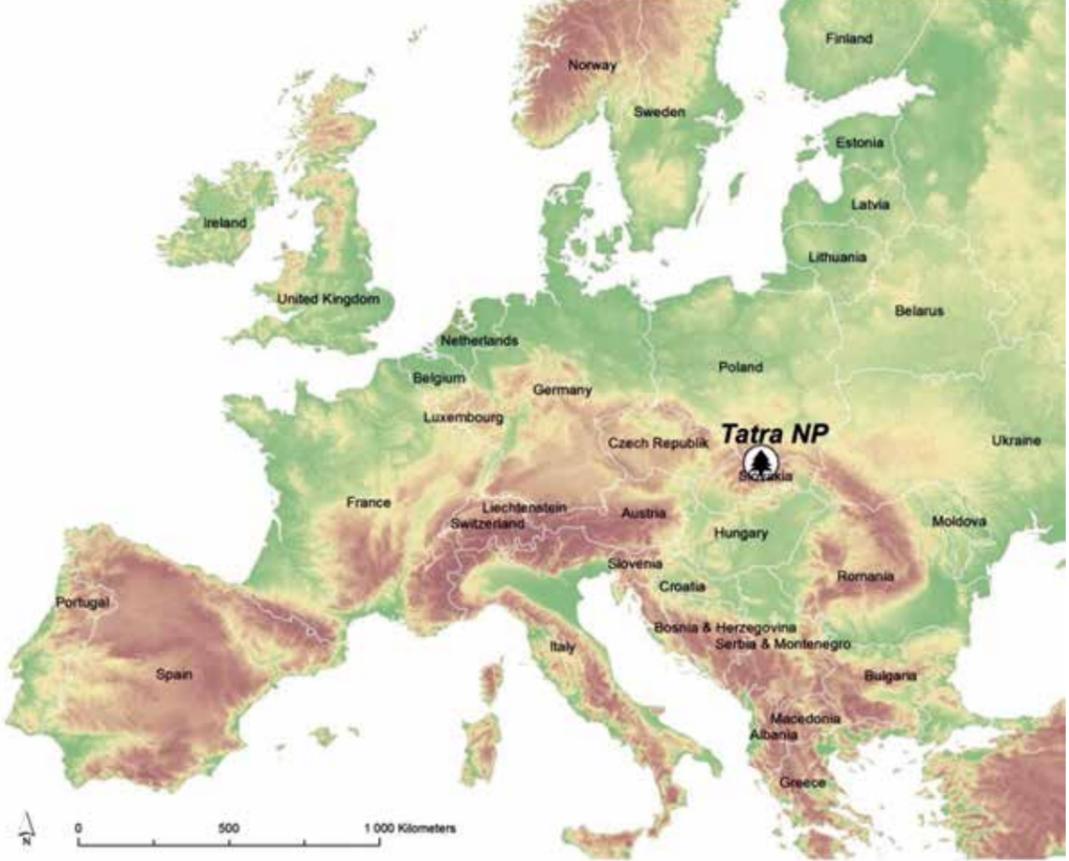
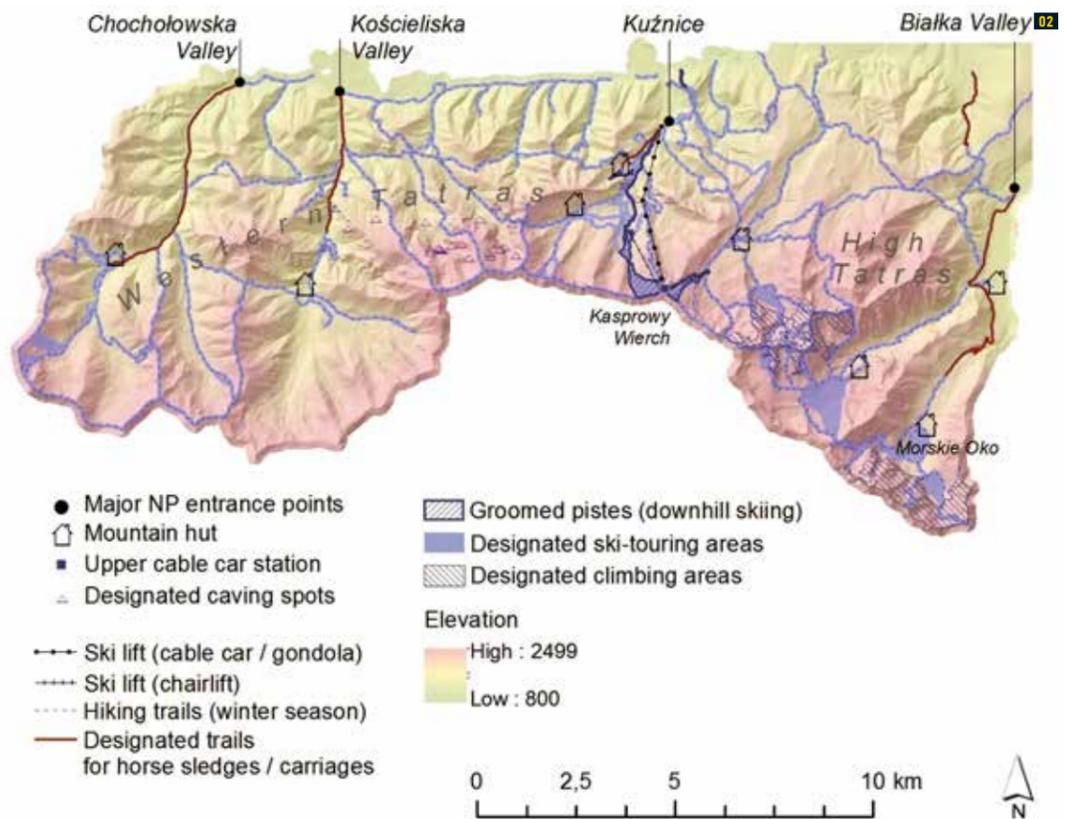
Autor:innen Ingrid Reiweger, Karolina Taczanowska, Mikolaj Bielanski

Winter nature-based tourism is a vital segment of the tourism industry, offering unique activities like backcountry skiing, snowshoeing, winter hiking, or ice climbing. These activities not only provide recreational opportunities but also foster a deeper appreciation for winter landscapes and natural environments. Beyond its economic value, winter tourism promotes environmental awareness, nature conservation values, along with physical and mental well-being. However, challenges such as managing avalanche risks and ensuring tourist safety require understanding of both: 1) avalanche hazards and 2) visitors' behaviour (Figure 01), in order to introduce effective risk management strategies.

Therefore, our study aims to investigate determinants of avalanche risk and support preparedness planning, based on systematic long-term visitor and avalanche hazard monitoring in the Tatra National Park, Poland (Figure 02). Our work is based upon empirical data which comprise following datasets: 1) avalanche accidents records, 2) daily visitor counts, 3) daily meteo data, and 4) daily avalanche danger scale in the winter seasons from 2018/19 to 2023/24. Avalanche accidents records were obtained from the mountain

rescue database (TOPR) and included anonymized information on date, place, avalanche danger level, type of accident, number of affected people. Visitor counts (grouped by recreation activity) were systematically collected at the entrance points to the Tatra National Park. Meteorological data contained measurements from two meteo stations located in the Tatra National Park: Kasprowy Wierch (1989 m a.s.l.) and Hala Gasienicowa (1508 m a.s.l.). Daily avalanche danger level was obtained from TOPR avalanche bulletin.

Our results show that visitation volumes ranged between 8'000 – 40'000 per winter season and have gradually increased in recent years. Dominant winter nature-based recreational activities were hiking (incl. snowshoeing), followed by backcountry skiing. Climbing and caving were the least frequent winter outdoor activities. Significant increase in nature-based winter activities was observed during COVID-19 pandemic (2021). During this time especially, ski-touring visits increased by 400% in comparison to the 5-year average before the COVID-19 pandemic (Figure 03). Visits took place mainly on the weekends. Weather and avalanche danger level had less influence on visitation numbers (Figure 04).



02 Our study area, the Tatra National Park in Poland. The main touristic activities in winter are: winter hiking, snowshoeing, ski touring, ice/mixed climbing, and caving.

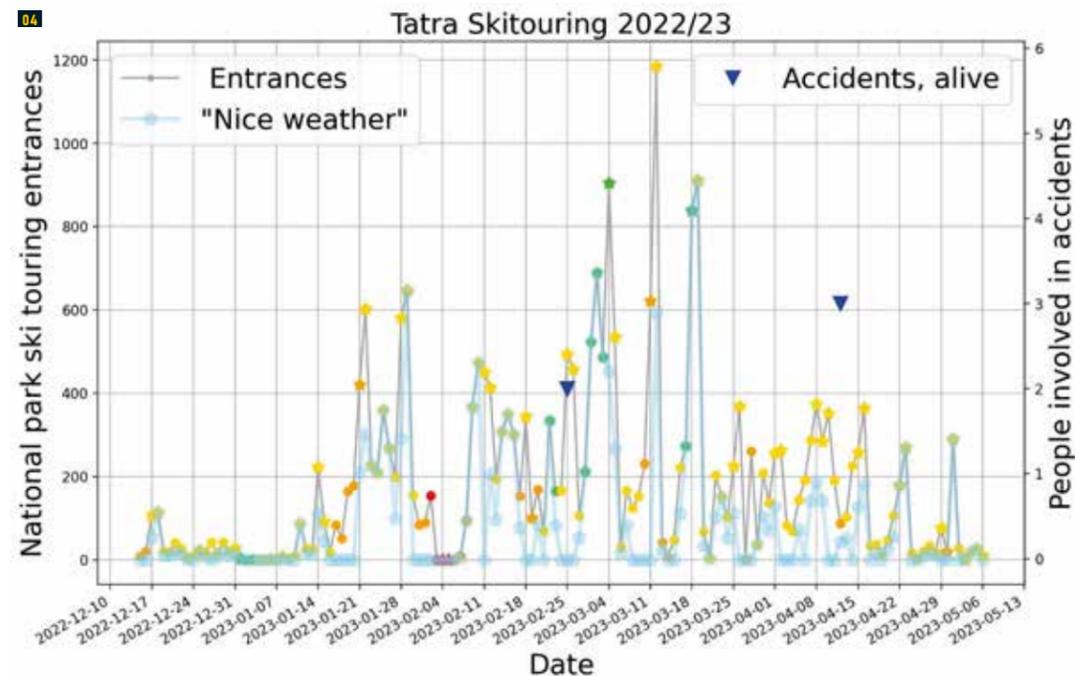


03 Left: Number of ski-touring visits over winter seasons from 2014/15 to 2020/21. Ski-touring is the second-most popular winter activity in Tatra National Park after hiking/snowshoeing. In the winter 2020/21 of the Covid pandemic, ski-touring visits increased significantly. |

To conclude, systematic long-term monitoring of avalanche risk determinants is necessary to develop successful risk management strategies. Combining knowledge on physical environmental

conditions like snowpack, weather and human factors is critically important to address winter tourism risks and to improve safety outcomes in mountain destinations.

04 Ski-touring entrance numbers, weather, avalanche danger level (colors), weekends and holidays (stars), as well as number of people involved in avalanche accidents for each day during the winter season 2022/23. |



05 Ski-tourers in Kalatówki, Tatra National Park. (photo credit: Ewelina & Grzegorz Wiercioch, www.tamitutatry.pl) |

Literature

□ Bielański, M., Taczanowska, K., Muhar, A., Adamski, P., González, L.M., and Witkowski, Z., 2018. Application of GPS tracking for monitoring spatially unconstrained outdoor recreational activities in protected areas – A case study of ski touring in the Tatra National Park, Poland. *Applied Geography*. 96. 10.1016/j.apgeog.2018.05.008.

Ingrid Reiweger

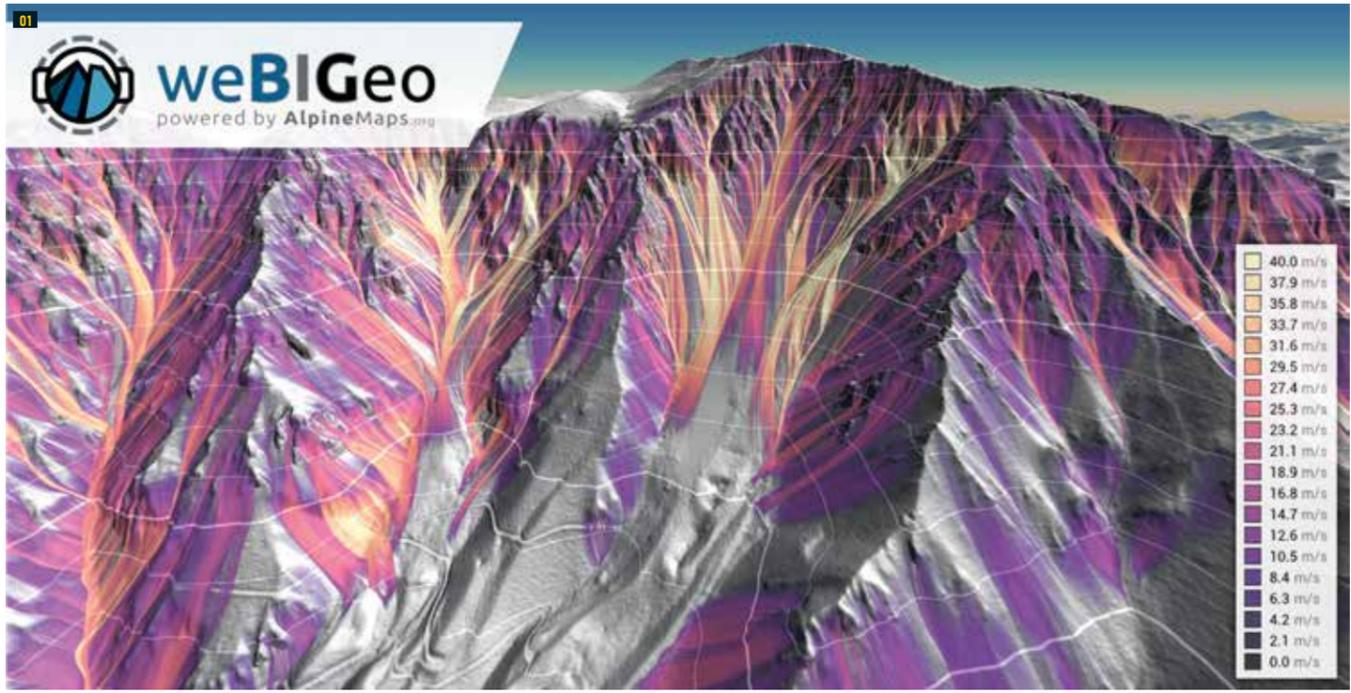
ingrid.reiweger@boku.ac.at
 Institute of Mountain Risk Engineering, Department of Landscape, Water and Infrastructure, University of Natural Resources and Life Sciences Vienna, Austria

Karolina Taczanowska

Institute of Landscape Development, Department of Landscape, Water and Infrastructure, Recreation and Conservation Planning, University of Natural Resources and Life Sciences Vienna, Austria

Mikolaj Bielanski

Institute of Tourism, University School of Physical Education in Kraków, Poland



01 Wie suchen 3,3 Millionen Schneepartikel den Weg ins Tal? Mit weBIGeo machen wir solche Simulationen interaktiv möglich. Die Abbildung zeigt die Maximalgeschwindigkeit dieser Partikel entlang der gesamten Ostseite des Schneebergs. Die Simulation und Visualisierung dauern auf einem Mittelklasse-Rechner etwa 5 Sekunden.

25 weBIGeo: Interaktive Lawinensimulation im Web

Autor:innen Patrick Komon, Gerald Kimmersdorfer, Markus Rampp, Paula Spannring, Felix Oesterle, Jan-Thomas Fischer, Adam Celarek, Manuela Waldner

Um potentielle Auslauflängen und Intensitäten von Lawinen zu berechnen, werden häufig tiefenge-mittelte Modelle, also solche, die Massebewegung entlang der Oberfläche des 3D Geländes beschreiben, verwendet. Solche physikalisch-basierten Modelle sind in operationellen Simulationswerkzeugen implementiert [Tonnel et al., 2023] und benötigen viele Eingabewerte, die in der Praxis meist nicht exakt erhoben werden können [Horton et al., 2013]. Lawinensimulationen für größere Regionen verlassen sich daher meist auf konzeptionelle, bzw. empirische Modelle, die für eine Annäherung der Gefahrenlage ausreichend sind [Hürlimann et al., 2008]. Empirische Lawinenmodelle basieren meist auf wenigen Eingabeparametern und liefern mit vereinfachten Annahmen rasch räumliche Abschätzungen zu Reichweite und Intensität, ohne den detaillierten Bewegungsverlauf in Raum und Zeit zu berechnen [D'Amboise et al., 2022]. Trotzdem sind auch empirische Modelle sensitiv gegenüber den Eingabewerten und benötigen sorgfältige Parameterwahl [Hürlimann et al., 2008]. Weder

physikalisch-basierte noch empirische Modelle sind aktuell schnell genug für interaktive Systeme. Wir stellen unser web-basiertes Tool weBIGeo vor, mit dem es erstmals möglich ist, großräumige Lawinensimulationen so effizient auszuführen, dass Eingabewerte interaktiv verändert werden können. weBIGeo basiert auf WebGPU, einer neuen Technologie, die es auch Webseiten ermöglicht, allgemeine Berechnungen auf der Grafikkarte des Endgerätes durchzuführen. Damit ist es möglich, innerhalb einer Region von mehreren hundert Quadratkilometern eine große Zahl von Lawinensimulationen parallel zu rechnen, um so eine Gefahrenkarte zu approximieren. Die Berechnung der Simulationen dauert – abhängig von der Grafikkarte des Endgerätes und der Eingabeparameter – wenige Millisekunden bis Sekunden. Das Ergebnis wird direkt auf einer 3D Geländekarte dargestellt und kann interaktiv untersucht und angepasst werden.

Technische Grundlagen

Heutzutage verfügt der überwiegende Großteil von Endgeräten über Grafikprozessoren (GPUs). Dabei handelt es sich um spezielle Hardware, die über hunderte bis tausende Berechnungseinheiten verfügt. Besonders für Programme, bei denen extrem viele, gleichartige Berechnungen durchgeführt werden, kann durch die Verwendung der GPU die Rechenzeit auf einen Bruchteil reduziert werden. Bis vor Kurzem war für Webseiten die Nutzung der GPU nur über die Schnittstelle WebGL möglich. WebGL ist vor allem auf die Durchführung lokaler Berechnungen mit 3D-Geometrie ausgelegt, wie beispielsweise Schattierung bei bestimmten Lichteinfall. Auch das Berechnen der lokalen Steilheit an einem sichtbaren Punkt in einem 3D Geländemodell ist damit möglich. Berechnungen, die eine größere Region des Geländemodells mit einbeziehen, können nur über ineffiziente Umwege implementiert werden.

WebGPU ist eine neue Schnittstelle für GPU-Programmierung und ermöglicht die Implementierung beliebiger, paralleler Berechnungen in sogenannten "Compute Shader". Das sind kleine Programme, die tausendfach bis millionenfach gleichzeitig auf der GPU ausgeführt werden. Dadurch ergeben sich viele neue Anwendungsmöglichkeiten, wie beispielsweise die Durchführung aufwendiger Simulationen direkt im Browser auf dem lokalen Endgerät.

Unser Projekt weBIGeo basiert auf [AlpineMaps.org](https://alpinemaps.org), einem Framework für das Rendern hochauflösender 3D-Karten, und ist eine Plattform welche es ermöglicht große geographische Daten mit Hilfe von WebGPU Compute Shaders auszuwerten und darzustellen. Der Source-Code inklusive technischer Dokumentation ist öffentlich auf GitHub <https://github.com/weBIGeo/webigeo> einsehbar. Eine Online-Demo ist unter <https://webigeo.alpinemaps.org/> verfügbar. Da es sich bei WebGPU um eine neue Technologie handelt, ist die Verfügbarkeit derzeit noch eingeschränkt. Allgemein wird WebGPU derzeit vor allem von Chromium-basierten Browsern wie Google Chrome oder Microsoft Edge am Desktop unterstützt, während die Integration in andere Browser wie Safari und Firefox noch in Entwicklung ist.

Lawinensimulation auf der Grafikkarte

Grundlegend können nur jene Algorithmen durch die GPU schnell abgearbeitet werden, die parallelisierbar sind. Dafür muss es möglich sein, die Berechnung in einzelne Teile aufzuteilen, die voneinander unabhängig sind und daher gleich-

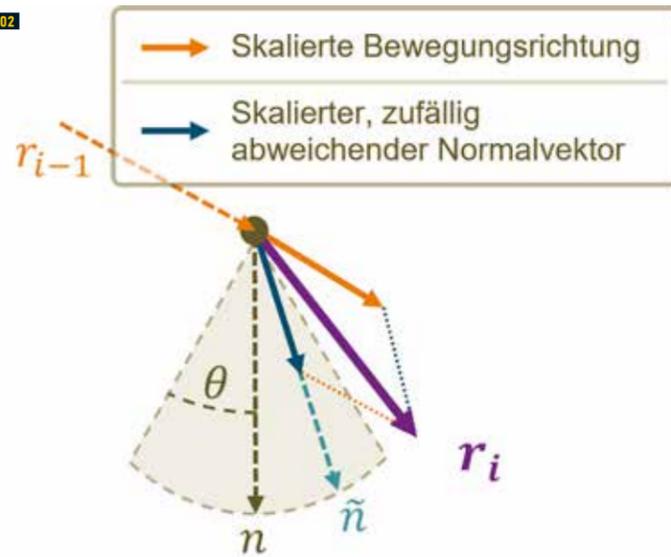
zeitig verarbeitet werden können. Schlussendlich werden die Einzelergebnisse wieder zu einem Gesamtergebnis zusammengefasst. Es gilt daher einen Weg zu finden, ein Modell zur Simulation von Lawinen in einzelne unabhängige Berechnungsschritte aufzuteilen.

Physikalische Modelle versuchen, die zugrunde liegenden physikalischen Gesetze möglichst genau abzubilden. Einige dieser Modelle, wie AvaFrame Com1DFA [Tonnel et al., 2023], modellieren Schneemassen als numerische Partikel. Diese müssen ausreichend klein und zahlreich sein, um eine Lawinenbahn mit zufriedenstellender Genauigkeit simulieren zu können. Die Partikel können miteinander interagieren und sind damit nicht unabhängig. Das macht die Parallelisierung zwar nicht unmöglich, aber langsam. Daher sind physikalische Modelle zu rechenintensiv für großräumige, interaktive Lawinensimulationen.

Datenbasiert-empirische Modelle, wie etwa FlowPy [D'Amboise et al., 2022], verwenden vergleichsweise einfache geometrische Bewegungsregeln. Diese beschreiben, mit welcher Wahrscheinlichkeit Schneemassen von einer Rasterzelle des digitalen Höhenmodells (Digital Elevation Model, DEM) in ihre Nachbarzellen fließen. Eine Zelle repräsentiert dabei typischerweise etwa 5x5 Meter [Horton et al., 2013]. Da sich, ausgehend von einer einzelnen Startzelle, der Fluss schrittweise auf immer mehr Zellen ausbreitet, lässt sich der Fluss pro Zelle nicht unabhängig bestimmen. Obwohl solche Modelle einfacher sind, sind sie trotzdem nicht optimal für die GPU.

Um eine effiziente Parallelisierbarkeit zu erreichen, wenden wir daher eine Monte Carlo Simulationemethode an. Das Monte Carlo Prinzip besagt, dass das Verhalten eines Modells durch einen empirischen Prozess untersucht werden kann, in dem viele Zufallsstichproben gezogen werden, deren Verhalten beobachtet wird [Mooney, 1997]. In unserem Fall modellieren wir Lawinen durch eine große Zahl von numerischen Partikeln, welche sich unabhängig voneinander auf der Geländeoberfläche bewegen. Dazu wird ein einfaches Bewegungsmodell angenommen, welches komplexe physikalische Prozesse innerhalb einer Lawine, wie z.B. turbulente und chaotische Bewegungsformen, Interaktionen der Schneepartikel oder leichte Änderungen der Schneeoberfläche, nicht direkt abbildet. Um trotzdem eine realistische Ausbreitung der Lawine anzunähern – und unter der Annahme, dass diese nicht direkt abbildbaren Prozesse einem gewissen Zufallsprinzip unterliegen – werden die berechneten Flussrichtungen in geringem

02



02 Die neue Bewegungsrichtung r_i wird in jedem Simulationsschritt durch einen zufällig abweichenden Normalvektor \tilde{n} und durch die alte Bewegungsrichtung r_{i-1} berechnet. In diesem Beispiel ist die Persistence $p=0,5$, d.h. der abweichende Normalvektor \tilde{n} und die vorherige Bewegungsrichtung r_{i-1} werden gleich stark gewichtet. |

Ausmaß zufällig verändert.

Wir teilen die Auslösegebiete den entsprechenden Zellen des DEM zu und setzen in jeder Zelle eine konfigurierbare Anzahl von Partikeln frei, die zufällig innerhalb der Zelle verteilt werden. Die Größe der DEM-Zellen ist einstellbar. Für jeden Partikel wird in jedem Simulationsschritt das Haltekriterium ausgewertet und die Bewegungsrichtung berechnet. Für das Haltekriterium orientieren wir uns an den geometrischen Größen aus [D'Amboise et al., 2022], welche sich unter Annahme der Energieerhaltung analog für einfache Bewegungsformen herleiten lassen. Wir verwenden den Auslaufwinkel α als Eingabeparameter, der die Reibung der Lawine approximiert und direkten Einfluss auf deren Auslauflänge und Geschwindigkeit hat. Die Lawinenintensität lässt sich damit einfach als Geschwindigkeit v aus α und dem lokalen Lawinenwinkel abschätzen.

Die aktuelle Bewegungsrichtung r_i hängt vom

Normalvektor n des Geländes an der aktuellen Position, der letzten Bewegungsrichtung r_{i-1} des Partikels und der aktuellen Geschwindigkeit v ab. In jedem Schritt wird ein leicht abweichender Normalvektor \tilde{n} zufällig in einem Kegel um den tatsächlichen Normalvektor gewählt und anschließend auf die xy -Ebene projiziert. Die maximale Abweichung θ ist konfigurierbar und bestimmt damit den Grad der Zufälligkeit der Monte Carlo Methode. Je größer die maximale Abweichung, desto breiter ist die typische kegelförmige Ausbreitung der Lawine. Der Einfluss der vorherigen Bewegungsrichtung r_{i-1} wird mit einem weiteren Eingabeparameter, Persistence p definiert (siehe Abbildung 02). Damit kann die nächste Bewegungsrichtung als

$$r_i = \text{normalize} \left(p \cdot r_{i-1} + \frac{1-p}{v} \cdot \tilde{n} \right)$$

ausgedrückt werden. Somit ist die Bewegungsrichtung vergleichbar mit der Richtung des physikalischen Impulses. Um die neue Position zu bestimmen, wird die Bewegungsrichtung r_i mit der Schrittweite skaliert und zur letzten Position addiert. Abbildung 02 illustriert unseren Ansatz.

In jedem Simulationsschritt werden Ausgabeparameter, wie z.B. Geschwindigkeit, Weglänge, Partikelanzahl etc., in einen Rasterlayer geschrieben. Diese Werte werden auf eine Farbpalette übertragen und direkt als Overlay in der 3D Visualisierung gerendert (siehe Abbildung 3). Ein Export für andere GIS-Anwendungen ist ebenso möglich, dauert jedoch bis zu wenigen Sekunden und benötigt daher mehr Zeit als die eigentliche Simulation.

Ergebnisse

Um die korrekte Implementierung, Funktionalität und Leistungsfähigkeit unseres Modells zu verifizieren, haben wir es auf den von AvaFrame bereitgestellten Testdatensätzen ausgeführt [Oesterle et al., 2025]. Dort enthalten sind sowohl synthetische als auch reale Szenarien. Wir vergleichen die Si-

mulationsergebnisse mit jenen des physikalischen Modells com1DFA (v1.3) [Tonell et al., 2023] und des empirischen Modells FlowPy (v1.2) [D'Amboise et al., 2022]. Wir verwenden com1DFA mit Coulomb-Reibungsmodell mit Reibungskoeffizienten $\mu=\tan 25^\circ$ (entspricht Auslaufwinkel $\alpha=25^\circ$) und ohne Krümmungseffekte. FlowPy verwenden wir mit den Standardparametern, einem Auslaufwinkel von $\alpha=25^\circ$ und einem Exponenten von $\exp=8$, sowie auf einem reduzierten Höhenraster mit der für FlowPy empfohlenen Auflösung von $10 \times 10 \text{m}$. Für unser Modell haben wir die Parameter so gewählt, dass die Ergebnisse möglichst denen von com1DFA ähneln. Dabei liefern die Werte Persistence $p=0,6$, maximale Abweichung $\theta=24^\circ$ und Auslaufwinkel $\alpha=25^\circ$ die beste Übereinstimmung. Abbildung 03 zeigt Simulationsergebnisse für die Madleinlawine, die 1984 in Ischgl, Tirol abging, mit verschiedenen Simulationsparametern. Der Datensatz besteht aus einem $5 \times 5 \text{m}$ Höhenraster, wobei etwa 14 000 der Höhenzellen als Auslösegebiet markiert sind.

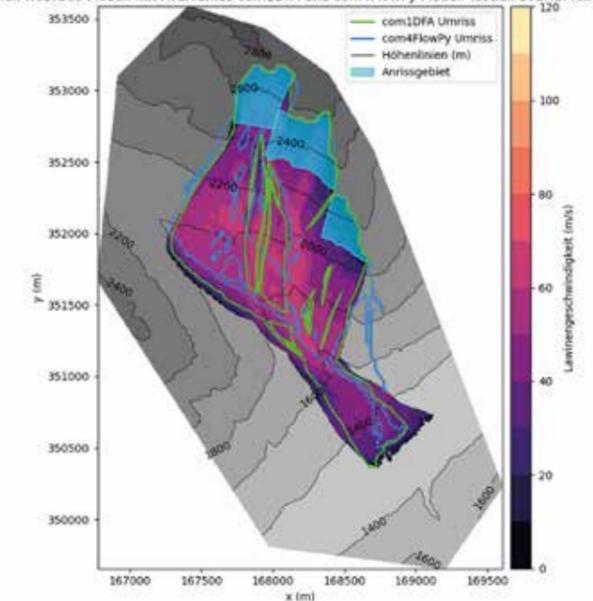
In Abbildung 04 ist ein Vergleich unseres Ergebnisses mit den Umrissen der Ergebnisse von dem physikalischen Modell com1DFA und dem empirischen Modell FlowPy zu sehen. Hier wird ersichtlich, dass wir durch unsere in Echtzeit laufende Simulation beinahe deckungsgleiche Ergebnisse erzielen können. Das zeigt sich auch in weiteren Vergleichen, die unserer Dokumentation entnommen werden können: <https://github.com/weBIGeo/webigeo>.

Unsere Simulation mit etwa 117 000 numerischen Partikeln (8 pro Höhenzelle in Auslösegebiet) benötigt etwa 300ms auf einem Laptop mit integrierter Grafikkarte (Intel Iris Xe Graphics) und etwa 10ms auf einem Desktop-Rechner mit High-End-Grafikkarte (NVIDIA GeForce RTX 3070 Ti). Auf diesem Desktop-Rechner wurden die Ergebnisse für com1DFA in etwa 4min und für FlowPy in etwa 8min berechnet.

Diskussion

weBIGeo kann durch die Verwendung einer Monte Carlo Simulationsmethode auf der GPU großräumige Lawinensimulationen hundert- bis tausendfach schneller berechnen als aktuelle Implementierungen von State-of-the-Art Modellen. Die Ergebnisse können dabei direkt im Browser auf einer interaktiven 3D Karte inspiziert werden. Die Simulation kann selbst auf handelsüblichen Laptops mit sehr kurzer Latenzzeit durchgeführt werden. Durch die Konfigurierbarkeit der räumlichen Auflösung des Geländemodells und der Anzahl der

Vergleich weBIGeo Modell mit AvaFrames com1DFA und com4FlowPy Modell Testfall avaMal reiMal1to3



04

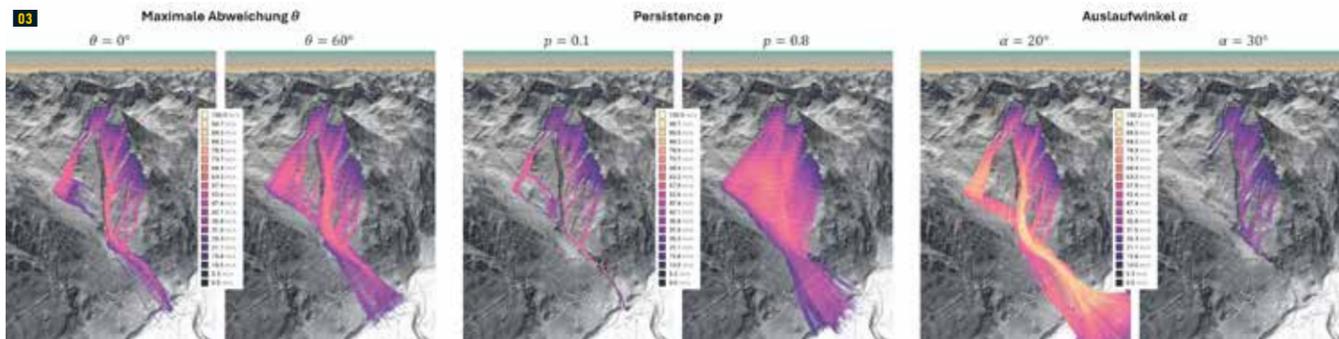
04 Vergleich des Ausmaßes der Lawinen: weBIGeo mit Parametern $p=0,6$, $\theta=24^\circ$, $\alpha=25^\circ$, 8 Partikel pro Startzelle, Schrittweite von 2m, auf $5 \times 5 \text{m}$ DEM. com1DFA mit Coulomb-Reibungsmodell mit Reibungskoeffizienten $\mu=\tan 25^\circ$ (entspricht $\alpha=25^\circ$), ohne Krümmungseffekte und ohne Entrainment auf $5 \times 5 \text{m}$ DEM. com4FlowPy mit Standardparametern auf $10 \times 10 \text{m}$ DEM. |

Partikel kann auch der Trade-Off zwischen Genauigkeit und Rechenaufwand kontrolliert werden.

Naturgemäß wird ein vereinfachtes Modell nicht deckungsgleich mit dem physikalischen sein, da wir mit unserem Ansatz keine physikalisch korrekte Interaktion zwischen den Partikeln simulieren können. Weil unser Reibungsmodell nur von der Lauflänge abhängig ist, sind unsere simulierten Lawinen tendenziell zu schnell und laufen zu weit. Dieses Problem könnte in Zukunft gelöst werden, indem im Reibungsmodell die maximale Geschwindigkeit beschränkt wird, ähnlich wie bei einer turbulenten Reibung. Im Gegensatz zu rasterzellenbasierten Modellen (z.B. [D'Amboise et al., 2022]) kann es passieren, dass wenig wahrscheinliche Bahnen nie genommen werden, und daher auch nicht angezeigt werden. Je mehr Partikel in der Simulation verwendet werden, desto genauer ist das Ergebnis.

Zusammenfassend bietet weBIGeo eine gute Möglichkeit, um erste schnelle Abschätzungen bezüglich Lawinengefahren unter verschiedenen Voraussetzungen durch systematische Variation der Parameter durchzuführen. Als web-basierte Lösung können Ergebnisse auch schnell und unkompliziert geteilt werden. In Zukunft könnten die gezeigten Simulationen einen Mehrwert in der Beurteilung von Lawinengefahr bieten, z.B. um neue Werkzeuge für professionelle und sportliche Aktivitäten im Lawinengelände zu entwickeln.

03 Einfluss der Eingabeparameter: Größere maximale Abweichung θ führt zu breiteren Lawinen. Hohe Persistence p führt zu geraden Lawinen. Ein kleinerer Auslaufwinkel α erhöht die Geschwindigkeit und Auslauflänge der Lawine. |



Finanzierung

Die Implementierung von weBlGeo wurde durch NetIdee (Projekt 6745) unterstützt.

Literatur

- D'Amboise, C. J., Neuhauser, M., Teich, M., Huber, A., Kofler, A., Perzl, F., ... & Fischer, J. T. (2022). Flow-Py v1. 0: a customizable, open-source simulation tool to estimate runout and intensity of gravitational mass flows. *Geoscientific Model Development*, 15(6), 2423-2439.
- Horton, P., Jaboyedoff, M., Rudaz, B. E. A., & Zimmermann, M. (2013). Flow-R, a model for susceptibility mapping of debris flows and other gravitational hazards at a regional scale. *Natural hazards and earth system sciences*, 13(4), 869-885.
- Hürlimann, M., Rickenmann, D., Medina, V., & Bateman, A. (2008). Evaluation of approaches to calculate debris-flow parameters for hazard assessment. *Engineering Geology*, 102(3-4), 152-163.
- Mooney, Christopher Z. Monte carlo simulation. No. 116. Sage, 1997.
- Felix Oesterle, Anna Wirbel, Jan-Thomas Fischer, Andreas Huber, & Paula Spannring. (2025). avaframe/AvaFrame: 1.12 (1.12). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15294608>
- Tonnel, M., Wirbel, A., Oesterle, F., & Fischer, J.-T. (2023). AvaFrame com1DFA (v1.3): A thickness-integrated computational avalanche module - theory, numerics, and testing. *Geoscientific Model Development*, 16(23), 7013-7035. <https://doi.org/10.5194/gmd-16-7013-2023>

Patrick Komon

e11808210@student.tuwien.ac.at
Technische Universität Wien

Gerald Kimmersdorfer

e1326608@student.tuwien.ac.at
Technische Universität Wien

Markus Rampp

markus.rampp@student.uibk.ac.at,
Universität Innsbruck

Paula Spannring

Paula.Spannring@bfw.gv.at
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für
Wald, Naturgefahren und Landschaft

Felix Oesterle

felix.oesterle@bfw.gv.at
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für
Wald, Naturgefahren und Landschaft

Jan-Thomas Fischer

jt.fischer@bfw.gv.at
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für
Wald, Naturgefahren und Landschaft

Adam Celarek

celarek@cg.tuwien.ac.at
Technische Universität Wien

Manuela Waldner

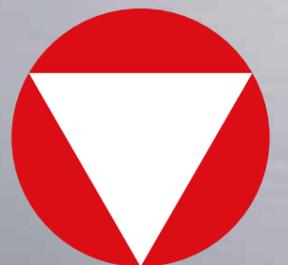
waldner@cg.tuwien.ac.at
Technische Universität Wien



MISSION VORWÄRTS:
GERÜSTET
FÜR JEDES
GELÄNDE.



EINSATZBEREIT FÜR ÖSTERREICH
KARRIERE.BUNDESHEER.AT



UNSER HEER



01 Trockene Schneebrettlawine (Foto: R. Pajarola). |

26 „Spannungen in der Schneedecke“ – Auslösewahrscheinlichkeit von Schneebrettlawinen

Autor:innen Ingrid Reiweger, Jürg Schweizer

Akute Lawinengefahr wird von Schneesportlerin und Schneesportlerinnen im freien Skiraum gelegentlich mit der Phrase „die Schneedecke steht unter Spannung“ beschrieben. Damit soll zum Ausdruck gebracht werden, dass die Auslösewahrscheinlichkeit für trockene Schneebrettlawinen (Abbildung 01) groß ist. Ein Bewusstsein für das Risiko, selber eine Lawine auszulösen, ist auf jeden Fall begrüßenswert. Ein genaues Prozessverständnis hilft zusätzlich, das Risiko besser einschätzen zu können und auch dementsprechende, risikosenkende Verhaltensmaßnahmen zu wählen. Deshalb betrachten wir hier „Spannungen in der Schneedecke“ noch einmal genauer und stellen sie auch der Sichtweise „Auslösewahrscheinlichkeit von Schneebrettlawinen“ gegenüber.

Mechanische Spannungen

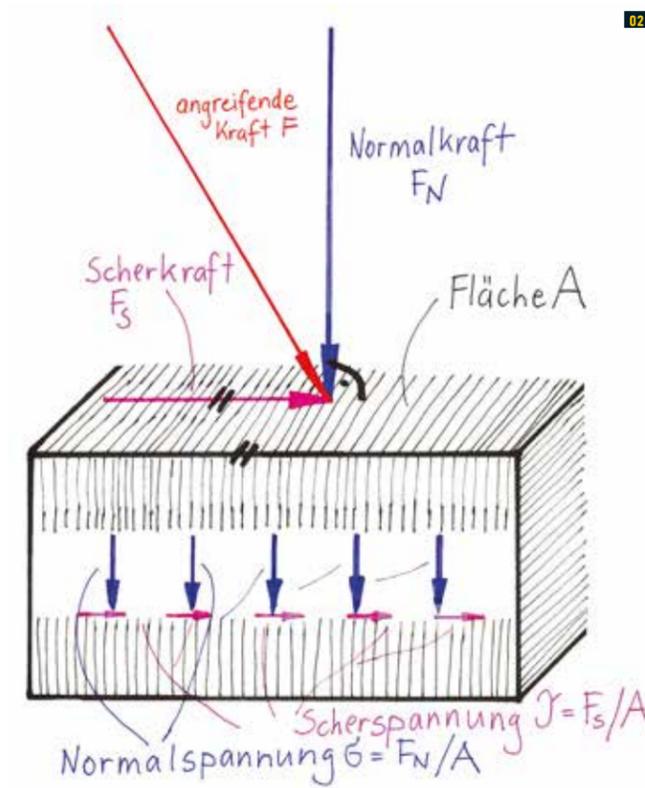
Die mechanische Spannung ist definiert als Kraft pro Fläche. Dabei ist die Normalspannung σ definiert als die Kraft F_N , die normal auf eine Fläche A wirkt: $\sigma = F_N/A$. Ist hier die Kraft F_N von der Fläche A weggerichtet, spricht man von Zugspannung, ist F_N auf Fläche A zugerichtet, spricht man von Druckspannung. Die Scherspannung τ ist wie-

der die Kraft F_S , die auf die Fläche A wirkt, jedoch diesmal mit Wirkungsrichtung parallel zur Fläche A : $\tau = F_S/A$.

Jede auf einen Körper angreifende Kraft kann in die Komponenten Normalkraft und Scherkraft aufgeteilt werden, und somit kann auch jede Spannung (Kraft pro Fläche) als Summe von Normalspannung und Scherspannung beschrieben werden (Abbildung 02).

Wirkungen von Spannungen

Spannungen führen zu Dehnungen, d.h. zu Formänderungen des Körpers. Im elastischen Fall sind diese Dehnungen auch reversibel, und die Spannung σ ist direkt proportional zur Dehnung ϵ mit dem Elastizitätsmodell E als Proportionalitätskonstante: $\sigma = E \cdot \epsilon$. Elastizität ist also die Eigenschaft eines Körpers, unter Belastung seine Form zu verändern, und beim Wegfallen der Belastung in seine ursprüngliche Form zurückzukehren. So kann elastische Energie (reversible (umkehrbare) Formänderungsenergie) gespeichert werden, die durch Wegnahme der Spannung (Kraft pro Fläche) als Bewegungsenergie wieder freigesetzt wird. Beispiele hierfür wären die gespeicherte Energie



02 Angreifende Kraft, Zerlegung in die Komponenten Normalkraft und Scherkraft, Visualisierung von Normalspannung und Scherspannung. | 03 Durchschneiden eines unter Spannung stehenden Seils. |

in der zusammengedrückten Feder eines Pogo-Sticks oder die gespeicherte Energie in dem gespannten Gummiband einer Steinschleuder. Wie äußert es sich nun, wenn ein Körper unter Spannung steht, also in dem Körper Kräfte auf die inneren Bindungen wirken? Innere Spannungen können am besten dargestellt werden, indem man einen Körper an der betreffenden Stelle durchschneidet. Da das tatsächliche Durchschneiden von Körpern und Werkstücken nicht immer durchführbar und praktisch ist, werden in der Mechanik oft gedankliche Schnitte verwendet. So ist beispielsweise in Abbildung 03 ein Seil dargestellt, welches im Begriff ist, durchgeschnitten zu werden. Wir können uns gut vorstellen, dass das Seil unter Spannung steht, da am unteren Ende eine Masse hängt, die dank der Schwerkraft von der Erde angezogen wird. Sobald das Seil fertig durchgeschnitten ist, wird der untere Teil mit der Masse daran aufgrund der Gravitationskraft in die Tiefe stürzen. Das obere Seilende wurde gedehnt, sobald es freigeschnitten ist, wird die elastische Dehnungsenergie frei, und das Seilende wird nach oben zurückschnalzen. Es wirkt an der Schnittfläche das 3. Newtonsche Axiom: Kraft = Gegenkraft. Im unzerschnittenen Zustand äußern sich diese Kräfte als innere Spannungen, direkt nach dem Schnitt führen die Kräfte zu Be-

wegungen der nun getrennten Körper: die Bewegung des unteren Seilendes nach unten und die Gegenbewegung des oberen Seilendes nach oben.

Spannungen und Schnitte innerhalb der Schneedecke

Was passiert jetzt eigentlich in der Schneedecke, wenn wir das Schneebrett, also die oberen, halbwegs gebundenen Schneesichten anschneiden? Wie wir aus Erfahrung vom Spuren, Schneeprofil- oder Schneehöhlegraben wissen, passiert in den allermeisten Fällen gar nichts (Abb. 04). Die Schneedecke zeigt sich meist herzlich unbeeindruckt von unseren Zerstörungen. Das heißt somit, dass ein alleiniges Anschneiden des Schneebretts nicht ausreicht, um eine Lawine auszulösen, das Brett also durch sein Eigengewicht nicht dermaßen unter Spannung steht, dass das alleinige Lösen der internen Bindungen innerhalb des Bretts zu einem Lawinenabgang führt. Es spielt bei der Bildung einer Schneebrettlawine nämlich noch ein anderer Prozess eine wesentliche Rolle: die Bruchausbreitung innerhalb der Schwachschicht unter dem Schneebrett. Nur wenn es keine Scherfestigkeit zwischen dem Schneebrett und dem Untergrund gäbe, würde ein Anschneiden des Brettes zu einer Lawine führen. Da Schneekörner sich jedoch sofort miteinander verbinden, sobald sie in



01 Avalanche mitigation structures in Lomnické sedlo, Vysoké Tatry. (Source: Matej Rumanský) |

27 Everybody makes mistakes, newbies and experienced people

Autor Pavel Krajčí

Every winter season, several people die in avalanches in Slovakia. The long-term average is 3 persons. Avalanche prevention center documents and collects all available information about all main avalanche accidents in Slovak mountains. In this paper we deal with the analysis of two fatal accidents that have happened in the winter season 2021/2022. In the first case, it was an accident with newbies, with almost no information about the terrain where they were having the ski touring trip. On the other hand, the second one was an accident with the experienced ski mountaineers, who were very familiar with the slopes, where the avalanche was triggered. Comparison of these two avalanche fatalities shows two different ways of thinking and decision making before the trip that leads to the same consequences. These two stories can be a useful lesson for the people who move in avalanche terrain.

Avalanche prevention in Slovakia

Avalanche danger has been present in Slovakia for a long time. As a country with a significant share of mountainous territory, Slovakia has extensive experience with avalanches, unfortunately, including numerous avalanche-related accidents. There have been 344 known avalanche fatalities in Slovakia since the 17th century. The avalanche fatalities that occurred throughout the 1960s and early 1970s prompted a more systematic approach to avalanche research. Inspired by practices in Alpine countries, Slovakia established the Avalanche Prevention Centre in 1972. The first idea was to provide an avalanche warning for the whole Carpathian mountain range, but this was not accomplished. Today, the Avalanche Prevention Centre (SLP) carries out all tasks related to avalanche prevention in Slovakia, including publication of the regional avalanche bulletin, observation of snow

cover and meteorological conditions in mountains, maintenance of the avalanche cadastre, managing of preventive measures e.g. blasting with explosives, maintaining of network of meteo stations, analyzing of avalanche accidents and big avalanches.

One of the ways to prevent avalanche casualties is by sharing information about avalanche accidents and writing detailed reports. This helps others learn from past mistakes. It's important to highlight the errors that led to the avalanche incidents, so similar situations can be avoided in the future.

Kamenistá dolina 2022

In this work, we chose 2 avalanche incidents that happened in winter 2021/2022. We were focused on decision making. People in these two cases had very different backgrounds and experiences but in the both stories it led to similar tragic consequences.

Three friends set off on a ski mountaineering tour in the morning in nice, sunny and relatively warm weather (0°C at an altitude of 1800 m a.s.l.). All of them had basic avalanche equipment, i.e. an avalanche transceiver, probe and shovel. Their original destination was the area of Low Tatras. However, while driving by car, they decided that the Western Tatras looked much better and "whiter" in terms of snow cover. Therefore, they headed to Podbanské and decided to walk up along the hiking trail to Kamenistá dolina. They didn't know the terrain at all, but continued up the valley according to their feelings. From a topographic point of view, Kamenistá dolina is relatively shallow, but its adjacent slopes are very steep and exposed.

About halfway up the valley, they decided to climb up a random couloir that seems to them to be the best snow-covered. They climbed up to the ridge. Here, they had a rest, prepared for the descent and wanted to ski down one by one at short intervals. The slope below them was obviously the most snow-covered. The wind-blown snow was relatively hard and load-bearing, and there was nothing to indicate that an avalanche could be released here. They did not do any snow stability test. The first skier started skiing down the slope. He stopped after a few meters and adjusted his binding. At that moment, a second skier didn't wait and started skiing, too. When he was a few meters below the first skier, an avalanche suddenly broke. A crack occurred above the first skier and the avalanche swept both down the slope. The last one was standing above the slope at that moment and watching the situation from a safe place. As



02 Scheme of the avalanche accident in Kamenistá dolina 2022. (Source: Mountain Rescue Service, Avalanche prevention center Slovakia) |

soon as the avalanche swept away both of his friends, he skied down to the deposit. He took out his avalanche transceiver and began searching for his friends, whom he could not see on the surface and both of whom were completely critically buried. The avalanche transceiver directed him to the buried man below, where he identified the exact location with a positive probe. Within a few minutes, he managed to dig his friend up to the waist, who spontaneously regained consciousness from the lack of oxygen. He took his own shovel from his backpack to dig himself out and ran to look for the other person. Within a moment, the avalanche transceiver directed him to the right place again. Here, he had trouble marking the exact location with the probe. Since the depth of the burial was approximately 1.7 m, correct marking with the probe in hard avalanche debris is often very difficult. Therefore, he decided to start digging randomly. Within a few minutes, he managed to dig out the



03 Avalanche rescue in Veľká Fatra. December 13, 2021. (Source: Mountain Rescue Service, Avalanche prevention center Slovakia) |

buried man's hand. At this moment, his friend with an injured leg came to him and together they dug out the last of the three. Unfortunately, he showed no signs of life. Since there is weak or no signal coverage in the area, the call was connected via the 112 line. A helicopter of the Emergency Medical Service immediately took off. A doctor and a rescuer were deployed to the scene of the accident. Unfortunately, despite all efforts, the victim's vital functions could not be restored. According to the survivors, they managed to dig the victim out of a relatively deep hole approximately 45 minutes after he was buried.

Accident assessment:

Positives:

- ▷ They had basic avalanche equipment. The ski mountaineer who was not swept acted very quickly and intuitively, thanks to which he managed to quickly locate and dig out the 1 buried victim. When he dug out the first buried victim who was breathing, he did not waste time completely digging him out, but tried to find the next one.
- ▷ They did not accept the issued avalanche forecast and went on a hike into unknown terrain in the 3rd avalanche level.

- ▷ They skied the slope together without sufficient spacing.
- ▷ They chose a slope that ended in a terrain trap and therefore the deposit reached a thickness of over 3 meters.
- ▷ They did not perform any compression test directly in the terrain, which could reveal a dangerous layer.

Krížna 2021

A group of four experienced Slovak ski mountaineers went on a hike in the Great Fatra on December 13, 2021. They set off from the settlement of Rybô towards Krížna, followed the classic route as they were locals and knew the terrain well. Since it was the beginning of the season and there was still little snow, they did not take avalanche equipment with them. First, they climbed to the top of Krížna. It was a nice, sunny day, but there was an unpleasant wind blowing, especially at the top. They skied down to Suchá dolina, where they decided to go further north towards the Frčkov massif. It seemed to them that the wind might have been weaker there. They climbed to the ridge and decided to ski down again to Suchá dolina on a south-facing slope. Here it seemed to them that the skiing could be better, there was more snow blown there.

They split up. Two went straight into the steep slope, one more carefully from the side closer to the forest and one lagged behind. When the first two were about halfway down the couloir, a crack was heard and the last of the group saw how the avalanche broke off. It swept away three. The avalanche broke off about 50 m above them. The one who was on the edge, closer to the forest, was also swept away and buried only about up to his thighs. The avalanche did not take out his skis. He managed to dig himself out. The two who were in the middle of the chute had no chance of escaping and the avalanche completely buried both of them. The last of the group contacted the rescue services and started to inspect the avalanche, but he did not see his friends anywhere. Since they did not have avalanche equipment, locating them in the large drift was almost impossible.

The avalanche accident was influenced by several negative factors:

- ▷ The ski mountaineers did not have basic avalanche equipment with them.
- ▷ Their skis had the toe of their bindings areted, so even when they fell in an avalanche, their skis did not come off and probably contributed to the deep burial.
- ▷ There were dangerous hard snow pillows in the terrain created by the wind.
- ▷ The ski mountaineers were experienced and knew the terrain, but they chose a chute with a slope of over 35° with an inflated snow bank.
- ▷ There was a terrain trap – a narrow valley – under the slope they were skiing. The avalanche debris had nowhere to spill and created a deep deposit.

It might seem that avalanche accidents happen mainly to beginners and inexperienced people, but that's not always the case. Sometimes, being in a familiar environment can affect judgment and lower alertness—just thinking that you've been in that area many times without anything happening. No one is immune to mistakes, even those who are experienced.



04 The Mountain Rescue Team at work. (Source: Mountain Rescue Service, Avalanche prevention center Slovakia) |

Pavel Krajčí

krajci.palo@gmail.com
 Avalanche prevention center, Mountain rescue service, Slovakia
 Horský uzol – mountain education center and community hub



01 Das Suchen einer verschütteten Person muss regelmäßig geübt werden, damit es im Notfall dann gut klappt. (Quelle: Highland Production - Luigi Dellarole) |

28

Gestaltung von Freeride- und Lawinenkursen für Jugendliche auf Grundlage einer Studie zu Gruppendynamik und Entscheidungsfindung junger Freerider*innen

Autor:innen Tamara Tschanhenz, Clemens Leitner, Carolin Strutzmann

Das snow institute verfolgt das Ziel, Lawinenunfälle mit jugendlichen Wintersportler*innen zu reduzieren, indem das Bewusstsein für Schnee und die damit einhergehenden Gefahren gefördert werden. Durch die enge Zusammenarbeit mit verschiedenen Initiativen konnte sich das snow institute praxisorientiert weiterentwickeln und bietet multimedial interaktive Lehrmaterialien in verschiedenen Formaten an. Im Zuge der Entwicklung von neuen Lehrmaterialien stellte sich die Frage, wie sich Jugendliche in einer Gruppe Gleichaltriger am Berg verhalten, wie Entscheidungsprozesse beim Freeriden ablaufen, auf welchen Kriterien diese basieren und welchen Einfluss Gruppenzusammensetzung und Gruppendynamiken haben. Der Schwerpunkt liegt auf dem Thema Freeriden, da Unfallanalysen zeigen, dass Lawinenunfälle

mit Jugendlichen überwiegend in diesem Bereich auftreten. Unter Freeriden versteht man das Skifahren oder Snowboardfahren im ungesicherten alpinen Gelände, das unmittelbar vom organisierten Skigebiet aus zugänglich ist. Diese Bereiche erfordern in der Regel kein vorheriges Aufsteigen und führen häufig wieder zurück ins gesicherte Skigebiet. Aufgrund der leichten Erreichbarkeit entsteht oft der trügerische Eindruck, es handle sich um sicheres Gelände – insbesondere, da es sich geografisch „innerhalb“ des Skigebiets befindet, tatsächlich jedoch keine kontrollierte und gesicherte Zone darstellt.

Zur Beantwortung dieser Fragestellungen wurde in Zusammenarbeit mit der Universität Innsbruck in der Wintersaison 2024/2025 im Rahmen einer Masterarbeit eine Studie durchgeführt. Die gewon-

nenen Erkenntnisse sollen dazu beitragen, Freeride- und Lawinenkurse sowie die entsprechenden Lehrmaterialien für Jugendliche künftig gezielter und bedarfsgerechter zu gestalten.

Risikosportart Freeriden

In den vergangenen Jahrzehnten hat sich das Freeriden von einer Randsportart zu einer weit verbreiteten Disziplin des alpinen Skifahrens entwickelt, die auch bei jungen Wintersportler*innen zunehmend an Beliebtheit gewinnt (Pain & Pain 2005; Frühauf & Kopp 2020). Die Begeisterung für unberührte Tiefschneehänge und anspruchsvolle Abfahrten stellt beim Freeriden eine wesentliche Motivation dar. Gleichzeitig sind mit dem Fahren im ungesicherten Skiraum Gefahren verbunden, die überlegte und fundierte Entscheidungen erfordern (Haegeli et al. 2012; Frühauf et al. 2017). Neben klassischen Maßnahmen wie das Aneignen von Wissen der Lawinenkunde und das Mitführen technischer Ausrüstung, die für die Risikoreduzierung unerlässlich sind, spielen zunehmend menschliche Faktoren und gruppen-dynamische Prozesse eine entscheidende Rolle bei Lawinenunfällen (Mccammon 2002; Zweifel 2014).

Obwohl es zahlreiche Untersuchungen zur Entscheidungsfindung gibt (siehe Hetland et al. 2025), fehlen bislang spezifische Studien zum Verhalten (Entscheidungsfindung, Gruppenprozesse) von Jugendlichen im alpinen Gelände mit dem Fokus auf Freeriden. Gerade im Hinblick auf das Risikoverhalten von Jugendlichen ist dies besonders bedeutsam (Frühauf et al., 2020). Die Unfallzahlen bei jungen Freerider*innen sind in den letzten Jahren indessen angestiegen (ÖKAS 2025).

Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass Jugendliche besonders empfänglich für soziale Anerkennung sind, was sich in einem erhöhten Risikoverhalten widerspiegeln kann (Frühauf et al., 2020). In einer Studie, in der die Motive von Freeridern verschiedener Altersgruppen untersucht wurden, zeigte sich, dass für Jugendliche vor allem der soziale Aspekt und die Anerkennung innerhalb von Gruppen Gleichaltriger (Peergroup), eine entscheidende Rolle spielen. Dies könnte erklären, weshalb sie auch trotz vorhandener Risikokompetenz in bestimmten Situationen impulsiver handeln als Erwachsene (Frühauf et al. 2022).

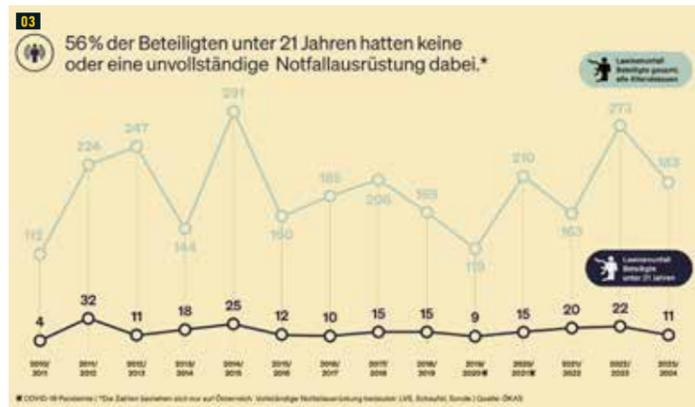
Hintergrundwissen: Interaktives Lernen

Ziel des snow institute ist es, Lawinenunfälle bei Jugendlichen im Alpenraum auf ein Minimum zu reduzieren – durch eine positive, zeitgemäße Wissensvermittlung über die Faszination Schnee und



02 Ein Gamification orientiertes E-Learning Tool für das Smartphone ermöglicht jungen Freerider*innen das orts- und zeitunabhängige Lernen und ist eine zusätzliche Lernmethode zu Praxiskursen und Ausbildungen. (Quelle: © snowwise | snow institute) |

die damit verbundenen Risiken. Anstelle von Verboten setzt das snow institute auf Aufklärung mit gesellschaftlichem Mehrwert. Wir stellen lokalen und regionalen Initiativen Fachwissen sowie praxistaugliche Lehrmaterialien offen und transparent zur Verfügung. Diese sind darauf ausgelegt, interaktive Lehrformen zu fördern und Lernen durch Erlebnisse und Erfahrungen zu ermöglichen. Ein zentraler pädagogischer Ansatz, der dieses Ziel unterstützt, ist die Erlebnispädagogik. In der Erlebnispädagogik wird Frontalunterricht



03 Studie über die Notfalleusrüstung bei Beteiligten unter 21 Jahren. (Quelle: ÖKAS) | 04 Auf snow.institute gibt es schülerorientierte Formate wie Workshops und Lernspiele, mithilfe derer die Jugendlichen, die Lerninhalte weitgehend selbstständig erarbeiten können. (Quelle: snow.institute) |

durch eigenständiges Handeln der Schüler*innen ersetzt – die Schüler*innen erarbeiten Lerninhalte mit Hilfe des gesamten Körpers anstatt nur mit Ohren und Augen und können somit Emotionen und Bewegungen damit verknüpfen (Michl 2020). Werden die Erlebnisse dann durch Reflexion und Transfer nutzbar gemacht, kann ein nachhaltiger Lerneffekt erzielt werden. Die Lerninhalte werden besser im Gehirn verankert, die Lernenden können einen Bezug zum Alltag aufbauen und unbewusst fördert man dadurch auch die sozialen Kompetenzen (Michl 2020). Das Erlebte wird von jeder einzelnen Person unterschiedlich aufgenommen und aus dem Erlebnis kann erst dann ein Lerneffekt erzielt werden, wenn es durch Reflexion zum Ausdruck gebracht wird. Da es oft schwierig ist, Erlebnisse in Sprache auszudrücken, sind auch weitere kreative Ideen der Reflexion gefragt. Im Anschluss muss auf den Transfer übergegangen werden. Es soll herausgefunden werden, was in den Alltag, in dem Fall in das eigenständige Freeriden, übernommen werden kann und welche Erkenntnisse gewonnen werden konnten (Michl 2020). Untersucht werden soll, in welcher Form interaktives Lernen im Kontext eines Freeridekurses im alpinen Gelände wirksam realisiert werden kann. Am Berg, beim Freeriden geht es den Jugendlichen darum, gemeinsam schöne, aufregende Dinge wie z. B. das Befahren einer entsprechenden Tiefschneeabfahrt zu erleben und einen guten Tag zu verbringen. In einer Ausbildungsumgebung müssen also die Lernziele und die Theorie so verpackt werden, dass dieses Ziel der jungen Freerider*innen erfüllt wird und das Interesse und die Aufmerksamkeit sich Weiterzubilden gefördert wird.

Die Ausbildung von jungen Freerider*innen erfolgt bei zahlreichen Tiroler Initiativen häufig in zwei Teilen – einerseits gibt es Theorieeinheiten, die meist im Vorab bzw. getrennt von den Praxiseinheiten stattfinden. Oft wird theoretisches Wissen frontal von Ausbilder*innen an Kursteilnehmer*innen vermittelt. Arnold (2024) betont, dass Menschen zwar grundsätzlich lernfähig, jedoch nicht einfach belehrbar sind. Lernen versteht er als einen selbstgesteuerten Aneignungsprozess. Dementsprechend sollte Lehre vor allem durch Lernzutrauen und unterstützende Begleitung gekennzeichnet sein. Reine Belehrung oder das bloße Abarbeiten von Lerninhalten führen hingegen dazu, dass an den Lernenden vorbeigelehrt wird – ihre eigene Lernfähigkeit wird dabei übergangen oder sogar infrage gestellt.

Diesen Gedanken folgend hat das snow institute schülerorientierte Formate wie Workshops und Lernspiele entwickelt, mithilfe derer die Jugendlichen, die Lerninhalte weitgehend selbstständig erarbeiten. Wird Wissen lehrerzentriert beispielsweise über Präsentationen frontal vermittelt, dann kann trotzdem darauf geachtet werden, immer wieder in den Austausch mit den Teilnehmer*innen zu gehen, sie einzubeziehen (z. B. durch Fragen, Diskussionspunkte) und im Anschluss einen Reflexionsprozess anzuregen (Quizze, Aufgaben, Reflexionsmethoden). Im Kontext der Erlebnispädagogik und mit dem Wissen, dass für Jugendliche vor allem der soziale Aspekt und die Anerkennung innerhalb der Peergroup eine entscheidende Rolle spielen, sowie dass diese häufig impulsiver handeln als Erwachsene (Frühauf et al. 2022) könnte der Fokus

bei einem Freeridekurs mit Jugendlichen wie folgt liegen:

▷ **Erfahrungen ermöglichen und begleiten**

In diesem Zusammenhang geht es nicht ausschließlich darum, praktische Erfahrungen zu ermöglichen – auch wenn diese zweifellos einen zentralen Bestandteil darstellen. Darüber hinaus lassen sich theoretische Inhalte so gestalten, dass herausfordernde Anwendungssituationen entstehen, welche von den Jugendlichen eigenständig bearbeitet und gelöst werden sollen.

Beispiel: Thema Lawinenbericht verstehen und anwenden

Den Teilnehmer*innen des Freeridekurses kann die Lawinenprognose vorgelegt werden und erklärt werden, dass am gegebenen Tag ein Problem an Nord- und Westhängen vorherrscht, das gemieden werden muss. Alternativ könnte man aber die Frage stellen, auf was beim bevorstehenden Freeridetag unter Berücksichtigung der Lawinenprognose geachtet werden muss und wie das konkret im Gelände umgesetzt werden kann. In Kleingruppen können die Teilnehmer*innen mithilfe z. B. der genannten Workshopunterlagen dieser Frage auf den Grund gehen. Sie sammeln Erfahrungen in der zielgerichteten Informationsbeschaffung zum jeweiligen Thema, identifizieren relevante Informationen, mit denen sie bereits weiterarbeiten können, und erkennen Bereiche, in denen weiterer Klärungs- oder Recherchebedarf besteht. Im Gelände müssen dann die gesammelten Informationen und das Gelernte abgerufen werden und das Ergebnis muss reflektiert und evaluiert werden.

▷ **Risikobeurteilung und Entscheidungsprozesse unterstützen, aber nicht abnehmen**

Beim Freeriden müssen in kurzer Zeit zahlreiche Entscheidungen getroffen werden. Diese erfolgen häufig nicht rein rational, sondern intuitiv oder in einer Mischung der beiden. Das ist grundsätzlich unproblematisch, solange dabei auf Erfahrungen und implizites Wissen zurückgegriffen wird. Intuitive Entscheidungen basieren maßgeblich auf der individuellen Erfahrung, denn auch wenn sie unbewusst getroffen werden, werden sie durch das sogenannte Bauchgefühl gelenkt – ein Gefühl, das auf früheren Erlebnissen und erlernten Mustern beruht (Willke 2020; Betsch 2008). In unserem Beispiel haben wir bereits eine Grundlage für eine rationale Entscheidung gelegt, indem wesentliche Faktoren zu bestehenden Gefahren berücksichtigt wurden. Trotz allem fehlt es den Teilnehmer*innen



05 Gemeinsam auf Tour. (Quelle: © schneewise | snow institute) |

an Erfahrung diese Informationen im Gelände anzuwenden und in ihre Entscheidung einfließen zu lassen. Hier nimmt dann die Intuition wieder ihren Platz ein. Intuition lässt sich als eine Kompetenz verstehen, die durch Erfahrung, Ausbildung und Professionalisierung zu einem zentralen Element der Entscheidungskompetenz entwickelt werden kann (Willke 2020). Nehmen die Ausbilder*innen die Entscheidung ab und geben vor, welche Hänge befahren/gemieden werden, sammeln die Teilnehmer*innen keine Erfahrung im Treffen von Entscheidungen am Berg. Sie werden nicht vor eine Herausforderung gestellt und es wird folglich auch kein Lernprozess an-geregt (Michl 2020).

▷ **Offene Kommunikation, Reflexion und Transfer**

Um offene Kommunikation beim Freeriden zu normalisieren, wird im Ausbildungssetting über Risikowahrnehmung, Entscheidungen, Bedenken, gute und weniger gute Entscheidungen offen gesprochen. So ist es wahrscheinlicher, dass eine offene Kommunikation auch in Peerguppen als Teil des

Freeridetages angesehen wird und ebenso behandelt wird. Die Ausbilder*innen haben hier die Chance, als Teil der Gruppe – Kommunikation und Reflexion zu initiieren, ohne den Prozess von oben herab anzuleiten.

Studie

Ziel der Studie war es, ein allgemeines Bild zu erhalten, wie sich Jugendliche beim Freeriden verhalten, auf welcher Grundlage Entscheidungen getroffen werden und welchen Einfluss die Gruppenzusammensetzung sowie die Gruppendynamiken darauf haben.

Datenerfassung

Für die Datenerhebung wurde ein quantitativer Forschungsansatz gewählt, um systematisch Informationen über die Entscheidungsfindung und gruppendynamischen Prozesse bei Jugendlichen im Freeriden zu sammeln. Die Erhebung der Daten erfolgte im März und April 2025 mithilfe eines standardisierten Fragebogens. Dieser wurde sowohl an Tiroler Bildungsinstitutionen als auch in Tiroler Wintersportvereinen durchgeführt. Der Fragebogen war in verschiedene thematische Bereiche unterteilt. Zunächst wurden demografische Angaben erfasst, anschließend folgten allgemeine Fragen zur Freeride-Erfahrung und zum Ausbildungsstand der Befragten, wie etwa Häufigkeit, Zusammensetzung der Gruppe, verwendete Notfallausrüstung und besuchte Lawinenkurse. Ein weiterer Teil überprüfte die Selbsteinschätzung und das Wissen über lawinenrelevante Themen, wie die Interpretation des Lawinenberichts und die Unterscheidung zwischen gesichertem und ungesichertem Skiraum. Ein großer Teil des Fragebogens befasste sich mit dem Erfassen von gruppenrelevanten Faktoren im alpinen Gelände. Die Grundlage für die Fragen bildete das SOCIAL-Tool von Zweifel (2014), welches die wichtigsten Einflussfaktoren gruppendynamischer Prozesse strukturiert darstellt. Darüber hinaus war es Ziel, mehr über die Entscheidungsgrundlagen zu erfahren. Die theoretische Grundlage hierzu bildeten die kognitiven Entscheidungsfallen/Bias, angelehnt an die von McCammon (2002) beschriebenen heuristischen Fallen – darunter Familiarity, Social Proof, Commitment, Scarcity, Expert Halo und Social Facilitation.

Ergebnisse

Da die Datenerhebung im März/April 2025 stattgefunden hat, ist die Studie noch nicht vollständig ausgewertet. Die vollständigen Ergebnisse wer-

den im Rahmen des Lawinensymposiums 2025 erstmals vollständig präsentiert. Nichtsdestotrotz können wir im Folgenden die ersten qualitativen Ergebnisse präsentieren.

Von den insgesamt 183 ausgefüllten Fragebögen konnten aufgrund der Altersangaben nur 159 für die Auswertung berücksichtigt werden. Die befragten Personen waren zwischen 11 und 20 Jahre alt und sind Schüler*innen von Tiroler Bildungsinstitutionen oder Teilnehmer*innen/Mitglieder von Freeridekursen/-vereinen. Von den 159 befragten Personen haben 90 Personen angegeben zumindest hin und wieder die gesicherte Piste zu verlassen. Sie bewegen sich somit im potenziell lawinengefährdeten Gelände und stellen die relevante Zielgruppe dieser Untersuchung dar. Die folgenden Erkenntnisse beziehen sich ausschließlich auf diese 90 Datensätze.

Bei den Fragen zu Gruppendynamik und Entscheidungsfindung wurden die Teilnehmer*innen aufgefordert, sich in den letzten Freeridetag hineinzuversetzen und die Fragen dahingehend zu beantworten.

Nur 50% der Jugendlichen geben an, eine eigene Notfallausrüstung zu haben oder immer eine ausleihen zu können. Diese Zahl bestätigt die Erkenntnisse aus unseren Unfallanalysen. Zudem gaben 76% der Befragten an, dass beim letzten Freeridetag entweder nicht alle Gruppenmitglieder oder sogar niemand eine vollständige Notfallausrüstung mitführte – oder, dass es ihnen nicht bekannt war. Dies unterstreicht einmal mehr, den Handlungsbedarf.

Nur 10% geben an, aufgrund von konkreten Überlegungen und der Berücksichtigung relevanter Aspekte in der Gruppe entschieden zu haben, ins Gelände zu fahren. Der Rest gibt an die Entscheidung aufgrund von Bauchgefühl, anderen Gruppen, der Entscheidung anderer Personen oder Social Media getroffen zu haben und/oder ohne jegliche Überlegungen Freeriden gegangen zu sein. Die Hälfte der jungen Freerider*innen geben an, dass in der Gruppe nicht oder nur selten und nicht ausführlich über Risiken gesprochen wurde.

Ob es hier einen Zusammenhang mit der Gruppenzusammensetzung und der Gruppengröße gibt, muss noch analysiert werden. Weiteres werden ausführliche Auswertung zur Entscheidungsgrundlage gemacht.

Conclusio

Ziel der Ausbildung von jungen Freerider*innen muss es sein, ihnen die Fähigkeiten zu vermitteln, sich selbstständig bzw. in einer Gruppe Gleich-

altriger bewusst im alpinen Gelände bewegen zu können. Dabei sollen sie lernen, mit den damit verbundenen Chancen und Risiken verantwortungsvoll umzugehen. Studien zeigen, dass junge Erwachsene, die Risikosportarten betreiben, nicht in Vereinen agieren bzw. diese wieder verlassen und bevorzugt selbstorganisiert agieren (Frühauf et al. 2022). Die zentrale Aufgabe besteht darin herauszufinden, wie Kurse gestaltet sein müssen, damit junge Freerider*innen möglichst eigenständige Erfahrungen in einem geschützten Rahmen sammeln können. Ziel ist ein nachhaltiger Lernprozess, der sie dazu befähigt, später selbstständig oder in Gruppen ohne professionelle Führung verantwortungsvolle Entscheidungen im alpinen Gelände zu treffen. Die Studie soll aufzeigen, wie Jugendliche am Berg unterwegs sind und wo die Probleme/Gefahren liegen, auf die gezielt eingegangen werden muss, um zukünftig mehr Jugendliche zu erreichen, einen Lernprozess anzuregen und somit Unfälle und Fehlverhalten zu verhindern.

Literatur

- Arnold, R. (2024). Wie man lehrt, ohne zu belehren: 29 Regeln für eine kluge Lehre – Das LENA-Modell. Carl-Auer Verlag.
- Betsch, T. (2008). The nature of intuition and its neglect in research on judgment and decision making. *Intuition in judgment and decision making*, 3-22.
- Frühauf, A., & Kopp, M. (2020). Risikoverhalten und Aspekte der Risikosportpartizipation im Jugendalter. *Praxis Der Kinderpsychologie Und Kinderpsychiatrie*, 69(2).
- Frühauf, A., Kopp, M., & Niedermeier, M. (2022). Risk Factors for Accidents and Close Calls in Junior Freeriders, Adolescent Alpine Skiers and Adult Freeriders – A Comparison. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22).
- Frühauf, A., Hardy, W. A. S., Pfoestl, D., Hoellen, F.-G., & Kopp, M. (2017). A Qualitative Approach on Motives and Aspects of Risks in Freeriding. *Frontiers in Psychology*, 8(ISSN: 1664-1078), 1998.
- Haegeli, P., Gunn, M., & Haider, W. (2012). Identifying a High-Risk Cohort in a Complex and Dynamic Risk Environment: Out-of-bounds Skiing—An Example from Avalanche Safety. *Prevention Science*, 13(6), 562–573.

- Hetland, A., Hetland, R. A., Skille, T. T., & Mannberg, A. (2025). A scoping review of human factors in avalanche decision-making. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 25(2), 929-948.
- Mccammon, I. (2002). Evidence of heuristic traps in recreational avalanche accident. *utb GmbH*.
- ÖKAS – Österreichisches Kuratorium für Alpine Sicherheit: Lawinenunfallstatistik, 2025, April 25.
- Pain, M. T. G., & Pain, M. A. (2005). Essay: Risk taking in sport. *The Lancet (British Edition)*, 366 Suppl 1(ISSN: 0140-6736), S34.
- Willke, H. (2020). Zur Rationalität der Intuition. *Organisationsberatung, Supervision, Coaching*, 27(4), 551-563.
- Zweifel, B. (2014). SOCIAL – A GROUP CHECK TOOL.
- Zweifel, B. (2015). Group dynamics among recreationists traveling in avalanche terrain – challenges for improving avalanche safety. *ETH Zürich*.

Tschanhenz Tamara

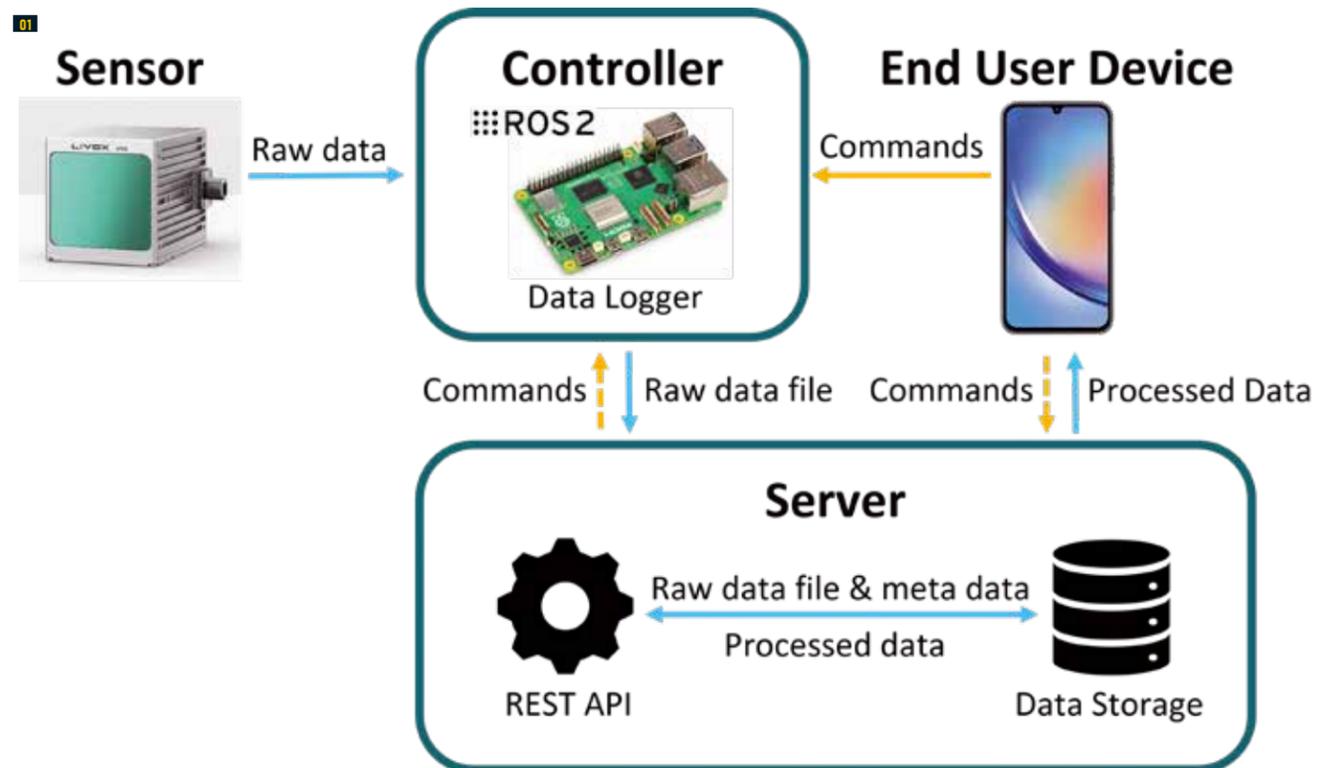
t.tschanhenz@bergrettung.tirol
snow institute

Leitner Clemens

Universität Innsbruck, Institut für Sportwissenschaft

Strutzmann Carolin

Lawinenwarndienst Tirol



01 Components of the lidar sensing solution and the data flow between them (blue arrows) as well as the actual direct remote-control path with commands (yellow arrow) and the improved future one via the server (dashed yellow arrow). |

29 An affordable permanent monitoring solution of potential avalanche sites

Autor:innen Stefan Wallner, Thomas Göllles, Birgit Schlager, Alexander Prokop, Christoph Gaisberger, Markus Schratler, Stefan Muckenhuber

Two common avalanche problems are new snow and wind slab formation. These problems occur on specific slopes with their topography depending on changing weather patterns and therefore avalanche danger scale cannot easily be estimated for a larger region. This leads to uncertainties for humans moving in these slopes and a solution to provide more site-specific information on avalanche risk based on local and reliable data is necessary. One technology used to identify the change of snow thickness over time which has been applied for more than 15 years already is terrestrial laser scanning based on Light Detection and Ranging (lidar) (Prokop, 2008; Deems et al., 2015). To execute measurements, a variety of devices with different suitability for distinct use cases exist. For measurements of entire slopes or mountain slopes, e.g. a RIEGL VZ-6000 can be used. The maximum measurement distance is up to 6km, and the wavelength is 1064nm. However, the time to take a single high-resolution scan can take a couple of 10 minutes up to hours. Further, the cost of such a high precision laser scanner is in the range of

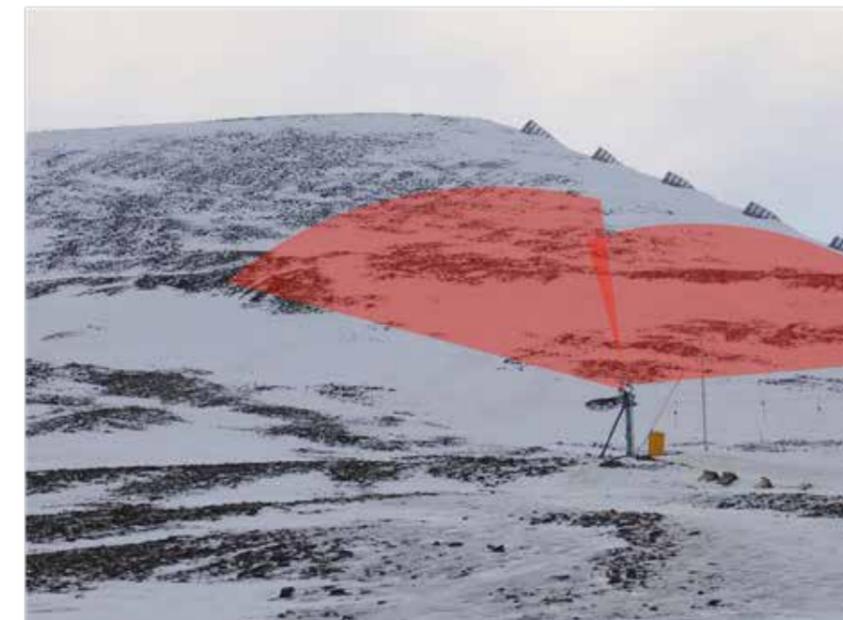
150.000€. As an alternative to such sensors, which are built for highly accurate geodetic measurements, lidar sensors are used in the automotive industry for environmental perception. As these sensors need to be reliable, robust, and cost efficient, they are suitable for continuous slope monitoring purposes (Goelles et al., 2022; Ruttner et al., 2023). A further advantage of low-cost lidar sensors is the ongoing development and thus improvement of these devices (Dikic et al., 2024). Based on the above elaborated, the goal was set to develop a lidar sensing station which is used to monitor potential avalanche sites and provide information of the snow thickness within the slope in a high spatial resolution over the whole season continuously.

Sensor selection and measurement setup

To develop a lidar sensing station, the appropriate sensor must first be selected, as it determines the construction and configuration of the complete measurement setup afterwards. Therefore, first the criteria for the sensor selection have been



02 Setup in Lech am Arlberg (left) with sensors mounted on a pole and the setup in Longyearbyen (right) mounted on a ski lift mast with the measurement area highlighted in red. |



defined. Based on Prokop, 2008 and Deems et al., 2013 review of lidar sensors used to percept snow surfaces, a relevant sensor criterion is a laser wavelength between 900 and 1100nm as the spectral reflectance of the snow surface is highest in this range. Further, for practical usage of such sensors for slope monitoring, the range where the recorded data is still reliable and accurate should be at least 100m. This limit was set by analyzing potential monitoring slopes where avalanche danger is present. The last criterion was that the whole lidar sensing station is affordable for stakeholders like ski lift operators. This leads to a price limit of 10.000€ for a lidar sensor.

Based on the defined criteria, the products of 57 lidar sensor manufacturers have been reviewed with the result that most of the sensors are either too expensive or do not reach the necessary operational range. Still the manufacturers Livox, Hesai Technology and RoboSense Technology already provide suitable sensors or have them planned to launch in the near future as some products are still in a preproduction phase or will be developed in the next year. The Livox AVIA was the most suitable device which fulfilled the criteria by having a wavelength of 905nm, a maximum range of 450m, and costs around 1500€ per sensor. Further its large field of view in horizontal and vertical direction of $70,4^\circ \times 77,2^\circ$ opening angle enables coverage of a large area.

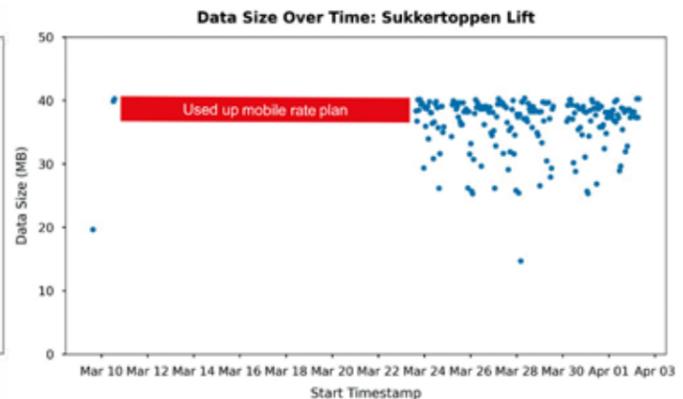
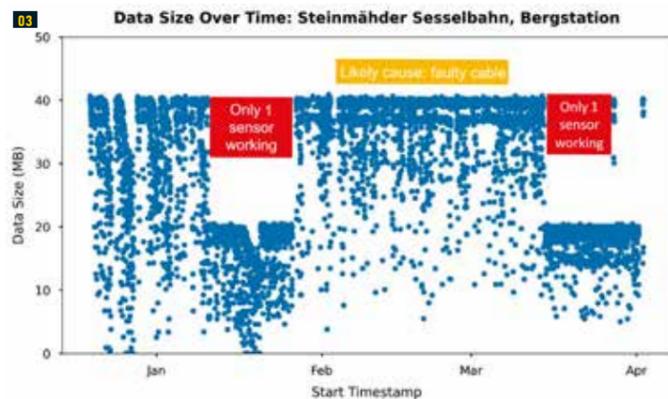
The sensing station was designed following the MOLISENS architecture (Goelles et al., 2022), with modifications to accommodate the Livox AVIA

sensor. Each station includes a controller that manages sensor operation and temporarily stores raw data. The controller is implemented as a data logger configured for either manual or automated data acquisition. To transmit the data to the REST API server an LTE router is used. For power supply, initially a 230V AC cable was needed but transition to renewable energy sources is planned. The controller and associated hardware are housed in a weatherproof switch cabinet at the monitoring site.

Raw data files are uploaded to a central REST API server which handles communication and processing and stores the files and their metadata. From the server, the relevant information like distribution of snow thickness in the scan area and processed data can be retrieved via a device with an internet connection. Based on the retrieved information, the snow thickness of the scanned area can be visualized in a timely and spatially high resolution. In the optimized sensing station for the next winter season, the controller will only get commands directly from the server and commands from the end user will be passed through the server too (yellow dashed arrows).

Example of an API-call for showing the change of the snow thickness

Via the API for every sensor difference plots between any two timestamps can be requested. For that a POST-request is sent to after a successful user login <https://api.avalanchemonitoring.com/data/diff-plots/by-search> with the following



03 File sizes of the transmitted data over time from Lech am Arlberg (left) and Longyearbyen (right). |

parameters: ID of the sensor (sensor_location_id), reference and compare timestamp (datetime_ref und datetime_to_compare) and export format (e.g. png). Optional, also the coordinate reference system (crs_to), plot-buffer size, and visualization limits of the distance (vmin, vmax) can be defined. The request returns a job ID which can be used to retrieve the generated plots.

With this flexible interface, difference plots over any time span can be generated automatically, which makes it possible to analyze changes in snow thickness independently of fixed intervals. During the winter season 2024/25 two lidar sensing stations, each with two Livox AVIA sensors, have been mounted to test the functionality and robustness of the system. One sensing station was mounted on December 19th 2024 to monitor a slope in the vicinity of the top station of Steinhälder ski lift at Lech am Arlberg (Austria). The advantage of this potential avalanche site is that blasting towers exist, and thus intentionally triggered avalanches have been able to be recorded additionally to

natural ones. The second installation was placed on the topmost ski lift mast of the local ski lift on Sukkertoppen in Longyearbyen (Norway) on the March 9th 2025. The focus lies on the area above the ski lift to monitor wind drift of snow and test the equipment in extreme temperature conditions.

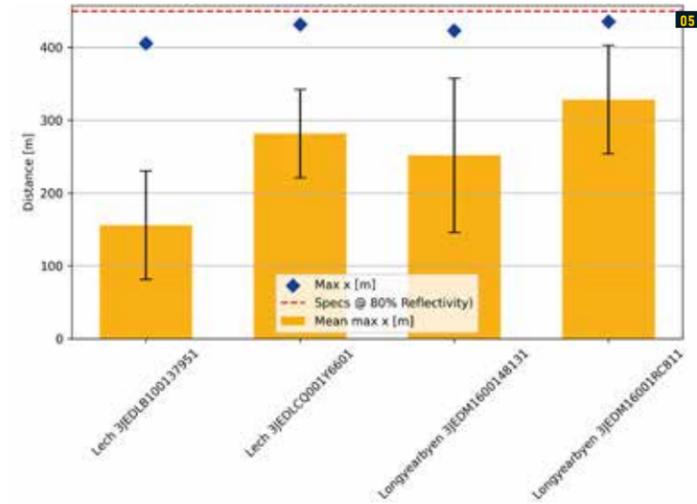
Results

Over the measurement season, the sensing stations made automated scans in a preconfigured interval of 15 minutes or one hour and transmitted them for asynchronous processing to the REST API server. The recording and data transmission worked reliably, and more than 250GB of data have been generated and transferred. But based on a damaged cable of one sensor in Lech am Arlberg sometimes only one sensor delivered data which also is recognizable in the file size of the transmitted data. In Longyearbyen the sensor connection was generally stable, but for a period of 12 days in March the data volume of the mobile rate plan was consumed based on a configuration issue and

no data was transmitted. However, with the next mobile rate period the issue was solved remotely, and data was transmitted regularly again. The data not transmitted during that time was stored locally and could be retrieved afterwards when the connection could be established again.

Based on the transmitted data scans from different timestamps can be compared and the change in snow thickness calculated. The calculated difference of the scans is plotted for visualization and easy understanding of the conditions within a slope (Figure 04). The white spots in the plot are a result of no available data points as they are either in the shadow of an object like a snow deposition or they are not in the field of view of the sensor anymore. It is also recognizable that the very light blue and red areas are results of bare rock formations where no snow is deposited or was blown away. As shown in the right bottom of the difference plot the mean change of the snow thickness in this area is 0,69m increase with a standard deviation of 0,38m. The greatest increase was 1,79m and the greatest decrease 0,62m. Further, the histogram shows the distribution of the change in the snow thickness with the mean highlighted. The color scale of the histogram and difference plot are identical to ensure comparability.

Further, the maximum distance of a measured point within one scan has been analyzed every 12 hours and compared over time. As visible in Figure 05, the first sensor in Lech has the lowest maximum distance on average. This is based on the scanned terrain which is shown in the top right picture of Figure 04 with the mountain ridge that is located in a distance of 70 to 140m from the sensor. Also, the maximum scanned distances of the other

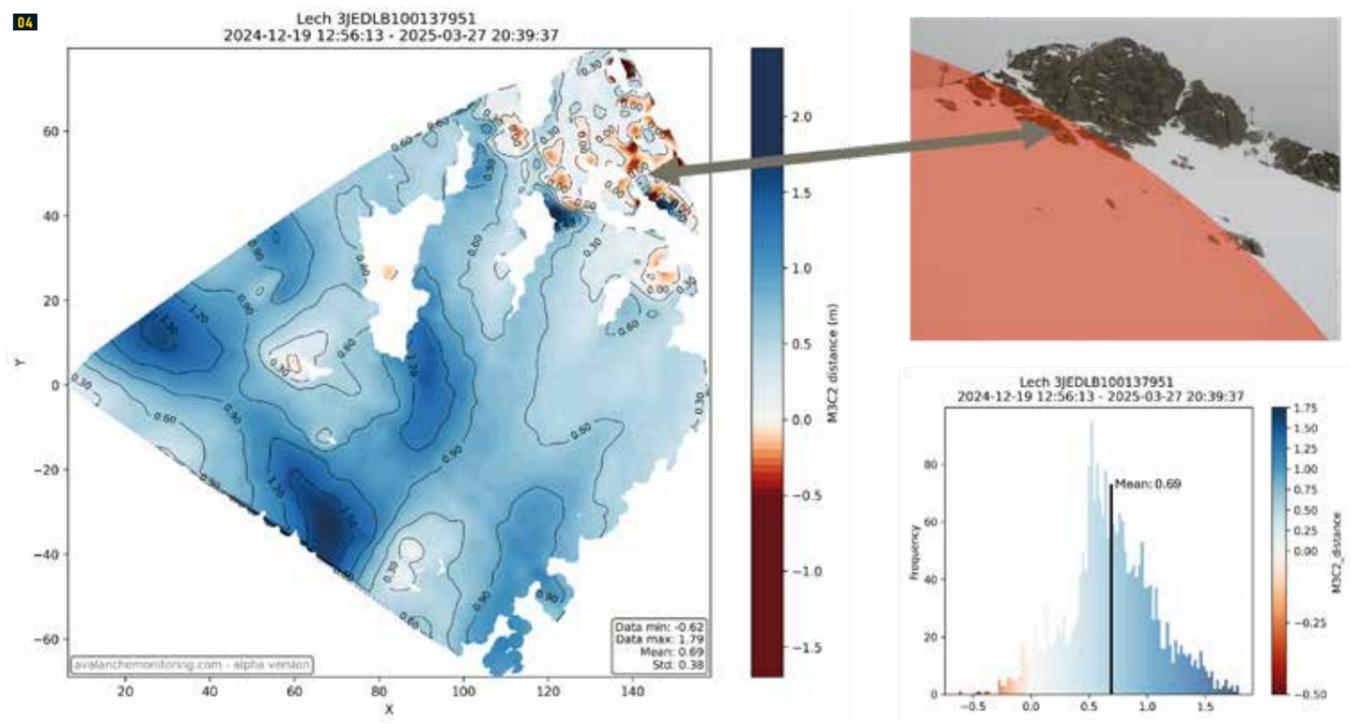


05 Maximum measurement distance from the data sheet for each sensor and the maximum value, the mean and the interquartile range measured in practice. |

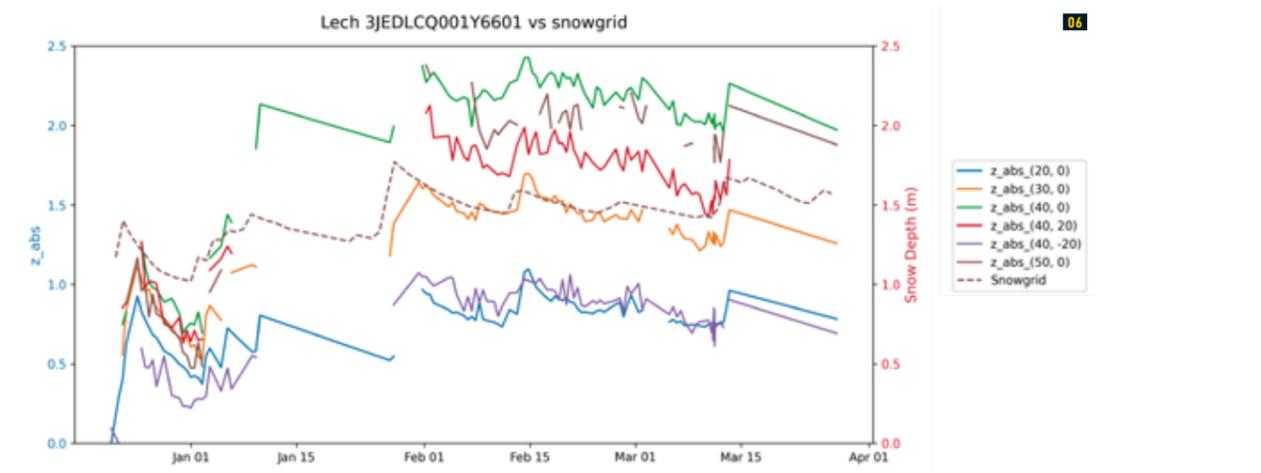
sensors are based on limitations caused by the topography of the scanned terrain.

When comparing specific points in the scans over time, the change in the snow thickness of the snow-pack can be calculated (Figure 06). This provides information on snow depositions through precipitation and wind drift. A clear correlation between the measured change of snow thickness and snowgrid data from GeoSphere Austria, 2025 can be identified. The dashed line shows the absolute snow depth of the snowgrid data in the scan area (GeoSphere Austria, 2025). The full lines show the snow thickness based on the reference scan of the first measurement made for defined points within the measurement area. The localization of the defined points is written in brackets in the legend where the first number stands for the distance in X from the sensor and the second number for the distance in Y (orthogonal) to the sensor as shown in Figure 05. Four points are straight in front of the

04 Change in snow thickness of one sensor from Lech am Arlberg shown in a difference plot (left), photo of the upper part of the measurement area with scan area colored in red (top right) and an arrow marking the stones of the photo which are also visible in the difference plot, histogram of the distribution of the snow thickness (bottom right). |



06 This shows a preliminary output of a data analysis where the change of snow thickness over time of six measurement points compared to the snowgrid data of GeoSphere Austria, 2025 is displayed. |



sensor in different distances in X direction. Two points are in 40m distance in X direction and each 20m above or below in Y direction.

The plots shown can be retrieved from the REST API server via a device with an internet connection. Further general information plots will be available by default. Additionally, the settings of the sensing station like scan interval should be able to be defined within the user interface. Also alerts if the snow thickness changed e.g. 30cm within 24 hours will be pushed automatically to the user.

Conclusion

Finally, it can be summarized that the conceptual use of low-cost lidar sensors for avalanche slope monitoring by Ruttner et al., 2023 was validated by the measurements analysis of this sensing station. The sensor and the custom designed sensing station are suitable for arctic conditions and still deliver reliable data. Over the season more than 250GB of data was recorded, transmitted by the sensing stations, automatically processed by the REST API server and are now available for further analysis.

One limitation shown is that the shadow-effects if an object like a snow deposit is present in front of a measurement area reduce the covered scan area. A solution to this issue is to choose the position of the setup under consideration of those lessons and place more sensors to cover the area of interest which is applicable considering the affordable low-cost sensors.

Another limitation of the system is the average power consumption rate. It comes to approximately 30Wh for the full system with non-stop running sensors and controller. This will be reduced to a minimum for next seasons setups by turning the sensors off between periodic scans and by setting the controller to stand-by if it is not recording or transmitting data. Further, no power cable needs to be provided, as on site a power supply solution which uses solar and wind energy for generating electric power and a battery for storage will be developed. Regarding the necessity of LTE coverage for data transmission in the future, additionally other technologies will be considered, tested and integrated in the sensing station. Though in the next season a self-sufficient sensing station which provides maximum coverage of the scan site through appropriate sensor placement will be planned to be installed. The collected data will automatically be handled with improved processing and provided via the REST API for retrieval.

Literature

- Deems, J. S., Gadowski, P. J., Vellone, D., Evanczyk, R., LeWinter, A. L., Birkeland, K. W., and Finnegan, D. C.: Mapping starting zone snow depth with a ground-based lidar to assist avalanche control and forecasting, *Cold Reg Sci Technol*, 120, 197–204, <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2015.09.002>, 2015.
- Dikic, B., Goelles, T., Gaisberger, C., Schlager, B., Muckenhuber, S., Batista, P., Keuschning, M., Schratte, M.: Lidar-based snow monitoring: cable car deployment in the Austrian Alps, *Journal of Glaciology*, not published yet, <https://doi.org/10.31223/X55Q6G>, 2024.
- GeoSphere Austria: SNOWGRID Klima v2.1, <https://doi.org/10.60669/fsxx-6977>, 2025.
- Goelles, T., Hammer, T., Muckenhuber, S., Schlager, B., Abermann, J., Bauer, C., Expósito Jiménez, V. J., Schöner, W., Schratte, M., Schrei, B., and Senger, K.: MOLIENS: MObile Lidar SENSor System to exploit the potential of small industrial lidar devices for geoscientific applications, *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems*, 11, 247–261, <https://doi.org/10.5194/gi-11-247-2022>, 2022.
- Prokop, A.: Assessing the applicability of terrestrial laser scanning for spatial snow depth measurements, *Cold Reg. Sci. Technol.*, 54, 155–163, <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2008.07.002>, 2008.
- Ruttner, P., Voordendag, A., Hartmann, T., Glaus, J., Wieser, A., Bühler, Y.: Monitoring snow depth variations in an avalanche release area using low-cost lidar and optical sensors, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Volume 25, Issue 4, 1315–1330, <https://doi.org/10.5194/nhess-25-1315-2025>, 2025.

Stefan Wallner

stefan.wallner@fh-joanneum.at
FH JOANNEUM Gesellschaft mbH

Thomas Gölles und Birgit Schlager

Universität Graz, Virtual Vehicle Research GmbH

Alexander Prokop

Snow Scan GmbH

Christoph Gaisberger

Universität Graz

Markus Schratte

Virtual Vehicle Research GmbH

Stefan Muckenhuber

FH JOANNEUM Gesellschaft mbH, Universität Graz,
Virtual Vehicle Research GmbH

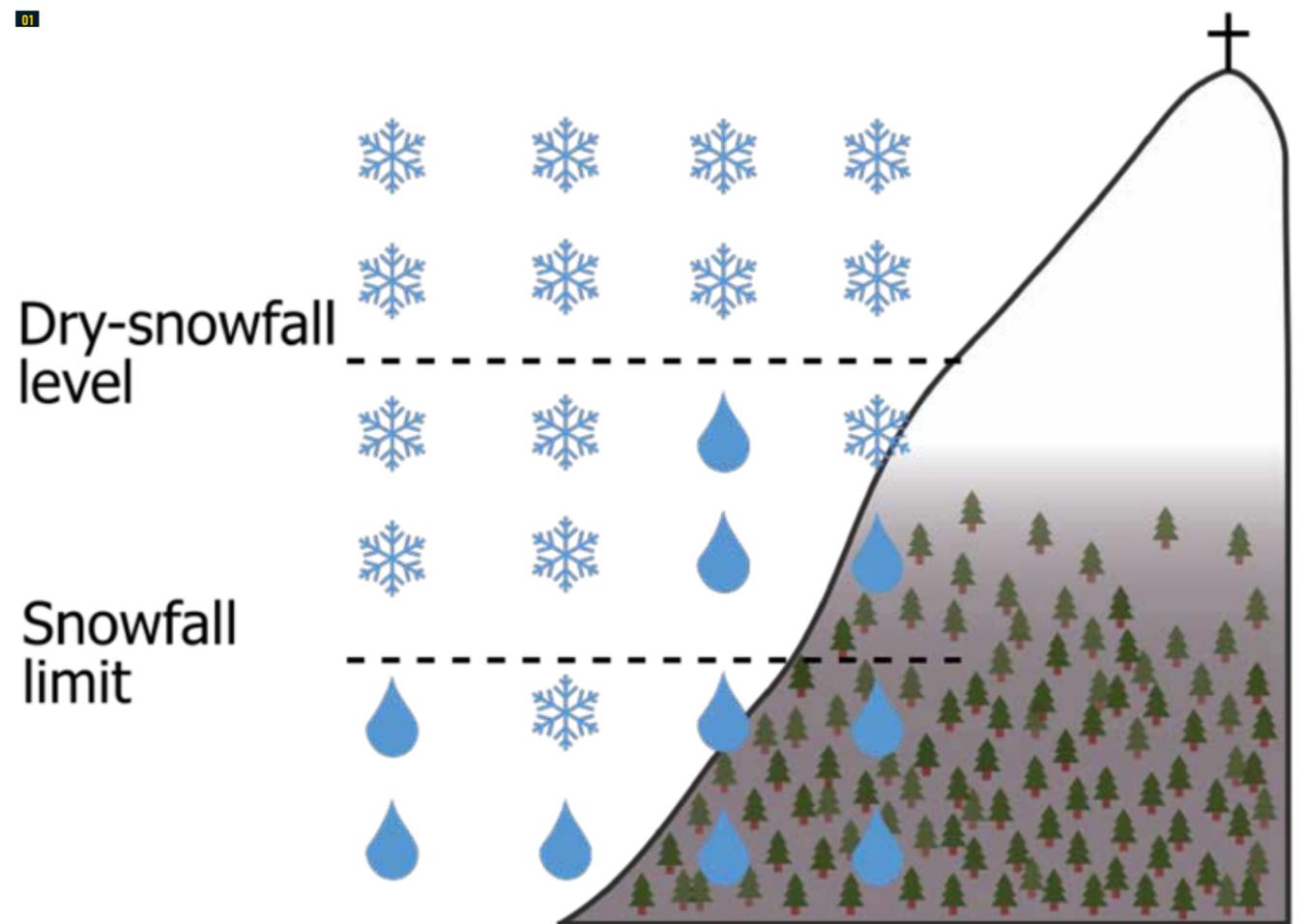


Be Searchable

Dank der RECCO Technologie können professionelle Rettungskräfte Personen schneller orten, die unter eine Lawine geraten oder in der Natur vermisst sind.



recco.com



01 Comparison of dry-snowfall level (= 100% solid precipitation) and snowfall limit (defined as elevation with 50% snow, 50% rain). Dry-snowfall levels are consequently higher in elevation than snowfall limits. |

30

Automated dry-snowfall level calculation for improved assessment of melt-freeze crusts and associated faceted weak layers

Autor:innen Marie Hofmann, Jil Lehnert, Christoph Mitterer

Dry-snow slab avalanches are the type of avalanche that are most often associated with avalanche fatalities and are thus of major importance for avalanche forecasting (Schweizer and Jamieson, 2001). They are often triggered on a persistent weak layer of faceted crystals with large grain sizes. These soft weak layers frequently form in the vicinity of melt-freeze crusts (Jamieson, 2006), where the freezing of wet snow releases latent heat that enhances the temperature gradient and hence favors enhanced grain growth. Furthermore, the higher thermal conductivity of the crust - especially when compared to the lowered thermal conductivity of the faceted layer - will increase the temperature of the layer above the crust and

therefore further enhance the temperature gradient close to the crust thereby accelerating grain growth (Colbeck and Jamieson, 2001).

Detecting and tracking melt-freeze crusts is thus crucial for accurately assessing snowpack stability and avalanche forecasting. Melt-freeze crusts usually form at the snow surface, where the snow becomes wet through either rain or increased energy input at the snow-atmosphere interface (mostly shortwave radiation or air temperatures above the freezing) and then refreezes later on. In this study, we focus on the formation of melt-freeze crusts by rain events and do not deal with melt-freeze crusts that are caused by sensible heat or shortwave radiation. Melt-freeze crusts

caused by rain-on-snow events most likely form during early or late winter season (Jamieson, 2006). However with climate change and rising air temperatures, rain up to high elevations is becoming more common also during mid-winter periods and hence melt-freeze crusts could become a problem more frequently during entire seasons in future decades (Mayer et al., 2023).

To get a picture of when and where melt-freeze crusts are forming, avalanche forecasters so far have several tools at hand. The most common approaches are looking at modelled and observed profiles, as well as checking forecasted and observed snowfall limits. However, all these approaches come with their own problems and limitations. Both, observed and modelled profiles are only valid for a certain location, elevation and aspect. It is therefore hard to extrapolate the information of a melt-freeze crust from one or multiple profiles to a general rule describing where crusts might have formed. Modelled profiles additionally depend on the snowfall limit predicted by numerical weather predictions (NWP) models. Especially snowfall limits in mountainous terrain are subject to variability and are known to be challenging to predict (Fehlmann et al., 2018). Another common approach to keep track of crusts forming from rain events is to directly check forecasted and observed snowfall limits. As mentioned above, forecasted snowfall limits come with their own uncertainties. At the moment, observed snowfall limits seem to be the most reliable source for tracking where and when rain crusts form. However, the definition of the snowfall limit itself can vary strongly from observer to observer and snowfall limits are sometimes observed from a distance, meaning that the feedback is both subjective and of varying quality. Another drawback of this approach is that avalanche forecasters depend on the feedback of observers, which can be rare, especially when bad conditions prevail or during off-peak season in late spring and early autumn. This poses a problem, particularly because those are the times when rain crusts are most often observed (Jamieson, 2006). While these approaches give forecasters a rough overview on where and when melt-freeze crusts develop, none of them provides an objective and spatially continuous data set. The present study aims to fill this gap introducing an approach for detecting elevation thresholds above which the development of melt-freeze crust due to rain-on-snow events is highly unlikely. We present a weather station data driven approach to calculate the snowfall limit in hindsight of a pre-

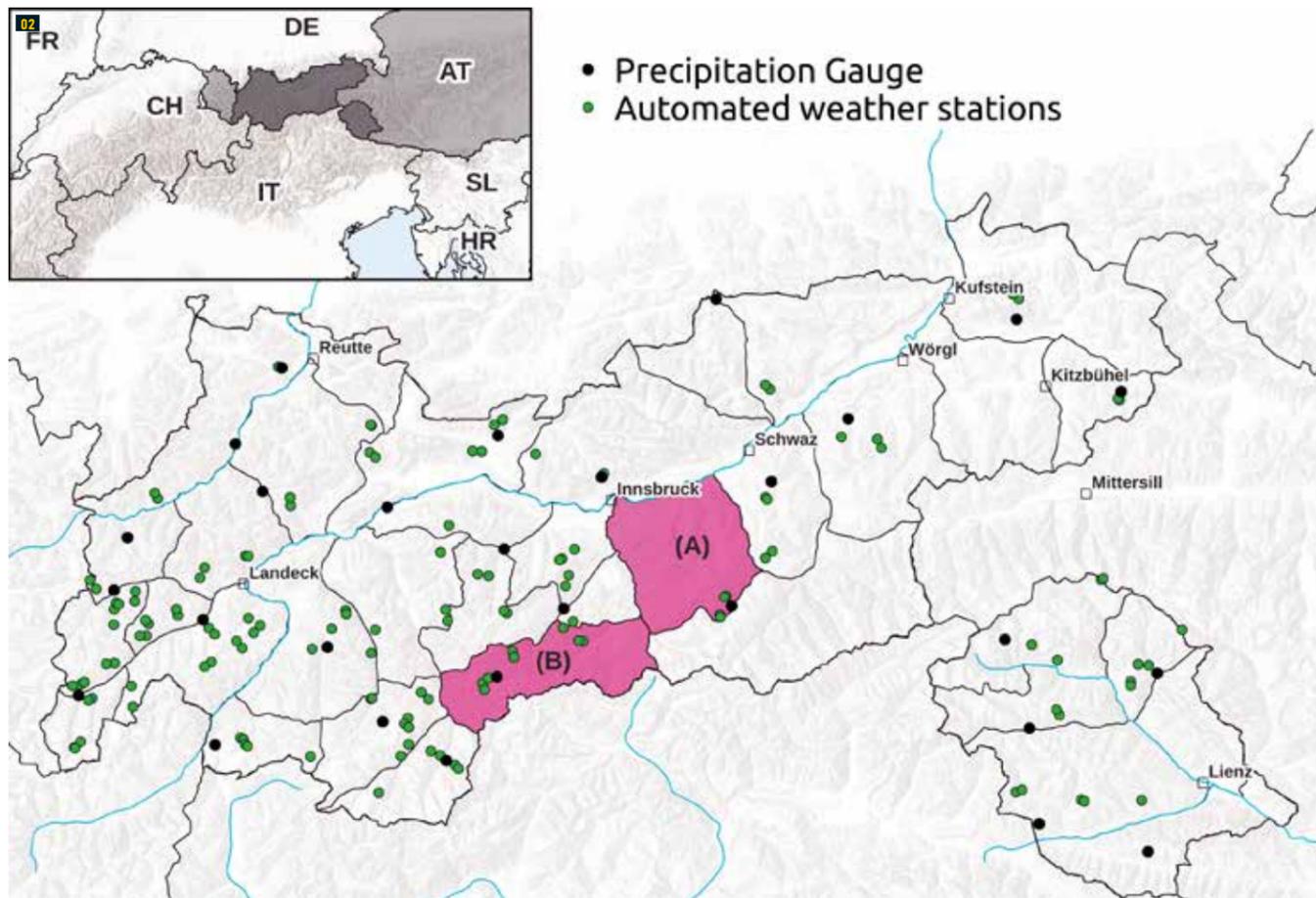
cipitation event. Similar approaches have been used before to distinguish between snow and rain (e.g. Steinacker, 1983). However this is - to our knowledge - the first attempt to implement the approach into the field of operational avalanche forecasting.

The snowfall limit is usually defined as the elevation, where 50% of the precipitation falls as rain and 50% as snow. However, since we aim to find the elevation above which melt-freeze crusts are highly unlikely to form from moisture input through rain, this definition is not suitable for our purpose. Instead, we intend to calculate the elevation, above which 100% of the precipitation falls as snow and is dry (the elevation, above which there is no relevant moisture input into the snowpack and hence no melt-freeze crusts will develop from that specific precipitation event). We will refer to this definition from now on as the dry-snowfall level (DSL). Figure 1 shows the differences between the conventional snowfall limit and the DSL.

Data

The data set used to calculate DSL values consists of 10-minute recordings of relative humidity and air temperature from 139 automated weather stations (AWS) of the Avalanche Warning Service Tyrol (Austria). The elevation of the AWS sites ranges from 1025m to 3454 m. For each micro-region of Tyrol (as defined by the Avalanche Warning Service Tyrol for forecasting purposes), we additionally chose a representative weather station that provides precipitation measurements, mostly using weather stations of the Hydrographic Service Tyrol. Figure 2 shows the distribution of both AWSs and precipitation measurements throughout Tyrol.

For a first qualitative validation of the calculated DSL, we used the feedback on observed snowfall limits from Tyrolean observers. The dataset consists of 424 snowfall limits reported throughout the winter season 2023-2024. The data includes official reports from observers working for the Avalanche Warning Service Tyrol, avalanche commissions reports as well as voluntary feedback from back country skiers. Sometimes observers report snowfall limits not during the event but on the next clear day when visibility allows them to report limits from a distance. Comparing these observations to calculated DSL at the time of the observation is not meaningful. Therefore, we excluded these temporally shifted observations from the direct comparison with calculated DSLs.



- Precipitation Gauge
- Automated weather stations

02 The study region Tyrol is located in western Austria (inlet map, dark grey). Green dots indicate automated weather stations, for which DSLs were calculated. Black dots represent precipitation gauges. For each micro-region, we chose one representative precipitation gauge. Pink shadings represent the two micro-regions (A) Western Tuxer Alps and (B) Central Stubai Alps, for which exemplary DSL plots were included in our study (Figure 03). |

We only used observations where the precipitation measured at the rain gauge of the corresponding micro-region was ≥ 0 mm at the time of the observation.

Methods

Calculation of dry-snowfall level (DSL)

In general, it has been shown that relative humidity (besides air temperature) highly impacts the precipitation phase of hydro-meteors close to the freezing point (e.g. Matsuo and Sasyo, 1981; Froidurot et al., 2014). The latent heat that is released when water vapor evaporates and sublimates from the snowflake surface cools the snowflake and therefore slows the melting process of snowflakes. Matsuo and Sasyo (1981) demonstrated that snowfall can occur with temperatures up to $+4$ °C in relatively unsaturated air ($RH = 50\%$). To distinguish between solid and liquid precipitation it is therefore common to use the wet-bulb temperature (T_W) instead of dry-air temperature measurements. The wet-bulb temperature measures the lowest temperature that can be achieved through

the evaporation of water from an object and thus combines information on air temperature as well as humidity.

For this study, we calculated wet-bulb temperatures using the air temperature and relative humidity data recorded at our AWSs. The data was originally provided with a 10-minute time resolution. We resampled it to an hourly resolution by first calculating the wet-bulb temperatures at 10-minute intervals and then selecting the maximum wet-bulb temperature for each hour. This approach aligns with our goal of providing forecasters with the highest possible DSL, allowing them to monitor the highest elevation where melt-freeze crust formation through moisture input may occur.

For the calculation of the wet-bulb temperature T_W (given in °C) we used an empirical formula, where T_A is the air temperature and RH the relative humidity at each AWS:

$$T_W = -5,806 + 0,672 \cdot T_A - 0,006 \cdot T_A^2 + (0,061 + 0,004 \cdot T_A + 0,000099 \cdot T_A^2) \cdot RH + (-0,000033 - 0,000005 \cdot T_A - 0,0000001 \cdot T_A^2) \cdot RH^2 \quad (1)$$

Rohregger (2008) tested different formulas for the calculation of wet-bulb temperature, including the one we used (Eq. 1). He compared calculated wet-bulb temperature values to psychrometric tables for different ranges of air pressure, air temperature and relative humidity and found the formula in Eq.

(1) to be the most reliable, especially for air temperature recordings ranging from -7 °C to $+5$ °C. As we are interested in the transition from snow to rain which happens close to freezing, this air temperature range is the most relevant to our study. In addition, Rohregger (2008) found that Equation (1) is most reliable when the air is almost saturated (i.e. RH above 90%). Errors were smaller than 0.1 °C for air temperatures ranging from -10 °C to $+2$ °C and air pressure values of 850 hPa to 990 hPa. In general, errors were positive meaning Equation (1) overestimates wet-bulb temperature. Multiple studies derived a statistical relationship between wet-bulb temperature and precipitation phases (e.g. Froidurot et al., 2014; Fehlmann et al., 2018; Wang et al., 2019). They usually determine the phase of precipitation (i.e. snow, mixed, rain) by a threshold of the wet-bulb temperature. For example, a common accepted rule of thumb assumes that the snowfall limit is equal to an elevation where $T_W = +1$ °C (Steinacker, 1983). Most of the studies, however, neglect the existence of a transition zone in between solid and liquid precipitation.

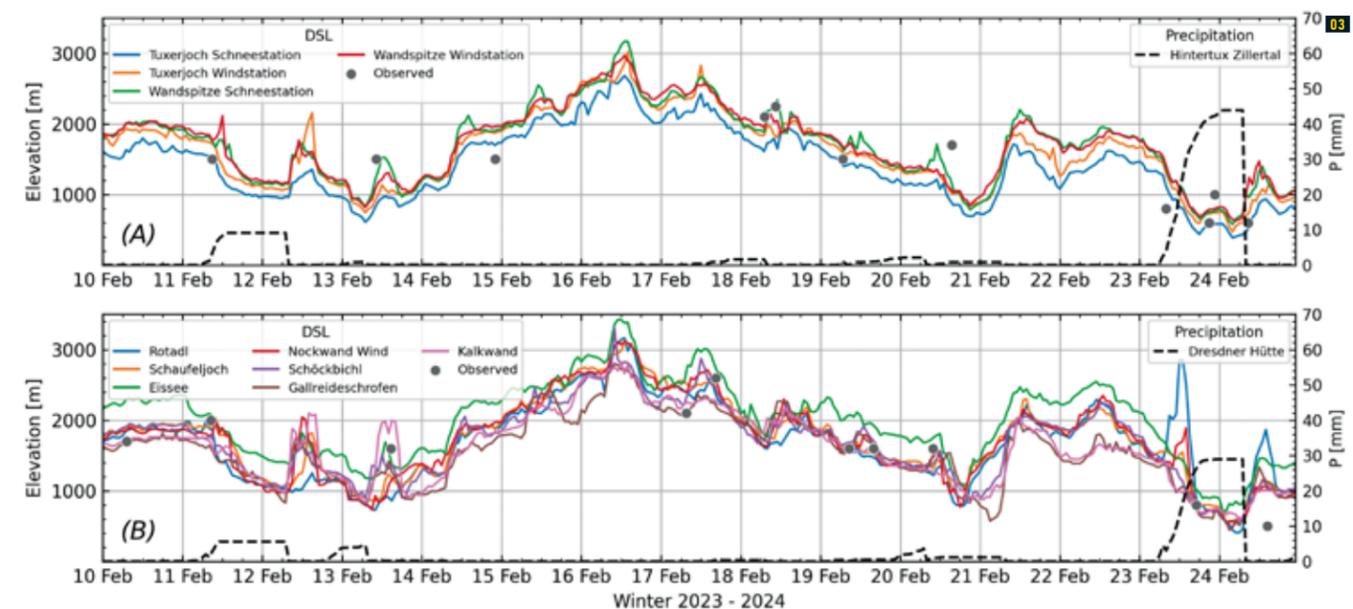
Their proposed thresholds represent the wet-bulb temperature at which the conditional probability of solid precipitation equals the probability of liquid precipitation, both being 50% (e.g. Sims and Liu, 2015; Steinacker, 1983). Since this study seeks to find the dry-snowfall limit, where a 100% of the precipitation is solid only, these thresholds are not appropriate for our needs.

Fehlmann et al. (2018) included mixed precipitation in their statistical models. They proposed thresholds for the lower and upper boundary of mixed precipitation of $+0.3$ °C and $+0.8$ °C, respectively. For our calculations we used their threshold of $+0.3$ °C, assuming dry snowfall above the elevation where $T_W = +0.3$ °C and liquid/mixed precipitation below.

Steinacker (1983) developed a relationship between snowfall limit and wet-bulb temperatures from 5-year climate observations in Innsbruck. We used his formula to compute DSLs from wet-bulb temperatures, but replaced the threshold temperature he used ($T_W = +1$ °C) with the one Fehlmann et al. (2018) proposed for dry snowfall ($T_W = +0.3$ °C). Using the stations' elevation h in meters and hourly maximum T_W values, we calculated the DSLs as follows:

$$DSL = h + \frac{(T_W - 0.3)}{0.006} \quad (2)$$

03 Calculated DSL (colored lines, in meters) and measured precipitation sums (black dashed line, in millimeters) for the two micro-regions (A) Westliche Tuxer Alpen and (B) Zentrale Stubai Alpen during multiple precipitation events in the period of February 10 to 24, 2024. Grey dots depict observed snowfall limits reported by observers. |



Maximum daily DSL

To provide forecasters a quick overview of the DSLs of a specific precipitation event or day, we furthermore calculated a daily maximum DSL for each AWS and plotted the results on a map interface. While we calculated hourly DSLs for the entire 24 hours of a day (in order to create a continuous plot), the daily maximum DSLs were calculated only for periods where precipitation intensity was $\geq 0.1\text{mmh}^{-1}$.

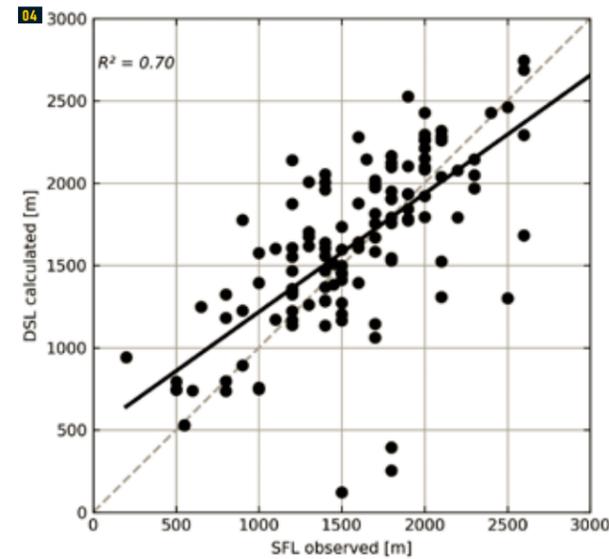
Results & discussion

We present first a qualitative validation of our DSL results, followed by a proposal on how to incorporate our findings under operational constraints of an avalanche warning service.

Validation of calculated DSLs

For an initial validation of our method, we examined several precipitation events during the 2023-2024 winter season. For each event, we compared calculated DSLs for all available AWSs to the snowfall limits reported by observers. In addition, we compared all AWS-based DSLs to each other for their specific micro-region to estimate the spread. Figure 03 illustrates an exemplary situation from February 10 to 24 for the two micro-regions Western Tuxer Alps (A) and Central Stubai Alps (B) (cp. pink shaded micro-regions in Figure 02). Figure 03 shows multiple precipitation events (black dashed line) and the corresponding calculated DSL at the AWS (colored lines) as well as observed snowfall limits (grey dots).

The presented period started with a cold front on February 11, during which Geosphere Austria (National Austrian Weather Service) forecasted snowfall limits dropping from 1500m to about 1100 m. A low-pressure system brought weak precipitation on February 12 and 13. Starting February 14, high pressure dominated the weather in Tyrol, resulting in very mild and dry air masses. Another weak cold front passed on February 17 with snowfall limit forecasted between 1700m and 2000 m. Finally, a significant cold front on February 23 brought more than 40mm of precipitation in Region (A) and 30mm in Region (B). The precipitation was accompanied by a strong drop in air temperature, causing snowfall limits to sink. Geosphere Austria forecasted snowfall limits of 800m to 1000m during the day and further drops during the night. The calculated DSLs generally capture the broader weather events well. During the first cold front passage, DSLs dropped from approximately 1800m



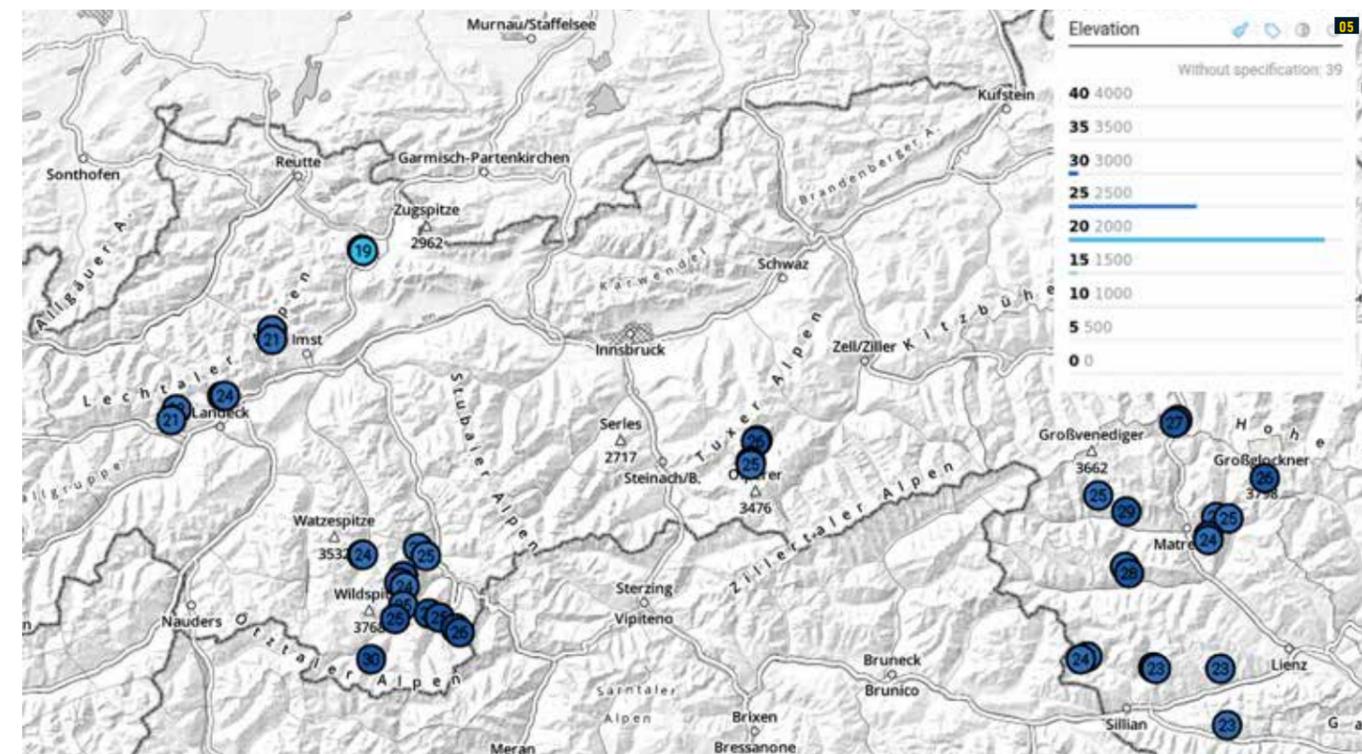
04 Comparison of calculated DSLs and observed snowfall limits (N = 124). Reported snowfall limits (SFL) were used only, if the precipitation measured at the respective rain gauge of the micro-region was $\geq 0\text{mm}$ at the time of the observation. The black line indicates the linear regression between calculated DSLs and observed SFLs, with a Pearson correlation coefficient (R^2) of 0.7. The grey dashed line represents perfect correlation. |

to 1000m to 1200 m, aligning well with Geosphere Austria's forecasts (not shown in Figure 03). In the following high-pressure phase, DSLs peaked at around 2600m to 3000 m, reflecting the mild air masses present at that period. During the strong cold front event on February 23, DSLs dropped from about 1500m to 700 m.

The spread of calculated DSLs between the individual AWS is generally small (≤ 400 m) during precipitation phases (e.g., Region (A) on February 11 and 23, Region (B) on February 11, 12, 20, and 23). However, in both regions, one of the AWS consistently showed an offset compared to the others. In Region (A), AWS Tuxerjoch Schneestation displays lower DSL values, while in Region (B), AWS Eissee overestimates the DSL, both throughout the entire period. These outliers are likely due to measurement errors at the respective AWS.

The observed offsets of both AWSs prevailed all winter. Ignoring these AWSs, the spread between calculated DSLs during precipitation events ranged from about 50m to 400 m.

The spread between individual calculated DSLs is generally most pronounced around noon, where some AWSs showed a significant increase in DSL, while others did not (e.g., peak on February 14 in Region (B)). This discrepancy might be due to a lack of ventilation on some of the AWSs. Especially on days with little or no wind activity, air temperature sensors without ventilation might heat up and can



05 Calculated maximum daily DSLs of a precipitation event on May 2. Each dot represents an AWS, the darker the blue the higher the DSL. Numbers show the respective elevation of the DSL (e.g. 26 for 2600 m). AWSs are only shown, if there was a period with precipitation $\geq 0.1\text{mmh}^{-1}$ during that specific day. |

thus be prone to measurement deviations (Georges and Kaser, 2002).

Grey dots indicate snowfall limits reported by observers. Generally, the observed snowfall limits and calculated DSLs align well. Especially during the heavy precipitation event on February 23, the differences between observations and calculations are fairly small (181200m or less). One exception occurs in Region (A), where a single observation deviates significantly; however, a second observation recorded almost simultaneously aligns well with our calculations.

Although observations and DSLs generally agree fairly well, there are obviously also differences and outliers. This might be due to various reasons which we try to address in the following: Observers often report snowfall limits from a distance, and sometimes not during the event (since there is usually poor or no visibility) but in hind-cast, when the storm has already passed. For example, the observation in Region (B) on February 24 possibly reflects the snowfall limit from the night before when there was still precipitation. Both factors - reporting snowfall limits from a distance and in hind-cast - reduce the accuracy of observations and might lead to discrepancies between observations and calculations. Besides these challenges, it remains unclear, if observers are aware of the definition for the snowfall limit (i.e. 50% solid and 50% liquid). We generally expect observers to report an

elevation that can be anything from the lower limit of the mixed snow-rain layer up to the DSL. Consequently, this also means that observed snowfall limits should always be lower than the DSL - or the DSL itself. Consistent with our expectations, reported snowfall limits in Figure 03 tend to be lower in elevation compared to DSL calculations. Nonetheless, there are cases where observations are clearly higher in elevation than calculated DSLs (e.g., Region (A) on February 14 and 20).

In a next step, we wanted to obtain a more quantitative feeling on how DSL values and observed snowfall limits correlate. Figure 04 shows the relationship between calculated DSLs and observed snowfall limits (black dots). The black line represents the linear regression of calculated DSLs and observed snowfall limits. Generally, observations and calculations align well ($R^2 = 0.7$), but there are notable outliers (for example, 1500m observed vs. 120m calculated).

Below 1800 m, as indicated by the black regression line, the calculated DSLs are usually higher in elevation than the respective observed snowfall limit. This is in line with what we would expect: we aim to calculate the highest (i.e., driest) snowfall limit possible, while observers typically report a lower (i.e., wetter) limit. However, above 1800 m, the opposite trend appears: the calculated DSLs are generally lower in elevation than the observed snowfall limits.

Potential operational use

To provide forecasters with an easy way to access calculated DSLs, we integrated this work into the operational system of the Avalanche Service Tyrol. Forecasters in Tyrol use a tool that displays all reported observations for a selected period on a map. This tool allows them to sort observations by type, and color and/or label them according to their values. We added the calculated DSLs to this system by showing the daily maximum DSL of each AWS on the map. Forecasters can color and label the DSL dots by their respective elevations, offering a quick overview of the DSL spatial distribution during a precipitation event. Figure 05 illustrates an exemplary map for a precipitation event on May 2. AWS points are shown only if there was a period with precipitation of 0.1mmh^{-1} or more on that day. Therefore, in Figure 05, AWS points are not shown in the northeast of Tyrol where there was no precipitation that day. Clicking on an AWS dot opens a time-series graph similar to Figure 03, showing the DSLs for the past week and the corresponding micro-region.

Conclusion

In this study, we applied an existing method for calculating the dry-snowfall level (DSL) to assist avalanche forecasting. By focusing on the elevation where precipitation falls exclusively as dry snow, we aim to improve tracking the formation of melt-freeze crusts and associated faceted weak layers, which are critical in avalanche danger assessment.

Our approach involves using data from automated weather stations (AWS) to calculate the wet-bulb temperature, from which we in turn determine the DSLs. We implemented this method into the operational system of the Avalanche Service Tyrol, enabling forecasters to access daily maximum DSL values on a map. The visual representation, coupled with the ability to interact with detailed time-series graphs, provides forecasters with a comprehensive overview of DSLs' spatial distribution during precipitation events.

Initial validations of our method show promising results, with calculated DSLs generally aligning well with observed snowfall limits. However, some discrepancies highlight the need for further

refinement and validation. Differences between observations and calculations can stem from three potential sources of error or uncertainty:

- (1) Observed snowfall limits might not represent the DSL but some lower (i.e. wetter) limit. Furthermore, these limits are often reported from a distance or in hind-cast, i.e. after a storm has passed and may therefore be imprecise.
- (2) Our calculations of DSLs are dependent on AWS data of air temperature and relative humidity, meaning potential measurement errors or deviations can distort DSLs' calculations.
- (3) The formula we used is based on a relationship between TW and the snowfall limit, that Steinacker (1983) found from analyzing 5-year climate observations in Innsbruck. As this is a very local dataset, it remains uncertain if the same conditions apply to all of Tyrol. Furthermore, we used a threshold of $T_w = +0.3\text{ }^\circ\text{C}$ proposed by Fehlmann et al. (2018) as the elevation of the DSL. It does also remain uncertain whether this threshold represents the exact elevation above which crusts no longer form.

To try to minimize these potential error sources, future work will focus on

- (1) improving observed snowfall limits: We aim to better train our observers, to report the DSL and not any limit that is lower in elevation.
- (2) improving the accuracy of DSL calculations, by incorporating more advanced validation methods, such as using laser disdrometer data.

Overall, the automated calculation of DSL represents a further advancement in avalanche forecasting, offering a more objective and spatially continuous dataset for assessing the formation of melt-freeze crusts and thus snowpack stability.

Acknowledgement

Special thanks to Marco Knoflach for providing the observer dataset, to Michael Winkler for his meteorological expertise, to Norbert Lanzanas to for implementing our work into the operational system of the Avalanche Warning Service Tyrol and to Jakob Poppeller for designing the map for Figure 02.

Literature

- Colbeck, S. C. and Jamieson, J.: The formation of faceted layers above crusts, *Cold Reg. Sci. Technol.*, 33, 247–252, doi:10.1016/S0165-232X(01)00045-3, 2001.
- Fehlmann, M., Gascón, E., Rohrer, M., Schwarb, M., and Stoffel, M.: Estimating the snowfall limit in alpine and pre-alpine valleys: A local evaluation of operational approaches, *Atmos. Res.*, 204, 136–148, doi:10.1016/j.atmosres.2018.01.016, 2018.
- Froidurot, S., Zin, I., Hingray, B., and Gautheron, A.: Sensitivity of Precipitation Phase over the Swiss Alps to Different Meteorological Variables, *J. Hydrometeorol.*, 15, 685–696, doi:10.1175/JHM-D-13-073.1, 2014.
- Georges, C. and Kaser, G.: Ventilated and unventilated air temperature measurements for glacier-climate studies on a tropical high mountain site, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 107, ACL 15–1–ACL 15–10, doi:10.1029/2002JD002503, 2002.
- Jamieson, B.: Formation of refrozen snowpack layers and their role in slab avalanche release, *Rev. Geophys.*, 44, doi:10.1029/2005RG000176, 2006.
- Matsuo, T. and Sasyo, Y.: Melting of Snowflakes below Freezing Level in the Atmosphere, *J. Meteorol. Soc. Japan. Ser. II*, 59, 10–25, doi:10.2151/jmsj1965.59.1.10, 1981.
- Mayer, S., Hendrick, M., Michel, A., Richter, B., Schweizer, J., and van Herwijnen, A.: Projected impact of climate warming on avalanche activity at two sites in the Swiss Alps, *Int. snow Sci. Work. Proc.* 2023, pp. 572–576, 2023.
- Rohregger, J. B.: Methoden zur Bestimmung der Schneefallgrenze, Ph.D. thesis, University of Vienna, doi:10.25365/THESIS.3205, 2008.
- Schweizer, J. and Jamieson, J.: Snow cover properties for skier triggering of avalanches, *Cold Reg. Sci. Technol.*, 33, 207–221, doi:10.1016/S0165-232X(01)00039-8, 2001.
- Sims, E. M. and Liu, G.: A Parameterization of the Probability of Snow–Rain Transition, *J. Hydrometeorol.*, 16, 1466–1477, doi:10.1175/JHM-D-14-0211.1, 2015.
- Steinacker, R.: Diagnose und Prognose der Schneefallgrenze, *Wetter und Leb.*, 35, 81–90, 1983.

- Wang, Y., Broxton, P., Fang, Y., Behrang, A., Barlage, M., Zeng, X., and Niu, G.: A Wet-Bulb Temperature-Based Rain-Snow Partitioning Scheme Improves Snowpack Prediction Over the Drier Western United States, *Geophys. Res. Lett.*, 46, 13 825–13 835, doi:10.1029/2019GL085722, 2019.

Marie Hofmann

marie@hofmanns-mail.de

Avalanche Warning Service Tyrol, Innsbruck, Austria

Jil Lehnert

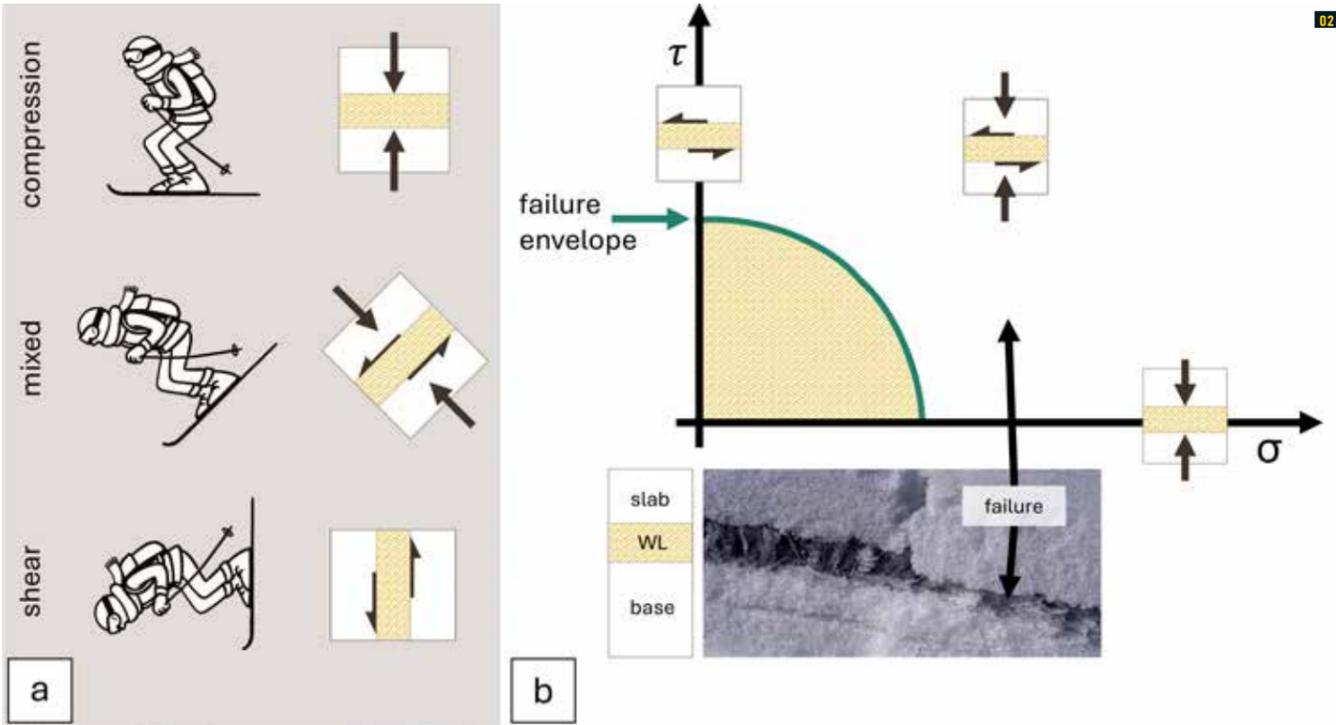
Avalanche Warning Service Tyrol and University of Innsbruck, Innsbruck, Austria

Christoph Mitterer

Avalanche Warning Service Tyrol, Innsbruck, Austria



01 Testing a weak layer of buried surface hoar on 14 February 2024 above Davos, Switzerland. As the weather was warm and sunny, we had to perform our experiments at night to ensure our samples would not melt. (Photo: V. Adam) |



02 (a) Simplified representation of loading conditions associated with different slope angles, going from pure compression on the flat (top) to pure shear on a vertical slope (bottom). A weak layer on an inclined slope – where slab avalanches release – is always stressed by a combination of shear and compressive loading (middle). (b) Schematic representation of a failure envelope (green line) in a shear (τ) – compression (σ) stress diagram. The yellow shaded area indicates stress combinations that would not result in weak layer failure. The strength of a certain combined load is one point on that failure envelope. |

31 Field measurements of multiaxial strength of weak snowpack layers

Autor:innen Sirah Kraus, Alec van Herwijnen

Snow slab avalanches account for the majority of avalanche fatalities and are often triggered by skiers. While they may appear to release suddenly, these avalanches are actually the result of a progressive sequence of mechanical failures within the snowpack. This sequence begins with the failure of a buried weak layer. Such failures typically occur under multiaxial loading, where the weak layer is simultaneously subjected to shear stress, which acts parallel to the slope, and compressive stress, which acts perpendicular to it (Figure 02a). Accurately predicting the onset of this failure is a central challenge in avalanche forecasting. A better understanding of how weak layers respond to different combinations of stress is essential. This response is commonly described using a failure envelope (Figure 02b), which defines the threshold strength of a weak layer under varying combinations of shear and compressive loading. However, there is a lack of field-based data on such failure envelopes. Snow is fragile and difficult to handle, and transporting undisturbed samples to a laboratory can alter their properties or lead to

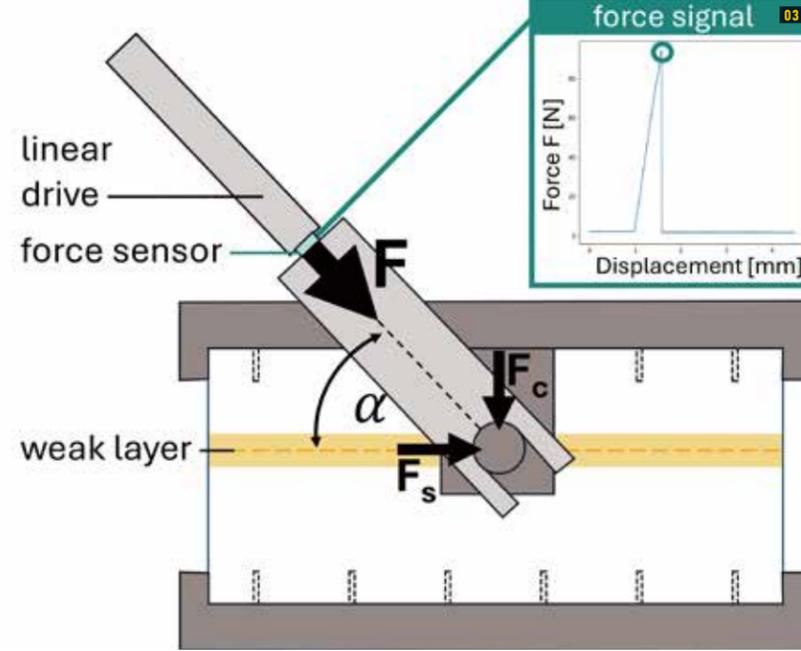
damage, compromising measurement accuracy. These challenges have limited our ability to characterize weak layer strength under realistic loading conditions. To address this gap, we developed a field-portable testing device and conducted measurements directly in natural snowpacks. Our aim was to obtain reliable data on weak layer strength under controlled multiaxial loading and to provide empirical evidence that can support and improve avalanche forecasting methods.

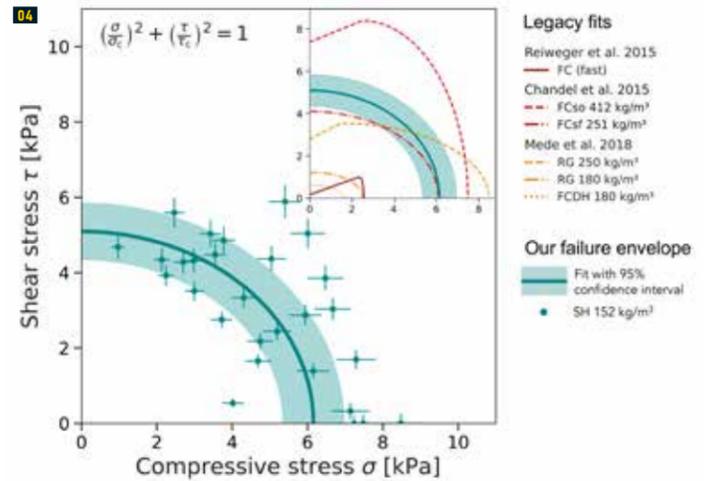
The mobile measurement device
We designed the Mobile Shear Compression Unit (MSCU), a displacement-controlled loading device that is both portable and capable of varying the angle of applied force from pure compression to pure shear (Figure 03). Our goal was to generate controlled, repeatable multiaxial stress states within a snow sample while avoiding the complications of sample storage or transport to a laboratory. Each snow sample tested consisted of a weak layer sandwiched between an upper “slab” and a lower

“base” layer. The sample was extracted from the snowpack and positioned in a custom holder with integrated fins to enhance the transfer of shear forces. By tilting the entire loading mechanism, we could adjust the loading angle and control the proportion of shear and compressive forces applied to the sample. The applied force was recorded continuously during each test, and failure was identified

by a characteristic drop in the force signal. To gain further insights into the deformation behavior within the weak layer, we filmed each test and analyzed the footage using digital image correlation. This technique enabled us to capture local strain distributions that could not be detected through force measurements alone.

03 Displacement-controlled field measurements of weak layer strength. (Left) Measurement device in operation. (Photo: J. Kropf); Right: Measurement principle and stress orientation (shear force $F_s = F \cdot \cos(\alpha)$, compressive force $F_c = F \cdot \sin(\alpha)$). |





04 Failure envelope of a buried surface hoar. The elliptical equation (top left) defines the threshold for failure: values greater than 1 indicate that the stress combination would lead to failure (compressive strength $\sigma_c = 6.16 \pm 0.41$ kPa, shear strength $\tau_c = 5.09 \pm 0.38$ kPa). FC: faceted crystals, RG: rounded grains, DH: depth hoar, SH: surface hoar. |

Results from a layer of buried surface hoar

Our field experiments were conducted in February 2024 on a 52-day-old buried surface hoar layer above Davos, Switzerland. The average strength of the weak layer was approximately 7 kPa, which is comparable to the pressure exerted by a small horse, weighing about 700 kilograms, standing on one square meter. The compressive strength was around 20 percent higher than the shear strength, and the resulting failure envelope had an elliptical shape (Figure 04).

Video-based strain rate analysis showed that the deformation occurred within the ductile-to-brittle transition regime, consistent with previous findings from laboratory experiments and numerical simulations. While the measured strength values fall within the same order of magnitude as those reported in earlier studies, they were relatively high (Chandel et al. 2015, Mede et al. 2018, Reiweger et al. 2015). This is likely because the weak layer was already older, having been buried for seven weeks at a low-elevation site where the snowpack experienced consistently warm temperatures throughout the season. Such conditions promote rounding and bonding, increasing the cohesion and overall strength of the layer (Jamieson & Schweizer 2000, McClung & Schweizer 1997, Schweizer et al. 2003).

Our results differ from the only other published experimental failure envelope derived under laboratory conditions, both in terms of strength and in

the shape of the envelope (Reiweger et al. 2015). However, those laboratory experiments were performed on various weak layers that were significantly weaker than the one we tested. By contrast, our results show strong agreement with earlier simulation-based studies, and they provide an important empirical basis for future work. These findings confirm that realistic and meaningful failure envelopes can be captured directly in the field, even in a complex and variable material such as snow.

Conclusion & Outlook

Our findings demonstrate that the Mobile Shear Compression Unit (MSCU) can be used effectively to measure the failure envelope of weak layers directly in the field. The elliptical shape of the observed failure envelope confirms that weak layer failure is governed by a combination of shear and compressive stresses, rather than by shear stress alone. This insight aligns with previous numerical simulations and underscores the limitations of interpreting weak layer strength based solely on shear measurements, as has often been done in the past.

By enabling direct field-based measurements under controlled multiaxial loading, our approach allows for the collection of robust datasets across a range of natural weak layers. These data can help refine snow stability indices and improve strength estimates used in avalanche forecasting models. Ultimately, such improvements will support more accurate assessments of triggering potential, particularly in complex terrain.

This study shows that mechanical testing of snowpack weak layers in realistic, in situ conditions is not only feasible but also essential for advancing our understanding of avalanche release mechanisms. Tools like the MSCU offer a practical means of capturing the complexity of weak layer behavior and represent a valuable step forward in operational avalanche risk assessment.

Literature

- Chandel, C., Srivastava, P., & Mahajan, P. (2015). Determination of failure envelope for faceted snow through numerical simulations. *Cold Regions Science and Technology*, 116, 56–64.
- Fierz, C., Armstrong, R. L., Durand, Y., Etchevers, P., Greene, E., McClung, D. M., Nishimura, K., Satyawali, P. K., & Sokratov, S. A. (2009). *The International Classification for Seasonal Snow on the Ground (IHP-VII Technical Documents in Hydrology No. 83, IACS Contribution No. 1)*. UNESCO-IHP.
- Jamieson, J. B., & Schweizer, J. (2000). Texture and strength changes of buried surface-hoar layers with implications for dry snow-slab avalanche release. *Journal of Glaciology*, 46(152), 151–160.
- McClung, D., & Schweizer, J. (1997). Effect of snow temperatures on skier triggering of dry slab avalanches. In *Proceedings of the 1996 International Snow Science Workshop, Banff, Alberta* (pp. 113–117). Canadian Avalanche Association.
- Mede, T., Chambon, G., Hagenmuller, P., & Nicot, F. (2018). Snow failure modes under mixed loading. *Geophysical Research Letters*, 45(24), 13,351–13,358.
- Reiweger, I., Gaume, J., & Schweizer, J. (2015). A new mixed-mode failure criterion for weak snowpack layers. *Geophysical Research Letters*, 42(5), 1427–1432.
- Schweizer, J., Jamieson, J. B., & Schneebeli, M. (2003). Snow avalanche formation. *Reviews of Geophysics*, 41.

Contributors (field support and scientific input):

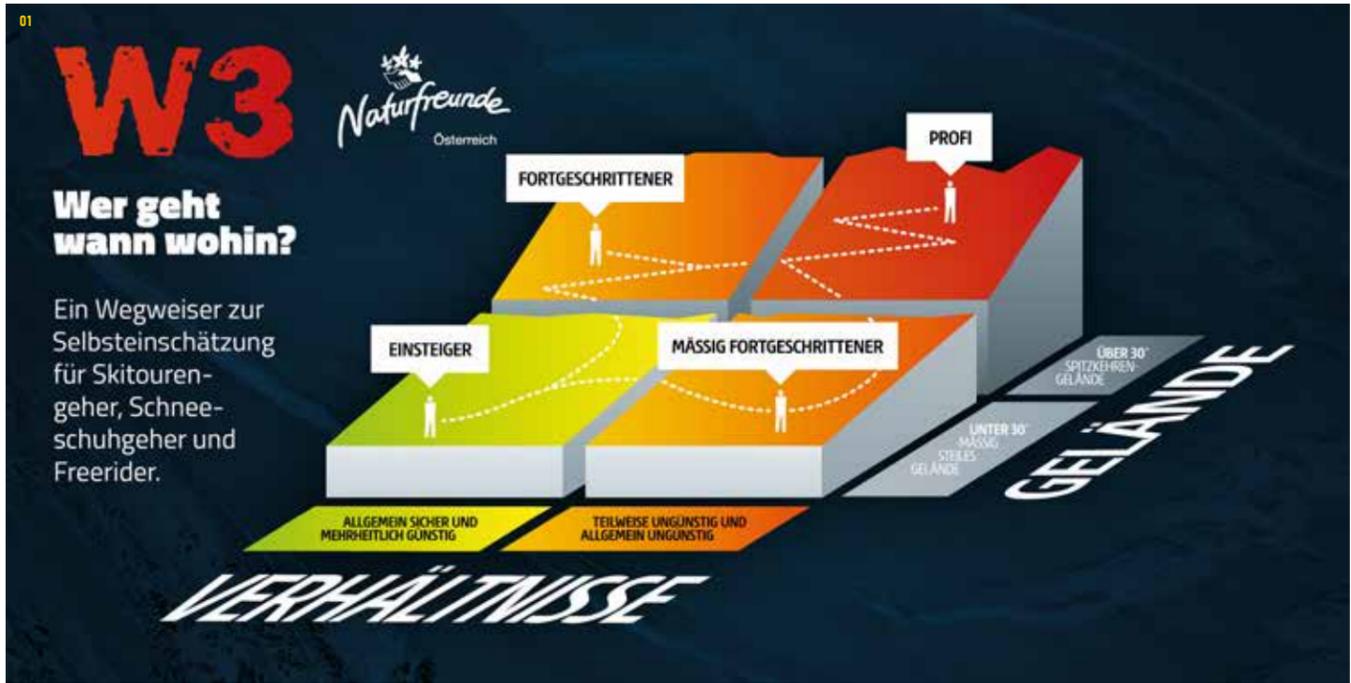
Melin Walet
 WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Davos Dorf, Switzerland
 Jakob Schöttner
 WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Davos Dorf, Switzerland
 Valentin Adam
 Institute for Structural Mechanics and Design, Technische Universität Darmstadt, Germany and WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Davos Dorf, Switzerland

Sirah Kraus

sirah.kraus@slf.ch
 Masterstudium Alpine Naturgefahren an der BOKU Wien, über die letzten zwei Winter hinweg in der Forschungsgruppe Lawinenbildung und -dynamik am WSL – Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF in Davos (CH), kommenden Winter Praktikantin beim Lawinenwarndienst Tirol

Alec van Herwijnen

WSL – Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF in Davos, Schweiz



01 W3 – Wer geht wann wohin? Die W3-Matrix der Naturfreunde Österreich dient zur Einschätzung und ersten Orientierung des persönlichen Aktionsradius bei winterlichen Unternehmungen. (Quelle: Naturfreunde Österreich)



02 Die Empfehlung für deinen Aktionsradius bei winterlichen Unternehmungen ergibt sich aus deinen Fähigkeiten kombiniert mit deinen Standardmaßnahmen. (Quelle: Naturfreunde Österreich)

32 Workshop Interpretation Lawinen Lagebericht

Autoren: Andreas Widauer, Marcellus Schreilechner

Der Lawinenlagebericht (LLB) ist das zentrale Instrument zur Einschätzung der Lawinengefahr im winterlichen Gebirge. Die zuständigen Lawinenwarndienste veröffentlichen täglich einen Bericht und er enthält viele wichtigen Informationen zur aktuellen Lawinensituation, den Wetterbedingungen, der Schneedecke und den Gefahrenstellen. Um die Informationen korrekt interpretieren zu können, ist es unerlässlich, die Fachbegriffe und Zusammenhänge zu kennen.

Aufbau des LLB

Der Lawinenlagebericht ist pyramidenartig und allenweit einheitlich aufgebaut. Die Gültigkeit wurde international von 17:00 Uhr des Tages der Veröffentlichung bis 17:00 Uhr des Folgetages vereinbart. So können sich die Nutzerinnen und Nutzer schnell und auch grenzüberschreitend orientieren. Von allgemeinen, leicht verständlichen Informationen an der Spitze bis hin zu detaillierten, fachspezifischen Angaben an der Basis bietet der Bericht eine abgestufte Informationsdichte. Dieses Prinzip unterstützt sowohl Laien als auch Profis bei der Planung ihrer Touren im winterlichen Gebirge.

Gefahrenstufe – die Spitze der Pyramide

An der Spitze der Pyramide steht die allgemeine Lawinengefahrenstufe, die auf einer Skala von 1 („gering“) bis 5 (in Zukunft als „extrem“ bezeichnet) angegeben wird. Sie bietet eine erste grobe Einschätzung der Lawinengefahr für eine bestimmte Region mit einer Mindestgröße von 100 km². Es handelt sich daher nicht um eine Beurteilung eines Einzelhanges, sondern stellt immer eine großräumige Prognose dar, die mit Unsicherheiten behaftet ist. Sie sollte vor Ort immer überprüft werden. Im Wesentlichen fließen drei Parameter in die Gefahrenstufe ein:

- ▷ Die Auslösewahrscheinlichkeit von Lawinen,
- ▷ der Umfang der Gefahrenstellen bzw.
- ▷ die Größe und Häufigkeit der zu erwartenden Lawinen.

Die europäische Lawinengefahrenstufenskala besteht aus fünf Stufen. In der Natur ändert sich die Lawinengefahr aber kontinuierlich und steigt überproportional an. Daher kann die Lawinengefahr innerhalb einer Gefahrenstufe sehr unterschiedliche Ausprägungen haben. Eine

Beurteilung der Lawinengefahr eines Einzelhanges ist aus der Gefahrenstufe nicht direkt ableitbar!

Lawinenprobleme und Gefahrenstellen

Darunter folgt eine genauere Beschreibung der Gefahrenstellen, also wo (Exposition und Höhenlage) und warum die Gefahr besteht. Die so genannten Lawinenprobleme – wie Neuschnee, Tribschnee, Altschnee, Nassschnee oder Gleitschnee – helfen uns, bekannte Muster zu erkennen. Damit ist eine Verknüpfung von einzelnen Tourenabschnitten durch eine genaue Tourenplanung möglich. Einzelhänge können somit zu Problem-Abschnitten einer Schitour erklärt werden. Die Kommunikation dieser Lawinenprobleme innerhalb der Tourengruppe erscheint als sehr wichtiges Instrument einer Bewusstseinssteigerung der Lawinengefahr in einzelnen Tourenabschnitten.

Detaillierte Schneedecken- und Wetterinformationen – die Basis der Pyramide

Die Basis der Pyramide bilden die detaillierten Hintergrundinformationen. Hierzu zählen Beschreibungen des Schneedeckenaufbaus, Schneehöhenverlauf, Schwachschichten, Wind- und Temperaturentwicklungen sowie aktuelle und prognostizierte Wetterdaten. Diese Informationen erfordern Fachwissen, bieten dafür aber eine tiefgreifende Beurteilungsgrundlage.

LLB in der Praxis

Laut einer Statistik des Lawinenwarndienstes verweilten Besucher durchschnittlich etwa 20 Sekunden auf der Website des Lawinenlageberichts. Viel zu kurz, um die zur Verfügung gestellten Informationen ausreichend zu interpretieren. Es sind natürlich auch die ausschließlichen Downloadzeiten des LLB dieser Besucher inkludiert. Eine Untersuchung der DAV-Sicherheitsforschung 11/2024 unterstützt diese Aussage. Sie hat gezeigt, dass Tourengänger zwar über die Gefahrenstufen relativ gut Bescheid wissen, bei der Teilung der Gefahrenstufen und Lawinenprobleme das Wissen jedoch schon abnimmt. Die Kenntnis der Gefahrenstellen ist dann schon unbefriedigend. Gerade aber das Erkennen dieser Gefahrenstellen ist auf Tour im Gelände dann eines der wichtigsten Kompetenzen.

W3: Wer geht wann wohin?

Generell gilt, dass eine ausreichende Einschätzung der Lawinengefahr erst mit zunehmendem Wissen und Erfahrung möglich ist. Die Interpretation des LLB ist in hohem Maße von den Kenntnissen und Erfahrungen des Tourengängers abhängig. Tourengänger, die nur über die Gefahrenstufe informiert sind, sollte auf viel begangenen Modeskitouren bei günstigen Verhältnissen (Gefahrenstufen 1-2) und mäßig steilem Gelände (unter 30°) idealerweise mit anderen Skitourengängern unterwegs sind.

Mit zunehmendem Wissen und Erfahrungsschatz wird es möglich, anspruchsvollere Touren zu planen und auch unter suboptimalen Bedingungen zu unternehmen. Zur Einschätzung und ersten Orientierung des persönlichen Aktionsradius bei winterlichen Unternehmungen kann die Matrix von W3 dienen. Siehe Abbildungen 01 und 02.

Theorie und Praxis

Der pyramidenartige Aufbau des LLB bietet einerseits eine gute Übersicht, verleitet andererseits aber dazu, der Spitze der Information also der Gefahrenstufe eine zu hohe Gewichtung in der Einschätzung zu geben. Freilich wird die Gefahrenstufe auf Grund der unteren Informationen ausgerufen, jedoch sind diese Informationen zu stark vereinfacht und reduziert.

Vor allem ist es aber auch problematisch, sich ausschließlich auf dieses Wissen und die Informationen zu verlassen. Die Übertragung und Anwendung der Informationen des LLB ins Gelände gestaltet sich häufig schwierig, wenn keine ausreichenden Praxiserfahrungen vorhanden sind. Auf der Tour ist die Einzelhangbeurteilung die zentrale Kompetenz. Daher ist der Schritt vom Lesen und Verstehen des LLB bis zur Einzelhangbeurteilung ein großer.

Als praxisnahe Übung empfehlen wir, den LLB ohne Gefahrenstufe zu lesen, zu verstehen bzw. zu interpretieren und danach die Gefahrenstufe selbst abzuschätzen. Damit entwickelt sich nach mehreren Saisonen ein gutes Verständnis und auch Gefühl für die Lawinengefahr auf meiner Schitour.

Zusammenfassung

Die Interpretation des LLB, die Planung und Durchführung von Touren und Abfahrten im winterlichen Gebirge ist eine sehr komplexe Angelegenheit. Heutzutage stehen Wintersportlern eine Fülle von Informationsquellen zur Verfügung. Neben den LLB gibt es immer mehr Tools zur Einschätzung und Planung von Schitouren und Freeride Abfahrten. Durch eine gute Planung können schon viele Probleme vermieden werden. Schlussendlich sind alle diese Hilfsmittel nur als Unterstützung in der Planung geeignet! Der LLB hat nur indirekt mit dem Einzelhang zu tun. Ein direkter linearer Zusammenhang zwischen Hangsteilheit und Gefahrenstufe kann nicht abgeleitet werden. Das Herausforderndste im winterlichen Gebirge ist und bleibt die Beurteilung des Einzelhanges im Gelände.

Andreas Widauer

andreas.widauer@gmx.net

Berg- und Schiführer

Marcellus Schreilechner

marcellus.schreilechner@geo-5.at

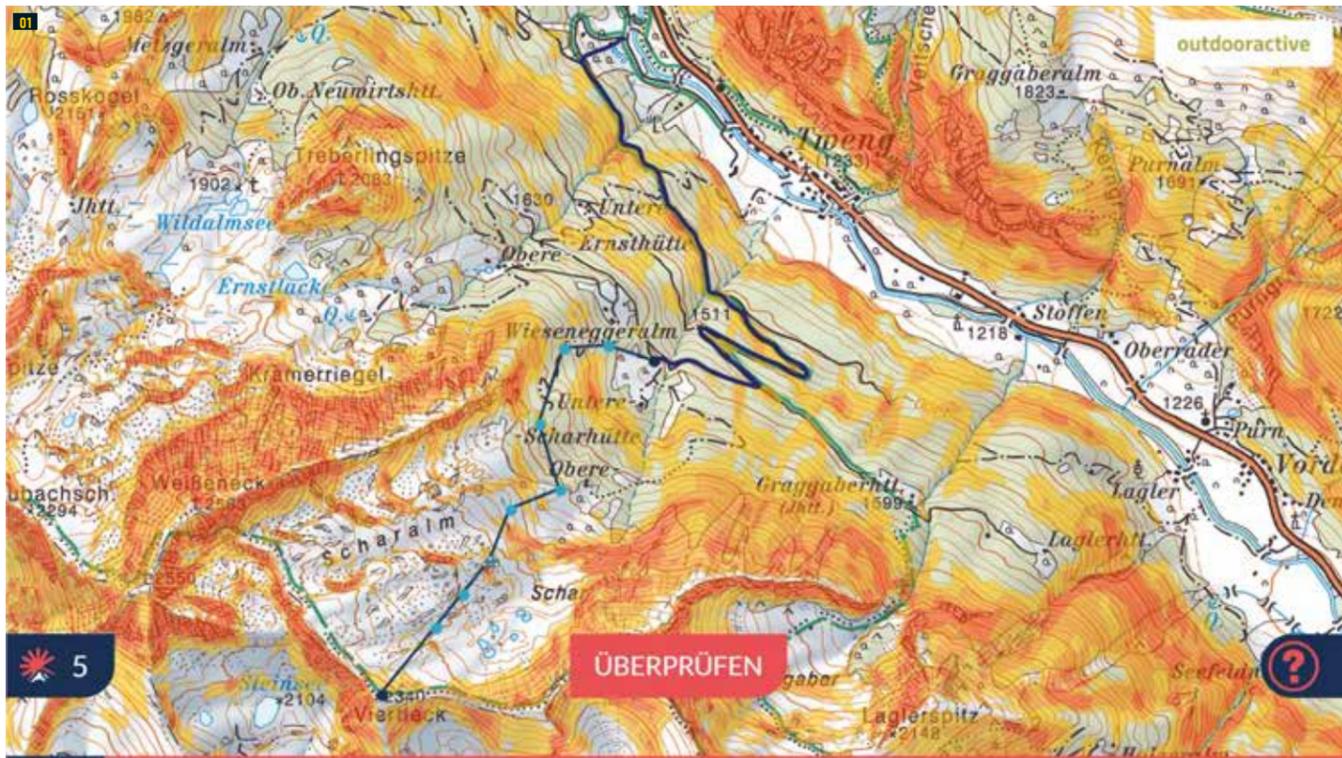
Berg- und Schiführer, Alpinsachverständiger

A person wearing a dark helmet with goggles, sunglasses, and a light-colored winter jacket is shown in profile, looking down at a handheld electronic device. The background is a bright, snowy mountain landscape. The text "Never without. Always prepared." is overlaid on the image.

Never without.
Always prepared.

Rise
with
the
Mountain

MAMMUT



01 Bei der Planung gilt es den Fokus auf Verhältnisse, Gelände und Mensch zu richten. (Quelle: schneeWISE |

33 Workshop Wie können digitale Lawinentrainings die bestehenden Ausbildungsprogramme erweitern?

Autor:innen Philipp Leodolter, Simone Vogl-Umschaden, Gustav Philipp Vogl

Die Lawinengefahr stellt im winterlichen alpinen Gelände ein erhebliches Risiko dar, wobei jährlich im langjährigen Schnitt rund 16 Personen in Österreich durch Lawinenunfälle ums Leben kommen (vgl. Österreichisches Kuratorium für alpine Sicherheit 2024). Viele Wintersportler verfügen nicht über ausreichend Wissen und praktische Erfahrung, um eigenständig faktenbasierte Entscheidungen zur Risikominimierung zu treffen. Obwohl umfangreiches Wissen niederschwellig verfügbar ist, erfordert die Umwandlung dieses Wissens in Fähigkeiten eine mehrjährige praktische Anwendung sowie gründliche Reflexion und Feedback zu den eigenen Entscheidungen. Ohne kontinuierliche Anleitung durch Experten wie Berg- und Skiführer:innen bleibt dieses Feedback oft aus, und Beinaheunfälle werden nicht erkannt. schneeWISE begegnet diesen Herausforderungen durch digitale Lawinenausbildungsprogramme, die auf handlungsorientiertes Lernen setzen. Die Teilnehmer:innen werden ermutigt, in einer sicheren Umgebung Entscheidungen zu treffen und ihr Wissen anzuwenden, wobei sie nach jeder Fra-

ge Feedback von staatlich geprüften Berg- und Skiführer:innen erhalten. Dieser interaktive Ansatz, der auf realen Touren und Szenarien basiert, exponiert Lernende verschiedenen Lawinenproblemen und Gruppendynamiken, verbessert die Aufmerksamkeit im Gelände, beschleunigt den Erwerb von Erfahrung, liefert die nötige Reflexion und sichert somit den Lernerfolg. Das didaktische Konzept orientiert sich an der integrativen Lawinenkunde (vgl. Edlinger et al. 2021) und verfolgt die Verbesserung der Kompetenzen im Risikomanagement durch Fragestellungen in den Bereichen: **Wissen, Erkennen, Handeln und Reflektieren**

Wie lernen wir – wie vergessen wir?

Unser Gehirn verarbeitet sekundlich enorme Mengen an Daten, von denen die meisten sofort wieder gelöscht werden. Nur Informationen, die mit bestehendem Vorwissen verknüpft werden, gelangen ins Kurzzeitgedächtnis. Von dort schaffen es nur wenige ins Langzeitgedächtnis – und das meist nur, wenn wir sie bewusst wiederholen oder anwenden. Schon nach 20 Minuten vergessen wir

einen Großteil des neu Gelernten. Erst wenn eine Information nach etwa einer Stunde noch abrufbar ist, wurde sie ins Langzeitgedächtnis überführt (vgl. Ebbinghaus, 1885; Anderson, 2010).

Beim Lernen werden Synapsen durch Sinnesreize aktiviert. Je mehr Bereiche des Gehirns einbezogen sind – etwa durch gleichzeitige visuelle, akustische und haptische Reize – desto besser bleibt die Information haften. Multisensorisches Lernen kann die Gedächtnisleistung deutlich steigern (vgl. Mayer, 2009).

Entscheidend ist, dass Lerninhalte regelmäßig wiederholt werden. Nur so werden die gleichen neuronalen Verbindungen immer wieder aktiviert und dauerhaft gestärkt. Reines Auswendiglernen hingegen ist wenig nachhaltig, weil es ohne Kontext schwer abrufbar bleibt (vgl. Roediger & Karpicke, 2006).

Ein oft zitierter, aber wissenschaftlich nicht belegter Grundsatz der Bildungspraxis lautet: „**Wir merken uns 10 % von dem, was wir lesen, 30 % von dem, was wir sehen, 60 % von dem, was wir tun, und 90 % von dem, was wir lehren.**“ Auch wenn diese Zahlen nicht empirisch belegt sind, unterstreichen sie ein zentrales Prinzip: Menschen lernen am besten, wenn sie aktiv mitdenken, ausprobieren und anderen erklären (vgl. Letrud & Hernes, 2018).

Wie durchbricht man das Vergessen?

Um das Vergessen zu durchbrechen, sind **Wiederholung und Anwendung** des Gelernten entscheidend. Besonders effektiv ist es, Lerninhalte innerhalb der ersten 24 Stunden zu wiederholen. Die gestaffelte Wiederholung – zum Beispiel nach 1, 3 und 7 Tagen – hat sich als besonders wirksam erwiesen, um Informationen im Langzeitgedächtnis zu verankern. Auch die praktische Anwendung in **realen Situationen** (Kontextualisierung) steigert die Relevanz des Wissens und fördert den Transfer (vgl. Cepeda et al., 2006).

Feedback und Reflexion wirken als Verstärker des Lernprozesses. Wer aktiv über das Gelernte nachdenkt, Fehler analysiert und gezieltes Feedback erhält, kann Wissen besser strukturieren und verankern (vgl. Hattie & Timperley, 2007).

Gerade im Bereich der Lawinenkunde stellt die Anwendung eine besondere Herausforderung dar. Oft fehlt nach einem Kurs das direkte Expertenfeedback in der realen Tourenpraxis. Zeitdruck, Stress, Gruppendynamik oder wechselnde Wetterbedingungen erschweren klare Entscheidungen. Da es selten eindeutige Ja/Nein-Antworten gibt, sind Prozesse und Risikoeinschätzung gefragt – doch genau diese Aspekte geraten ohne kontinuierliches

Üben schnell in Vergessenheit, insbesondere über den Sommer hinweg (vgl. McCammon, 2004).

Das **Lernen aus Fehlern** ist im Lawinenkontext besonders heikel: Wer im Gelände einen Fehler macht, erfährt nicht immer eine unmittelbare oder spürbare Konsequenz – oder schlimmstenfalls eine fatale. Dadurch fehlen oft die typischen Lernsignale, die sonst aus Erfahrung entstehen. Digitale Lernumgebungen können hier helfen, risikofrei zu reflektieren und aus Simulationen zu lernen (vgl. Fischer et al., 2022).

Lösungsansatz: Immersives digitales Training

Digitale Lawinentrainings von schneeWISE begegnen diesen Herausforderungen durch den Einsatz von **immersivem Lernen**. Durch die Anwendung des Wissens auf einer virtuellen Skitour wird eine Transferleistung von Wissen gefordert, statt nur die Wissensreproduktion. Dies ist entscheidend, denn die Umwandlung von Wissen in Fähigkeiten erfordert praktische Anwendung über viele Jahre hinweg, begleitet von gründlicher Reflexion und Feedback zu den eigenen Entscheidungen. Digitale Trainings können das Prozessdenken von Berg- und Skiführer:innen sichtbar machen und ermöglichen häufiges Trainieren und Üben sowie Zeit zum Reflektieren. Multimediale Lernumgebungen, die Bilder, Texte und auditive Informationen parallel darbieten, führen zu mehr Transferwissen.

Integrative Lawinenkunde

Das didaktische Konzept von schneeWISE orientiert sich an der **Integrativen Lawinenkunde**. Es strukturiert die Lernreise in vier Phasen, angelehnt an das didaktische Konzept der Lawinenkunde:

- ▷ **Planung:** Fokus auf Verhältnisse, Gelände und Mensch. Hier werden verschiedene interaktive Elemente wie offene Fragestellungen, Single/Multiple Choice, Schieberegler, Checklisten, Drag & Drop zur Erkennung von Schlüsselstellen und freie Routenführung eingesetzt.
- ▷ **Auf Tour:** Hier geht es um das Erkennen von Verhältnissen, Gelände und Mensch in der dynamischen Umgebung. Dies wird durch Gesprächssimulationen, Drag & Drop und Single/Multiple Choice Fragen trainiert.
- ▷ **Am Einzelhang:** Bewertung von Risiko und Verhalten am spezifischen Hang. Interaktionen umfassen unterschiedliche Fragentypen bis hin zu klaren Entscheidungen, wobei Lernenden alle nötigen Informationen zur Entscheidungsfindung bereitgestellt werden.



02 Auf Tour geht es um das Erkennen von Verhältnissen, Gelände und Mensch in dynamischer Umgebung. (Quelle: schneeWISE) |



04 Reflexion über offene Fragestellungen sind essentiell um das Gelernte zu sichern. (Quelle: schneeWISE) |

- ▷ **Reflexion:** Eine zentrale Phase, die das Lernen sichert. Offene Fragestellungen zur Reflexion der getroffenen Entscheidungen sind hier integriert. Das didaktische Ziel, die Verbesserung der Kompetenzen im Risikomanagement im alpinen Raum, erreichen wir durch progressive Fragestellungen anhand von drei Anforderungsbereichen:

03 Bei der Bewertung von Risiko und Verhalten am Einzelhang gilt es unterschiedliche Fragetypen zu klären. (Quelle: schneeWISE) |



Reproduktion, Transfer und Reflexion. Dies passt auch zu Hattie's Lernmodell, das Faktenwissen, konzeptuelles Wissen, prozedurales Wissen und meta-kognitives Wissen unterscheidet. Hattie betont, dass effektives Lernen nicht nur das Verstehen von Fakten, sondern auch das Erkennen von Zusammenhängen und die Anwendung von Methoden erfordert (vgl. Hattie, J.A.C., 2009).

Fazit und Ausblick

Die Übertragung der realen alpinen Welt in ein digitales Trainingsformat birgt spezifische Herausforderungen. Dazu gehören die Nachvollziehbarkeit von Entscheidungen, die Abbildung realer Verhältnisse vor Ort und die Gestaltung interaktiver Erlebnisse für die digitale Welt. Das übergeordnete Ziel ist es, einen bewussteren Umgang mit Risiko und Wagnis zu fördern, Fachwissen anzuwenden und auszubauen sowie begründete und gute Entscheidungen zu treffen. Digitale Lawinentrainings sind keine vollständige Alternative zur hochwertigen Ausbildung im Gelände. Sie stellen jedoch eine **sinnvolle und innovative Ergänzung** dar, die zahlreiche Vorteile bietet. Sie ermöglichen es, Fehler in einer sicheren Umgebung zu machen und daraus zu lernen, bevor etwas Ernstes passiert. Sie machen

unterschiedliche Lawinenprobleme mit Experten-Feedback erlebbar und bieten ein interaktives und modernes Lernwerkzeug. Darüber hinaus können sie Erlerntes aus klassischen Ausbildungskursen im Nachgang festigen und anwendbar machen. Zukünftige Module von schneeWISE werden weitere an das Vorwissen angepasste Touren und Freeride-Szenarien umfassen und den Notfall Lawine interaktiv abbilden.

Das zugrunde liegende didaktische Konzept ist flexibel und eignet sich auch für den Ausbildungsbereich von Institutionen mit individuellen Inhalten – von der Vorbereitung über das selbstgesteuerte Lernen bis hin zur Prüfungsvorbereitung. Als modernes Tool bietet schneeWISE weit mehr als klassische Multiple-Choice-Tests in Papier-Format: Es ermöglicht individuelles, kompetenzorientiertes Lernen auf hohem Niveau. Insgesamt tragen digitale Lawinentrainings dazu bei, das bestehende Ausbildungsprogramm zu erweitern und eine evidenzbasierte Basis für Risiko- und Entscheidungsmanagement in Lawinen- und alpinen Unfallszenarien zu schaffen. Dies unterstützt das zentrale Anliegen der Lawinenprävention, Menschen sicher am Berg unterwegs sein zu lassen.

Literatur

- Anderson, J. R. (2010). Cognitive Psychology and Its Implications (7th ed.). Worth Publishers.
- Cepeda, N. J., Pashler, H., Vul, E., Wixted, J. T., & Rohrer, D. (2006). Distributed practice in verbal recall tasks: A review and quantitative synthesis. *Psychological Bulletin*, 132(3), 354–380. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.132.3.354>
- Ebbinghaus, H. (1885). Über das Gedächtnis. Leipzig: Duncker & Humblot.
- Edlinger, M., Leichtfried, A., Mayrhofer, M., Mössmer, G., Pfingstner, R., Studeregger, A., Wanner, T. (2021): Integrative Lawinenkunde, Planen – Entscheiden – Lernen. Wien: Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung
- Fischer, A., Wieser, C., Mayer, P., & Zweifel, B. (2022). Learning from close calls: How digital simulations support reflection in avalanche education. *Journal of Outdoor and Environmental Education*, 25, 191–208. <https://doi.org/10.1007/s42322-021-00091-z>
- Hattie, J.A.C. (2009): Visible Learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. London & New York: Routledge
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>
- Letrud, K., & Hernes, S. (2018). The Learning Pyramid: Disproving the '10% rule'. *Education Sciences*, 8(2), 27.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- McCammon, I. (2004). Heuristic traps in recreational avalanche accidents: Evidence and implications. *Avalanche News*, 68, 42–50.
- Österreichisches Kuratorium für alpine Sicherheit (2024): Winterrückblick Österreich 2023/24. Online verfügbar unter: <https://alpinesicherheit.at/alpinunfaelle-winterrueckblick-2023-24/> (Abgerufen am 2024-05-15)
- Roediger, H. L., & Karpicke, J. D. (2006). Test-enhanced learning: Taking memory tests improves long-term retention. *Psychological Science*, 17(3), 249–255.
- Sitte, C. (2011): Maturafragen NEU (!?) – eine schrittweise Annäherung an eine kompetenzorientierte Form im Fach Geographie und Wirtschaftskunde, Anhang 4: Operatorenliste. In: *GW-Unterricht*, H. 124, S. 39 – 41
- Steffens, U., Höfer, D. (2014): Die Hattie-Studie. Hintergrundartikel von Ulrich Steffens und Dieter Höfer zur Studie von John Hattie („Visible Learning“, 2009). Institut für Qualitätsentwicklung, Wiesbaden

schneeWISE Team: office@schneewise.com

Philipp Leodolter

Staatlich geprüfter Ski- und Bergführer, AHS Lehrer, Lektor an der KF Uni Graz

Simone Vogl-Umschaden

Ehemalige Profi-Snowboarderin, Ski- und Snowboardlehrerin

Gustav Philipp Vogl

E-Learning Experte



NATURFREUNDE AKADMIE: Von den Besten lernen

Eine Mitgliedschaft bei den **Naturfreunden Österreich** bringt dir zahlreiche Vorteile. Neben einer umfassenden Freizeitversicherung, zahlreichen Vergünstigungen auf die österreichweiten Angebote, kannst Du auch die vielfältigen Aus- und Weiterbildungen der Naturfreunde-Akademie nutzen. Hier lernst du in qualitativ hochwertige Kursen in den Bereichen Schitouren, Sportklettern, alpines Klettern, Bergsteigen, Mountainbiken, Kanu und Schneesport gemeinsam mit anderen Sportbegeisterten von den Besten.

Alle Infos findest du auf
www.akademie.naturfreunde.at





(c) RALF HOCHHAUSER/OUTDOOR FOTO