



5. LAWINEN

SYMPOSIUM GRAZ

2023

Tagungsband des 5. internationalen Lawinensymposiums
Graz 2023





GeoSphere Austria

Bundesanstalt für
Geologie, Geophysik,
Klimatologie und
Meteorologie



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 Lawinenprognosen 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 5. internationalen Lawinensymposiums Graz 2023

Impressum

Herausgeber

GeoSphere Austria, Regionalstelle Graz, Klusemannstraße 21, 8053 Graz



In Kooperation mit

Naturfreunde Österreich, Referat Skitouren, Viktoriagasse 6, 1150 Wien



Layout

Lisa Pulling, MSc (GeoSphere Austria)

Mag. Andreas Riegler (GeoSphere Austria)

Lektorat

Gerhard Ackerler (GeoSphere Austria)

Wissenschaftliches Komitee

Dr. Bernd Zenke (ehe. Leiter Lawinenwarndienst Bayern)

Dr. Arnold Studeregger (GeoSphere Austria)

Dr. Thomas Feistl (Lawinenwarndienst Bayern)

Dr. Renate Renner (Montan Universität Leoben)

DI Siegfried Holzer (AVL)

Prof. DI Dr. Harald Raupenstrauch (Montan Universität Leoben)

Dr. Jan-Thomas Fischer (BFW)

DI Kilian Heil (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft)

Organisationskomitee

Dr. Arnold Studeregger (GeoSphere Austria)

Lisa Pulling, MSc (GeoSphere Austria)

Mag. Gernot Zenkl (GeoSphere Austria)

Martin Edlinger (Naturfreunde Österreich)

DI Rene Stix (Naturfreunde Steiermark)

Veranstaltung wird gefördert durch:

A12 Referat Wissenschaft und Forschung



Druck

Offsetdruck Bernd Dorrong e.U.

Kärntner Straße 96

8053 Graz

Stad Graz

Eigenverlag

Auflage 700



ISBN 978-3-903252-18-9

Graz, am 08.11.2023

Für die Inhalte der Publikationen in diesem Tagungsband sind die jeweiligen Autoren verantwortlich.

Zum Inhalt...

01	Schneedeckenmodellierung: Ein Blick in die Zukunft von Schneeprofilen Michael Binder, Christoph Mitterer	10
02	Die Lawine in den sozialen Medien – Intentionen, Chancen & Fallstricke Riki Daurer	14
03	Scotland’s Winter Mountains: The landscape and recreation, managing avalanche hazard and the effects of climate change. Mark Diggins.....	20
04	WAC.3® – Die Lawinen-Risikomanagement Software Paul Dobesberger.....	26
05	Notfall Lawine – Kameradenrettung, technisch als auch medizinisch betrachtet Martin Edlinger, Alexander Kainersdorfer	30
06	Der planmäßige Lawineneinsatz - Entscheidungsfindung und Triage Alexander Egger.....	34
07	Echtzeitvisualisierung von Lawinenrisiko basierend auf hochauflösenden Geodaten Johannes Eschner, Adam Celarek, Manuela Waldner	38
08	Das Potential von Automobilsensoren für die lokale Detektion von Lawinen im Rahmen des FFG-Projekts RSnowAUT Thomas Gölles et al.	44
09	Lawinenberechnungen mit AvaFrame Matthias Granig	48
10	GKMR + Faktor Mensch als gemeinsame Entscheidungsstruktur in Deutschland Florian Hellberg.....	52
11	Winterwetter Gerhard Hohenwarter	58
12	Schneebrettgefahr? Blick in die Schneedecke und Daumenmethode – neue Ansätze zur Einzelhangbeurteilung beim LWD Bayern Christoph Hummel	62

13	RSnowAUT: Nutzung von Satellitendaten für die Lawinendetektion und -vorhersage in Österreich	
	Kathrin Lisa Kapper et al.....	66
14	SNOBS - Werde Teil der Lawinenwarnung!	
	Marco Knoflach, Norbert Lanzanasto.....	72
15	Lawinenprobleme: Einheitliche Kommunikation für situationsangepasstes Risikomanagement	
	Norbert Lanzanasto, Matthias Walcher.....	76
16	Projekt SnowKids - Faszination Schnee und Eis & Risiko Lawine	
	Christoph Mitterer et al.....	80
17	Von der Planung zum Einzelhang – Die Werkzeuge der Integrativen Lawinenkunde	
	Gerhard Mössmer, Reinhold Pfingstner.....	86
18	Vieljährige Schneetrends in den bayerischen Alpen und Voralpen	
	Lothar Bock, Katrin Sedlmeier, Gudrun Mühlbacher.....	90
19	ALPINNOTRUF 140 – Was ist passiert?	
	Christian Patschok, Stefan Schröck.....	94
20	Von der Schneedeckenuntersuchung am Berg bis zur Information an den Fahrgast	
	Christian Rachoy, Johannes Gottsbacher, Stefan Ortner.....	96
21	Neues aus der Schnee- und Lawinenforschung	
	Ingrid Reiweger, Andreas Gobiet.....	102
22	Gruppen im freien Skiraum – Feldstudie der DAV-Sicherheitsforschung	
	Martin Schwiensch, Bernhard Streicher, Lukas Fritz.....	106
23	Geringe Lawinengefahr bedeutet NICHT keine Gefahr – Betrachtung zweier Unfälle	
	Arno Studeregger, Veronika Hatvan, Lisa Pulling.....	114
24	Die europäische Lawinengefahrenskala und die EAWS-Matrix - Rückblick und aktueller Stand	
	Bernhard Zenke, Thomas Feistl.....	120

Vorwort



Rücksichtsvoll und risikobewusst am Berg!

Heuer findet das internationale Lawinensymposium bereits zum 5. Mal statt und ist ein sichtbares Zeichen dafür, wie ernst wir als eine der größten alpinen Freizeitorganisationen unsere Aufgabe nehmen, einen wichtigen Beitrag zur Sicherheit in österreichischen Bergen zu leisten. Mit der Initiative „Sicher mehr vom Berg“ haben die Naturfreunde eine Offensive gestartet, die neue Maßstäbe auf österreichischen Bergen setzt. Mit Hilfe der zahlreichen Expert*innen unserer Funktionär*innen und Kursleiter*innen sollen Outdoorsportlerlebnisse noch sicherer werden. Ziel ist ein rücksichtsvolles und wertschätzendes Miteinander am Berg.

Wintersport im freien ungesicherten Gelände ist keine Randsportart mehr, sondern inmitten der Gesellschaft angekommen. Der Boom im Bereich Skitouren ist nicht mehr zu übersehen. Mit dem Anstieg der Personen, die sich im winterlichen Gebirge bewegen, ist auch davon auszugehen, dass die Anzahl der Lawinenunfälle steigt. Sobald ein/e Wintersportler*in abseits der Pisten unterwegs ist, muss er/sie unbedingt wissen, wie man sich risikobewusst verhält.

Schnee- und Lawinenkunde, aber auch der Umgang mit der Notfallausrüstung sind für sichere Ausübung von Wintersport im freien Gelände notwendig. Information, Ausbildung und Erfahrung haben dabei einen sehr hohen Stellenwert. Deshalb ist Prävention ein wichtiger Kernbereich in der Naturfreunde-Arbeit. Österreichweit bieten die Naturfreunde eine Vielzahl von Kursen und Ausbildungen zum Thema Lawinen an, die durch hochqualifizierte Übungsleiter*innen, Instruktor*innen und Bergführer*innen betreut werden.

Wir danken der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Graz für die langjährige, hervorragende Zusammenarbeit und die gemeinsame Organisation des 5. Lawinensymposiums in Graz. Diese Veranstaltung ermöglicht es allen, von der aktuellen Lawinenforschung und wichtigen Neuerungen aus erster Hand zu erfahren. Unser erklärtes Ziel ist es, durch Prävention und Ausbildung eine kontinuierliche Reduktion von Lawinenunfällen zu erreichen.

Ich freue mich auf interessante, aktuelle Informationen unserer renommierten Vortragenden ebenso wie auf bereichernde Gespräche und Diskussionen.

Mit einem herzlichen „Berg frei“!

Mag. Günter Abraham

Bundesgeschäftsführer der Naturfreunde Österreich



5. LAWINEN SYMPOSIUM GRAZ 2023

TAGUNGSPROGRAMM

18. November 2023, Arbeiterkammersaal Graz

Moderation: Andreas Jäger

08:00 – 09:00 **Einlass**

09:00 – 09:20 **Eröffnung**

GeoSphere Austria Bernhard Niedermoser

Naturfreunde Österreich Günter Abraham

VORTRÄGE IM AK SAAL

Block 1

09:20 – 09:40 Martin Edlinger, Alexander Kainersdorfer
Notfall Lawine Kammeradenrettung, technisch als auch medizinisch betrachtet

09:40 – 10:00 Stefan Schröck, Christian Patschok
Alpinnotruf 140 - Was ist passiert?

10:00 – 10:20 Alexander Egger
Der planmäßige Lawineneinsatz - Entscheidungsfindung und Triage

10:20 – 10:40 Riki Daurer
Die Lawine in den sozialen Medien - Intentionen, Chancen & Fallstricke

10:40 – 11:00 Matthias Knaus, Mitterer Susanna
Statistik Lawine

11:00 – 11:30 **Pause**

Block 2

11:30 – 12:00 Marc Diggins
Scotland's Winter Mountains: The landscape and recreation, managing avalanche hazard and the effects of climate change

12:00 – 12:20 Gudrun Mühlbacher
Klimawandel

12:20 – 12:40 Gerhard Hohenwarter
Winterwetter

12:40 – 13:00 Lukas Ruetz
Gleitschnee- vs. Schneebrettlawine

VERANSTALTUNGEN UND WORKSHOPS IN DER WANDELHALLE IM 2. STOCK

09:20 – 09:40 Christoph Mitterer
Projekt SnowKids - Faszination Schnee und Eis & Risiko Lawine

09:40 – 10:00 Norbert Lanzanasto, Marco Knoflach
SNOBS - Werde Teil der Lawinenwarnung!

10:00 – 10:20 Thomas Gölles
Das Potenzial von Automobilsensoren für die lokale Detektion von Lawinen im Rahmen des FFG Projects RSnowAUT

10:20 – 10:40 Bernhard Streicher
Gruppen im freien Skiraum - Feldstudie der DAV-Sicherheitsforschung, Teil 1

10:40 – 11:00 Johannes Eschner, Adam Celarek, Manuela Wallner
Echtzeitvisualisierung von Lawinenrisiko basierend auf hochauflösenden Geodaten

11:00 – 11:30 **Pause**

Workshop

11:30 – 13:00 **Workshop: Interpretation des Lawinenlageberichtes**

Gernot Zenkl, Team LWD Stmk

13:00 – 14:00 **Mittagspause**



5. LAWINEN SYMPOSIUM GRAZ 2023

TAGUNGSPROGRAMM

18. November 2023, Arbeiterkammersaal Graz

VORTRÄGE IM AK SAAL

Block 3

- 14.00 – 14.20 Bernd Zenke, Thomas Feistl
Europäische Lawinengefahrensкала und EAWS-Matrix - Rückblick und aktueller Stand
- 14.20 – 14.40 Christoph Hummel
Schneebrettgefahr? Blick in die Schneedecke und Daumenmethode
- 14.40 – 15.00 Gerhard Mössmer, Reinhold Pfingstner
Von der Planung zum Einzelhang - Integrative Lawinenkunde
- 15.00 – 15.20 Florian Hellberg
GKMR • Faktor Mensch als gemeinsame Entscheidungsstruktur in Deutschland
- 15.20 – 15.40 Lukas Fritz, Martin Schwiersch, Bernhard Streicher
Welches Gelände wählen Skitourengruppen und wie kommen sie zu ihren Entscheidungen? Ergebnisse der DAV-Skitourenstudie. Teil 2

15.40 – 16.10 **Pause**

Block 4

- 16.10 – 16.30 Ingrid Reiweger
Neues aus der Schnee- und Lawinenforschung 2023 – Welche neuen Erkenntnisse gibt es und welche Relevanz haben diese für die Praxis?
- 16.30 – 16.50 Christian Rachoy, Johannes Gottsbacher, Stefan Ortner
Von der Schneedeckenuntersuchung am Berg bis zur Information an den Fahrgast - so arbeitet die ÖBB-Infrastruktur AG in ihrem Lawinenrisikomanagement
- 16.50 – 17.10 Paul Dobesberger
WAC-3® - Die Lawinen-Risikomanagement Software
- 17.10 – 17.30 Ortovox
Kartusche vs. elektronischer Airbag

17:30 **Zusammenfassung und Verlosung, Ende**

VERANSTALTUNGEN UND WORKSHOPS IN DER WANDELHALLE IM 2. STOCK

- 14:00 – 14:20 Matthias Granig
Lawinberechnungen mit AvaFrame
- 14:20 – 14:40 Arno Studeregger, Lisa Pulling
Geringe Lawinengefahr bedeutet NICHT keine Gefahr – Betrachtung zweier Unfälle
- 14:40 – 15:00 Thomas Gölles
RSnowAUT: Nutzung von Satellitendaten für die Lawinendetektion und -vorhersage in Österreich
- 15:00 – 15:20 Matthias Walcher, Norbert Lanzaanasto
Lawinenprobleme: Einheitliche Kommunikation für situationsangepasstes Risikomanagement
- 15:20 – 15:40 Michael Binder, Christoph Mitterer
Schneedeckenmodellierung: Ein Blick in die Zukunft von Schneeprofilen

15.40 – 16.10 **Pause**

Workshop

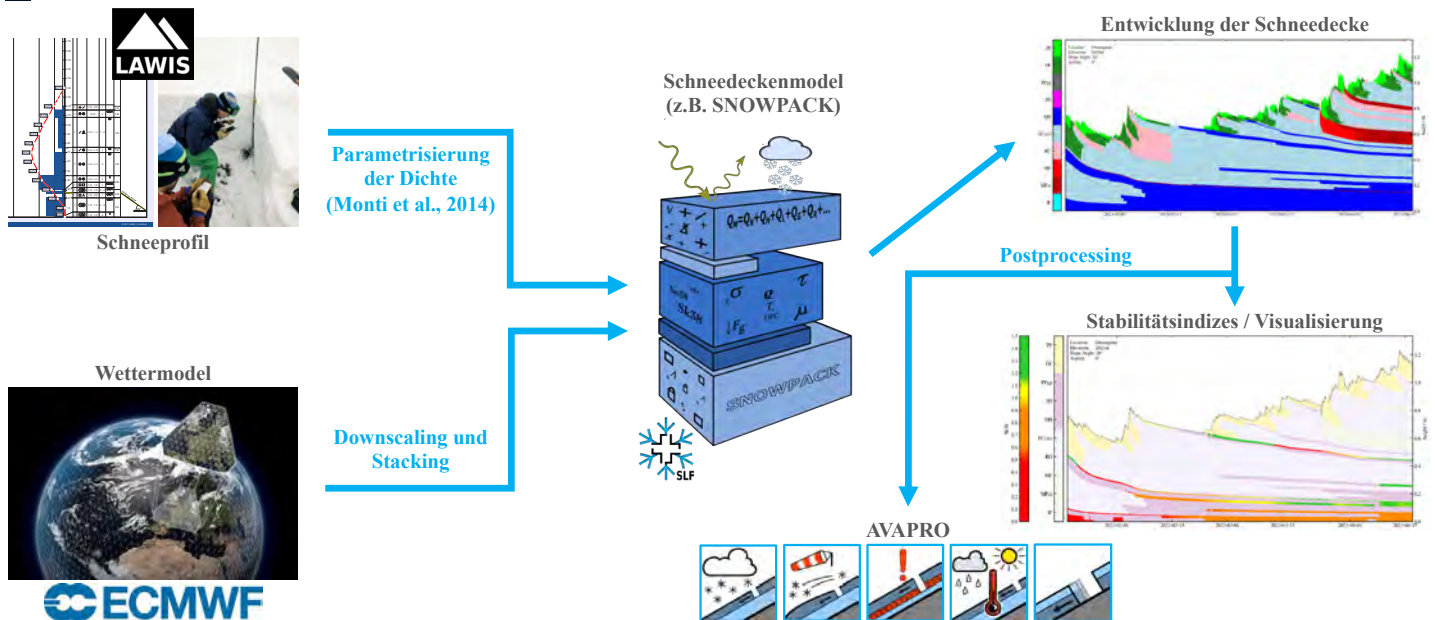
- 16.10 – 17.30 **Digitale Tourenplanung WS**
Matthias Pilz

lawinensymposium.naturfreunde.at

VERANSTALTER



SPONSOREN & PARTNER



01 Die allgemeine Modellkette zur Simulation von Schneeprofilen und die entsprechenden Schnittstellen des Lawinenwarndienstes Tirol. Der Aufbau ist so modular wie möglich gehalten, um einzelne Module einfach ersetzen zu können. |

01 Schneedeckenmodellierung: Ein Blick in die Zukunft von Schneeprofilen

Autoren Michael Binder, Christoph Mitterer



Michael Binder



Christoph Mitterer

Schneedeckenmodelle in der Lawinenwarnung

Ursprünglich wurde das Schneedeckenmodell SNOWPACK Ende der 1990er Jahre entwickelt, um den Schweizer Lawinenwarndienst bei der operationellen Beurteilung der Lawinengefahr zu unterstützen. Über 20 Jahre später ist das Modell für die Schnee- und Lawinenforschung unverzichtbar. Im operationellen Bereich ist die Anwendung von Schneedeckenmodellen aber noch sehr zurückhaltend. Lawinenwarner*innen im Alpenraum verlassen sich bevorzugt auf bewährte Vorhersagestrategien, welche hauptsächlich auf den traditionellen Informationsquellen wie Rückmeldungen durch Beobachter*innen, beobachtete Schneeprofile aus dem Gelände, Wetterstationen und der Wettervorhersage basieren.

Teilweise fehlt es noch an der technischen Infrastruktur, um die Simulationen für die operationelle Lawinenwarnung zugänglich zu machen, gleichzeitig ist die Interpretation der Simulationen nicht intuitiv. Oftmals fällt es schwer, die Schneedecken-simulationen mit den üblichen Informationsquellen zu verknüpfen und in den traditionellen Workflow zur Einschätzung der Lawinengefahr zu integrieren. Zudem passiert es schnell, dass die Informationsmenge mit Schneedeckenmodellen unübersichtlich groß wird und es effektive Methoden und Werkzeu-

ge braucht, welche ein Filtern und Aufbereiten relevanter Informationen übernehmen. Mit einer neuen Modellkette versucht der Lawinenwarndienst Tirol genau an diesen Punkten anzusetzen.

Eine neue Modellkette: Die Simulation eines beobachteten Schneeprofiles aus dem Gelände

Bisher wurden operationelle Schneedeckensimulationen hauptsächlich an Standorten von automatisierten Wetterstationen durchgeführt und mit den an der Station gemessenen Parametern wie Lufttemperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Wind, Schneehöhe und Strahlung angetrieben. Die Simulationen starten mit dem Beginn der Schneesaison, um einen repräsentativen Aufbau der gesamten Schneedecke zu generieren. Dabei entstehen zwei Nachteile:

- (1) Die Schneedecke kann maximal bis zum Ist-Zeitpunkt der Messung betrieben werden und
- (2) Prozesse, die vom Modell zu einem bestimmten Zeitpunkt übersehen wurden (z.B. die Entwicklung einer Regenkruste), reduzieren die Genauigkeit und Aussagekraft des Modells für den restlichen Saisonverlauf. Um Schneedeckensimulationen für die Lawinenwarndienste greifbarer zu machen, gab es schon länger die Vision, Simulationen mit beobachteten Schneeprofilen aus dem Gelände zu initialisie-

ren und die Entwicklung der Schneedecke für den Ort des gegrabenen Profils zu modellieren. Speziell Schneeprofile, die kurz vor Zeiträumen mit einer kritischen Lawinensituation gegraben werden und dadurch eine sehr repräsentative Altschneedecke aufweisen, könnten durchaus hilfreiche und für den/die Lawinenwarner*in verständliche Simulationen hervorbringen. Schneeprofile gehören zum Alltag des Lawinenwarndienstes. Die Verknüpfung der Profile mit dem Schneedeckenmodell könnte die Simulationen zugänglicher machen. Gleichzeitig sollen die Simulationen nicht auf die Orte der Wetterstationen limitiert sein. Schneeprofile werden oftmals im Gelände und insbesondere im Umfeld von Lawinen aufgenommen, in den meisten Fällen befindet sich keine Wetterstation in der näheren Umgebung. Die Lösung liegt nah: Numerische Wettervorhersagemodelle werden auch im komplexen, bergigen Gelände immer besser und kombiniert mit gängigen Downscaling-Methoden liefern kurzfristige Wettervorhersagen auch vielversprechende Ergebnisse für die Modellierung der Schneedecke, wie Bellaire et al. (2011) bereits vor einigen Jahren zeigen konnten. Die Schneedeckensimulationen sollen also, wie in Abbildung 1 dargestellt, mit beobachteten Schneeprofilen initialisiert, mit einem numerischen Wettervorhersagemodell angetrieben und im Idealfall noch mit verschiedenen Werkzeugen für die Einschätzung der Lawinengefahr interpretiert werden.

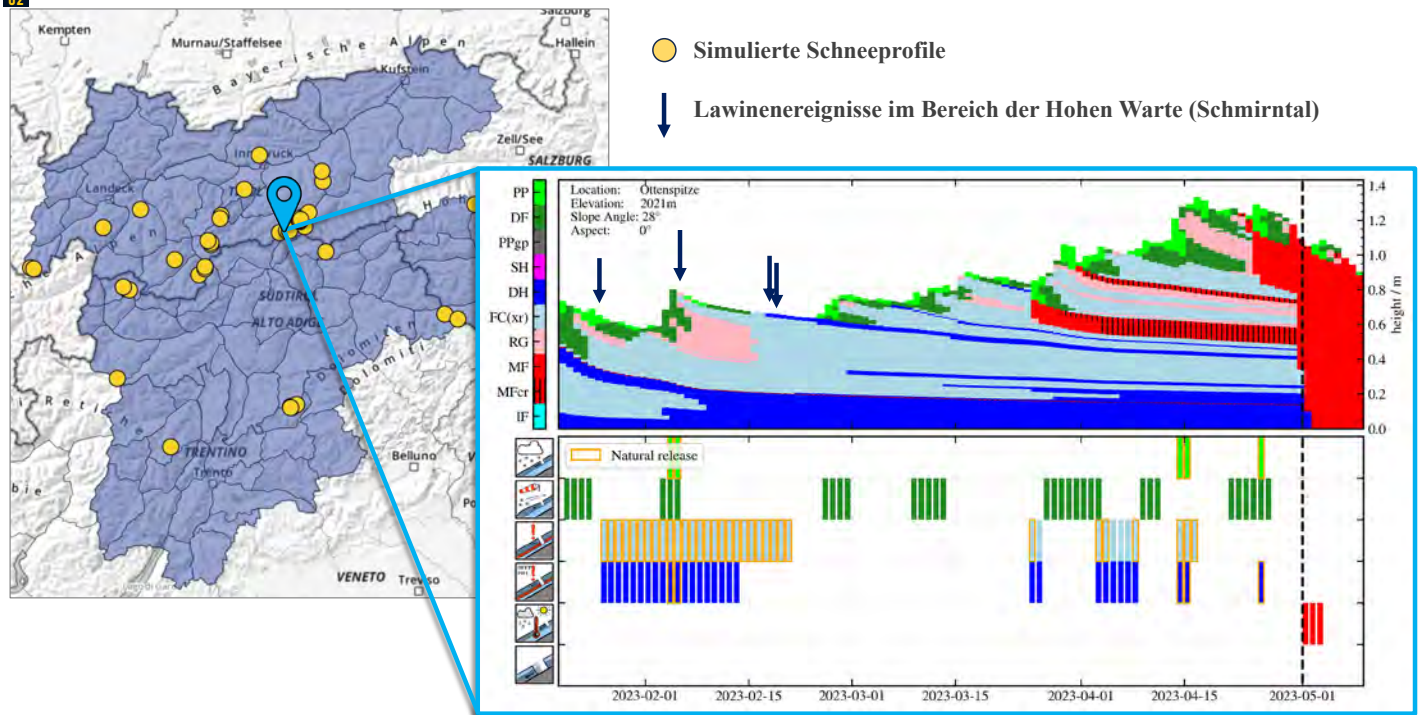
Bei der Entwicklung der Modellkette war es unser Ziel, eine möglichst modulare Struktur zu erhalten, um die verschiedenen Submodule (z.B. die Quelle der Profile oder das Wettermodell) relativ einfach ersetzen zu können. Simuliert werden die entsprechende Hangneigung und Exposition des Schneeprofiles. Um aussagekräftige Simulationen von mehreren Wochen zu ermöglichen, wird ein sogenanntes "Stacking" der Wettervorhersagen verwendet. Von einem Modelllauf werden dabei nur die ersten Zeitschritte bis zur nächsten Vorhersage verwendet. Sobald ein neuer Modelllauf verfügbar ist, wird mit diesem weitergerechnet. Dadurch wird die "Lead time" der Wettervorhersage minimiert oder anders gesagt, immer die aktuellen Wetterdaten verwendet.

Ein wichtiger Schritt ist noch die Vorbereitung der aufgenommenen Schneeprofile für die Simulation inklusive einer Parametrisierung der Dichte. Hat man mit einem beobachteten Schneeprofil aus dem Gelände den Fokus, die Lawinengefahr abzuschätzen, wird üblicherweise keine Dichte aufgenommen. Die Dichte ist jedoch ein wesentlicher Bestandteil des Schneedeckenmodells, um die ein-

zelnen Schichten und ihre Entwicklung zu beschreiben. Basierend auf der Arbeit von Monti et al. (2014) kann die Dichte über die Handhärte und die Kornform (beides übliche Parameter bei der Aufnahme eines Schneeprofiles) parametrisiert werden. Für die Modellierung hat die Parametrisierung der Dichte auch den Vorteil, dass alle Schichten aufgelöst werden. Bei einer direkten Messung muss die Dichte meist aufgrund der Größe des Messbehälters für einen gewissen Bereich zusammengefasst werden. Dünne Schwachschichten oder Krusten können dabei nicht aufgelöst werden.

Die Modellkette des LWD Tirol

Für den Lawinenwarndienst Tirol sieht die entsprechende Modellkette wie folgt aus (vgl. Abbildung 1): Wie bisher werden alle Profile des Lawinenwarndienstes auf die LAWIS-Plattform (www.lawis.at) hochgeladen. Soll das Profil simuliert werden, wird es mit einem Hashtag versehen und kann somit durch die Modellkette automatisiert heruntergeladen werden. Es folgt die Parametrisierung der Dichte und die Vorbereitung der Wetterdaten. Dem LWD Tirol stehen im Moment zwei Wettermodelle zur Verfügung: Einmal das globale IFS-Modell des European Center for Medium-Range Weather Forecasting und das lokale AROME Modell, beide aufbereitet mit einem Downscaling auf ein 1km-Grid. Täglich wird ein neuer Modelllauf für das Gebiet des LWD Tirol zur Verfügung gestellt und die relevanten Parameter für die Schneedeckensimulation können für den Standort des Profils ausgewählt werden. Sind Schneeprofil und Wetterdaten entsprechend formatiert, kann die Simulation mit SNOWPACK gestartet werden und man erhält die Entwicklung der Schneedecke für den jeweiligen Standort oder anders gesagt einen Blick in die Zukunft für das Schneeprofil. Um den/die Lawinenwarner*in bei der Interpretation bezüglich der Lawinengefahr zu unterstützen, sind verschiedene Visualisierungen der Simulation möglich. Verschiedene vorinterpretierte Parameter wie der „Sk38“ oder der Instabilitätsindex von Mayer et al. (2022) können eine erste objektive Einschätzung der Schneedeckenstabilität liefern. Oder es besteht bereits die Möglichkeit, relevante Lawinenprobleme über das neue Tool AVAPRO (Assessment and Validation of Avalanche PROblems) automatisiert zu bestimmen. AVAPRO basiert auf den Arbeiten von Reuter et al. (2022) und diagnostiziert Lawinenprobleme ausschließlich mit dem Ergebnis der SNOWPACK-Simulation. Ein Beispiel ist in Abbildung 2 zu sehen und wird im nächsten Abschnitt näher beschrieben.



02 Alle mit der Modellkette simulierten Schneeprofile der Saison 2022/23 und das Ergebnis der Simulation zum Schneeprofil im Nordhang der Otzenspitze vom 19. Januar 2023. Im oberen Teil der Abbildung ist die Entwicklung der Schneedecke über die Kornformen dargestellt, darunter befinden sich die mit AVAPRO automatisch bestimmten Lawinenprobleme für jeden Tag. Schwarze Pfeile repräsentieren Lawinenunfälle im Bereich der „Hohen Warte“ in den nördlichen Zillertaler Alpen in ähnlicher Exposition und Höhe wie die Simulation. |

Testlauf: Winter 2022/23

Der vergangene Winter diente als Testlauf für die neue Modellkette und brachte auch noch einige Verbesserungen mit sich: Die Rechenzeit konnte reduziert werden und vor allem die Visualisierungen wurden nach und nach optimiert. Die Karte in Abbildung 2 zeigt alle Profile der Saison 2022/23 des Lawinenwarndienstes Tirol, die mit einem Hashtag versehen und simuliert wurden. In der kommenden Saison sollen auch die Profile der Beobachter*innen simuliert werden, um alle Regionen entsprechend abzudecken.

Auffällig viele Profile sind es im westlichen Teil der Region „Nördliche Zillertaler Alpen“. Im Bereich um die „Hohe Warte“ ereigneten sich vergangenen Winter gleich mehrere Lawinenunfälle mit sich anschließenden Schneedeckenuntersuchungen des Warndienstes. Ein Profil im Nordhang der nahen Otzenspitze wurde bereits am 19. Januar 2023 aufgenommen. Die entsprechende Simulation des Schneeprofiles ist in Abbildung 2 zu sehen. In der oberen Hälfte ist die Stratigraphie dargestellt, die untere Hälfte zeigt das Ergebnis der automatisierten Lawinenproblembestimmung mit AVAPRO. Schwarze Pfeile repräsentieren Lawinenereignisse in der Region um die „Hohe Warte“. Mit dem ersten Lawinenunfall um den 25. Januar 2023 bildet sich laut dem Modell ein Altschneeproblem aus, welches bis kurz nach den Unfällen um den 18./19. Februar 2023 bestehen bleibt. Der Lawinenreport sagt ab dem 12. Februar 2023 zwar nur noch Gefahren-

stufe 2 („mäßig“) an, für nordseitige Bereiche bleibt das Altschneeproblem aber auch weiter bestehen. Simulation, Report und Lawinenaktivität zeigen ein konsistentes Bild und die Simulation des Schneeprofiles konnte in diesem Fall eine hilfreiche, erste objektive Einschätzung liefern. Natürlich passen Simulation und Realität nicht immer so gut zusammen wie in diesem Beispiel, aber es verdeutlicht das Potential der Modellkette speziell in Szenarien, bei denen das Schneeprofil zeitnah vor einer kritischen Phase aufgenommen wurde. In der kommenden Saison will man den damit verbundenen Arbeitsablauf beim Lawinenwarndienst Tirol noch mehr integrieren.

Weitere Anwendungsfälle

Die Simulation von Schneeprofilen eröffnet auch neue Möglichkeiten für die bereits verbreiteten operationellen Schneedeckensimulationen, angetrieben durch Wetterstationsdaten. Nach komplexen Wetterereignissen, welche tendenziell eine hohe Unsicherheit in der modellierten Schneedecke mit sich bringen, können die Simulationen durch ein gegrabenes Schneeprofil in der direkten Umgebung der Wetterstation einfach assimiliert bzw. neu gestartet werden. Die Simulationen können weiterhin mit den Messungen der Wetterstation angetrieben werden, aber die Initialisierung erfolgt nun mit und zum Zeitpunkt des gegrabenen Schneeprofiles. Steht kein beobachtetes Profil zur Verfügung, weiß man aber von anderen Beobachtungen, dass zum Bei-

spiel eine bestimmte Schwachschicht oder Kruste deutlich stärker ausgebildet sein sollte als es die Simulationen zeigen, besteht auch die Option, diese Schichten zu assimilieren. Dies erfordert zwar eine manuelle Bearbeitung eines Profils der Simulation, im CAAML-Format lassen sich Schichten jedoch einfach anpassen oder hinzufügen. Ein solches Vorgehen könnte auch für zukünftige, flächige Schneedeckensimulationen, welche an jedem Gitterpunkt eines Wettermodells angetrieben werden, hilfreich sein.

Ausblick

Die beschriebene Modellkette ist bereits Teil des Open Source Gitlab-Projekts AWSOME (Avalanche Warning Service Operational Meteo Environment, www.gitlab.com/avalanche-warning). Das Ziel von AWSOME ist eine Softwareumgebung, die es Lawinenwarndiensten ermöglicht, im Bereich ihrer Möglichkeiten Schneedeckensimulationen durchzuführen und diese auch so effektiv wie möglich in die operationelle Arbeit zu integrieren. In diesem Kontext war es auch das Ziel, einen modularen Aufbau aller Modellketten zu erhalten, damit zum Beispiel der Input verhältnismäßig einfach an eine neue Plattform angepasst werden kann, während die restlichen Module bestehen bleiben. Verschiedenste Modellketten sind bereits verfügbar und in naher Zukunft wird wohl am meisten auf der Postprocessing-Seite passieren. Perez et al. (2022) haben bereits ein Modell entwickelt, welches die Gefahrenstufe auf Basis von Ergebnissen aus SNOWPACK-Simulationen automatisiert bestimmen kann. Es soll kommende Saison integriert werden und auch ähnliche Tools wie AVAPRO oder das Stabilitätsmodell von Mayer et al. (2022) sind forschungsseitig in der Entwicklung. In diesem Zusammenhang wird auch die Visualisierung der vielen großen Datensätze ein immer wichtigeres Thema.

Literatur

- Bellaire, S., Jamieson, J. B., and Fierz, C. (2011). Forcing the snow-cover model SNOWPACK with forecasted weather data. *The Cryosphere*, 5, 1115–1125. <https://doi.org/10.5194/tc-5-1115-2011>, 2011.
- Monti, F., Schweizer, J., & Fierz, C. (2014). Hardness estimation and weak layer detection in simulated snow stratigraphy. *Cold Regions Science and Technology*, 103, 82–90.
- Mayer, S., van Herwijnen, A., Techel, F., and Schweizer, J. (2022). A random forest model to assess snow instability from simulated snow stratigraphy. *The Cryosphere*, 16, 4593–4615. <https://doi.org/10.5194/tc-16-4593-2022>.
- Pérez-Guillén, C., Techel, F., Hendrick, M., Volpi, M., van Herwijnen, A., Olevski, T., Obozinski, G., Pérez-Cruz, F. and Schweizer, J. (2022). Data-driven automated predictions of the avalanche danger level for dry-snow conditions in Switzerland. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 22, 2031–2056.
- 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 (17 pp.).

Michael Binder

Doktorand am Institut für Physik der Atmosphäre, Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum, Mitentwickler von AWSOME (www.gitlab.com/avalanche-warning), ehemaliger Praktikant beim Lawinenwarndienst Tirol

Christoph Mitterer

Lawinenprognostiker und Forscher beim Lawinenwarndienst Tirol, betreut die fachlichen Inhalte und Neuerungen des Euregio-Lawinenreports.

01 Heute Samstag 7. 04 mit ca 50 gleichgesinnten auf den Habicht von Gschnitz

Herrlich ❤️ fast allein auf dem Habicht 3277 m 😊
— 😊 begeistert.



01 Filterblase. Der Algorithmus der Portale wählt aus, wem welche Beiträge ausgespielt werden. Gleicher Tag, gleiche Tour – unterschiedliche soziale Wahrheit. Facebook, 10.04.2018 |

02 Die Lawine in den sozialen Medien – Intentionen, Chancen & Fallstricke

Autoin Riki Daurer



Riki Daurer

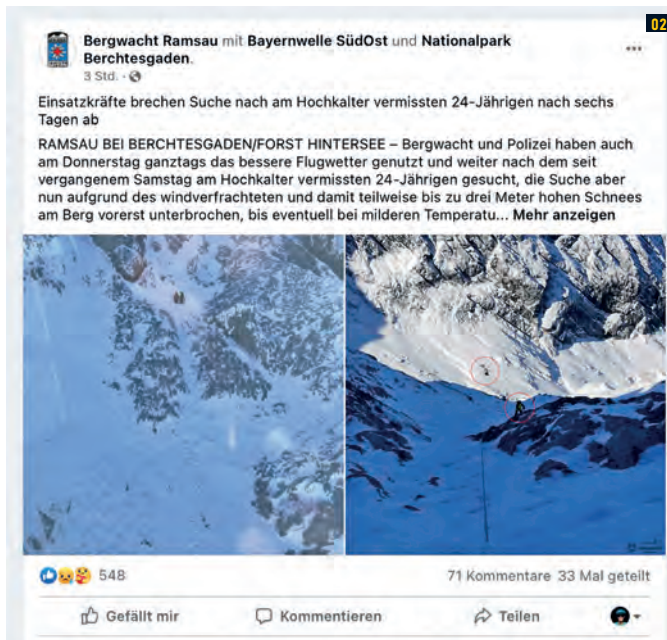
Hätte „die Lawine“ ein Social-Media-Profil, wären ihr wohl viele Followerinnen und Fans sicher. Lawinen und vor allem Lawinenunfälle und -abgänge sind ein Motiv, das gerne in den sozialen Medien verwendet wird: Privatpersonen, die Tagespresse und (Rettungs-) Organisationen posten verschiedenste Beiträge zum Thema, die vom Video eines harmlosen Rutschs bis zum Lawinenereignis mit mehreren Toten reichen. Mit dem Ziel, viele Klicks zu generieren, von der reinen Berichterstattung bis zur Meinungsbildung, von der Effekthascherei bis zur Unfallprophylaxe und von der Selbstdarstellung bis zur Unfallanalyse. Solche Posts generieren meist eine starke Folgekommunikation und viele Reaktionen, die nicht selten in einem gefürchteten Shitstorm enden.

Im folgenden Beitrag soll der Fokus auf den Themenkomplex „Lawine und soziale Medien“ und die Risiken und Chancen, die sich hier für Institutionen ergeben, gelegt werden. Eines ist klar: Eine Lawine soll man nie ignorieren – auch nicht in den sozialen Medien.

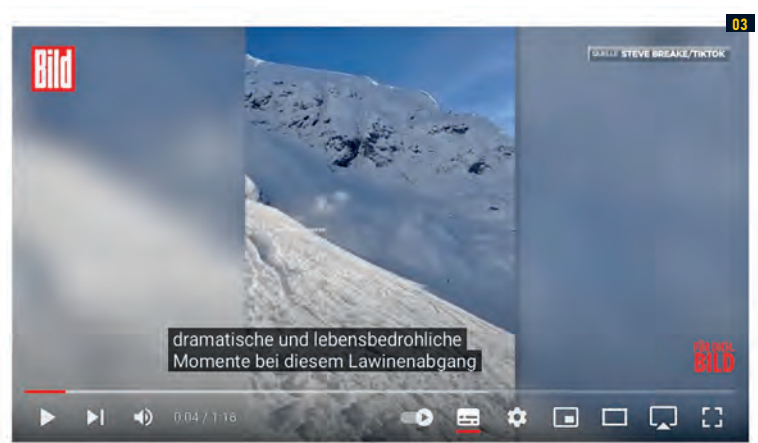
Was sind soziale Medien?

Als soziale Medien werden alle digitalen Plattformen bezeichnet, über die sich User miteinander vernetzen, auf denen sie Inhalte öffentlich darstellen, diese miteinander teilen oder wechselseitig kommentieren können. Sie setzen auf die Kommunikationsform des „many:many“, was sich auf die Möglichkeit des schnellen „globalen“ Austausches zwischen Usern bezieht. Jeder kann immer alles an alle sofort und überall posten. Informationen erreichen auf diese Weise in einer nie dagewesenen Geschwindigkeit eine große Öffentlichkeit. Jedes Teilen, Liken, Kommentieren und sogar das reine Betrachten der Postings erhöht zudem deren Reichweite.

Der Algorithmus der Nachrichtenverbreitung funktioniert in den sozialen Medien nach dem Prinzip „mehr desselben“: Den Usern werden in ihrer Blase (Bubble) demnach vor allem Inhalte angezeigt, die jenen ähneln, die sie bereits „geliket“ haben. Negativmeldungen werden zudem verstärkt ausgespielt, da sie von den Usern häufiger geliket und kommentiert werden. Mit dieser Strategie erreicht das Me-



02 Must have. Soziale Medien sind mittlerweile für viele Unternehmen und Organisationen Teil der Öffentlichkeitsarbeit und eine Möglichkeit, über ihre Tätigkeiten zu berichten. | 03 Same same. Berichte über Lawinenunfälle und -abgänge erreichen eine hohe Interaktionsrate bei den Usern – Klicks, Likes, Views und Kommentare. Unabhängig von Qualität, Ziel und Informationsgehalt des Posts.



Lawinen-Ünglück in Lerch: Dramatische Stunden im Skigebiet | Österreich
 BILD 1,49 Mio. Abonnenten Abonnieren 391 Likes Teilen
 59.025 Aufrufe vor 6 Monaten #bildtv #bildlive #bild
 Dramatische und lebensbedrohliche Momente bei diesem Lawinenabgang im österreichischen Skigebiet Arlberg. Oberhalb von St. Anton und Lech/Zürs filmt ein Augenzeuge den Moment, als die Lawine abgeht und ins Tal donnert! Mehr ansehen

dium sein (kommerzielles) Ziel – der User verweilt länger auf dem Portal.

Warum werden Lawinen in den sozialen Medien gepostet?

Warnen und informieren – das sind wohl die Hauptmotive vieler Institutionen, Organisationen und Vereine für Postings zum Thema „Lawine“. Weiters ist das Berichten über Lawinenunfälle für einige – z. B. für Rettungsorganisationen – ein Teil ihrer Öffentlichkeitsarbeit.

Medien spielen eine wichtige Rolle bei der Verbreitung von Informationen über bzw. bei der Warnung vor der aktuellen Lawinenlage. Daneben fallen Berichte über Lawinenunfälle in ihre Zuständigkeit.

Mittlerweile wird die Reichweitenstärke von Lawinenabgängen auch von Unternehmen für Werbe- oder Marketingzwecke eingesetzt – z. B. für das Bewerben von Versicherungen, Mobilfunkanbietern bzw. von Veranstaltungen.

Austausch und Information ist das Ziel selbsternannter Fachgruppen bzw. Communitys, die von professionellen, fachkundigen Gruppen bis hin zu themenfremden und unreflektierten Communitys reichen.

Privatpersonen verwenden das Posten von vermeintlichem oder echtem Expertenwissen zum Thema zur Statusdefinition bzw. als Highlight-Content für das Erreichen vieler Klicks. Auch mit dem Teilen und Kommentieren anderer Posts wird derselbe Zweck verfolgt.

Warum sind Lawinen so medienwirksam?

„Aufreger“ und Negativmeldungen wie Lawinenunfälle und -abgänge sind medienwirksam und reichweitenstark – sowohl in den sozialen als auch in den herkömmlichen Medien. Das Wissen rund um Schnee und Lawinen, die Entstehung von Lawinen oder sogar das Posten der täglichen Lawinenwarnstufe erreicht im Gegensatz dazu schon weniger User. Lawinen triggern die grundlegende Angst vor

04 Fast live. Noch bevor nähere Details zum Lawinenunglück am Manaslu Ende September 2022 bekannt waren, wurden in den sozialen Medien mehrere Videos online gestellt, die ungeschminkt die harte Realität zeigten – emotional überforderte, verzweifelte Bergsteiger sowie in die Tiefe rutschende Körper inklusive. Intention und Ziele der Botschaften sind oft nicht erkenn- oder nachvollziehbar. (Quelle: Facebook, 28.08.2022 – Profilangabe ist bewusst geschwärzt)



Naturgefahren, auch bei Menschen, die die Natur generell „als erholsamen, schönen und liebevollen Ort empfinden“, erklärt der Bergführer und Psychologe Pauli Trenkwalder. Hinzu kommt ein gewisser Unterhaltungswert, der die mögliche Sensationsgier und den Voyeurismus der User befriedigt. Andererseits nutzen viele die sozialen Medien, um sich bestmöglich zu informieren und weiterzubilden.

Zur Attraktivität eines Lawinenunfalls tragen auch seine Aktualität, versteckte Konflikte, Normverstöße, vermeintliche Fehler und der lokale und thematische Bezug der User zu dem Thema bei.

Die Bereitschaft am Mitdiskutieren und die emotionale Betroffenheit ist bei einem Lawinenunfall besonders groß: Man ist erschüttert und schockiert, man entrüstet sich und regt sich auf. Man ist rechthaberisch und erhebt den moralischen Zeigefinger. Ist man selbst Skitourengänger oder Freeriderin, wägt man öffentlich ab, ob man selbst auch so gehandelt hätte.

Formal erfüllt ein Lawinenunfall, v. a. als Video, alle Kriterien eines erfolgreichen Social-Media-Posts. Es passiert etwas, das Video ist dynamisch, es ist spannend, der Ausgang ist ungewiss und beim User werden Emotionen erzeugt. Quasi ein spannender Kurz-Thriller. Und das in der medienwirksamen Umgebung alpiner Landschaft.

Der Algorithmus der Portale und die Interaktion der Communitys erhöhen die Reichweite und verschaffen einem entsprechenden Post schnell eine hohe Zahl an Likes und Kommentaren.

Erwähnt sei hier auch noch der „illusory truth effect“ (Wahrheitseffekt). Dieser besagt, dass die

Frequenz, mit der eine Aussage wiederholt wird, dazu führt, dass man sie eher für wahr hält. Wird also in den Medien ständig von Lawinenunfällen berichtet, kann diese zur Einschätzung führen, dass Lawinenunfälle allgegenwärtig sind. Dass die Zahl der Lawinentoten in Österreich trotz gestiegener Zahl an exponierten Personen mit ca. 18 Toten pro Jahr erstaunlich niedrig ist, wird nicht vermittelt.

Welche Fallstricke und Risiken sind zu beachten?

Die sozialen Medien unterscheiden sich hinsichtlich ihres Algorithmus und der technischen Möglichkeit der Nachrichtenverbreitung von herkömmlichen Medien. Sie stellen demnach an Institutionen, Organisationen, Medien und Unternehmen besondere Anforderungen, damit ein Post oder eine Berichterstattung zum Thema Lawine keine unerwünschte Dynamik erhält.

Formal gesehen ist die Textlänge und vor allem die Länge des Vorschautextes limitiert. Umso wichtiger ist, dass dieser Text möglichst vollständige, korrekte und zuordbare Informationen vermittelt, um dem Leser und der Community wenig Spielraum für Mutmaßungen, Bewertungen und Beschuldigungen zu lassen. Hohe Aufmerksamkeit gilt auch der Auswahl der Bilder – Bilder vermitteln die Hauptbotschaft, aber können schnell und einfach aus ihrem ursprünglichen Zusammenhang gerissen und für unerwünschte Botschaften verwendet werden.

Ein sogenannter Faktencheck hat oberste Priorität – online gestellt wird nur, was auch zu hundert Prozent verifiziert ist. Und was relevant ist. Bei Lawinenunfällen sind beispielsweise Herkunft oder Alter des Opfers Trigger, die fast schon vorhersehbar negative Kommentare auslösen – obwohl nicht unfallkausal. Als Institution darf man daher nicht überrascht sein, wenn es bei Bekanntgabe dieser Informationen zu solchen Reaktionen kommt.

Ebenso sollte man sich über den Wissensstand der Zielgruppe im Klaren sein. Sein Ziel wird ein Post nur erreichen, wenn alle notwendigen Informationen in der Sprache der Zielgruppe und ihrem Wissensstand entsprechend formuliert sind.

Die Folgekommunikation auf einen Post durch die Community – sowohl auf dem eigenen als auch auf einem fremden Portal – kann einen (sozial-)medialen Schneeballeffekt auslösen. Abhilfe schaffen nur ein professionelles Community-Management und eine durchdachte Social-Media-Strategie.

Welche Chancen bieten Soziale Medien?

Soziale Medien zählen mittlerweile zu den wichtigsten Medien. In Österreich verwenden 62 Prozent der Jugendlichen soziale Medien, um sich über tages-

05 Verkürzt. Viele User nehmen den kurzen Vorschautext und die Bilder als vollständige Informationen auf Social Media wahr. Schwierig ist es, wichtige Informationen und einen Verweis auf weitere im knappen Post zu verpacken – wie hier beim Post über die aktuelle Lawinensituation in der Westhälfte der obersteirischen Gebirgsgruppen.

05 Lawinenwarndienst Steiermark
24. Januar 2022 · 30

Die Lawinensituation hat sich in der Westhälfte der obersteirischen Gebirgsgruppen etwas gebessert, da ist heute Nachmittag schon ein wenig die Sonne herausgekommen. In 2.000m waren es am Freitag noch -16 Grad und heute -3 Grad. Morgen wirds hier richtig sonnig und noch milder. Anfangs zäh ist hingegen die Wetterbesserung in der Osthälfte, also Hochschwab, Veitsch, Rax...da kanns von Nordosten noch einige Wolken hereindrücken. Und hier kann der Triebsschnee auch noch in tiefer... **Mehr anzeigen**

Triebsschneeproblem in den Hochlagen, in den nordöstlichen Gebirgsregionen auch noch bis unter die Waldgrenze!

Klick auf Region für Details >

Vorherrschende Gefahrenstufe
gering mäßig erheblich

Vorherrschende Lawinprobleme
Triebsschnee

30

Gefällt mir Kommentieren Teilen



Gefällt walter_wuertl und 546 weiteren Personen

lawinenwarndienst_tirol Information zu kürzlichen Lawinenabgängen ❄️

➔ Neuer Blog, Link in Story ➔ ... mehr

Alle 2 Kommentare ansehen

29. März

06 Erweitert. Ein Verweis auf Blogbeiträge auf der Website ist eine Möglichkeit, den User auf die vollständigen und ausführlichen Informationen weiterzuleiten.

aktuelle Themen zu informieren. Es ist eine vertane Chance, diese Medien nicht als Kommunikationsplattform zu nutzen. Es geht nur darum, wie. Über soziale Medien lassen sich kostengünstig (hinsichtlich der Portalkosten) und schnell Information und Wissen an eine große Anzahl von Personen vermitteln. Egal, ob man in Lawinenzeiten vor einer gefährlichen Lawinensituation warnen will oder nach einem Lawinenunfall seriös berichten möchte, was passiert ist.

Wenn man soziale Medien richtig einsetzt, haben Institutionen die Chance, Zielgruppen zu erreichen, die sie bis jetzt noch nicht angesprochen haben. Wissenschaftliche Institutionen können die breite Öffentlichkeit erreichen und Vereine zum Beispiel auch Nicht-Mitglieder. Die Lawinenwarndienste haben das erkannt und benutzen mehrere Portale für verschiedene Ziel- und Altersgruppen.

Als fachspezifische Institutionen, Organisationen und auch als entsprechend ausgebildete Einzelperson verfügt man nicht nur über Experten-Wissen, sondern auch über mehr Glaubwürdigkeit, sowohl

bei den Leserinnen und Lesern als auch bei den Kanälen. Dies kann eingesetzt werden, um über Gefahren objektiv zu informieren, Unwahrheiten aus dem Weg zu räumen und korrekte Inhalte zu verbreiten. Dabei geht es gar nicht darum, immer selbst zu posten, man kann auch als Kurator auf wichtige Quellen verweisen oder Sachverhalte korrekt einordnen.

Was müssen Institutionen zum Thema Lawine in den Sozialen Medien beachten?

Der Auftritt in sozialen Medien ist längst von einem „nice to have“ zum „must have“ geworden und mittlerweile Teil einer professionellen PR-Arbeit und -Strategie eines Unternehmens. Um als Institution in den sozialen Medien mit dem Thema Lawine erfolgreich zu sein bzw. sein angestrebtes Ziel zu erreichen, gibt es zwei wichtige Faktoren – Authentizität und Professionalität.

Authentizität hinsichtlich der Frage, wer man als Unternehmen ist, was man kann und was man mit diesen themenspezifischen Posts erreichen will, definiert die inhaltliche Richtung und Strategie der Social-Media-Arbeit. Daneben ist Professionalität und Qualität in der Erstellung, Aufbereitung und dem Posten von Content unabdingbar: Obwohl das Erstellen von Posts so schnell und einfach möglich ist, haben gute Online-Redaktionen mittlerweile mehr Aufwand und brauchen mehr Ressourcen als Print-Redaktionen. Sie sollten am besten 24/7 online sein – um zu recherchieren und zu evaluieren, Trends zu verfolgen und die Community zu betreuen. Die Content-Erstellung umfasst mittlerweile Text-, Bild-, Video- und auch Audioproduktionen – und dafür hat man meist nicht viel Zeit, will man schnell und aktuell berichten. Um den Content korrekt und reichweitenstark zu posten, muss man zudem up-to-date bleiben, Trends, die Algorithmen und technischen Neuerungen der Portale verfolgen und schnell darauf reagieren. Und auch die Community möchte am liebsten durchgehend betreut sein.

Fachinhalte können nur von den entsprechenden Fachleuten erstellt werden, die neben Content-Produzent, Autorin, Trendsetter, Community Managerin und technischem Experten Bestandteil eines gut aufgestellten Social-Media-Teams sind.

Zu guter Letzt muss auch noch die juristische Ebene im Blick behalten werden – denn auch die sozialen Medien sind kein rechtsfreier Raum und so mancher Contenttrend kann schnell in einer Klage enden.

Das Commitment zu den Portalen, die Erstellung der Strategie und die Unterstützung des Online-Teams in seiner Arbeit muss übrigens vom gesamten Unternehmen und vor allem auch von der Management-Ebene getragen werden. Nur wenn Social Media als

integrierter Bestandteil der Kommunikationskultur gedacht wird, wird man hier erfolgreich sein.

Fazit

Soziale Medien bieten Institutionen und Unternehmen die Chance, neue und bestehende Zielgruppen sowie die breite Öffentlichkeit zu erreichen, zu informieren und zu sensibilisieren – auch zum Thema Lawine. Um die Intention des Postings zu erreichen, ist eine professionelle Herangehensweise an diese Kommunikationsform sowie eine zum Unternehmen und dessen Ziele passende und authentische Social-Media-Strategie essenziell.

Anmerkung

Wissenschaftliche Untersuchungen zum Themenkomplex „Lawinen und soziale Medien“ sind rar. Viele Mutmaßungen über die Auswirkungen von einschlägigen Postings auf das Verhalten in der realen Welt stützen sich auf subjektive Beobachtungen in der eigenen sozialen Filterblase.

Grundlegendes zur Kommunikation in den sozialen Medien und die Auswirkung auf die Gesellschaft im Allgemeinen basiert auf einschlägiger Fachliteratur zum Thema. Der Themenkomplex „Lawine“ scheint hier nur ein Beispiel für diese Phänomene zu sein.

Beiträge zum Thema

<https://alpin.online/berge-soziale-medien/>

Lawine – we like. ÖGSL Semmelnar 2023, Online-Aufzeichnung des Vortrags „Der Alpinunfall in den sozialen Medien“, analyse:berg Winter 2022

Massen am Berg, bergundsteigen #112

Be a social hero, bergundsteigen #110

Postest du noch oder bergsteigst du schon? bergundsteigen #102

Whoowhoo „Heilige Berge“, bergundsteigen #99

„Avalanche goes social“, bergundsteigen 2017

Riki Daurer

ist Expertin für digitale Kommunikation und beschäftigt sich seit Jahren mit dem Phänomen der Darstellung des Bergsteigens und der Berge in den sozialen Medien. Sie ist Inhaberin der Agentur alpin.online in Innsbruck.



MAMMUT
SWISS 1862



BEST CHOICE
FOR THE
WORST CASE

MAMMUT AVALANCHE SAFETY PRODUCTS.

MAMMUT.COM



01 Sea and Mountains NW Highlands Ben More Coigach. |

03 Scotland's Winter Mountains: The landscape and recreation, managing avalanche hazard and the effects of climate change.

Autor **Mark Diggins**



Mark Diggins

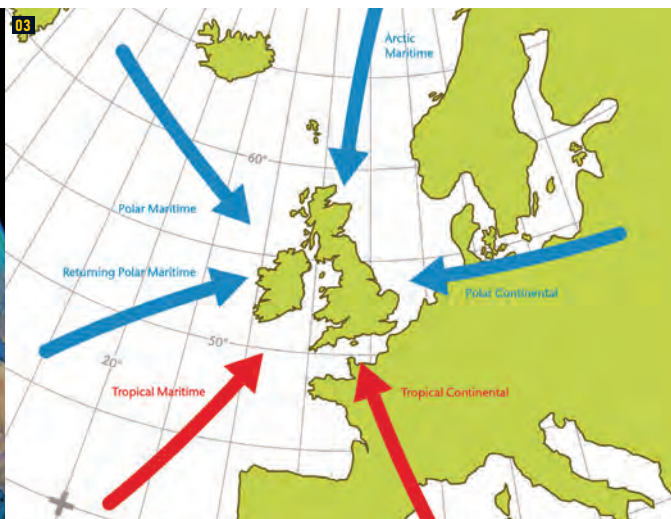
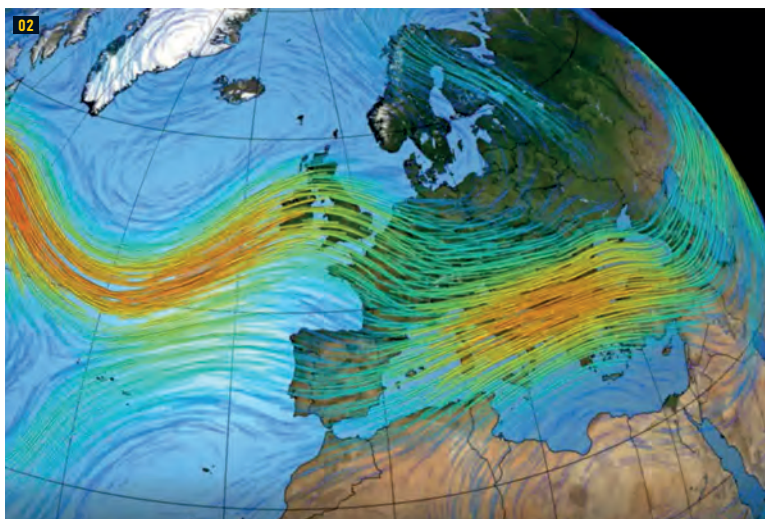
How recreationists interact with the Scottish Winter Mountains is dependent very much on the scale, topography and the effect of the weather on that landscape. The location of the British Isles as an island group in the north Atlantic surrounded by seas, means that from any direction air masses cross seas and produce precipitation in all mountain areas.

Additionally the UK's geographical position in a northern latitude of the globe locates us in a position where the fluctuation of the Jetstream has an immediate effect on the air mass type that we experience. North of the Jetstream, there is a cold air mass, and south there are warm air masses. The movement of the jet streams latitude therefore rapidly effects weather systems, which present the mountains of Scotland with very dynamic scenarios. Rapidly switching cold to warm air masses occur frequently

and sometimes occur within hourly time frames. The more northern latitude of Scotlands mountains relative to the rest if the UK therefore, tend to have the most consistent snow cover and bear the brunt of winter storms.

During the winter, the amount and distribution of the snow has a direct effect on how winter sports enthusiasts interact with the mountain landscape. Unlike the alpine regions where snow cover is a constant, this is not the case in the Winter Mountains of Scotland. One can describe this snow cover and winter conditions situation as fickle and this effects the behaviour of the winter sports enthusiast significantly. In particular, recreationists are opportunistic in terms of going into the mountains aware that good conditions and snow cover may be time limited. Additionally bad weather is fairly frequent and the

02 Jet stream track winter 2023 | 03 Airmass influences on the UK





04 On foot in bad weather and storms. | 05 On ski in the Southern Cairngorms.

acceptance of the need to carry out activities in bad weather is also common.

Snow cover in the UK mountain landscape, its distribution and type pretty much determines how people travel through the mountains. On the ground, the wind in particular, moves, sculpts and erodes the snow from windward aspects loading lee facing slopes, also, dramatically varying temperatures consolidate and remove snow rapidly. This presents varying conditions underfoot and allows travel on firm ground throughout most of the winter. For this reason, it is traditional that the most common way to travel in the Winter Mountains is on foot (around 90%), however, those accessing the mountains on ski and split boards has shown a dramatic increase in numbers in recent years. In contrast, the European Alpine regions, where deep snow cover is usual, those carrying out winters sports are often only able to travel through the mountains on ski.

The highlands of Scotland are renowned for their natural beauty and present around 26,000 km² of mountain landscape. There are many wild and remote places where solitude can be discovered and in one of the most sparsely populated areas in Europe.

The northwest highlands of Scotland is a geologically ancient landscape around 750 million years old. This ancient and beautiful Highland landscape is of course, very attractive to those who wish to engage in winter mountain sports, climbing, skiing, mountaineering, and hill walking.

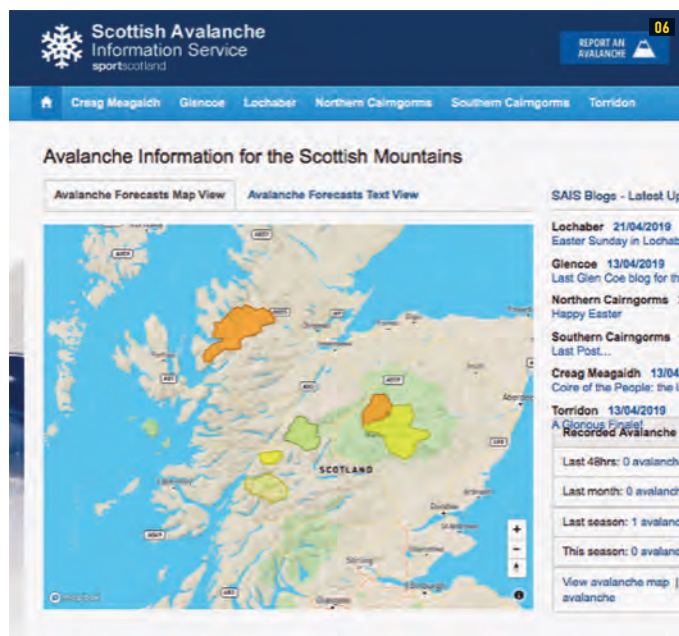
Those venturing in to the mountains have to confront various and challenging conditions that often require high levels of technical competence, navigational, ability, judgment and awareness of mountain hazards.

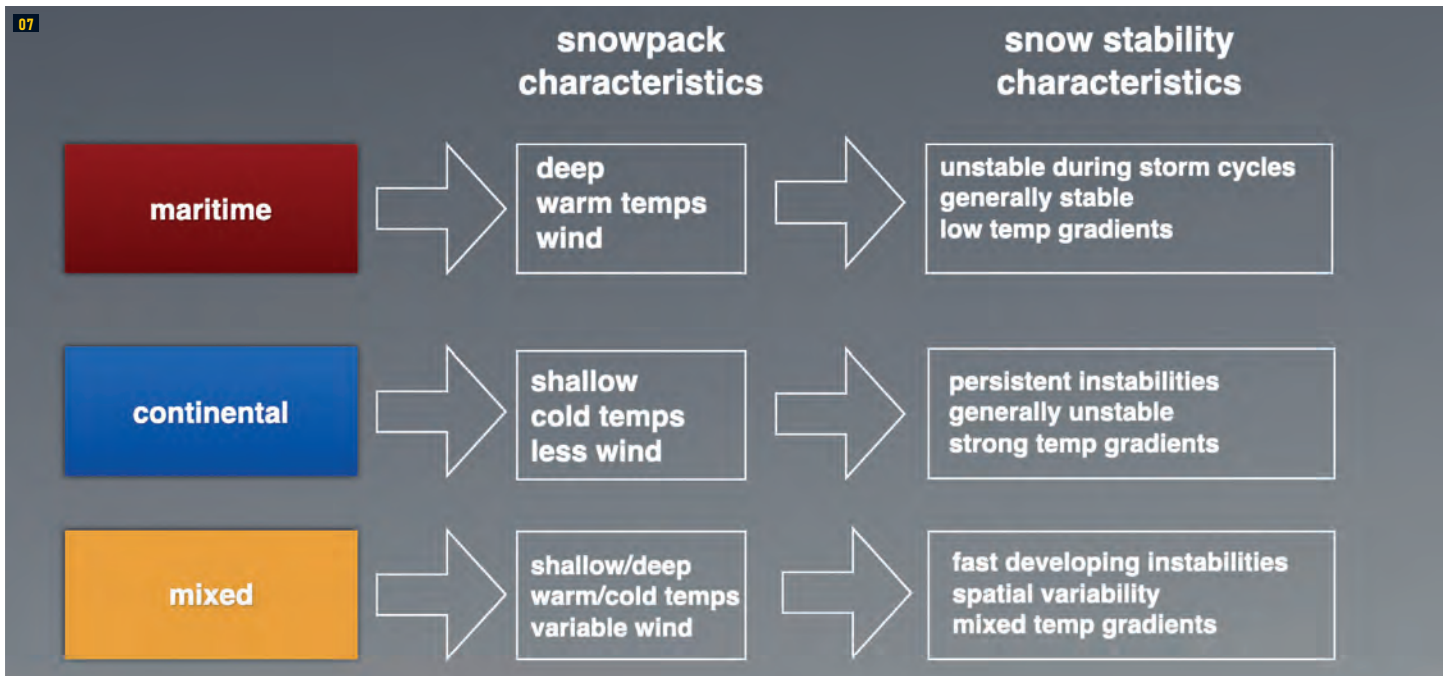
In this ever-changing and dynamic landscape avalanche hazard is a significant factor and although the mountains of Scotland are smaller in scale than those in the European Alps, avalanche danger is significant. Since 1980 there has been 77 fatalities and 240 persons injured in avalanches. Most avalanches tend to be small in scale (around size 2-3), with the victims commonly being carried from steep ground over cliffs and through rough ground, often subjected both to significant trauma and burials at depth. Often however debris and avalanche mass impact is amplified when the victim is carried into terrain traps where depth can become significant.

It is estimated from records that approximately 90% of avalanche victims are non burials and largely the result of trauma in Scotland. This, of course is a significant factor when evaluating avalanche hazard both for those going into the mountains for recreation and for avalanche forecasters presenting avalanche hazard information to the public. Any avalanche victim numbers need to be put in context of visitor numbers in the Winter Mountains. Visitor numbers are a challenge to collect but some indication may be possible when referring to the number of users of the SAIS communication products (avalanche reports/mountain info reports) over a winter season, which is between 3/4 million to 1 million users over a 5 month period.

The Scottish Avalanche Information service has

06 SAIS Operational areas |





07 Airmass types and effect on snowpack |

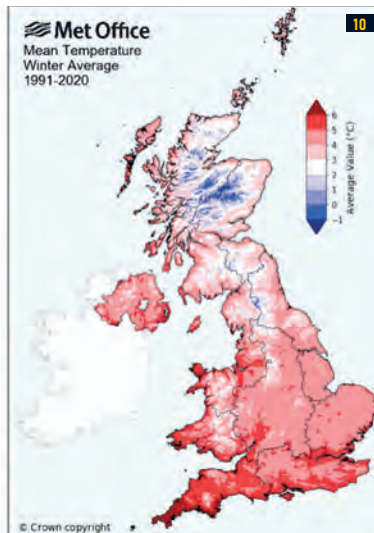
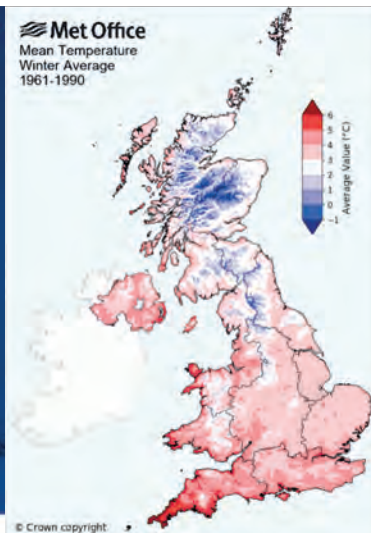
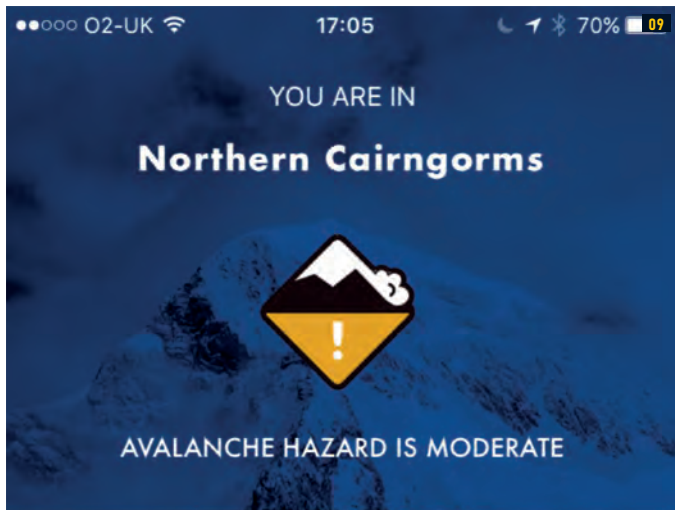
been in operation for over 30 years, providing avalanche hazard information for six of the most popular regions in the Scottish highlands.

The SAIS have a team of 24 avalanche forecasters, who carry out hazard evaluations on a daily basis, and produce avalanche forecasts based on field observations and snow pack assessments. Six regional avalanche reports are produced each day and continue throughout the winter. The product that we use has been developed to try and adequately present the avalanche hazard situations that we often encounter due to the varying climate types.

In particular, we have to consider many different avalanche hazard situations over short time frames: recognising significant spatial variability in snowpack stability largely due to strong and variable winds, rapid weak layer development often presenting more persistent problems, widespread windslab, rapid thaws and rapid onset significant cold periods. Notably during the winter of 2012/13, tragically 8 fatalities were recorded following triggered avalanches due to a persistent weak layer of facets overlain by windslab.

08 SAIS avalanche report |

Date	Type	Size	Length	Trigger	Altitude	Aspect
13/03/2020 08:30:00	-	2	100 metres	Human triggered	900 metres	East
12/03/2020 15:00:00	Slab	2	200 metres	Unknown	1000 metres	North East
12/03/2020 15:00:00	Slab	2	300 metres	Unknown	800 metres	South East



10 Met Office UK mean temperature winter average 1961-2020 |

A recent report from the Met Office shows that January and February mean temperatures on Caingorm summit, the highest peak in the northern Caingorm mountains at 1244m for the 30-year period 1991 to 2021 are approximately 2° warmer than the previous 30 years (1961 to 1990).

The impact of climate change and rising temperatures will become more and more significant. A rising snow-line, rapidly changing extremes of temperature and intense precipitation events will have significant implication for mountain goers. A heightened awareness will be necessary, in particular an alertness to a new dynamic of rapidly changing events and the necessity to be flexible with the decision making process and the willingness to alter plans and objectives accordingly.

Avalanche forecasters and avalanche Services will require a more dynamic approach in terms of communicating information to the public and increasing an awareness that things will now be different! Cues that we commonly used to trigger the hazard evaluation process will now not be present at lower elevations and an awareness that instabilities will be present at higher elevations will need to be communicated. Familiar patterns that we could trust in the past: e.g. stable weather and benign and generally stable snowpack conditions at certain times of year will no longer be there in the future!

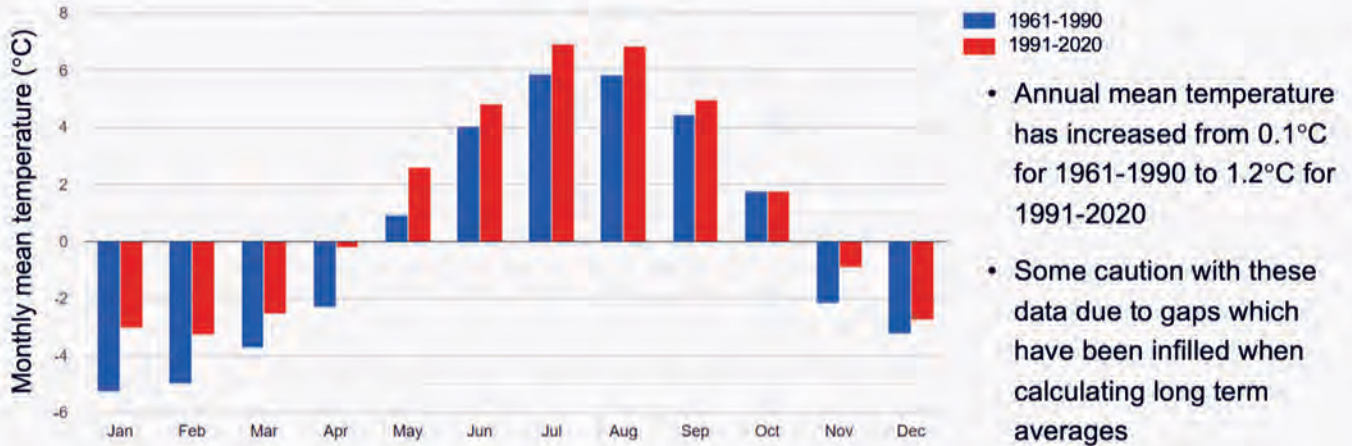
Anecdotally, I suspect the variable and dynamic conditions that we have been witnessing in the Scottish winters are now becoming more common in the Alps. Notably ski tours and descents that were done in benign conditions on generally stable snowpacks traditionally in the springtime, when warm conditions prevailed, may not be the case in the future!

Over the years, those going into the mountains have become accustomed to the challenging conditions that a Scottish winter presents and generally exhibit good decision making processes when dealing with a variable snowpack. As an avalanche service we have additionally reinforced the importance of flexible decision making and introduced an app called “Be Avalanche Aware” which, as well as presenting the daily SAIS avalanche report, provides the user with a hazard evaluation process and tool. It generally follows the system that many will be familiar with but it does highlight the significance of pre planning and then flexible decision making on the hill.

Although, managing hazard in Scotland has always been a challenge, we are now faced with a changing climate and the additional challenges that this presents. Evidence now clearly shows that the temperatures in the mountains are warming.

09 “Be Avalanche Aware” process. BAA app 1. |

Cairngorm Summit monthly mean temperature



11 Met office monthly mean temps over 60 yrs. Cairngorm summit |

We are now witnessing greater spatial variability of avalanche problems, persistent weak layers, windslab and high temperatures.

Mark Diggins
Head of the Scottish Avalanche Information Service (SAIS), Member of the EAWS Technical Advisory Board (TAB)

With the occurrence and greater frequency of these conditions at unusual times during a winter, it may be that with this change to variable and dynamic winters, we will all be faced with having to be much more opportunistic when engaging with the Winter Mountains in order to fully enjoy all winter sports and activities.

12 Avalanche forecaster NW Highlands, Liathach |



Mit dir in **den Bergen.**

**BERG
FÜHRER
STEIER
MARK**



Berge mit **Sicherheit erleben.**



The screenshot displays the WAC.3 cockpit interface. At the top, there is a search bar labeled 'Notizen suchen' and the 'Wyszen avalanche control' logo. The user profile 'Sophia Demmel' is visible in the top left. The interface is divided into several sections:

- Left Sidebar:** A navigation menu with icons for 'Cockpit', 'Lagebeurteilung', 'Sprengmasten', 'Detektionssysteme', 'Sprengstoff', 'Pistenkontrolle', 'Helisprengen', 'Rapporte', 'Probleme', 'Dokumente', and 'Impressum'.
- Top Left Panel:** 'LIA: Breitzug 2275 m' with data: 0.43 m HS Fläche, -0.03 m HN24 Fläche, 0.06 m HN24 Mulde.
- Top Middle Panel:** 'GINAs' with data: 6 Lawinen 24h, 86 alle 24h, 29,361 alle.
- Top Right Panel:** 'SLF Gefahrenkarte' showing a map of Switzerland with hazard zones.
- Middle Left Panel:** 'Versachfeld Weisfluhjoch 2536 m' with data: 20 cm HN24, 161 cm HS, 0 °C TL. Below it is a snow depth profile graph.
- Middle Right Panel:** 'Neuschnee 1 Tag' showing a map of snow accumulation.
- Bottom Left Panel:** 'Frauentobel 2330 m' with data: 33 km/h Spitzen, 17 km/h Mittel, 286 ° Richtung. Below it is a wind speed and direction map.
- Bottom Middle Panel:** 'Bretz Zug' showing a map of the Breitz Zug area.
- Right Panel:** 'Notizen / Journal' containing several entries:
 - 'Spontane Lawine GINA 1, 2 und 4 (12:47) (1 Kachel) Lawinenabgang 12:47 bei GINA 1, 2 und GINA 4, Auslauflänge ca. bis auf 1550 m. Es handelt sich initial um Punktarisse auf Höhe (ca. 2200 m) der Sprengmasten.' Includes three small images.
 - 'Zusatzinfo Breitzug 25.12.2019' with a timestamp of 25.12.2019 08:20. Text: 'Guten Morgen, LIA am Breitzug zum Zeitpunkt 25.12.2019 08:20: Neuschneesumme 24 Stunden sind ca. HN24+25cm und 3 Tage sind HN72+40 cm. Eher gleichmäßig im Anbruchgebiet verteilt (gleichmäßige rote Farbe in der Karte). GINA hat bisher keine grösseren Bewegungen registriert.'
 - 'Test Inbetriebnahme cockpit'.

01 WAC.3®-Cockpit mit Informationskacheln in der Mitte und Notizfeldern im rechten Teil. |

04 WAC.3® – Die Lawinen-Risikomanagement Software

Autor Paul Dobsberger



Paul Dobsberger

Einleitung

Wyszen Avalanche Control ist ein Schweizer Familienunternehmen in der dritten Generation aus dem Berner Oberland, welches Spreng- und Detektionssysteme sowie Softwarelösungen im Bereich des operativen Lawinen-Risikomanagements entwickelt und herstellt.

Die Geschichte der Firma Wyszen startete im Jahr 1926, als der knapp 20-jährige Jakob Wyszen begann, selbständig eine Sägerei zu betreiben. Es war sein Pioniergeist, der ihn dazu bewegte, die Art und Weise, wie Holzstämmen aus dem Wald gebracht wurden, nämlich halsbrecherisch mit viel Schaden am Rohstoff und Waldboden, zu revolutionieren.

Auch beim Thema „Lawinensicherung“ ist Wyszen ein Pionier. Bereits 1974 plante und errichtete die Firma eine der ersten Sprengseilbahnen zur vorbeugenden Lawinenauslösung am Weissfluhjoch in Davos. Im Jahr 2000 wurde mit der Markteinführung des Wyszen-Lawinen-Sprengmasten und der Gründung der Wyszen Avalanche Control (WAC) durch den Großenkel des Gründers Sam Wyszen ein weiterer Meilenstein in der Firmengeschichte ge-

setzt. In Zusammenarbeit mit Hansueli Gubler entwickelte Sam in den nächsten Jahren den Sprengmasten stetig weiter, die beiden machten ihn damit zum operationell zuverlässigsten und wirkungsvollsten System am Markt. In nur 5 Jahren wurde das Unternehmen zum Marktführer in der Schweiz, Österreich und Norwegen und spezialisiert sich seitdem fortlaufend im Bereich des operationellen Lawinen-Risikomanagements, wobei die kontrollierte Lawinenauslösung und Lawinendetektion in den ersten 15 Jahren klar im Fokus standen. In der vergangenen Wintersaison 2022/23 sicherten mehr als 800 Sprengmasten und 100 Detektionssysteme von WAC-Skigebieten, wichtige Straßen- und Bahnverbindungen sowie Minen rund um den Globus.

Nach etwas mehr als einem Jahrzehnt am Markt zeigte sich die Notwendigkeit einer neuen Bedienungsplattform, da die ursprüngliche Steuerung des Sprengmasten sowie die Datenübertragung via Funk nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik entsprachen. Auch diese Neuerung wurde, wie die gesamte Hardware der Sprenganlagen, komplett „inhouse“ entwickelt und die neue Softwareumge-

bung im Firmensitz in Reichenbach im Kandertal konzipiert und programmiert. 2015 wurde die neue Bedienungsoberfläche WAC.3® eingeführt und setzte abermals den Standard für die nächste Generation von automatischen Sprenganlagen. In den folgenden Jahren wurde auch der Großteil der Bestandsanlagen auf die neue Steuerung und Datenübertragung via GPRS umgerüstet. Ausgehend von der neuen Bedienungsoberfläche der Sprengmasten und Detektionssysteme entstand in den letzten Jahren eine der umfangreichsten und innovativsten Softwarelösungen im Bereich des operativen Lawinen-Risikomanagements. In der aktuellen Version bietet WAC.3® neben einer benutzerfreundlichen und intuitiven Bedienungsoberfläche für die Hardwareprodukte von WAC auch umfangreiche Erweiterungsmodule, welche speziell auf die Anforderungen und Arbeitsweisen von Lawinenkommissionen und Sicherheitsbeauftragten in Skigebieten und für Verkehrsinfrastrukturen angepasst wurden.

Als ursprüngliches Maschinenbauunternehmen hat sich Wyssen in den letzten Jahren mit WAC.3® nun auch zu einem der größten Player im Bereich von speziellen Softwareanwendungen für operatives Lawinen-Risikomanagement entwickelt.

WAC.3®-Cockpit

Um die neue Bedienungsoberfläche der Sprengmasten möglichst nach den Anforderungen und Wünschen unserer Kunden zu entwickeln, haben wir im Prozess der Konzipierung und Weiterentwicklung von WAC.3® sehr eng mit einigen unserer Kunden in der Schweiz und Österreich zusammengearbeitet. In diesem Prozess haben wir neben der Optimierung in Bezug auf die Bedienung unserer Anlagen auch sehr genau analysiert, welche Aufgaben Lawinenkommissionen und Sicherheitsbeauftragte im Bereich des operationellen Lawinen-Risikomanagements haben und wie die aktuelle Arbeitsweise in den Teams ist. Hierbei war es erstaunlich, wie viel Zeit und Ressourcen unsere Kunden mit dem Zusammensuchen von Daten für ihre Lagebeurteilung und dem Dokumentieren dieser Tätigkeit sowie den daraus abgeleiteten Entscheidungen aufbringen mussten. Als Reaktion auf diesen Umstand wurde schon während der Neukonzipierung der Bedienungsoberfläche das erste Zusatzmodul „Cockpit“ skizziert und alsbald mit der Umsetzung dieser Informations- und Kommunikationsplattform begonnen.

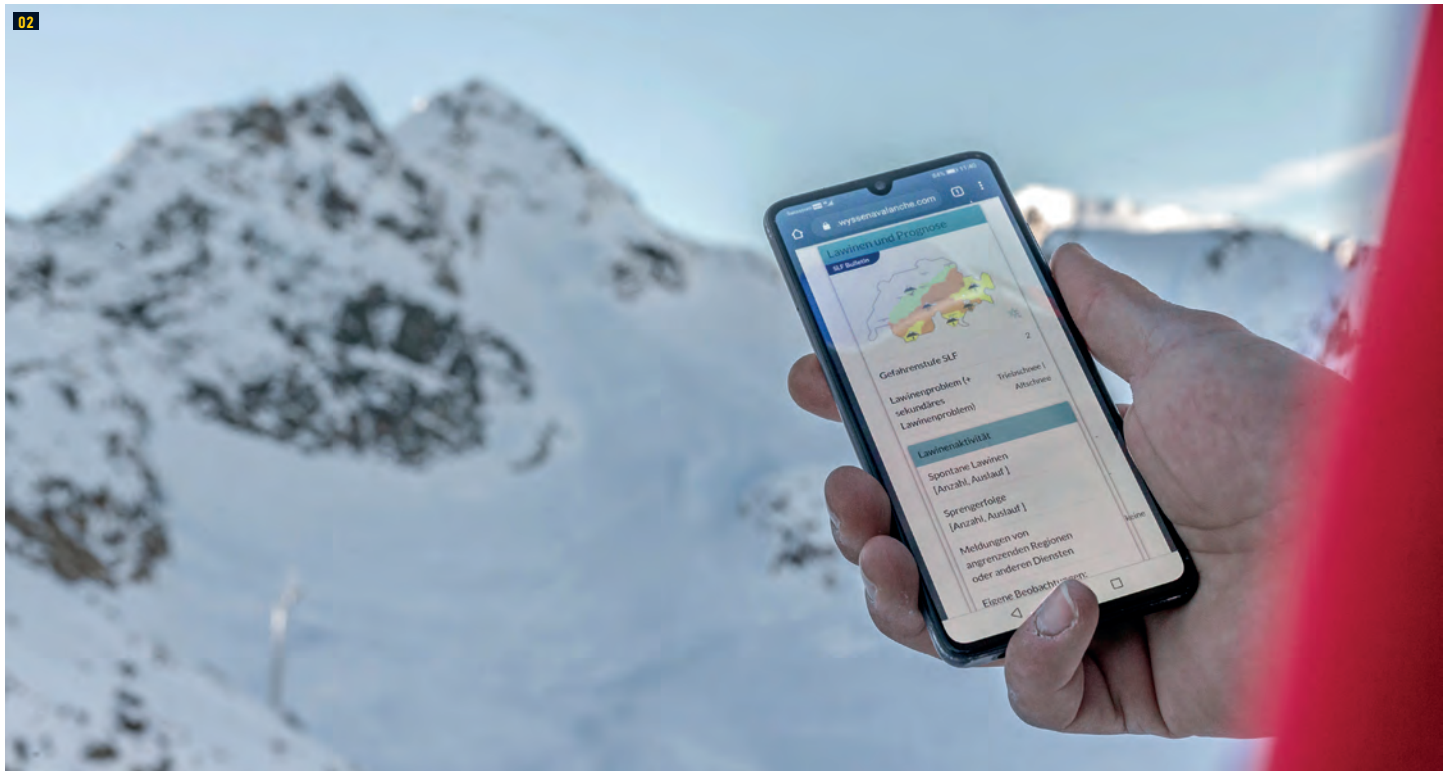
Vorrangiges Ziel des WAC.3®-Cockpits war, die Informationsbeschaffung und vollständige Dokumentation des Lagebeurteilungsprozesses und der

Maßnahmenumsetzung auf einige wenige Klicks zu reduzieren. Damit sollte unseren Kunden mehr Zeit für die eigentliche Arbeit bleiben, dem sorgfältigen Analysieren der Daten, Treffen von Entscheidungen und der Umsetzung von Maßnahmen.

Früh in diesem Prozess zeigte sich das große Potential einer solchen Zusammenschau in Bezug auf die Vereinfachung der Arbeit im Lawinen-Risikomanagement und somit wurde „Cockpit“ als neue Landingpage von WAC.3® konzipiert. „Cockpit“ ermöglicht den Mitarbeitern von Lawinenkommissionen und Sicherheitsteams, ihre individuelle Daten- und Informationsübersicht zusammenzustellen. Im „Cockpit“ wird hierfür mit Kacheln gearbeitet, welche in verschiedenen Größen und mit verschiedenen Inhalten individuell für jeden Kunden zusammengestellt werden (siehe mittlerer Teil in Abbildung 1). Das Spektrum von darstellbaren Inhalten reicht von Statusdaten der Spreng- und Detektionsanlagen über interne und externe Wetterstationsdaten und Webcam-Bilder bis zu Wetter- und Lawinenberichten aus dem Netz. Der Zustand des Cockpits (Informationen/Daten in den Kacheln) wird zum einen periodisch und zum anderen bei jedem Erstellen einer Notiz abgespeichert. Somit kann der Informationsstand zu bestimmten Zeitpunkten bzw. zum Zeitpunkt eines Notizeintrags wieder hergestellt werden, wodurch eine lückenlose Dokumentation des Entscheidungsprozesses gewährleistet ist.

Über das Notizfeld können Informationen wie zum Beispiel das Wettergeschehen oder Lawinenergebnisse dokumentiert und kommuniziert werden, wobei die Notizen mit definierten Schlagwörtern (z.B. Wetterbeobachtung, Lawine oder Piste 19) oder Labels (z.B. Lawinenzyklus #1) versehen werden, um sie zu einem späteren Zeitpunkt über die Suchfunktion leichter filtern zu können. Auch die Eingabe von Sprengergebnissen ist über das Notizfeld möglich. Man kann auch beim Erstellen eines neuen Notizeintrags eine oder mehrere Kacheln hervorheben und somit den Leser auf ausgewählte Cockpit-Kacheln und deren Informationen hinweisen.

Alle geographisch verortbaren Daten und Informationen können auch in einer eigenen Kartenansicht erfasst und angezeigt werden, wodurch man sich auch in größeren Regionen sehr leicht einen Überblick über die aktuelle Wetter- und Lawinensituation verschaffen kann. Die im Cockpit erfassten Daten können auch mittels zusätzlicher Softwareprodukte weiterverarbeitet werden – so kann man zum Beispiel die Schneedecke und deren Entwicklung über die nächsten Tage mit dem Programm „Snowpack“ simulieren oder sich über einen „NxD“ Algo-



02 Smarte Risikobeurteilung im Gelände mittels WAC.3®-RiskEval. |

rithmus die ähnlichsten Tage der Vergangenheit und die damalige Lawinensituation ausgeben lassen. User können sich auch individuelle Alarmierungsfunktionen einrichten und sich zum Beispiel via Mail oder SMS informieren lassen, wenn eine Anlage keine Daten mehr liefert oder ein Schwellwert für die 24h-Neuschneehöhe an einer Wetterstation überschritten wird.

WAC.3®-RiskEval

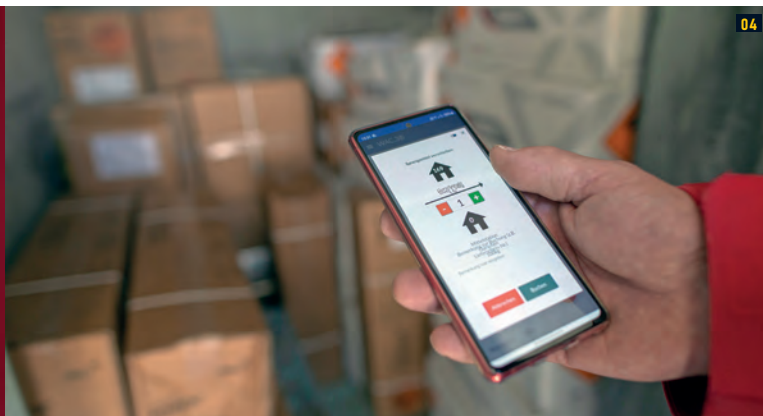
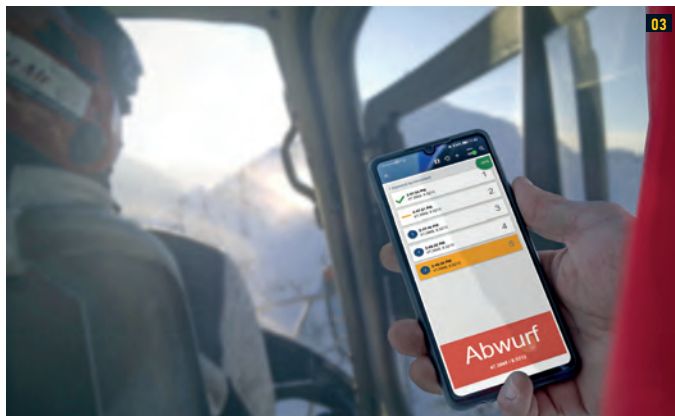
Da einige unserer Kunden aufgrund der Größe des Beurteilungsgebiets oder der Komplexität der Aufgabenstellung bereits mit einem standardisierten Beurteilungsschema arbeiteten, welches sich nicht oder nur bedingt mittels Notizeingaben im Cockpit abbilden ließ, kristallisierte sich bald die Notwendigkeit für ein weiteres WAC.3®-Modul heraus. Mit RiskEval wurde ein benutzerfreundliches und geräteunabhängiges Tool für eine prozessgeführte Risikobeurteilung in Bezug auf die aktuelle Lawinensituation in einem definierten Beurteilungsgebiet sowie eine darauf aufbauende Maßnahmenplanung realisiert (Abbildung 2). Voraussetzung für das Aufsetzen von RiskEval ist ein aktuelles und fundiertes Sicherheitskonzept, welches vom Kunden zumeist in Zusammenarbeit mit einem Ingenieurbüro erarbeitet wird.

Das Modul RiskEval unterstützt hierbei den Entscheidungsprozess der Lawinenkommission und der Sicherungsbeauftragten, wobei zumeist schon der Digitalisierungsprozess von bestehenden Arbeitsabläufen und Verfahren selbst dazu beiträgt,

die Abläufe und Aufgabenverteilungen zu überdenken und zu verbessern. Standardisierte Terminologie und Arbeitsabläufe erhöhen die Transparenz innerhalb des Teams, ermöglichen einen effizienteren Wissenstransfer und optimieren die Kommunikation zwischen den beteiligten Stakeholdern. Zudem führt die Automatisierung digitaler Arbeitsabläufe zumeist auch zu einer deutlichen Zeitersparnis – z.B. bei der internen und externen Kommunikation von Entscheidungen, welche im RiskEval mittels eines Klicks an vordefinierte Verteiler mit unterschiedlichen Informationsgraden möglich ist. Durch die Kopplung des digitalen Sicherheitskonzepts an Cockpit-Kacheln können auch Inhalte wie Lawinengefahrenkarten oder Messwerte von Wetterstationen direkt in das Beurteilungsschema geladen werden. Neben der Zeitersparnis und der Verfügbarkeit auf allen internetfähigen Geräten ist auch die automatische Dokumentation der getätigten Beurteilungen sowie der zugehörigen Informationsweitergabe ein großer Vorteil des digitalen Sicherheitskonzepts RiskEval.

WAC.3®-HeliTrack

Da sowohl im Alpenraum als auch in Nordamerika das Lawinensprengen aus dem Helikopter immer noch eine weit verbreitete Methode zur kontrollierten Auslösung von Lawinen ist, wurde mit einem weiteren WAC.3®-Modul auch diese Tätigkeit digitalisiert. „HeliTrack“ dokumentiert die Lawinensprengungen vom Helikopter aus, wobei Ort, Zeit und Erfolg von Hubschraubersprengungen einfach



03 Mobile Dokumentation von Lawinensprengungen aus dem Helikopter mittels WAC.3®-HeliTrack. | 04 : Sprengmittelbuchführung am Smartphone mittels WAC.3®-ExploDoc. |

und mobil erfasst werden können (Abbildung 3). Der Einweiser betätigt hierbei einfach bei jedem Abwurf einer Sprengladung die Abwurftaste auf seinem Smartphone und HeliTrack dokumentiert die genaue GPS-Position sowie den Zeitpunkt des Abwurfs. Nach dem Abbrennen der Zündschnur kann zu den einzelnen Abwürfen noch mittels Wischfunktion der Status der Detonation („erfolgreich“ oder „Blindgänger“) zugewiesen werden. Durch die genaue Verortung jeder Sprengladung können Blindgänger auch bei umfangreichen und zeitkritischen Sprengaktionen nach Beendigung der Sprengarbeiten leicht lokalisiert und geborgen werden.

Im Nachhinein können die Datensätze im Cockpit noch bearbeitet werden und Zusatzinformationen wie zum Beispiel die Ladungsgröße oder die Lawinenart und -größe ergänzt werden. Sollte der Kunde fix definierte Sprengpunkte im Cockpit hinterlegt haben, werden die Abwürfe beim Import dem jeweils nächstgelegenen Sprengpunkt zugewiesen.

WAC.3®-ExploDoc

Das Modul „ExploDoc“ dient der genauen Sprengmittelbuchführung und ermöglicht eine einfache und mobile Buchung von Lagerein- und -ausgängen. Hierfür werden die Lager- und Produktinformationen des Kunden im ExploDoc hinterlegt. Die einzelnen Buchungen können dann zum Beispiel mittels Smartphone direkt vor Ort getätigt werden (Abbildung 4). Bei Bedarf kann ein Journal mit allen Buchungen inkl. Angabe zum Zeitpunkt und der Person, welche die Buchung durchgeführt hat, ausgegeben werden. Sollte der Kunde Lawinensprengungen mittels Sprengmasten durchgeführt oder mittels HeliTrack dokumentiert haben, so erscheinen beim nächsten Öffnen von ExploDoc diese als Buchungsvorschläge, wodurch die Arbeit der Sicherungsbediensteten einmal mehr erleichtert wird bzw. Zeit eingespart werden kann.

Zusammenfassung und Ausblick

Die vor gut einem Jahrzehnt getroffene Entscheidung, dass Wyssen als ursprüngliches Maschinenbauunternehmen auch die Software für seine Anlagen zur kontrollierten Lawinenauslösung und Lawinendetektion selbst entwickelt, hat sich als richtig und weiterer wichtiger Meilenstein in der Firmengeschichte herausgestellt. Die Entscheidung, aufbauend auf die Bedienungsoberfläche WAC.3® maßgeschneiderte Anwendungen für die tägliche Arbeit von Lawinenkommissionen und Sicherheitsbeauftragten zu entwickeln, trug einmal mehr zur Festigung des Status als Innovationsführer bei. Zudem ermöglichen diese Inhouse-Entwicklungen, auf geänderte Rahmenbedingungen schnellstmöglich zu reagieren, stetige Weiterentwicklungen in höchster Qualität und Funktionalität für unsere Kunden zu realisieren sowie ein schnelles Troubleshooting rund um die Uhr für die bestehenden Produkte zu gewährleisten.

weitere Autoren:

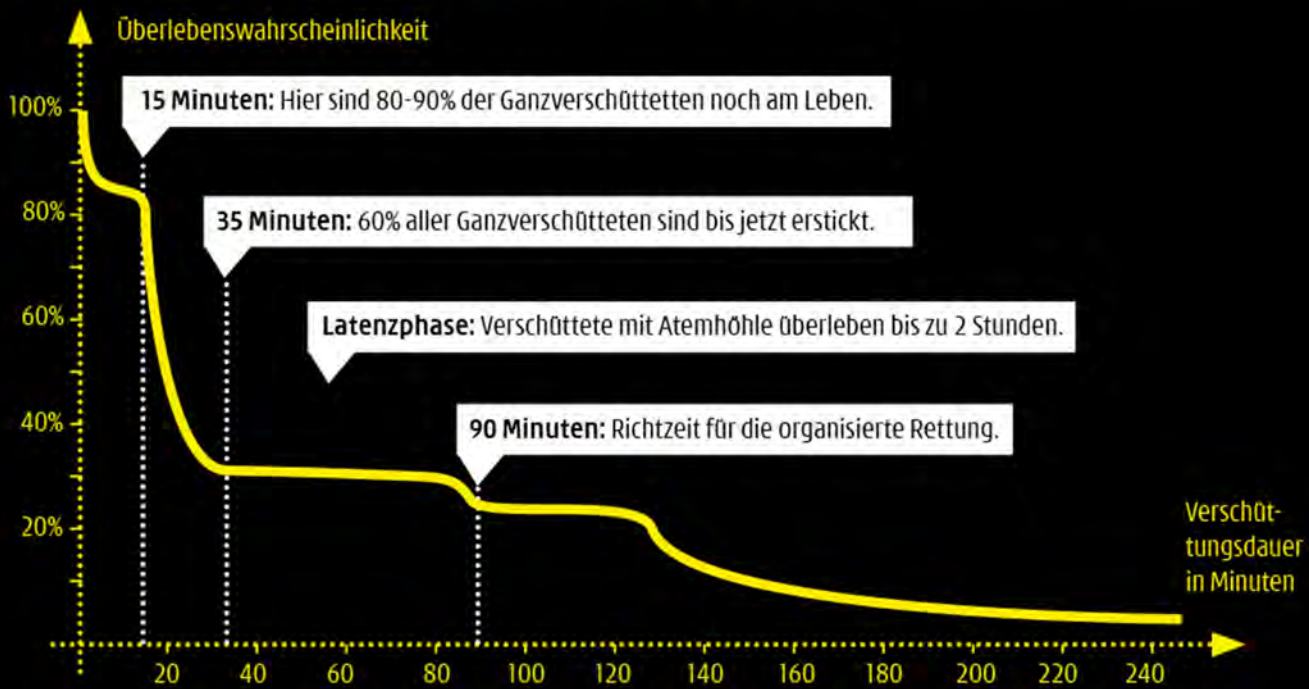
Benjamin Meier¹, Lukas Zaugg¹, Walter Steinkogler¹ und Sophia Demmel¹

¹ Wyssen Avalanche Control

Paul Dobesberg

Studium der Meteorologie und Geophysik in Innsbruck, Forschung am Institut für Naturgefahren (BFW) und alpS in Innsbruck in den Themenbereichen Risikomanagement und Schnee- und Lawinenkunde, seit 2016 ist er Geschäftsführer der österreichischen Niederlassung von Wyssen Avalanche Control, Vorstand der Österreichischen Gesellschaft für Schnee und Lawinen (ÖGSL) und Obmann der Lawinenkommission Tulfes

Die **ersten 15** Minuten entscheiden!



01 Überlebenskurve bei Ganzkörpererschüttung nach Brugger |

05 Notfall Lawine - Kameradenrettung, technisch als auch medizinisch betrachtet

Autoren | Martin Edlinger, Alexander Kainersdorfer



Martin Edlinger



Alexander Kainersdorfer

Einleitung

Ein Lawinenunfall ist ein absolut lebensbedrohliches Ereignis. Ganzverschüttete Personen haben nur in den ersten 15 Minuten eine sehr gute Überlebenschance, die bei etwa 90% liegt¹. Diese sinkt mit fortlaufender Dauer der Verschüttung rapide ab. Die Rettung von verschütteten Personen ist demnach ein Wettlauf mit der Zeit!

Im aktuellen 10-Jahresmittel² verunfallten 151 Personen in Österreich bei Skitouren und Varianten durch eine Lawine. Durchschnittlich sterben 16 Personen bei einem Lawinenunfall pro Jahr in Österreich. Somit stirbt rund jede 9. Person, die durch eine Lawine verunfallt!

Die häufigste Todesursache in einer Lawine ist mit Abstand das Erstickt. Deutlich weniger Menschen versterben an tödlichen Verletzungen verursacht durch den Lawinenabgang. Dies ist auch der Grund warum verschüttete Personen schnellstmöglich, idealerweise innerhalb von 15 Minuten, aus den Schneemassen befreit werden müssen – nur weni-

ge Minuten entscheiden über Leben oder Tod.

Eine organisierte und professionelle Rettung hat trotz bester technischer Unterstützung nur selten die Chance, dieses kurze Zeitfenster zu erreichen.

Darum wird der Kameradenrettung – der Rettung durch Personen vor Ort – ein dermaßen hoher Stellenwert eingeräumt, dessen sich jeder, der im ungesicherten Skiraum unterwegs ist, bewusst sein muss.

Organisation und Notfall-Ablaufschema

Glücklicherweise ist man kaum oder sehr selten mit Lawinenunfällen konfrontiert. Aber genau dieser glückliche Zustand kann auch zum Nachteil werden, da dadurch die nötige Erfahrung fehlt. Für derartige Notfallsituationen ist es äußerst hilfreich ein standardisiertes Ablaufschema einzutrainieren bzw. abarbeiten zu können. Nur so hat man im Notfall die Chance richtige Rettungsmaßnahmen zu setzen und somit eine Verschüttetensuche zeitlich effizient durchzuführen.

¹Überlebenskurve bei Ganzkörpererschüttung nach Brugger
²10-Jahresmittel, Datensatz 2023, Kuratorium für alpine Sicherheit

Ruhe bewahren klingt sehr nach einer „Floskel“, ist jedoch einer der wichtigsten Punkte um nicht in einer Chaosphase zu landen, die ein koordiniertes Handeln nicht mehr zulässt.

Der erste Schritt sollte immer der Eigensicherheit gewidmet sein: Sind Nachlawinen möglich? Gibt es für mich als Retter z.B. Absturzgefahr? etc.

Hat man den Lawinenabgang mitverfolgt ist es sehr hilfreich, sich den Erfassungs- und Verschwindenpunkt der von der Lawine erfassten Personen zu merken, um den primären Suchbereich einschränken zu können, um letztlich Zeit einzusparen.

Die Anzahl der Retter ist natürlich genauso entscheidend wie das Wissen darüber, wie viele Personen von der Lawine erfasst worden sind.

Stehen mehrere Personen für eine Rettung zur Verfügung sollte einer, in der Regel der Erfahrenste, das Kommando übernehmen und klare Aufgaben verteilen: Wer sucht? Wer schaufelt? etc. Ansonsten läuft man in einer Gruppe Gefahr ins Chaos abzugleiten.

Der Notruf

Prinzipiell steht der Notruf, und wir sprechen vom Alpinnotruf – 140 oder vom Euronotruf 112 – im Notfall-Ablaufschema ganz am Anfang. Doch der richtige Zeitpunkt um diesen abzusetzen ist gerade beim Lawinenunfall sehr situationsabhängig, da die oberste Prämisse lautet: Eine verschüttete Person muss so rasch wie möglich, idealerweise innerhalb der ersten 15 Minuten, ausgegraben werden. Und dabei zählt jede Minute! Dabei ist abzuwägen ob man als Retter vor Ort schneller verschüttete Personen bergen kann als das Eintreffen der Bergrettung zu

erwarten ist – was durch Anflug und Anmarsch meist der Fall ist – oder ob eine rasche, professionelle Rettung sinnvoller bzw. möglich ist.

Wann soll sofort mit der Kameradenrettung begonnen werden?

- Sobald die Möglichkeit besteht verschüttete Personen innerhalb von 15 Minuten aus den Schneemassen zu befreien.
- Wenn kein Handyempfang vorhanden ist.
- Wenn das Eintreffen der Bergrettung nicht rasch zu erwarten ist (schlechtes Wetter, kein Flugwetter).

Wann sollte der Notruf vor der Kameradenrettung abgesetzt werden?

- Wenn genügend Retter vor Ort sind, sollte eine Person parallel zur Kameradenrettung den Notruf absetzen.
- Wenn professionelle Rettung sehr rasch zu erwarten ist, beispielsweise in Pistennähe. Wenn die handelnden Personen sehr unerfahren sind und den Umgang der Notfallausrüstung nicht beherrschen.
- Wenn das Lawinenausmaß sehr groß ist und eine Bergung unter 35 Minuten nicht realistisch ist.
- Wenn bekannt ist, dass die Verschütteten kein LVS-Gerät tragen.

Erste Hilfe und Versorgung von Lawinenopfern

Woran stirbt man in der Lawine? Von den tödlich verunfallten Lawinenopfern versterben 70% am Ersticken, 20% an tödlichen Verletzungen, Trau-

02 Die Absetzung des Notrufs ist situationsabhängig. |

Organisation und Notfall-Ablaufschema

Als Wintersportler ist man glücklicherweise kaum oder sehr selten mit Lawinenunfällen konfrontiert. Dadurch fehlt vielen von uns auch die Erfahrung mit diesen Notfällen. Um die für eine Kameradenrettung nötigen koordinierten Handlungen setzen zu können, ist es daher äußerst hilfreich, ein einfaches Ablaufschema einzutrainieren bzw. abarbeiten zu können.

0 Minuten

15 Minuten



ma verursacht durch den Lawinenabgang, und ca. 10% am so genannten Triple H Syndrom (Hypothermie, Hypoxie, Hyperkapnie) – eine Kombination aus Unterkühlung, Sauerstoffmangel und CO₂ Überschuss.

Schon während dem Ausgraben, auch wenn der Verschüttete noch nicht ganz freigelegt wurde, sollte mit den lebensrettenden Sofortmaßnahmen begonnen werden.

Der Kopf ist das primäre Ziel

Den Kopf der Verschütteten von Schnee zu befreien hat bei der Rettung oberste Priorität. Im Training sind wir aber fast immer mit einem Rucksack und nicht mit einer Reanimationspuppe als „Opfer“ konfrontiert, weshalb wir uns schwertun, dieses Szenario richtig zu trainieren.

Im Ernstfall ist es relativ unwahrscheinlich, dass wir sofort auf den Kopf stoßen. Sind wir – entlang der Sonde grabend – bei einem Körperteil angelangt, müssen wir schnell, aber behutsamer weiterschaulen, bis wir beim Kopf ankommen. Am Körperteil ziehen, um so den Verunfallten aus dem Schnee zu bergen, funktioniert leider nur beim Rucksack oder der Puppe, aber nicht in der Realität. Haben wir Glück, liegt der Körper mit dem Gesicht nach oben und wir können die letzten Schneeresste vor dem Gesicht vorsichtig mit den Händen entfernen. Jetzt müssen wir den Notfall-Algorithmus nach dem ABCDE-Schema abrufen und anwenden.

Bewusstsein checken

Man beginnt mit ansprechen, leicht zwicken oder schütteln – vergewissern, ob der Verschüttete bei Bewusstsein ist. Wenn das der Fall ist, soll man die Person vom Kopf beginnend abtasten (Bodycheck) um zu erkennen, ob weitere Verletzungen zu versorgen sind. Sehr wichtig ist es, die Person vor weiterem Auskühlen zu schützen. Dazu eignet sich die Isolation mit Biwaksack, Alurettungsdecke, Bekleidung und/oder Wärmebeutel. Die Lagerung sollte an einem windgeschützten Bereich erfolgen (z.B. die beim Ausgraben entstandene Schneehöhle als Windschutz verwenden).

▶ Bewusstsein vorhanden

Ist die Person ansprechbar und reagiert sie auf Weckreize wie zwicken etc. ist sie bei Bewusstsein. Damit sind die Punkte

A wie Airway (Atemwege),

B wie Breathing (Atmung) und

C wie Circulation (Kreislauf) bereits automatisch abgehandelt.

Wir graben den Verunfallten weiter aus und checken anschließend

D wie Disability (Neurologischer Status).

Dabei wird abgeklärt, ob Verletzungen, z. B. an der Wirbelsäule oder am Kopf vorhanden sind:

Können Zehen und Finger bewegt werden?

Ist Empfindlichkeit in Armen und Beinen vorhanden?

Funktionieren die Pupillen?

Mögliche Anzeichen für Probleme können Kribbeln oder Bewegungsstörungen in Armen und/oder Beinen sein, Erbrechen, Übelkeit und Schwindel. Ist dies der Fall müssen wir besonderes Augenmerk auf einen vorsichtigen Umgang mit dem Patienten und auf eine schonende Lagerung legen. Zum Abschluss kontrollieren wir noch

E wie Exposure,

ob noch weitere Verletzungen sichtbar sind und versorgen diese im Fall.

Ist der Check abgeschlossen, setzen wir alles daran, dass die Person bis zum Eintreffen der organisierten Rettung nicht weiter auskühlt. Dafür verwenden wir die Alurettungsdecke, die wir – möglichst zentral und körpernah unter der Bekleidung – über Kopf, Rücken und Bauch wickeln. Anschließend stülpen wir den Biwaksack so über die Person, dass sie – möglichst im Lee – vor Wind und Nässe geschützt ist und setzen bzw. legen sie schonend auf eine isolierende Unterlage, wie z. B. den Rucksack. Selbstverständlich kümmern wir uns dabei solange um die Person, bis die Rettungskräfte eintreffen.

▶ Kein Bewusstsein

Reagiert der Verschüttete auf keine der gesetzten Reize, muss eine Atemkontrolle durchgeführt werden.

▶ Atmung vorhanden – stabile Seitenlage

Ist kein Bewusstsein, aber normale Atmung vorhanden, drehen wir Oberkörper und Kopf zur Seite und Überstrecken dabei den Kopf. Wichtig: die Person muss unbedingt vor weiterer Auskühlung geschützt werden! Dies gelingt mittels Alurettungsdecke, Biwaksack, Kopfbedeckung, Jacken und Rucksäcken als Unterlage.

Ist die Person nicht ansprechbar, müssen wir die Atemwege (A – Airways) kontrollieren.

Befindet sich kein Schnee in den Atemwegen, war eine sogenannte Atemhöhle vorhanden.

Befindet sich aber Schnee in den Atemwegen, müssen wir sie davon befreien, indem wir den Kopf zur Seite drehen, den Mund öffnen und vorsichtig mit unseren Händen den Schnee herausräumen.

Erst jetzt wird der Kopf überstreckt und mit dem eigenen Ohr nahe am Mund des Verunfallten kont-

rolliert, ob eine Atmung (B – Breathing) vorhanden ist. Zudem beobachten wir mit aufgelegter Hand, ob sich der Brustkorb hebt und senkt. Ist die Atmung normal, können wir die Person weiter ausgraben, sie wiederum vor Auskühlung schützen und in die stabile Seitenlage bringen. In diesem Fall ist es umso wichtiger, dass eine Person beim Verunfallten bleibt, um allenfalls bei Atemstillstand sofort mit der Reanimation beginnen zu können.

► **Keine Atmung**

Sofortige Beatmung und anschließende Herzlungenwiederbelebung

Können wir keine Atmung feststellen, beginnen wir – noch bevor wir weiter ausschaufeln – sofort mit 5 initialen Atemspenden. Dazu bleibt der Kopf überstreckt und mittels Mund-zu-Mund-Beatmung wird in der eigenen Atemfrequenz so viel Luft in die Lungen geblasen, dass sich der Brustkorb deutlich hebt und senkt.

So schnell wie möglich schaufeln wir weiter und sobald es die Situation zulässt und wir den Körper auf hartem Untergrund lagern können, beginnen wir mit der Herzlungenwiederbelebung – auch CPR (Cardiopulmonary Resuscitation) genannt – im Rhythmus 30 Thorax-Kompressionen zu 2 Atemspenden.

Herzlungenwiederbelebung

Dabei liegt der Druckpunkt – schnell und einfach zu finden – in der Mitte des Brustkorbs und die Drucktiefe beträgt ca. 5 cm. Um effizient und tief genug komprimieren zu können, müssen dicke, weiche Bekleidungsschichten geöffnet werden.

Bei einer Frequenz von 100 Kompressionen pro Minute (das entspricht dem Takt von „Staying alive“ von den Bee Gees) ist in den Pausen auf eine vollständige Entlastung zu achten. Idealerweise sollten wir uns bei der Reanimation abwechseln, da diese sehr anstrengend ist.

Wie lange muss reanimiert werden?

Die Herzlungenwiederbelebung wird solange durchgeführt bis

1. der Betroffene wieder normal atmet,
2. die organisierten Rettungskräfte eintreffen oder
3. die Ersthelfer am Ende ihrer Kräfte sind, ohne selbst in Gefahr zu geraten.

Wichtig!

Wird bei der Bergung eine Atemhöhle festgestellt, besteht auch bei langer Verschüttungsdauer bzw. bei scheinbar hoffnungsloser Reanimation sehr lange eine Überlebenschance.



03 Je mehr Retter mit auf Tour sind, desto organisierter kann die Kameradenrettung ablaufen. (Foto: Martin Edlinger) |

Unterkühlung

Gerade bei längeren Verschüttungszeiten spielt die Unterkühlung eine Rolle. Stark Unterkühlte bzw. sehr lange verschüttete Personen sollten sehr behutsam und sanft bewegt werden, da durch die Vermischung des „kalten Schalenblutes“ mit dem warmen Blut des Körperkerns der sogenannte „plötzliche Bergungstod“ eintreten kann.

Generell gilt, alle Verunfallten vor weiterem Auskühlen bzw. vor einer weiteren Unterkühlung zu schützen.

Fazit

Von rund 300 dokumentierten ganzverschütteten Personen in den letzten 10 Jahren, verstarben 200 die eine durchschnittliche Verschüttungsdauer von rund einer Stunde hatten. Hingegen überlebten 100 Personen eine Ganzverschüttung, deren durchschnittliche Verschüttungsdauer bei 13 min lag³!

Auch diese Zahlen belegen indirekt, eine wirklich gute Überlebenschance bei einer Ganzverschüttung hat man in den ersten wenigen Minuten nach dem Lawinenabgang. Eine funktionierende, optimierte und schnelle Kameradenrettung hat somit äußerste Priorität!

Martin Edlinger

staatl. gepr. Berg- und Skiführer, gerichtlich beider Sachverständiger für Alpinistik, Leiter der Abteilungen Bergsport und Skitouren bei Naturfreunde Österreich, Einsatzleiter Knittelfeld und Mitglied im Ausbildungsteam der steirischen Bergrettung, Mitglied des Ausbildungsteams Lawinenkommission Land Steiermark

Alexander Kainersdorfer

Bergrettungsarzt Land Steiermark, Mitglied des Ausbildungsteams Lawinenkommission Land Steiermark, Mitglied des Ausbildungsteams Höhlenrettung Steiermark, LKH Murtal Abteilung für Innere Medizin



01 Das notfallmedizinische Team bei der individualmedizinischen Versorgung einer verschütteten Person. (Foto: Bergrettung)

06 Der planmäßige Lawineneinsatz – Entscheidungsfindung und Triage

Autor Alexander Egger



Alexander Egger

Die Rettung lawinenverschütteter Personen stellt ein höchst zeitkritisches Ereignis dar. Wie schon aus der Ersten Hilfe im Rahmen eines Atem-Kreislauf-Stillstands hinlänglich bekannt, ist die Einleitung von Maßnahmen durch einen Ersthelfer mit einer dramatischen Erhöhung der Überlebenschancen verbunden. So auch im Falle einer Lawinenverschüttung.

Essentiell ist somit das Ergreifen der richtigen Maßnahmen durch die beteiligten Kameraden, da der organisierte Einsatz im Falle einer Ganzkörperverschüttung vielfach zu keiner zeitgerechten Rettung mehr führen kann.

Aber von ganz von vorne ...

Das Überleben einer verschütteten Person hängt ganz wesentlich von der Frage ab, ob eine Teil- oder Ganzkörperverschüttung vorliegt. Während die

Überlebenschancen bei teilverschütteten Personen hoch ist (Voraussetzung hierfür ist ein freiliegender Kopf), sinkt sie im Rahmen der Ganzkörperverschüttung dramatisch ab. Der Grund dafür liegt in den Hauptursachen des Todes im Rahmen eines Lawinenunfalls.

Auf Grund der hohen Gewalteinwirkung kommt nur ein (insgesamt) geringer Anteil aller Verschütteten durch schwere Verletzungen unmittelbar oder in den ersten Minuten nach dem Stillstand der Lawine zu Tode. Liegen keine schweren Verletzungen vor, so verstirbt die Majorität der Lawinenverschütteten durch Ersticken der verlegten Atemwege. Durch die Gewalt der Schneemassen kommt es zum Eindringen von Schnee in die oberen Atemwege (Nase und Mund) und so zur Verlegung ebendieser. Dies führt, so der Kopf nicht umgehend freigelegt und die oberen Atemwege von Schnee befreit werden, zum Er-

sticken des Verschütteten binnen Minuten. Dieses kurze Zeitfenster kann ausschließlich durch eine behelfsmäßige Kameradenrettung geschlossen werden.

Eine sehr hohe mediale Aufmerksamkeit wird jener Gruppe von Lawinopfern geschenkt, welche nach langer Verschüttungsdauer lebend gerettet werden kann. Die zumeist euphorische Berichterstattung über solche, in der Tat sehr erfreuliche Ereignisse blendet jedoch den Umstand aus, dass es sich hierbei um einen verschwindend geringen Anteil aller unter einer Lawine verschütteten Personen handelt. Die Voraussetzungen für ein Überleben in einer Lawine sind zum einen freie Atemwege, zum anderen eine für die Zeitdauer der Verschüttung ausreichend große Atemhöhle. Wie groß ebendiese viel zitierte Atemhöhle sein muss, ist immer noch Teil wissenschaftlicher Untersuchungen und von vielen Faktoren (Schneedichte, Schneefeuchtigkeit, Temperatur ...) abhängig. Kann man trotz freier Atemwege und einer vorhandenen Atemhöhle nicht zeitgerecht gerettet werden, so verstirbt man infolge einer schweren Unterkühlung, eines zunehmenden Sauerstoffmangels oder durch die Ansammlung des ausgeatmeten CO₂ in der Atemhöhle.

Triage

Für professionelle Rettungskräfte beginnt mit der Alarmierung ein Wettlauf gegen die Zeit, um ehestmöglich am Lawinenkegel zu sein. Geprägt sind die ersten Minuten nach dem Eintreffen am Einsatzort insbesondere von großen einsatztaktischen Herausforderungen. Im Lichte eines anfangs meist evidenten Personal mangels muss die rasche Suche sowie das Ausgraben des/der Verschütteten vorangetrieben werden. Wird ein Patient mit Lebenszeichen geborgen, so steht die notfallmedizinische Versorgung und Verbringung in ein für das führende Krankheits-/Verletzungsbild geeignetes Krankenhaus im Fokus der Bemühungen.

Schwieriger gestaltet sich die Entscheidungsfindung in Fällen, in denen ein Patient ohne Lebenszeichen gerettet wird. Hier gibt es eine Reihe an Faktoren, die für eine geringe Überlebenschance sprechen. So ist beispielsweise eine Verschüttungstiefe von mehr als 1,5 m alleine auf Grund der hohen physikalischen Druckbelastung durch die aufliegenden Schneemassen mit einer geringen Überlebenschance vergesellschaftet.

Handelt es sich ausschließlich um eine verschüttete Person, so können die notfallmedizinischen Teams umgehend in eine individualmedizinische Versorgung übergehen. Der Fokus liegt auf einer Person,

der alle Aufmerksamkeit gewidmet wird.

Handelt es sich um die Verschüttung mehrerer Personen, so wächst die Komplexität beinahe exponentiell. Die Tatsache, dass es sich bei Lawinenverschütteten oftmals um zuvor körperlich weitgehend fitte, vielfach junge Personen handelt, führt dazu, dass insbesondere weniger erfahrene Einsatzkräfte einem hohen psychischen Druck ausgesetzt sind, das Leben dieser Personen zu retten.

So kommt es infolgedessen nicht selten dazu, dass trotz aller objektivierbarer Faktoren, die gegen ein gutes Überleben sprechen, Personen unter maximalem Aufwand in Kliniken der Schwerpunktversorgung transportiert werden. Ein zusätzlich oftmals für Retter schwer fassbares „Paradoxon“ ist die Tatsache, dass Personen ohne Vitalzeichen trotz kurzer Verschüttungsdauer eine deutlich geringere Überlebenschance haben als Patienten, die bei freien Atemwegen (und einer vermeintlichen Atemhöhle) eine lange Verschüttungsdauer aufweisen. Daten der Klinik Innsbruck zeigen dies eindrücklich – vielfach werden die „falschen“ Patienten hospitalisiert.

Was braucht es?

Um eine hochqualitative Versorgung am Lawinenkegel leisten zu können, braucht es ein leitliniengetreues Arbeiten. Die letzten Jahre waren geprägt von der unermüdlichen Arbeit einer kleinen Gruppe von Wissenschaftlern, die sich um die Thematik der medizinischen Versorgung am Lawinenkegel angenommen und hier exzellente Leitlinien für eine Vielzahl an Szenarien geschaffen haben. Unter Einhaltung dieser Vorgaben erscheint es auch höchst legitim, Maßnahmen zur Wiederbelebung noch am Lawinenkegel zu beenden, um unrealistischen Erwartungen an die Krankenhäuser der Maximalversorgung entgegenzutreten.

Trifft man objektivierbar korrekt die Entscheidung zum Transport unter kontinuierlicher Wiederbelebung, so schließt sich innerklinisch ein hochinvasives Prozedere an. So wird bei den meist hypothermen Patienten eine Übernahme der Atem- und Kreislauffunktion durch eine Herz-Lungen-Maschine oder einem in der Funktion ähnlichen Device etabliert. Dies bedarf einer hohen notfall- und intensivmedizinischen Expertise, weshalb diese Maßnahmen in aller Regel nur in entsprechenden Zentren der Maximalversorgung angeboten werden. Nach der Wiedererwärmung hofft man auf ein Wiedereinsetzen des Kreislaufs des Patienten und eine möglichst vollständige neurologische Erholung. In der Klinik sind dies berichtete, jedoch höchst seltene Fälle.



02 Professioneller Rettungseinsatz auf einem Lawinenkegel wie hier unterm Hohen Dachstein. (Foto: Bergrettung)

Prim. Dr. Alexander Egger, MSc EDAIC
Chefarzt des Österreichischen Bergrettungsdiens-
tes und Vorstand der Abteilung für Anästhesie und
Intensivmedizin am Landeskrankenhaus Scheibbs. Seit
23 Jahren aktiver Bergretter der Ortsstelle Lacken-
hof/Ötztal und seit einigen Jahren als Flugret-
tungsnotarzt am Stützpunkt des Christophorus 14 in
Niederösterreich.

Fazit

Die ersten Minuten am Lawinenkegel sind entschei-
dend, sodass in vielen Fällen von keinem positiven
Überleben ausgegangen werden kann, sofern kei-
ne behelfsmäßige Kameradenrettung stattgefunden
hat. Für die organisierten Rettungskräfte ist die
erste Phase einsatztaktisch höchst herausfor-
dernd. Das Abarbeiten vorliegender Algorithmen
ermöglicht ein leitliniengerechtes Arbeiten sowie
eine Triage, die auf der realistischen Einschätzung
der Überlebenschancen basiert, sodass eben jene
Personen einer Maximalversorgung zugeführt
werden, die davon potentiell profitieren könnten.



LITRIC
TRAILBREAKING
AVALANCHE SAFETY

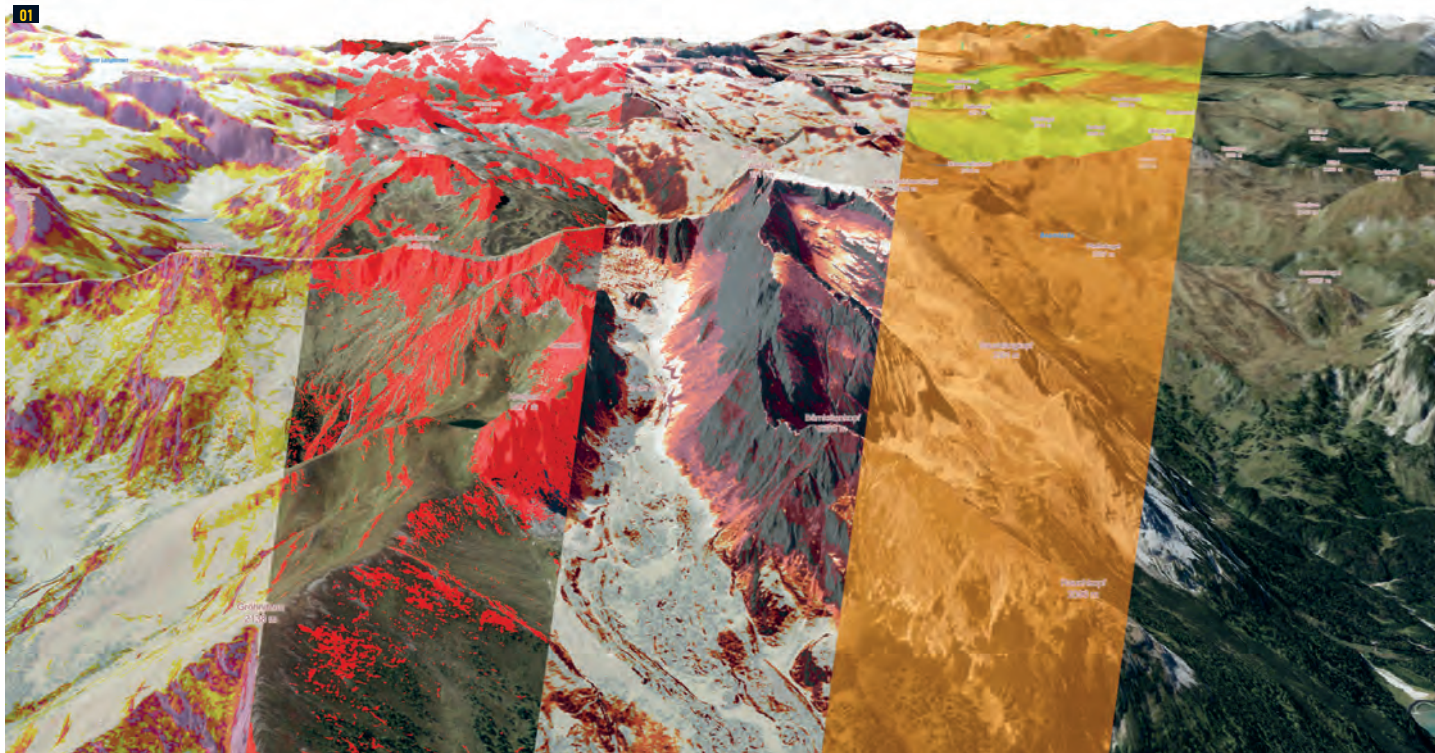
ELECTRIFIED PROTECTION

Seit 1980 ist es unser Ziel, BergsportlerInnen bestmöglich zu schützen. Mit unserem elektrischen Airbag System präsentieren wir einen neuen Meilenstein in Sachen Lawinensicherheit.

LEICHT | ELEKTRONISCH | VIELSEITIG



ORTOVOX



01 Übersicht der verschiedenen Overlays unserer 3D-Risikovisualisierung. Von links nach rechts: Hangneigung, Stop-or-Go, SnowCard, Lawinenwarnstufe, Geländemodell ohne Overlay.

07 Echtzeitvisualisierung von Lawinenrisiko basierend auf hochauflösenden Geodaten

AutorInnen Johannes Eschner, Adam Celarek, Manuela Waldner



Johannes Eschner



Adam Celarek



Manuela Waldner

Einleitung

Um das Lawinenrisiko auf Touren abzuschätzen, konsultieren Tourengänger_innen typischerweise vorab den aktuellen Lawinenlagebericht (LLB) sowie Geländeeigenschaften wie Hangneigung, Höhe und Exposition der geplanten Tour auf einer Karte. Reduktionsmethoden wie Stop-or-Go oder die SnowCard können sowohl bei der Planung als auch vor Ort angewandt werden, um das Risiko abzuschätzen. Bei korrekter Anwendung dieser Methoden könnte ein Großteil der Todesfälle vermieden werden [1]. Die Anwendung umfasst jedoch mehrere kognitiv aufwändige Schritte: Im ersten Schritt müssen Tourengänger_innen die Informationen aus LLB und Karte korrekt verknüpfen und anhand der gewählten Methode interpretieren, um potenziell kritische Regionen entlang der Route vorab identifizieren zu können. Im zweiten Schritt müssen potenziell kritische Regionen auch während der Tour als solche wiedererkannt und vor Ort beurteilt werden. Um die Anwendung von Reduktionsmethoden für Wintersportler_innen zu vereinfachen, können die Informationen aus dem LLB computergestützt mit den Geländeeigenschaften ausgewertet und direkt in einer Karte dargestellt werden. „Skitourengru-ru“ [2] beispielsweise berechnet das Lawinenrisi-

ko entlang vorgegebener Routen und stellt diese in einer 2D-Karte dar. Im Vergleich zu 2D-Karten erleichtert eine dreidimensionale Darstellung jedoch die Interpretation des Geländes und das Finden von Routen [3, 4]. Unsere Hypothese ist daher, dass eine direkte Visualisierung des Lawinenrisikos auf einer detaillierten 3D-Karte die Identifikation von potenziell kritischen Regionen einer Route in der Planungsphase sowie deren Wiedererkennung während der Tour erleichtert.

Wir stellen eine integrierte 3D-Risikovisualisierung vor, welche Daten aus dem aktuellen LLB mit einem hochauflösenden Geländemodell kombiniert und existierende Reduktionsmethoden in Echtzeit ausgewertet, um das Ergebnis auf einer interaktiven Webseite zu visualisieren.

Hintergrund

Der Lawinenlagebericht (LLB) dient als zentrale Anlaufstelle für Alpinist_innen, um sich über die aktuelle Lawinensituation zu informieren. Obwohl es internationale Standards für den LLB gibt, beschränkt sich der Fokus unserer Risikovisualisierung auf Daten der Österreichischen Lawinenwarndienste. Eine Ausweitung auf andere Länder ist jedoch dadurch nicht ausgeschlossen, da die vor-

gestellten Techniken auf allgemeine Anwendbarkeit ausgelegt sind.

Der LLB in Österreich wird in der Wintersaison regelmäßig aktualisiert und steht auf den Internetauftritten der jeweiligen Lawinenwarndienste zur Verfügung. Diese Daten sind aber nicht nur auf den Webseiten der Warndienste verfügbar, sondern werden auch in einem maschinenlesbaren Format veröffentlicht, welches es ermöglicht, die Berichte automatisiert auszuwerten. Dieses XML-basierte Format nutzt den Standard der Canadian Avalanche Association Markup Language (CAAML), um den LLB zu kommunizieren. Unser Risikovisualisierungstool liest und verarbeitet diese Daten, um den Bericht in weiterer Folge darzustellen.

Reduktionsmethoden, wie sie beginnend in den 1990er Jahren mit der Elementaren und der Professionellen Reduktionsmethode von Werner Munter eingeführt wurden [6, 7], sind Werkzeuge, die für die Einschätzung des lokalen Lawinenrisikos zu Hilfe genommen werden können. Während eine Vielzahl solcher Methoden mittlerweile existiert, sind im deutschen Sprachraum – und damit auch im Zielgebiet unserer Risikovisualisierung – vor allem die Stop-or-Go-Methode des Österreichischen Alpenvereins und die SnowCard des Deutschen Alpenvereins weit verbreitet. Bei diesen beiden Methoden wird ein Zusammenhang zwischen der Hangneigung und der Lawinenwarnstufe hergestellt, aus dem sich ein erster Risikowert ergibt. Weitere Faktoren wie Exposition, Vegetation oder auch Gruppengröße können einen Einfluss auf diesen Risikowert haben. Faktoren wie eine vorhandene Verspürung zur Verringerung des Risikos können jedoch nur vor Ort geprüft werden. Daher ist etwa die Stop-or-Go-Methode in zwei Checks unterteilt: Der erste Check umfasst Risikofaktoren, die sich aus LLB und Geländeeigenschaften ableiten lassen, während der zweite Check eine Einschätzung der Situation vor Ort benötigt. Nachdem Daten zur Situation vor Ort im Allgemeinen nicht in einem maschinenlesbaren Format zur Verfügung stehen, beschränkt sich die von uns entwickelte Visualisierung auf jene Risikoeinschätzung, die dem ersten Check bei Stop-or-Go entspricht.

Für die Darstellung und Auswertung des Geländemodells nutzen wir ein via Open Government Data zur Verfügung gestelltes Höhenmodell von Österreich, welches eine Auflösung von rund einem Datenpunkt pro Quadratmeter aufweist. Dieses Modell steht in zwei Versionen zur Verfügung: Das Digitale Geländemodell (DGM) beinhaltet die Geländehöhen, während das Digitale Oberflächenmodell (DOM) auch Oberflächeneigenschaften wie Vegetation und

Gebäude umfasst. Diese Datensätze können mittels Kartendiensten wie MapLibre [5] im Webbrowser dargestellt werden. Zusätzlich zu den Höheninformationen werden in unserer Anwendung Luftbilder als Textur für das Höhenmodell dargestellt, um eine realistische Darstellung des Geländes und damit einen hohen Wiedererkennungswert zu erzeugen.

Studien im Bereich der Risikovisualisierung, wie etwa für Evakuierungsrouten bei Vulkanausbrüchen [4], haben gezeigt, dass 3D-Karten unter Verwendung eines Höhenmodells zu einem besseren Erkennen von Geländeeigenschaften und Finden von Evakuierungsrouten führen. Im Kontext der Lawinenrisikovisualisierung, wo Hangneigung und -exposition eine wichtige Rolle spielen, kann diese Eigenschaft erhebliche Vorteile bringen. Insbesondere können bei einer dreidimensionalen Darstellung des Geländes die anderen visuellen Kanäle der Kartendarstellung, wie etwa die Farbe, zur Kodierung zusätzlicher Informationen, wie dem Lawinenrisiko oder der Schneesituation, genutzt werden [4]. Bei 2D-Karten wird die Farbe hingegen oft zur Kodierung der Geländeeigenschaften, beispielsweise der Hangneigung, benötigt.

Anwendung

Unser Prototyp soll die bewährten Reduktionsmethoden mit dem hochauflösenden DGM verbinden, um eine dynamische Visualisierung des Lawinenrisikos zu ermöglichen. Aus diesem Ziel ergeben sich die folgenden Anforderungen:

- *Verwendung von bewährten Reduktionsmethoden zur Risikobestimmung:* Empfohlene Reduktionsmethoden wie Stop-or-Go oder die SnowCard sind bereits weitgehend erprobt und ihre Effektivität ist empirisch belegt. Die einfachen Heuristiken, mit denen die Risikobewertung durchgeführt wird, lassen sich algorithmisch implementieren und für die Vorabplanung reicht es aus, Informationen aus dem LLB mit statischen Geländeeigenschaften zu verknüpfen.
- *Darstellung des Risikos durch eine effektive visuelle Kodierung:* Bei der visuellen Darstellung von Daten auf einer 3D-Karte müssen Faktoren wie visuelle Überladung beachtet werden.
- *Aufmerksamkeit auf kritische Bereiche lenken:* Kritische Stellen mit potenziell erhöhtem Lawinenrisiko sollen auf der Karte so dargestellt werden, dass sie die Aufmerksamkeit der Nutzer:innen erregen.
- *Unterstützung der Orientierung und des Wiedererkennens kritischer Bereiche vor Ort:* Zusätzlich soll die Visualisierung so realitätsgetreu sein, dass zuvor identifizierte kritische

Bereiche wiedererkannt werden können.

- **Bereitstellung eines Überblicks über die Lawinensituation.** Neben der detaillierten Geländeauswertung durch die gewählte Reduktionsmethode soll auch ein Überblick über eine größere Region zur Verfügung gestellt werden. Dazu bietet sich eine klassische Darstellung der landesweiten Lawinenwarnstufen an.
- **Unterstützung für Echtzeit-Interaktionen mit der Risikovisualisierung.** Das Risikovisualisierungstool soll interaktive Inspektion ermöglichen. Neben klassischer Kartennavigation soll es möglich sein, verschiedene Reduktionsmethoden anzuwenden und ausgewählte Geländepunkte genauer zu inspizieren. Dies soll in Echtzeit ohne Verzögerung möglich sein.
- **Ausweitung der Risikovisualisierung über vordefinierte Touren hinaus.** Anders als bei Sommertouren, wo in der Regel einer durch Wege vorgegebenen Route gefolgt wird, gehen Variationen bei Schitouren oft über vorgegebene GPS-Tracks hinaus. Die Nutzer:innen sollen die Möglichkeit haben, alle Aufstiegs- und Abstiegsvariationen zu analysieren. Auch die Umgebung der geplanten Route sollte bei der Planung berücksichtigt werden. Unser Risikovisualisierungstool wertet daher alle Geländepunkte aus – nicht nur jene entlang von vordefinierten Routen. Tour Tracks können zwar dargestellt werden, haben aber keinen Einfluss auf die Risikoberechnung.

- **Ausweitung der Risikovisualisierung über den aktuellen LLB hinaus.** Abgesehen von der aktuellen Lawinensituation soll unser Risikovisualisierungstool auch mit archivierten Berichten arbeiten können. Dadurch ist es möglich, vergangene Touren zu untersuchen.

Technische Implementierung

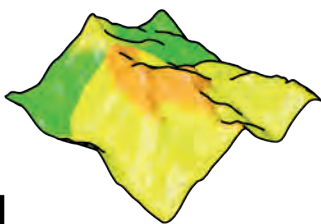
Ausgehend von diesen Anforderungen ist das Software-Design unserer Anwendung in drei Hauptkomponenten gegliedert. Um die Echtzeitdarstellung und -auswertung der statischen Geodaten (Höhenmodell und Regionskarten) zu vereinfachen, werden diese in einem Vorverarbeitungsschritt in ein kompatibles Format konvertiert und für die Kartendarstellung bereitgestellt. Neben dem DGM, welches für die Berechnung der Hangneigung genutzt wird, wird hier auch das DOM bereitgestellt, wodurch Oberflächendetails wie Bäume und einzelne Felsblöcke in der 3D-Karte dargestellt werden können. Diese können bei der Tourenplanung als Orientierungspunkte genutzt werden, wodurch die Wiedererkennung vor Ort erleichtert wird.

Für die Echtzeitauswertung der dynamischen Daten aus dem LLB am Endgerät müssen diese ebenfalls vorverarbeitet werden. Hierbei wird die maschinenlesbare Version des LLB in ein stark komprimiertes internes Format übersetzt. Die dritte Hauptkomponente umfasst die Auswertung und Darstellung des Lawinenrisikos auf der 3D-Karte. Hierzu werden die statischen Geodaten mit dem LLB verknüpft, um den

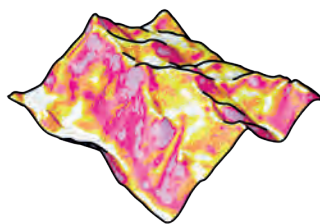
02 Schematische Übersicht des Aufbaus der verschiedenen Overlays. Für Stop-or-Go wird der höhenabhängige LLB der einzelnen Regionen zusammen mit der Hangneigung ausgewertet. Bereiche mit „Stop“ werden rot eingefärbt. Bei der Auswertung der SnowCard werden zusätzlich noch die ungünstigen Expositionen der jeweiligen Region miteinbezogen. Hier wird das Risiko als Farbverlauf von Weiß für niedriges bis Dunkelrot für hohes Risiko dargestellt. |

02

Lawinenlagebericht



Hangneigung



Exposition



Stop-or-Go Overlay



SnowCard Overlay

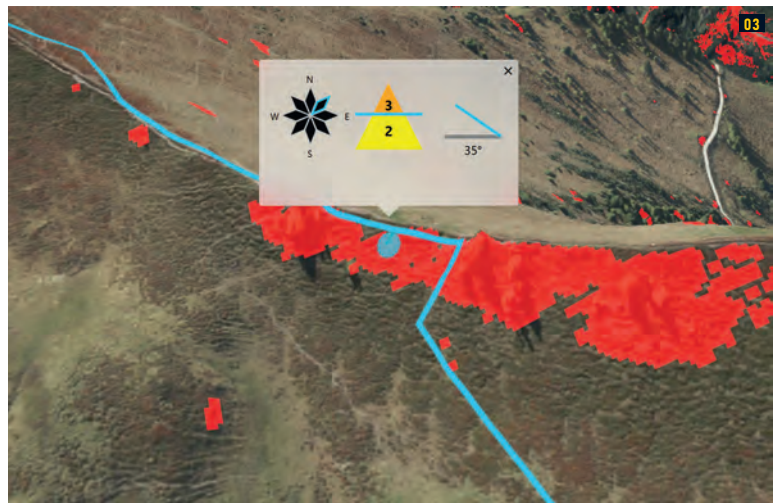
Risikowert an jeder Stelle der Karte zu errechnen. Damit diese Berechnung in Echtzeit erfolgen kann, werden die Heuristiken der Reduktionsmethoden auf der Grafikkarte implementiert.

Die Implementierung auf der Grafikkarte bietet sich an, da es unser Ziel ist, die Berechnung des Risikowertes für jeden sichtbaren Geländepunkt durchzuführen. Die Architektur von Grafikkarten ist auf das parallele Ausführen von Berechnungen optimiert, wobei sogenannte Shaderprogramme für jeden Pixel gleichzeitig ausgeführt werden. Wir nutzen diese Eigenschaft, um die Risikoberechnung effizient in Echtzeit durchzuführen. Shader wurden unter anderem für die Berechnung der Beleuchtung bzw. der Schattierung in der Computergrafik entwickelt. Bei diesen Berechnungen wird die Geometrie in Zusammenhang mit einer Lichtquelle ausgewertet. Im Fall der Reduktionsmethoden wird ebenfalls eine Auswertung der Geländegeometrie durchgeführt, wobei hier auf die Lichtquelle verzichtet werden kann. Eine besondere Herausforderung bei der Implementierung der Risikoberechnung ergibt sich daraus, dass die von uns verwendeten Shader nicht für beliebige Dateneingaben ausgelegt sind. Aus diesem Grund müssen die Daten aus dem LLB in eine Bildtextur kodiert werden. Die Regeln für Reduktionsmethoden selbst werden in tabellarischer Form an die Grafikkarte übermittelt. Daraus kann dann für jede Hangneigung (Zeile) und jede Warnstufe (Spalte) der Risikowert ermittelt werden. Für die Implementierung auf der Grafikkarte nutzen wir das WebGL und das MapLibre Framework, welche von allen gängigen Webbrowsern unterstützt werden. Eine schematische Übersicht der Risikoberechnung ist in Abbildung 2 zu sehen.

User Interface

Für die Nutzer:innen werden die Risikowerte in Form von farblichen Overlays im Kartendienst dargestellt. Um eine möglichst große Auswahl an Informationen bereitzustellen, umfasst die Visualisierung vier verschiedene Overlays mit Informationen zur Lawinensituation.

Das Erste dieser Overlays stellt klassisch die Lawinengefahr in der aus dem LLB bekannten Farbskala auf der 3D Karte dar. Diese Ansicht nutzt die Höhen-daten aus dem DGM, um zwischen den Warnstufen in unterschiedlichen Höhenregionen zu unterscheiden und bietet damit einen großräumigen Überblick über die Lawinensituation. Im Gegensatz zur klassischen 2D-Karte stellen wir in dieser Ansicht auch den graduellen Übergang zwischen den Höhenregionen dar, indem wir die Lawinengefahr zwischen den Höhenregionen interpolieren. Bei dieser Inter-



03 Beispiel einer Anwendung des Inspektionstools. An der ausgewählten Stelle gilt laut Auswertung von Stop-or-Go ein „Stop“. Anhand der Piktogramme ist erkennbar, dass es sich um eine ungünstige Exposition handelt, eine Lawinenwarnstufe im Übergang von 2 (und) AUF 3 vorherrscht und die Hangneigung 35° beträgt. Zusätzlich ist auch zu sehen, dass dank der hohen Auflösung einzelne Bäume im Geländemodell erkennbar sind.)

polation wird die jeweils höhere Warnstufe durch einen graduellen Übergang von 200 Höhenmetern in den Bereich der niedrigeren Warnstufe geschoben. Die nächsten beiden Overlays stellen die eigentliche Risikovisualisierung dar, indem sie eine visuelle Enkodierung der beiden Reduktionsmethoden (Stop-or-Go und SnowCard) auf dem Geländemodell implementieren. Die Visualisierung der Stop-or-Go-Methode soll anzeigen, welche Bereiche im Gelände aufgrund des erhöhten Risikos zu meiden sind. Hierzu wird der „Check 1“ von Stop-or-Go angewandt, welcher in Abhängigkeit von der Hangneigung und der Warnstufe im LLB entweder zu einem „Stop“ oder „Go“ führt. In der Implementierung dieser Methode wird die Hangneigung an jedem Punkt im DGM bestimmt und mit der Lawinenwarnstufe abgeglichen. Sollte dieser Abgleich zu einem „Stop“ führen, so wird der entsprechende Punkt im Gelände rot markiert. Andernfalls bleibt die Kartendarstellung unverändert. Im Gegensatz zu Stop-or-Go bietet die SnowCard eine kontinuierliche Risikodarstellung, welche auch die Exposition miteinbezieht. In der Implementierung der SnowCard wird daher zusätzlich zum Abgleich von Warnstufe und Hangneigung auch die Exposition an jedem Punkt im Gelände evaluiert. Zur Visualisierung des Risikos wird eine kontinuierliche Farbskala genutzt. Die gewählte Farbskala unterscheidet sich bewusst von der Rot-Gelb-Grün-Skala in der originalen SnowCard, da hier einerseits eine Verwechslungsgefahr mit der Darstellung der Lawinenwarnstufe besteht und andererseits Rot-Grün-Skalen die Barrierefreiheit gegenüber farbfahlsichtigen Personen senken. Darüber hinaus führt die halbtransparente Überlagerung der Rot-Grün-Skala auf dem mehrheitlich grünen Hintergrund der Orthofotos zu Problemen in der Farbdarstellung.

Zuletzt steht auch noch ein klassischer Hangnei-



04 Die Implementierung ist für Desktop- und Mobilgeräte ausgelegt und kann über den QR-Code direkt im Browser ohne Download genutzt werden. |

gungslayer zur Verfügung, welcher die Steilheit in der 3D-Karte farblich darstellt. Abbildung 1 zeigt einen Überblick der verschiedenen Overlays in der Visualisierung.

Um die Risikovisualisierung zur Tourenplanung zu nutzen, steht in der Kartenansicht ein weiteres Tool zur Verfügung. Bei diesem handelt es sich um ein Inspektionstool, welches es durch einen Klick auf die Karte erlaubt, die darunterliegenden Werte (Hangneigung, Höhe, Exposition) auszulesen und so zu verstehen, wie die Risikobewertung zustande kommt. Die einzelnen Einflussfaktoren werden hierbei als Piktogramme dargestellt. Ein Beispiel für die Verwendung des Inspektionstools in der Detailplanung ist in Abbildung 3 zu sehen.

Evaluierung und Ausblick

Zur Evaluierung des implementierten Visualisierungsprototyps und des gewünschten Aufmerksamkeitslenkungseffekts wurde eine Pilotstudie durchgeführt, bei der sechs Nutzer:innen mit unterschiedlichen Erfahrungsstufen (von gelegentlichen Tourengänger:innen ohne Planungserfahrung bis zu einem Schitourenführer des ÖAV) in der Tourenplanung an einem simulierten Planungsprozess teilnahmen. Im Rahmen dieser Studie wurden jeweils zwei Aufgaben zur Übersichts- und Detailplanung sowohl mit unserer 3D-Risikovisualisierung als auch mit einer herkömmlichen 2D-Hangneigungskarte und dem separaten LLB gelöst. Dadurch konnte untersucht werden, inwieweit der Planungsprozess durch die 3D-Risikovisualisierung für diese beiden Aufgabentypen beeinflusst wird. Für die Studie wurde nur eines der Overlays (die Auswertung der SnowCard) herangezogen. Für eine bessere Vergleichbarkeit wurde auch das Inspektionstool (Abbildung 3) nicht zur Verfügung gestellt. Durch

die geringe Anzahl an Teilnehmer:innen lassen sich keine statistisch signifikanten Aussagen treffen.

Die Ergebnisse zeigen, dass es bei der Überblicksplanung, bei der aus zwei möglichen Touren die risikoärmere auszuwählen war, keinen eindeutigen Effekt durch die Verwendung der 3D-Risikovisualisierung gibt. Bei der Aufgabe zur Detailplanung, wo Teilnehmer:innen potenziell kritische Bereiche auf der Karte markieren sollten, zeigte sich hingegen ein potenziell positiver Effekt gegenüber der 2D-Hangneigungskarte. Die von den Nutzer:innen als besonders kritisch markierten Bereiche entlang der Route waren über die Teilnehmer:innen hinweg konsistenter und entsprachen auch jenen Positionen, die durch „Skitouren guru“ als Schlüsselstellen markiert waren.

Zusätzlich zu den beiden Aufgabenstellungen wurden die Teilnehmer:innen der Studie nach jeder Aufgabe gefragt, wie sicher sie sich in ihrer getroffenen Einschätzung waren. Die Auswertung dieser Sicherheitswerte zeigte, dass sich die Teilnehmer:innen bei der Anwendung der herkömmlichen Methode in ihren Entscheidungen sicherer waren als bei der Nutzung der 3D-Risikovisualisierung. Diese Ergebnisse deckten sich auch mit den qualitativen Aussagen der Teilnehmer:innen während des Interviews am Ende der Studie. Hierbei war vor allem das fehlende Vertrauen in die integrierte 3D-Risikovisualisierung auffallend. Vier von sechs Benutzer:innen kritisierten, dass es nicht klar war, wie die gezeigte Risikobewertung berechnet wurde. Gleichzeitig wurden der höhere Informationsgehalt und die visuelle Kodierung der Karte positiv gesehen.

Ausgehend von den Ergebnissen der Pilotstudie lassen sich die folgenden vorläufigen Schlüsse ziehen:

- Für Übersichtsaufgaben in der Tourenplanung sind wahrscheinlich 2D-Karten ausreichend.
- Um potenziell kritische Stellen entlang einer Route vorab zu identifizieren, ist unser Ansatz der 3D-Risikovisualisierung vielversprechend. Allerdings müsste noch systematischer untersucht werden, welchen Einfluss die 3D-Darstellung bzw. das Risiko-Overlay jeweils haben.
- Um Vertrauen in die Anwendung zu schaffen, ist Transparenz nötig. Nutzer:innen müssen nachvollziehen können, wie die dargestellte Risikobewertung zustande kommt.

Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass mit der vorliegenden Arbeit gezeigt wurde, dass eine integrierte Echtzeitvisualisierung des Lawinenrisikos unter Einbeziehung des LLB und eines hochauflösenden Geländemodells möglich ist und das Potential hat, zur Identifikation kritischer Stellen auf einer Tour beizutragen. Im Speziellen konnte gezeigt werden, dass die hochauflösende Risikoanalyse bei der detaillierten Vorabplanung das Erkennen potenzieller Gefahrenstellen erleichtern kann. Das Tool ist so flexibel implementiert, dass relativ einfach auch andere Reduktionsmethoden, Variationen von Reduktionsmethoden und alternative Farbschemata getestet werden können. Diese Erweiterungen bieten eine Basis für zukünftige, tiefergehende Studien. Eine weitere wichtige Ergänzung wäre das Einpflegen von im Winter aufgenommenen Luftbildern anstatt der momentan vorhandenen Sommerbilder. Eine Demoversion der Implementierung, welche sowohl für Desktopbrowser als auch für mobile Endgeräte optimiert ist, ist unter folgendem Link verfügbar: <https://alpinemaps.cg.tuwien.ac.at/>

Quellen

- [1] Jan Mersch & Wolfgang Behr. There is no Glory in Prevention! Klarstellungen zur Lawinenkunde. Tagungsband des 4. internationalen Lawinensymposiums, Graz, 2021
- [2] <https://www.skitouren guru.ch/>
- [3] Buckley, A., Hurni, L., Kriz, K., Patterson, T. & Olsenholler, J. Cartography and visualization in mountain geomorphology. *Geographic information science and mountain geomorphology*, 1-27, 2004.
- [4] Preppernau, C. A. & Jenny, B., Three-dimensional versus conventional volcanic hazard maps. *Natural Hazards*, 78(2), 1329-1347, 2015.
- [5] <https://maplibre.org/>
- [6] Werner Munter. 3 x 3-Lawinen: Entscheiden in kritischen Situationen. Agentur Pohlmann & Schellhammer, Garmisch-Partenkirchen, Deutschland, 1997.
- [7] Werner Munter. Reduktionsmethode: Vom Minutenentscheid zum synthetischen Blick. *Berg und Steigen*, 01(4), 35-36, 2001.

Johannes Eschner

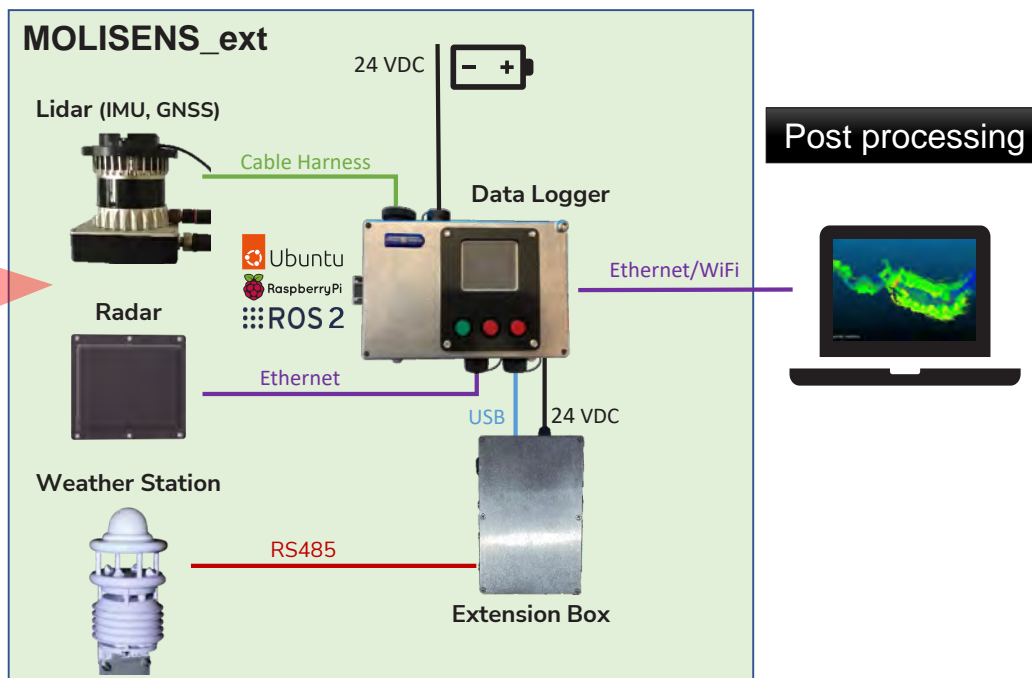
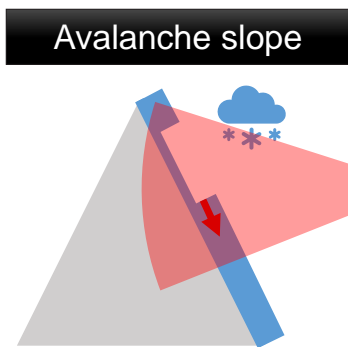
Doktorand an der TU Wien und arbeitet im Bereich der Visualisierung

Adam Celarek

Doktorand an der TU Wien mit Schwerpunkt auf 3D Grafik und Machine Learning

Manuela Waldner

Assistant Professor für interaktive Datenanalyse und Visualisierung an der TU Wien



01 MOLISENS_ext mit Lidar, Radar, IMU, GNSS und Wetterstation. Gesteuert durch den Datenlogger mit Ubuntu und dem Robot Operating System. Die anspruchsvollere Nachbearbeitung wird offline auf einem Laptop oder automatisch in der Cloud durchgeführt. |

08 Das Potential von Automobilsensoren für die lokale Detektion von Lawinen im Rahmen des FFG-Projekts RSnowAUT

AutorInnen | RSnowAUT-Konsortium, präsentiert von Thomas Gölles



Einleitung

Terrestrisches Laserscanning wird seit mehr als 15 Jahren in großem Umfang eingesetzt, um Schneehöhen mit hoher Auflösung und Zentimetergenauigkeit zu kartieren (Prokop, 2008; Deems et al., 2015). Ursprünglich auf die Untersuchung der Bedingungen in Lawinanriss- und Lawinenauslaufgebieten konzentriert, hat diese Technik mit dem Aufkommen von terrestrischen Laserscannern (TLS) mit großer Reichweite wie dem RIEGL VZ-6000 die Aufmerksamkeit der Lawinenvorhersager auf sich gezogen. Diese Scanner können mit einer Laserwellenlänge von 1064 nm Schneeflächen in bis zu 6 km Entfernung erfassen. Der größte Nachteil des RIEGL VZ-6000 ist der hohe Preis in der Größenordnung von 150.000 EUR und eine – je nach Größe des zu scannenden Bereichs und gewünschter Auflösung – lange Messdauer in der Größenordnung von mehreren 10 Minuten.

Derzeitige Lidar- und Radarsysteme zur Lawinenerkennung, wie sie zum Beispiel von WYSSSEN angeboten werden, sind für skigebietweite oder gar landesweite Anwendungen zu teuer. Die Entwicklung neuer, zuverlässiger und kostengünstiger Mess- und Überwachungstechniken für Lawinen

erfordert den innovativen Einsatz neuer Spitzentechnologien. Sensoren und Softwarelösungen, die ursprünglich für die hochauflösende Umgebungswahrnehmung in automatisierten Fahrzeugen entwickelt wurden, ermöglichen interessante neue Mess- und Überwachungsmethoden für die Erkennung und Quantifizierung von Schneehöhe und Lawinen, die gleichzeitig robust und kosteneffizient sind.

Automobil-Lidarsensoren wie der OS1-64 und der OS2-64 von Ouster zeichnen sich durch geringe Größe, hohe zeitliche Auflösung und niedrige Laserklasse aus. Sie sind kompakt, leicht und kostengünstig im Vergleich zu herkömmlichen TLS. Diese Vorteile ermöglichen eine Installation mit hoher räumlicher Dichte, beispielsweise an mehreren Hängen eines Skigebiets.

Die Entscheidung für den Einsatz von Automobil-Lidarsensoren in der Lawinendetektion und -quantifizierung ermöglicht eine effiziente Überwachung der Schneehöhe und räumlichen Ausdehnung von Lawinen. Die gesammelten Daten können dazu verwendet werden, um automatische Lawinenerkennungssysteme zu verbessern.

Ein Nachteil von Lidar im Allgemeinen und von Automobil-Lidar im Besonderen ist die Verschlech-

terung der Reichweite bei ungünstigen Wetterbedingungen. Automobil-Radarsensoren haben eine ähnliche Reichweite, werden aber von ungünstigen Wetterbedingungen viel weniger beeinträchtigt (Muckenhuber et al., 2021). Daher werden in diesem Zusammenhang Fahrzeugradare getestet, um ihr Potential zur Detektion von Lawinen im Vergleich zu klassischen Lawinenradaren zu beurteilen. Sie haben eine deutlich geringere Reichweite als Lawinenradare, aber ihre Skalierbarkeit aufgrund geringerer Kosten und kleinerer Größe könnte dies überkompensieren.

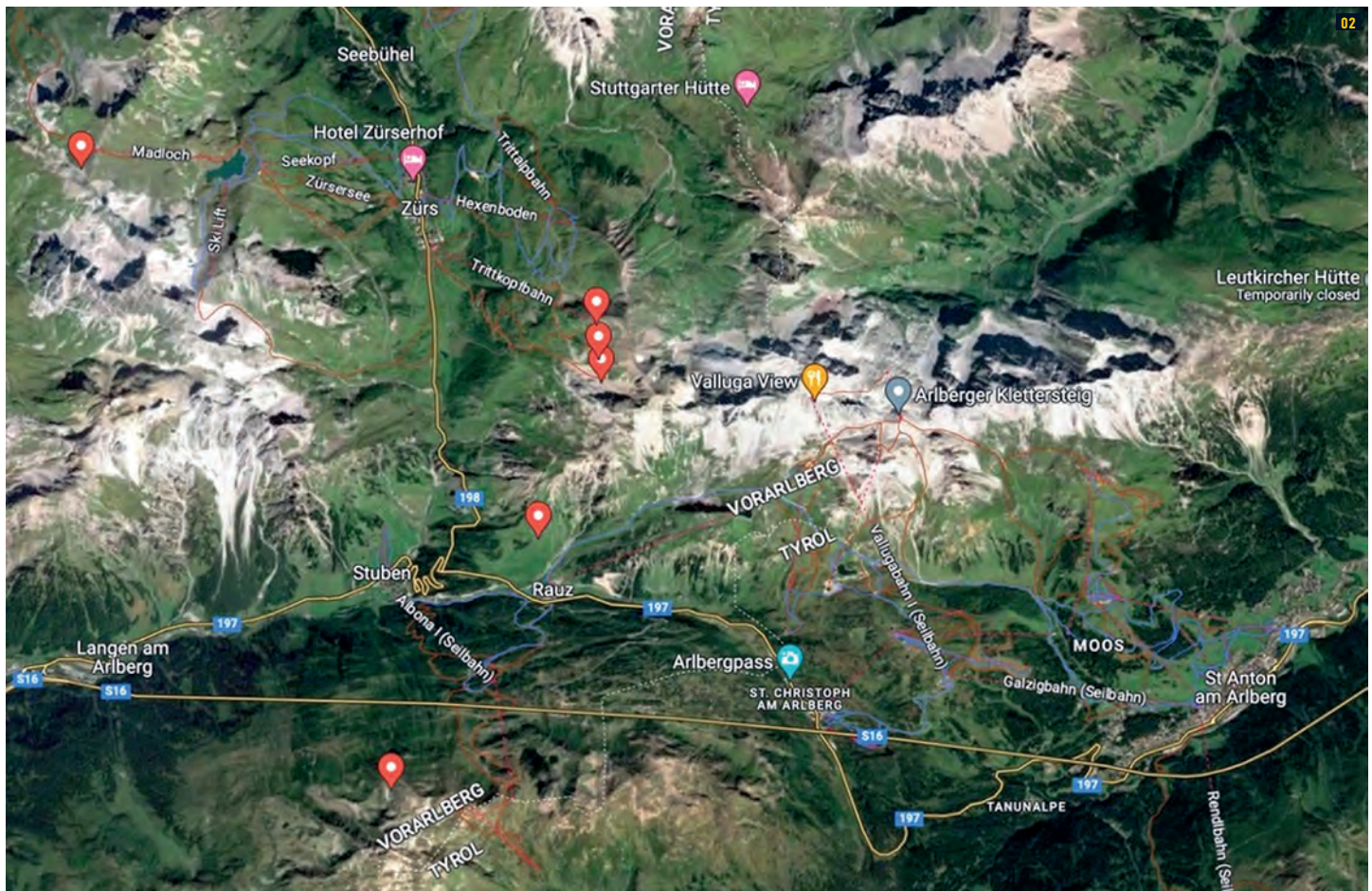
Moderne Automobil- und Verkehrsüberwachungsradarsensoren arbeiten typischerweise mit 24 GHz (z.B. Smartmicro TRUGRD Stream) oder 77 GHz (z.B. Continental ARS540), haben eine Reichweite von bis zu 300 m und verwenden frequenzmodulierte Dauerstrichtechnologien (Frequency Modulated Continuous Wave, kurz FMCW) zur relativen Entfernungs- und Geschwindigkeitsschätzung sowie digitale Strahlformung zur Steuerung der Richtung der ausgestrahlten Welle (Marti et al., 2019). Zusätzlich zu den Daten auf Objektebene, d.h. einer Liste der erkannten Verkehrsteilnehmer, werden die Radardaten in der Regel auch als Radarcluster bereitgestellt. Cluster stellen Radarerfassungen mit Informationen wie Position, Geschwindigkeit und Signalstärke dar. Dieses Rohdatenformat ermöglicht die Entwicklung und Anwendung neuer

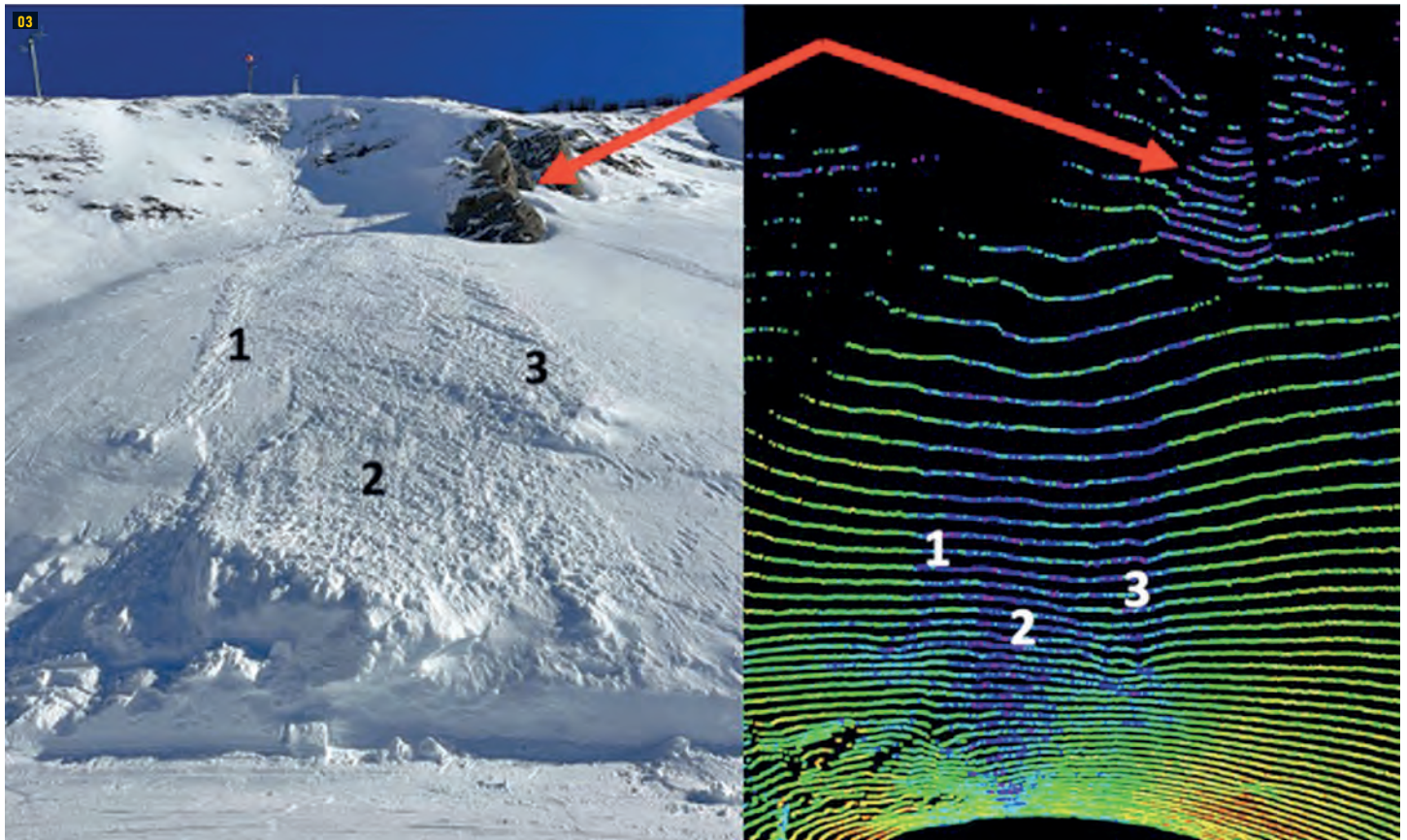
Algorithmen zur Erkennung von Veränderungen im Rückstreuverhalten der Umgebung, die durch Lawinen verursacht werden.

Um Automobil-Lidar und Radar zu testen, wurde von der Virtual Vehicle Research GmbH und der Universität Graz ein Messsystem namens MOLISENS (MOBILE Lidar SENsor System) entwickelt (Goelles et al., 2022). Das System erfasst neben Lidar- und Radar-Daten auch Daten von Global Navigation Satellite System (GNSS) und Inertial Measurement Unit (IMU). Derzeit wird MOLISENS (MOLISENS_ext, Abbildung 1) um zusätzliche Anschlussmöglichkeiten erweitert, um auch Daten von Luft-Wetterstationen zu erfassen. Letztere sind in der Lage, Temperatur, Luftdruck, Feuchtigkeit, Wind und Niederschlag zu messen. Das System ermöglicht den Einsatz der genannten Sensoren in entlegenen Gebieten, da es klein, leicht und batteriebetrieben ist. Erfolgreiche Messkampagnen wurden zum Beispiel in einer Gletscherhöhle in Svalbard (Spitzbergen) und in einer Tropfsteinhöhle in Österreich durchgeführt (Goelles et al., 2022).

In Zukunft soll MOLISENS_ext es ermöglichen, Lawinen in einem Radius von etwa 400 m mit einer räumlichen Auflösung von einigen Zentimetern und einer zeitlichen Auflösung von 10 bis 20 Hz zu erkennen und zu quantifizieren. Wir planen, diese Anlage an einzelnen Hängen zu installieren, um die Schneehöhe und die räumliche Ausdehnung von

02 Das Gelände in Lech am Arlberg mit den 6 rot markierten Lawinenabgängen.





03 Ein Beispiel für eine kleine Lawine in der Nähe einer Piste. Links ist ein Foto davon zu sehen und rechts die entsprechenden Lidar-Daten des Ouster OS1-64, der von einem Stativ aus etwa 5 Meter entfernt betrieben wurde. |

Lawinen zu überwachen. Zu diesem Zweck werden Lidar-, Radar- und Wetterdaten vor, während und nach Lawinensprengungen gesammelt. Die gesammelten Daten werden dann zum Benchmarking und zur Validierung der automatischen Lawinenerkennung auf Grundlage von Satellitendaten für ausgewählte Hänge verwendet (Kapper et al., 2023). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Vorteile von Automobil-Sensoren gegenüber klassischen Lawinenerkennungs-Systemen bei verteiltem Einsatz es ermöglichen, Daten über eine große Anzahl von Lawinengebieten mit hoher zeitlicher Auflösung zu sammeln.

Erste Ergebnisse

Im Rahmen des FFG-Projektes RSnow_AUT haben wir vom 24. bis 28. Januar 2023 im Skigebiet Lech am Arlberg eine Feldkampagne durchgeführt. Wir konnten Lidar-Daten von sechs abgegangenen Lawinen sammeln. Darunter auch jene vom 25. Dezember am Trittkopf, über die in den Medien berichtet wurde. Ein Überblick über die Standorte ist in Abbildung 2 zu finden.

Wir verwendeten das MOLISENS-System und einen Riegl VZ-6000 TLS, um 3D-Punktwolken zu erfassen, mit den Hauptzielen, Algorithmen zu entwickeln, die Lawinenaktivität erkennen, Volumina berechnen und Lawinenkonturen ableiten können.

Der Riegl VZ-6000 lieferte Daten mit der höchsten Auflösung und einer sehr hohen Genauigkeit, die als Referenzmessungen verwendet wurden. Mit diesen Daten wurde schließlich die Qualität des Automobil-Lidars evaluiert.

Die Automobil-Lidar liefern 3D-Entfernungsmessungen, aber auch Informationen über die Intensität. Dies ist im rechten Bild von Abbildung 3 zu sehen. In dieser Abbildung markieren die Zahlen die gleichen Merkmale auf dem Foto und in der Automobil-Lidar-Punktwolke. Die roten Pfeile zeigen denselben Felsen sowohl im Bild als auch in der Punktwolke an. Die Intensität des reflektierten Laserpulses hängt, neben anderen Faktoren, auch mit der Orientierung zusammen. Im Falle von Lawinenablagerungen führt dies zu anderen Werten als jenen einer ungestörten Schneeoberfläche. Diese Beziehung kann genutzt werden, um automatische Algorithmen zu entwickeln, die erkennen, wann eine Lawine ausgelöst wurde.

Wir planen im kommenden Winter, ein MOLISENS-System neben einer Wetterstation zu installieren, an der regelmäßig Schneeprofile erstellt werden. Dort wollen wir die Intensität und andere Eigenschaften wie Oberflächenrauheit mit den Eigenschaften der Schneeoberfläche verknüpfen, z.B. um Oberflächenreif zu detektieren. Darüber hinaus möchten wir Daten während Lawinensprengungen

aufzeichnen, um den Algorithmus zur Lawinenerkennung weiterzuentwickeln und das Volumen der Lawine zu berechnen. Außerdem werden wir versuchen, die Lawinenkonturen in den MOLISENS-, Riegl VZ-6000- und Sentinel-SAR-Daten zu erkennen.

Das System soll in Verbindung mit einer Lawinenkonturerkennung aus SAR-Satellitenbildern (Kapper et al., 2023) in ein bis zwei Jahren kommerziell verfügbar sein. Hierfür sammeln wir derzeit weitere Nutzeranforderungen und evaluieren potenzielle Testgebiete, insbesondere in der Steiermark. Wenn Sie Interesse haben, kontaktieren Sie bitte einen der Autoren.

Finanzierung

In Österreich wurde das Projekt RSnowAUT durch das Programm „Austrian Space Application Programme“ (ASAP) des Bundesministeriums für Klimaschutz (BMK) gefördert.

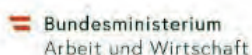
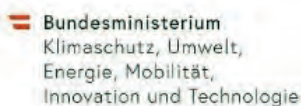
Diese Arbeit entstand an der Virtual Vehicle Research GmbH in Graz, Österreich. Die AutorInnen bedanken sich für die teilweise Förderung im Rahmen des COMET K2 Competence Centers for Excellent Technologies durch das Österreichische Bundesministerium für Klimaschutz (BMK), the Austrian Federal Ministry for Labour and Economy (BMAW), das Land Steiermark (Abt. 12) sowie die Steirische Wirtschaftsförderung (SFG). Das Programm wird durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG) abgewickelt.

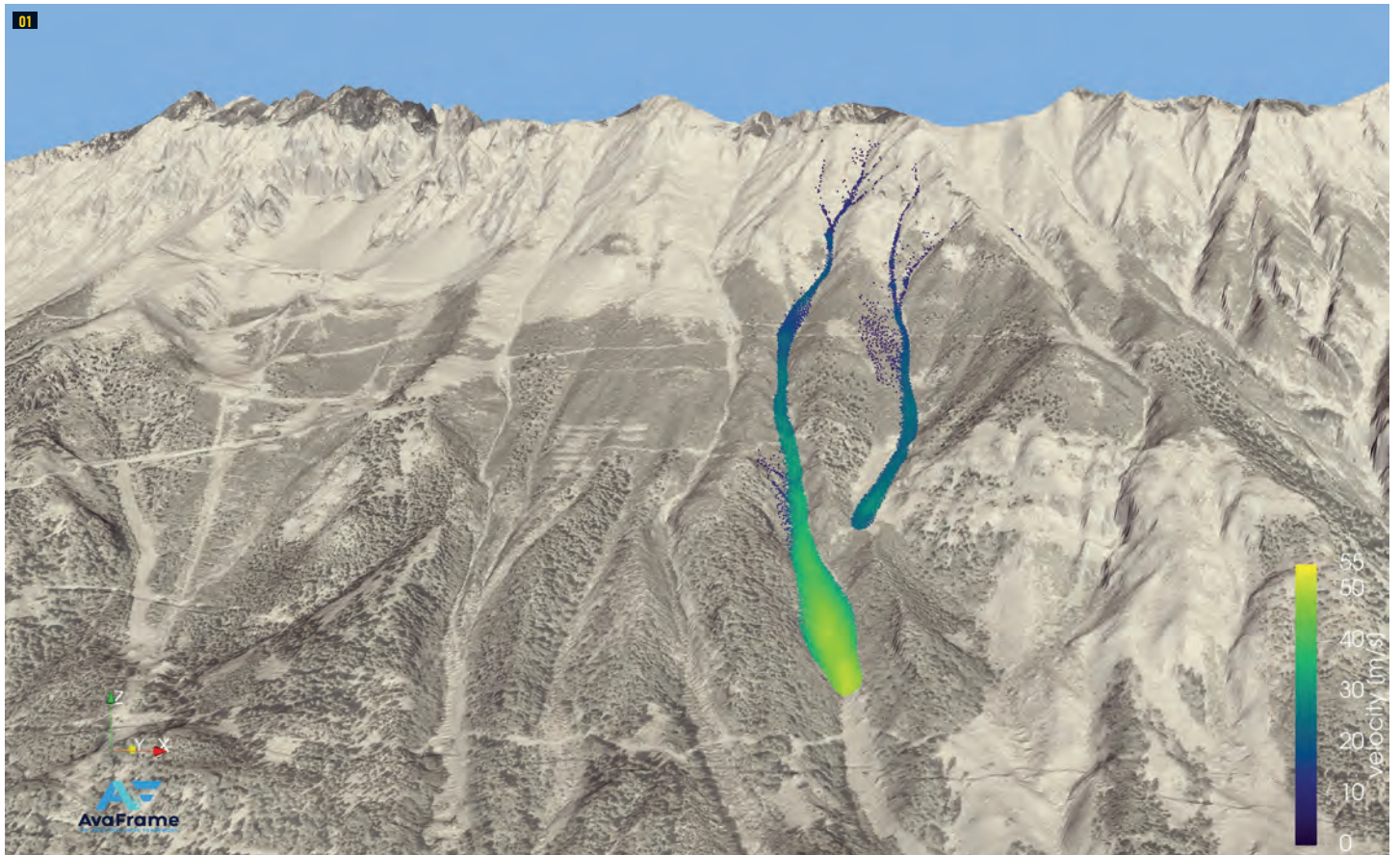
Literatur

- Deems, J. S., Gadomski, P. J., Vellone, D., Ewarczyk, 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/https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2015.09.002>, 2015.
- Goelles, T., Hammer, T., Muckenhuber, S., Schlager, B., Abermann, J., Bauer, C., Expósito Jiménez, V. J., Schöner, W., Schratler, M., Schrei, B., and Senger, K.: MOLISENS: 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.
- Kapper, K. L., Goelles, T., Muckenhuber, S., Trügler, A., Abermann, J., Schlager, B., Gaisberger, C., Eckerstorfer, M., Grahn, J., Malnes, E., Prokop, A., and Schöner, W.: Automated snow avalanche monitoring for Austria: State of the art and roadmap for future work, *Frontiers in Remote Sensing*, 4, <https://doi.org/10.3389/frsen.2023.1156519>, 2023.
- Marti, E., de Miguel, M. A., Garcia, F., and Perez, J.: A Review of Sensor Technologies for Perception in Automated Driving, *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 11, 94–108, <https://doi.org/10.1109/mits.2019.2907630>, 2019.
- Muckenhuber, S., Museljic, E., and Stettinger, G.: Performance Evaluation of a State-of-the-Art Automotive Radar and Corresponding Modeling Approaches Based on a Large Labeled Dataset, 1–20, <https://doi.org/10.1080/15472450.2021.1959328>, 2021.
- Prokop, A.: Assessing the applicability of terrestrial laser scanning for spatial snow depth measurements, *Cold Reg. Sci. Technol.*, 54, 155–163, 2008.

Thomas Gölles

Postdoktorand am Institut für Geographie und Raumforschung an der Universität Graz, Senior Researcher am Virtual Vehicle Research Center in Graz





01 Beispiel einer Visualisierung mit AvaFrame |

09

Lawinenberechnungen mit AvaFrame

Autor Matthias Granig



Matthias Granig

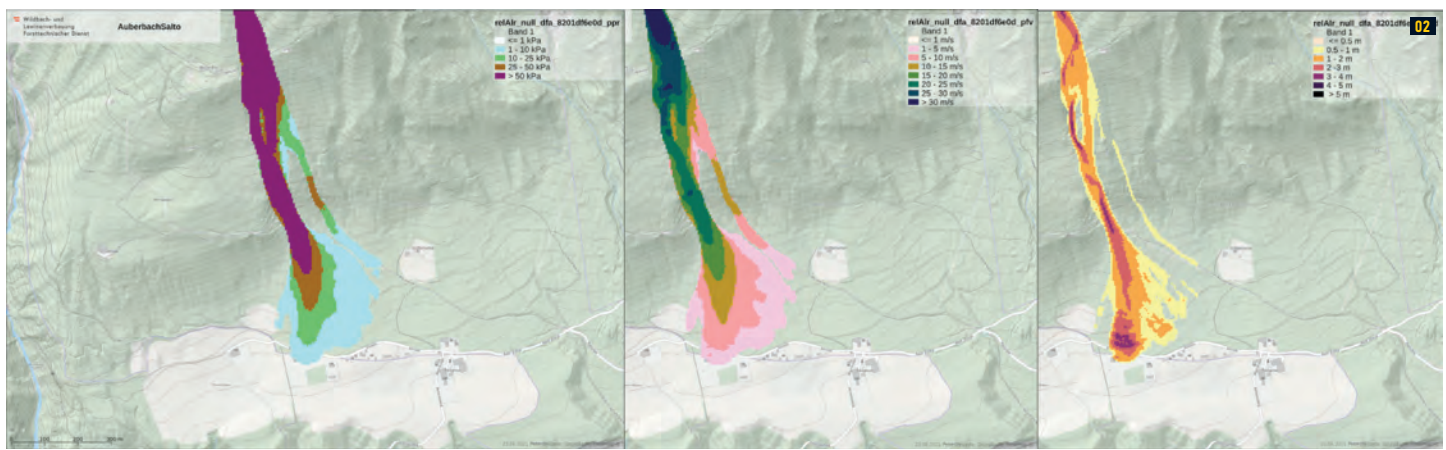
Einleitung

Im Alpenraum stellen Lawinen eine erhebliche Bedrohung für den Siedlungsraum dar. Die Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV) liefert mit der Erstellung der Gefahrenzonenpläne (GZP) ein wichtiges Konzept zum Schutz vor alpinen Naturgefahren. Die Erstellung dieser Zonenpläne erfolgt mit Unterstützung von Lawinenberechnungsmodellen. AvaFrame ist ein neues Lawinenmodell, das am aktuellsten Stand der Technik von der WLV mit dem Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) und den Universitäten gemeinsam umgesetzt und weiterentwickelt wird (Oesterle et al., 2021).

In der WLV werden seit gut 20 Jahren verschiedene Modelle eingesetzt, deren Ergebnisse in die Planung von Schutzmaßnahmen und in die Gefahrenzonenplanung einfließen. In den vergangenen zwei Jahrzehnten gab es aber nicht nur neue wissenschaftliche Erkenntnisse, auch die technischen Voraussetzungen haben sich weiterentwickelt. Vor drei Jahren erfolgte daher der Start für die Entwick-

lung eines neuen Lawinenmodells unter dem Titel „AvaFrame“. Seit Anfang 2023 steht die erste Version von AvaFrame für den Praxiseinsatz zur Verfügung. Mit dem Modell wird das Wissen der letzten 20 Jahre gebündelt, konserviert und mit den neuesten Entwicklungen der letzten Zeit ergänzt und somit auch für die nächsten Jahrzehnte verfügbar gemacht.

Das Modell AvaFrame ist eine Open-Source-Anwendung und damit frei verfügbar (siehe www.avaframe.org). Mit dieser Öffnung der Technologie kann jeder, auch Technische Büros oder Ziviltechniker, dieses Werkzeug für die Lawinengefahrenabschätzung nutzen. Aber auch die unterschiedlichsten Forschungseinrichtungen können das Tool einsetzen und vertieft untersuchen. Um diese Weiterentwicklungen und Analysen zu fördern, gibt es eigene Schnittstellen für die Forschung. Zudem wird die Anwendung in der akademischen Ausbildung der Lawinenexperten genutzt.



02 Darstellung der maximalen Druckkräfte, Geschwindigkeiten und Fließmächtigkeiten in AvaFrame |

Methodik

Das Projekt „AvaFrame“ ist in zwei Phasen eingeteilt.

Die Phase 1 hat folgendes Ziel: Ein funktionierendes OpenSource-Framework (gemäß European Union Public Licence (EUPL)) für Lawinensimulationen zu entwickeln, das die Arbeit der WLV abbildet, erleichtert und zugänglich macht.

Dies wird unter anderem dadurch erreicht, dass der gesamte Projektfortschritt inklusive Sourcecode und Dokumentation jederzeit online einsehbar ist (siehe Homepage <https://avaframe.org>, <https://github.com/AvaFrame/avaframe> und <https://docs.avaframe.org> für weitere Informationen).

Die Phase 2 knüpft nahtlos an und erweitert die Arbeiten aus der ersten Phase. Folgende Schwerpunkte haben sich für die aktuelle zweite Phase herauskristallisiert:

- Maintainer und langfristiger Anwender-Support zur Instandhaltung und Gestaltung des offenen Frameworks. Hier geht es um auftauchende Bugs, Verbesserungsmöglichkeiten in der Anwendung, neu auftauchende Interfaces/Versionen/Anwendungen etc. (z.B. QGIS und Datenbankschnittstellen).
- Um eine breite Anwendung zu ermöglichen, wird die Ausbildung über unterschiedlichste Kanäle (auch online) forciert und entsprechende Unterlagen zur Verfügung gestellt.
- Anpassungen auch auf andere gravitative Massenbewegungen, wie z.B. Murgänge oder Felsstürze (Beispiel Fluchthorn) ausloten.
- Weiterentwicklung eines einfachen Staublawinenberechnungsmoduls.

Es wurde eine Reihe von Tests erarbeitet, wobei diese sowohl generische als auch reale Topographien beinhalten. Diese Tests werden verwendet, um sicherzustellen, dass neue Entwicklungen im Einklang mit existierenden Lösungen sind. Sie die-

nen auch als Werkzeug, um die numerische Implementierung zu überprüfen und interne Vergleiche anzustellen und damit die konstante Qualität der Entwicklung im Einklang mit dem aktuellen Praxisleitfaden für die Lawinenberechnungen (Tollinger et al., 2022) zu sichern.

Um eine möglichst einfache und breite Anwendbarkeit zu ermöglichen, wird AvaFrame hauptsächlich in Python programmiert und in vielfältig einsetzbare Module aufgeteilt:

1. Inputmodule: Anbindung QGIS, Verarbeitung der Geodaten für die Lawinensimulation
2. Berechnungsmodule: Fließlawine basierend auf SamosAT, klassisches 1D-Voellmy, statistisches Modell AlphaBeta
3. Analysemodule: Ergebnisse der Fließmodelle (Druck, Geschwindigkeit, Fließhöhe), Aufpralldrücke und Auslaufängen (AIMEC), Validierungstests, Referenzlawinen, Probabilistik/Wahrscheinlichkeitsaussagen, Kalibrierung
4. Darstellungsmodule: Schnittstelle zu QGIS, Ergebnisdarstellung mit Gelände (3D), Analyse der Ergebnisse entlang des Lawinenpfads (2D)
5. Protokollmodule: Simulationsprotokoll, Berichterstellung

Im experimentellen Modus von AvaFrame befindet sich ein Modul zur Berechnung des Gleitschnees. Infolge des Klimawandels kommt es immer häufiger zu Gleitschneeprozessen, die anhand des Berechnungsmoduls nachvollziehbar abgeschätzt werden können.

Ein weiteres Feature im experimentellen Modus von AvaFrame ist die Berücksichtigung von Wahrscheinlichkeiten, z.B. in der Darstellung der Lawinenauslaufängen. Bisher wurden verschiedene Lawinenszenarien mit unterschiedlichen Druckwerten für den GZP dargestellt. Anhand der Simulation von 40 Berechnungsläufen durch Variation der Anbruchmächtigkeit d0 und von mue ergeben sich z.B. für die 1 kPa-Grenzen unterschiedliche Wahrscheinlichkeiten. In Abbildung 3 wird dazu ein

Beispiel angeführt. Zum Vergleich wurde auch die Standardberechnung in Orange hinzugefügt. Diese Betrachtungsweise ermöglicht völlig neue Sichtweisen auf die Berechnungsergebnisse.

Ausblick

Das Projekt „AvaFrame“ bietet die Möglichkeit, das gesammelte Know-how der letzten zwei Jahrzehnte auf einer aktuellen Plattform für die Anwender weiterhin frei zur Verfügung zu stellen.

Die Idee ist, dass in Zukunft neue Entwicklungen, aktuell benötigte Module oder besondere Fragestellungen hinzugefügt werden können und diese dann auf die bestehende Grundstruktur zurückgreifen und einen direkten Vergleich ermöglichen.

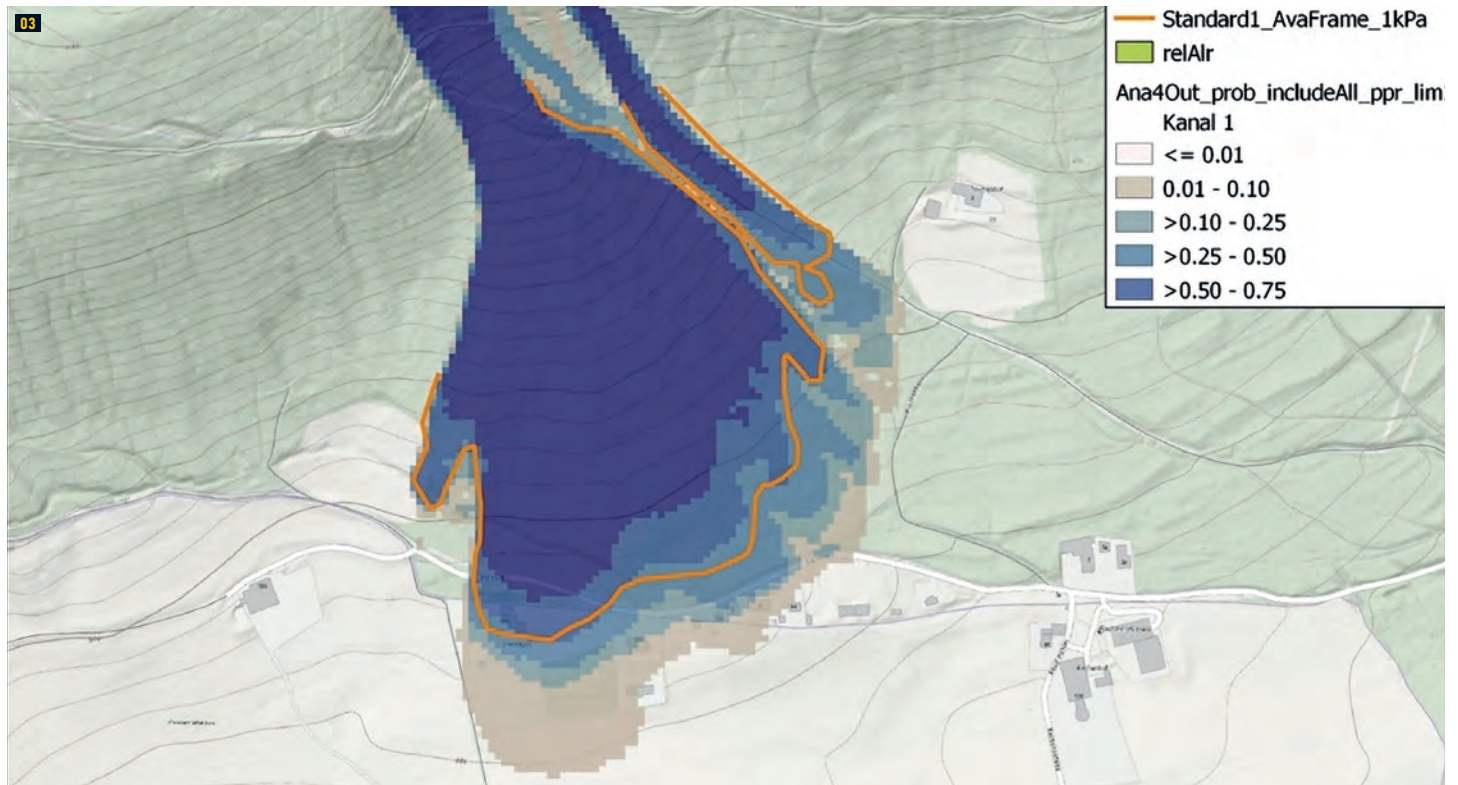
Literaturverzeichnis

- Oesterle F., Wirbel A., Tonnel M., Fischer J-T. (2021). AvaFrame, aktueller Stand und Ausblick. Journal des Vereins der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinerverbauung, 85. Jahrgang, Juni 2021, 187
- Oesterle F., Tonnel M., Wirbel A., Fischer J-T. (2022). avafraframe/ AvaFrame: Version 1.0.1 (1.0.1). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6472952>
- Oesterle F., Granig M., Kofler A., Tollinger C., Fischer J.T. und Mathias L., 2020: Samos Basics. WLW, Fachbereich Lawinen. Innsbruck.
- Tollinger, C., Granig M., Jenner A., Oesterle F., Siegele P., Hochreiter H. (2022): Praxisleitfaden für Lawinensimulationen in der WLW (v1.3). Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus. Wien. URL: https://info.bmlrt.gv.at/themen/wald/wald-und-naturgefahren/wildbach-und-lawinerverbauung/richtliniensammlung/praxisleitfaden_lawinensimulation.html (2022-04-06).

DI Matthias Granig,

Leiter des Fachbereichs Lawinen der Wildbach und Lawinerverbauung in Innsbruck.

03 Beispiel zur Implementierung von Wahrscheinlichkeiten in AvaFrame |





Seit 40 Jahren
starker Partner von

nord stau & adria tief

Wir sehen
uns beim
Lawinen
symposium!

Die größte Auswahl und die beste Beratung für Bergsportler:innen
Wien | Graz | Online: www.bergfuchs.at



01 In der Gruppe auf Skitour unterwegs sein heißt auch in der Gruppe das Risiko abzuschätzen. (Bild: Martin Edlinger) |

10 GKMR + Faktor Mensch als gemeinsame Entscheidungsstruktur in Deutschland

Autor Florian Hellberg



Florian Hellberg

Die Geschichte der Lawinenkunde ist geprägt von der Suche nach der perfekten Methode. Die perfekte Methode identifiziert Hänge, in denen Lawinen abgehen und grenzt sie vom Gelände ab, das sich ohne Lawinenereignis begehen oder befahren lässt. In der Realität stellen sich Lawinensituationen aber extrem komplex und variabel dar, weshalb wir sie nicht komplett erfassen können. Beurteilungsmethoden müssen Struktur geben, aber auch mit Unsicherheiten umgehen. In Deutschland haben sich die alpinen Verbände auf die „GKMR + Faktor Mensch“-Struktur für Lawinenentscheidungen in der Ausbildung geeinigt. Wie haben sich die Zugänge und Ideen in den letzten Jahren im Umgang mit Unsicherheit verändert, wie sieht die „GKMR + Faktor Mensch“-Entscheidungsstruktur aus und wo geht die Reise hin?

Uhren und Wolken

Letztlich gab es zwei grundsätzlich verschiedene

Vorgehensweisen, sich einer Lawinenbeurteilung zu nähern:

- den analytischen Zugang, das Problem über Bedeutung und die Wirkung jedes Einflussfaktors zu verstehen und zu bewerten
- den probabilistischen Zugang, eine Annäherung auf Basis wahrscheinlichkeitsorientierter Entscheidungskonzepte

Die Wahrheit ist in der Schneedecke zu suchen!

Bis in die 1980er Jahre war Lawinenkunde durch analytisches Vorgehen geprägt. Das Modell einer mehr oder weniger homogenen Schneedecke in einem Hang war gängig, weshalb der Fokus auf Schneedeckentests und dem Übertrag aufs umliegende Gelände lag. Das Verständnis der Einflussparameter Niederschlag, Temperatur, Sonneneinstrahlung und Wind auf die Schneedecke sowie der Schneedeckentest bildeten den Kern der Lawinenbeurteilung. Man könnte diesen Zugang zur Lawi-



02 Der analytische und der probabilistische Zugang, Lawinengefahr einzuschätzen, als Uhr und Wolke dargestellt. |

nenkunde mit dem Verstehen einer Uhr vergleichen. Wenn man die einzelnen Zahnräder und deren Zusammenspiel kennt, hat man verstanden, wie die Uhr funktioniert.

„Denken statt schaufeln“

In den 1990er Jahren kam Kritik am Modell der homogenen Schneedecke auf. Der namhafteste Kritiker und radikale Denker war Werner Munter. Nach seinem Modell, das er als „Hotspot Theorie“ beschrieb, variiert die Scherfestigkeit in einem Hang stark. Deshalb lohne sich keine punktuelle Detailbetrachtung. Er forderte stattdessen ein strategisches Umgehen mit Unsicherheiten und wahrscheinlichkeitsorientierte Entscheidungskonzepte. „Denken statt schaufeln“ lautete sein Motto. Munters zweiter Kritikpunkt war, dass die bisherigen Methoden Expertenmethoden sind, die viel Wissen erfordern und es Anfängern extrem schwer und undurchschaubar machen, zu konkreten Entscheidungen zu kommen. Aus dieser Kritik heraus entwickelte Munter das 3x3-Filterssystem und die Reduktionsmethode: Im 3x3-Filterssystem wächst die Informationsgrundlage systematisch, von der Planung über die Situation vor Ort bis zum Einzelhang. Drei Entscheidungspunkte sollen falsche Weichenstellungen verhindern. Die Idee ist, Entscheidungen zu treffen, wenn es noch Handlungsoptionen gibt. In ein Gebiet zu fahren, in dem am Einzelhang nur noch die Handlungsoption „Verzicht“ bleibt, soll das System vermeiden.

Die Reduktionsmethode setzt einem Gefahrenpotential, welches durch die Stufe definiert wird, Geländeverzicht gegenüber. Je höher die Gefahrenstufe ist, auf desto mehr Gelände ist zu verzichten. Der Geländeverzicht wird über die Reduktionsfaktoren umgesetzt, im Wesentlichen über Steilheit und Exposition. So wird ein Risiko ermittelt. Basierend auf dieser Grundidee sind in den darauffolgenden Jahren diverse Methoden entwickelt worden und es folgte in den 2000er Jahren die Hochzeit der Reduktionsmethoden:

Stop or Go, Purtscheller, Lacher, 1999
Snow Card, Engler, Mersch 2001
Graphische Reduktionsmethode, Harvey 2003
Bierdeckel-Methode, W. Munter 2004

Probleme und Muster in der Analytik

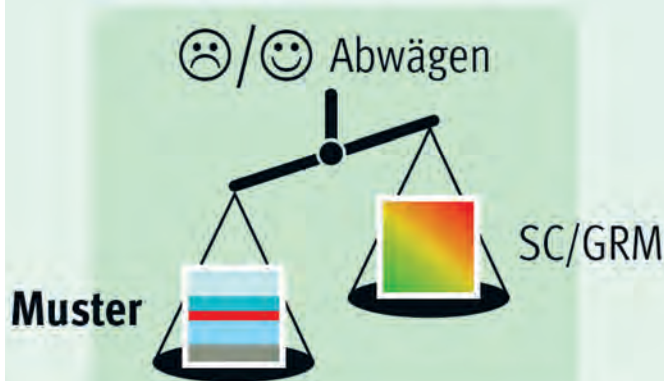
In den Jahren 2010 und 2011 wurden die Konzepte von den 10 Lawinen-Gefahren-Mustern und vier Lawinenproblemen im Magazin „Bergundsteigen“ veröffentlicht. Eine Strukturierung der Analytik mit Anknüpfungspunkten an den Lawinenlagebericht und eine Fokussierung auf Faktoren, die am bedeutendsten sind. Neben diesen Konzepten hat sich das Verständnis der Mechanismen von Schneebrettern deutlich weiterentwickelt.

Dabei begleitete die Entwicklung der Lawinenkunde eine leidenschaftlich und hart geführte Diskussion, welche Methoden zu bevorzugen seien. Die Debatte der Methodenverfechter und die damit verbundene Uneinheitlichkeit in der Lawinenkundeausbildung brachte die Initiative des 1. Deutschen Faltblatts „Achtung Lawinen!“ (2011) hervor.

Die deutschen Faltblätter „Achtung Lawinen!“

Die ersten beiden Faltblätter wurden unter Federführung des DAV zusammen mit dem Verband deutscher Berg- und Skiführer, dem deutschen Skilehrer-Verband, den Naturfreunden Deutschlands, der Polizei Bayerns, der DSV-Ausbildungsakademie, dem Verband Deutscher Heeresbergführer und unterstützt durch die Bergwacht Bayern erarbeitet. Die Vorteile der Methoden zu kombinieren und die Berechtigung der analytischen Herangehensweisen am Einzelhang zu unterstreichen war ein Ziel der ersten Arbeitsgruppe. Herzstück des 1. Deutschen Faltblatts und Gegenstand vieler Diskussionen war die Verortung der Methoden im „3x3“. In Form einer Waage war dargestellt, dass die probabilistischen Methoden „GRM“ und „DAV Snowcard“ in der Planung und das analytische Konzept der Lawinenprobleme (damals noch Muster) am Einzelhang das Hauptgewicht haben. Das Schweizer Faltblatt

Hilfsmittel Schwerpunkt auf Muster



ENTSCHEIDEN IM EINZELHANG

Risiko

LAWINENWAHRSCHEINLICHKEIT

Gesammelten Informationen auf den Einzelhang projizieren

- Wie wahrscheinlich ist eine Lawinenauslösung?
- Gibt es Bereiche, wo eine Lawinenauslösung weniger wahrscheinlich ist?
- Gibt es fremde Faktoren für eine Auslösung z.B. andere Menschen, Seracs?

Anhaltspunkte

- + : eindeutige Anzeichen für günstige Situation, häufig befahren
- : Alarmzeichen / frischer Triebsschnee / akutes Lawinenproblem

KONSEQUENZEN

Mögliche Folgen einer Auslösung bewerten

- Welche Art und Grösse der Lawine ist bei einer Auslösung zu erwarten?
- Was wären die Folgen einer Lawinenauslösung?

Anhaltspunkte

- +/- : harmlose Lawine / auslaufend / nur eine Person betroffen
- - - : grosse Lawine / Geländefälle / mehrere Personen betroffen

Wie sicher ist meine Einschätzung?

Ist das Risiko akzeptabel?



Risikomindernde Massnahmen

VERHALTEN

Mit Routenwahl und Taktik Risiko reduzieren

- Welche Route ist optimal?
- Gibt es sichere Sammelpunkte?
- Ist es umsetzbar, dass nur eine Person exponiert ist?
- Gibt es Alternativen die Schlüsselstelle zu umgehen?
- Welches ist das zweckmässigste Verhalten?

03 Die Darstellung der Gewichtung von Entscheidungshilfen am Einzelhang im 1. Deutschen Faltblatt 2011. | 04 Die Grundstruktur von GKMR ist im 2. Faltblatt für die Entscheidung am Einzelhang in Form von Risiko als Produkt von Lawinenwahrscheinlichkeit, Konsequenzen und risikomindernden Massnahmen enthalten.

„Achtung Lawinen!“ war sowohl Vorlage als auch Vorbild in der Arbeitsweise. Das vom SLF erstmals 1995 herausgebrachte Faltblatt „Achtung Lawinen!“ ist mittlerweile in der 8. Fassung erschienen und bildet den Konsens in der Schweizer Lawinenkundausbildung ab, der vom Kernausbildungsteam „Lawinenprävention Schneesport“ unter Federführung des SLF erarbeitet wurde.

Die Grundlage für die 2. Ausgabe des deutschen Faltblatts „Achtung Lawinen!“ war die 7. Fassung des Schweizer Faltblatts. Inhaltlich blieb die Gewichtung der probabilistischen und analytischen Entscheidungshilfen gleich, nur die Darstellung der Gewichtung der Entscheidungshilfen erfolgte von Stellenwerten. In der Planung haben die probabilistischen Hilfsmittel einen hohen Stellenwert. Am Einzelhang haben, abhängig von Situation und Niveau, die analytischen Hilfsmittel „Muster“ und „Risikofaktoren“ den höchsten Stellenwert. Neu hinzugekommen sind Inhalte zum Faktor Mensch. Deutlich verändert wurde die Entscheidungssystematik am Einzelhang. Dort wird das Risiko als Produkt von Lawinenwahrscheinlichkeit, Konsequenzen eines Lawinenabgangs und risikomindernden Massnahmen bewertet. Damit finden die Konsequenzen eines Lawinenabgangs erstmals Beachtung und das Risiko wird analog der gängigen mathematischen Definition als Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß betrachtet.

Die 3. Ausgabe des deutschen Faltblatts entstand 2021 wieder auf der Grundlage der 7. Fassung des Schweizer Faltblatts. Die nächste Überarbeitung in der Schweiz fand erst 2022 statt. Dieses Mal haben unter der Federführung des Bayerischen Kuratoriums für Alpine Sicherheit der Deutsche Alpenverein, der Verband Deutscher Berg- und Skiführer,

der Deutsche Skilehrer Verband, die Naturfreunde Deutschlands, die Polizei Bayerns, der Deutsche Skiverband e. V., der Verband Deutscher Heeresbergführer und zusätzlich die Bergwacht Bayern, die TU München und der Lawinenwarndienst Bayern ihr Vorgehen zur Beurteilung von Lawinengefahr abgeglichen.

Inhaltlich ist das neue Faltblatt klarer auf die Funktion als Strukturhilfe fokussiert und stellt die Entscheidungsabläufe und die Einordnung von Methoden ins Zentrum. Inhalte und Begrifflichkeiten sind, beispielsweise bei der Lawinengefahrenskala, mit den aktuellen EAWS-Definitionen abgeglichen und deren Definition der Lawinengrößen aufgenommen. Hinzugekommen ist die Zuordnung der Tiroler Gefahrenmuster zu den typischen Lawinenproblemen, eine Empfehlung relevanter Einzugsbereiche zu den Lawinenproblemen und das Modell des Pauschalgefälles als Hilfe, um Auslaufbereiche abschätzen zu können. Eine Gewichtung der probabilistischen und analytischen Entscheidungshilfen in einzelnen Filterebenen des „3x3“ ist nicht mehr vorgenommen, da über den Platz der Methode mittlerweile Einigkeit bestand. Zur Entscheidung ist die GKMR + Faktor Mensch-Struktur eingeführt: Für eine Entscheidung wird das Risiko als Produkt aus Gefahr (Eintrittswahrscheinlichkeit) und Konsequenzen unter Berücksichtigung von risikoreduzierenden Massnahmen sowie Einflüssen des Faktors Mensch bewertet und mit der Risikoakzeptanz abgeglichen. Die „GKMR + Faktor Mensch Struktur soll helfen, methodenoffen alle relevanten Einschätzungen von Entscheidungshilfen und Gedanken zu einer Risikobewertung zusammenzufassen. So sind Entscheidungen auf allen Filterebenen strukturiert und an verschiedene Kenntnislevel anpassbar. Das

Grundsystem geht auf die Kachel „Entscheiden am Einzelhang“ der letzten deutschen Ausgabe bzw. Schweizer Vorlage zurück. Die Abkürzung GKMR stammt von Ben Reuter und Chris Semmel, die diese prägnante Begrifflichkeit in der Bergführerausbildung als Merkhilfe eingeführt haben. Erweitert ist das Grundsystem GKMR um den Faktor Mensch.

GKMR + Faktor Mensch im Detail

Ziel der GKMR + Faktor Mensch-Struktur ist ein bewusster und selbstbestimmter Umgang mit den Risiken, Chancen und Unsicherheiten bei Entscheidungen. Der Reihe nach beurteilt man, welche Gefahren mit welcher Eintrittswahrscheinlichkeit vorhanden sind, schätzt ab, welche Konsequenzen diese nach sich ziehen könnten, plant Maßnahmen, welche die Wahrscheinlichkeit oder Auswirkungen eines Lawinenabgangs reduzieren können und gleicht die abschließende Risikobewertung mit der eigenen Risikoakzeptanz und den Einflüssen des Faktors Mensch ab.

GEFAHR: Je nach Filterebene und Kompetenzniveau können hier verschiedene Methoden helfen zu erkennen und zu beurteilen. In der Planung können probabilistische Methoden wie die DAV-Snowcard, GRM oder Skitourenguru eine Einschätzung der Gefahr liefern. Bei einer groben Beurteilung können die Steilheit des Hanges und Beobachtungen von Alarmzeichen in ähnlichen Hängen, frische Spuren sowie eine Bewertung des Lawinenproblems aus dem Lawinenlagebericht, ergänzt durch eigene Überlegungen, helfen. Eine detaillierte Einschätzung der Auslösewahrscheinlichkeit von Lawinen kann dann über die Fragen: „Ist eine Schwachschicht initialisierbar? Wie gut breitet sich ein Bruch aus? Wie ist die Variabilität der Schneedecke im Hang?“ vorgenommen werden. So können Schneesportler:innen, die sich auf verspurten Modetouren oder Abfahrten bewegen, bis hin zu denjenigen, die eine Beurteilung von unverspurten Hängen abseits von Lawinenlageberichten vornehmen, Gedanken zur Gefahreinschätzung sammeln. Abschließend bleibt noch die Frage nach weiteren Gefahren: Besteht die Gefahr von Selbstauslösungen? Können andere Gruppen Lawinen auslösen oder die Wirksamkeit meiner Maßnahmen einschränken? Ist die Gefahr durch Wechten, Gletscherspalten, Sturz oder Absturz relevant?

KONSEQUENZEN: Die Konsequenzen eines Lawinenabgangs können über verschiedene Faktoren abgeschätzt werden: die Folgeschwere einer mechanischen Verletzung durch Hindernisse oder Ab-

sturzgelände, der Verschüttungsgrad anhand der Schneemenge oberhalb der Spur sowie des Geländeverlaufs und die mögliche Opfer-Helfer-Verteilung anhand der Anzahl der Personen im Gefahrenbereich bzw. der Anzahl und Qualität der Helfer.

MASSNAHMEN: Können Maßnahmen die Auslösewahrscheinlichkeit einer Lawine verringern und/oder die Konsequenzen eines Lawinenabgangs wirkungsvoll reduzieren? Entlastungsabstände können auf die Auslösewahrscheinlichkeit einwirken und Einzelbefahrung sowie sichere Sammelpunkte mit Sichtkontakt die Konsequenzen beeinflussen.

RISIKO: Bei der Bewertung des Risikos werden Überlegungen zu Gefahren, Konsequenzen und wirksamen risikoreduzierenden Maßnahmen zu einem Risiko zusammengefasst und verbunden mit der Frage: Ist alles berücksichtigt, gibt es offene Fragen oder Unsicherheiten bei der Bewertung? Das zusammengefasste Risiko wird mit dem individuellen Risikolevel abgeglichen.

FAKTOR MENSCH: Dieser Faktor muss nicht unbedingt am Ende der Überlegung stehen. Denn letztlich sind grundsätzliche Fragen: Was sind unsere Ziele? Wie viel Risiko ist für uns akzeptabel? Bei einzelnen Entscheidungen lohnt sich aber am Ende nochmal ein Blick auf diese Aspekte, ergänzt durch die Frage, ob wir in der Lage sind, gute Entscheidungen zu treffen. Oder beeinflussen uns Druck, Wahrnehmungstäuschungen, Gruppenphänomene oder/und unklare Kommunikation?

05 Die GKMR + Faktor Mensch-Struktur zum Entscheiden aus der 2. Ausgabe des deutschen Faltblatts.

Entscheiden

Gefahr

- Analytische Einschätzung**
des Lawinenproblems hinsichtlich seiner Ausprägung:
- Bruchinitiation
 - Bruchfortpflanzung
 - Geländefaktoren
- Probabilistische Einschätzung**
- SnowCard
 - GRM
 - Skitourenguru

Maßnahmen

- zur Verringerung der
- Auslösewahrscheinlichkeit
 - Konsequenzen

Konsequenzen

- mechanische Verletzungen
- Verschüttung
- involvierte Personen



berücksichtigen

Faktor Mensch

- Wahrnehmungsfallen
- Gruppenphänomene
- Intuition
- Kommunikation

ENTSCHEIDEN: Die Alternativen mit den bewerteten Risiken abwägen und Entscheidungen treffen, kommunizieren sowie umsetzen.

Was bleibt

Papier ist geduldig! Konzepte in der Ausbildung sind eine Seite, die andere ist, was bei Schneesportler:innen zur Anwendung kommt. Wie die in den Wintern 2020 und 2022 erhobene DAV-Skitourenstudie zeigt, kommen viele Ausbildungskonzepte bei Wintersportler:innen nur im geringen Maße zum Einsatz. In der Weiterentwicklung der Lawinenkundeausbildung versuchen wir deshalb in der Arbeitsgruppe „Lawinen“ des Bayerischen Kuratoriums auf Vermittlungshilfen zu setzen, um die Chancen zu erhöhen, dass Konzepte bei Schneesportler:innen ankommen. So ist z. B. das Lawinenkunde-Memory entstanden, mit dem sich Inhalte spielerisch vermitteln lassen. Bei weiteren Konkretisierungen der GKMR + Faktor Mensch - Struktur versuchen wir Anknüpfungspunkte mit Schneesportler:innen zu finden. Die DAV-Skitourenstudie liefert dafür folgende Ansatzpunkte: Die Lawinenprobleme sind bei den Skitourengestern in hohem Maße bekannt und akzeptiert. Um sich über die Lawinensituation zu orientieren, war für 99% der Gruppen der Lawinenlagebericht das Standardtool. Daneben gaben 51% an, vorhandenen Spuren zu folgen, um der Lawinengefahr zu entgehen, und 49% gaben zudem an, standardmäßig analytische Überlegungen auf der Basis der Lawinenprobleme durchzuführen.

Die perfekte Methode liegt weiterhin in der Ferne. Teil von Lawinenkunde ist, mit Unsicherheiten umzugehen. Die GKMR + Faktor Mensch - Struktur soll uns dabei helfen, die Trefferquote von Entscheidungen zu erhöhen bzw. unser Risiko in einen von uns akzeptablen Bereich zu bringen. Wobei zu bedenken ist: Lawinengefahr bedeutet Lebensgefahr und der Tod eines Menschen ist schwer zu akzeptieren. Deshalb ist die Struktur Gefahr x Konsequenz - Maßnahmen = Risiko nicht als mathematische Vorschrift zu sehen. Auf der Gefahr (Auslösewahrscheinlichkeit von Lawinen) liegt das Hauptaugenmerk.

Abbildungen

Elena Fergnani, Deutsche Faltblätter „Achtung Lawinen!“ 1. bis 3. Ausgabe

Literatur

Forschungsgruppe Winter der DAV-Sicherheitsforschung (2022). Wie gehen Skitourengruppen bei ihren Entscheidungen vor? Bergundsteigen, #122, 44-53.

Hellberg Florian

Physik-Ingenieur, Berg- und Skiführer, Mitglied im VDDBS-Bergführerlehrteam und war langjähriger Mitarbeiter bei der Sicherheitsforschung des DAV Leiter der Projektgruppe „Lawinen“ des bayerischen Kuratoriums für Alpine Sicherheit

THE NEW BENCHMARK



PIEPS PRO IPS

Nach vier Jahren Entwicklung präsentiert PIEPS das erste LVS Gerät mit Interference Protection System gegen Störungen und Dual Antenna Signal Processing für beste Signalqualität. Dies führt zu einer beeindruckenden Suchstreifenbreite von 80 Metern. Die optimale Suchunterstützung, Bluetooth & App Support, sowie spezielle Funktionen für alle Profis im Bergsport machen das PRO IPS zum leistungsstärksten LVS Gerät seiner Klasse.

[pieps.com](https://www.pieps.com)

 **PIEPS**



01 Anhand der Schneefahnen kann man im Winter windiges Wetter auf den Bergen recht leicht erkennen. (Quelle: Gerhard Hohenwarter) |

11 Winterwetter

Autor Gerhard Hohenwarter



Gerhard Hohenwarter

Das Winterwetter steht in großem Gegensatz zum Sommerwetter. Dominieren im Sommerhalbjahr die kleinräumigen und kurzfristigen Wetterprozesse, so sind es im Winter die großräumigen Hoch- und Tiefdruckgebiete, welche die Wetterentwicklung dominieren.

Ab dem 23. September sind die Nächte länger als die Tage und zusätzlich ist der Einfallswinkel der Sonneneinstrahlung schon relativ flach. Dies hat zur Folge, dass immer weniger Energie die Nordhalbkugel erreicht. Die Sonne hat nicht mehr die Kraft, um die Atmosphäre kräftig zu erwärmen. Quellwolken bleiben klein und Gewitter sind nur mehr sommerliche Erinnerungen. Der Winter steht vor der Tür.

Im Winterhalbjahr dominieren beim Wetter die großräumigen Verlagerungsprozesse von Warm- und Kaltfronten, welche sich mit der Polarfront verlagern. Die Polarfront selbst stellt den Übergangsbereich zwischen den kühlen, im Winter dann auch kalten Luftmassen im Norden und der milden, teils

subtropischen Luft im Süden dar.

Je nach Jahreszeit und auch Großwetterlage verändert die Polarfront ständig ihre Position. Im Sommerhalbjahr liegt sie allgemein etwas weiter nördlich. Von Süden schiebt sich das subtropische Hoch herauf, welches in den Mittelmeerländern meist über Wochen für stabiles und trockenes Wetter sorgt. Wandert das Hoch noch weiter nach Norden, erleben wir auch im Alpenraum tendenziell trockenes und heißes Sommerwetter. Mit der nachlassenden Sonneneinstrahlung beginnt sich im Laufe des Herbstes über dem Nordpol ein Kaltluftkörper aufzubauen. Die Wärme zieht sich in den Süden zurück, die Polarfront wandert südwärts.

Die Polarfront selbst kann man sich wie eine große Welle vorstellen. Wandert die Welle von Westen her über den Alpenraum, gelangt zunächst feucht-warme Luft aus dem Mittelmeer (Südstau) zu uns. Ist der Scheitelpunkt der Welle durchgezogen, dreht die Strömung auf Nord oder Nordwest. Kühle oder kalte Atlantikluft gelangt nach Österreich. Die

genaue Position der Wetterwelle legt nun fest, ob es nördlich oder südlich des Alpenhauptkamms zu Niederschlag kommt und ob es sich um Regen oder Schnee handelt.

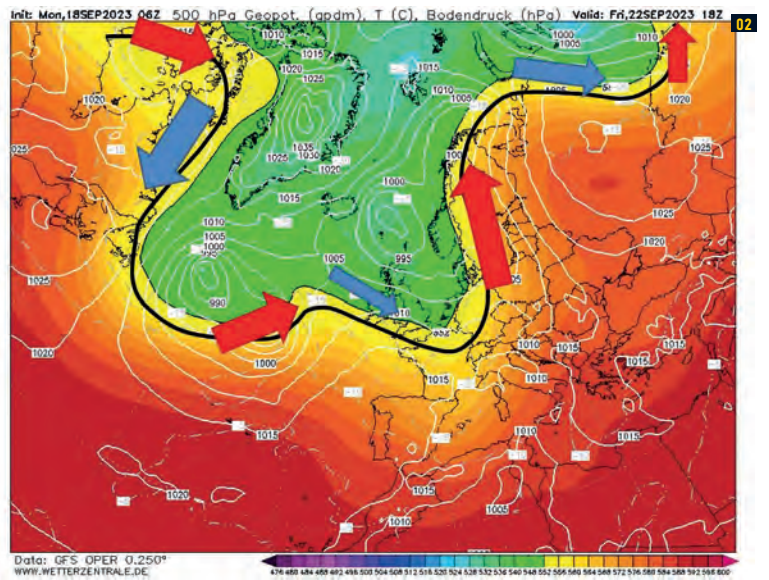
Diese Wetterwellen können unglaubliche Nord-Süd-Erstreckungen (Amplitude) erreichen und bis nach Nordafrika vorstoßen. Je größer die Amplitude der Wetterwelle ist, desto langsamer zieht sie. Das bedeutet, dass ein und dieselbe Wetterlage länger anhält. Genau das passiert durch den Klimawandel. Das hat zur Folge, dass sich Niederschlagsperioden oder Trockenphasen verlängern. Die Atmosphäre neigt schon immer dazu, dass sich Wetterlagen gerne wiederholen. Wenn sie nun auch noch langlebiger werden, dann hat das markante Auswirkungen auf die Niederschlagsverteilung.

Im Mittel gibt es im Alpenraum mehr Nord- als Südstaulagen. Dadurch weisen die klassischen Nordstaulagen eine gewisse Schneesicherheit auf. Die größeren Niederschlagsmengen gibt es aber bei Südstaulagen. Denn von Süden her wird meist wärmere Luft herangeführt als von Norden. Wärmere Luft kann aber mehr Feuchtigkeit aufnehmen als kalte Luft. Und natürlich auch wieder abgeben. Zusätzlich steht durch das fast bis zu den Südalpen angrenzende Mittelmeer auch ein zusätzlicher Feuchtigkeitsspender parat.

Niederschlagsereignisse südlich des Alpenhauptkamms treten demnach zwar seltener auf, fallen aber im Mittel stärker aus als ihr Gegenüber an der Alpennordseite.

Stellt sich nun die Frage: Wann schneit es überhaupt und wie stark kann es eigentlich schneien?

Wann es schneit, scheint auf den ersten Blick ganz klar und einfach beantwortbar zu sein. Liegt die Lufttemperatur unter 0°C, kann die Schneeflocke nicht schmelzen und es schneit. Man muss also nur die 0°C-Grenze kennen und kann die Schneefallgrenze vorhersagen. Denn im Regelfall schafft es eine Schneeflocke rund 200 bis 300 Höhenmeter unter die 0°C-Grenze, ehe sie geschmolzen ist. Die Vorhersage der Schneefallgrenze scheint demnach nicht allzu schwer zu sein.

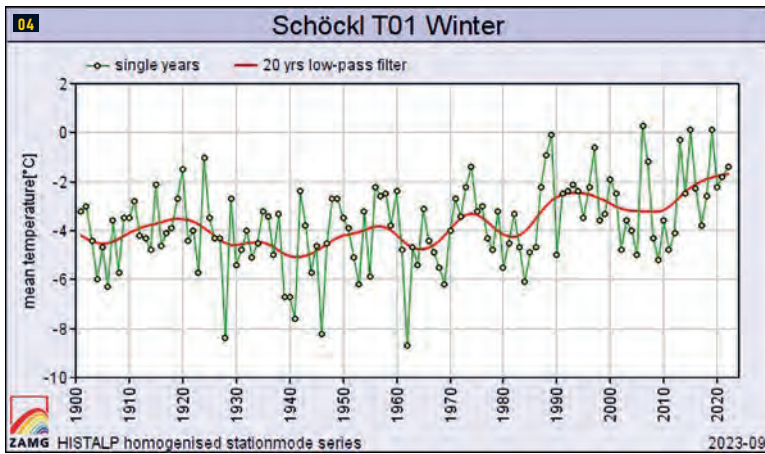


02 Beispiel von Wetterwellen über Europa. Die Luft weht in der Höhe ungefähr parallel zu den Farbflächen. Die Pfeile heben den Transport von Warm- oder Kaltluft hervor. (Quelle: www.wetterzentrale.de) |

Ganz so einfach ist es aber nicht. Denn die Schneefallgrenze wird auch noch von der Temperaturverteilung mit der Höhe (Stichwort Inversion), der Niederschlagsintensität als auch dem Wind maßgeblich beeinflusst. In den Tälern Osttirols und Oberkärntens ist das Absinken der Schneefallgrenze im Zusammenhang mit Starkniederschlägen gang und gäbe. Fast jeden Winter gibt es Schneefallereignisse im Lienzener Becken oder Gailtal (600 bis 700 m), bei denen es trotz einer 0°C-Grenze von 1500 m bis ins Tal hinab schneit. Bei hohen Niederschlagsraten wird der Atmosphäre durch das Schmelzen des Schnees so viel Energie entzogen, dass die Luft kräftig abkühlt und die Schneefallgrenze immer weiter absinkt. Dieser Effekt funktioniert besonders gut, wenn es sich um kleine (geringes Volumen) und windgeschützte Täler handelt. Je weniger Luft (schmales Tal) vorhanden ist und je weniger frische Luft (kein Wind) herangeführt wird, desto schneller sinkt die Schneefallgrenze ab. Durch den Klimawandel wird es nun aber immer wärmer (bisher im Winter Anstieg um rund 2°C). Dadurch schneit es in vielen Regionen immer seltener bis ganz herunter (Beispiel Graz). Gleichzeitig kann warme Luft aber mehr Feuchtigkeit aufnehmen als kalte Luft. Also fallen die Niederschlagsereignisse stärker aus. Dadurch funktioniert die

03 Absinken der Schneefallgrenze durch starken Niederschlag. Für das Schmelzen der Schneeflocke wird Energie benötigt. Dadurch kühlt die Luft ab und die Schneefallgrenze sinkt. (Quelle: Gerhard Hohenwarter) |





04 Temperaturentwicklung am Schöckl seit 1901 (Wintertemperatur Dezember, Januar, Februar) (Quelle: GeoSphere Austria) |

Niederschlagsabkühlung besser und in besagten engen und geschützten Tälern kann es extrem stark schneien.

Das Extrembeispiel hierfür datiert aus dem Dezember 2020. Damals fielen in Kornat im Lesachtal binnen 24 Stunden 190 mm Niederschlag. Das ist absoluter Österreichrekord für die Wintermonate Dezember, Jänner und Feber. Im Vergleich dazu: An der Alpennordseite liegen die Winterrekorde an den Stationen der Geosphere Austria allesamt unter 130 mm!

Stellt sich nun die Frage, wieviel Schnee entspricht eigentlich 1mm Niederschlag. Bei Temperaturen um 0°C entspricht 1 mm Niederschlag etwa 1 cm Neuschnee. Die 190 mm Niederschlag in Kornat hätten damals also fast 2 m kompakten Neuschnee bedeu-

tet. Aufgrund wechselnder Niederschlagsintensität sowie einer Frostgrenze um 2000 m pendelte die Schneefallgrenze beim Extremniederschlagsereignis im Dezember 2000 jedoch zwischen 700 und 1800 m. Im Lesachtal selbst fielen je nach Höhenlage 50 bis etwa 100 cm nasser Neuschnee.

Je kälter die Luft ist, desto weniger Feuchtigkeit kann sie aufnehmen. Die Niederschläge fallen geringer aus. Dadurch verändert sich aber auch die Form der Schneeflocken. Die Flocken selbst greifen nicht mehr so gut ineinander, die Lufteinschlüsse in der Schneedecke nehmen zu, der Pulverschnee ist geboren. Bei deutlich frostigen Temperaturen bringt 1 mm Niederschlag 2 bis 3 cm Neuschnee.

Ob es nun nass oder trocken und pulvrig schneit, der Schnee stark verweht wird oder es überhaupt nur regnet, hängt also sehr stark von den Wetterwellen und deren genauen räumlichen Lage als auch den topografischen Gegebenheiten einer Region ab.

Das bringt uns zur Wettervorhersage. Großräumig lässt sich die Verlagerung der Polarfront mittlerweile sehr gut vorhersagen. Die kleinräumigen Entwicklungen und Auswirkungen stellen die Meteorologen und Meteorologinnen aber noch immer vor große Herausforderungen. Bei der Planung von Schitouren sollte aber ein geschriebener Text immer eine wichtige Grundlage bilden. In einem Text können Unsicherheiten deutlich besser abgefangen werden als in einem Symbol. Der Verlauf des Wetterumschwungs oder der Wetterentwicklung kann in Worten einfach viel besser beschrieben werden.

05 Starkschneefall (Quelle: Gerhard Hohenwarter) |



Automatische Prognosen auf stündlicher Basis täuschen oftmals auch eine Genauigkeit vor, welche es nicht gibt.

Grundsätzlich gilt im Winter, dass man bei sich abzeichnenden Wetterumschwüngen tendenziell passiver unterwegs sein sollte. Denn grundsätzlich gibt es abseits der Lawinengefahr bei Schnee im Gebirge zwei markante Wetterverhältnisse, welche für den Schitourengeher oder die Schitourengeherin gefährlich werden können.

Das eine davon ist das allseits bekannte „Whiteout“. Hierbei handelt es sich um das Zusammenspiel aus weißer Schneedecke und Nebel. Der Alpinist oder die Alpinistin verliert jeden Anhaltspunkt. Man kann weder die Steilheit des Geländes noch die eigene Bewegungsgeschwindigkeit einschätzen. Dadurch besteht die Gefahr des Schwindels. Neben Orientierungsverlust und Sturzgefahr steigt auch das Risiko, in steiles absturzgefährdetes Gelände oder Hänge mit erhöhter Lawinengefahr zu gelangen.

Der kleine Bruder des „Whiteouts“ ist die diffuse Sicht. In diesem Fall liegt die Wolkendecke zwar nicht auf und die horizontale Sicht ist gegeben. Die Bodensicht ist durch das Fehlen von Kontrasten jedoch stark eingeschränkt. Kleinere Geländestufen zeichnen sich nicht ab. Sowohl im Aufstieg als auch bei der Abfahrt erhöht dies das Risiko. Denn man erkennt keine Geländekonturen. Weder kleine Wellen noch steile Hangpassagen werden vom Auge wahrgenommen. Dies steigert zum einen das Sturzrisiko und zum anderen die Gefahr, eine Lawine auszulösen.

Deshalb gilt es im Winterhalbjahr bei Schitouren oder Schneeschuhwanderungen ganz besonders auf Hinweise zu einem Wolkenaufzug zu achten. Denn schon vor dem gefürchteten „Whiteout“ steigt durch diffuses Licht das Gefährdungspotential deutlich an.

Im Gegensatz zum Sommerhalbjahr kommt es im Winter im Regelfall jedoch nicht zu plötzlichen Wetterwechseln (Stichwort im Sommer: Wärmegewitter). Gerade an etwas unsicheren Tagen sollte man den Himmel aber auch im Winter ganz genau im Auge behalten, um nicht sich oder seine Gruppe in Gefahr zu bringen.

Die letzte große Gefahr im Winter bringt die Kombination aus Wind und Kälte. Bei winterlicher Kälte ist es extrem entscheidend, ob es windstill ist oder nicht. Denn im Gegensatz zum Sommer hat die Sonne im Winter nicht die notwendige Kraft, um für ausreichende Erwärmung des Körpers zu sorgen. Dadurch kommt als Wärmequelle nur die Kleidung in Frage. Abkühlend wirkt aber bereits die Lufttemperatur. Kommt nun noch Wind dazu, kühlt der



06 White out (Quelle: Gerhard Hohenwarter) |

Körper noch schneller ab; diesen Effekt nennt man Windchill. Bereits leichter Wind kann die gefühlte Temperatur um mehrere Grad reduzieren. Windgeschwindigkeiten von 20 km/h führen dazu, dass sich Temperaturen von -5°C schon wie -12°C anfühlen. Dementsprechend stellt eine Information über den Wind nicht nur aufgrund der Lawinengefahr eine unverzichtbare Information bei der Tourenplanung im Winter dar.

Gerhard Hohenwarter

Meteorologiestudium in Wien, seit über 10 Jahren Meteorologe und Klimatologe an der Regionalstelle der GeoSphere in Klagenfurt

Lehrbeauftragter an der Uni Klagenfurt, Aus- und Fortbildner bei der Bergrettung, beim Alpenverein, dem Nationalpark Hohe Tauern und den Kärntner Bergwanderführern



01 Zur Abschätzung der Schneedeckenstabilität helfen Belastungstests und der Blick in die Schneedecke. (Foto: Sandro Zangrando) |

12 Schneebrettgefahr? Blick in die Schneedecke und Daumenmethode – neue Ansätze zur Einzelhangbeurteilung beim LWD Bayern


Autor Christoph Hummel



Christoph Hummel

Die Vereinigung der Europäischen Lawinenwarndienste (EAWS) hat im Sommer 2022 auf ihrer Generalversammlung eine neue Matrix zur Bestimmung der Lawinengefahrenstufe verabschiedet. Die beiden separaten Matrizen für Zusatzbelastung und Selbstausslösung konnten in der neuen Matrix zusammengeführt werden, indem die Kategorie „Wahrscheinlichkeit der Lawinenauslösung“ unter dem Namen „Schneedeckenstabilität“ neu definiert wurde. Alle Situationen, in denen mit der Selbstausslösung von Lawinen zu rechnen ist, werden nun der Stabilitätsklasse „sehr schlechte Stabilität“ zugeordnet. Dieser Klasse wird auch ein Schneedeckenaufbau zugeordnet, bei dem eine Lawinenauslösung durch geringe Zusatzbelastung als wahrscheinlich angesehen wird. Andere Situationen werden entsprechend bestimmter Indikatoren den drei verbleibenden Klassen „schlechte Stabilität“, „mittlere Stabilität“ und „gute Stabilität“ zugeschrieben. Abbildung 2 zeigt die vier Stabilitätsklassen und jeweils typische Alarmzeichen, Lawinenauslöseim-

pulse und Schneedeckentestergebnisse. Neben den Schneedeckentests „Extended Column Test“ (ECT) und „Rutschblock“ gibt es eine Reihe weiterer Verfahren zur Bestimmung der Auslösewahrscheinlichkeit trockener Schneebretter. Im Lawinenwarndienst Bayern hat sich der „Kleine Blocktest“ (KBT) bewährt, international hat sich der ECT aufgrund seiner Praktikabilität gegenüber dem Rutschblock durchgesetzt. Bis zuletzt fehlte jedoch eine einfache und eingängige Methode, die vom Testergebnis direkt zur Stabilitätsklasse führt. Die bisher veröffentlichten Testinterpretationen (vgl. ECT in Abb. 2) sind für den Umgang mit den Testergebnissen in der Praxis nur bedingt geeignet. Im Lauf der letzten drei Winter haben die Mitarbeiter der Lawinenwarnzentrale am Bayerischen Landesamt für Umwelt neben dem KBT auch den ECT in die Ausbildung der Mitglieder des Bayerischen Lawinenwarndienstes aufgenommen und sich intensiv mit den beiden Schneedeckentests und ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen auseinandergesetzt.

	Snowpack stability class			
	Very poor	Poor	Fair	Good
Typical sign of instability*	Natural release			
	Long-running whumpf	Short-running whumpf		
	Shooting cracks			
Trigger		Low load+	High load++	
			Cornice fall	
			Explosives	
Extended column test**	ECTPV ECTP <14		ECTP > 13 & ECTP <23	ECTP > 22 ECTN <10
	ECTN > 10 ECTX			
Rutschblock**	RB1 (wB, pR) RB2 (wB)		RB2 (pR) RB3 (wB)	RB3 (pR) RB4-5 (wB)
	RB4-5 (pR) RB6-7			

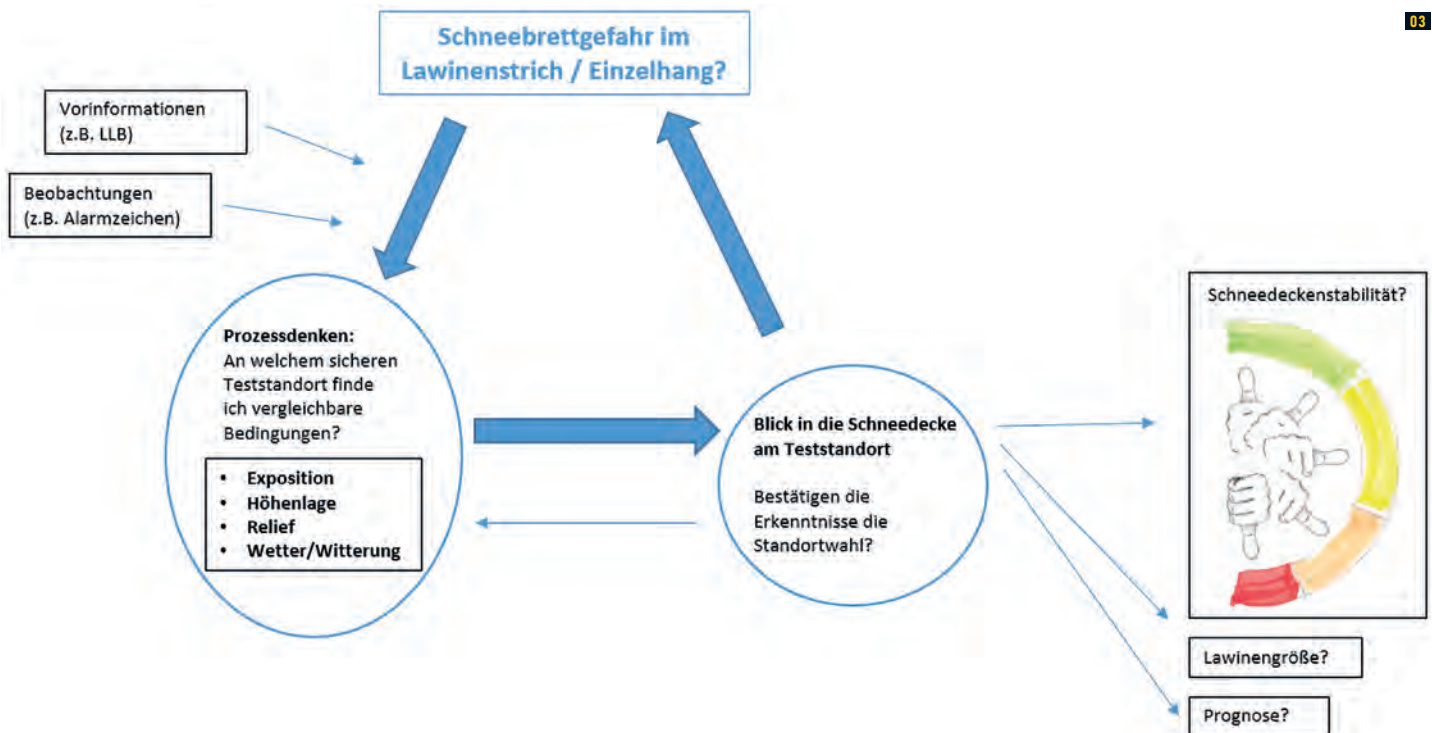
02 Die vier EAWS-Schneedeckenstabilitätsklassen und typische Indikatoren (Quelle: EAWS). |

Dabei stellten sie fest, dass die beiden Tests an den meisten Teststandorten vergleichbare Ergebnisse hervorbringen und sich gegenseitig bestätigen. Nur selten machen sich die Unterschiede der beiden Tests bemerkbar. Der wichtigste Unterschied ist das Belasten des Testblocks, der beim KBT seitlich und beim ECT von oben erfolgt. Wenn sich die Testergebnisse wesentlich unterscheiden, dann deckt in der Regel einer der Tests ein Problem auf, das der andere „übersieht“. Mit Hilfe der zusätzlichen Erkenntnisse, die der kompetente Tester beim Blick in die Schneedecke erhält, lassen sich solche Unterschiede in der Regel durch Prozessdenken erklären, sodass logische Schlussfolgerungen gemacht und brauchbare Aussagen zur Schneedeckensta-

bililität abgeleitet werden können. Mit Blick in die Schneedecke wird all das bezeichnet, was zu einem Erkenntnisgewinn bezüglich der Lawinengefahr durch die bewusste Auseinandersetzung mit dem Schneedeckenaufbau führt. Prozessdenken ist das Verständnis der Entstehung des lokalen Schneedeckenaufbaus und seiner Übertragbarkeit ins Gelände (vgl. Abb. 3).

Bei der Einzelhangbeurteilung vor Ort gilt es, mit Hilfe des Blicks in die Schneedecke zu einer Aussage bezüglich der Gefahr einer Lawinenauslösung und der potentiellen Lawinengröße zu kommen. Diese beiden Aspekte der Schneebrettgefahr sind die zentralen Größen, wenn es darum geht, im Rahmen eines risikobewussten Entscheidungsprozesses

03 Vorgehen bei der analytischen Beurteilung der Schneebrettgefahr im Einzelhang mittels Prozessdenken und Blick in die Schneedecke. |



ses die passenden Maßnahmen zum Umgang mit der Gefahr zu finden. Mit Hilfe des Prozessdenkens wird zu diesem Zweck als Erstes ein sicherer und repräsentativer Teststandort zur Beurteilung des fraglichen Einzelhangs ausgewählt. Dieser Ort muss bezüglich des Schneedeckenaufbaus vergleichbare Bedingungen vorweisen wie der zu beurteilende Einzelhang. Dort liefert der Blick in die Schneedecke Informationen zum Schneedeckenaufbau: Findet sich eine Kombination aus Brett und Schwachschicht? Wenn ja: Welche Eigenschaften haben die beiden Schichten und wie sind diese Eigenschaften hinsichtlich Bruchinitiierung und -fortpflanzung zu bewerten? Welche Prozesse haben zu diesem Schneedeckenaufbau geführt? Und zuletzt: Ist zu erwarten, dass diese Prozesse so auch im zu beurteilenden Einzelhang stattgefunden haben? Wenn die letzte dieser Fragen mit „Ja“ beantwortet wird, dann kann eine Gefahreneinschätzung für diesen Einzelhang erfolgen.

Alle Schneedeckentests haben gemein, dass sie Aussagen zur Wahrscheinlichkeit von Bruchinitiierung und Bruchfortpflanzung machen. 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. Mit der neu entwickelten Daumenmethode lassen sich die Ergebnisse der beiden Schneedeckentests ECT und KBT einfach und einprägsam 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). Beim ECT helfen die „Schnapszahlen“ 11 und 22 dabei, Testergebnisse den drei Kategorien „schlecht“, „mittel“ und „gut“ zuzuweisen. Beim KBT sind dies die drei Abstufungen, mit denen der Testblock abgeklopft wird (leichtes, mäßiges bzw. starkes Klopfen).
- Die Bruchart ist ein Indiz dafür, ob sich ein Bruch innerhalb der Schwachschicht fortpflanzen kann: ECT-Ergebnisse mit vollständiger Bruchfortpflanzung (ECTP) entsprechen glatten Bruchflächen beim KBT, ECT-Ergebnisse mit teilweiser Bruchfortpflanzung (ECTpp) sind wie raue Bruchflächen beim KBT als „mittel“ einzustufen und ECT-Ergebnisse ohne Bruchfortpflanzung (ECTN) können als Indiz dafür betrachtet werden, dass sich Brüche innerhalb der Schwachschicht nicht fortpflanzen.
- Die Daumenmethode führt, wie in Abb. 4 dargestellt, über die Kombination der beiden Daumenstellungen zu einer der vier EAWS-Stabilitätsklassen.

Die Lawinenwarnzentrale am Bayerischen Landesamt für Umwelt hat die Daumenmethode in ihren Kursen bereits erfolgreich erprobt. Sowohl Anfänger als auch Fortgeschrittene konnten innerhalb kurzer Zeit damit Testergebnisse problemlos

04 Beispiel zur Implementierung von Wahrscheinlichkeiten in AvaFrame |

Test	Bruchinitiierung Belastungsstufe	Bruchausbreitung Bruchart	Stabilität
ECT Extended Column Test	0-11 ->	ECTP ->	
	11-22 ->	ECTpp ->	
	22-31 ->	ECTN ->	
... die Mittelstellung der Daumen führt zur Stabilitätsklasse:			
KBT Kleiner Blocktest	leichtes Klopfen ->	glatter Bruch ->	
	mäßiges Klopfen ->	rauer Bruch ->	
	starkes Klopfen ->	gestufter Bruch ->	
	Brett dick und hart?* ->		

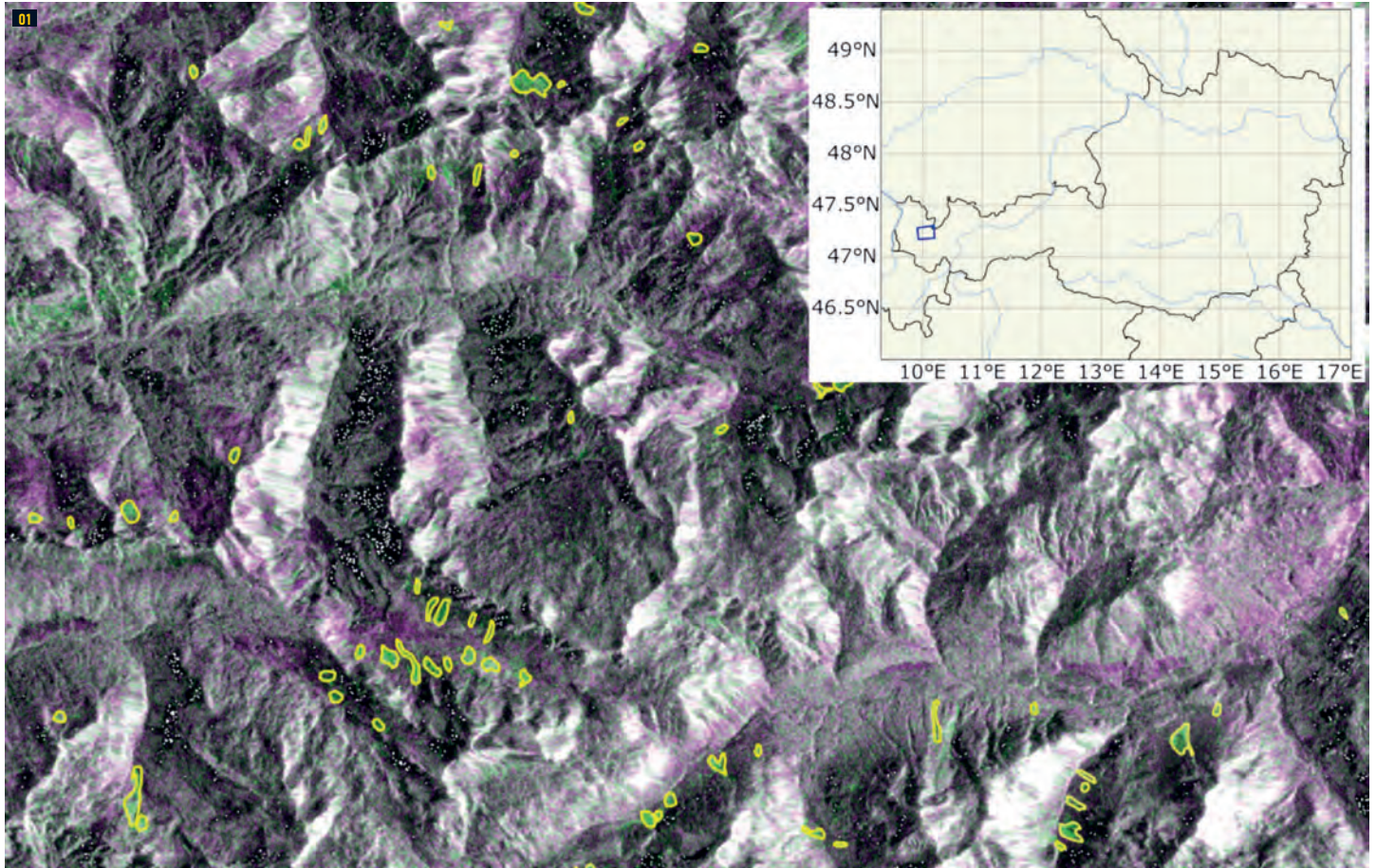
in sinnvolle Aussagen zur Schneedeckenstabilität umwandeln. Voraussetzung dazu ist das Erlernen des Handwerkzeugs für die beiden Schneedeckentests. Wer größeres Hintergrundwissen hat, erhält beim Blick in die Schneedecke weitere Informationen (Schneedeckenaufbau, Härten und Kornformen der unterschiedlichen Schichten usw.), mit deren Hilfe die Gefahreinschätzung weiter präzisiert werden kann. Insbesondere die Informationen zu Mächtigkeit und Härte der die Schwachschicht überlagernden Schichten können die Aussage des KBT zur Bruchinitiierung in Richtung „höhere Stabilität“ beeinflussen. Da sich die beiden Aspekte jedoch andersrum hinsichtlich der potentiellen Lawinengröße eher in Richtung „gefährlicher“ verhalten, bedarf die Anwendung dieser Freiheit in der Testauslegung größeren lawinenkundlichen Hintergrundwissens.

Der Einführung des ECTs in die Ausbildung der Bayerischen Lawinenwarnzentrale folgt nun mit der

Daumenmethode ein praktikables und einheitliches Verfahren zur Interpretation der Testergebnisse von KBT und ECT zur Beurteilung der Gefahr trockener Schneebrettlawinen. Die Lawinenwarnzentrale am Bayerischen Landesamt für Umwelt erwartet sich durch diese Neuerung künftig noch einheitlichere Informationen seitens ihrer Informationsgeber aus dem Gelände. Kompetente Wintersportler*innen können die Methode anwenden, um Informationen aus dem Lawinenlagebericht im Gelände besser überprüfen zu können. Natürlich ist jeder Schneedeckentest nicht mehr als eine punktuelle Betrachtung der komplexen Realität. Deshalb darf ein Testergebnis bei der Risikobewertung und der anschließenden Entscheidung – „fahren oder nicht fahren?“ – nie überbewertet werden. Wer jedoch viele Schneedeckentests durchführt, sich lawinenkundlich fortbildet und den Blick in die Schneedecke in Kombination mit Prozessdenken übt, vergrößert damit sein Beurteilungsvermögen am Einzelhang.

Christoph Hummel

Staatl. gepr. Berg- und Skiführer, ehem. Mitarbeiter der DAV Sicherheitsforschung,
seit 2020 Mitarbeiter der Lawinenwarnzentrale am Bayerischen Landesamt für Umwelt



01 Automatisierte Lawinenerkennung aus einem SAR-Bild eines Gebiets in Westösterreich (Inset) mit dem Algorithmus von Eckerstorfer et al. (2019). Der Algorithmus erzeugt ein RGB-Veränderungserkennungsbild aus zwei Sentinel-1-SAR-Bildern vom 28. Januar und 9. Februar 2016 und zeigt damit die Lawinenaktivität zwischen diesen Daten. Ein Experte markierte grüne Bereiche mit gelben Umrissen, wenn sie als Lawine interpretiert wurden. Die Originalbilder wurden im interferometrischen Breitstreifenmodus mit einer Auflösung von 10×10 m, in absteigender Geometrie und mit vertikal-vertikaler (VV) Polarisation aufgenommen. Die Koordinaten sind in EPSG:32633 - WGS 84/UTM Zone 33N projiziert. Erstellt mit der NORCE-SAR-Vorverarbeitungspipeline.

13 RSnowAUT: Nutzung von Satellitendaten für die Lawinendetektion und -vorhersage in Österreich

Autorin Kathrin Lisa Kapper et al.



Kathrin Lisa Kapper

Einleitung

Schneelawinen stellen in Gebirgsregionen in Österreich sowie auf der ganzen Welt eine erhebliche Bedrohung für Menschen, Gebäude und Verkehrsnetze dar. Die genaue Kartierung von Lawinen spielt eine entscheidende Rolle bei der Warnung und Eindämmung dieser Gefahren. Gängige feldbasierte Beobachtungen zur Lawinenkartierung sind arbeitsintensiv, riskant und durch schlechte Sicht bei Schneefall oder Nebel eingeschränkt. Darüber hinaus sind solche Beobachtungen in unzugänglichen Gebieten oft nicht vorhanden. Erdbeobachtungssatelliten ermöglichen eine neue Art der Lawinendetektion, die viele der Einschränkungen von feldbasierten Beobachtungen überwindet. Insbesondere Synthetic-Aperture-Radar- (SAR-)Satellitensensoren, wie z.B. die der ESA-Copernicus-Sentinel-1-Mission, werden nicht von Licht- und Wetterbe-

dingungen beeinflusst und haben daher großes Potenzial.

Methoden im Bereich der künstlichen Intelligenz, im Speziellen des Machine Learnings (ML), haben in den letzten Jahren eine effiziente Analyse von SAR-Bildern ermöglicht. Algorithmen, die ML-Methoden verwenden, wurden erfolgreich auf optische Satellitenbilder (z.B. Larsen et al, 2010; Nolting et al, 2018; Hafner et al., 2022) und SAR-Satellitenbilder (z.B. Hamar et al., 2017; Vickers et al., 2016, 2017; Kummervold et al., 2018; Waldeland et al., 2018; Eckerstorfer et al., 2019; Bianchi et al., 2021) angewendet. In einer innovativen Methode, die in RSnowAUT zur Verwendung kommt, entwickelten Bianchi et al. (2021) eine ML-Architektur unter Verwendung eines U-Nets zur Detektion von Lawinen in Sentinel-1-Bildern. Das U-Net wurde ursprünglich von Ronneberger et al. (2015) für die Segmentierung

von biomedizinischen Bildern eingesetzt. Es kann Objekte oder Bereiche innerhalb eines Bildes identifizieren, indem es das Bild in kleinere Teile zerlegt, diese analysiert und dann wieder zusammensetzt. Bei einem Test mit einem neuen SAR-Bild übertraf der Algorithmus von Bianchi et al. (2021) die Leistung der manuellen Detektion.

Das Hauptziel der hier vorgestellten Arbeit ist die Implementierung eines automatisierten Detektionssystems, das Lawinen mithilfe von ML-Algorithmen in Sentinel-1-Satellitenbildern erkennt. Damit sollen auch unerreichbare Gebiete erfasst und die Zeit für die Kartierung minimiert werden.

Herausforderungen bei der Lawinendetektion in Satellitenbildern

SAR-Satelliten bieten den Vorteil, dass sie Daten unabhängig von Bewölkung und Tageslichtverhältnissen erfassen können, erfordern aber im Vergleich zu optischen Satellitendaten eine komplexere Vorverarbeitung.

SAR-Bilder liefern meist Informationen über Lawinenablagerungen und weniger über die Spur und das Anrissgebiet der Lawine, was ihre Analyse in dieser Hinsicht einschränkt. Darüber hinaus gibt es bei SAR-Bildern Bereiche, in denen die Lawinendetektion schwierig ist, z.B. im Radarschatten (radar shadow) und in Gebieten mit Überlagerungseffekten (layover effects).

Die Detektion von Trockenschneelawinen in SAR-Bildern ist aufgrund der geringen Sichtbarkeit dieser Art von Lawinen sehr schwierig. Die geringe relative Rückstreuungsintensität von Trockenschneelawinen im Vergleich zum umgebenden Schnee und sehr kleine Unterschiede in den Differenzbildern beeinträchtigen die Detektion von solchen Lawinen (z.B. Hafner et al., 2021; Eckerstorfer et al., 2022).

Trotz dieser Herausforderungen haben Fortschritte bei den Algorithmen, größere Trainingsdatensätze und verbesserte Bildverarbeitungstechniken die Leistung der Lawinendetektion verbessert. Mit diesen Fortschritten und der Verfügbarkeit freizugänglicher Satellitendaten, wie z.B. der Sentinel-1-Satellitendaten, ist die automatische Lawinendetektion mit SAR-Bildern für den operationellen Einsatz insgesamt sehr vielversprechend.

Konzept der Datenpipeline und des Detektionsalgorithmus für die Lawinendetektion

Als erster Test wurde der Detektionsalgorithmus von Eckerstorfer et al. (2019) auf Sentinel-1-SAR-Bilder von Westösterreich nach einer Phase hoher Lawinenaktivität am 6. Februar 2016 als vorläufiger

„Proof of Concept“ angewendet (Abbildung 1). Unterschiedliche Farben stehen für Veränderungen in der Rückstreuung: Grün zeigt eine Zunahme der Rückstreuung an, z.B. aufgrund von Lawinen; Magenta zeigt eine Abnahme der Rückstreuung an, z.B. aufgrund von Nassschnee; Grau zeigt keine Veränderung der Rückstreuung an; weiße Bereiche sind undefinierte Bereiche aufgrund von Radarschatten und Layover. Mehrere grüne Bereiche, die von M. Eckerstorfer als Lawinen interpretiert werden, sind durch gelbe Polygone gekennzeichnet.

Abbildung 2 zeigt den Aufbau der Datenpipeline für Detektionsalgorithmus. Die Inputdaten umfassen SAR-Bildpaare, die aus der Differenz zweier Bilder gebildet werden und die Trainingsdaten.

Die topografiebezogenen Inputdaten sind der Neigungswinkel (Slope Angle), der aus dem digitalen Höhenmodell berechnet wird, und der potenzielle Reichweitenwinkel (Potential Angle of Reach - PAR), der angibt, wie weit sich eine Lawine ausbreiten kann.

Das Attention-Netzwerk, adaptiert von Bianchi et al. (2021), ist ein neuronaler Attention-Mechanismus, der basierend auf PAR-Karten eine Attention-Maske erzeugt. Die Attention-Maske unterstützt das Segmentation-Netzwerk, indem es dieses auf die Regionen des SAR-Inputbildes lenkt, die besonders lawinenanfällig sind.

Für den Algorithmus des Segmentation-Netzwerkes wurde in einem ersten Schritt der U-Net-Algorithmus von Bianchi et al. (2021) als Basis für das Lawinendetektionssystem implementiert. Der Algorithmus wurde mit einem großen Datensatz aus der Schweiz trainiert. Anschließend soll das trainierte Modell auf SAR-Daten aus Grönland, Norwegen und schließlich Österreich angewendet werden, um regionale Unterschiede zu verstehen. Die U-Net-Architektur bildet den Kern des Bildklassifizierungsalgorithmus. Es führt eine Segmentierung auf Pixelebene durch und klassifiziert jeden Pixel als Lawine oder keine Lawine.

In einem zweiten Schritt sollen im Segmentierungsnetzwerk alternative Algorithmen verwendet werden. Die Ergebnisse werden mit dem U-Net verglichen, um eine Verbesserung der Lawinendetektion zu erreichen.

Als weitere Verbesserung der Detektionsleistung sollen meteorologische Daten als Input in die Segmentierung einbezogen werden („Encoded Weather“, Abbildung 2). Nur wenige Studien haben sich mit der Integration von meteorologischen Daten in die SAR-Lawinendetektion befasst und dabei das Potenzial und die Grenzen der Einbeziehung von Faktoren wie Niederschlag, Windgeschwindigkeit

und Schneehöhe aufgezeigt. Um die Wichtigkeit von meteorologischen Daten zu berücksichtigen, ist in RSnowAUT geplant, ERA5-Reanalysedaten des ECMWF, hochauflösende INCA-Daten und SNOW-GRID-Nowcasts von GeoSphere Austria in den Algorithmus einzubeziehen und die Leistung des erweiterten ML-Algorithmus zu bewerten.

Der Prozess der Kodierung von gerasterten Wetterdaten für die Eingabe in den Detektionsalgorithmus umfasst die Beschaffung von Rohwetterdaten als gerasterte Daten mit mehreren Zeitschritten und Werten pro Rasterpunkt. Diese Aggregationsfunktion erzeugt einen Tensor, der als Eingabe für den Detektionsalgorithmus dient (Abbildung 2).

SAR-Satellitendaten

Die SAR-Bilder werden einer sorgfältigen Vorverarbeitung unterzogen, um die Detektion von Lawinen in den Bildern zu verbessern. Es werden Copernicus-Sentinel-1-SAR-Daten verwendet, die den Zeitbereich und die geografischen Regionen der Trainingsdaten (Schweiz) und unserer Testgebiete (Grönland, Österreich) abdecken. Eine detaillierte Karte der Sentinel-1-Satellitenabdeckung über Österreich, die die Anzahl der relativen Orbits zeigt, die ein bestimmtes Gebiet beobachten können, ist in Abbildung 3 als Beispiel dargestellt.

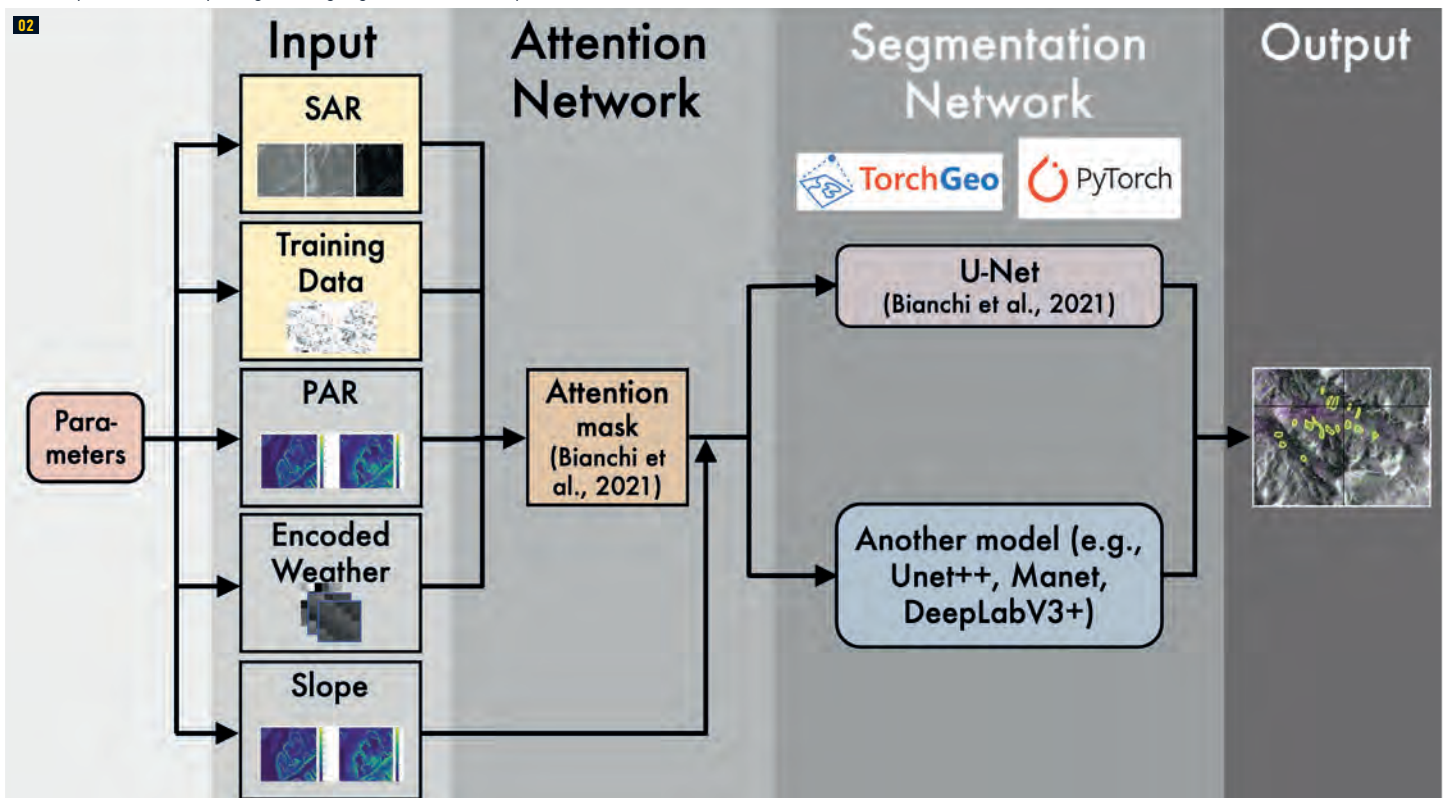
Der gängige Ansatz für die Lawinenüberwachung mit SAR-Daten basiert auf der Detektion von Veränderungen zwischen Bildpaaren, die auf der gleichen relativen Umlaufbahn aufgenommen wurden (im

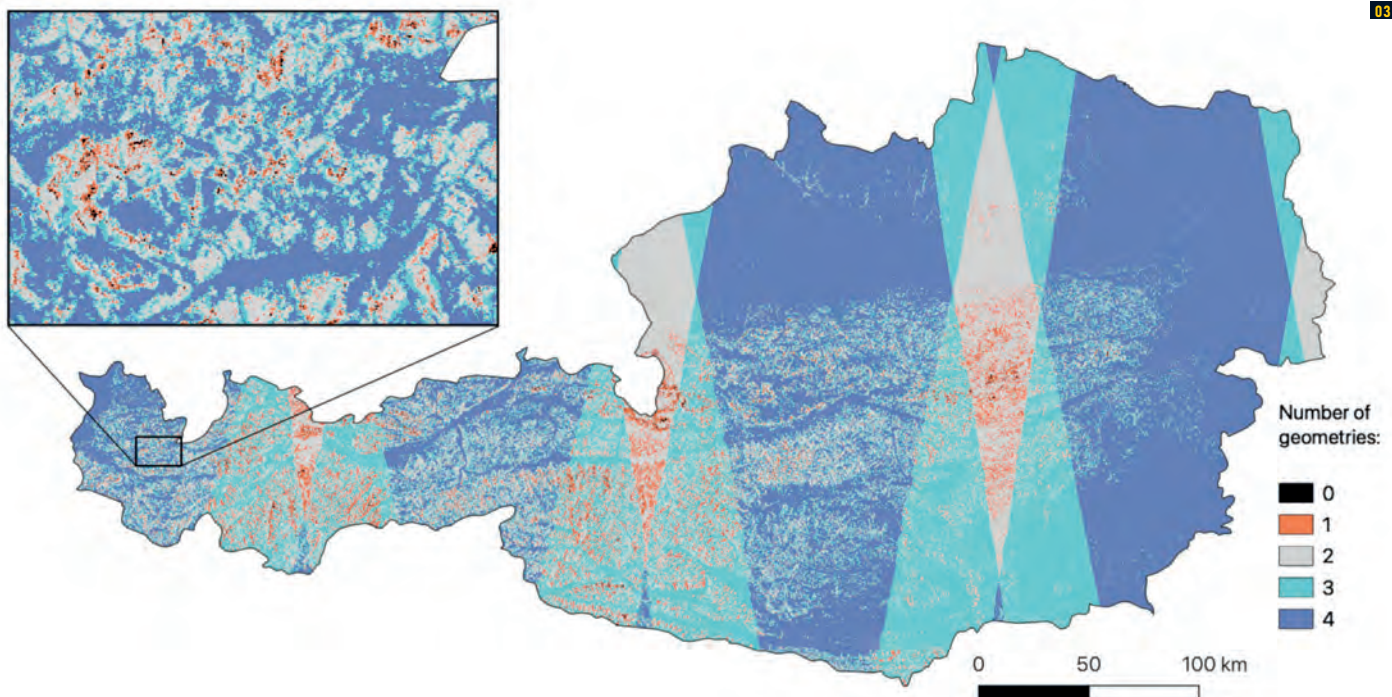
selben relativen Orbit). Normalerweise erfolgt dies in einem geografischen Koordinatensystem nach Wahl, sodass die SAR-Daten zuerst geokodiert werden. Die Bilder wurden mithilfe der SAR-Vorverarbeitungspipeline von NORCE (Norwegian Research Centre) den folgenden Vorverarbeitungsschritten unterzogen: (1) Zusammenführung benachbarter Bilder zu einer gemeinsamen Radargeometrie, (2) radiometrische Kalibrierung, (3) Speckle-Filtrierung, (4) radiometrische Transformation von der linearen in die Dezibel-Skala und (5) Geokodierung auf ein geografisches Gitter unter Verwendung eines digitalen Höhenmodells (DEM). Alle Bilder haben vertikal-vertikale (VV) und vertikal-horizontale (VH) Polarisationsbänder. Geokodierte Bilder, die auf der gleichen relativen Umlaufbahn aufgenommen wurden, werden dann voneinander abgezogen und dem Algorithmus zur Detektion zugeführt.

Daten für Training, Validierung und Tests

Die Daten, die für das Training, die Validierung und das Testen des ML-Algorithmus verwendet werden, sind Lawinenkonturen, die manuell durch Expert*innen in die Satellitenbilder eingezeichnet wurden. In RSnowAUT werden zunächst Datensätze aus der Schweiz verwendet, die einen großen Lawinenzyklus mit etwa 18 700 Lawinenkonturen im Jahr 2018 abdecken (Hafner & Bühler, 2019). Das damit trainierte Modell soll dann auf SAR-Daten aus Grönland angewendet werden. Die detektierten Lawinen werden im nächsten Schritt mit dem Da-

02 Die Architektur des Detektionsalgorithmus umfasst das Attention- und das Segmentation-Netzwerk. In einem neuen Ansatz werden zusätzlich Wetterdaten ("Encoded Weather") berücksichtigt. Das U-Net von Bianchi et al. (2021) dient als Baseline und wird mit einem anderen Modell aus der TorchGeo-Bibliothek verglichen. "SAR" steht für die Synthetic-Aperture-Radar-Satellitendaten und umfasst die Komponenten VV, VH und VVH. "PAR" für den „Potential Angle of Reach“ (potenzieller Reichweitenwinkel) und „Slope“ für den „Slope Angle“ (Neigungswinkel). Der Output sind Lawinenkonturen. |





03 Karte der Satellitenabdeckung Österreichs durch die Sentinel-1-Satelliten, quantifiziert als Anzahl der Satellitengeometrien (relative Umlaufbahnen), von der auch ein Ausschnitt zu sehen ist. Die Abdeckung wird durch die Breite des Radarstrahls sowie durch „radar layover“ und „shadow effects“ aufgrund der Topografie begrenzt. Da das Radar seitlich ausgerichtet ist und die Bahnen etwa in Nord-Süd-Richtung verlaufen, sind die Auswirkungen von „radar layover“ und „shadowing“ in Gebieten mit steilen Ost- oder Westhängen am größten. Es gibt jedoch nur sehr wenige Gebiete, die überhaupt nicht erfasst werden (in Schwarz). |

tensatz von rund 800 Nassschneelawinen aus dem Jahr 2016 von Abermann et al. (2019) verglichen. Danach wird das trainierte Modell auf SAR-Bilder aus Österreich angewendet.

Ausblick

Unser Ziel ist es, ein automatisches Lawinendetektionssystem für Österreich unter Verwendung von Sentinel-1-SAR-Bildern zu entwickeln. Erste Schritte wurden dafür bereits im Rahmen einer Datenpipeline und eines Detektionsalgorithmus implementiert. Die Einbeziehung von Wetterdaten in unsere Datenpipeline soll die Detektionsleistung deutlich verbessern.

Die Datenpipeline und der ML-Algorithmus soll den österreichischen Lawinenwarndiensten zur Verfügung gestellt werden, um eine umfassende und kostengünstige lokale Schnee- und Lawinenüberwachung zu ermöglichen. Aktuelle österreichische Lawinenkarten sollen öffentlich zugänglich gemacht und in Bezug auf Wetter, Ort und Schneetyp analysiert werden. Weiters soll in RSnowAUT ein Datensatz historischer Lawinen seit 2014 für die

gesamten österreichischen Alpen erstellt und veröffentlicht werden, der als Referenz für das Training und die Validierung zukünftiger ML-Ansätze dient. Dadurch wird das bestehende, auf Expertenwissen basierende Lawinenwarnsystem durch automatisierte und zuverlässige Daten ergänzt.

Darüber hinaus soll die MOLISENS-Plattform verwendet werden, um mit KFZ-Radar- und KFZ-Lidar-Sensoren kosteneffizient und auf skalierbare Art und Weise lokale Referenzdaten zu erfassen. Diese Messungen werden dazu beitragen, den regionalen Detektionsalgorithmus in den österreichischen Alpen zu bewerten, zu validieren und zu ergänzen.

Finanzierung

In Österreich wurde das Projekt RSnowAUT durch das Programm „Austrian Space Applications Programme“ (ASAP) des Bundesministeriums für Klimaschutz (BMK) gefördert.

Diese Arbeit entstand an der Virtual Vehicle Research GmbH in Graz, Österreich. Die AutorInnen bedanken sich für die teilweise Förderung im Rahmen des COMET K2 Competence Centers for Excellent

Technologies durch das Österreichische Bundesministerium für Klimaschutz (BMK), the Austrian Federal Ministry for Labour and Economy (BMAW), das Land Steiermark (Abt. 12) sowie die Steirische Wirtschaftsförderung (SFG). Das Programm wird durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG) abgewickelt.

Literatur

- Abermann, J., Eckerstorfer, M., Malnes, E., and Hansen, B. U. (2019). A large wet snow avalanche cycle in west greenland quantified using remote sensing and in situ observations. *Natural Hazards* 97, 517–534. doi:10.1007/s11069-019-03655-8
- Bianchi, F. M., Grahn, J., Eckerstorfer, M., Malnes, E., and Vickers, H. (2021). Snow avalanche segmentation in sar images with fully convolutional neural networks. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Observations Remote Sensing Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*, doi:10.1109/jstars.2020.3036914
- Eckerstorfer, M., Vickers, H., Malnes, E., and Grahn, J. (2019). Near-real time automatic snow avalanche activity monitoring system using sentinel-1 sar data in Norway. *Remote Sens.* 11, 2863. doi:10.3390/rs11232863
- Eckerstorfer, M., Oterhals, H. D., Müller, K., Malnes, E., Grahn, J., Langeland, S., et al. (2022). Performance of manual and automatic detection of dry snow avalanches in sentinel-1 SAR images. *Cold Regions Science and Technology* 198. doi:10.1016/j.coldregions.2022.103549
- Hafner, E. D., and Bühler, Y. (2019). "SPOT6 avalanche outlines 24 january 2018," in *EnviDat*. doi:10.16904/envidat.77, 2019
- Hafner, E. D., Techel, F., Leinss, S., and Bühler, Y. (2021). Mapping avalanches with satellites-evaluation of performance and completeness. *Cryosphere* 15, 983–1004. doi:10.5194/tc-15-983-2021
- Hafner, E. D., Barton, P., Daudt, R. C., Wegner, J. D., Schindler, K., and Bühler, Y. (2022). Automated avalanche mapping from spot 6/7 satellite imagery with deep learning: Results, evaluation, potential and limitations. *Cryosphere* 16, 3517–3530. doi:10.5194/tc-16-3517-2022
- Hamar, J. B., Salberg, A.-B., and Ardelean, F. (2017). "Automatic detection and mapping of avalanches in sar images," in *IEEE international geoscience and remote sensing symposium (IGARSS) (IEEE)*, 689–692.
- Kummervold, P. E., Malnes, E., Eckerstorfer, M., Arntzen, I. M., and Bianchi, F. (2018). Avalanche detection in sentinel-1 radar images using convolutional neural networks. *Proc. Int. Snow Sci. Workshop*, 377–381.
- Larsen, S. Ø., Salberg, A.-B., and Solberg, R. (2010). "Automatic detection of avalanches in high-resolution optical satellite data," in *Results from the ESA avalRS project's feasibility study on automated avalanche detection*, 1–38. Note no: SAMBA/04/10 (Norwegian Computing Center).
- Nolting, S., Marin, C., Steger, S., Schneiderbauer, S., Notarnicola, C., and Zebisch, M. (2018). "Regional scale statistical mapping of snow avalanche likelihood and its combination with an optical remote sensing based avalanche detection approach - first attempts for the province of south tyrol (Italy)," in *Proceedings, international snow science workshop (Austria: Innsbruck)*, 382–387.
- Ronneberger, O., Fischer, P., and Brox, T. (2015). U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, eds. N. N., H. J., W. W., and F. A. (Computing and Computer-Assisted Intervention - MICCAI), vol. 9351, 234–241. doi:10.1007/978-3-319-24574-4_28
- Vickers, H., Eckerstorfer, M., Malnes, E., and Doulgeris, A. (2017). "Synthetic aperture radar (sar) monitoring of avalanche activity: An automated detection scheme," in *Image analysis*. Editors P. Sharma and F. Bianchi (Springer International Publishing), 136–146.
- Vickers, H., Eckerstorfer, M., Malnes, E., Larsen, Y., and Hindberg, H. (2016). A method for automated snow avalanche debris detection through use of synthetic aperture radar (sar) imaging. *Earth Space Sci.* 3, 446–462. doi:10.1002/2016EA000168
- Waldeland, A. U., Reksten, J. H., and Salberg, A.-B. (2018). "Avalanche detection in sar images using deep learning," in *IGARSS 2018–2018 IEEE international geoscience and remote sensing symposium (IEEE)*, 2386–2389.

weitere Autoren:

T. Goelles^{1,2}, S. Muckenhuber^{1,2}, A. Trügler^{1,3,4},
J. Abermann¹, B. Schlager^{1,2}, C. Gaisberger¹,
M. Eckerstorfer⁵, J. Grahn⁶, E. Malnes⁶, A. Prokop⁷,
W. Schöner¹

1 Institute of Geography and Regional Sciences,
University of Graz, Austria

2 Virtual Vehicle Research GmbH, Graz, Austria

3 Know-Center GmbH, Graz, Austria

4 Institute of Interactive Systems and Data Sci-
ence, Graz University of Technology, Austria

5 Norwegian Water Resources and Energy Direc-
torate, Oslo, Norway

6 NORCE Research Institute, Bergen, Norway

7 SnowScan GmbH, Vienna, Austria

Kathrin Lisa Kapper

studierte Technische Physik an der TU Graz, Dokto-
rat an der ETH Zürich, Postdoktorat an der UNAM in
Morelia, Mexiko

aktuell Postdoktorantin am Institut für Geographie
und Regionale Wissenschaften an der Uni Graz



LEBE DIE FREIHEIT!



STARTE DEIN NÄCHSTES ABENTEUER MIT DEM NATURFREUNDE TOURENPORTAL.AT

Fordere unter tourenportal.at den Naturfreunde-
Mitgliedervorteil an und
erhalte die Abos **Pro** und
Pro+ zum Vorzugspreis!



In unserem Tourenportal findest du
unzählige interessante Tourenvorschläge,
viele Berg- und Schutzhütten oder du
kannst deine nächste Tour einfach selbst
planen. Informiere dich über aktuelle
Bedingungen wie Wetter, Wegverhältnisse
und Gefahrenhinweise und finde
Unterkünfte und Hütten.

Mehr dazu auf tourenportal.at


Naturfreunde
Österreich



01 Der Lawinenwarndienst bei der Geländearbeit. (Foto: Land Tirol/Simon Rainer) |

14 SNOBS - Werde Teil der Lawinenwarnung!

Autoren **Marco Knoflach, Norbert Lanza**



Marco Knoflach



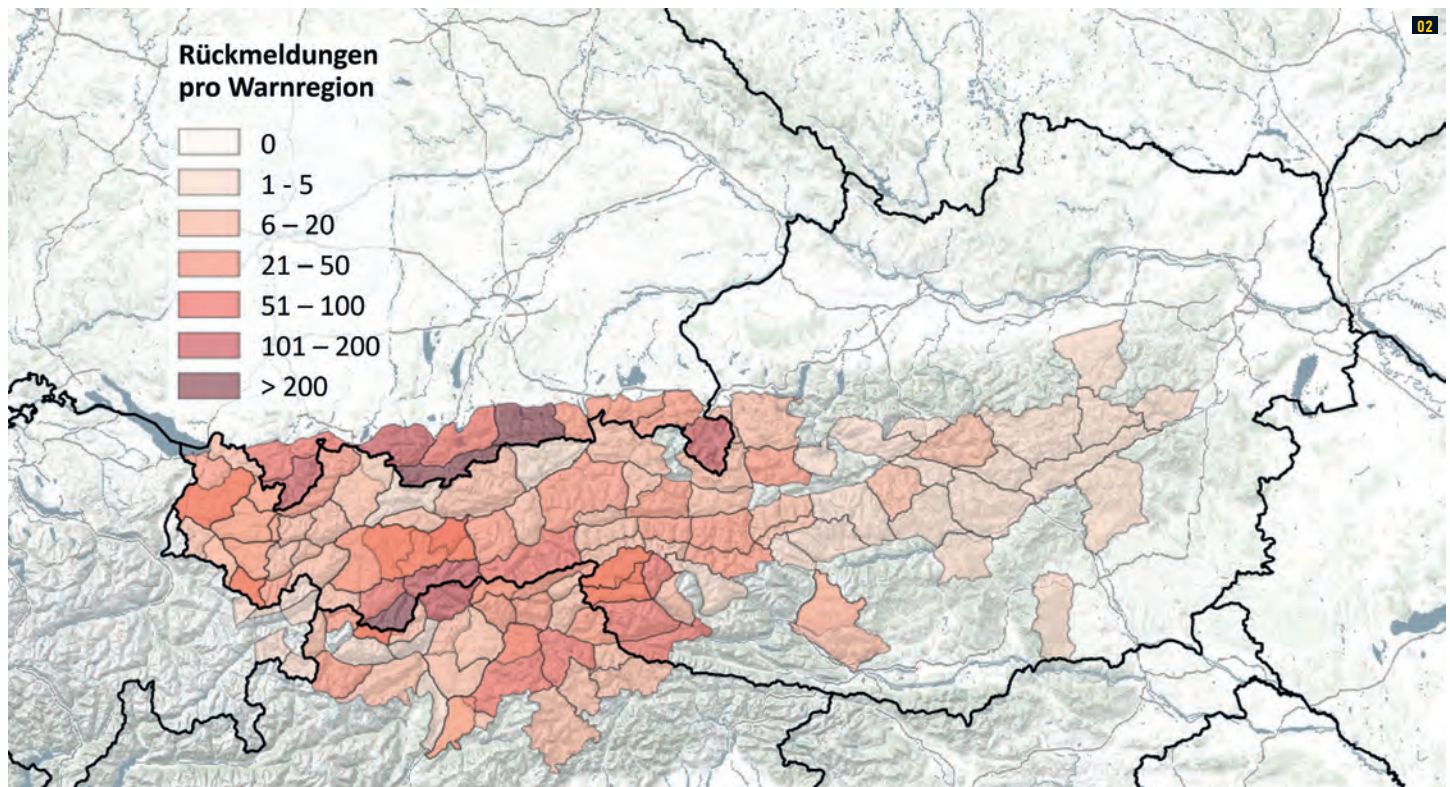
Norbert Lanza

Eine zutreffende und vor allem nützliche Beurteilung und Beschreibung der aktuellen Lawinensituation kann die Lawinenprognostiker:innen immer wieder vor eine große Herausforderung stellen. Neben einem immer dichteren Netz an Wetterstationen und stetig besser werdenden Wetter- sowie Schneedeckenmodellen stellen vor allem aktuelle Beobachtungen direkt aus dem Gelände eine wichtige Grundlage für die Arbeit der Lawinenwarndienste dar. Da die Lawinengefahr aufgrund unterschiedlicher Faktoren wie Niederschlagsverteilung oder komplexer Topographie (Höhe, Exposition, Geländeform) auch kleinräumig sehr variieren kann, helfen möglichst viele Rückmeldungen den Prognostiker:innen, sich ein genaueres Bild von der Lawinensituation zu machen.

Welche Informationen werden überhaupt benötigt?

Wenn wir als Bergsportler:in eine Skitour planen oder uns im Winter abseits der gesicherten Pisten

bewegen wollen, möchten wir für unsere Tourenplanung auf möglichst detaillierte Informationen zur lokalen Schnee- bzw. Lawinensituation zurückgreifen können. Im Idealfall bekommen wir diese von einem Bekannten aus erster Hand, welcher erst kürzlich im Gebiet unterwegs war. Hierbei erhoffen wir uns neben einer Auskunft zur Schneequalität (Champagne-Powder, zischender Firn ...) auch genauere Informationen zur vorherrschenden Lawinensituation. Im Zuge der Tourenplanung stellen sich somit immer wieder dieselben Fragen: Kann ich da überhaupt hin, wo sich der gute Schnee befindet? Sind potenzielle Schwachschichten vorhanden und wo genau befinden sich diese (Region, Höhe, Exposition)? Sind Gefahrenzeichen wie frische Lawinen, Setzungsgeräusche, Tribschneepakete oder Gleitschneemäuler erkennbar? Wird sich die Situation mit einem etwaigen Wetterumschwung wie z.B. Neuschnee verschärfen (ungünstiger Schneedeckenaufbau, Oberflächenreif, Graupel)? Kurz zu-



02 Anzahl der Rückmeldungen pro Warnregion aus der Wintersaison 2022/23, welche bereits mittels einer digitalen Anwendung für Beobachter:innen verzeichnet wurden. Insgesamt wurden fast 3500 Beobachtungen erfasst (Quelle: LO.LA)

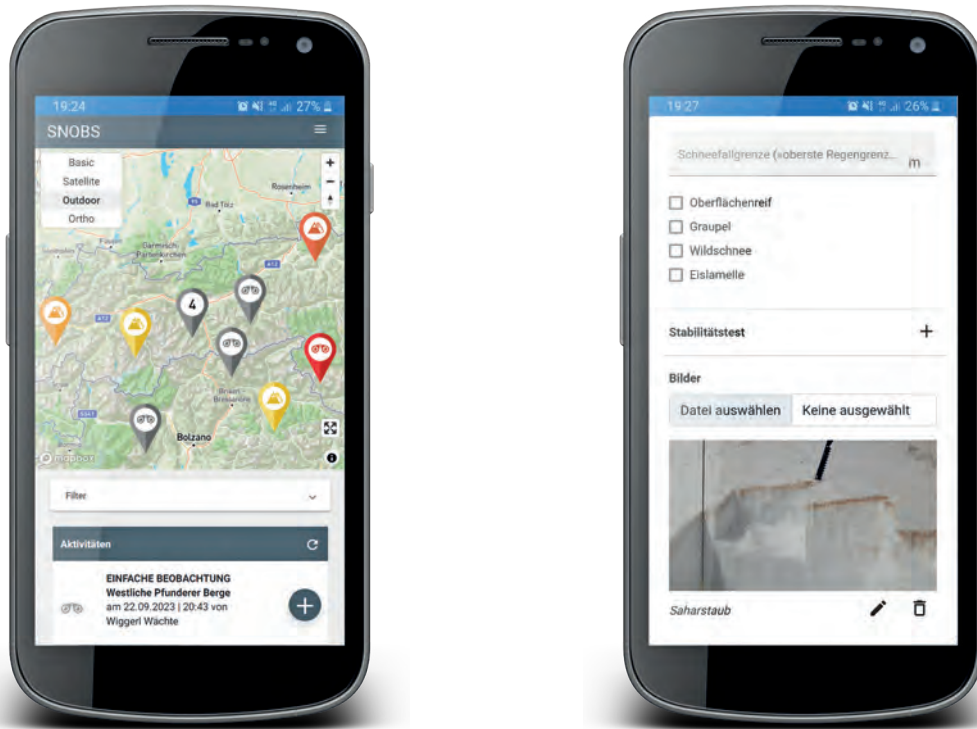
sammengefasst: Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit einer Lawinenauslösung in diesem Gebiet? Und hier geht es den Prognostiker:innen der Lawinewarndienste nicht anders, denn genau diese Fragen stellen sie sich bzw. versuchen sie täglich zu beantworten. Und um eben ein möglichst detailliertes Bild der derzeitigen Situation zu bekommen, sind die Prognostiker:innen ebenfalls auf möglichst viele Informationen direkt aus dem Gelände angewiesen.

Wer liefert diese Informationen aus dem Gelände?

Obwohl die Lawinewarner:innen selbst so viel wie möglich im Gelände unterwegs sind, können sie sich ohne Hilfe von externen Personen unmöglich ein umfassendes Bild der Lawinensituation im gesamten Beurteilungsgebiet machen. Der Lawinewarndienst (LWD) Tirol zum Beispiel wird aus diesem Grund von über 50 Beobachtern:innen in Nord- und Osttirol unterstützt. In Südtirol kommen besagte Informationen von einer ähnlich großen Gruppe von Bergführer:innen. Früher gelangten diese Informationen telefonisch und mittels Fax zu den Warndiensten. Die Kommunikationswege wurden im Laufe der Zeit durch E-Mail und mobile Anwendungen (WhatsApp, Lawine Tirol, SnowSafe ...) ergänzt bzw. ersetzt. Seit der Wintersaison 2021/22 können die Beobachter:innen in Nord-, Ost- und Südtirol ihre Rückmeldungen mit einer eigenen App (AVA.OBS und NATLEFS 3.0) direkt im Gelände aufnehmen und versenden. Die Informationen gelan-

gen somit in Echtzeit und geografisch eindeutig zugeordnet zu den Warndiensten. In der Wintersaison 2021/22 konnten so allein in Nord-, Ost- und Südtirol bereits knapp 1600 Rückmeldungen verzeichnet werden. Auch in Vorarlberg, Salzburg, Steiermark und Kärnten wurde die App in der Saison 2022/23 mit sehr vielversprechenden Ergebnissen getestet. Für Lawinenkommissionen gibt es ebenfalls die Möglichkeit, ihre Arbeit mit einer ähnlichen App (KIP.LIVE) zu dokumentieren. Auch der Lawinewarndienst Bayern setzt schon seit mehreren Jahren auf ein solches Rückmeldesystem (LA.DOK). Abbildung 2 gibt zusammenfassend einen Überblick, wie viele Beobachtungen die unterschiedlichen Warndienste im Ostalpenraum über die Wintersaison 2022/23 rückgemeldet bekommen haben.

Die Prognostiker:innen beziehen ihre Informationen aus dem Gelände aber nicht nur von diesen Expertengruppen wie den Beobachter:innen, sondern auch aus den zahlreichen Rückmeldungen, die der allgemeinen Öffentlichkeit zugeordnet werden können. So wurden vom LWD Tirol im Winter 2022/23 über 600 Rückmeldungen (exklusive Beobachter:innen) von über 150 verschiedenen Personen erfasst. Diese Rückmeldungen müssen meistens jedoch erst händisch einer Region und einer bestimmten Kategorie zugeordnet werden. Nur so können alle Prognostiker:innen auf diese Daten zugreifen und damit effizient arbeiten.



03 Mit der App SNOBS können Rückmeldungen direkt aus dem Gelände an den Lawinenwarndienst übermittelt werden. Auch alle Einträge von anderen Benutzer:innen können eingesehen werden. (Quelle: LO.LA)

Welche Art von Beobachtungen sollen erfasst werden und wie funktioniert?

Um diese Arbeit nun noch effizienter zu gestalten und noch mehr Rückmeldungen von der Öffentlichkeit in geordneter Weise verdauen zu können, wurde SNOBS eingeführt. SNOBS steht für „Snow Observation“ und darf keinesfalls als klassische Skitourenplattform missverstanden werden. Es sollen hier keine Skitouren oder Variantenabfahrten beschrieben werden, sondern vielmehr die persönlichen Wahrnehmungen zum Thema „Schnee- und Lawinensituation“. In der App werden dafür ab der Saison 2023/24 zwei verschiedene Features zur Verfügung stehen: die „einfache Beobachtung“ und das „Lawinereignis“. Unter der Kategorie der „einfachen Beobachtung“ erfolgt die Rückmeldung über ein Textfeld und/oder anhand von bereits vordefinierten Unterkategorien, wie „oberste Regengrenze“, „Oberflächenreif“, „Graupel“, „Wildschnee“ und „Eislamelle“. Die oftmals mangelnde Möglichkeit der Erfassung von Beobachtungen dieser Phänomene mittels Wetterstationsdaten und Wettermodellen macht diese individuellen Rückmeldungen extrem wertvoll und für die Prognostiker:innen nützlich. Hinzu kommt deren große Bedeutung im Hinblick auf zukünftige Schneefälle (z.B. Oberflächenreif als potenzielle Schwachschicht von morgen). Das Ergebnis eines Schneedeckentests (Erweiterter Kompressionstest, Rutschblock und Kleiner Blocktest) kann der Beobachtung ebenso beigefügt werden. Unter der Kategorie „Lawinereignis“ können Informationen

zu Lawinenart und -größe, dem vorherrschenden Lawinenproblem, dem Schadensausmaß sowie dem (ungefähren) Zeitpunkt des Abgangs beigefügt werden. Sowohl bei der „einfachen Beobachtung“ als auch bei der Erfassung eines „Lawinereignisses“ können Bilder angehängt werden. Die Verortung der Rückmeldung erfolgt automatisch mittels GPS, kann aber auch händisch durchgeführt bzw. korrigiert werden. Durch eine automatisierte Datenübermittlung bei ausreichender Internetverbindung kann SNOBS auch im Offline-Modus verwendet werden. Neben den eigenen Einträgen können in dieser App auch die Beobachtungen der weiteren Benutzer:innen eingesehen werden. Die Kommunikation erfolgt somit nicht nur uni-, sondern bi- bzw. multidirektional und bietet dem/der interessierte:n Wintersportler:in viele wichtige Informationen zur aktuellen (Gefahren-)Situation aus erster Hand.

Wie werden diese Informationen vom Lawinenwarndienst verwendet?

Die einzelnen Informationen aus dem Gelände gelangen nun aus den verschiedenen Quellen zu den jeweiligen Warndiensten und werden dort für das Verfassen des Lawinenreports und anderer Produkte (z.B. Blog) herangezogen. Je strukturierter die Beobachtungen sind, desto besser können die Prognostiker:innen damit arbeiten. Aktuelle Gefahrenstellen können anhand der Rückmeldungen besser identifiziert und eingegrenzt werden, wodurch die Qualität der Vorhersage der Lawinengefahr gesteigert wird.



04 Strukturierte Rückmeldungen erleichtern die Arbeit der Prognostiker:innen. (Quelle: LWD Tirol) |

Mach mit!

Ab der kommenden Wintersaison 2023/24 kann sich jeder bei www.snobs.live registrieren und aktuelle Beobachtungen aus dem Gelände direkt an den jeweiligen Lawinenwarndienst übermitteln. Zur Anmeldung wird nur der Vor- und Nachname sowie die eigene E-Mail-Adresse benötigt. Über einen Link, welcher im Anschluss per E-Mail zugesandt wird, kann man sich dann ein Passwort generieren. Melde dich gleich an und werde Teil der Community, welche den Lawinenwarndiensten wichtige Rückmeldungen liefert und bei der du dich auch selbst über die aktuelle Schnee- und Lawinensituation informieren kannst!

Marco Knoflach

Mitarbeiter in der Produktentwicklung, Ausbildung und Kundenbetreuung der Firma Lo.La Peak Solutions GmbH

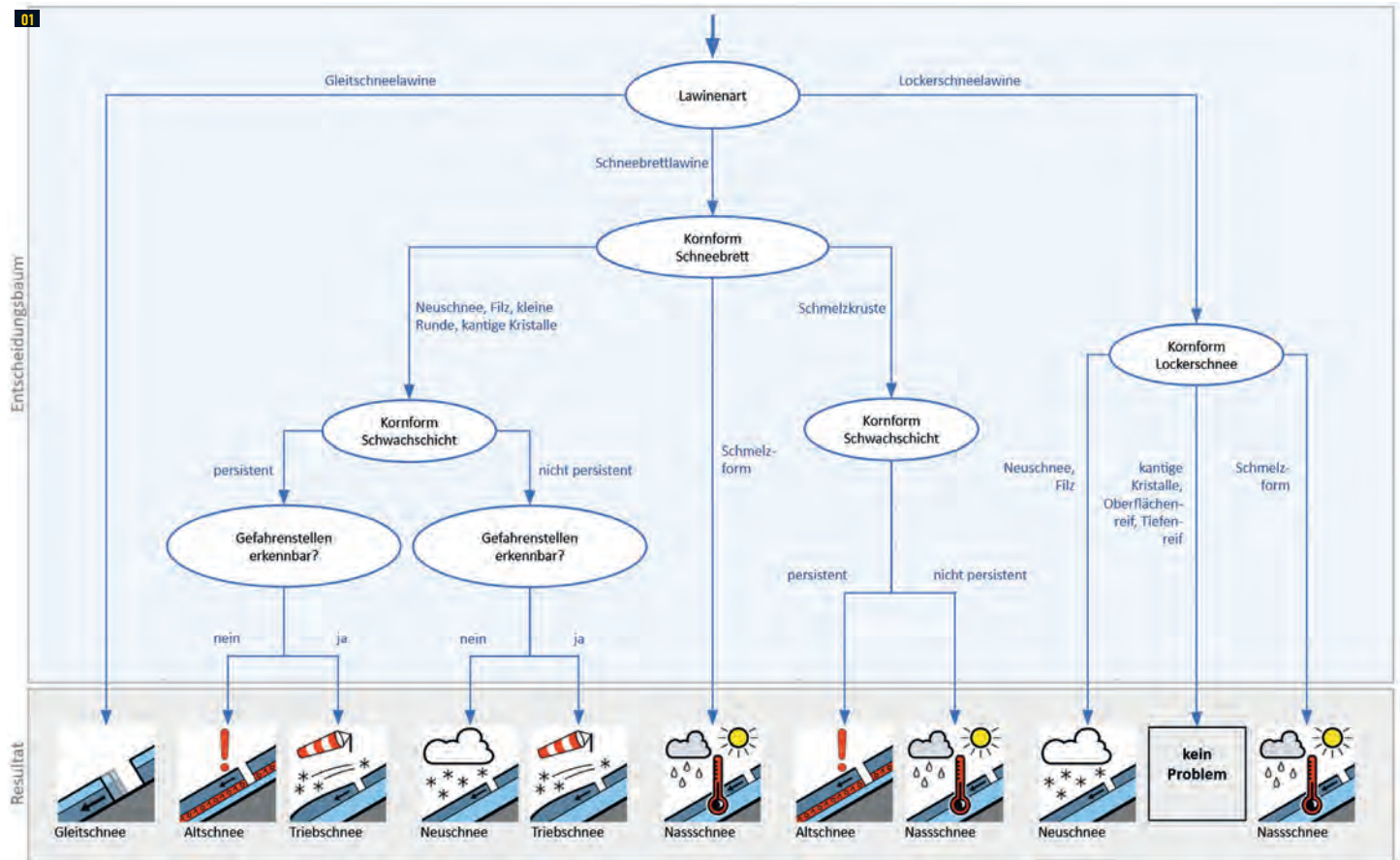
Norbert Lanzanasto

Lawinenprognostiker beim Lawinenwarndienst Tirol, Mitglied des EAWS Technical Advisory Board (TAB)

**Mach mit und leiste deinen Beitrag zur
Lawinenwarnung!**

www.snobs.live





01 Vereinfachter Entscheidungsbaum der fünf obligatorischen EAWS-Lawinprobleme |

15 Lawinprobleme: Einheitliche Kommunikation für situationsangepasstes Risikomanagement

Autoren Norbert Lanzanasto, Matthias Walcher



Norbert Lanzanasto



Matthias Walcher

Einleitung

Wenn auch etwas weniger einschneidend und wegweisend als die legendäre Geburt der Europäischen Lawinengefahrenstufenskala im April 1993 im bayerischen Wildbad Kreuth, brachte die Generalversammlung der Europäischen Lawinwarndienste (EAWS) im Juni 2015 in Rom dennoch eine heute nicht mehr wegzudenkende, bedeutende Neuerung auf den Weg: die europaweite Verwendung von fünf Lawinproblemen zur Kommunikation von wiederkehrenden, typischen Situationen im Lawinengelände.

Der Nutzerkreis soll mittels der Lawinprobleme darüber informiert werden, welche Gefahrensituationen in den Bergen zu erwarten sind, damit das Verhalten den vorherrschenden Verhältnissen angepasst werden kann. Analog zu den Gefahrenstufen und damit verknüpften Verhaltensempfehlungen sollen so auch die Lawinprobleme und daran geknüpfte Strategien (Tabelle T1) direkt in das Risikomanagement von Wintersportler*innen

miteinfließen. Die Gefahrenstufe spiegelt das Ausmaß der Gefährdung wider, das Lawinproblem fokussiert auf das Wesen der Gefährdung. Je nach Lawinproblem kann bei gleicher Gefahrenstufe durch angepasstes Verhalten eine Risikoreduktion erfolgen. Dabei spielt mitunter auch eine zeitliche Komponente im Hinblick auf die Dauer einer Problematik eine Rolle. Erwartet man bei einem Neuschneeproblem nach wenigen Tagen eine rasche Entspannung der Situation, so deutet hingegen ein Altschneeproblem auf eine u.U. bedeutend längere Dauer der Problematik hin.

Problemstellung

Funktionieren kann das geflochtene Konzept der Lawinprobleme und daran geknüpftes, situationsangepasstes Risikomanagement naturgemäß allerdings nur, wenn die Lawinprobleme auch die tatsächlich vorherrschenden Gefahrensituationen widerspiegeln. Sprich, die definierten Charakteristika eines Lawinproblems (Lawinenart, Erkenn-

Neuschneeproblem	ABWARTEN	T1
Tribschneeproblem	AUSWEICHEN	
Altschneeproblem	DEFENSIV	
Nassschneeproblem	ZEITEINTEILUNG	
Gleitschneeproblem	AUSWEICHEN	

Table T1 Vereinfachte Verhaltensempfehlung zu den fünf Lawinenproblemen der EAWS | Verlinkung zu den detaillierten Beschreibungen der Lawinenprobleme auf der EAWS-Seite mit einem QR-Code: https://www.avalanches.org/wp-content/uploads/2022/09/DE_EAWS_avalanche_problems.pdf |

barkeit, Dauer etc.) sollen sich in der Natur auch entsprechend manifestieren, sodass in gewisser Weise eine Konditionierung der Nutzer*innen stattfinden kann. Und genau hier liegt „der Hund begraben“. Zwar hat man sich im Rahmen der EAWS auf eine europaweite Verwendung von fünf (obligatorischen) Lawinenproblemen geeinigt, abgestimmte Richtlinien für die Auswahl von zu kommunizierenden Problemen je nach Situation gibt es bis dato allerdings noch nicht. Dies führt dazu, dass dieselbe Situation in Abhängigkeit des Warndienstes, manchmal gar auf Ebene der Warner*innen desselben Warndienstes, mit unterschiedlichen Lawinenproblemen kommuniziert wird. Wird dieselbe Gefahrenquelle (z.B. eine spezifische Kombination von Schwachschicht und Schneebrett) jedoch mittels verschiedener Lawinenprobleme beschrieben, deren Problemerkennung und Verhaltensempfehlungen voneinander abweichen, so wird das Konzept ad absurdum geführt. Im schlimmsten Fall wird eine Tour – basierend auf falschen Annahmen – geplant bzw. durchgeführt und unwillentlich ein höheres Risiko eingegangen.

Uneinheitlich kommunizierte Situationen (1)

Im Gros aller Fälle ist man sich über die Auswahl des zur Situation passenden Lawinenproblems zwischen Warner*innen einig. Unterschiede und Unstimmigkeiten zeigen sich besonders in folgenden Situationen:

1) Neuschnee vs. Tribschnee

Schneefall mit Wind führt zu einer Gefahr von Schneebrettlawinen: Wann wird ein Tribschneeproblem kommuniziert, wann ein Neuschneeproblem?

Der traditionelle Entscheidungsweg vieler Warndienste bezieht sich auf die „kritische Neuschneemenge“, nach welcher bestimmt wird, ob in dieser Situation anstelle des Tribschneeproblems ein Neuschneeproblem kommuniziert werden soll oder nicht. Konkrete Richtwerte orientieren sich dabei an gemessenen bzw. prognostizierten Neuschneesummen. Diese variieren je nach Warndienst z.T. sowohl im Wert als auch im Betrachtungszeitraum (z.B. HN24, HN72). Bisweilen werden in dieser Situation auch zwei Lawinenprobleme zur Beschrei-

bung derselben Gefahrenquelle (idente Schwachschicht – Schneebrett-Kombination) verwendet (ein sogenanntes „kombiniertes Neu- und Tribschneeproblem“).

Die Warndienste neigen hierbei dazu, mittels der Lawinenprobleme zugrundeliegende meteorologische, Lawinenbildende Faktoren zu vermitteln. Für die Anwendbarkeit ist dies allerdings irreführend, denn die Problemerkennung im Gelände und daran geknüpfte Verhaltensempfehlungen der beiden Lawinenprobleme sind gegenläufig: Das wesentlichste Attribut des Tribschneeproblems ist die Erkennbarkeit von Gefahrenstellen, welchen ausgewichen werden kann, um das Risiko zu reduzieren. Beim Neuschnee hingegen sind Gefahrenstellen nicht erkennbar. Hier hilft nur abwarten, bis sich der Neuschnee gesetzt und die Gefahrensituation etwas entspannt hat.

2) Altschnee vs. Neuschnee

Überdeckung einer potenziell langlebigen (persistenten) Schwachschicht an der Schneeoberfläche (z.B. Oberflächenreif) mit (gebundenem) Neuschnee: Soll aufgrund der Langlebigkeit der Schwachschicht ein Altschneeproblem oder aber aufgrund des Schneefalls ein Neuschneeproblem kommuniziert werden?

Bislang war es in dieser Situation gängige Praxis, zunächst ein Neuschneeproblem zu kommunizieren und nach einigen Tagen aufgrund der Langlebigkeit des Problems zu einem Altschneeproblem zu wechseln. Hier widerspricht sich die mit den Problemen verknüpfte zu erwartende Dauer: Ist bei einem Neuschneeproblem für gewöhnlich nach wenigen Tagen bereits mit einer Entspannung zu rechnen, kann sich das Altschneeproblem über Wochen oder Monate hinziehen. Die Verhaltensempfehlung Abwarten (Neuschneeproblem) verliert damit seine Wertigkeit für den Nutzer, zumal sich die Gefahrensituation u.U. nicht wie angekündigt rasch bessert.

Zudem bedient man sich in manchen Warndiensten auch hier der Kombination beider Lawinenprobleme zur Kommunikation ein und derselben Gefahrenquelle. Die Intention liegt dabei in der Vermittlung des Schneedeckenaufbaus (Neuschnee auf persistenter Schwachschicht). Vernachlässigt wird

hierbei aber wiederum die den Lawinenproblemen zugehörige zu erwartende Dauer der Gefährdung; der anvisierte Vorteil für den Nutzer geht verloren.

3) Neuschnee vs. Nassschnee

Nach einem Schneefall führt Sonneneinstrahlung häufig zu Lockerschneelawinen aus felsdurchsetztem Steilgelände. Dies ist besonders im Frühjahr eine typische Gefahrensituation. Wird diese jedoch als Neuschnee- oder als Nassschneeproblem kommuniziert?

Diese Situation geht zwar häufig mit einer sehr schwachen Schneedeckenstabilität (spontane Lawinenaktivität) und mitunter vielen Gefahrenstellen (im extrem steilen Gelände) einher, die Lawinengröße bleibt aber meist klein und die Relevanz des Problems damit überschaubar. Entsprechend wurde dieser Gefahrensituation oft weniger Aufmerksamkeit geschenkt als den vorangegangenen. Lawinenwarner*innen kommunizierten diese Situation je nach individueller Auffassung recht unterschiedlich – entweder als Nass- oder Neuschneeproblem. Prinzipiell ist hier die Problematik von etwas untergeordneter Rolle, da die Gefahrensituation beiden Lawinenproblemen zugeordnet werden kann, ohne dass dies zu einem groben Konflikt mit den jeweiligen Definitionen führen würde. Dennoch ist es besonders im Hinblick auf eine grenznahe Lawinengefahrenbeurteilung und die mobile Wintersport-Community anzustreben, dass auch diese Situation von Warndiensten über Grenzen hinweg konsistent kommuniziert wird.

Anforderungen und Lösungsansatz

Basierend auf den angeführten Inkonsistenzen ergeben sich folgende Anforderungen an eine einheitliche Kommunikation von Lawinenproblemen:

- Jedwede auftretende Gefahrenquelle muss einem Lawinenproblem zuordenbar sein.
- Eine Gefahrenquelle wird über ein einziges Lawinenproblem kommuniziert.
- Erkennbarkeit und Verhaltensempfehlungen ausgegebener Lawinenprobleme stimmen mit der Situation im Gelände überein.
- Das Hinzufügen und Entfernen von Lawinenproblemen im veröffentlichten Bericht muss nachvollziehbar und möglichst einheitlich erfolgen.

Um Unstimmigkeiten in der Kommunikation in Bezug auf Lawinenprobleme möglichst zu beheben und die genannten Anforderungen zu erfüllen, wurde in einem gemeinsamen Projekt der Lawinenwarndienste von Tirol und Salzburg ein Entscheidungsbaum (Abbildung 01) entworfen, welcher es erlaubt, jedwede vorherrschende Situation in ein

Lawinenproblem zu überführen. Grundlage bildeten hierfür die bereits bestehenden Definitionen der Lawinenprobleme, insbesondere im Hinblick auf deren Problemerkennung im Gelände sowie darauf aufbauenden Verhaltensempfehlungen. Das Lawinenproblem stellt dabei ein reines Kommunikationsmittel dar und soll explizit nicht meteorologische oder schneephysikalische Informationen vermitteln.

Verwendung des Entscheidungsbaums

Die zu erwartende Lawinenart stellt den Eingangsparemeter für den Entscheidungsbaum dar. In der Folge werden weitere Eigenschaften (z.B. des Schneebretts oder der Schwachschicht) spezifiziert. Das Lawinenproblem stellt das Resultat des Entscheidungsbaums dar. Die Ausprägung des mithilfe des Entscheidungsbaums bestimmten Lawinenproblems wird anschließend in der EAWS-Matrix bestimmt (durch die drei Parameter „Schneedeckenstabilität“, „Häufigkeit der Gefahrenstellen“ und „Lawinengröße“) und eine zugehörige Gefahrenstufe definiert.

Treten mehrere, voneinander unterschiedliche Gefahrenquellen gleichzeitig auf (zum Beispiel Schneebrettlawinen und Lockerschneelawinen), wird der Entscheidungsbaum entsprechend mehrfach durchlaufen und es können für einen Tag mehrere Lawinenprobleme kommuniziert werden. Das Kommunizieren mehrerer Lawinenprobleme deutet damit aber immer auf mehrere Gefahrenquellen hin, mit denen die Nutzer*innen im Gelände konfrontiert sein werden.

Uneinheitlich kommunizierte Situationen (2)

Die oben angeführten Gefahrensituationen, welche bisher von verschiedenen Warner*innen bzw. Warndiensten unterschiedlich gehandhabt wurden, können mithilfe des Entscheidungsbaums nun einem spezifischen Lawinenproblem zugeordnet und damit auch klar kommuniziert werden.

1) Neuschnee vs. Tribschnee

Die Entscheidung, ob ein Tribschneeproblem kommuniziert wird oder nicht, hängt entsprechend der zugrundeliegenden Definition und resultierenden Verhaltensempfehlung in erster Linie davon ab, ob Gefahrenstellen erkennbar sind oder nicht. Auch im Entscheidungsbaum ist dies das maßgebende Entscheidungskriterium.

Ein Neuschneeproblem kann hingegen nur dann kommuniziert werden, wenn die von Neu- und/oder Tribschnee überdeckte Schwachschicht nicht langlebig ist und Gefahrenstellen nicht erkennbar (z.B. überschneit) sind.

2) Altschnee vs. Neuschnee

Das ausschlaggebende Kriterium zur Unterscheidung zwischen einem Altschnee- und einem Neuschneeproblem im Entscheidungsbaum liegt in der Langlebigkeit der Schwachschicht: Sofern Gefahrenstellen nicht erkennbar sind, führt eine von gebundenem Neu- und/oder Triebsschnee überdeckte, persistente Schwachschicht zu einem Altschneeproblem (unabhängig jedweder Neuschneemenge!). Ist die Schwachschicht nicht persistent, dann führt der Entscheidungsbaum – aufgrund der zu erwartenden kurzen Dauer der Gefährdung – zum Neuschneeproblem.

3) Neuschnee vs. Nassschnee

Im Pfad der Lawinenart "Lockerschnee" erfolgt zur Bestimmung des Lawinenproblems eine Unterscheidung nach der Hauptkornform des als Lawine ausgelöst und sich zu Tal bewegenden Schnees. Betrachtet wird dabei der Schnee im Anbruchgebiet der Lawine.

Die erste Sonneneinstrahlung führt bei Neuschnee zu einer verstärkten abbauenden Umwandlung der dendritischen Neuschneekristalle hin zu sogenannten "filzigen" und "rundkörnigen" Kristallen, welche nur mehr aus Neuschneekristall-Fragmenten bestehen. Die Bindung dieser Kristalle zueinander nimmt dabei ab und es kommt zu einem kurzzeitigen Festigkeitsverlust innerhalb der Schneedecke. Lockerschneelawinen aus extrem steilem Gelände sind die Konsequenz. Die miteinhergehende Anfeuchtung des Schnees ist dabei zweitrangig, der als Lawine abgehende Schnee besteht weitestgehend noch aus trockenen Neuschnee- und Filzkristallen. Der Entscheidungsbaum führt in der vorliegenden Gefahrensituation also eindeutig zu einem Neuschneeproblem.

Fazit

Mit der Integration des Entscheidungsbaums in die Arbeitsroutine von Lawinenwarner*innen erhalten wir eine klare Art und Weise, wie bestimmte Lawinensituationen der Öffentlichkeit vermittelt werden können. Nutzer*innen können sich an den mit Lawinenproblemen verknüpften Verhaltenshinweisen orientieren, ihre Tourenplanung gestalten und ihr Risiko reduzieren. Der Entscheidungsbaum verhindert Inkonsistenzen, die allein auf das Fehlen klarer Richtlinien auf Seiten der Lawinenwarner*innen zurückzuführen sind und nicht auf die inhärenten Unsicherheiten bei der Bewertung und Beschreibung der Naturprozesse.

Außerdem wird dadurch der Vorhersageprozess nachvollziehbarer, was sowohl den Dialog zwischen Prognostiker*innen vereinfacht als auch die

Kommunikation zu den Nutzer*innen. Auch in der Ausbildung eröffnen sich neue Möglichkeiten. Zu jedem Lawinenproblem können die verschiedenen Wege im Entscheidungsbaum, die zu dem jeweiligen Problem führen, in Vorträgen und Unterlagen beschrieben werden. So gibt es z.B. zwei klar definierte Situationen, die zu einem Neuschneeproblem führen. In der Zukunft erhalten wir auch die Möglichkeit, Modellergebnisse (z.B. aus SNOWPACK) besser zu integrieren, welche uns Vorschläge zu vorherrschenden Lawinenproblemen liefern können.

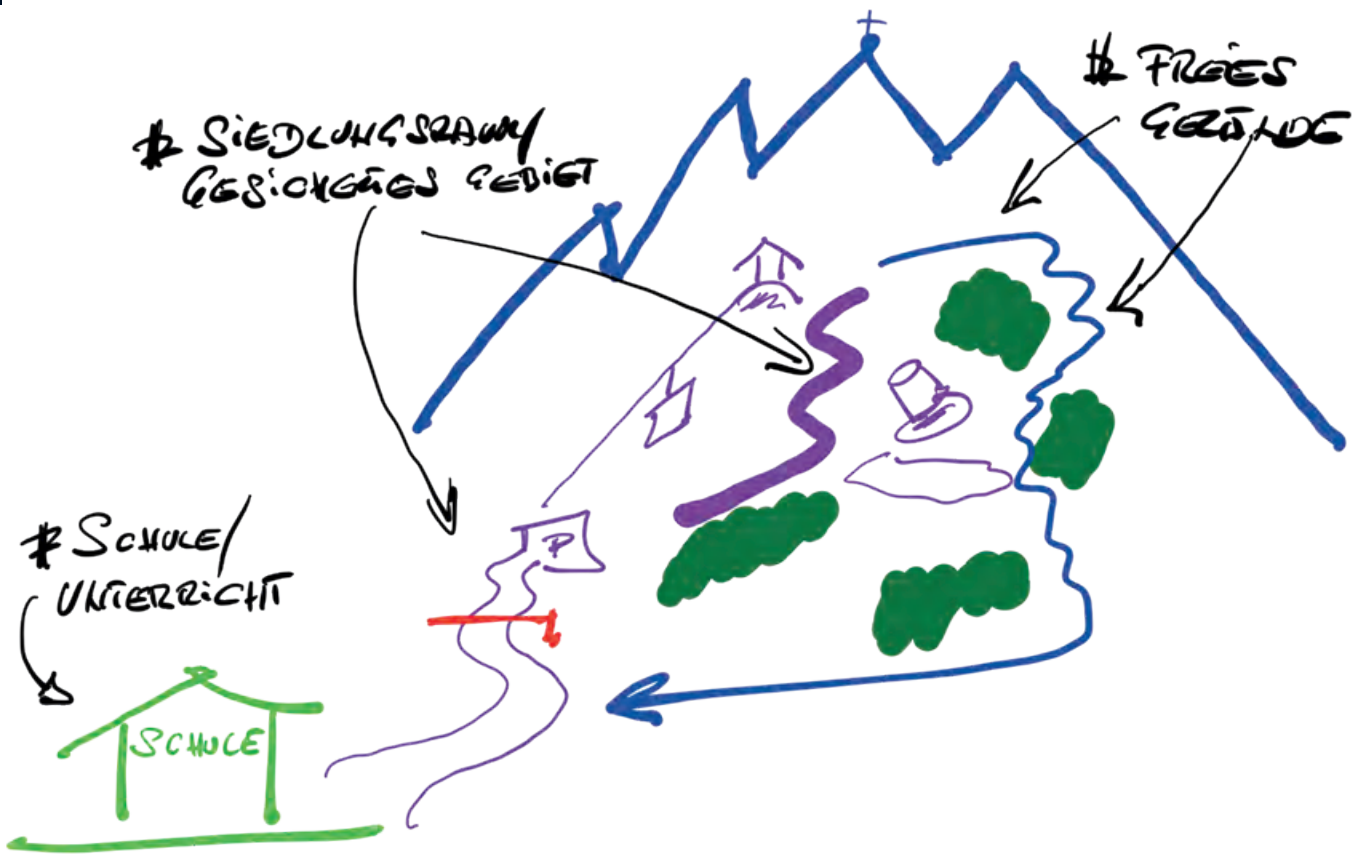
Norbert Lanzanasto

Lawinenprognostiker des LWD Tirols, Mitglied des EAWS Technical Advisory Board (TAB)

Matthias Walcher

Lawinenprognostiker des LWD Salzburg

Der *Entscheidungsbaum der Lawinenprobleme* ist Resultat eines Projekts der Lawinenwarndienste Tirol und Salzburg. Die beiden Autoren Norbert Lanzanasto und Matthias Walcher arbeiten in ihrer Funktion als Lawinenprognostiker bereits seit einigen Jahren gemeinsam an diversen Themen rund um die Vereinheitlichung von Beurteilung und Kommunikation in der regionalen Lawinenwarnung.



01 Skizze zur Aufteilung der Lerninhalte und Lernorte für unterschiedliche Bandbreiten an Nutzer*innen (= Kinder und Jugendliche) und Initiativen. |

16

Projekt SnowKids - Faszination Schnee und Eis & Risiko Lawine

Autor Christoph Mitterer et al.



Christoph Mitterer

Einleitung

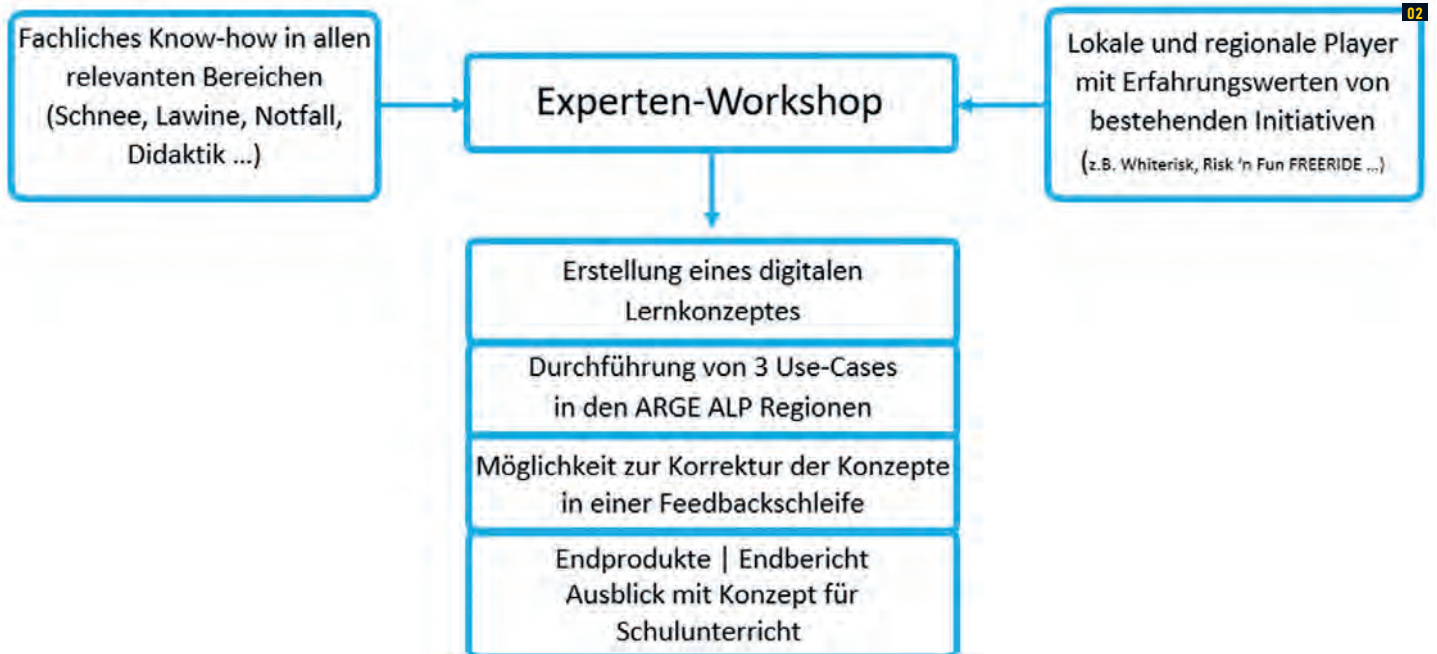
Die Bedeutung von Schnee im alpinen Lebensraum erstreckt sich sowohl auf den alpinen Wirtschaftssektor, insbesondere den alpinen Wintertourismus, als auch auf unseren natürlichen Wasserkreislauf, eine Ressource, die eng mit alpinen Naturgefahren verknüpft ist. Und in der Tat kommen im Durchschnitt jedes Jahr im europäischen Alpenraum etwa 100 Personen durch Lawinen ums Leben (www.avalanches.org/fatalities). Mit wenigen Ausnahmen (z.B. Lawinenwinter 1999) handelt es sich bei den meisten Opfern um Wintersportler, die sich außerhalb gesicherter Pisten oder Infrastruktur im ungesicherten Skiraum aufgehalten haben. In den meisten Fällen haben sie die Lawine, in der sie ums Leben kamen, selbst ausgelöst. Obwohl diese Zahlen im Vergleich zu anderen Todesursachen wie Verkehrsunfällen (in Österreich allein im Jahr 2022: 369 Todesopfer) als gering betrachtet werden können, zeigen Medienberichte und kontroverse Diskussionen in sozialen Netzwerken, dass die Gesell-

schaft Todesopfer durch Lawinenunfälle weniger akzeptiert.

Dies trifft insbesondere zu, wenn Kinder oder Jugendliche betroffen sind. Laut einer Statistik des Österreichischen Kuratoriums für alpine Sicherheit (ÖKAS) sind in den Jahren 2010 bis 2022 in Österreich 15 Jugendliche (< 21 Jahre) durch Lawinen ums Leben gekommen (1,25 pro Wintersaison), sechs wurden schwer verletzt und 176 waren in einem Lawinenunfall verwickelt. In etwa 75% der Fälle war die Notfallausrüstung (LVS, Schaufel, Sonde) unvollständig oder gar nicht vorhanden.

Dabei gibt es weitere Muster:

- Lawinentote: 15 (1,25 Tote pro Jahr)
- Durchschnittsalter: 16,8 Jahre
- Geschlecht: 14 männlich, 1 weiblich
- Gruppe: meist mit Gleichaltrigen (Group-of-Peers), sonst mit Eltern/Instruktoren aus Vereinen unterwegs
- Notfallausrüstung: 11 keine, 4 LVS-Schaufel-Sonde



02 Projektskizze für das ARGE ALP Projekt SnowKids. Bis zum Vortrag am Lawinensymposium 2023 wird das digitale Lernkonzept umgesetzt worden sein. |

- Bergung: 13 organisierte Rettung; 2 Kameradenrettung
- Beteiligte an Lawinenunfällen: 176
- Gelände: fast ausschließlich Freeridebereich
- Exposition: 4 Ost, 11 Nord
- Mediane Seehöhe: 2120 m
- Mediane Verschüttungstiefe: 185 cm

Mit anderen Worten: **Der klassische Lawinenunfall mit Todesfolge von Jugendlichen in Österreich geschieht beim Variantenfahren in einem 2120 m hohen Nordhang in einer Gruppe vorwiegend männlicher, gleichaltriger Personen, die durchschnittlich 16,8 Jahre alt sind. Die Kameradenhilfe funktioniert nur sehr selten. Manchmal passieren diese Unfälle unter der Obhut von Erziehungsberechtigten.**

Blickt man in andere Länder des ARGE ALP Raumes, so sind die Zahlen ähnlich: In der Schweiz waren in den Wintern 2009/10 bis 2020/21 67 Jugendliche an einem Lawinenunfall beteiligt. Davon verstarben elf Jugendliche (< 21 Jahre), was einem tödlich verunfallten Jugendlichen pro Saison entspricht. Sieben der elf hatten keine oder eine unvollständige Notfallsausrüstung. Blickt man nach Kanada, sind die Zahlen noch etwas höher: In den Jahren 1997 bis 2007 waren 15% (absolute Anzahl N = 20) aller Todesopfer durch Lawinen unter 20 Jahre alt, was zwei jugendlichen Todesopfern pro Saison entspricht. Auch hier finden wir ähnliche Muster wie in Österreich: Die jungen Todesopfer waren überwiegend männlich und im Freeride-Bereich unterwegs (in Nordamerika: Side-Country und Out-of-Bounds).

Gleichzeitig haben sich rund um den Globus sowohl zahlreiche professionelle als auch ehrenamtliche Initiativen gegründet – meist infolge eines oder

mehrerer tödlichen Lawinenunfälle mit Beteiligung von Jugendlichen. Das ausgesprochene Ziel der Initiativen war und ist es, Jugendlichen durch Präventionsarbeit – u.a. auch im schulischen Bereich – verschiedene Aspekte der Gefahr „Lawine“ näher zu bringen. Dabei werden sehr unterschiedliche Themengebiete behandelt: Vom korrekten Umgang mit der Notfallsausrüstung, über Inhalt und Zweck von Lawinenvorhersagen bis hin zu ganzen Frameworks für risikobasierte Entscheidungen im Gelände.

Wozu also dieses Projekt SnowKids? Das Management der Naturgefahr Lawine hat sich in den letzten Jahrzehnten weiterentwickelt und eine Vielzahl an Maßnahmen sind etabliert und nachhaltig umgesetzt worden. Das Bewusstsein über die Chancen und Gefahren von Schnee ist je nach Ausprägungsgrad der Risikowahrnehmung unterschiedlich. Um die notwendige Präventionsarbeit der verschiedenen Initiativen bestmöglich zu unterstützen und somit noch mehr Kinder und Jugendliche mit der Gefahr vor Lawinen, aber auch mit der Faszination für Schnee und Eis zu sensibilisieren, benötigt es ein niederschwelliges Angebot an Lehrmaterialien. Diese müssen allen Initiativen gratis zur Verfügung stehen und am neuesten Stand des Wissens sein. Zudem benötigen die Initiativen selbst eine Möglichkeit, sich untereinander effektiver zu vernetzen und aus gemeinsamen Erfahrungen zu lernen. Folglich umfassen die Ziele des Projekts folgende Inhalte:

- Erstellung eines State-of-the-Art der Wissensvermittlung und -stärkung bei Kindern und Jugendlichen in den einzelnen Regionen der ARGE ALP
- Darstellung eines starken Netzwerks aus er-

fahrenen und fachlich starken Partnern (Initiativen) in den Regionen der ARGE ALP

- Konzeption eines digitalen und gleichzeitig praxistauglichen Lernkonzeptes für die Initiativen
- „Veredelung“ der Wissensvermittlung durch Einbindung der lokalen/regionalen Player
- Vermittlung des Wissens über Generationen
- Empfehlungen an die zuständigen Entscheidungsträger der Bildungspolitik in den einzelnen ARGE ALP Regionen (z.B. Bildungsdirektion)

Zu diesem Zweck wurde von der ARGE ALP unter Führung des Landes Tirol zusammen mit der Bergrettung Tirol und dem Österreichischen Alpenverein das Projekt SnowKids ins Leben gerufen. Abbildung 2 zeigt die Projektskizze mit den unterschiedlichen Arbeitspaketen für das gesamte Projekt. In den folgenden Abschnitten möchten wir die bisher gewonnenen Erkenntnisse darstellen und den Stand des Projekts skizzieren. Das Projekt startete im Dezember 2021 und endet mit Juni 2024.

Ergebnisse aus dem Experten-Workshop

Das erste Arbeitspaket umfasste die Organisation des hybriden Experten-Workshops zum Themengebiet. An diesem Experten-Workshop, der vom 20.-22. April 2022 in Innsbruck stattgefunden hat, wurden drei Themenblöcke präsentiert und diskutiert:

- (1) Aktueller Stand des Wissens der Lawinenforschung, -rettung bzw. der allgemeinen Didaktik für Kinder und Jugendliche
- (2) Präsentation unterschiedlicher Initiativen zum Thema (Lawinen-)Prävention im ARGE ALP Raum
- (3) Needs und Wünsche der Initiativen an das Projekt

Während der erste Tag des Workshops die Teilnehmer*innen auf den aktuellen Stand der Forschung in den Themengebieten Lawinenforschung, -rettung bzw. der allgemeinen Didaktik für Kinder und Jugendliche brachte, fokussierte der zweite Tag auf die Initiativen selbst, die sich in 10-minütigen Vorträgen selbst präsentierten. Insgesamt haben sich an diesem Tag 13 unterschiedliche Initiativen aus dem ARGE ALP Raum mit Impulsvorträgen vorgestellt. Am letzten Workshoptag wurden Anforderungen und Wünsche an das Projekt gestellt.

Für das Projekt ergaben sich aus dem Workshop drei wesentliche Erkenntnisse:

- (1) Es gab und gibt sehr viele unterschiedliche Initiativen im ARGE ALP Raum, die dieses Thema

bearbeiten und sich an Kinder bzw. Jugendliche richten. Die Bandbreite dieser Initiativen ist aber enorm und reicht vom ehrenamtlich organisierten, lokalen Eintageskurs über von Bergschulen organisierte Mehrtageskurse bis hin zu mehrjährigen Konzepten von großen alpinen Vereinen oder bundesstaatlichen Institutionen. Für einige dieser Initiativen sind Kurse für Kinder und Jugendliche Teil ihres professionellen Businessplans, für andere ein ehrenamtliches Hobby oder ein Vereinsauftrag, ohne der Vorgabe, Profit zu erzeugen.

- (2) Die Finanzierung der Kurse für Kinder und Jugendliche erfolgt auf zwei Arten: (a) Die Kurse müssen selbst finanziert werden, sprich Eltern zahlen für die Kurse. (b) Kurse werden durch unterschiedliche Fördermaßnahmen unterstützt oder (c) einem Mix aus beidem (d) Kurse sind kostenlos, weil Ausbilder*innen/Beteiligte auf ihr/e Honorar/Kosten verzichten.
- (3) Trotz des zum Teil hohen Professionalisierungsgrades einiger Initiativen kristallisierten sich drei Hauptwünsche/Needs an das Projekt SnowKids heraus: (i) Einheitliche, frei zugängliche und multi-mediale Lehrunterlagen. (ii) Eine Vernetzung der einzelnen Initiativen untereinander. (iii) Ein professionell designtes, kurzes Video, das den Sicherheitsaufwand von Freeride-Produktionen zeigt (Behind-the-Scenes-Video bzw. Reality-Check-Video). Alle Wünsche und Needs aus dem Workshop wurden von den Workshopteilnehmern gewichtet und sind in Tabelle 1 dargestellt.

Die in (1) und (3) gewonnenen Ergebnisse dienten dem Projektteam als Leitfaden für die weiteren Entwicklungen. Alle Details zum Workshop können über den YouTube-Channel des Lawinenwarndienstes Tirol nachgeschaut werden (<https://www.youtube.com/watch?v=a-ZQlanvWdc&t=4s>).

Einheitliches Lehr- bzw. Lernkonzept

Nach dem Workshop war klar, dass wir überzeugend und positiv von der Faszination Schnee erzählen – und auf diese Weise das Bewusstsein für die damit verbundenen Risiken bei der jungen Generation schärfen. Dabei stehen nicht Verbote oder erhobene Zeigefinger im Vordergrund, sondern eine zeitgemäße Wissensvermittlung. Die Basis dafür ist ein einheitliches Lehr- und Lernkonzept, dass die große Bandbreite an Nutzer*innen (= Kinder und Jugendliche), Initiativen (Profi vs. Ehrenamt), aber auch Örtlichkeiten (Schulgebäude vs. Gelände), Zeiten (Schule vs. Freizeit) und Inhalten abdecken kann.

Wünsche Needs	Themengebiet	Gewichtungen T1
Nutzung von Synergien „Hosen runter“ d.h. Methoden, Ideen teilen Bündeln von Ressourcen, nicht jeder muss alles allein machen Mehr Kommunikation und Vernetzung statt einzelner Initiativen, die das selbst machen Einheitliche Kommunikation Ganzheitliche Ausbildung à la Jugend und Sport (CH) Angebote Clustern Bei überregionalen Angeboten nicht auf lokale Angebote vergessen	Synergien und Vernetzung	●●●●●●●●●●
Rechtlicher Rahmen für nicht Bergführer im Gelände Gesetzlicher Rahmen > gewerblich <> Ehrenamt (Vereine?)	Rechtliche Grundlagen	●●
Open Source Material Informationen kuratieren YouTube Videos kuratieren Onlineplattform für verschiedene Altersgruppen Landingpage, Unterlagen für Lehrende und Unterrichtsmaterialien Ausbau des Ausbildungsmoduls von WhiteRisk nach dem Vorbild von Know Before You Go Outdoortaugliche Unterrichtsmaterialien Trainingsfelder wie ATC in Skigebieten, LVS Checkpoints Sensibilisierung durch Plattform / Media / App Schulungs- und Weiterbildungsangebot für Lehrmaterialien, Lehr-Videos Aufklärung direkt an Schulen	Multi-mediales, kostenloses Material	●●●●●●●●●● ●●●●●●●●●● ●●
Lässige Videos Aufklärung Virtuell <> Realität Backstage Aufklärung > Appell an Filmproduzenten	Reality Check Videos	●●●●●●●
Echte Freerider als Coaches für Kids Externe Referenten sind für Kids immer positive Abwechslung Junge Idole Vernünftige Lehrer, damit wirklich nichts passiert	Testimonials, Freerider*innen als Vorbilder	●●●●●●●●
Zielgruppengerechter Unterricht für Schulen und Ausbildungsinitiativen Gute Koordination des vorhandenen Wissens in einheitliche Lehrziele	Ausbildung und Multiplikatoren	●●

Tabelle T1 Auflistung aller Wünsche und Needs inkl. Zuordnung zu einem Themengebiet und Gewichtung durch die am Workshop anwesenden Initiativen. |

Aus diesem Grund teilen wir das Konzept für die Lehre (Wissen) und das Lernen (Materialien) in drei Bereiche, die sowohl den Inhalt, aber auch Örtlichkeit und somit Zuständigkeit einteilen (Abbildung 1).

Das Konzept gliedert sich in drei Levels:

- (1) Schule: Schüler*innen sollen Themen aus den Gebieten „Schnee & Eis“ und „Lawinen“ kennenlernen und Wissen sammeln. Hier finden Pädagog*innen Themenvorschläge und dazugehörige multimediale Unterlagen, die ideal in den Schulunterricht eingebunden werden können. Die Inhalte sind so aufbereitet, dass sie bei allen Kindern und Jugendlichen – auch bei jenen, die nicht mit einem Wintersportgerät unterwegs sind – Interesse wecken und haben das Potenzial zum generationsübergreifenden Lernen.
- (2) Piste: Im Laufe einer Schulkarriere nehmen im Idealfall alle Schüler*innen aus dem ARGE ALP Raum an einer Wintersportwoche teil. Themen, die vor oder während der Wintersportwoche relevant sind, werden hier aufbe-

reitet. Beispielsweise gibt es Materialien, um Grundlegendes zu den Themen „Berg“, „Skigebiet“, „Erste Hilfe“ sowie „Verhalten auf Pisten“ zu vermitteln. Schüler*innen werden hier von Pädagog*innen und/oder Skilehrer*innen betreut und verlassen nicht den gesicherten Skiraum, d.h. benötigen auch keine Lawinen-Notfallausrüstung (sehr wohl werden sie aber für Mobiltelefon/Notruf und Erste-Hilfe-Paket/Notfall geschult). Sie müssen aber zumindest auf die Piste kommen, d.h. Skifahren, Snowboarden o.ä. können bzw. lernen.

- (3) Gelände: Kinder und Jugendliche, die abseits gesicherter Pisten unterwegs sind, sollen die Möglichkeit haben, vertiefendes Wissen über Linienwahl, Strategie, Lawinengefahr, Verhalten im Gelände, Risikomanagement, Entscheidungsfindung, Notfall Lawine und mehr zu erhalten. Passende Unterlagen gibt es dazu ebenfalls. Hier verlassen wir den Schulbereich und bewegen uns im freiwilligen Freizeitbereich. Kinder und Jugendliche werden hier von

Personen mit den notwendigen Zusatzqualifikationen (z.B. Ski-/Snowboardführer*innen, Bergführer*innen, Instruktor*innen, Übungsleiter*innen, Jugendleiter*innen) betreut und unterrichtet, die selber einen Freeride-Hintergrund besitzen.

Prozessdesign für die digitale Informationsplattform – das snow institute

Der Hauptwunsch der Initiativen (vgl. Tabelle 1) und somit der Hauptauftrag an das Projekt war die Erstellung einer digitalen Plattform, die frei zugängliche, kuratierte und multi-mediale Unterlagen für mögliche Kurse anbietet. Das Prozessdesign zur Schaffung dieser Plattform samt Inhalten musste in einem ersten Schritt zu einer Identität für diese kreiert werden. Was und wer will man sein?

Das **snow institute** (www.snow.institute) wurde aus der Taufe gehoben. Ein virtuelles Institut, das den lokalen/regionalen Initiativen Fachwissen sowie praxistaugliche Lehrmaterialien frei zugänglich und transparent zur Verfügung stellt. Alle Unterlagen sind einheitlich durchdesigned, laufend auf dem aktuellen Stand upgedated und können unkompliziert heruntergeladen und eingesetzt werden. Die Materialien des snow institute sind einfach zu kombinierende Werkzeuge zur individuellen Verwendung aller Vortragenden/Trainer*innen von Initiativen, sei es zum Lernen im Unterricht, zum Vermitteln auf der Skiwoche, zum Umsetzen im freien Gelände oder bei einem Notfalltraining. www.snow.institute ist aber auch als Nachschlagewerk für Ausbilder*innen geeignet.

Dabei folgt das Prozessdesign dem Thema der starken Bandbreite (z.B. Profi vs. Ehrenamt) und Gegenpole (Schule vs. Freizeit) innerhalb des Pro-

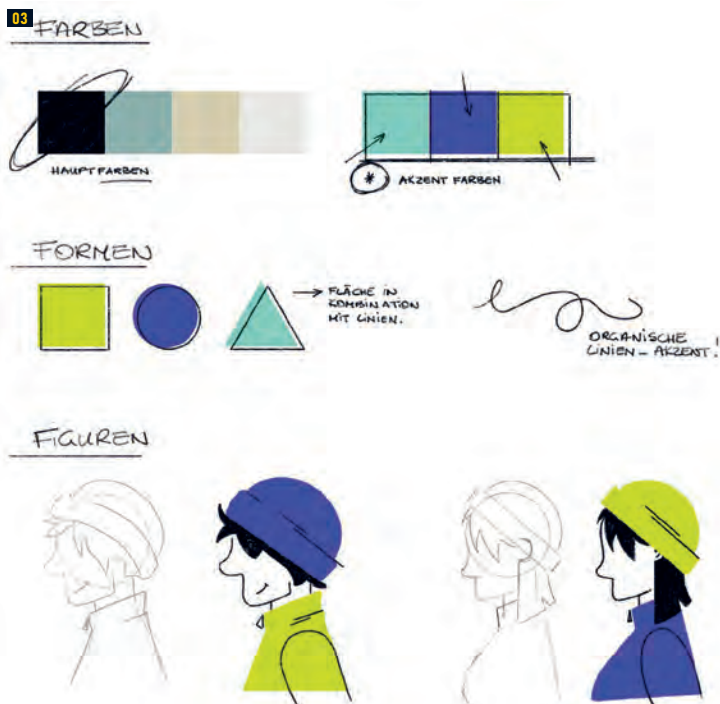
jekts. Die Ansätze zur visuellen Leitidee folgen konsequent einem nicht-statischen Konzept, das sich entwickeln kann und dynamische bzw. multimedial, teils auch skalierbare Lösungen für die Lernunterlagen und -materialien anbieten kann. Gegenpole (z.B. laut vs. leise) sollen sichtbar werden. Dabei entstehen visuelle Berührungspunkte, die zeitgemäß und jung sind und gleichzeitig die inhaltlichen Berührungspunkte reduziert und klar wirken lassen. Als Gestaltungsprinzip in Bezug auf Farbe, Form, Fläche und Proportion wurde die Zahl Drei gewählt. Das ultimative Ziel: eine hohe Zielgruppenaffinität, hohe Sympathie, Kompetenz und Wiedererkennung. Dabei lieber lässig als abgehoben intellektuell wirken (Abbildung 3). Als Beispiel können die Farben in Abbildung 3 durchgesprochen werden: Die Hauptfarben sind dezent und repräsentieren etwas kühlere, klassische Farbtöne. Sie stehen für den ruhigen, fokussierten und kompetenten Grundton. Aufgeregt werden diese Farben durch die Akzentfarben. Sie sind grell, schrill, jugendlich und weisen den Betrachter sofort auf wichtige Details hin. Ähnlich bei den Formen. Strikte geometrische Formen wechseln sich mit organischen Linien ab. Geordnete Grundstrukturen und freie Linien geben uns wieder die Möglichkeit, die Gegenpole des Projekts abzudecken.

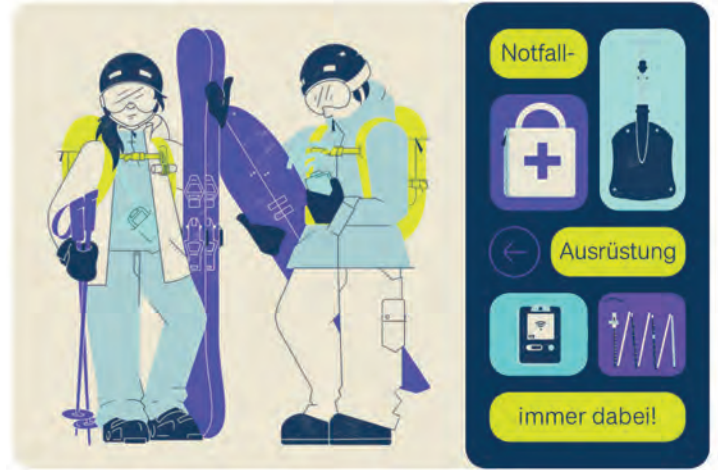
Durch diesen dynamischen Grundfokus ergeben sich unendlich skalierbare Möglichkeiten, die wir für unterschiedliche Medien (multi-medial) einsetzen können (Abbildung 4). Klassische, reduzierte Printmedien sind genauso möglich wie poppige, leicht überladene Darstellungen für Jugendliche auf Social-Media-Kanälen. Klare Strukturen für Icons wechseln mit verspielten Figuren ab und ergänzen sich gegenseitig. Auch Video oder Fotoaufnahmen können in unterschiedlichsten Wechselwirkungen mit der Farb-, Form- und Figurenwelt von snow institute kombiniert werden. Gleichzeitig vermittelt es Kompetenz und Effizienz, denn man kann mit Farb- und Formakzenten die Nutzer*innen auf wichtige Inhalte und Informationen fokussieren lassen: Welche Bestandteile der Notfallausrüstung sind wichtig und wo werden sie getragen? Dafür genügt ein Blick in Abbildung 4 (rechts unten).

Zusammenfassung und Ausblick

Das Projekt "SnowKids-Faszination Schnee und Eis & Risiko Lawine" – umgesetzt unter dem Namen und auf der Webseite www.snow.institute – zielt darauf ab, präventive Aufklärung über Schnee & Eis und Lawinen für Kinder und Jugendliche im alpinen Raum anzubieten. Nach wie vor stellen Lawinen, insbesondere bei jungen Freerider*innen,

03 Farben, Formen und Figuren für das snow institute. |





02 Beispiele für multi-mediale Gestaltung. Oben unterschiedliche Ausführungen für Printprodukte, unten links für Social-Media-Contents, unten rechts Möglichkeiten für Info-Cards zu spezifischen Informationen mit intuitiven Highlights von wichtigen Informationen.]

eine Gefahr dar. Um dem weiter entgegenzuwirken bzw. Bewusstsein zu schaffen, verfolgt das Projekt verschiedene Ziele, darunter die Entwicklung eines umfassenden Wissensmanagements, die Vermittlung von Kompetenzen für das Verhalten am Berg sowie die Sensibilisierung für größere, komplexe Zusammenhänge wie der Lawinengefahr. Im Rahmen des Projekts wurde ein Experten-Workshop abgehalten, bei dem Initiativen und Bedürfnisse im Bereich der Lawinenprävention diskutiert wurden. Basierend auf den Ergebnissen des Workshops wurde ein einheitliches Lehr- und Lernkonzept entwickelt, das Inhalte zum Thema „Schnee, Eis und Lawinen“ in drei Levels untergliedert: Schulen, Pisten und Gelände. Um Inhalte der drei Levels für die unterschiedlichen Initiativen gratis zur Verfügung zu stellen, wurde eine digitale Plattform, das snow institute, geschaffen. Dort werden Wissen und multimediale Lehrmaterialien für verschiedene Zielgruppen frei verfügbar und kuratiert bereitgestellt. Für das snow institute wurde in einem Prozessdesign die Vielfalt der Inhalte und Nutzer*innen des snow institute betont. Farben, Formen und Figuren wurden so designt, dass sie Wert auf visuelle Anziehungskraft und Kompetenz legen. Das Projekt befindet sich nach wie vor in der Umsetzungsphase und soll längerfristig in ein operatives und ständig gewartetes und wachsendes Werkzeug für alle Initiativen überführt werden.

weitere Autoren:

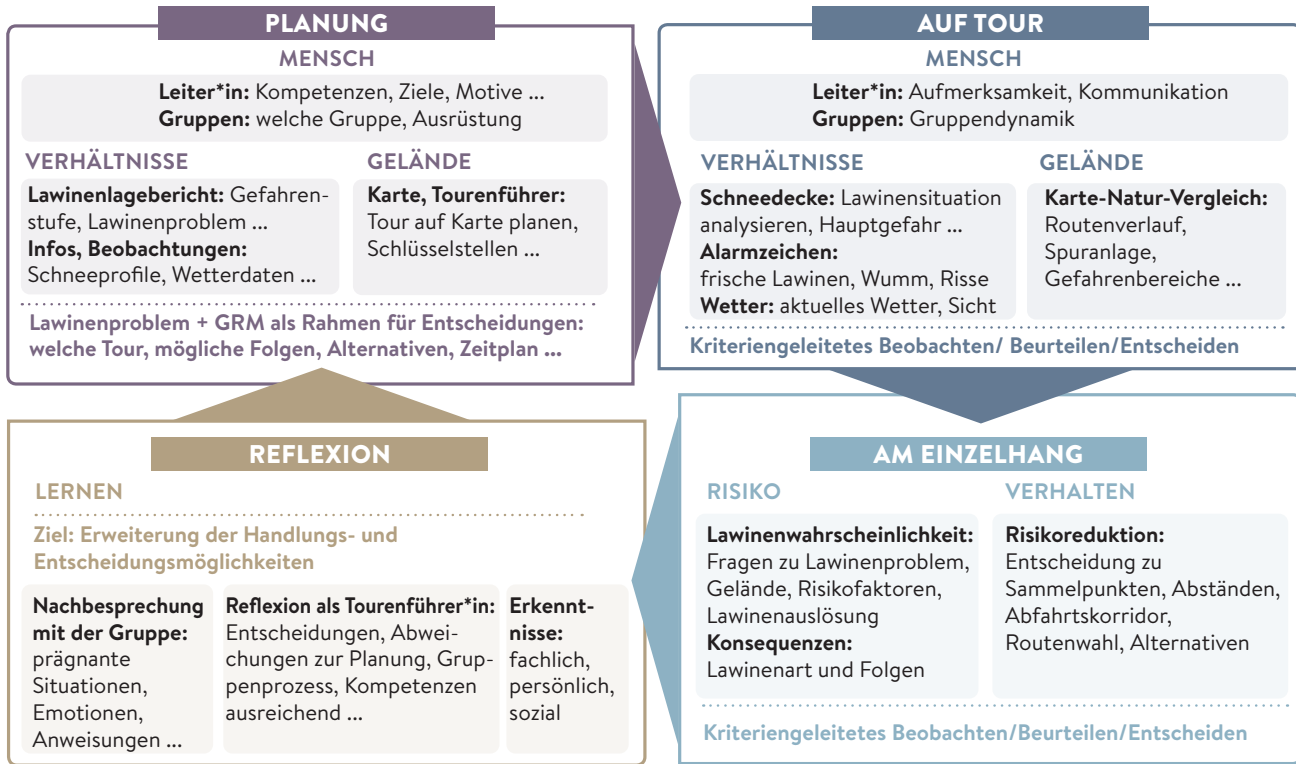
Markus Isser², Peter Plattner³, Matthias Pramstaller⁴, Max Riml², Daniela Tollinger⁴, Tamara Tschanhenz¹, Thomas Wanner⁴

- 1 Lawinenwarndienst Tirol, Innsbruck, Österreich
- 2 Österreichischer Bergrettungsdienst-Land Tirol, Innsbruck, Österreich
- 3 Lo.La Peak Solutions GmbH, Trins, Österreich
- 4 Österreichischer Alpenverein, Innsbruck, Österreich

Christoph Mitterer

Er arbeitet beim Lawinenwarndienst Tirol als Lawinenprognostiker und Forscher, betreut die fachlichen Inhalte und Neuerungen des Euregio-Lawinenreports.

Nach seinen Lehrjahren am SLF in Davos und an der Universität Innsbruck, arbeitete Christoph für die Lawinenwarndienste Bayern und Tirol. Dort versucht er die zwei Welten aus Forschung und Praxis in Einklang zu bringen. Zur Zeit ist Christoph Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Schnee und Lawinen (ÖGSL).



☞

01 Beurteilungs- und Entscheidungsrahmen. Feldbuch Integrative Lawinenkunde 2023 |

17 Von der Planung zum Einzelhang – Die Werkzeuge der Integrativen Lawinenkunde

Autoren Gerhard Mössmer, Reinhold Pfingstner



Gerhard Mössmer



Reinhold Pfingstner

Der ISSW 2018 in Innsbruck war die Geburtsstunde einer „österreichischen Lehrmeinung zur Lawinenprävention“. Unter der Schirmherrschaft des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Forschung wurde und wird seit damals auf Basis des Schweizer Faltblattes „Achtung Lawinen!“ in einer Arbeitsgruppe¹ an der „Integrativen Lawinenkunde“ – kurz ILK – gearbeitet.

Die Inhalte dieser Lawinenkunde sind nicht neu. Anstatt das Rad wieder einmal neu zu erfinden, wurde vielmehr versucht, das „Beste aus beiden Welten“² zu vereinen und – frei nach dem Motto „sowohl als auch“ anstatt „entweder oder“ – nicht ausgrenzend, sondern integrierend zu arbeiten³. Ziel war und ist es, einen praxisorientierten, möglichst der Realität entsprechenden Leitfaden für gute Entscheidungen in der Planung und im Gelände zu finden, der von allen beteiligten Organisationen vollumfänglich

mitgetragen werden kann. Vor zwei Jahren war es schließlich soweit und es konnte beim Lawinensymposium 2021 ein konkretes Ergebnis der „österreichischen Lehrmeinung“ präsentiert werden⁴. Im Folgenden wird beleuchtet, was sich in der Zwischenzeit getan hat.

Beurteilungs- und Entscheidungsrahmen

Besonders die konkrete Entscheidungsfindung im Einzelhang „Fahren wir den Hang oder nicht?“ wurde und wird in der Community kontrovers diskutiert: Unterschiedlichste Herangehensweisen – die Bandbreite reicht von Bauchgefühl und Intuition bis hin zu verschiedenen Reduktionsmethoden – stehen sich gegenüber.

Dabei wird gern vergessen, dass es im Vorfeld, also bereits in der Planungsphase, eine Vielzahl von Entscheidungen braucht bzw. Filter angewen-

¹Bestehend aus folgenden Verbänden unter der Leitung der BSPA Innsbruck: BSPA, Naturfreunde, ÖAV, ÖBRD, ÖSV und VÖBS.

²Gemeint sind analytische und probabilistische Zugänge in der Entscheidungsfindung.

³„Österreichische Lehrmeinung: Vom entweder-oder zum sowohl-als-auch“. Lawinensymposium Graz, 2019, Apflauer, G. (Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung, Abteilung Sport), Pfingstner, R. (BSPA Wien und Linz).

⁴„Einzelhangbeurteilung in der Integrativen Lawinenkunde“. Lawinensymposium Graz, 2021, Pfingstner, R.

⁵„Praxisempfehlungen der österr. Berg- u. Skiführer im Winter“. Lawinensymposium Graz, 2021, Leichtfried, A.

det werden können, bis wir letztendlich erst in die Situation kommen, um uns im Gelände – im Einzelhang – die entscheidende „Ja/Nein-Frage“ zu stellen. Mit diesen Vorinformationen und ständigem, kriteriengeleitetem Beobachten und Beurteilen im Gelände können wir seriöse Entscheidungen treffen. Um letztendlich zu einer nachvollziehbaren und begründbaren Einzelhangbewertung zu kommen, wurde ein Beurteilungs- und Entscheidungsrahmen (Abb. 1) entwickelt, der dabei helfen soll, alle relevanten Punkte abzarbeiten.

Tourenplanung

In der Planungsphase ist der erste und mächtigste Filter der Mensch. Wurde bisher in der altbekannten Formel „Verhältnisse – Gelände – Mensch“ der Mensch zuletzt gereiht, steht er in der österreichischen Bergführerausbildung⁵ bereits seit einigen Jahren – zurecht – im Fokus. Dieser Ansatz wurde nun auch in der Integrativen Lawinenkunde übernommen. Bevor wir uns mit dem Gelände und den Verhältnissen auseinandersetzen, müssen wir uns über die wesentlichen Punkte bezüglich Mensch/Gruppe im Klaren sein:

- Was wollen wir: Wünsche? Motivation?
- Was können wir: Technisches Können (Ski-technik, Gehtechnik, Klettertechnik, Seiltechnik ...)? Wissen (Orientierung, Lawinenkunde, Notfallmanagement ...)? Kondition/Fitness? Belastbarkeit? Erfahrung?
- Was können wir: Technisches Können (Ski-technik, Gehtechnik, Klettertechnik, Seiltechnik ...)? Wissen (Orientierung, Lawinenkunde, Notfallmanagement ...)? Kondition/Fitness? Belastbarkeit? Erfahrung?
- Wie sind wir: Leistungsorientiert oder erlebnisorientiert? Altruistisch oder egoistisch? Risikobereit oder sicherheitsbewusst?
- Passen die Rahmenbedingungen: Ausrüstung? Zeit? Gruppengröße und -zusammensetzung?

Mit der Beantwortung dieser Fragen in der Planung wird bereits ein erster Filter gesetzt. Anschließend arbeiten wir mit der Checkliste zur Tourenplanung (Abb. 2) alle relevanten Punkte zu den vorherrschenden Verhältnissen und zum Wetter ab. Mit Hilfe des Lawinenlageberichtes, ergänzt durch etwaige eigene Beobachtungen im Gelände, machen wir uns insbesondere ein Bild von den Lawinenpro-

CHECKLISTE ZUR TOURENPLANUNG

Tour:

Datum:

WETTER

Sicht: ☺ ☹ ☹ ☹ ☹ Wind: ☺ ☹ ☹ ☹ ☹ Wetterentwicklung: ☺ ☹ ☹ ☹ ☹

Temperatur: Ausgangspunkt (+ Höhe): 0°-Grenze:

Niederschlag: KEIN NIEDERSCHLAG SCHNEE SCHWACH GRAUPEL MITTEL REGEN STARK

LAWINENGEFAHR

Regionale Gefahrenstufe m VM m NM

Tendenz:

Lawinenproblem NEU* TRIEB* ALT* NASS* GLEIT*

Gefahrenstellen SCHATTENHÄNGE KAMMNAH RINNEN/MULDEN SONNENHÄNGE ÜBERGÄNGE VON WENIG ZU VIEL SCHNEE

Schwachschichten

Lawinenart und -größe

Auslösewahrscheinlichkeit GERING MÖGLICH SEHR GROSS

Alarmzeichen FRISCHE LAWINEN RISSE IN SCHNEEDECKE WUMM-GERÄUSCHE STARKE DURCHFUCHTUNG

Schneedeckentest ECT @----- CT @-----

Schneedeckenaufbau

GRUPPE

Gruppe: GEFÜHRT PRIVAT GRUPPENGROSSE:

Know-how: MÄSSIG MITTEL GUT

Skitechnik: MÄSSIG MITTEL GUT

Kondition: MÄSSIG MITTEL GUT

Besonderheiten:

FAKTEN UND ZEITPLANUNG

Länge/Höhenmeter: Zeitbedarf insges.:* Startzeit:

* 400 HM/h + 4 km/h, kleineren Wert halbieren | Abfahrt = Aufstieg/3

Aufstieg BEKANT UNBEKANT Abfahrt BEKANT UNBEKANT

Geländecharakteristik LEICHT MITTEL SCHWER

EINZELHANG (EH) 1, 2, 3

EH1 Hangneigung > 30° > 35° > 40° Höhe + Exposition

geringes Risiko Risikocheck lt. GRM* hohes Risiko

EH2 Hangneigung > 30° > 35° > 40° Höhe + Exposition

geringes Risiko Risikocheck lt. GRM* hohes Risiko

EH3 Hangneigung > 30° > 35° > 40° Höhe + Exposition

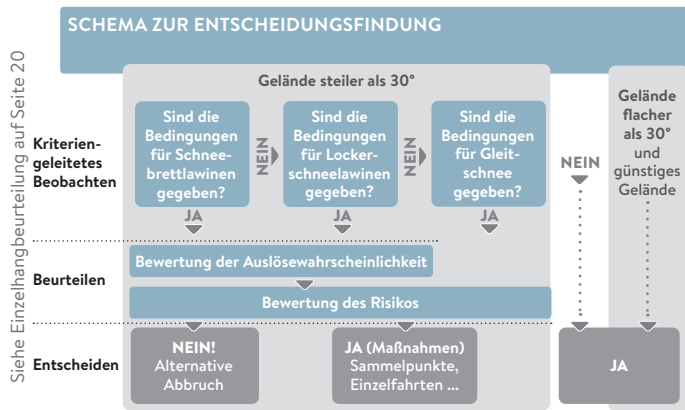
geringes Risiko Risikocheck lt. GRM* hohes Risiko

Risikocheck durch Verknüpfung von Gefahrenstufe und Hangsteilheit. Die grafische Reduktionsmethode (GRM) stellt einen groben Planungsrahmen dar. Für Hänge ausserhalb der im LLB erwähnten Exposition od. Höhenlage kann von der nächst tieferen Gefahrenstufe ausgegangen werden.

Risikocheck: Passt die Tour zu den Verhältnissen und der Gruppe?

VERHÄLTNISSE

LT. EIGENEM WISSEN MENSCH
LT. KARTE, FÜHRER ... GELÄNDE
* GRM



02 Das Beurteilungsschema gibt einen groben Überblick über die Entscheidungsstruktur am Einzelhang!

blemen („Was?“) und den Gefahrenstellen („Wo?“). Zudem werden die wetterbestimmenden Faktoren Sicht, Wind, Temperatur und Niederschlag abgefragt.

Ein erster Risikocheck erfolgt durch die Bewertung der steilsten Stelle(n) der Tour (Schlüsselstelle(n) > 30°) mit Hilfe der Grafischen Reduktionsmethode (GRM)⁶. Abschließend stellen wir uns für die Gesamtbewertung des Risikos die Frage, ob die geplante Tour zur Gruppe und zu den Verhältnissen passt.

Auf Tour

Mensch. Wie bereits in der Planung, stellen wir auch im Gelände den Menschen voran: Aufmerksamkeit, Kommunikation und gruppendynamische Prozesse sind jene Punkte, auf die wir unser Augenmerk legen.

Verhältnisse. Durch laufendes, kriteriengeleitetes Beobachten „Was (Lawinenproblem) herrscht wo (Gefahrenstellen) vor?“ und prozessorientiertes Denken „Warum (Niederschlag, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Wind, Strahlung ...) herrscht was wo vor?“ findet eine erste Einschätzung der Verhältnisse und ein Abgleich mit unseren Erwartungen – also unserer Planung – statt. Folgende Fragen sind zentral:

- Mit welcher Lawinenart ist zu rechnen?
- Gibt es Anzeichen für Schneebrettlawinen?
- Gibt es Hinweise für relevante Schwachschichten bzw. Alarmzeichen wie frische Lawinen, Wumm-Geräusche oder Risse in der Schneedecke?

Gelände. Neben den Verhältnissen beeinflusst natürlich das Gelände mit den Parametern Steilheit und Dimension des Hanges, Exposition und Höhenlage sowie Geländeform maßgeblich die Lawi-

nenwahrscheinlichkeit. Eine genaue Analyse des Geländes ist erforderlich, um eine Einschätzung zu treffen, ob, wo und in welcher Größe mit einer Lawine zu rechnen ist, womit wir bei der Beurteilung des Einzelhangs angelangt sind ...

Am Einzelhang

Die Beurteilung des Einzelhangs erfolgt letztendlich durch eine Risikoanalyse, die sich aus Eintrittswahrscheinlich (= Lawinenwahrscheinlichkeit) mal Schadensausmaß (= Konsequenz) sowie risikomindernden Faktoren (= Maßnahmen) zusammensetzt. Dieses Konzept ist nicht neu und lehnt sich stark an jenes des deutschen⁷ und Schweizer⁸ Faltblattes „Achtung Lawinen!“ an.

Die Checkliste für den Einzelhang (Abb. 4) versteht sich als Instrument, das – aufgedröselt in die Faktoren Lawinenwahrscheinlichkeit und Konsequenz mit ihren jeweiligen Unterpunkten – strukturiert die relevantesten Fragen abhandelt und mit dessen Hilfe man zu einer nachvollziehbaren Ja/Nein-Entscheidung kommt. Dabei wird jeder einzelne Punkt mittels Schieberegler [von grün (= gut) über orange bis rot (= schlecht)] bewertet, wobei die einzelnen Punkte aber nicht (!) aufsummiert werden können:

- Ist z.B. die Lawinenwahrscheinlichkeit sehr gering, könnten die Konsequenzen durchaus im roten Bereich liegen. Typisch hierfür wäre eine Frühjahrssituation, bei der man anspruchsvolle Skitouren unternimmt.
- Im Umkehrschluss müssen die Konsequenzen bei höherer Lawinenwahrscheinlichkeit gering sein. Typisch hierfür wären kleine Hänge ohne Einzugsgebiet mit flachem Auslauf ohne Geländefallen.

In Bezug auf Lawinenwahrscheinlichkeit und Konsequenzen gibt es zudem risikoe erhöhende und risikomindernde Faktoren (Abb. 5). Durch gezielte Maßnahmen wie z.B. Abstände einhalten, sichere Sammelpunkte oder Einzelfahrten haben wir die Möglichkeit, unser Risiko positiv zu beeinflussen.

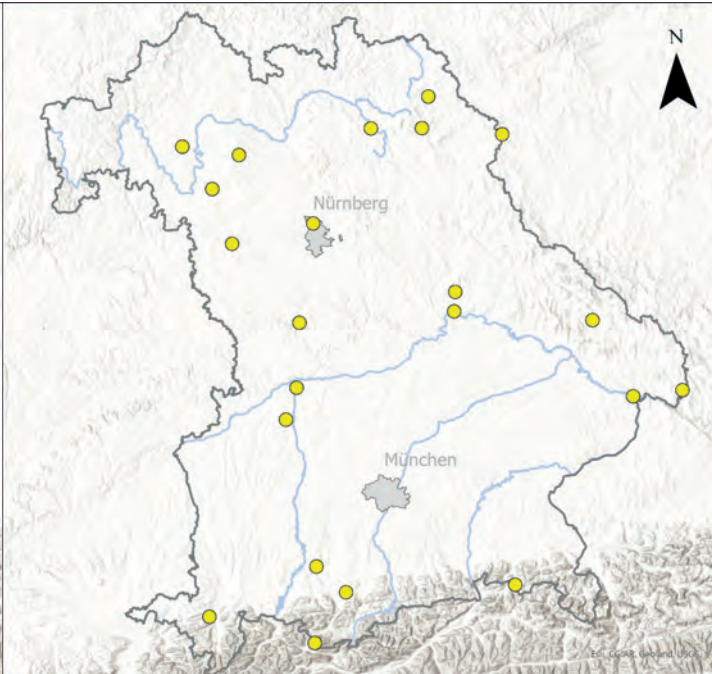
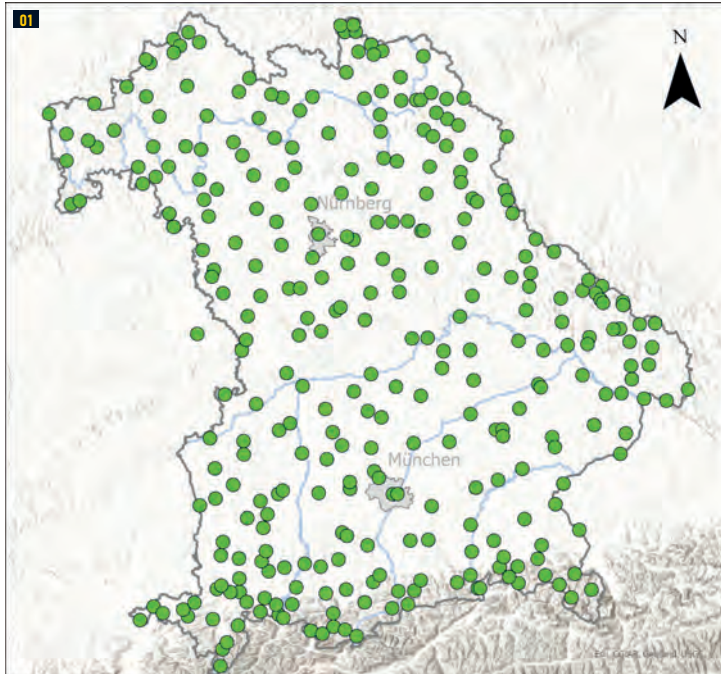
Fazit

Wer sich mit der Integrativen Lawinenkunde eine Strategie erhofft, die unterm Strich mit Hilfe einer einfachen Formel in Sekundenschnelle eine Entscheidung für den Einzelhang „ausspuckt“, muss leider enttäuscht werden. Vielmehr hat die ILK den Anspruch, der gelebten Skitouren- und Freeride-Praxis möglichst gerecht zu werden: In der Planung werden durch den Faktor Mensch bzw. durch die

⁶ Risikocheck durch Verknüpfung von Gefahrenstufe und Hangsteilheit. Die GRM stellt einen groben Planungsrahmen dar.

⁷ G+K-M=R (Gefahr + Konsequenz - Maßnahmen = Risiko), Faltblatt „Achtung Lawinen!“, Bayer. Kuratorium für Alpine Sicherheit, 2021

⁸ Gefahr erkennen und beurteilen ▶ Konsequenzen abschätzen ▶ Risiko unter Berücksichtigung von Maßnahmen bewerten, Faltblatt „Achtung Lawinen!“, Kern-Ausbildungsteam „Lawinenprävention Schneesport“ (www.slf.ch/kat).



01 Verteilung der Stationen mit Schneehöhenmessungen in Bayern im Jahr 1900. Links sind die Stationen aus dem Meteorologischen Jahrbuch für Bayern gezeigt, rechts die digital verfügbaren Stationen in der Datenbank des Deutschen Wetterdienstes. |

18 Vieljährige Schneetrends in den bayerischen Alpen und Voralpen

AutorInnen | Lothar Bock, Katrin Sedlmeier, Gudrun Mühlbacher



Gudrun Mühlbacher

Einleitung

Schnee ist vor allem in der alpinen Region ein sehr bedeutender Parameter unter anderem für Tourismus, Wasserkraft, Trinkwasserversorgung und Naturgefahren wie beispielsweise Lawinen oder Schneelast. Daher ist es essentiell wichtig, die Entwicklung der Schneeverhältnisse und den abgeleiteten Parametern, wie beispielsweise das Wasseräquivalent, im Kontext des Klimawandels zu kennen.

Durch die hohe natürliche Variabilität von Schneemenge und zeitlicher Abfolge des Schneefalls sind für verlässliche Aussagen zu Trends und Variabilität von Schneeparametern lange Zeitreihen – über die für andere klimatologische Auswertungen übliche 30-jährige Zeiträume hinaus – notwendig. Für den bayerischen Alpenraum gibt es eine Vielzahl an Stationen mit Messungen über mindestens 100 Jahre, allerdings liegen diese mit Ausnahme weniger Stationen erst seit den 1930er bis 1950er Jahren in digitaler Form vor.

Die Digitalisierung von analogen Schneereihen liefert somit einen wertvollen Beitrag, um klimawandelbedingte Änderungen der Schneedecke und der abgeleiteten Parameter sowie deren Variabilität zu untersuchen. Dieser Beitrag geht auf die aktuelle Datenlage ein und zeigt erste Auswertungen von

Zeitreihen die durch das regionale Klimabüro des DWD in München aufbereitet wurden.

Datengrundlage

Messungen der Gesamtschneehöhe begannen in Bayern im Winter 1886/87 (Lang, 1887) an 20 Stationen. Die Ablesung der Schneehöhe erfolgte anfangs am Nachmittag, ab dem Winter 1888/89 wurde sie, wie bis heute üblich, täglich am Morgen bestimmt. In den Folgejahren erhöhte sich die Zahl der Schneepegelstationen. Das Meteorologische Jahrbuch von 1895 weist bayernweit nun über 150 Stationen aus. Davon lagen fünf oberhalb von 1000 m Seehöhe. Im Zuge der Zusammenarbeit der bayerischen Landeswetterwarte mit dem im Jahre 1898 für gewässerkundliche Fragestellungen gegründeten Hydrotechnischen Bureaus verdichtete sich zur Jahrhundertwende das Netz auf über 300 Stationen (Abbildung 1, links). Zwischen 1919 und 1930 wurde die Veröffentlichung der Schneemessungen aufgrund von Sparmaßnahmen jedoch stark zurückgefahren. Das geprüfte Beobachtungsmaterial der Schneehöhen wurde in dieser Zeit im Archiv der Niederschlagsabteilung der Landesstelle für Gewässerkunde gelagert¹. Erst mit dem Aufgehen der Landeswetterwarte in den Reichswetterdienst ab Mitte der 1930er Jahre wurden die täglichen

¹Deren Verbleib ist derzeit (Stand 2023) ungeklärt. Möglicherweise sind diese Unterlagen, wie auch viele Originalunterlagen des Reichswetterdienstes, im Zuge der Kriegswirren 1944/45 verloren gegangen.

Schneehöhen in den bayerischen Alpen und dem Vorlande.

Die Stationen sind von West nach Ost und nach Flussgebieten geordnet; die Höhen in Centimetern angegeben.

Februar 1887.														März 1887.																													
Datum	Rhein			Iller			Lech		Isar			Mangfall			Inn			Salzach		Datum	Rhein			Iller			Lech		Isar			Mangfall			Inn			Salzach					
	Lindau	Oberstdorf	Immenstadt	Kempten	Oberdorf b. B.	Steingaden	Partenkirchen	Heilbrunn	München	Bad Kreuth	Feld b. Miesb.	Bayrischzell	Hoch-Kreuth	Wendelstein	Rosenheim	Reisach	Hohenaschau	Traunstein	Reichenhall		Berchtesgaden	Lindau	Oberstdorf	Immenstadt	Kempten	Oberdorf b. B.	Steingaden	Partenkirchen	Heilbrunn	München	Bad Kreuth	Feld b. Miesb.	Bayrischzell	Hoch-Kreuth	Wendelstein	Rosenheim	Reisach	Hohenaschau	Traunstein	Reichenhall	Berchtesgaden		
1.	3	28	9	6	8	18	21	22	2	38	9	19	4	61	11	8	16	16	18	9	1.	.	21	2	2	5	20	16	5	.	38	3	26	.	56	.	1	20	4	12	6		
2.	2	28	9	5	7	18	21	21	1	37	8	19	2	60	11	8	15	15	18	9	2.	.	20	1	2	3	18	14	5	.	36	1	25	.	53	.	1	19	3	11	5		
3.	1	28	8	5	6	18	21	20	1	37	7	19	1	59	11	8	15	15	18	9	3.	.	18	.	2	2	17	10	4	.	34	1	24	.	49	.	.	17	1	.	2		
4.	.	28	7	4	6	17	20	15	1	36	5	20	1	59	11	8	15	13	18	9	4.	.	16	.	1	1	15	8	3	.	31	1	24	.	47	.	.	15	.	.	.		
5.	.	28	5	4	6	17	20	10	.	35	4	20	1	58	11	7	15	12	18	8	5.	.	14	.	1	1	15	5	.	.	28	1	21	.	39	.	.	14	.	.	.		
6.	.	27	4	4	6	17	20	9	.	35	4	20	1	57	11	7	15	10	17	8	6.	.	13	.	1	1	15	.	.	.	24	1	19	.	36	.	.	12	.	.	.		
7.	.	27	4	4	5	17	20	7	.	35	4	20	1	57	11	10	17	12	21	12	7.	.	12	.	1	1	12	.	.	.	22	1	17	.	31	.	.	10	.	.	.		
8.	.	27	4	4	5	18	21	7	8	40	7	27	8	76	11	10	20	12	24	15	8.	.	9	.	1	1	12	.	.	.	20	.	15	.	28	.	.	9	.	.	.		
9.	.	27	6	4	6	21	21	9	1	42	12	25	8	79	11	10	20	15	25	16	9.	.	9	.	1	1	8	.	.	.	19	.	14	.	26	.	.	8	.	.	.		
10.	.	27	6	3	9	21	21	9	.	42	13	24	4	57	11	10	19	14	22	15	10.	.	8	.	.	6	.	.	.	18	.	10	.	24	.	.	5	.	.	.			
11.	.	27	5	3	8	19	20	9	.	40	8	23	1	57	11	9	18	12	19	14	11.	.	7	.	1	5	.	.	.	16	.	8	5	30	.	.	2	.	.	.			
12.	.	27	5	3	8	18	20	8	.	38	8	22	1	57	11	8	17	11	19	13	12.	.	3	15	.	2	.	31		
13.	.	27	5	3	8	18	20	8	.	38	8	22	1	55	11	8	16	10	19	13	13.	2	12	8	8	10	10	5	6	5	16	6	4	12	42	2	.	10	17	28	5		
14.	.	27	4	3	8	18	20	8	.	37	6	22	.	53	11	8	16	10	19	12	14.	15	35	30	25	35	33	10	18	12	30	31	31	38	70	20	25	30	31	16	26		
15.	.	27	4	3	7	18	19	8	.	37	6	21	.	50	11	8	16	10	18	12	15.	19	45	45	38	36	40	25	35	29	35	27	33	54	73	30	28	30	30	17	26		
16.	.	27	4	3	7	18	19	8	.	37	6	21	.	49	11	8	16	10	18	12	16.	19	35	45	36	35	40	20	25	26	35	22	25	50	67	18	24	25	27	13	27		
17.	.	27	3	2	7	18	18	8	.	36	6	21	.	47	11	7	16	10	18	12	17.	15	27	42	30	32	42	18	26	27	33	19	25	40	64	18	20	25	10	23			
18.	.	27	3	2	7	18	18	8	.	36	6	21	.	46	11	6	16	10	18	12	18.	15	24	40	25	28	42	15	27	25	30	15	21	30	60	10	16	18	23	8	20		
19.	.	27	3	2	6	18	17	12	.	35	6	21	.	46	11	6	16	9	18	12	19.	10	23	35	24	25	42	13	20	18	27	12	20	17	59	8	12	16	21	8	19		
20.	5	35	6	3	11	21	18	14	.	36	7	22	.	52	11	6	18	10	18	12	20.	6	21	25	21	22	42	10	16	16	23	10	15	10	53	7	5	15	17	8	14		
21.	5	33	4	4	11	23	20	14	.	40	9	23	5	54	11	7	20	12	20	15	21.	3	17	18	14	16	40	8	14	15	21	5	13	4	50	5	.	9	11	.	2		
22.	5	28	6	4	10	22	19	11	.	40	8	23	1	54	11	6	20	11	19	16	22.	.	10	10	9	12	35	4	7	8	18	2	7	.	41	1	.	5	7	.	.		
23.	2	28	5	3	9	21	19	10	.	39	7	27	1	59	11	6	19	9	19	16	23.	2	6	2	4	7	25	.	5	2	16	1	.	39			
24.	.	27	5	3	7	20	18	8	.	38	3	25	1	57	7	5	18	6	18	13	24.	.	2	.	1	13	.	.	.	52		
25.	.	27	4	3	6	15	18	8	.	37	1	23	1	48	4	4	15	5	14	11	25.	.	2	.	1	10	.	.	2	50		
26.	.	24	3	2	6	19	20	5	.	40	2	27	13	62	.	3	22	7	15	2	26.	.	17	8	4	2	2	.	.	10	1	.	5	54		
27.	.	24	3	2	7	21	19	6	.	40	4	28	17	70	.	2	27	4	14	6	27.	.	19	4	6	2	4	5	3	.	18	1	14	14	65	1	.	10	1	.	3		
28.	.	22	2	2	6	20	18	5	.	40	4	28	.	60	.	2	22	4	12	6	28.	.	20	2	1	2	4	.	.	32	1	13	12	62	
																					29.	.	19	.	1	.	12	2	3	.	40	1	14	30	70	.	.	3	1	.	.	.	
																					30.	.	25	2	2	3	15	15	10	4	60	3	26	36	82	1	.	15	4	7	18	.	
																					31.	.	20	.	1	.	10	12	15	3	45	4	30	43	130	1	.	20	9	8	31	.	.

02 Tabelle der täglichen Schneehöhe vom Februar und März 1887 von 20 Stationen der bayerischen Landeswetterwarte sortiert nach Flussgebieten aus dem Meteorologischen Jahrbuch Bayern 1887.

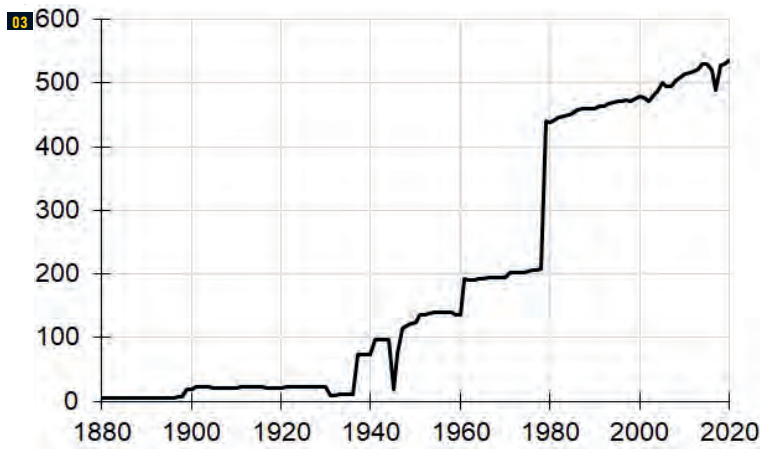
Schneehöhen vieler Stationen wieder regelmäßig in den Jahrbüchern des Reichswetterdienstes veröffentlicht.

Von den verfügbaren Stationsdaten liegt jedoch nur ein Bruchteil der Daten in digitaler Form vor – in der DWD Datenbank findet man nur Daten von rund 20 der Stationsdaten um 1900 (Abbildung 1, rechts). Die analogen Daten aus den Meteorologischen Jahrbüchern der Landeswetterwarte und des Königlich-Bayerischen Hydrotechnischen Bureaus liegen dem DWD zum Teil als Original und zum anderen Teil in eingescannter Form vor (siehe Abbildung 2).

Die Zahl der digital verfügbaren Stationen steigt ab 1937 auf etwa 75 bis 100 an. Von 1945 liegen Schneedaten nur von 18 Stationen vor. In der Nachkriegszeit und in den Jahrzehnten nach der Gründung des Deutschen Wetterdienstes 1952 erhöhte sich die Zahl allmählich auf etwa 200 Stationen. Im Zuge eines ersten Digitalisierungsprojektes konnte die

Anzahl ab 1979 auf über 400 Stationen mehr als verdoppelt werden. Aktuell sind ca. 535 Stationen verfügbar, die bei Vorhandensein eine Schneedeckenhöhe melden (Abbildung 3).

Trotz der Lücke der Schneebeobachtungen von ca. 1920 bis 1935 ist es nun vorrangiges Ziel, die täglichen Schneehöhen aus den vorhandenen Jahrbüchern zu digitalisieren und Metadaten der Stationen soweit wie möglich zu erfassen. Mit Priorität werden die Stationen bearbeitet, von denen möglichst viele durchgängige Jahre an Schneebeobachtungen vor 1920 vorliegen und deren Messreihe spätestens nach dem Krieg weitgehend bis heute fortgeführt wurde. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem alpinen und subalpinen Raum sowie den bayerischen Mittelgebirgen. Eine dieser Reihen sind die Schneehöhenmessungen der Station Oberstdorf im Tal der Allgäuer Alpen (Höhenlage ca. 800 m über NHN), welche bereits digitalisiert wurden und im folgenden Kapitel näher betrachtet werden.



03 Entwicklung der Anzahl bayerischen Stationen von denen tägliche Schneehöhen digital vorliegen (Zeitraum 1880 bis 2020).|

Erste Auswertungen der Schneedaten aus Oberstdorf

Schneemessungen aus Oberstdorf liegen digital seit dem Jahre 1910 vor und die Reihe konnte durch Nachdigitalisierung bis ins Jahr 1886 verlängert werden. Damit steht eine über 135-jährige Datenreihe zur Verfügung. Ausgewertet wurde diese nachfolgend, mit Ausnahme vom Beginn und Ende einer Schneedecke, jeweils für das hydrologische Winterhalbjahr (November bis April). Die Daten wurden vor der Analyse einer einfachen Prüfung

unterzogen, insbesondere auf reale Fehlwerte und Ausreißer. Eine umfassende Qualitätsprüfung, insbesondere auf räumliche und innere Konsistenz der Daten, erfolgt, wenn eine ausreichend hohe Zahl an Vergleichsstationen digitalisiert sind.

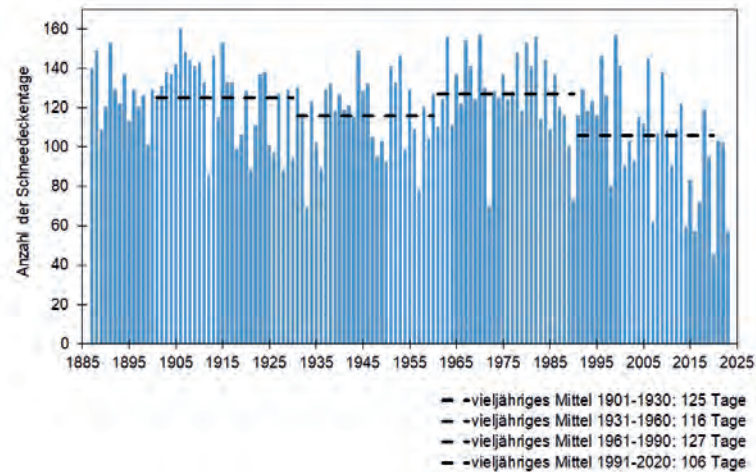
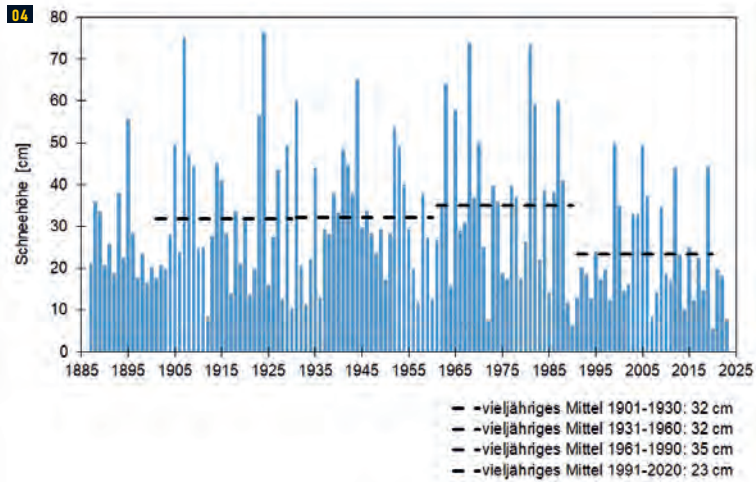
Die durchschnittliche Schneehöhe (Abbildung 4 oben) weist erwartungsgemäß eine hohe zeitliche Variabilität auf. Die schneereichsten Winter(-halb-jahre) finden sich in der Zeitreihe 1906/07, 1923/24, 1967/68 und 1980/81 mit einer mittleren Schneehöhe von rund 74 cm. Besonders schneearm zeigten sich die Winter 1911/12, 1971/72, 1989/90 und 2019/20 mit einer mittleren Schneehöhe von nur 5 bis 8 cm. Vor allem in den 1940ern, 1960ern und 1980ern gab es schneereiche Jahre in Folge (Dekaden-Mittelwerte von bis zu 40 cm) was sich auch in dem hohen viel-jährigen Mittelwert der Jahre 1961-1990 von 35 cm widerspiegelt. Für die aktuelle Referenzperiode 1991-2020 ist die mittlere Schneehöhe mit 23 cm auffallend niedrig. Der Rückgang ist vor allem mit den schneearmen Wintern in den 1990ern und der letzten Jahre begründet.

Über die gesamte Zeitreihe (1886/87 bis 2022/23) gesehen zeigt die mittlere Schneehöhe einen nicht signifikant abnehmenden Trend von $-0,5$ cm pro Dekade (siehe Tabelle T1). Betrachtet man ausschließlich den Zeitraum seit 1961, ergibt sich dagegen ein signifikanter Rückgang von $3,5$ cm pro Dekade. Dieser Trend hat sich in den letzten 30 Jahren bedingt durch höhere Wintertemperaturen im Alpenraum (Auer et al., 2007; Gobiet et al. 2014) noch verstärkt. Die Zahl der Schneedeckentage (d.h. Tage mit einer Schneebedeckung ≥ 1 cm) variiert zwischen 160 im Jahr 1906 und 45 im Jahre 2020 (Abbildung 4 unten). Neben der ersten Dekade des 20. Jahrhunderts sind hier ebenfalls die Werte in den 1960er und 1980er Jahren mit 130 bis 140 Tagen pro Winterhalbjahr im Dekadenmittel am höchsten und in den letzten 10 bis 15 Jahren mit 80 bis 90 Tagen am niedrigsten. Dies spiegelt sich auch in den 30-jährigen Mittelwerten für die verschiedenen Referenzperioden wieder (siehe Werte in Abbildung).

Die Schneedeckentage zeigen bei der Betrachtung kürzerer Zeiträume sowohl signifikant positive Trends (z. B. 1930er bis 1980er) als auch negative Trends (z. B. 1900er bis 1930er). Besonders deutlich stellt sich der Rückgang in den letzten Jahrzehnten dar. Seit rund 60 Jahren gehen die Schneedeckentage um 8 bis 9 Tage pro Dekade signifikant zurück (Tabelle T1).

Der erste und letzte Tag einer Schneedecke in Abbildung 5 weisen im Zeitverlauf wie bereits die anderen Parameter eine hohe Variabilität auf. Relativ spät bildete sich die erste Schneedecke in den

04 Zeitreihe für die Parameter Mittlere Schneehöhe (oben) und Anzahl von Schneedeckentagen (unten). Die Werte beziehen sich jeweils auf das hydrologische Winterhalbjahr (November bis April) wobei die Jahreszahl der von Januar bis April entspricht. Die gestrichelten Linien in den Zeitreihen zeigen die Mittelwerte über vier 30-jährige Zeiträume. |



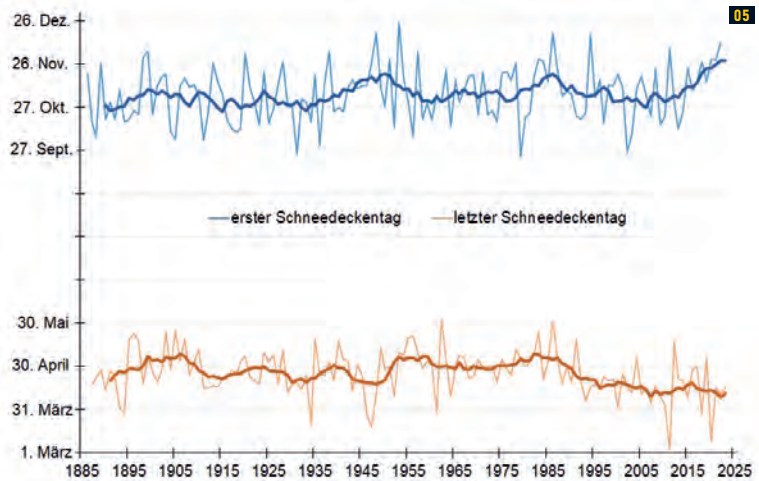
Parameter	Zeitraum	Trend pro Dekade	p-Wert
Mittlere Schneehöhe	1886/87 bis 2022/23	-0,5 cm	0,098 (nicht signifikant)
	1886/87 bis 1959/60	+0,4 cm	0,626 (nicht signifikant)
	1960/61 bis 2022/23	-3,6 cm	< 0,05 (signifikant)
Schneedeckentage	1886/87 bis 2022/23	-1,9 Tage	< 0,05 (signifikant)
	1886/87 bis 1959/60	-2,8 Tage	< 0,05 (signifikant)
	1960/61 bis 2022/23	-8,7 Tage	< 0,05 (signifikant)

1940er und 1950ern, in der zweiten Hälfte der 1980er und markant in den letzten 10 Jahren. Meist ist mit einer Schneedecke ab Ende Oktober bis Mitte/Ende November zu rechnen. Beim letzten Tag mit einer Schneedecke ergeben sich für Oberstdorf bisher weniger ausgeprägte Schwankungen. Dieser liegt in vielen Jahren zwischen etwa Mitte April und der ersten Maidekade, wobei sich in den letzten 20 bis 30 Jahren ein Verschieben des letzten Schneetages auf etwa Mitte April eingependelt hat. Neben den höheren Temperaturen kann hier auch eine Änderung von Wetterlagenmustern eine Rolle spielen. So häuften sich in den letzten Jahren niederschlagsarme und recht sonnige Frühjahre, die für ein nachhaltiges Abschmelzen des Schnees sorgten.

Zusammenfassung und Ausblick

Die lange Schneereihe aus Oberstdorf zeigt generell eine Abnahme der Schneemenge auf den gesamten Zeitraum. Vor allem die letzten Dekaden sowie die Jahre 2020 bis 2023 zeigen einen deutlichen Rückgang der mittleren Schneemenge, der vor allem durch die deutliche Zunahme der Wintertemperaturen zu erklären ist. Die weiteren Parameter zeigen eine Tendenz zur Verschiebung des ersten Schnees nach hinten, bzw. des letzten Schnees nach vorne und weniger Schneedeckentage, jedoch sind die Trends je nach Zeitraum nicht immer signifikant. Die Mittelwerte sowie die abgeleiteten Parameter zeigen eine hohe zeitliche Variabilität. Die Abhängigkeit der Trends und deren Signifikanz vom ausgewählten Zeitraum verdeutlicht die Wichtigkeit der Verwendung von möglichst langen Zeitreihen für robuste Aussagen über die klimatologische Entwicklung von Schneeparametern.

Die Digitalisierung weiterer Stationsdaten ist derzeit in Arbeit. Die umfassende Auswertung der dann vorhandenen langen Zeitreihen bietet auch wichtige räumliche Informationen zur Entwicklung der Schneedecke im gesamten bayerischen (Vor-) Alpenraum, die eine klimawandelbedingte Einordnung ermöglichen.



05 Erster und letzter Schneetag (sowie jeweils das gleitende Mittel über 9 Jahre) an der Station Oberstdorf 1886 bis 2023. |

Literatur

- Lang, C. und Singer, K. (1887): Schneebedeckung in den bayerischen Alpen und dem Vorlande während des Winters 1886-1887, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1887 – Bayern.
- Auer, I., Böhm, R., Jurkovic, A., Lipa, W., Orlik, A., Potzmann, R., ... Nieplova, E. (2007): HISTALP—historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region. *International Journal of Climatology*, 27(1), 17–46. <https://doi.org/10.1002/joc.1377>
- Gobiet, A., Kotlarski, S., Beniston, M., Heinrich, G., Rajczak, J., & Stoffel, M. (2014): 21st century climate change in the European Alps—A review. *Science of the Total Environment*, 493, 1138–1151. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.050>

Gudrun Mühlbacher

Meteorologie-Studium an der Freien Universität Berlin, seit 16 Jahren beim Deutschen Wetterdienst in der Abteilung Klima- und Umweltberatung – Themenschwerpunkte: Alpine Klimatologie, Stadt- und Regionalklimatologie, seit 2015 Leiterin des Regionalen Klimabüros, seit 2017 Leiterin der Niederlassung München des DWD



01 Er hebt ab. Disponent und gleichzeitig auch Bergretter: Christian Patschok an seinem Notruf-Arbeitsplatz in der Landeswarnzentrale Steiermark. (Foto: Sabine Hoffmann)

19 ALPINNOTRUF 140 – Was ist passiert?

Autoren Christian Patschok, Stefan Schröck



Christian Patschok

Benötigt man im unwegsamen und alpinen Gelände Hilfe, so ist die **Notrufnummer 140** der Bergrettung die erste Wahl. Mit 140 erreicht man in ganz Österreich immer die zuständige Leitstelle der Bergrettung. Mit Ausnahme von Vorarlberg, hier wird auch bei alpinen Notfällen die 144 genutzt.

In der Steiermark kommt man mit dem Alpin-Notruf 140 direkt in die für Bergrettungseinsätze zuständige Landeswarnzentrale in Graz. Grundsätzlich ist die Alarmierung über den „Alpin-Notruf 140“ der richtige und schnellste Weg, um Einsatzkräfte der Bergrettung zu rufen.

Es gibt aber auch Situationen, in denen es nicht möglich ist, über die nationalen Notrufnummern 140, 122, 133, 144 Hilfe zu verständigen. Gründe dafür: Der Empfang des eigenen Netzbetreibers ist nicht möglich oder die in Not geratene Person hat ein Handy eines ausländischen Netzbetreibers. Dafür steht als zweite Möglichkeit der **Euro-Notruf 112**

zur Verfügung. Diese Notrufnummer nützt „Fremdnetze“, sofern sie vorhanden sind. Sollte das der Fall sein, so gilt bei älteren Handys: Telefon ausschalten, wieder einschalten, und anstelle des PIN-Codes 112 (Euro-Notruf) eingeben. Das Handy sucht daraufhin das stärkste Netz.

Mittlerweile verfügen jedoch fast alle modernen Telefone über eine „Notruf-Funktion“, welche ohne PIN-Code-Eingabe zugänglich ist und auch angezeigt wird, wenn kein Roaming-Netz vorhanden ist („nur Notrufe möglich“).

Wichtig: Informiere dich, ob und wo dein Telefon die Notruf-Funktion hat!

Der Vorteil bei 112 ist: Wenn das eigene Handynetz nicht verfügbar ist, wird – wenn vorhanden – auf ein Fremdnetz zurückgegriffen. Der Nachteil: 112 geht nicht direkt zur alpinen Notrufzentrale (Alarmierung dauert länger) und man kann, ohne Durchgabe der eigenen Telefonnummer, nicht zurückgerufen



Stefan Schröck

werden, was für die Rettungsorganisation durchaus wichtig ist. Ist kein Notruf möglich, hilft nur noch ein Standortwechsel und ein neuerlicher Versuch.

PLANUNG IST ALLES

In deine Tourenplanung sollten auch immer unvorhergesehene Ereignisse miteinfließen. Findet eine entsprechend gute Planung statt, wird bei einem Zwischenfall dem aufkommenden Stress wesentlich entgegengewirkt.

- ▷ Wie wähle ich bei meinem Mobiltelefon den Notruf, wenn kein Netzempfang herrscht?
- ▷ Wie kann ich schnell und unkompliziert Koordinaten auslesen und sie übermitteln?
- ▷ Wie lange hält mein Akku beim Handy?

Beispiele für Fragen, die du dir stellen solltest, bevor du eine Tour startest. Kommt es nun zu einem Zwischenfall und du musst einen Notruf absetzen, verschaffe dir zuerst einen Überblick über die Notfall-Situation. Solltest du am Unfallort keinen Handyempfang haben, stelle zuerst sicher, dass die verletzte/n Person/en erstversorgt sind, und sich in einem gesicherten Bereich befinden, bevor du den Bereich verlässt.

NOTRUF RICHTIG ABSETZEN

Jetzt wähle den Alpin-Notruf 140. Beantworte die Fragen mit kurzen und den wichtigsten Informationen. Verzichte auf überflüssige Details.

WER ruft an?

Sage deinen Namen und gib deine Telefonnummer bekannt, damit du später von den Bergrettern zurückgerufen werden kannst.

WO ist es passiert?

Je genauer du eine Ortsangabe deines Standortes/Unfallortes bekannt geben kannst, desto schneller wirst du lokalisiert. Auch die Wetterlage am Standort ist ein wichtiger Hinweis. Hilfreich sind Namen von Bergen, Almen, Tälern sowie Steignamen, Wegnummern, Höhenmetern usw. Eine große Erleichterung bei der Lokalisierung sind Koordinaten. Diese können sehr einfach mittels Smartphones und entsprechenden Apps ausgelesen und zugleich übermittelt werden. Übe das vorab im Rahmen deiner Tourenplanung.

WAS ist passiert?

Mach eine kurze Schilderung des Zwischenfalls z.B. Sturz, medizinischer Notfall usw.

WIE viele Verletzte gibt es?

Angabe über die Anzahl von Verletzten, Betroffenen, Verschütteten.

WELCHE Art von Verletzungen liegen vor?

Angaben über Art und Schwere der Verletzungen, besondere Zustände der Verletzten, wie z.B.: Bewusstlosigkeit, Schock, Atemstillstand usw.

WARTEN auf weitere Fragen?

Warte nun, ob noch Fragen gestellt werden. Lege erst auf, wenn das Gespräch von der Leitstelle beendet wird.

Nach Beendigung des Telefonats tätige keine weiteren Anrufe, halte die Leitung unbedingt frei und stelle sicher, dass das Telefon empfangsbereit bleibt. Die durch die Leitstelle alarmierte Bergrettung wird nun mit dir über dieses Telefon Kontakt aufnehmen und alle weiteren Maßnahmen bekannt geben.

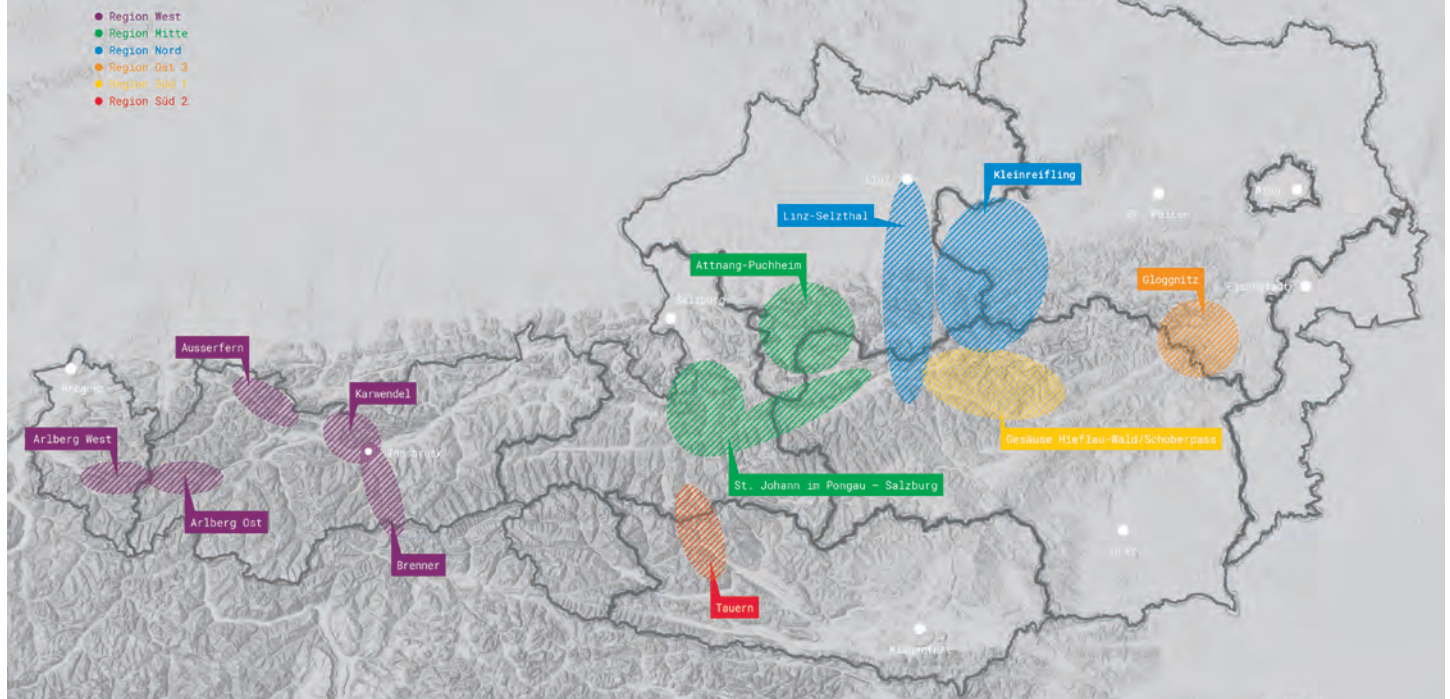
<https://bergrettung-stmk.at/alpinnotruf-140-was-ist-passiert/>

Christian Patschok
Disponent der Landeswarnzentrale Steiermark,
Referatsleitung „Alarmierung“ der Bergrettung Steiermark

Stefan Schröck
Landesleiter Bergrettung Steiermark

02 Grundsätzlich ist die Alarmierung über den „Alpin-Notruf 140“ der richtige und schnellste Weg, um Einsatzkräfte der Bergrettung zu rufen. (Foto: Sabine Hoffmann) |





01 Geographische Verteilung der ÖBB-Lawinenkommissionen (Quelle: LO.LA Saisonbericht ÖBB-Infrastruktur AG Winter 22/23, 2023). |

20 Von der Schneedeckenuntersuchung am Berg bis zur Information an den Fahrgast

Autoren Christian Rachoy, Johannes Gottsbacher, Stefan Ortner



Christian Rachoy

So arbeitet die ÖBB-Infrastruktur AG in ihrem Lawnenrisikomanagement

Wahrnehmen, Beurteilen und Handeln – dies sind die essenziellen ToDo's für jedes Lawinenkommissionsmitglied – egal, ob es bei einer Gemeinde-Lawinenkommission, in einem Skigebiet oder bei einer alpinen kritischen Infrastruktur tätig ist. Das Lawinensicherheitsmanagement der ÖBB-Infrastruktur AG – zusammengeführt im einzigen österreichweit agierenden Lawinenwarndienst – arbeitet nach diesen drei Grundsätzen, rechtlich eingebettet in eine Geschäftsordnung und ausgestattet mit innovativen digitalen Tools, die viel Informations-, Dokumentations- und Kommunikationsarbeit abnehmen und gleichzeitig aber garantieren, dass der Stand der Technik und Wissenschaft in den Arbeiten der Lawinenexperten täglich zugegen ist.



Johannes Gottsbacher



Stefan Ortner

... Die Geschichte des ÖBB-Lawinenwarndienstes

2005 wurde der einzige österreichweit agierende Lawinenwarndienst, jener der ÖBB-Infrastruktur AG, in Betrieb genommen. Heute sind 12 ÖBB-Lawinenkommissionen auf den Hochgebirgsstrecken in Österreich tätig, um sich in den Wintermonaten

täglich ein Bild über die aktuelle Lawinenlage zu machen. Eingebettet in ein ausgeklügeltes Lawinensicherheitsmanagementsystem arbeiten die Lawinenexperten der ÖBB-Infrastruktur AG mit einem lokalen Prognoseprozess, in welchem definierte Lawinenalarmstufen (festgehalten in Geschäftsordnungen) bis zu 48 Stunden im Vorhinein empfohlen werden können.

Dazu wurde ein neuartiger, digitaler Prozess entwickelt der einem klassischen Risikomanagementansatz folgt (siehe Abbildung 2). Das Know-How der Lawinenkommissionen der ÖBB-Infrastruktur AG definiert sich u.a. aus

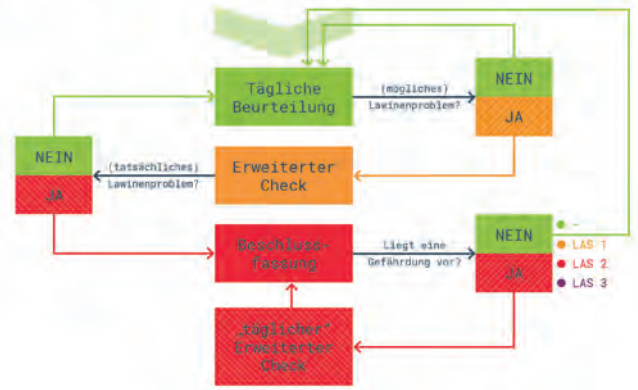
- lokalem Erfahrungswissen über die geographischen Gegebenheiten der definierten Geltungsbereiche der Lawinenkommissionen
- hochalpinen Wetterstationen in den Beurteilungsbereichen der ÖBB-Lawinenkommissionen
- innovativen Produkten zur Wissensvertiefung wie z.B. SNOWPACK oder AVAVIS
- entsprechenden jährlichen Aus- und Fortbildungen (Landeskurse oder eigene ÖBB-interne Ausbildungseinheiten)

- Equipment & Sicherheitsausrüstungen am Stand der Technik
- Kooperationen mit den Lawinenwarndiensten der Bundesländer, Gemeindegremien sowie Forschungseinrichtungen

... Der Lawinenrisikomanagementprozess der ÖBB-Infrastruktur AG

Die Arbeit der Lawinenkommissionen in den Wintermonaten folgt einem einheitlichen Prozess, der durch das digitale Werkzeug „LO.LA Infra“ unterstützt wird. Dabei wird eine „tägliche“ Beurteilung auf dem Streckenabschnitt umgesetzt (regionale Ebene), die abschließend in eine Entscheidungsfrage mündet, ob aktuell ein oder mehrere Lawinenprobleme im Detail analysiert werden müssen. Diese „Erweiterung der Beurteilung“ im Rahmen einer detaillierten Begutachtung (erweiterter Check) verlangt eine Detailbetrachtung an einem Lawenstrich im Gelände (lokale Ebene). Dabei wird eine Beurteilungsmethodik verwendet, die einem problemzentrierten Ansatz folgt. Dieser Ansatz wird ebenfalls bei den Beobachter- und Kommissionstools der Lawinenwarndienste Österreich eingesetzt und ist aktuell ein anerkannter Standard für lokale Lawinengefahrbeurteilungen. Dieser Ansatz, die Analysen und die Beurteilung führen die Kommission zu einer „Empfehlung“ über das weitere Vorgehen bzw. eine etwaige Maßnahmensetzung. Dazu wurden beim ÖBB-Lawinenwarndienst sogenannte Lawinalarmstufen (kurz: LAS-Stufen – siehe auch Abbildung 2 und Abbildung 3) eingeführt, die jeweils für eine Lawinenkommission in der dort geltenden Geschäftsordnung geregelt sind. Mit diesen LAS-Stufen wird eine Empfehlung in die „Eisenbahner-Sprache“ übersetzt und die empfohlenen Maßnahmen reichen von Detailbeurteilungen einzelner Lawenstriche über „Langsamfahren“ auf Streckenabschnitten bis hin zu Streckensperren (siehe dazu auch Abschnitt „Heiße Tage aus der

**LAWINENWARNDIENST
ÖBB-INFRASTRUKTUR AG
SICHERHEITSMANAGEMENT
LAWINE**



02 Der Lawinenrisikomanagementprozess der ÖBB-Infrastruktur AG – Stand Winter 23/24 (Quelle: LO.LA. 2023) |

Sicht des Betriebes“)

In der Wintersaison 2022/23 wurden insgesamt über 3700 sicherheitsrelevante Aktivitäten (tägliche Beurteilungen, erweiterte Checks, Schneeprofile ...) im ÖBB-Lawinenwarndienst umgesetzt. Besonders um Anfang Februar 2023 waren es intensive „heiße“ Tage (siehe Abbildung 6).

... Die „heißen Tage“ im Winter 2022/23 aus der Sicht einer ÖBB-Lawinenkommission – Kommission Gesäuse

Die ÖBB-Lawinenkommission im Gesäuse wurde 2008/09 nach aktuellem Standard eingerichtet, obgleich auch schon nach dem großen Lawinenunglück 1924 am Tamischbachturm eine Kommission in der Region installiert wurde. Gemeinsam mit den Gemeinden Hiefrau und Johnsbach war die ÖBB dort bis 2008/09 tätig und erst danach wurde dies organisatorisch getrennt, eine intensive Zusammenarbeit besteht aber weiterhin.

Anhand einer kurzen Chronologie der Tage ab dem 2. Februar 2023 ist die „kritische Situation“ gut ersichtlich und die Arbeit der ÖBB-Lawinenkommission anschaulich dargestellt.

03 Die Lawinalarmstufen des ÖBB-Lawinenwarndienst (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG, 2023) | 04 Auswahl an zentralen Werkzeugen im digitalen LO.LA Infra Tool für die ÖBB-Lawinenkommissionen (Quelle: LO.LA. 2023) |

**LAWINALARMSTUFEN
ÖBB LAWINENWARNDIENST**

Bezeichnung	Genereller Maßnahmen – definiert im ÖBB-Lawinenwarndienst	Maßnahmen LK Gesäuse	Anmerkung
Lawinalarmstufe 1 (LAS1)	Detaillierte Beurteilung notwendig auf dem Streckenabschnitt	Detaillierte Beurteilung, Erkundungsflüge	spätestens bei amtlicher Lawinalarmstufe 4
Lawinalarmstufe 2 (LAS2)	Maßnahmen wie u.a. „Langsamfahren“, „Lotsenfahrt mit Begleitung“, Fahrt durch LK-Mitglied“, Triebfahrzeug im Vorspann“, „Teilsperre“, „Einstellen der Autoschleuse“, „Erkundungsflüge“, „Beseitigen von Lawinenposten“, „Künstliches Auslösen von Lawinen“	Langsamfahren Vmax = 30 km/h, Erkundungsflüge	
Lawinalarmstufe 3 (LAS3)	Streckensperre, Evakuierung von Gebäuden, Erkundungsflüge, Künstliches Auslösen von Lawinen	Streckensperre, Erkundungsflüge	

03

**Lawinenrisikomanagement
Lawinenwarndienst ÖBB-Infrastruktur AG**



04



05 Geographische Verortung der ÖBB Lawinenschutzkommission Gesäuse (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG, 2023) |

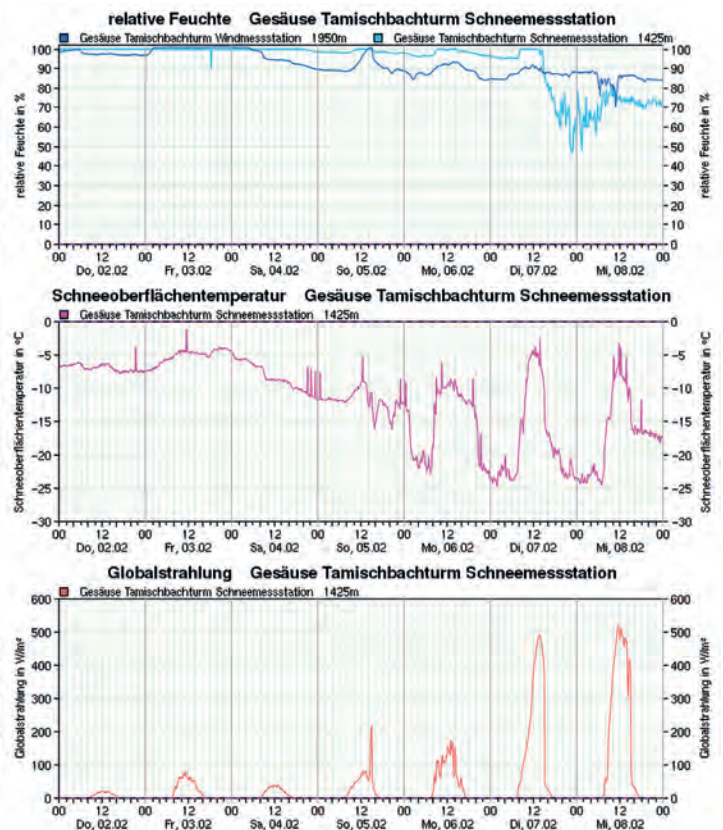
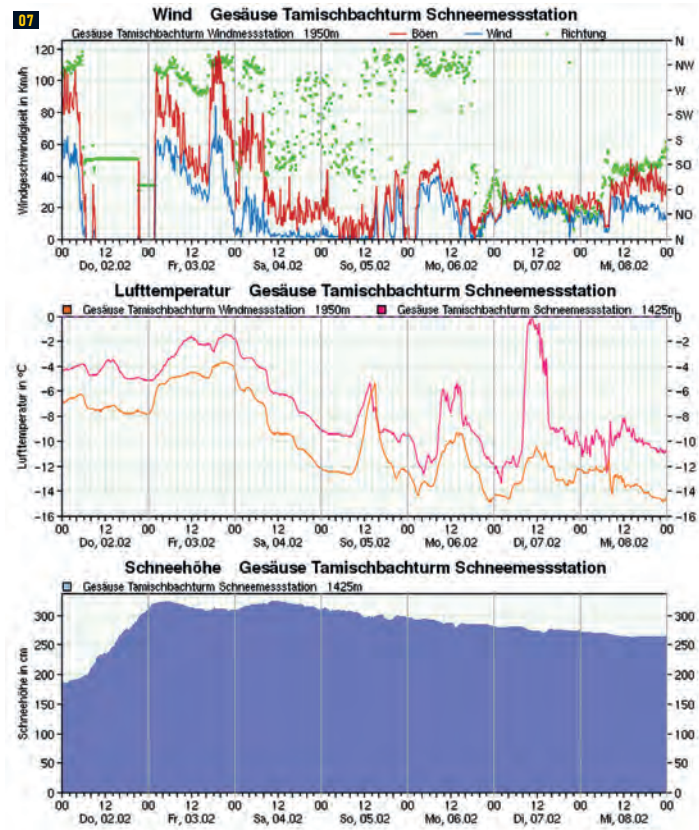
02.02.2023

Starke Schneefälle brachten innerhalb kürzester Zeit einen Zuwachs von 1 ½ Meter Neuschnee. Das bestätigten die Messungen an der Wetterstation Tamischbachturm. Kritisch entwickelte sich die Situation aufgrund der Temperaturerhöhung und der starken Windverfrachtungen.

03.02.2023

„Heiß“ wurde es durch den Temperaturanstieg, den Regeneintrag und den Abgang von einigen Nassschneelawinen. Die Einführung der Lawinalarmstufe 2 (LAS 2) wurde erforderlich. Das bedeutet im Gesäuse ein Langsamfahren mit 30 km/h. Die Lage spitzte sich zu und durch weitere Abgänge von Nassschneelawinen in Richtung Gleisanlagen musste um 17:00 Uhr die Lawinalarmstufe 3 (LAS 3 – Sperre) eingeführt werden.

07 LAWIS Graphik Tamischbachturm (Quelle: LAWIS, 2023) |



06 SAISONBERICHT | WINTER 22/23 | ÖBB-LAWINENWARNDIENST

AKTIVITÄTEN PRO MONAT

Der Januar war mit insgesamt 887 Rückmeldungen der stärkste Monat in der Wintersaison 22/23.

AKTIVITÄTEN PRO PERSON

Hier wird veranschaulicht, wie sich die Anzahl der Rückmeldungen auf die einzelnen Personen verteilt.

3752 LOLA INFRA - AKTIVITÄTEN

Vom 21. November 2022 bis zum 30. April 2023 wurden von den Personen des ÖBB-Lawinenwarndienstes insgesamt 3752 Aktivitäten im LOLA INFRA Tool verzeichnet. Dies entspricht einer leichten Steigerung von 3% im Vergleich zur Vorsaison.

TOP 3 TAGE

- 02.02.2023: 43
- 25.01.2023: 37
- 07.02.2023: 36

Der 2. Februar 2023 war mit insgesamt 43 Rückmeldungen der stärkste Tag der Saison.

RUSH-HOUR

Im Diagramm ist zu erkennen, wann die Anwender*innen über den Tag verteilt mit dem Tool zur Dokumentation ihrer Aktivitäten arbeiten.

3621 Tägliche Beurteilungen

6 Lawinenereignisse

45 Schritte profile

80 bewerteter Check

161 An insgesamt 161 Tagen wurde mit dem Tool im vergangenen Winter gearbeitet.

59 Die mobile Anwendung wurde von insgesamt 59 verschiedenen Benutzer*innen aktiv verwendet.

26 In der Hauptsaison wurden durchschnittlich 26 Aktivitäten pro Tag verzeichnet.

06 Darstellung der zentralen Daten aus der Saisonanalyse der Arbeiten der ÖBB-Lawinenkommissionen für den ÖBB-Lawinenwarndienst im Winter 22/23 (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG 2023) |



08 Nassschneelawine auf Gleisanlage (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG, LK Gesäuse, 2023) | 09 Lawinenanrissbereiche im Hochkar (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG, LK Gesäuse, 2023) |

04.02.2023

Durch eine Temperaturabkühlung beruhigte sich die Lawinensituation. Im Zuge einer Erkundungsfahrt wurde die Situation neu bewertet. Aufgrund des Ergebnisses konnte ab 14.00 Uhr eine Rückstufung auf Lawinenalarmstufe 2 (LAS 2) erfolgen und die Sperre aufgehoben werden.

05.02.2023

Ein Besichtigungsflug mit dem Hubschrauber der Flugpolizei, organisiert durch die ÖBB-Lawinenkommission, brachte Anrisse bzw. Lawinenabgänge beim Haindlkar und aus dem Hoch- und Scheibenbauerkar zu Tage.

07.02.2023

Bei einer weiteren Befliegung des Einzugsgebietes wurde ein Schneeprofil am Tamischbachturm aufgenommen und das bestätigte, dass sich die Lawinensituation entschärft hatte.

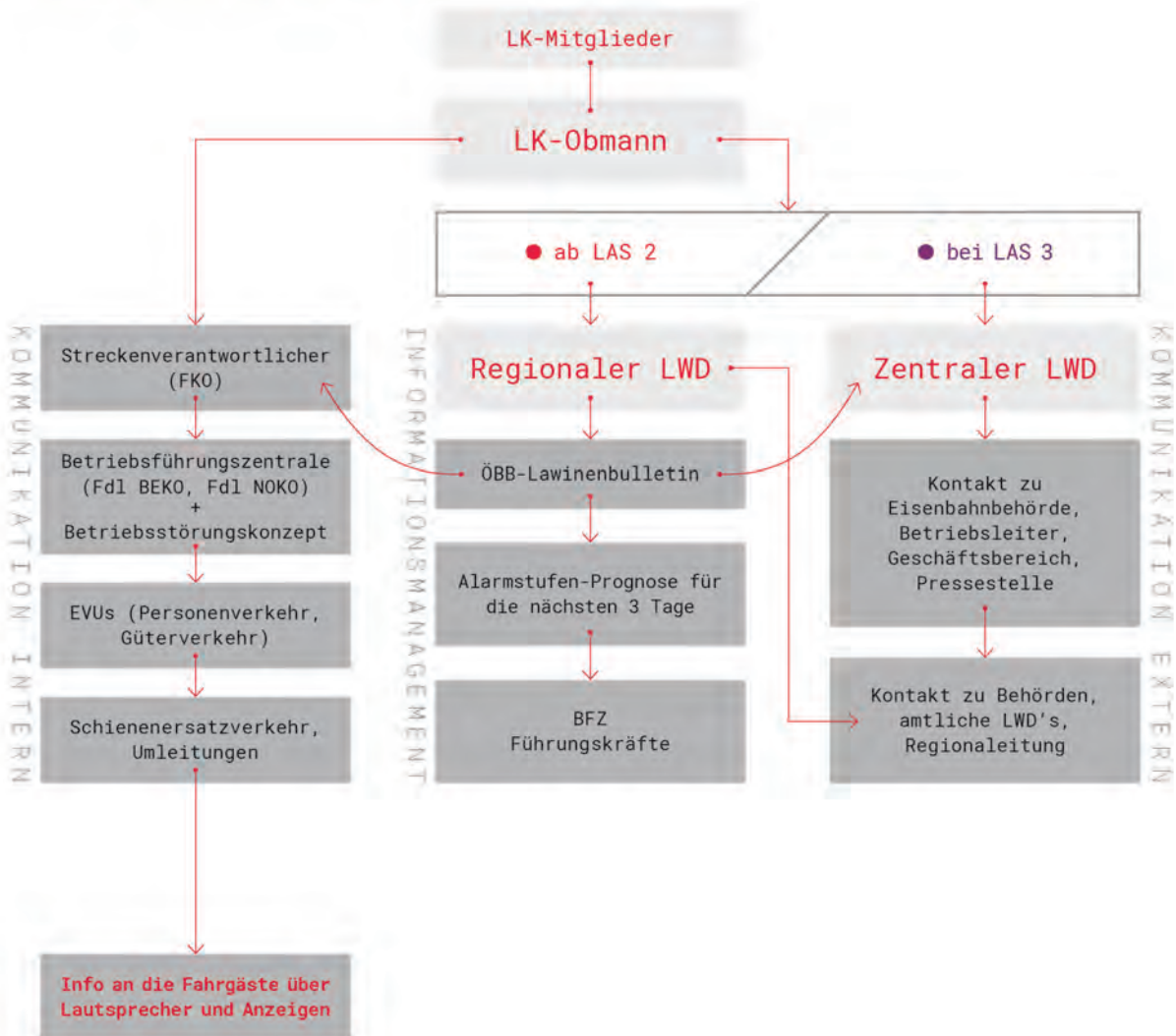
Die Chronologie der Tage zwischen 2. Februar 2023 und 7. Februar 2023 zeigt, wie anspruchsvoll und fordernd eine kritische Lawinensituation für eine Kommission sein kann. Andererseits ist ersichtlich, wie wichtig ein strukturierter und nachvollziehbarer Prozess sein kann, der die Kommission durch eine „heiße“ Phase leitet und sie unterstützt – eine durchgängige, lückenlose Dokumentation der Tätigkeiten der Lawinenkommissionen inklusive. Dies wird durch das unternehmensinterne digitale Tool LO.LA Infra gewährleistet

... Heiße Tage aus Sicht des ÖBB Betriebes

Wie in den Tätigkeiten der ÖBB-Lawinenkommission Gesäuse ersichtlich, werden Maßnahmen durch

Lawinenalarmstufen (kurz: LAS) ausgedrückt. Die Kommission empfiehlt dem Fachkoordinator (FKO) die Maßnahmen. Der FKO ist für die Umsetzung der Maßnahmen und letztendlich für die Streckensicherheit verantwortlich. Der gesamte Entscheidungsprozess von den Wetterdaten über Schneedeckenuntersuchungen bis zur Beschreibung der Lawinenprobleme und der Maßnahmenableitung wird in einem Protokoll zusammengefasst. Dieses Dokument wird von allen beteiligten Mitgliedern der ÖBB-Lawinenkommission freigegeben. Zusätzlich zum Protokoll wird ein ÖBB-Lawinenbulletin erstellt, das eine einfache und übersichtliche Darstellung aller Auswirkungen auf den Bahnbetrieb enthält. Das Bulletin wird an die ÖBB-Betriebsführungszentralen versendet. Von diesen Zentralen gibt es fünf in Österreich – z.B. ist für das Gesäuse die Betriebsführungszentrale (BFZ) in Linz zuständig. Über diese Zentralen werden der Betriebskoordinator (Fdl BEKO) und der Notfallkoordinator (Fdl NOKO) per Telefon und E-Mail informiert, welche LAS-Stufe auf welcher Strecke und in welchen Kilometerabschnitten eingeführt wird. Hinter diesen LAS-Stufen liegen dann für den Betrieb fertige ausgearbeitete Betriebsstörungskonzepte. Diese Konzepte greifen eben bei etwaigen Störungen unabhängig ihrer Ursache. Diese Betriebsstörungskonzepte werden in den Betriebsführungszentralen umgesetzt, wo gleichzeitig auch entsprechende Vertreter für die Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU = Personenverkehr, aber auch Güterverkehr) dann tätig werden und die entsprechenden Maßnahmen wie z.B. Schienenersatzverkehr inkl. Kundeninformationen (Kommunikation) umsetzen. Entscheidend bei diesem Ablauf ist, dass solche Maßnahmen nicht von einer Minute auf die andere umgesetzt werden können. Daher ist ein entspre-

KOMMUNIKATION LAWINENWARNDIENST



10 Die Kommunikation des ÖBB-Lawinewarndienstes (Quelle: LO.LA. 2023) |

chender Vorlauf wichtig. Übersetzt auf die Arbeit der ÖBB-Lawinenkommission bedeutet dies, dass die Einschätzungen, welche LAS-Stufe auf den Strecken empfohlen wird, für einen Zeitraum +48 Stunden ausgegeben wird. „Der Lawinenkommissar als Schachspieler – immer 2 bis 3 Züge voraus“ ist hier eine essenzielle Voraussetzung aller Tätigkeiten. Abbildung 10 zeigt zusammenfassend die Kommunikationswege, wie sie an „heißen“ Tagen ablaufen.

... Ein Ausblick

Der ÖBB-Lawinewarndienst ist ein wesentlicher Bestandteil im Sicherheitsmanagement von alpinen Infrastrukturen und die enge Zusammenarbeit mit den österreichischen Lawinewarndiensten und

den Gemeinde-Lawinenkommissionen ist ein wichtiger Schlüssel zum Erfolg. Dazu soll es zukünftig auf der Informationsebene einen intensiven, standardisierten, digitalen Austausch geben. Es sollen alle wesentlichen Informationen, die lokal über die Schnee- und Lawinensituation erstellt werden, für alle Experten dieser Organisationseinheiten verfügbar gemacht werden und dies in Echtzeit und geographisch verortet. Somit kann neben dem eigenen lokalen Wissen auch der Wissensschatz aus der Region aus Expertensicht verwendet werden, um seine Beurteilungen zu verbessern und seine Empfehlungen/Entscheidungen noch punktgenauer zu machen. Und dies für alle Experten gleichermaßen.

Christian Rachoy

Begründer und führender Fachexperte des ÖBB-Lawinenwarndienstes. Er koordiniert die Ausbildung sowie Ausrüstung der Lawinenkommissionen der ÖBB und gibt den organisatorischen Rahmen für die Kommissionstätigkeit der betrieblichen Lawinenkommissionen vor. Dabei ist er selbst langjähriges Kommissionsmitglied.

Neben der Einführung der punktgenauen Wettervorhersage bei den ÖBB und der systematischen Naturgefahrenkartierung des Streckennetzes mit der Erfassung von Lawinengebieten hat er ein Wetterstationsnetz aufgebaut sowie zahlreiche Projekte zur Erhöhung der Lawinensicherheit auf Bahnstrecken umgesetzt.

Stefan Ortner

Mitgründer und Geschäftsführer von LO.LA. Seine inhaltlichen Themenfelder konzentrieren sich auf das Risikomanagement von alpinen Infrastrukturen bzw. Behörden. Als zertifizierter Risikomanager nach ISO31000 ist er verantwortlich für die Prozessentwicklung. Ausbilder des ÖBB Lawinenwarndienstes, Obmann der Lawinenkommission Trins und der Lawinenkommission der BBT Deponie Paddastertal

Hannes Gottsbacher

Obmann der ÖBB Lawinenkommission Gesäuse/Wald am Schoberpass und somit zuständig für eine der exponiertesten Streckenabschnitte Österreichs. Hauptberuflich ist er Fachkoordinator beim Fahrweg in Selzthal.





01 Der Faktor Mensch – wie verhalten sich Gruppen von Schneesportler*innen im winterlichen Gebirge, wie treffen sie ihre Entscheidungen und durch welche Faktoren werden diese beeinflusst? (Foto: Martin Edlinger)

21 Neues aus der Schnee- und Lawinenforschung

AutorInnen Ingrid Reiweger, Andreas Gobiet



Ingrid Reiweger

Welche neuen Erkenntnisse gibt es und welche Relevanz haben diese für die Praxis?

Wir wissen schon sehr viel über Schnee und Lawinen, trotzdem wird immer noch fleißig geforscht, und es gibt auch spannende, neue Erkenntnisse. Alle zwei Jahre werden Neuigkeiten auf dem Gebiet der Schneeforschung auf dem International Snow Science Workshop ISSW in den U.S.A., Kanada oder Europa geteilt und besprochen. Die letzte ISSW hätte im Herbst 2020 in Fernie, Kanada stattfinden sollen. Aufgrund der Coronapandemie war eine „echte“ ISSW nicht möglich. Die Veranstalter*innen zeigten sich jedoch kreativ und so wurde aus der ISSW ein VSSW – Virtual Snow Science Workshop – der auch auf Youtube nachzuschauen ist. Dieser Artikel diskutiert die Bedeutung ausgesuchter Beiträge des VSSW 2020 für Schneesportler*innen und

Entscheidungsträger*innen im Gebiet Lawinensicherheit, Wissenschaftler*innen sowie interessierte Privatpersonen.

Während traditionell in der Schnee- und Lawinenforschung das Verstehen der Schneedecke, der Lawinenbildung sowie der Bewegung der Lawinen im Fokus war, hat in den letzten Jahren der Faktor Mensch – sprich menschliches Verhalten und Entscheidungsfindung in der Lawinenforschung – immer mehr an Bedeutung gewonnen.

Dieser Trend spiegelt sich auch sehr deutlich beim virtuellen Snow Science Workshop, dem VSSW 2020, wider. Ob dies auch dem virtuellen Format geschuldet ist oder bei den zukünftigen, wieder in Präsenz stattfindenden International Snow Science Workshops (ISSW) beibehalten wird, wird sich zeigen.

Die erste Sitzung startete gleich mit einem äußerst spannenden Vortrag von *Andrea Mannberg*, einer Verhaltensökonomin der Universität Tromsø, Norwegen. Sie erklärte, wie Theorien aus der Verhaltensökonomie Erklärungen für das Verhalten von Menschen im Lawinengelände liefern können. Laut Prof. Mannberg treffen wir Entscheidungen, die uns glücklich machen, wobei wir die Gegenwart der Zukunft vorziehen. Gleichzeitig wünschen wir uns sozialen Status und hassen es zu verlieren. Mit diesen Grundlagen lassen sich manche Entscheidungen, die zu risikoreichem Verhalten führen, besser nachvollziehen und bewusst werden. Diese Bewusstwerdung ist wichtig, um Lösungsansätze zu finden, welche Gegenstand aktueller Forschung sind. Wir hoffen sehr, beim nächsten ISSW mehr zu erfahren, da dieses Thema wohl für alle Schneesportler*innen im Lawinengelände relevant ist.

Weiter ging es mit *Laura Maguire* von der Ohio State University, welche sich mit kognitiver Arbeit in einer risikoreichen Umgebung befasst, wie es auch bei Sicherheitsverantwortlichen im Lawinengelände der Fall ist. Auch hier sei es wichtig, Prozessverständnis zu entwickeln und sowohl den kognitiven

und koordinativen Aufwand bei beispielsweise der Koordination von Rettungseinsätzen oder bei der Sicherung eines Gebietes zu berücksichtigen.

Auch in den Ingenieurwissenschaften wird aktiv im Bereich Lawinen geforscht; so entwickelten etwa *Susanne Wahlen* von Geopraevent Zürich, Schweiz und Kollegen ein neues Detektionssystem für Lawinen, welches auf Radartechnologie basiert. Das System wird für die Sicherung von Straßen in British Columbia, Kanada verwendet, funktioniert bei jedem Wetter und hat zu beträchtlich weniger Straßensperrungen geführt.

Ein ganz klassischer Vortrag über Schnee, seine Eigenschaften und sein Fließverhalten durfte natürlich nicht fehlen. So berichtete *Jan-Thomas Fischer* vom BFW in Innsbruck darüber, wie die Temperatur das Fließen und die Auslauflängen von Lawinen beeinflusst, und warum und wie Schnee seine Temperatur während des Fließens überhaupt verändert. Dieses Thema ist sicher sehr relevant für die Modellierung von Lawinen und in weiterer Folge für das Erstellen des Gefahrenzonenplans und das Planen von Schutzmaßnahmen.

02 Die Forschung versucht Lawinen, ihre Auslösemechanismen und Fließdynamiken immer besser zu verstehen und modellieren zu können. (Foto: Arno Studeregger) |





03 Die Eigenschaften der Schneedecke werden nach wie vor am besten manuell im Feld gemessen, hier während einer Exkursion von Studierenden der Universität für Bodenkultur in Galtür, Tirol, April 2019 (Foto: S. Zauner).

Zusammenfassend ist es immer wieder schön zu sehen, dass aus den verschiedensten Gebieten neue Forschung zum Thema Lawinen betrieben wird, welche auch für die Praxis relevante Ergebnisse liefert. Der Internationale Snow Science Workshop bleibt somit eine spannende und lebendige Konferenz – nach Bend, Oregon im Oktober 2023 wird die nächste ISSW Ende September 2024 in Tromsø, Norwegen stattfinden. Sämtliche Vorträge des hier vorgestellten VSSW 2020 sind auch im Internet unter <https://www.youtube.com/channel/UCW0ihM-Su0GvmhBGTB1Uzfg> nachzuschauen.

Ingrid Reiweger

Studium der Technischen Physik an der TU Graz, Doktorarbeit am WSL Institut für Schnee und Lawinenforschung SLF in Davos, seit 2016 Assistenzprofessorin an der Boku Universität für Bodenkultur in Wien, seit 2019 außerordentliche Professur an der Boku Wien

Der letzte Vortrag befasste sich mit einem für uns alle gesellschaftlich relevanten Thema, dem Klimawandel. *Sascha Bellaire* von Meteo Schweiz und *Benjamin Reuter* von Meteo France haben sich die Auswirkungen des Klimawandels auf die Lawinenaktivität in den Alpen angeschaut. Das Ergebnis war, dass in niedrigen Lagen die Lawinen aufgrund von Schneemangel weniger und kleiner werden. In hohen Lagen ist es allerdings noch schwierig Prognosen abzugeben.

FÖRDERER HABEN'S GUT!



BERGRETUNG
STEIERMARK

**Für nur 28.- Euro im Jahr
übernimmt die Bergrettung
für Dich und Deine Familie
im Notfall anfallende Such-,
Rettungs- und Bergekosten.**

Durch deinen Förderbeitrag unterstützt Du die Ausbildung unserer ehrenamtlichen Bergretter:innen und Maßnahmen zur Durchführung von Rettungseinsätzen im alpinen und unwegsamen Gelände. Jetzt online Förderer werden unter bergrettung-stmk.at.



www.bergrettung-stmk.at



**Datensatz 1 -
Geländeanalyse**
Hangexposition,
Höhe, Steilheit, usw.



**Datensatz 2 -
Risikoanalyse**
Snowcard, LLB, usw.



**Datensatz 3 -
Skitourengruppen**
Soziodemographie,
Toureninformationen,
lawinentechnische
Überlegungen, Wissen,
Ausrüstung, usw.



Datensatz 4, 5 – Gelände- & Gefahrenstellen der intendierten & umgesetzten Skitour



- Intendierte und passierte Geländestellen seitens der Gruppe
- Gefahrengrad dieser Stellen gemäß Risikoanalyse und gemäß Einschätzung der Gruppe
- Verhaltensempfehlungen für die Geländestellen gemäß Risikoanalyse und berichtetes Verhalten der Gruppe an diesen Stellen
- Übereinstimmungen zwischen Gruppe und Risikoanalyse

22 Gruppen im freien Skiraum – Feldstudie der DAV-Sicherheitsforschung

Autoren Martin Schwiersch, Bernhard Streicher, Lukas Fritz



Martin
Schwiersch



Bernhard
Streicher

In den Wintern 2019/20 und 2021/22 führte die DAV-Sicherheitsforschung eine umfangreiche Feldstudie an zwei typischen Skitourenstandorten und in einem Freeridegebiet durch. Ziel war es, skitour- und risikobezogene Mindsets, Lawinenbezogene Risikoeinschätzungen, Entscheidungsprozesse sowie den Umgang mit lawinenbezogenen Gefahren zu untersuchen. Die Gruppen wurden mit einem strukturierten Interview vor und nach ihrer Tour befragt. Für jeden Erhebungsstandort wurde ein vollständiges lawinenbezogenes Geländemodell der üblichen Touren erstellt, um nach einem fest strukturierten Evaluationsprozess („Risikoanalyse“) tagesaktuelle potentielle Gefahrenstellen, deren Gefahrengrad und angezeigte Verhaltensmaßnahmen bestimmen zu können.

Struktur, Ausbildungsgrad, Ausrüstung etc. der untersuchten Gruppen

Insgesamt wurden 157 Gruppen mit 465 Personen befragt, 112 Gruppen mit 345 Personen an den Skitourenstandorten, 45 Gruppen mit 120 Personen am Freeridestandort (Hochfügen).

Skitourenstandorte: Am Parkplatz trafen meist Zweiergruppen (48%) oder Gruppen bis 5 Personen

(34%) mit einem Durchschnittsalter von 43 Jahren (SD = 11; Altersspanne der Gruppenmitglieder: 17–78) ein. Die Gruppen waren gemischtgeschlechtlich (61%) oder Männergruppen (35%), nur 4% (5 Gruppen) waren als reine Frauengruppe unterwegs. Gemäß den Skitourenjahren (M = 16 Jahre; SD = 10) und der Anzahl der absolvierten Skitouren in der aktuellen Saison (M = 9; SD = 6) waren die Skitourengruppen erfahren. Zudem hatten sie sich nach eigenen Angaben einiges an Kompetenz in Bezug auf das Erkennen von Lawinengefahren angeeignet (M = 3; SD = 0,6 auf einer 4-stufigen Skala von 1 = unerfahren bis 4 = sehr erfahren).

Freeridestandort: Die Freerider waren zumeist in Zweiergruppen (58%) oder Dreiergruppen (18%) unterwegs. Das Durchschnittsalter betrug 33,38 Jahre (SD = 9,21). Die Gruppen waren Männergruppen (53%) oder gemischtgeschlechtlich (44%), nur 2% (1 Gruppe) war eine reine Frauengruppe. Gemäß den Freeridejahren (M = 12,60 Jahre; SD = 8,55) und der Anzahl der Freeridetage in der aktuellen Saison (M = 16,03; SD 17,02) waren die Gruppen erfahren. Die Freerider schätzten sich selbst durchaus kompetent ein in Bezug auf das Erkennen von Lawinengefahren (M = 2,84; SD 0,64).

Notfallausrüstung

Zum Thema „Standard-Notfallausrüstung“ ist das Ergebnis recht erfreulich: LVS-Gerät, Sonde und Schaufel sind in Skitourengruppen etabliert. Mindestens 97% der einzelnen Gruppenmitglieder (Abb. 2) hatten sie dabei; 92% der Gruppen waren komplett mit der Notfallausrüstung versorgt (Freerider nur 73%).

Das ist eine deutliche Verbesserung im Vergleich zur letzten Skitourenstudie aus den Jahren 2003-2005 (Panorama 1/2006, 6/2006). Einen Lawinenairbag trugen 35% der befragten Personen (Freerider 55%), 45% trugen einen Helm (auf Skitour; Freerider 83%). Betreffend die Gruppen-Notfallausrüstung (Erste-Hilfe-Set, Biwaksack) gibt es bei beiden Gruppen noch Verbesserungsbedarf.

Risikopotential der von den Gruppen beabsichtigten und durchgeführten Touren

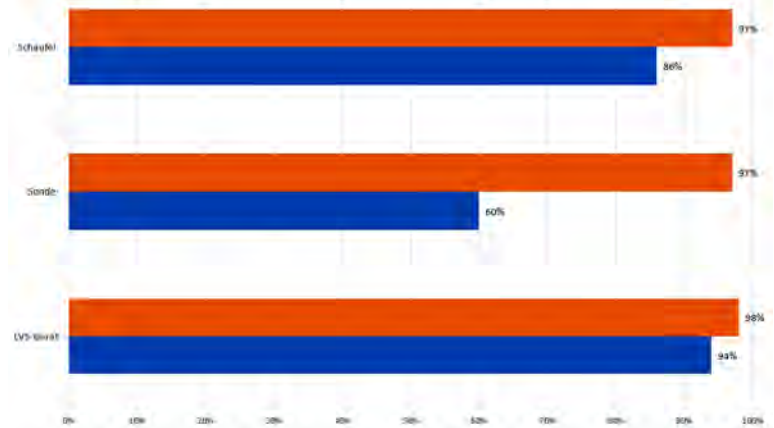
Vorneweg: Die erhobenen Gruppen berichteten keine Lawinenereignisse auf Tour, weder bei sich selbst noch bei anderen Gruppen. Wir konzentrieren uns deshalb auf eine Beschreibung der Ergebnisse der Skitourengruppen, da wir hier aussagekräftigere Stichprobengrößen haben.

Zur Bestimmung des Risikopotentials wurden die Verhaltensempfehlungen der Risikoanalyse für die Gefahrenstellen der Tour zunächst exponentiell gewichtet (mit der Basis 2: Entlastungsabstand erhielt den Wert 2, Einzel gehen 4, Umgehung den Wert 8). Die gewichteten Werte wurden anschließend über alle Gefahrenstellen der Tour aufsummiert.

Für 110 Gruppen konnte das Risikopotential der beabsichtigten Tour bestimmt werden. 24 Gruppen konnten zum zweiten Erhebungszeitpunkt nicht befragt werden. Für einen direkten Vergleich zwischen der beabsichtigten und der durchgeführten Tour liegen Ergebnisse für 86 Gruppen vor. Es ergeben sich drei Parameter des Risikopotentials (Tabelle 1).

Großteils werden machbare, bereits eingespurte Standard-Touren gewählt

Alle Skitourengruppen benannten eine konkrete Tour, die sie an diesem Tag vorhatten, als sie am



02 Vollständigkeit der Standard-Notfallausrüstung 2004/05 im Vergleich zu 2019-22. Sonden und Schaufeln sind mittlerweile auch praktischer Standard. Freeridegruppen wurden 2004/2005 nicht erhoben. |

Parkplatz befragt wurden. Gewählt wurden hauptsächlich Standard- und Modetouren. An den Standorten wären aber durchaus auch ausgefallener / anspruchsvollere Touren zur Auswahl gestanden. Damit bewegten sich die Gruppen in einem Gelände, das üblicherweise häufig begangen oder befahren wird. Wenige Gruppen hatten eine Tour gewählt, die sie insgesamt für nicht machbar ansahen (aus Zeit-, Wetter- oder lawinenbezogenen Gründen), hatten dann aber bereits einen Umkehrpunkt festgelegt. 64% der Gruppen gaben an, die Tour mindestens schon einmal gegangen zu sein – sie lagen im Mittel bei „weitgehend vollständiger“ Geländevorstellung, als sie von den Erheber*innen gebeten wurden, die geplante Tour auf einer Karte einzuzeichnen.

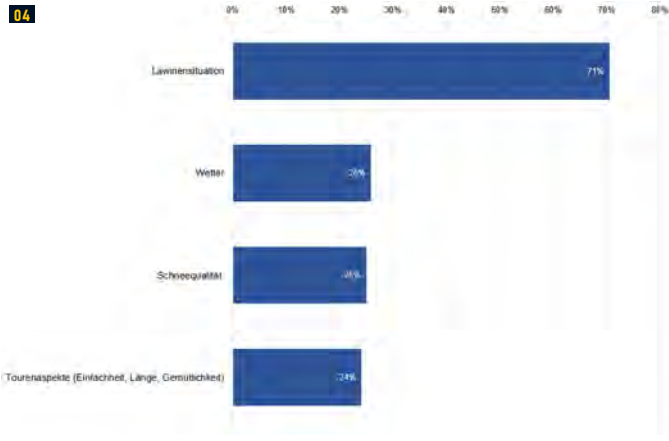
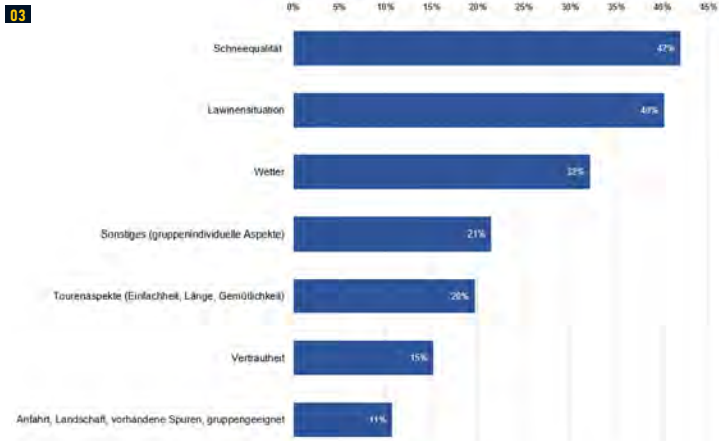
Ergebnisse

Die Lawinensituation spielt eine zentrale Rolle bei der Tourenauswahl der Skitourengruppen

Auch wenn vereinzelt andere Aspekte bei der Tourenwahl dominierten (das gute Wetter auszunützen oder guten Schnee zu finden), fanden die meisten Tourentscheidungen unter Berücksichtigung der Lawinensituation statt: 85% der Gruppen erwähnten spontan die Lawinensituation als Beweggrund für die Wahl ihrer Tour oder als Argument für deren heutige Machbarkeit (Abbildungen 3 und 4). Die zentrale Rolle der Lawinensituation bei der Touren-

Tabelle T1 Aufsummiertes Risikopotential von intendierter und durchgeführter Tour |

	Risikopotential der intendierten Tour		Risikopotential der durchgeführten Tour
	alle Gruppen	nur Gruppen, die auch nach der Tour befragt werden konnten	nur Gruppen, die auch nach der Tour befragt werden konnten
	N=110	N=86	N=86
M(SD)	6.26 (6.83)	5.73 (4.35)	6.26 (4.55)



03 Antworten auf die Frage: Was hat euch bewogen, heute diese Tour zu wählen? | 04 Antworten auf die Frage: Was macht die Tour für euch heute machbar? |

auswahl zeigt sich auch darin, dass von den 65% der Gruppen, die spontan auch die Lawinengefahrenstufe erwähnten, 93% diese korrekt angaben, bei geteilter Stufe wurde von 86% der Gruppen, die sie erwähnten, auch die zweite Stufe korrekt angegeben.

Von allen Aspekten zur Tourenwahl (Auswahlmöglichkeiten u.a. Wetter, Schneequalität, Länge der Tour) wurde die Lawinensituation am relevantesten eingeschätzt. Dagegen waren die Suche nach unverspurtem Gelände oder die Festlegung auf bestimmte Hänge für die Mehrheit der Gruppen / die meisten Gruppen wenig bedeutsam.

Die Skitourengruppen passten ihre lawinenbezogenen Einschätzungen aus ihrer eigenen Sicht an die Situation an

Jede Skitourengruppe wurde befragt, welche Gefahrenstellen sie bei ihrer Tour vorher identifiziert hatte bzw. während der Tour sah (= „vermutete Gefahrenstellen“). Ein Viertel dieser vermuteten Gefahrenstellen (33 von 132) wurde erst auf der Tour als solche gesehen. 48% der vor der Tour vermuteten Gefahrenstellen wurde auf der Tour als gefährlicher eingestuft als vor der Tour (47 von 99). Skitourengruppen sind also grundsätzlich bereit, ihre Annahmen über die Lawinensituation zu revidieren. Dies zeigte sich auch in ihrer Haltung: Wenn

eine Gruppe mehr Gefahrenstellen sah, dann hatte sie auch angegeben, dass bei der Tour „Checks gemacht werden mussten“. Und schließlich änderten 15% der Gruppen (13 von 86) ihre Tour aus lawinenbezogenen Gründen ab.

Analytische oder probabilistische Methoden werden nicht standardmäßig angewandt

Wir befragten die Skitourengruppen, welche Entscheidungshilfen zur Risikobestimmung bei einer Gefahrenstelle im Gelände verwendet wurden. 29% der Gruppen führten keine konkreten Maßnahmen durch, lediglich zwei Gruppen (2,3%) gaben die DAV-Snowcard an. Am häufigsten wurden mit 30% das Gruppengespräch, gefolgt von einer analytischen Betrachtung der Situation mit 17% angegeben. Nur 7 Gruppen berichteten, Schneedeckenuntersuchungen durchgeführt zu haben.

An von ihnen vermuteten Gefahrenstellen setzten 63% der Gruppen risikomindernde Verhaltensmaßnahmen (Entlastungsabstände, Einzel gehen, Umgehung, Verzicht) um (138 Maßnahmen an 218 Gefahrenstellen), waren also bereit und „wach“, um mithilfe von Vorsichtsmaßnahmen das Lawinenrisiko zu senken.

Das erhobene Vorgehen von Skitourengruppen deckt sich in den Grundzügen mit dem Vorgehen, wie es in der Ausbildung vermittelt wird. Es gibt aber auch deutliche Abweichungen von einem erstrebenswerten Vorgehen / von der Lehrmeinung.

05 Anmerkung Antwortmöglichkeiten: „kenne ich nicht“, „kenne ich, wende ich aber nicht an“, „kenne ich und wende ich an“, „das ist meine Standardmethode“.



Lawinenrelevante Informationen sind meist bekannt, werden aber nicht detailliert genug aufs Gelände übertragen

Welche lawinentechnischen Überlegungen waren für die Tourenwahl relevant? Bei Touren mit relevanten Gefahrenstellen nannten die Interviewpartner neben der Lawinenwarnstufe spontan zu 56% das oder die für die Tour vorliegende(n) Lawinenproblem(e) und die Hangsteilheit. Die Angaben waren zu 90% mehrheitlich oder vollständ-

Gerechnetes Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	ANOVA T2
Risikopotential der intendierten Tour (alle Gruppen), erklärt durch sechs Heuristiken (FACETS)	0,37	0,137	0,059	F(8,89) = 1,766; p = 0,094
Risikopotential der durchgeführten Tour (86 Gruppen), erklärt durch sechs Heuristiken (FACETS)	0,226	0,051	-0,057	F(8,70) = 0,471; p = 0,873

Tabelle T2 FACETS-Heuristiken als Einflussfaktoren auf Tourentscheidungen: Ergebnisse der Regressionsanalysen |

dig korrekt. Nicht bloß die Nennung, sondern auch die mehrheitlich vollständig korrekte Wiedergabe dieser Aspekte hinsichtlich des Inhalts und der Schlussfolgerungen stachen positiv hervor – weniger prägnante (aber nicht zu vernachlässigende) Aspekte wie Exposition (42%) oder Geländeform (44%) fielen demgegenüber jedoch deutlich ab. Überlegungen zu den konkreten Konsequenzen einer Lawinenauslösung an einer Gefahrenstelle der gewählten Tour hatten die Gruppen hingegen kaum auf dem Radar (nur 2% Spontanerwähnungen).

Um sich über die Lawinensituation zu orientieren, war für 99% der Gruppen der Lawinenlagebericht das Standardtool; 49% ergänzten, standardmäßig analytisch auf der Basis der Lawinenprobleme vorzugehen. 51% gaben an, gezielt vorhandenen Spuren zu folgen, für weitere 10% war dies die Standardmethode. 43% befragten Freunde über machbare Touren, 24% der Gruppen gaben dies als ihre Standardmethode an.

Skitourengruppen nehmen das Gelände in Bezug auf Lawinengefahr nicht so detailliert in den Blick, wie es möglich wäre. Wiederholt stellten wir z.B. fest, dass die Interviewpartner ganze Hangbereiche grob als Gefahrenstelle einstufen, die gemäß der seitens der Forschungsgruppe durchgeführten Risikoanalyse mehrere Gefahrenstellen (und auch ungefährliche Passagen) beinhaltet.

Spielen „heuristische Fallen“ bei den Tourentscheidungen der Skitourengruppen hinein?

Dass Menschen in Risikosituationen nicht systematisch-rational vorgehen, um Entscheidungen zu finden, ist dank zahlreicher Publikationen (u. a. Mersch et al., 2021; Streicher, 2004, 2008) bekannt. Als Standardkonzept in der Bergsport-Community gelten dabei die sogenannten heuristischen Fallen nach McCammon (2002, 2004). McCammon identifizierte sechs Einflussfaktoren auf Entscheidungen der Gruppe, die mittlerweile im Akronym FACETS zusammengefasst werden: F Familiarity (Vertrautheit mit dem Gelände), A Akzeptanz/Anerkennung, C Commitment (festgelegtes Ziel), E Experten-Halo, T Knappheit (unverspurtes Gelände), S Social Proof (Bewährtheit).

Um zu bestimmen, ob die FACETS-Heuristiken das Risikopotential beeinflussen, wurden Regressionsanalysen gerechnet. Die sechs Heuristiken zeigen im Regressionsmodell keine Zusammenhänge mit den drei Parametern des Risikopotentials (siehe Tabelle T2).

Zusammenhänge würden sich daran zeigen, dass die Streuung des Risikopotentials durch die Heuristiken „erklärt“ werden, der Kennwert dafür ist das korrigierte R². Es gibt den im Kriterium aufgeklärten Varianzanteil an, der praktisch 0 ist. Auch sind die Modelle selbst nicht signifikant (Spalte ANOVA).

Tabelle T3 Übereinstimmung der Einschätzung der Geländestellen zwischen Gruppe und Risikoanalyse (für intendierte und umgesetzte Tour). |

n = 86	Intendierte Tour	Umgesetzte Tour	T-test (zur Unterschiedsprüfung) T3
Anteil korrekt erkannter gefährlicher und ungefährlicher Geländestellen	77% (21,0%)	75% (21,5%)	t(85) = 0,996; p = 0,322 kein signifikanter Unterschied

Anmerkung: Um beim Vergleich zwischen intendierter und umgesetzter Tour keine Stichprobenverzerrung zu erzeugen, wurden nur die Gruppen einbezogen, die vor und nach der Tour befragt werden konnten (n = 86). Standardabweichung in Klammern.

Tabelle T4 Übereinstimmung der Einschätzung der Gefahrenstellen zwischen Gruppe und Risikoanalyse (für intendierte und umgesetzte Tour). |

n = 70	Intendierte Tour	Umgesetzte Tour	T-test T4
Anteil korrekt erkannter Gefahrenstellen	55% (38,7%)	46% (39,6%)	t(69) = 2,001; p = 0,049 leicht signifikanter Unterschied (Effektstärke d = 0,24)

Anmerkung: 70 Gruppen intendierten und begingen Touren mit Gefahrenstellen.

Risikoanalyse	als Gruppe gehen	Entlastungsabstände	Einzel gehen	Umgehen	Verzicht
als Gruppe gehen	529	39	12	3	0
Entlastungsabstände	107	43	17	7	12
Einzel gehen	35	21	11	15	3
Umgehen	5	0	2	0	1

Grün: Angemessenes Verhalten; Gelb: Abweichung um eine Stufe in Richtung riskant; Orange: Abweichung um zwei Stufen in Richtung riskant; Grau: übervorsichtiges Verhalten. Der rote Rahmen markiert die Gefahrenstellen (k = 279).

Tabelle T5 Übereinstimmung Verhaltensmaßnahme Risikoanalyse (Zeilen) mit Verhaltensmaßnahme Gruppe (Spalten) an den Gelände- und Gefahrenstellen (k = 862). |

Schließlich fanden sich keine bivariaten Korrelationen zwischen einzelnen Heuristiken und den Parametern des Risikopotentials. Die FACETS-Heuristiken erklären das seitens der Gruppen gewählte Risikopotential der Tour nicht.

Wie gut werden tagesaktuelle Gefahrenstellen erkannt?

Insgesamt beinhalteten die ausgewählten Touren 862 Geländestellen (im Auf- und Abstieg), von denen am jeweiligen Tag gemäß der Risikoanalyse 279 (32%) als Gefahrenstellen bewertet wurden. Lawineneignisse gab es an den Erhebungstagen und -orten nicht.

Ein bedeutsamer Anteil der Gefahrenstellen wurde nicht erkannt. Dies zeigte sich bereits bei der intendierten Tour, wo nur etwa die Hälfte der vorliegenden Gefahrenstellen erkannt wurden. Auf der Tour verschlechterte sich dies: Weniger als die Hälfte der Gefahrenstellen wurde erkannt. Diese Veränderung ist leicht signifikant. Sie kommt zustande, wenn Gruppen fälschlich zur Einschätzung gelangen, dass zuvor vermutete Gefahrenstellen keine sind oder auch, wenn bei einer Änderung der Tour zusätzliche Gefahrenstellen im Gelände unerkannt bleiben. Dies wurde vermutlich nur deswegen nicht zum Problem, weil die Gruppen selten Touren mit Stellen wählten, die nach der Risikoanalyse zu umgehen oder gänzlich zu meiden gewesen wären.

Ist das lawinenbezogene Verhalten der Skitourengruppen an Geländestellen angemessen?

Die Skitourengruppen verhielten sich an 68% der Geländestellen angemessen, d.h. dass eine an diesem Tag ungefährliche Geländestelle im Gruppen-

verband begangen wurde oder an Gefahrenstellen die seitens der Risikoanalyse geforderte Verhaltensmaßnahme umgesetzt wurde. Das auf den ersten Blick positive Ergebnis geht jedoch zu einem großen Teil auf die Passage ungefährlicher Stellen im Gruppenverband zurück (529 Geländestellen). Es zeigt sich aber auch, dass sich die Gruppen an nur 19% der Gefahrenstellen (54 von 279, roter Rahmen) angemessen verhielten. Eine Abweichung um 1 in Richtung riskant (also z.B. als Gruppe über eine Stelle gegangen zu sein, für die Entlastungsabstände empfohlen gewesen wäre) trat an 47% der Gefahrenstellen auf. Gesteht man Skitourengruppen eine solche Abweichung noch als tolerierbares Verhalten zu, dann ergeben sich 184 Übereinstimmungen (grün und gelb; 66%). Den Großteil macht dabei aus, dass an 107 Stellen Entlastungsabstand empfohlen gewesen wäre, die Gruppe die Passage aber im Gruppenverband beging. D.h. allein durch das Gehen mit Entlastungsabständen an diesen Stellen könnte das angemessene Verhalten auf 58% erhöht werden, vorausgesetzt, die Gruppen erkennen die Gefahrenstellen.

Nutzung von Airbags, Wissen über den Airbag, Einfluss des Airbags auf Entscheidungen

Der verbreitete Einsatz von Airbags hat das Potential, die Sterbewahrscheinlichkeit bei Lawineneignissen insgesamt zu verringern. Es könnte jedoch auch sein, dass Airbags das subjektive Sicherheitsgefühl steigern („Den Hang probier' ich – ich hab' ja einen Airbag“). Dann wäre der Sicherheitsgewinn durch den Airbag aufgrund des riskanteren, individuellen Verhaltens wieder dahin bzw. sogar überkompensiert. Dieser Frage zur Nutzung von Airbags

Tabelle T6 Verteilung der Häufigkeiten der Airbagnutzung in den einzelnen Gruppen nach Kategorie „ohne Airbag“, „kleiner 50%“, „50% oder größer“, „alle mit Airbag“ und Standorten. |

T6	Kelchsau (n = 62)		Lechtal (n = 50)		Hochfügen (n = 45)		Gesamt	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Anteil Airbag in der Gruppe								
ohne Airbag	25	40,3	22	44	13	28,9	60	38,2
kleiner 50%	11	17,7	6	12	3	0,7	20	12,7
50% und größer	11	17,7	11	22	2	4,4	24	15,3
alle mit Airbag	15	24,2	11	22	27	60	53	33,8

und ihren Auswirkungen auf reales Verhalten im Gelände soll im Folgenden nachgegangen werden. Die Ergebnisse beziehen sich auf Skitouren- und Freeridegruppen.

Um herauszufinden, durch welche soziodemographische Variablen die Nutzung eines Airbags vorausgesagt werden kann, wurde ein Regressionsmodell gerechnet. Dieses Modell klärte 22,4% der Varianz auf, d.h. der Unterschiede in der Airbagnutzung bzw. Nicht-Nutzung zwischen den Gruppen, $F(7, 149) = 6,14; p < 0,000$. Dabei trugen nur drei Variablen signifikant zur Aufklärung bei: Geschlechtshomogenität der Gruppe, $\beta = 0,18; p = 0,021$; Anteil der Standardnotfallausrüstung (LVS-Gerät, Schaufel, Sonde) in der Gruppe, $\beta = 0,23; p = 0,006$; und Anteil Helm in der Gruppe, $\beta = 0,27; p < 0,000$. Geschlechtshomogene Gruppen trugen eher einen Airbag als gemischtgeschlechtliche Gruppen, wobei es keinen Unterschied machte, ob die Gruppe nur aus Frauen oder nur aus Männern bestand. Interessant ist jedenfalls, dass intuitiv naheliegende Variablen wie Erfahrung, Tourenhäufigkeit, selbsteingeschätzte Kompetenz in der Beurteilung von Lawinengefahren oder Risikobereitschaft die Airbagnutzung nicht vorhersagen.

Verhalten sich Airbagnutzer riskanter?

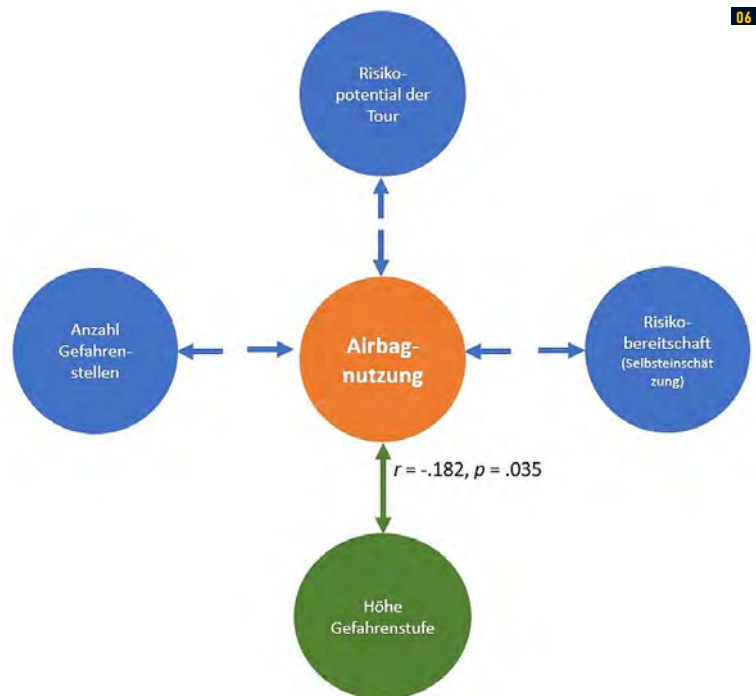
Im Hinblick auf die Effektivität von Airbags, die Überlebenswahrscheinlichkeit bei einem Lawinenunfall zu erhöhen, überschätzten alle Gruppen den Sicherheitsgewinn durch die Benutzung eines Airbags. Daher ist es eine spannende Frage, ob sich das Tragen eines Airbags auch auf die Risikobereitschaft auswirkt.

Airbagnutzung und selbsteingeschätzte Risikobereitschaft

Wir hatten vor Beginn der Tour die befragten Gruppen gebeten, ihre eigene Risikobereitschaft einzuschätzen. Zwischen dieser selbsteingeschätzten Risikobereitschaft und der Nutzung bzw. Nicht-Nutzung von Airbags ergaben sich keinerlei Zusammenhänge. Die Nutzung von Airbags trug nicht zu einer höheren selbsteingeschätzten Risikobereitschaft bei.

Airbagnutzung und Gefahrenstellen sowie Risikopotential der Tour

Für alle durch die befragten Gruppen geplanten (Erhebungszeitpunkt 1: vor der Tour) und durchgeführten Touren (Erhebungszeitpunkt 2: nach der Tour) konnten wir basierend auf einer aufwendigen Geländeanalyse die Anzahl der tagesaktuellen Gefahrenstellen benennen. Zusätzlich hatten wir für jede



06 Übersicht der Zusammenhangsanalysen zwischen Airbagnutzung und intendiertem bzw. gezeigtem Risiko der beobachteten Gruppen. Die unterbrochenen Pfeile bedeuten keinen Zusammenhang.

dieser Gefahrenstellen eine Experteneinschätzung für den Erhebungstag, welche Verhaltensmaßnahmen an den einzelnen Gefahrenstellen angemessen waren. Daraus ließen sich als objektivierbare Maße für Risikoverhalten die Anzahl der Gefahrenstellen und ein Risikopotential (vgl. Forschungsgruppe Winter, 2023) der geplanten und durchgeführten Touren berechnen. Zwischen diesen Indikatoren für Risikoverhalten und der Nutzung bzw. Nicht-Nutzung von Airbags ergaben sich keine überzufälligen Zusammenhänge. Es ergaben sich auch dann keine bedeutsamen Zusammenhänge, wenn die Daten nach Erhebungsstandorten getrennt ausgewertet wurden.

Airbagnutzung und Lawinengefahrenstufe

Der einzige signifikante Zusammenhang bestand in einer Zunahme der Airbagnutzung mit höherer Gefahrenstufe. Unseres Erachtens spricht dies dafür, dass sich die Gruppen in ihrem Verhalten und ihrer Ausrüstung unterschiedlichen Verhältnissen anpassen. Wird eine Modetour mit verspurten Hängen bei LLB 1 begangen, stellt sich durchaus die Frage, worin denn der Sicherheitsgewinn durch einen Airbag liegen soll und wie sinnvoll es ist, diesen mitzunehmen. Bei LLB 2 oder 3 im wenig verspurten Gelände ist der Sicherheitsgewinn durch einen Airbag eher gegeben.

Insgesamt ergaben die Daten unserer Feldstudie keinen Hinweis darauf, dass die Nutzung von Airbags einen Einfluss auf die Risikobereitschaft oder das Risikoverhalten hat.

Bei der Tourenplanung und Einzelhangbeurteilung tragen zahlreiche Faktoren zur Entscheidungsfindung bei; der Airbag spielt dabei offensichtlich nur eine untergeordnete Rolle. Dies bedeutet aber nicht, dass die Nutzung eines Airbags im Einzelfall doch zu einem riskanteren Verhalten beiträgt – nach unseren Daten sollte das aber die Ausnahme und nicht die Regel sein.

Schlussfolgerungen

Skifahrerlawinen sind seltene Ereignisse. Basierend auf unserer Studie treffen Skitourengruppen meist defensive Entscheidungen und gehen Touren mit wenigen und meist nicht hochriskanten Gefahrenstellen.

Skitourengruppen begeben sich in einen lawinenbezogen ungesicherten Raum und empfinden das auch so. Ihre Haltung ist, eine machbare, lawinenbezogene sichere Tour gehen zu wollen. Der Entscheidungsprozess wird unter anderem vom Grundbedürfnis nach Sicherheit motiviert: Ohne ausreichendes Sicherheitserleben gehen Skitourengruppen nicht los. Also müssen sie die Unsicherheit des freien Skiraums durch die Tourenplanung in gefühlte Sicherheit verwandeln durch: Wahl von bekannten bzw. Standard- und Modetouren, Verarbeitung des LLB, Befragung von Bekannten, Orientierung über mögliche Gefahrenstellen, Bereitschaft zu Checks, keine Festlegung auf bestimmte Hänge. Das Sicherheitsgefühl wird weiter erhöht, wenn die Gruppe vor Ort verspürtes Gelände vorfindet. Der Sicherheitsgewinn von Airbags wird durch die Gruppen systematisch überschätzt. Unseres Erachtens sollte im Bereich des Airbagwissens noch stärker darüber informiert werden, wann die Nutzung eines Airbags eine sinnvolle Ergänzung der Lawinen-Notfallausrüstung sein kann und wann weniger. Insgesamt stellen die Gruppen für sich vor Beginn der Tour ein Machbarkeitsgefühl her: „Wir sind vorsichtig und haben uns was überlegt. Was wir vorhaben, geht und ist sicher. Andere sehen das auch so.“ Mit dieser inneren Haltung bricht die Gruppe auf.

Wie wir zeigen konnten, werden bei der Tourenplanung Gefahrenstellen nicht ausreichend erkannt und bei Einzelhangentscheidungen fehlt ein systematisches Vorgehen. Vorhandene Spuren bilden für die Gruppen eine wichtige Entscheidungsgrundlage, ihre Bedeutung wird aber nicht differenziert genug betrachtet.

Das Machbarkeits-Mindset gibt die lawinenbezogene Wirklichkeit der gewählten Tour meist korrekt wieder. Sind aber in der Planung Gefahrenstellen übersehen worden, werden diese auf der Tour im

Durchschnitt auch nicht mehr erkannt. Man könnte sagen, dass das Machbarkeitsgefühl dem Erkennen von zusätzlichen, evtl. widersprüchlichen Informationen unterwegs (u.a. neue Gefahrenstellen) zuwiderläuft. Da die Weichen zum Erkennen von Gefahrenstellen im Planungsprozess gestellt werden, wollen wir diesen ausführlicher beleuchten.

Sachlogisch werden Gefahrenstellen zweistufig identifiziert. Zunächst muss geklärt werden, wo es überhaupt gefährlich werden kann. Dann muss geprüft werden, ob eine Geländestelle am Tourentag gefährlich ist und welche Maßnahme an ihr gefordert ist. Ein solcher Prozess verläuft wahrnehmungs- und entscheidungspsychologisch ganzheitlich (Kruglanski et al. 2012) und nicht schrittweise ab. Ausgangspunkt bei der Frage „Was könnte gehen?“ oder „Was wollen wir gehen?“ ist eine Tour in ihrer Ganzheit, nicht eine Sequenz von Einzelstellen. Um dann zu bestimmen, wo es gefährlich sein könnte, wird in die Tour „hineingezoomt“ und sie „überflogen“. Sie wird nicht vom Ausgangspunkt bis zum Gipfel Stelle für Stelle durchgegangen: Probabilistische Entscheidungsverfahren, die genau dies verlangen, sind wenig bekannt und werden kaum angewendet. Dies könnte erklären, warum nur 55% aller Gefahrenstellen erkannt werden.

Wie kann das Erkennen von Gefahrenstellen nun verbessert werden? Die Tourenplanung muss möglichst niederschwellig alle Gefahrenstellen aufdecken und dabei auf einer soliden Informationsbasis stehen. Eine Möglichkeit sind einfache Planungsfaustregeln wie z. B.:

1. Identifiziere anhand einer Karte mit Steilheitslayer alle Stellen steiler als 30° auf und über deiner Tour als potentielles Lawinengelände!
2. Alle diese Stellen sind Gefahrenstellen, wenn sie gemäß Lawinenlagebericht als ungünstig eingeschätzt werden oder gemäß DAV-Snowcard mindestens als „gelb“ erscheinen

Die Methode setzt aufgrund ihrer Einfachheit zwar die Eingangsschwelle herab, erfordert allerdings immer noch ein sequenzielles Vorgehen bei der Planung. Oder: In der Planung einen Algorithmus, die Informationen des Lawinenlageberichts ins Gelände rechnen lassen, um Gefahrenstellen und deren Gefahrengrad automatisiert zu bestimmen (z.B. Skitourenguru). Dabei ist allerdings der Algorithmus für die Qualität der Tourenplanung entscheidend. Wenn dieser Algorithmus für jede Geländestelle die relevanten Informationen des LLB (z.B. als Pop-up)

darstellt, macht er sich transparent und kann ein Lerntool für den Einsteiger und eine Reflektionshilfe für die Erfahrenen sein. Allerdings muss eine solche detaillierte Auseinandersetzung auch nicht geleistet werden, so dass es passieren kann, dass später am Einzelhang die Entscheidungsgrundlage fehlt. Haben Gruppen nun ein vollständiges Bild der Gefahrenstellen, dann wird auf der Tour ein angemessenes Risikomanagement erst möglich, z.B. in Entlastungsabständen zu gehen oder auch zu wissen, an welchen Stellen Checks notwendig sind.

Skitourengruppen sind auch auf der Tour bereit, ihr Bild zu überprüfen. Doch am Einzelhang fehlt ihnen eine Systematik. Eine Beurteilungshilfe, die den Gruppen am Einzelhang an die Hand gegeben werden kann, kann von den Lawinenproblemen ausgehen, da diese nach unserer Studie präsent und akzeptiert sind.

Literatur

- Forschungsgruppe Winter der DAV-Sicherheitsforschung (Brugger, M., Fritz, L., Hellberg, F., Hummel, C., Schwiersch, M. & Streicher, B.) (2023). Wie gehen Skitourengruppen bei ihren Entscheidungen vor? Weitere Ergebnisse aus der Skitourenstudie der DAV-Sicherheitsforschung. *Bergundsteigen* (122), 44-53.
- Kruglanski, A. W. (2012). Lay epistemic theory. In: P. A. M. Van Lange, A. W. Kruglanski & E. T. Higgins (Eds.), *Handbook of theories of social psychology: Volume 1* (p. 201-223). Thousand Oaks, CA: Sage.
- McCammon, I. (2002). Evidence of heuristic traps in recreational avalanche accident. *Proceedings of the International Snow Science Workshop*, Vol. 30.
- McCammon, I. (2004). Heuristic Traps in Recreational Avalanche Accidents: Evidence and Implications. *Avalanche News*, 68, 1-10.
- Mersch, J., Fleischmann, M., & Mittermayer, H. (2021). *Lawinen: Erkennen - Beurteilen - Vermeiden* (1. Aufl.). Bergwelten.
- Streicher, B. (2004). Entscheidungsfindung. *bergundsteigen*, #48, 16-22.
- Streicher, B. (2008). Reflexive Lawinenkunde. *bergundsteigen*, #62, 74-81.

Die Auswertung eines Teils der Daten, die diesem Beitrag zugrunde liegen, wurde vom Bayerischen Kuratorium für Alpine Sicherheit (BayKurasi) maßgeblich unterstützt. An der Skitourenstudie der DAV-Sicherheitsforschung arbeiteten neben Lukas Fritz von der SiFo folgende Externe mit (alphabetische Reihenfolge): Michaela Brugger, Florian Hellberg, Christoph Hummel, Martin Schwiersch, Bernhard Streicher. An den Erhebungen haben zusätzlich mitgewirkt: Philipp Berg, Max Bolland, Steffi Bolland, Anna Gomeringer, Stefan Hinterseer, Alexandra und Georg Hochkofler, Johanna Kozikowski, Johanna Mengin, Jessica Ploner, Paul Schmid, Martin Prechtel, Bernhard Schindele, Laura Schwiersch.

Dr. biol. hum. Martin Schwiersch, Dipl.-Psych. staatl. gepr. Berg- u. Skiführer. Psychotherapeut in eigener Praxis. Langjährige Mitarbeit bei der Sicherheitsforschung des DAV.

Dr. habil. Bernhard Streicher, Dipl.-Psych. Risikoforscher, Autor, Redner, Lektor. Er ist Mitglied der Sicherheitskommission des Deutschen Alpenvereins und war als Universitätsprofessor für Sozialpsychologie und als Ausbilder im Lehrteam Alpin der Zusatzqualifikation Erlebnispädagogik (ZQ) tätig.

Lukas Fritz BSc.MSc. Geograph, staatlich geprüfter Berg- und Skiführer, Sportkletterlehrer. Als Sachbearbeiter in der DAV-Sicherheitsforschung in erster Linie für Winter- und Hochgebirgsthemen zuständig.



01 Anriss der Unfalllawine am Ötscher in der Juckfidelplan 11.03.2022. (Foto: LWD Niederösterreich)

23 Geringe Lawinengefahr bedeutet NICHT keine Gefahr – Betrachtung zweier Unfälle

AutorInnen Arno Studeregger, Veronika Hatvan, Lisa Pulling



Arno Studeregger

Einleitung

Lawinenunfälle passieren jeden Winter und haben meist unterschiedliche Entstehungsgeschichten. Hier werden zwei Beispiele vorgestellt, wobei sich ein Unfall mit dem Restrisiko auf der Skitour beschäftigt und der zweite Unfall die Themen „Kameradenrettung“ und „organisierte Rettung“ ins Zentrum stellt. Da beide Themen aus Sicht des Alpinisten immer wieder als „wichtig“ erachtet werden, soll diese Auswahl der Unfälle zum Nachdenken anregen.

Beispiel 1: Tödlicher Lawinenunfall am Ötscher, Ybbstaler Alpen, Juckfidelplan, 11.03.2022

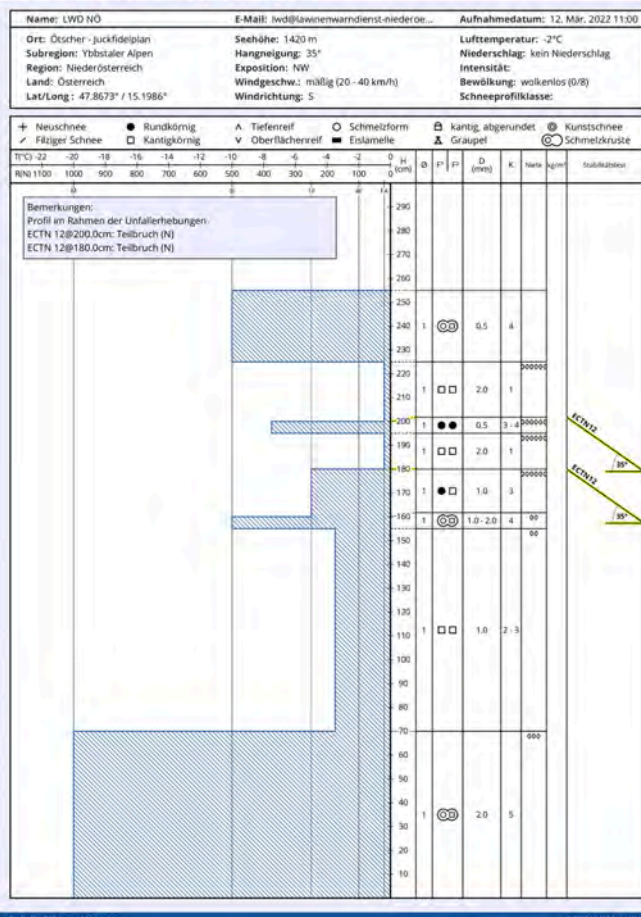
Sachverhalt

Am Freitag, dem 11.03.2022, ereignete sich am Ötscher in den Ybbstaler Alpen ein besonders tragischer Lawinenunfall. Eine Gruppe, bestehend aus vier überaus erfahrenen und ortskundigen Alpinisten, stieg in den späteren Vormittagsstunden mit angelegten Steigeisen eine nordwestseitige Rinne Richtung Juckfidelplan empor, als sich kurz vor Mit-

tag in 1450 m Seehöhe eine Schneebrettlawine löste und sie mitriss. Drei der Bergsteiger wurden zur Gänze verschüttet und konnten in weiterer Folge nur noch tot geborgen werden.

Ein weiteres, teilverschüttetes Gruppenmitglied wurde mit schweren Verletzungen ins Krankenhaus geflogen. Es war ein Großaufgebot an Rettungskräften und eine Vielzahl an Hubschraubern im Einsatz, zumal zunächst nicht klar war, ob nicht noch weitere Wintersportler betroffen waren.

Beim Unfallgelände handelte es sich um eine Steilrinne an der Ötscherflanke mit einer maximalen Hangsteilheit von etwa 45 Grad. Durch ihre Nord-nordwest-Exposition ist dieses extrem steile Gelände sehr schattig und erhält in den Wintermonaten keinerlei direkte Sonneneinstrahlung. Somit war die aufbauende Schneeuwandlung effektiv und es bildeten sich kantige Kristalle, die als Schwachschicht wirkten und auf denen sich die härtere, gebundene Schneetafel in Form eines Schneebretts lösen konnte.



02 Schneeprofil vom nächsten Tag etwa 30 Höhenmeter unter dem Anriss der Unfalllawine. (Quelle: LWD Steiermark) | 03 Blick hinauf entlang der Lawinenbahn. (Foto: LWD Niederösterreich) | 04 Blick auf den Ablagerungsbereich und die Fundstellen der Verunglückten. (Foto: LWD Niederösterreich)

Kurzanalyse

Zwei der vier später verunglückten Alpinisten hatten schon am 09.03. eine Skitour durch die Juckfidelplan auf den „Großen Ötscher“ geplant. Die beiden anderen Bergkameraden bekundeten am nächsten Tag ebenfalls Interesse, an der Skitour teilzunehmen. Die Alpinisten galten als sehr erfahren. Einer von ihnen hatte unter anderem über 20-mal den Aufstieg durch die Juckfidelplan durchgeführt.

Die Vier bereiteten sich auf die Tour jeweils selbstständig vor und holten auch Informationen aus dem Lawinenprognosebericht sowie dazugehörige Wetterdaten ein. Treffpunkt der vier Personen war am 11.03.2022 um 11:00 Uhr im Weitental.

Sie fuhren anschließend mit einem Auto in den Bereich des Ranecks und parkten dort. Die Alpinisten machten sich für die Tour fertig und führten den LVS-Check durch.

Nach dem ca. 45-minütigen Zustieg kamen sie in den Bereich des Einstiegs der Juckfidelplan. Dort montierten sich die vier Skitourengeher ihre Steigeisen, setzten die Helme auf und begannen den Einstieg.

Bei den ersten 20 bis 50 Höhenmetern sanken die Alpinisten bei jedem Schritt in die Schneedecke ein und stiegen mit ca. 5 m Abstand zum Vordermann in der Rinne auf. Sie befanden sich gerade in der ersten

Steilstufe, als ihnen riesige Schollen entgegenkamen. Alle vier Alpinisten wurden mitgerissen, wobei drei Personen total verschüttet und eine Person teilverschüttet wurden.

Die teilverschüttete Person konnte einen Notruf absetzen, wodurch die Rettungskette in Gang gesetzt wurde und die ersten Rettungskräfte rasch am Unfallort eintrafen.

Gefahrenbeurteilung

Der Lawinenprognosebericht vom 10.03.2022 für den 11.03. ergab folgende Information:

„Geringe Lawinengefahr, aber vereinzelte Gefahrenstellen in schattigen Bereichen! Im gesamten Bergland Niederösterreichs herrscht ‚geringe‘ Lawinengefahr. Vereinzelt können im schattseitigen Gelände bei großer Zusatzbelastung in extrem steilen Hängen noch Schneebrettlawinen ausgelöst werden. Die entsprechenden Gefahrenstellen sind schlecht erkennbar, da sie oft von ungebundenem Pulverschnee überdeckt sind.“

Ebenfalls können hinter Geländekanten aller Expositionen vereinzelt kleine, frischere Triebsschneebereiche als Schneebrettlawinen ausgelöst werden. Vorsicht auch vor Absturzgefahr auf den vereisten Oberflächen der Hochlagen!“

Ursache

Die Ursachenforschung gestaltete sich relativ schwierig. Eine mögliche Erklärung des Unfalls könnte folgende sein: Der Ausgangspunkt für den ausschlaggebenden Schneedeckenaufbau war der Zeitraum vor dem Sturmtief „Ylenia“ sowie das Sturmtief selbst. Vor dem Tief lagen die Lufttemperaturen in fast allen Höhenlagen im positiven Bereich. Die Schneedecke wurde daher schon angefeuchtet und teilweise nass. Das Sturmtief „Ylenia“ selbst sorgte am 17.02. in den niederösterreichischen Bergen für Windspitzen mit Orkanstärke. Obwohl besonders in diesem Winter, der bislang von außergewöhnlich beständig anhaltendem Nordwestwetter (Großwetterlage) mit starker Nordwestströmung geprägt war, stürmische Verhältnisse auf den Bergen nichts Besonderes waren, war bei diesem Ereignis die flächige Ausprägung von Orkanböen schon beeindruckend. Dazu war es bis in hohe Lagen mild, Niederschlag fiel als Regen oder Graupel. In tieferen Lagen setzten Wind, Temperaturanstieg und Regen der Schneedecke gehörig

zu. Die Schneefallgrenze lag bei ca. 1500 m. Für den Unfallort bedeutete dies, dass es auf 1000 m regnete. Danach kühlte es ab und die Schneedeckenoberfläche konnte sich stabilisieren. Es bildete sich eine stabile Harschschicht aus. In der Folge gab es eine lange Zeit mit stabilem Hochdruckwetter. In der Schneedecke hingegen konnte sich aufgrund der Wetterlage unter dem Harsch eine Schicht mit kantigen Formen ausbilden. Diese Schicht wurde bei der Unfallerhebung als die Schwachschicht für den Lawinenabgang festgestellt.

Wie konnte die Schwachschicht überhaupt angesprochen werden, wenn es so einen dicken Harschdeckel gab?

Die vier Alpinisten tauschten vor der ersten Steilstufe ihre Tourenskier gegen Steigeisen aus. Aufgrund einer Zeugenaussage wissen wir, dass sie in der Steilstufe immer wieder durch die Harschkruste durchbrachen. Es ist daher anzunehmen, dass die Alpinisten bei einem Übergang von einer schneereichen zu einer schneearmen Zone das Brett auslösten.

Warum brach das Brett in ca. 1450 m Seehöhe und nicht in der steileren, etwas höher liegenden zweiten Steilstufe?

Auch hier gibt es keine eindeutige Antwort. Ein Erklärungsversuch kann sein, dass es aufgrund des Sturmtiefs bis ca. 1450 m Seehöhe regnete und oberhalb davon der Niederschlag als Schnee fiel. Somit würde sich ein anderer Schneedeckenaufbau ergeben. Dieser Erklärungsversuch kann jedoch nicht mit Daten untermauert werden, da bei der Unfallerhebung aus zeitlichen Gründen keine Schneedeckentests in der zweiten Steilstufe bzw. darüber durchgeführt wurden.

Zusammenfassung

Die Alpinisten hatten sich sehr gut auf die Tour vorbereitet. Sie holten u.a. die Lawinenwarnung ein und auch das eigene erfahrene alpinistische Wissen wurde in die Tourenplanung integriert. Sie kamen zum Schluss, dass die Tour aufgrund der lokal herrschenden Lawinengefahr machbar ist. Auch beim Start und während der Tour wurden alle Standards im Verhalten eingehalten. Trotzdem löste sich eine Lawine und führte zu einem verheerenden Ausgang.

Was bleibt?

Am Berg gibt es immer ein Restrisiko. Es gibt Faktoren, die außerhalb unserer Macht stehen und die wir nicht kontrollieren können. Auch beste Vorbereitung kann das Risiko bei einer alpinen Aktivität nicht komplett eliminieren, das übrige Restrisiko sollte einem immer bewusst sein.

05 Blick aus dem Helikopter – die Lawine am 11.03.2022 ist in der oberen Steilstufe angerissen und die Rinne entlang abgegangen. (Foto: Alpinpolizei)





06 Die Bahn der Unfalllawine im Bereich Annaberg-Hennesteck verläuft zwischen mehreren älteren Gleitschneelawinenbahnen, die in den Tagen zuvor abgegangen sind. (Fotos: Alpinpolizei) | 07 Die schneefreie Lawinenbahn der Lawine vom 15.02.2023, die eine Person im Aufstieg verschüttete. (Foto: LWD Niederösterreich) | 08 Blick auf den Lawinenkegel unterhalb der Verschüttungsstelle. (Foto: LWD Niederösterreich)

Beispiel 2: Lawinenunfall im Bereich Annaberg am 15.02.2023

Sachverhalt

Am 15.02.2023 gegen Mittag ereignete sich im Bereich Annaberg-Hennesteck ein Lawinenunfall. Drei Skitourengeher gingen ohne LVS-Gerät eine Forststraße entlang. In einer Rinne oberhalb der Forststraße löste sich im extrem steilen Buchenwald spontan eine Gleitschneelawine, welche ein Gruppenmitglied verschüttete. Diese Person konnte sich aber rechtzeitig in Richtung der steilen Böschung neben der Forststraße neigen und wurde somit nicht von der Lawine mitgerissen. Sie wurde aber etwa 2,5 m tief verschüttet, allerdings bildete sich glücklicherweise eine Atemhöhle. Erst nach knapp 3 Stunden wurde die verschüttete Person sondiert und ausgegraben. Zu diesem Zeitpunkt war die Person bereits stark unterkühlt, hatte sonst jedoch keine weiteren Verletzungen. Mit dem Rettungshubschrauber wurde der verletzte Alpinist ins Krankenaus geflogen.

Unfallanalyse

Die Erhebungen in unmittelbarer Nähe der Gleitschneelawine ergaben, dass die Schneedecke schon komplett isotherm und bis zum Boden

durchnässt war. Der Schnee war bodenlos und nur schlecht verbunden. Diverse Profile der Alpinpolizei und unserer Geländebeobachter bestätigten dieses Ergebnis.

Die Gleitschneelawine löste sich in einem extrem steilen Bereich des Buchenwaldes und konnte auf dem glatten, mit Laub bedeckten Waldboden nach unten gleiten. Dabei überwand sie den oberen Abschnitt der Forststraße und verschüttete die Person auf einem weiter unten gelegenen Straßenabschnitt.

Der Unfallort lag außerhalb des gesicherten Skiraumes des Skigebiets Annaberg. Der betroffene Hang war südöstlich ausgerichtet. Die betroffene Forststraße wurde bis zum Jahre 2009 als Skiweg genutzt. Seither ist die Forststraße aus dem gesicherten Skiraum herausgenommen und wird vom Liftbetreiber, der Pistenrettung und den Betreibern der Annaalm fallweise zu Transportzwecken genutzt.

Die Gruppe nutzte normale Skitourenausrüstung, hatte jedoch keine Notfallausrüstung wie LVS-Gerät, Schaufel und Sonde mit. Aus diesem Grund konnte die verschüttete Person erst ca. drei Stunden nach dem Lawinenabgang durch eine Sondier-

WAC.3[®] Cockpit

Die **Integration**
aller Technologien,
Systeme und
Informationen auf
einer Plattform.



**avalanche
control**

Wyssen Austria GmbH

6020 Innsbruck

+43 512 2193 46

austria@wyssen.com

www.wyssen.com



01 Die Schneedeckenstabilität ist ein Faktor der in die Lawinengefahrenstufe miteingeht. (Foto: Martin Edlinger)

24 Die europäische Lawinengefahrenskala und die EAWS-Matrix – Rückblick und aktueller Stand

Autoren Bernhard Zenke, Thomas Feistl



Bernhard
Zenke

Im April 1993 wurde die Europäische Lawinengefahrenskala beschlossen. Anfänglich nur im Alpenraum und in den Pyrenäen gültig, wurde sie bald zum Standard vieler Lawinendienste und legte damit den Grundstein für den Zusammenschluss der Lawinwarner in der EAWS (European Avalanche Warning Services*).

Die 1993 erarbeiteten Kernkriterien zur Definition der fünf Lawinengefahrenstufen haben bis heute Gültigkeit. Es sind dies (vgl. Abbildung 2)

- die Schneedeckenstabilität (in Kombination mit der Anzahl der betroffenen Steilhänge) und
- die Auslösewahrscheinlichkeit (in Kombination mit der Größe der zu erwartenden Lawinen)



Thomas
Feistl





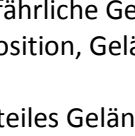
Der Weg zu dieser gemeinsamen Lawinengefahrenstufenskala war allerdings mühsam. Die Warndienste hatten auf Grund ihrer Aufgaben und Historie unterschiedliche Blickwinkel auf die Lawinengefahr. Oft waren schwere Unglücke Anstoß zur Einrichtung eines Lawinenwarndienstes. So lag der

Fokus bei einigen im Siedlungsraum, bei anderen in den Skigebieten und vor allem die neugegründeten Warndienste blickten verstärkt auf den Freizeitsport. Diese unterschiedlichen Schwerpunkte spiegelten sich auch in den Lawinengefahrenskalen der verschiedenen Länder wider und insofern differierten die Skalen vor 1993 nicht nur in der Zahl der Gefahrenstufen, sondern auch in den Definitionen der verwendeten Begriffe.

Erste Überlegungen zur Vereinheitlichung der Gefahrenskalen gab es bereits 1983. Dann dauerte es allerdings zehn Jahre, bis der endgültige Durchbruch geschafft war.

Mit der gemeinsamen Skala als Fundament verständigten sich die Lawinenwarndienste bald auf weitere gemeinsame Elemente, insbesondere bei der Ausgestaltung der Lawinenlageberichte. Das Prinzip der Informationspyramide („das Wichtigste nach oben“) mit einer prägnanten, optisch auffälligen Übersicht über die Gefahrensituation im jeweiligen Land (oft mit einer Karte hinterlegt) und die

*siehe EAWS. <https://www.avalanches.org/standards/>

	Gefahrenstufe	Icon	Schneedeckenstabilität	Lawinen-Auslösewahrscheinlichkeit
5	sehr gross		Die Schneedecke ist allgemein schwach verfestigt und weitgehend instabil.	Spontan sind viele sehr grosse, mehrfach auch extrem grosse Lawinen zu erwarten, auch in mässig steilem Gelände.
4	gross		Die Schneedecke ist an den meisten Steilhängen* schwach verfestigt.	Lawinenauslösung ist bereits bei geringer Zusatzbelastung** an zahlreichen Steilhängen* wahrscheinlich. Fallweise sind spontan viele große, mehrfach auch sehr grosse Lawinen zu erwarten.
3	erheblich		Die Schneedecke ist an vielen Steilhängen* nur mässig bis schwach verfestigt.	Lawinenauslösung ist bereits bei geringer Zusatzbelastung** vor allem an den angegebenen Steilhängen* möglich. Fallweise sind spontan einige große, vereinzelt aber auch sehr grosse Lawinen möglich.
2	mässig		Die Schneedecke ist an einigen Steilhängen* nur mässig verfestigt, ansonsten allgemein gut verfestigt.	Lawinenauslösung ist insbesondere bei grosser Zusatzbelastung**, vor allem an den angegebenen Steilhängen* möglich. Sehr grosse spontane Lawinen sind nicht zu erwarten.
1	gering		Die Schneedecke ist allgemein gut verfestigt und stabil.	Lawinenauslösung ist allgemein nur bei grosser Zusatzbelastung** an vereinzelt Stellen im extremen Steilgelände* möglich. Spontan sind nur kleine und mittlere Lawinen möglich.

* Das lawinengefährliche Gelände ist im Lawinenlagebericht im Allgemeinen näher beschrieben (Höhenlage, Exposition, Geländeform):

- mässig steiles Gelände: Hänge flacher als rund 30 Grad
- Steilhänge: Hänge steiler als rund 30 Grad
- extremes Steilgelände: besonders ungünstig bezüglich Neigung (steiler als rund 40 Grad), Geländeform, Kammnähe und Bodenrauigkeit

** Zusatzbelastung:

- gering: einzelner Skifahrer / Snowboarder, sanft schwingend, nicht stürzend; Schneeschuhgeher; Gruppe mit Entlastungsabständen (>10m)
- gross: zwei oder mehrere Skifahrer / Snowboarder etc. ohne Entlastungsabstände; Pistenfahrzeug; Sprengung

spontan: ohne menschliches Zutun

Einführung von ergänzenden graphischen Elementen (Gefahrenbereiche als Windrose, Visualisierung der kritischen Höhenlagen und der tageszeitlichen Entwicklung) öffneten den Weg zu einer zunehmenden Verwendung und Akzeptanz der Lawinenlageberichte im skitouristischen Bereich. Mit diesen Elementen war es bald möglich, die Kernaussagen der Lawinenwarnung europaweit selbst dort zu verstehen, wo man der Landessprache vielleicht nicht mächtig war.

Auf der Basis der Europäischen Lawinengefahrenskala entwickelten die Lawinenwarndienste dann auch Tools, um bei entsprechenden Wetter- und Lawinenlagen die Warnungen auch über die Ländergrenzen hinweg immer mehr anzugleichen. Die EAWS-Matrix* ist solch ein Baustein, der es erleichtert, die Gefahrenstufe frei von „situationsfremden“ Einflussfaktoren zu bestimmen.

Über die Jahre hinweg wurde die Lawinengefahrenskala in einigen Punkten ergänzt bzw. präzisiert. So wurde z.B. die räumliche Ausdehnung, die erforderlich ist, um eine Gefahrenstufe ausweisen zu können, auf mindestens 100 km² festgelegt. Damit wird klar, dass die Gefahrenstufe regionalen Charakter hat und für die Einzelhangbeurteilung nur bedingt aussagekräftig ist. Ferner wurden die Lawinengrößen* präzisiert, die den Gefahrenstufen zugeordnet sind. In den Lageberichten kam als weiteres optisches Element der Hinweis auf aktuelle Lawinenprobleme* hinzu.

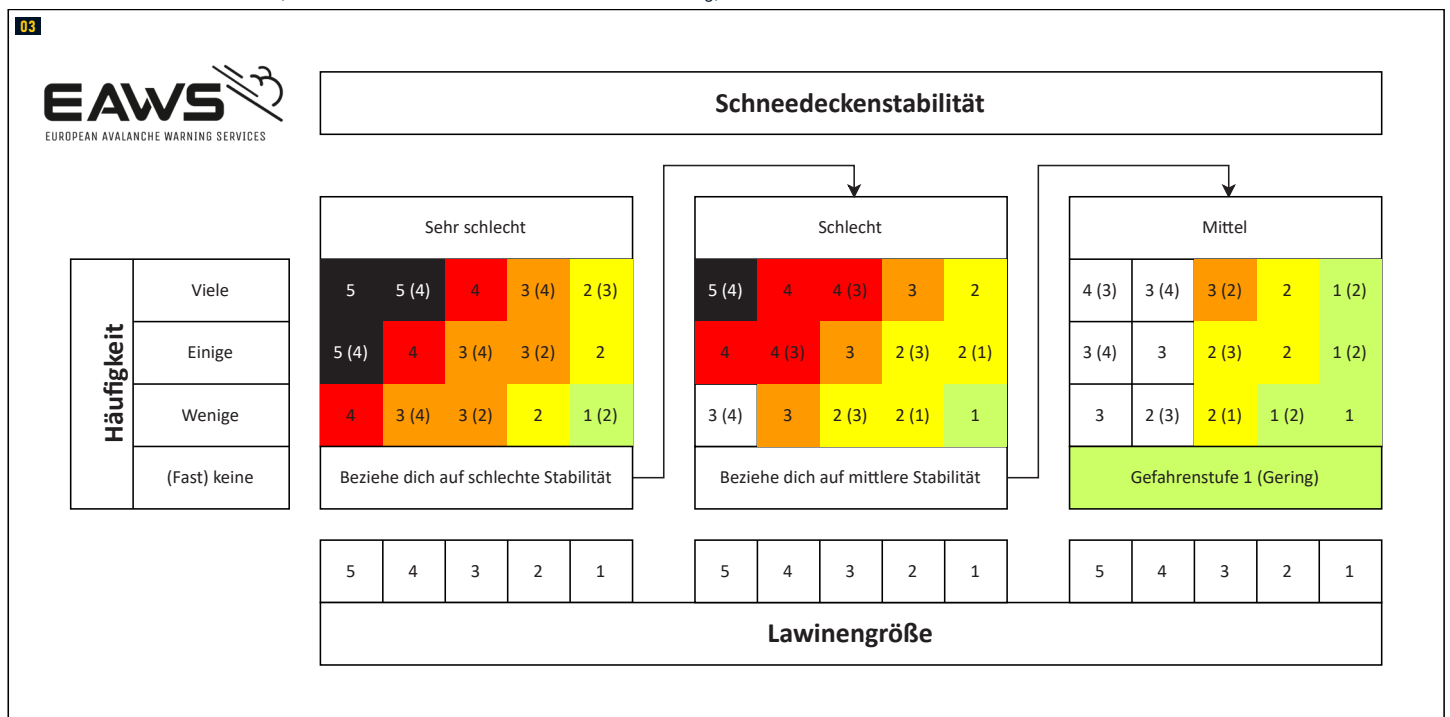
Aber nicht nur in der Lawinenwarnung selbst, sondern auch darüber hinaus wurde mit der Europäischen Lawinengefahrenskala ein neues Zeitalter im Umgang mit der Lawinengefahr eingeläutet. Die strategischen Verfahren zur Lawinenbeurteilung

(Reduktionsmethode, Stop or Go, Snowcard) wären ohne die weithin geltenden Gefahrenstufen nicht erfolgreich gewesen. Und auch die in jüngster Zeit entstandenen und entstehenden Apps und sonstige digitale Hilfsmittel gründen auf der 1993 mühsam erarbeiteten Basis.

Ausgehend von der seit 1993 geleisteten Arbeit wurde in den letzten Jahren die EAWS-Matrix überarbeitet und im vergangenen Jahr auf der Mitgliederversammlung der EAWS verabschiedet. Der Schwerpunkt bei der Überarbeitung lag zum einen auf der Beibehaltung der Gefahrenstufen und deren grundsätzlicher Bedeutung, zum anderen auf ihrer Vereinfachung und Reduzierung mit dem Ziel, die Vereinheitlichung der Lawinenlageberichte in Europa voranzutreiben. Bereits auf den ersten Blick wird ersichtlich, dass die neue EAWS-Matrix eine relativ große Veränderung gegenüber der bisher gültigen darstellt:

Die neue EAWS-Matrix spiegelt auch den gleichzeitig von den Mitgliedern verabschiedeten Workflow zur Ermittlung der gültigen Gefahrenstufe wider: Zuerst wird die Schneedeckenstabilität ermittelt. Man einigte sich darauf, bei diesem Schritt nicht mehr von vornherein zwischen Selbstauslösung und Auslösung durch Zusatzbelastung zu unterscheiden. Stattdessen werden nun Situationen, in denen mit Selbstauslösungen zu rechnen ist, der Stabilitätsklasse „sehr schlecht“ zugeordnet. Im zweiten Schritt schätzt die Lawinenwarner*innen ein, wie häufig Stellen der schlechtesten Schneedeckenstabilität im Gelände anzutreffen sind. Mit dem dritten Schritt, der Bestimmung der größtmöglichen zu erwartenden Lawine, landen die Lawinenwarner*innen automatisch bei der Gefah-

03 Die neue EAWS-Matrix. Die größte Veränderung gegenüber der alten EAWS-Matrix ist die deutliche Reduzierung der möglichen Felder. Dies wurde erreicht, indem die beiden vormals separaten Matrizen für Selbstauslösungen und Auslösungen durch Zusatzbelastung in eine Matrix überführt wurden. Gleichzeitig wurde die Zahl der Klassen für Schneedeckenstabilität (früher: Wahrscheinlichkeit der Lawinenauslösung) reduziert. |



Größe	Bezeichnung	Schadenspotential
1	Klein	Eine Verschüttung ist unwahrscheinlich, außer es existieren ungünstige Geländeformen (z.B. Geländefallen) im Auslaufbereich.
2	Mittel	Kann eine Person verschütten, verletzen oder töten.
3	Groß	Kann PKWs verschütten und zerstören, schwere Lastwagen beschädigen, kleine Gebäude zerstören und einzelne Bäume brechen.
4	Sehr groß	Kann schwere LKWs und Züge verschütten und zerstören. Kann größere Gebäude und kleine Waldflächen zerstören.
5	Extrem groß	Kann die Landschaft verwüsten, katastrophales Zerstörungspotential möglich.

Tabelle T1 Lawinengrößen |

renstufe, welche sie dann für den nächsten Tag prognostizieren.

Im Zuge der Erarbeitung der neuen Matrix einigte sich die Arbeitsgruppe zudem auf einige zentrale Begriffsdefinitionen. Die wichtigsten dieser Definitionen sind:

- **Schneedeckenstabilität:** Die Schneedeckenstabilität ist eine lokale Eigenschaft der Schneedecke, welche die Bereitschaft eines schneebedeckten Hanges, sich als Lawine zu lösen, beschreibt (Reuter und Schweizer, 2018). Die Schneedeckenstabilität wird in vier Klassen unterteilt: sehr schlecht, schlecht, mittel und gut.
- **Häufigkeitsverteilung der Schneedeckenstabilität:** Die Häufigkeitsverteilung der Schneedeckenstabilität beschreibt den Anteil an Punkten jeder Stabilitätsklasse im Verhältnis zu allen Punkten im Lawinengelände. Daher beträgt die Häufigkeit f für alle Punkte mit der Stabilitätsklasse i (n_i) verglichen mit allen Punkten (n) $f(i) = n_i/n$. Die Häufigkeitsverteilung der Schneedeckenstabilität wird in vier Klassen eingeteilt: viele, einige, wenige und keine oder fast keine.
- **Lawinengröße:** Die Lawinengröße beschreibt das Schadenspotential von Lawinen

Mit Hilfe dieser und weiterer Neuerungen und Einigungen versuchen die Mitglieder der EAWS, grenzübergreifend einheitliche und gut verständliche Lawinenlageberichte zu veröffentlichen. Unterschiede in der Handhabung und Auslegung der Instrumente können natürlich auch weiterhin dazu führen, dass verschiedene Lawinenwarner*innen zu unterschiedlichen Einschätzungen gelangen oder Situationen unterschiedlich kommunizieren. Dies passiert sowohl innerhalb eines Lawinenwarndienstes wie auch grenzübergreifend. Die Mitglieder der EAWS werden weiter daran arbeiten, möglichst einheitliche Produkte zur Verfügung zu stellen.

Bernhard Zenke

promovierter Forstwissenschaftler, 1986 bis 2014 beim Lawinenwarndienst Bayern, von 1994 weg Leiter der Lawinenwarnzentrale, seit 2015 in Ruhestand

Thomas Feistl

seit 2015 Leiter des Lawinenwarndienstes Bayern, derzeit Koordinator der EAWS und Mitglied des EAWSTAB-Technical Advisory Board

*siehe EAWS, <https://www.avalanches.org/standards/>

Melde dich jetzt zum Newsletter an & gewinne ein HAGAN Tourenski-Set!



HAGAN

Gleich QR-Code
scannen und
gewinnen:



Die Verlosung findet unter allen NL-Abonnenten zum 31.1.2024 statt, die TN-Bedingungen findest du unter: www.hagan-ski.com/nl-gewinnspiel



Foto: Head

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