

INTERPETATION VON METEOROLOGISCHEN MESSSTATIONEN ALS ENTSCHEIDUNGSGRUNDLAGE FÜR DIE LAWINENWARNUNG

METEOROLOGICAL MEASURED DATA: A SUPPLEMENT DECISION SUPPORT FOR AVALANCHE WARNING

Arnold Studeregger¹, Hannes Rieder² und Willi Ertl³

ZUSAMMENFASSUNG

Die Lawinenkommissionsmitglieder beobachten während der Wintersaison den Schneedeckenverlauf und führen im Gelände systematische Schneedeckenuntersuchungen durch (Zenke, 2012). Gerade die Risikobewertung durch Geländebegehungen und Schneedeckenuntersuchungen sind gerade in Zeiten erhöhter Lawinengefahr und großen Risikos für die Mitglieder der Lawinenkommission und des Lawinenwarndienstes nur sehr eingeschränkt möglich. Deshalb wird vermehrt auf die Interpretation von meteorologischen Stationsdaten im Gebirge zurückgegriffen. Mit dem in den letzten Jahren aufgebauten hochalpinen meteorologischen Messnetz steht den Entscheidungsträgern mittlerweile eine große Datengrundlage für die Entscheidungsfindung zur Verfügung. Anhand von praktischen Beispielen wird gezeigt, wie Lawinenkommissionsmitglieder oder auch Tourengerher diese Daten für ihre und für die Sicherheit anderer nutzen können.

Schlüsselwörter: Lawinengefährdung, meteorologische Messdaten, Lawinenwarndienst, Lawinenkommission

ABSTRACT

During the winter, members of the avalanche commissions observe snow cover and make snow profiles or snowpack stability checks (Zenke, 2012). Due to bad weather conditions, this is not possible every time. Therefore, they have to use among other things meteorological data for assessing avalanche risk. Since 1999 the avalanche services in Austria and Germany started to build a network of meteorological measuring stations. In the meantime, the number of measuring stations increased rapidly. The technical development enables us to gather in short sequences detailed data about snow depth, wind and temperature all over the Alps. In this paper, practical examples will show how to use this meteorological data for estimating avalanche hazard.

Keywords: avalanche service, meteorological data, avalanche commission, avalanche hazard

HISTORISCHE ENTWICKLUNG

Seit den späten 90er Jahren haben die Lawinenwarndienste im Alpenbogen begonnen automatische meteorologische Messnetze aufzubauen. Mittlerweile ist die Anzahl der meteorologischen Stationen sehr stark angestiegen. Gegenwärtig betreiben die Lawinenwarndienste Kärnten 24, Niederösterreich 6, Oberösterreich 25 und Steiermark 27 automatische Messstationen. Noch vor 1999 zeigte sich ein anderes Bild. In Niederösterreich und der Steiermark gab es keine automatischen Wetterstationen, in Oberösterreich und Kärnten waren es zumindest vier. Aufgrund des Lawinenunglücks in Galtür im

¹ Dr. Arnold Studeregger. ZAMG – KS Steiermark, Klusemannstraße 21, 8053 Graz, Österreich (e-mail: a.studeregger@zamg.ac.at)

² Mag. Hannes Rieder. ZAMG – KS Steiermark, Klusemannstraße 21, 8053 Graz, Österreich (e-mail: h.rieder@zamg.ac.at)

³ Willi Ertl, Lawinenwarndienst Kärnten, Flatschacherstraße 70, 9020 Klagenfurt, Österreich, (e-mail: wilfried.ertl@ktn.gv.at)

Februar 1999 investierten die Lawinenwarndienste Österreichs in den Ausbau des meteorologischen Stationsnetzes. Ziel war es, die lokalen Bedingungen besser zu erfassen. Die neu gewonnenen Daten mussten hinsichtlich der Schneedeckenentwicklung, und im speziellen bezüglich der möglichen Gleithorizonte interpretiert werden. Wurden am Beginn des 21. Jahrhunderts die Stationen alle vier bis acht Stunden ausgelesen und gespeichert, so konnten gerade in den letzten drei Jahren die Messnetze modernisiert werden, Deshalb stehen die aktuelle Daten alle 10 bis 15 Minuten zur Verfügung. Die Lawinenkommissionsmitglieder, die Mitarbeiter der Lawinenwarndienste aber auch das breite Anwenderpublikum (Skitourengeher, Variantenfahrer, Schneeschuhgeher, etc.) haben die Möglichkeit die Daten zu nutzen. Gerade durch die ganzheitliche Zusammenschau, auf die Schneedeckenentwicklung, die meteorologischen Daten der Gebirgsstationen (Temperaturverlauf, Schneedeckenverlauf, Windverlauf,...) sowie durch die Wetterprognose hat sich die Risikobewertung durch die Lawinenkommissionsmitglieder und die Lawinenwarndienste wesentlich verbessert. Die örtlichen Lawinenkommissionen haben die Aufgabe, die Behörden des Katastrophenschutzes, aber auch andere Bedarfsträger (Entscheidungssträger) zu beraten und diesen gegebenenfalls die Anordnung von Maßnahmen zum Schutz vor Lawinengefahren zu empfehlen. Folglich erlaubt die verbesserte Risikobewertung auch eine gute Risikokommunikation zwischen den Behörden und der Bevölkerung.

Auswirkungen der meteorologischen Parameter auf die Schneedecke

Die meteorologischen und nivologischen Parameter verändern sich permanent und sind schwer zu erfassen. Nicht nur der Ist-Zustand, sondern auch der permanente Ablauf der Veränderungen in der Schneedecke ist sehr wichtig für die Beurteilung von Lawinengefahren. Entscheidend für die Beurteilung ist nicht so sehr die Gesamtschneehöhe, sondern der Neuschneezuwachs der über die Niederschlagsintensität gesteuert wird. Starker Schneefall vergrößert die Mächtigkeit der Neuschneedecke, diese ist für die Entstehung von Schadlawinen ein bedeutsamer Faktor. Die Verfestigung des Schnees kann mit der Zunahme des Eigengewichtes nicht Schritt halten, es erfolgt eine Überschreitung der Zugspannung und die Lawine löst sich von selbst (Studeregger, 2003).

Die Temperatur- und Strahlungsverhältnisse wirken höchst unterschiedlich auf die Schneedecke ein. Eine plötzliche Erwärmung durch Föhn, Tauwetter oder Regenverschärft die Lawinengefahr kurzfristig. Eine langsame Erwärmung der Schneedecke bewirkt eine Setzung. Einerseits konserviert eine niedrigere Lufttemperatur die Lawinengefahr (die Schwachschichten in der Schneedecke bleiben erhalten), andererseits verfestigt sich mit den negativen Temperaturen eine feuchte Schneedecke. Mit lang anhaltender Kälte nimmt die Festigkeit dann wieder ab. Der Schnee wird grieselig und die Schneedecke weitgehend spannungsfrei. Besonders im Frühjahr bei Sulzschnee ist der Grad der Lawinengefahr stark vom Tagesgang der Strahlung bzw. Temperatur abhängig. In den Nachtstunden, speziell bei Strahlungswetterlagen, gefriert die Oberfläche der Schneedecke und sie weist eine hohe Tragfähigkeit auf. Während des Tages nimmt die Tragfähigkeit aufgrund der Einstrahlung ab, und es kann zu Nassschneerutschen kommen (Munter, 2003).

Bei der Erstellung des amtlichen Lawinenlageberichtes, bei der Bewertung von lokalen Phänomenen sowie bei der Skitourenplanung sind heutzutage neben den Geländedaten die Wetterdaten am besten bekannt. Allerdings gibt es durch die Eigenschaften des Alpenmassivs Wetterereignisse mit unterschiedlicher lokaler Ausprägung.

Dies war nicht immer so. In den 80er und in den 90er Jahren wurde in der Ausbildung der Lawinenkommissionsmitglieder im Bereich der Meteorologie klassisch der Wetterablauf gelehrt. Zudem wurde ein großer Wert auf die Erkennung der Wolkenbilder und auf die theoretische und praktische Auseinandersetzung mit dem Schneedeckenaufbau gelegt. Die winterliche Schneedecke entsteht durch Ablagerungen des Schnees, durch einzelne Niederschlagsperioden, aber auch durch Windverfrachtung wird die Schneedecke schichtweise aufgebaut. Während der niederschlagsfreien Zeit ändert sich die Schneedecke aufgrund der verschiedenen Witterungseinflüsse. An den oberflächennahen Schichten spielen Strahlung, Wind und Temperatur eine entscheidende Rolle, bodennah kann die aufbauende Metamorphose wirken. Der Schneedeckenaufbau wird geprägt durch den Witterungsverlauf (Niederschlagsereignisse, Temperaturverlauf) und beschreibt die Zusammensetzung der einzelnen Schneesichten. Er zeigt in der Schneedecke unterschiedliche

Charakteristika, die sich durch das Alter, Härte, Korngröße, Kornform, Temperatur und Feuchtigkeit unterscheiden.

Die große Herausforderung war in der Vergangenheit die Beurteilung des Lawinenrisikos, da die Datenlage bis in die 1990er Jahre nicht befriedigend war. Erste Klasse Daten (Stabilitätsdaten) und zweite Klasse Daten (Schneedeckenaufbau) (McClung et al., 1993) aus den Einzugsgebieten der Lawinen lagen den Entscheidungsträgern nicht vor. Als meteorologische Daten gab es nur die Wetterprognose und keine meteorologischen Messdaten.

La Chapelle (1980) teilt Daten, die in den Lawinenlagebericht eingehen ein in:

- Daten mit hoher Unsicherheit – Wetterdaten
- Daten mit mittlerer Unsicherheit – Schneedeckendaten
- Daten mit geringer Unsicherheit – Stabilitätsaussagen der Schneedeckentests

Heutzutage sind die meteorologischen Messwerte der Gebirgs-Wetterstationen so genau, dass sie jedenfalls zur Kategorie der zweiten Klasse Daten zählen. In den letzten Jahren wurde erkannt, dass Stabilitätsaussagen zur Schneedecke räumlich stark variieren und bei weitem nicht die Aussagekraft haben, die man ihnen früher zugesprochen hat. Für Lawinenkommissionen ist es erfolgsversprechender, sich mit einfachen Schneedeckentests und systematischem Denken ein Bild über die Schwachschichten in der Schneedecke und deren räumliches Vorkommen zu erarbeiten (Zenke, 2012). Mit den vorliegenden Daten und dank diverser Schulungen können die Entscheidungsträger den Prozessverlauf erkennen und daraus eventuelle Schwachschichtbildung in der Schneedecke ableiten.

Aufgrund der neuen Erkenntnisse und mit Unterstützung des Bayerischen Lawinen-warndienstes wurde das Ausbildungsschema bei der Fortbildung der Lawinen-kommissionsmitglieder in Kärnten, Steiermark und Niederösterreich seit 2008 umgestellt. Als wichtiger Punkt, neben der systematischen Beurteilung der Schneedecke, wurde der Faktor „Interpretation der meteorologischen Messwerte und Auswirkung auf die Schneedecke unter besonderer Berücksichtigung auf die Auswirkung der Schwachschichten“ in die Ausbildung integriert. Die Messdatenanalyse kann natürlich nicht Schneedeckentests bzw. Schneeprofile ersetzen, doch es ist zumindest möglich, Aussagen über Bedingungen zu bekommen, die zur Bildung möglicher Schwachschichten führen. Weitere Punkte der Ausbildung sind: Rechtsfragen im Lawinenwarndienst, Arbeitsweise der Alpinpolizei, Erste Hilfe, LVS-Suche, klassische Lawinenkunde, praktische Arbeit im Gelände und Vorstellung aktueller lawinenspezifischer Fragestellungen aus Theorie und Praxis.

Die große Herausforderung für die Nutzer ist es, zu bewerten, ob es durch die Einwirkung der meteorologischen Parameter kleinräumig oder eventuell sogar regional zu erhöhter Lawinengefahr kommt. Mit Hilfe des Prozessdenkens (Zenke, 2012) kann der geschulte Nutzer dank des dichten Stationsnetzes bewerten, ob eine auftretende Situation lokal oder regional ist. Zu lokal erhöhter Lawinengefahr kann es z.B. durch Graupelniederschlag kommen. Als flächiger Aspekt (regional) kann hier Regen, starker Schneefall und Abstrahlung der Schneedecke genannt werden. Die meteorologischen Stationen liefern zwar nur punktuelle Informationen, aber durch Prozessdenken und Vergleich mit umliegenden meteorologischen Stationen kann festgestellt werden, ob es sich um ein lokales oder regionales Ereignis handelt.

Die Daten der meteorologischen alpinen Stationen liefern Hinweise auf:

- Niederschlagsart (Schnee oder Regen)
- Hat es „warm“ oder „kalt“ zu schneien begonnen
- Strahlungs Nächte
- Bewölkung
- Schneeverfrachtung (Windrichtung und Windgeschwindigkeit)
- mögliche Schwachschichten in der Schneedecke
- Schneebrett oder Lockerschneelawine

Welche Wirkungen die meteorologischen Parameter auf die Schneedecke haben können, sei hier beispielhaft für Lufttemperatur erklärt:

- Schnelle und massive Erwärmung erhöht die Lawinengefahr kurzfristig.
- Langsame und stetige Erwärmung bewirkt eine kontinuierliche Setzung und Entspannung der Schneedecke.
- Tiefe Temperaturen konservieren über einige Zeit Gefahren, da sich Spannungen nur langsam abbauen können.
- Tiefe Temperaturen erzeugen Temperaturgradienten in der Schneedecke und in der Folge Bindungsverluste an Grenzschichten.
- Lang anhaltende tiefe Temperaturen fördern die aufbauende Umwandlung oberflächennaher Schichten und damit den Spannungsabbau in der Schneedecke.
- Abkühlung verfestigt feuchte und durchnässte Schneedecken.
- Andauerndes Strahlungswetter (Schönwetter bei niedrigen Temperaturen) fördert die Reif- und Schwimmschneebildung.
- Der Gefahrengrad der Lawinengefahr im Frühjahr verläuft meist parallel zum Sonnenstand bzw. mit dem Tagesgang der Temperatur.
- Bei einer Inversionswetterlage (wärmere Luft liegt über kälterer Luft) verläuft der Temperaturgradient umgekehrt. Es bildet sich z.B. in Mulden Oberflächenreif.

PRAXISBEISPIELE

Der Beitrag bringt praxisorientierte Beispiele die zeigen, wie viel Informationspotential in der Interpretation von meteorologischen Messdaten steckt. Dieses zusätzliche Wissen kann die eingeschulten Fachleute bei deren Entscheidungen bzw. Empfehlungen im Bereich des Risikomanagements unterstützen.

• Beispiel 1: Anstieg der Lawinengefahr durch Schneeverfrachtung, Dezember 2009

Nach dem Schneefall Anfang Dezember 2009 war es sehr kalt und niederschlagsfrei. Bis zum 21.12. hatte sich eine kalte Nordströmung eingestellt.

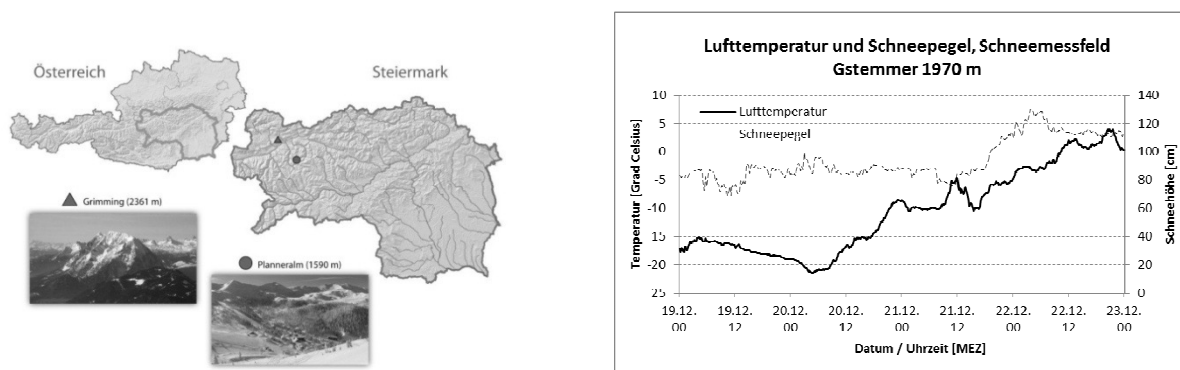


Fig. 1 Orientierungskarte sowie Lufttemperatur- und Schneehöhenverlauf an der meteorologischen Station Schneemessfeld Gstemmer und Planneralm.

Fig. 1 Overview map (left figure) and air temperature as well as snow depth (right figure) at measuring station “Schneemessfeld Gstemmer and Planneralm”.

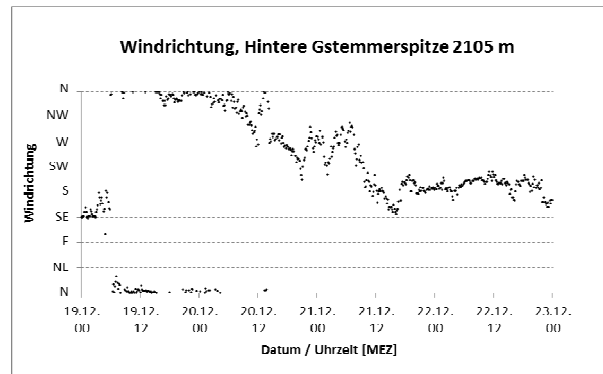
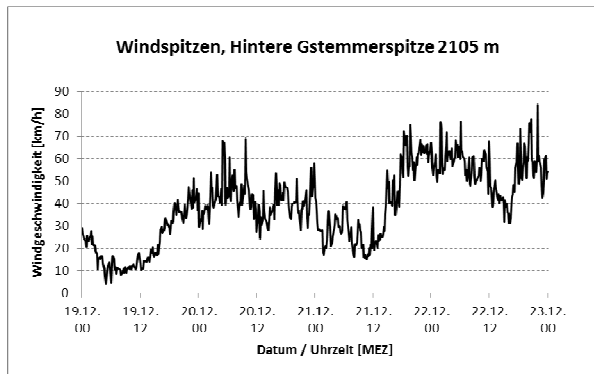


Fig. 2 Windspitzen und Windrichtung an der Station Hintere Gstemmerspitze.

Fig. 2 Gusts (left figure) and wind direction (right figure) at measuring station “Hintere Gstemmerspitze”.

In Fig. 1 ist der Temperaturverlauf (links) sowie die Änderung der Schneehöhe (rechts) zwischen 15.12. bis 22.12. dargestellt. Zu erkennen ist der Temperaturanstieg nach der Winddrehung auf Süd sowie der Anstieg der Schneehöhe. Fig. 2 zeigt auf der rechten Seite den Windsprung am 21.12. von Nordwest auf Süd und die gleichzeitige Zunahme der Windgeschwindigkeiten (Fig. 2 links).

Die anhaltende kalte Nordströmung bewirkte, dass der oberflächliche Altschnee kalt blieb. Mit dem Windsprung am Nachmittag des 21.12. von Nordwest auf Süd kam es zu frischen Tribschneeeinfrachtungen im Nordsektor. Daher kann nun der weiche kalte Schnee im Nordsektor als Gleithorizont bewertet werden. Obwohl es an diesem Tag nicht geschneit hatte, zeigt der Schneepiegel im Lee einen Schneezuwachs von 50 cm.

Zusammengefasst kann aus dieser Situation abgeleitet werden, dass eine gebundene Schneetafel auf einem kalten, weichen Altschnee aufliegt und daher die Lawinengefahr, im speziellen die Schneebrettgefahr, angestiegen ist. Zwar war an diesem Tag nicht mit spontanen Lawinen zu rechnen, jedoch war eine Schneebrettauslösung bei geringer Zusatzbelastung zu erwarten. Der Lawinenwarndienst Steiermark erhöhte bei der Erstellung des Lawinenlageberichtes die Lawinengefahr von Stufe 1 (gering) auf Stufe 3 (erheblich). Die Erhöhung der Lawinengefahr wurde durch die Dokumentation von vier Lawinenunglücken (Triebenfeldkogel, Seitnerzinken, Goldbachscharte und Kersch kern) mit Personenbeteiligung bestätigt. Diese Abgänge wurden in den Niederen Tauern (Steiermark-Österreich) registriert. Als Beispiel wird die Situation am Triebenfeldkogel kurz beschrieben: Ca. 1.5 m vom Grat entfernt, in Nordexposition, löste eine Person ein Schneebrett aus. Die Anrisshöhe betrug 0,5 m. Die Hangsteilheit betrug 30 Grad. Die Person glitt ca. 1 m langsam mit einer Scholle talwärts konnte aber das Gleichgewicht halten und konnte knapp unterhalb des Auslösepunktes stehenbleiben. Zitat des Auslösers nach der Auslösung beim Lawinenwarndienst: „Der Lawinenlagebericht hat eigentlich genau diese Gefahrensituation beschrieben...“

- **Beispiel 2: Anstieg der Lawinengefahr durch schnelle Erwärmung, Februar 2009**

Bei der Schneemessung am Morgen des 18.02. wurden entlang der Nordalpen bis zu 80 cm Neuschnee registriert, der bei starkem bis stürmischem Nordwestwind gefallen war. Mit -20°C in 2000 m war der 18.02. der kälteste Tag im Februar 2009. Am 19.02., dem bereits zwölften Tag der unser Wettergeschehen so nachhaltig bestimmenden Nordwestströmung, waren die Gipfel zwar in Wolken, jedoch fielen die Niederschläge in den nördlichen Regionen unergiebig aus. Doch bereits am Vormittag des Folgetages begann es wieder leicht zu schneien, ab dem 21.02. intensivierten sich die Schneefälle und bis zum 22.02. und 23.02. fiel der Schnee ununterbrochen. Seit Beginn des Niederschlagsereignisses sind in den Nordstaugebieten 100 bis 200 cm Neuschnee hinzugekommen (Abb. 3, rechts). Es musste mit zwei verschiedenen Arten von Lawinen gerechnet werden: Den Gefahren der spontanen, nassen Lawinen der tiefen Lagen standen jene der trockenen Staublawinen in den Hochlagen gegenüber. Aufgrund der anhaltenden Niederschläge, die bei relativ

tiefen Temperaturen und bei Windeinfluss fielen, musste am **24.02.** von sehr großer Lawinengefahr in den steirischen Nordalpen ausgegangen werden.

Am **25.02.** sorgte ein Zwischenhoch für kurzfristige Wetterbesserung. Die Temperaturen stiegen in 2000 m von -10°C auf -6°C an. Ab dem Nachmittag des Folgetages setzten jedoch abermals Niederschläge ein, die sich am **27.02.** intensivierten. Am **28.02.** stellt sich Hochdruckeinfluss ein, dabei wird es auf den Bergen sehr mild. Abbildung 3 (rechts) zeigt neben der Temperaturmessung eine INCA-Temperatur-Vorhersage der ZAMG (gestrichelte Linie), die am Nachmittag des **28.02.** in 2000 m Höhe $+4$ Grad erwartet.

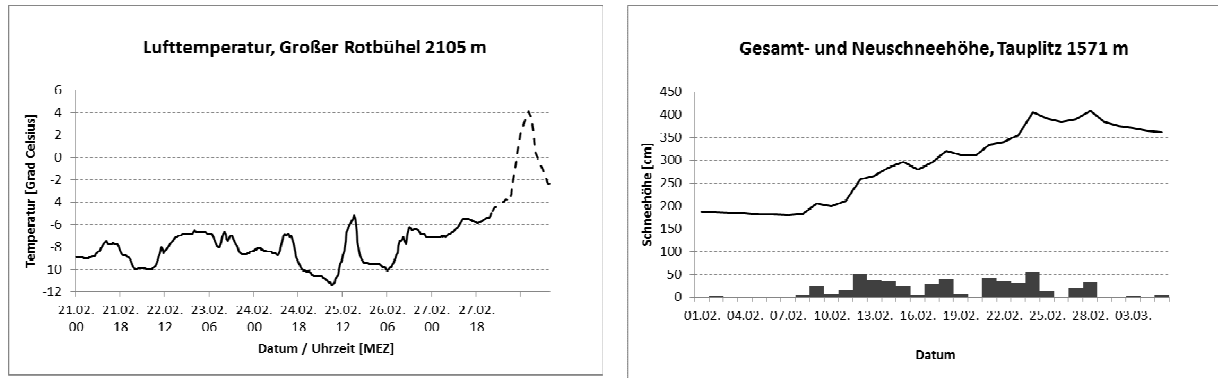


Fig. 3 Gemessene Lufttemperatur (schwarze Linie) und INCA-Temperatur-Prognose (gestrichelte Linie) am Großen Rotbühel – Planneralm sowie Gesamt- und Neuschneehöhe (Linien- bzw. Balkendiagramm) im Bereich Tauplitz.

Fig. 3 Air temperature measurements (black line) and INCA-temperature-forecast (dashed line) at “Großer Rotbühel - Planneralm” (left figure) respectively snow depth (black line) and values of new snow (bar chart) (right figure) at measuring station “Tauplitz”.

Eine starke Erwärmung, wie es Fig. 3 (links) mit 8 Kelvin zeigt, ist als Gefahrensignal zu werten. Abgeleitet werden kann, dass Erwärmung und Sonnenstrahlung die Setzungsprozesse innerhalb der Schneedecke derart beschleunigen, dass es kurzfristig zu Instabilitäten in der Schneedecke kommen kann. Es war daher mit Prozessdenken abzuwägen, ob eine Oberlawine oder eine Grundlawine abgleiten kann. Bei der Grundlawine wird die Schneedecke bis zum Grund durchfeuchtet, und die Haftung am Boden geht verloren. Bei einer Oberlawine ist noch eine kühlere Gleitschicht vorhanden, der obere Teil der Schneedecke gleitet ab.

Bei dieser Situation wurde ein Anstieg der Lawinengefahr erwartet. Es waren einerseits Oberlawinen, andererseits aber auch Grundlawinen möglich.

Aufgrund der richtigen Bewertung der Lawinensituation wurden nach Empfehlung der Lawinenkommissionen die neuralgischen Punkte (z.B. Zufahrtsstraßen) in der Steiermark gesperrt. An diesem Tag gab es über 50 Lawinenabgänge, welche auch die Infrastruktur erreicht haben. Verletzt wurde niemand.

- **Beispiel 3: Oberflächenreif und Neuschneezuwachs, März 2005**

Wie in der Fig. 4 (links) ersichtlich ist, gab es in den ersten drei Märztagen (**01.03.** bis **03.03.**) gute Bedingungen zur Bildung von Oberflächenreif. Die großen Temperaturunterschiede zwischen den Stationen deuten auf klare, kalte Nächte hin. Oberflächenreif ist kein richtiger Niederschlag, dieser bildet sich bei Strahlungswetterlagen, d.h. meist bei sternklarem Himmel. Dabei sublimieren Luftfeuchtigkeit und aus der Schneedecke entweichender Wasserdampf an der kalten Schneeoberfläche, und es entstehen flache, poröse Eiskristalle. Diese Kristalle werden einige Zentimeter groß und stellen, wenn sie eingeschneit werden, eine große flächige Gleitschicht dar.

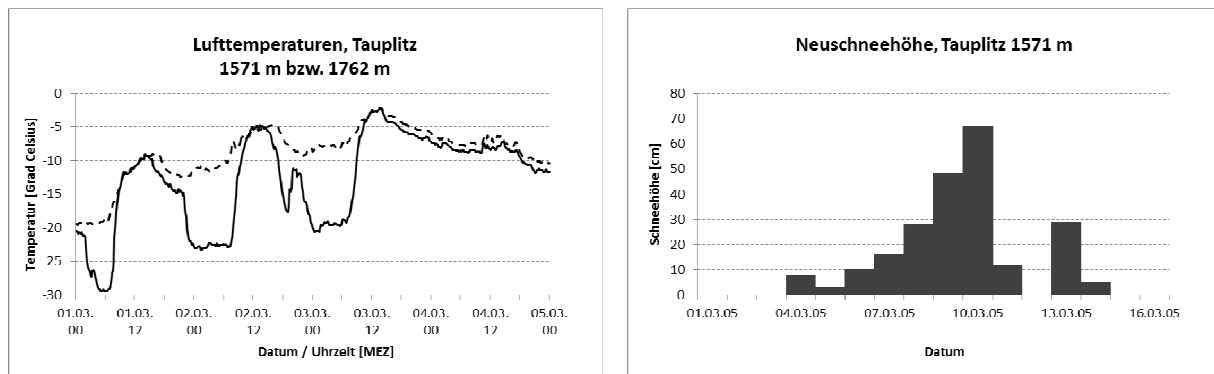


Fig. 4 Lufttemperaturen in zwei unterschiedlichen Seehöhen (schwarze Linie 1571 m, gestrichelte Linie 1762 m) sowie Neuschneehöhen an der Station Tauplitz.

Fig. 4 Air temperature in two different sea levels (black line 1571 m, dashed line 1762 m) (left figure) and values of new snow (right figure) at measuring station “Tauplitz”.

Zwischen 04.03. und 11.03. stellte sich das Wetter um, eine Nordwestströmung brachte eine Woche lang große Neuschneemengen (Fig. 4, rechts). Dieser Neuschnee lagerte sich auf dem Oberflächenreif ab. Die Verbindung des Neuschnees mit der Altschneeoberfläche war somit schlecht, da die großen Reifkristalle nur eine geringe Bindung mit dem Neuschnee eingehen. Der sonst unbedenkliche Reif wurde damit zu einer Schwachschicht in der Schneedecke. Durch die großen Neuschneesummen waren spontane Lawinen zu erwarten, und diese sind auch aufgetreten. Als Beispiele (alle in der Steiermark) werden folgende Abgänge aufgelistet: Handlauerlawine, Gamssteinecklawine, Seeberglawine und Rohrlawine. Die Lawinen haben teilweise die Straßen überspült und an Häusern Schäden verursacht. Aber auch Lawinen, welche bei geringer Zusatzbelastung ausgelöst wurden, waren keine Seltenheit. Als Beispiel kann der Lawinenunfall vom Lärchkogel (Niedere Tauern – Steiermark) herangezogen werden. Drei Tourengerer unternahmen eine Skitour auf den Lärchkogel. Am Gipfel entschieden sie sich, in die südausgerichtete Rinne abzufahren. Zuerst fuhren sie auf dem Rücken am Rinnenrand ab, in einer Seehöhe von 2000 m wurde die Rinne erreicht und einzeln abgefahren. Als die dritte Person in die Rinne einfuhr löste diese in einer Seehöhe von etwa 1950 m ein Schneebrett und wurde 300 Höhenmeter mitgerissen. Nach dem Stillstand der Lawine wurde durch die erste Person sofort mit der Suche begonnen, innerhalb von 4 Minuten konnte der Verschüttete bis zum Brustbereich freigelegt werden. Er zog sich eine Verletzung im Schulter- und Gesäßbereich zu und wurde mit dem Rettungshubschrauber geborgen.

In dieser Situation stellte sich die Frage, können die Erkenntnisse auf andere Hangrichtungen umgelegt werden? In gleicher Exposition und Höhe weist die Schneedecke ähnliche Merkmale auf, doch in unterschiedlichen Expositionen ist der Schneedeckenaufbau anders. Ein südgerichteter Hang erhält im Durchschnitt die doppelte Wärmemenge als ein vergleichbarer Nordhang, der im Frühwinter unter Umständen überhaupt keine Sonne bekommt. Daher führt das Prozessdenken zu einer anderen Schwachschichtdiagnose: Auf Südhängen hat sich eine kompakte Schneedecke ausgebildet, die keine Schwachschichten aufweist, auf West- und Osthängen wurde auf dem Oberflächenreif, welcher zwischen 01.03.- 03.03. entstand, abgangsbereiter Triebsschnee abgelagert. Somit ist der eingeschnete Oberflächenreif als Gleitschicht zu werten (siehe Fig. 4).

- **Beispiel 4: Regen und Erwärmung, Anstieg der Grundlawinengefahr, März 2011**

Das Beispiel demonstriert, wie man mit zusätzlicher Kenntnis der Schneedecke auf mögliche Grundlawinen schließen kann.

Am **27.03.** fiel der Niederschlag an der Messstation Kührint in den Bayerischen Alpen als Regen. Dieser drang in die Schneedecke ein. An den Tagen darauf kam es zu einer Erwärmung in allen Höhen und zu einem Anstieg der Lawinengefahr. Grundlawinen wurden zu diesem Zeitpunkt jedoch kaum verzeichnet. Trotz Regens kam es zu keiner bemerkenswerten Änderung an der Schneehöhe (gestrichelte Linie in Fig. 5, links), der Wassergehalt (gestrichelte Linie in Fig. 5, rechts) war leicht

abnehmend und zeigte den Hinweis auf geringen Wasserabfluss. Der nächste Tag (**28.03.**) war mild, dies hatte aber scheinbar keinen wesentlichen Einfluss auf Schneedecke.

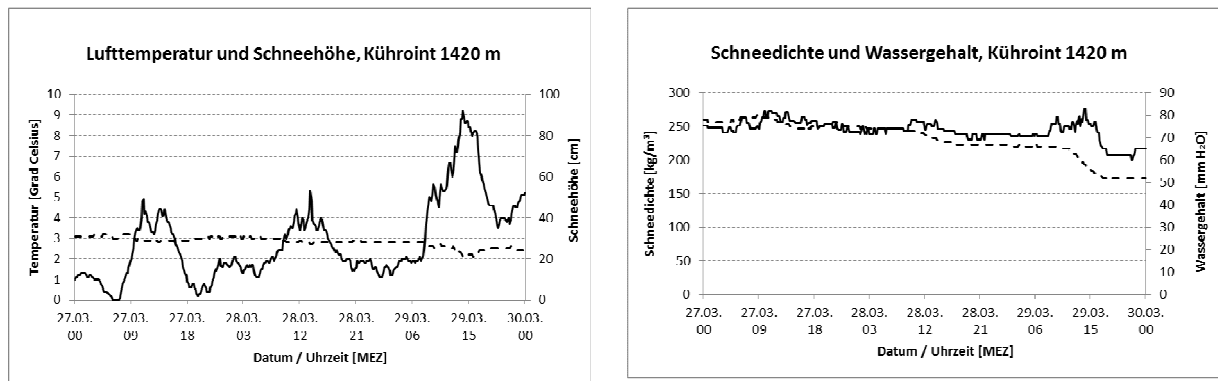


Fig. 5 Lufttemperatur (schwarze Linie) und Schneehöhe (gestrichelte Linie) sowie Schneedichte (schwarze Linie) und Wassergehalt (gestrichelte Linie) der Station Kühroint.

Fig. 5 Air temperature (black line) and snow depth (dashed line) (left figure) respectively snow density (dark line) and water equivalent of snow (dashed line) (right figure) at measuring station “Kühroint”.

Am **29.03.** gab es am Tag einen kräftigen Anstieg der Lufttemperatur. Am frühen Nachmittag sank plötzliche der Wassergehalt in der Schneedecke ab. Gleichzeitig folgte die Gesamtschneehöhe diesem Vorgang nur unbedeutend, deshalb kam es (messtechnisch) zu einem plötzlichen Abfall der Schneedichte (schwarze Linie in Fig. 5, rechts).

Daraus lässt sich schließen, dass die Schneedecke ab **29.03.** mittags kräftig an Wasser verloren hat (ca. 15 mm). Dies kann, weil die Gesamtschneehöhe den Verlust nicht in gleichem Maße dokumentiert, nur über die bodennahen Schichten erfolgt sein. Die Folge war eine erhöhte Lawinenaktivität. Es gab in dieser Phase zahlreiche Selbstauslösungen von nassen Grundlawinen.+

- **Beispiel 5: Anstieg der Lawinengefahr aufgrund intensiven Neuschnees, Februar 2005**

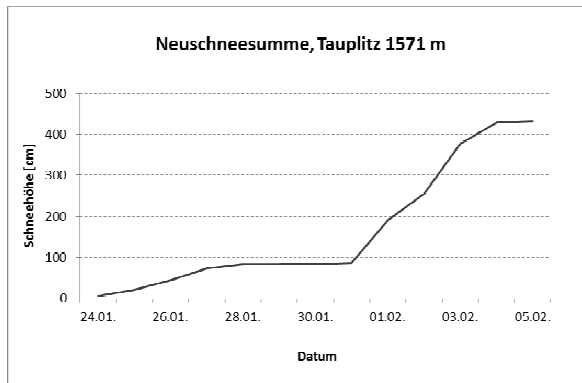
Im Februar 2005 wurden die nördlichen Regionen der Steiermark von massiven Schneefällen heimgesucht (siehe Tabelle 1). Wegen des großen Neuschneezuwachses wurde die Lawinengefahr ab dem 02.02. mit „sehr groß“ (Stufe 5) bewertet.

Tab. 1 Neuschneemessungen [cm] der Wetter- und Lawinmelder im Februar 2005

Tab. 1 Snow reports [cm] for several places in February 2005

Datum	Tauplitz	EisenerzerRamsau	Brunnalm
01.02.05	104	27	15
02.02.05	65	47	30
03.02.05	120	92	40
04.02.05	53	55	25
05.02.05	3	0	0
Summe	345	221	110

Wie aus Fig. 6 hervorgeht, wurden an der Lawinenstation Tauplitz innerhalb von 48 Stunden (**01.02.** – **02.02.**) bis zu 200 cm an Neuschnee verzeichnet. Bis zum **04.02.** sind in den Nordalpen noch einmal 150 cm an Neuschnee dazugekommen. Mit Hilfe der automatischen Schneepegel konnte größenordnungsmäßig die Schneemenge bewertet werden. Bei diesem Ereignis handelte es sich um ein Niederschlagsereignis mit sehr hoher Intensität, was zu einem Anstieg der Lawinengefahr geführt hat.



3.2.2005, 18 Uhr

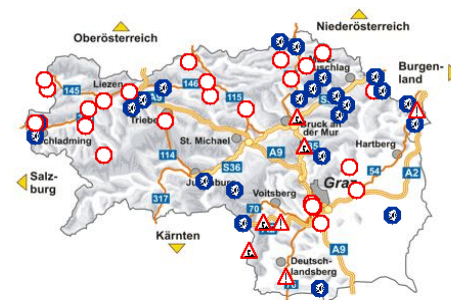


Fig. 6 Neuschneesumme der Station Tauplitz sowie Straßensperren aufgrund der Wetter- und Lawine-Verhältnisse am 03.02. um 18 Uhr (Quelle: ÖAMTC)

Fig. 6 Accumulated fresh snow at measuring station “Tauplitz“ (left figure) and roadblocks due to weather conditions and avalanche situation (right figure).

Ernest (1981) spricht bereits 1981 bei einem Neuschneezuwachs von 80 bis 120 cm je Niederschlagsperiode von “großer Lawinengefahr”. Am **03.02.** reagierten die Lawinenkommissionen in der Steiermark auf Grund der Datenlage und sperrten alle gefährdeten Straßen (Fig. 6 rechts). Zwischen **03.02.** und **05.02.** wurden in der Steiermark über 200 Lawinen registriert, welche die Infrastruktur erreicht haben. Verletzt wurde bei diesem Ereignis niemand, da hier rechtzeitig die Straßen gesperrt bzw. Gehöfte evakuiert wurden.

METEOROLOGISCHE DATEN ALS INSTRUMENT FÜR DIE TOURENPLANUNG?

Als letzter Punkt wird in diesem Beitrag die Frage gestellt, ob die Daten der meteorologischen Stationen auch für die Tourenplanung ein Hilfsmittel darstellen.

Eine vollständige Tourenplanung (Tourenziel, Gruppe, Wetter, Exposition, Hangsteilheit,...) ist in der heutigen Zeit nicht mehr wegzudenken und gehört für einen verantwortungsvollen Alpinisten zur Routine. Mit den meteorologischen Messdaten hat der Nutzer die Möglichkeit, sich vorab im warmen Kämmerlein Gedanken über die zu erwartenden Schneeverhältnisse bei seiner Tour zu machen. Er hat bereits im Vorfeld ein mögliches Bild von der Lawinensituation bzw. vom Schneedeckenaufbau im Kopf. Die große Herausforderung für den Tourengänger ist es nun, während der Tour das bei der Tourenplanung theoretisch gewonnene Bild mit den aktuell vorherrschenden Bedingungen im Gelände zu evaluieren. Damit muss sich der Alpinist vor und während der Tour noch intensiver mit der Lawinengefahr und den Verhältnissen vor Ort auseinandersetzen.

Die Methode der Interpretation der meteorologischen Daten in Kombination mit dem Prozessdenken ist damit ein weiteres kleines Puzzelstück in der Lawinenkunde und trägt damit zu einer sicheren Ausführung des Tourensportes bei.

DISKUSSION

Durch den konsequenten Ausbau der meteorologischen Stationen seit 1999 ist in Österreich und in Bayern nahezu ein Vollausbau des Messnetzes gelungen. Der Ausbau des meteorologischen alpinen Messnetzes brachte neue Informationsquellen für die diversen Bedarfsträger. Weil die Stationen im Gebirge auch sehr gut von den diversen Betreibern (z.B. Lawinenwarndienste) gewartet werden, haben die Messdaten eine ausgezeichnete Qualität. Mit den Messdaten können die Anwender Rückschlüsse auf den Schneedeckenaufbau bzw. auf die mögliche Bildung von Schwachschichten ziehen. Allerdings kann durch die Interpretation der meteorologischen Daten das Schneeprofil und das Feststellen von Gleitschichten in der Schneedecke durch Schneedeckentests nicht kompensiert werden. Meteorologische Daten sind jedoch zu einem unverzichtbaren Tool als weitere Unterstützung geworden. Dank hoher Rechenleistung ist die Modellierung diverser schneephysikalischer Prozesse möglich geworden. Mittlerweile sind für die Modellierung z.B. von Schneeverfrachtung oder Schneedeckenaufbau meteorologische Messwerte sehr bedeutsam. In den letzten Jahren wurde Software entwickelt, die den diversen Bedarfsträgern als Entscheidungshilfe zur Verfügung steht

(Fischer et al., 2012). In Zukunft ist zu erwarten, dass die Modellierung von Prozessen, die Lawinenbezug haben, weiter entwickelt wird. Die Modelle sowie die Evaluierung der Ergebnisse sind jedoch von Mess- bzw. Prognosedaten abhängig, daher wird das alpine meteorologische Messnetz weiter an Bedeutung gewinnen.

Aber auch für Alpinisten, die sich im freien, winterlichen Gelände bewegen, dienen die meteorologischen Daten als zusätzliches Hilfsmittel für eine sichere Durchführung ihrer Freizeitbeschäftigung. Dies erfordert aber eine laufende Auseinandersetzung mit den Mess- und Prognosedaten sowie deren Auswirkungen auf die Schneedecke.

LITERATUR

Ernest A. (1981). Wetter, Schnee und Lawinen, Stocker Verlag, Graz, 184 S.

Fischer P., Schneiderbauer S., Wurzer A., Studeregger A. (2012). Potentials and challenges of snowdrift simulation for avalanche warning, Interprävent Grenoble 2012, accepted for a long paper.

La Chapelle (1980). The fundamental process in conventional avalanche forecasting. Journal of Glaciology, Vol. 26 (94), 75 – 84 S.

Mc Clung D.M., Tweedy J. (1993). Characteristics of avalanching: Kootenay Pass, British Columbia. Journal of Glaciology, Vol. 39 (132), 316 – 322 S.

Munter W. (2003). 3x3 Lawinen Risikomanagement im Wintersport. Agentur Pohl und Schellhammer, Garmisch Partenkirchen, 223 S, 56 – 66 S.

Studeregger A. (2003). Die Signifikanz des amtlichen Lawinenlageberichtes im Spiegel der realen Schneeverhältnisse im Bereich der Planneralp (Steiermark), Universität Graz, Dissertation am Institut für Geographie und Raumforschung.

Zenke B. (2012). Strukturiertes Vorgehen in der Beurteilungstätigkeit örtlicher Lawinenkommissionen in Bayern. Interprävent Grenoble 2012, accepted for a longpaper.