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

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

Wie viele sind viele?

Ein Versuch die Gefahrenstufen zu quantifizieren

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

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

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

Charakteristiken der Gefahrenstufen

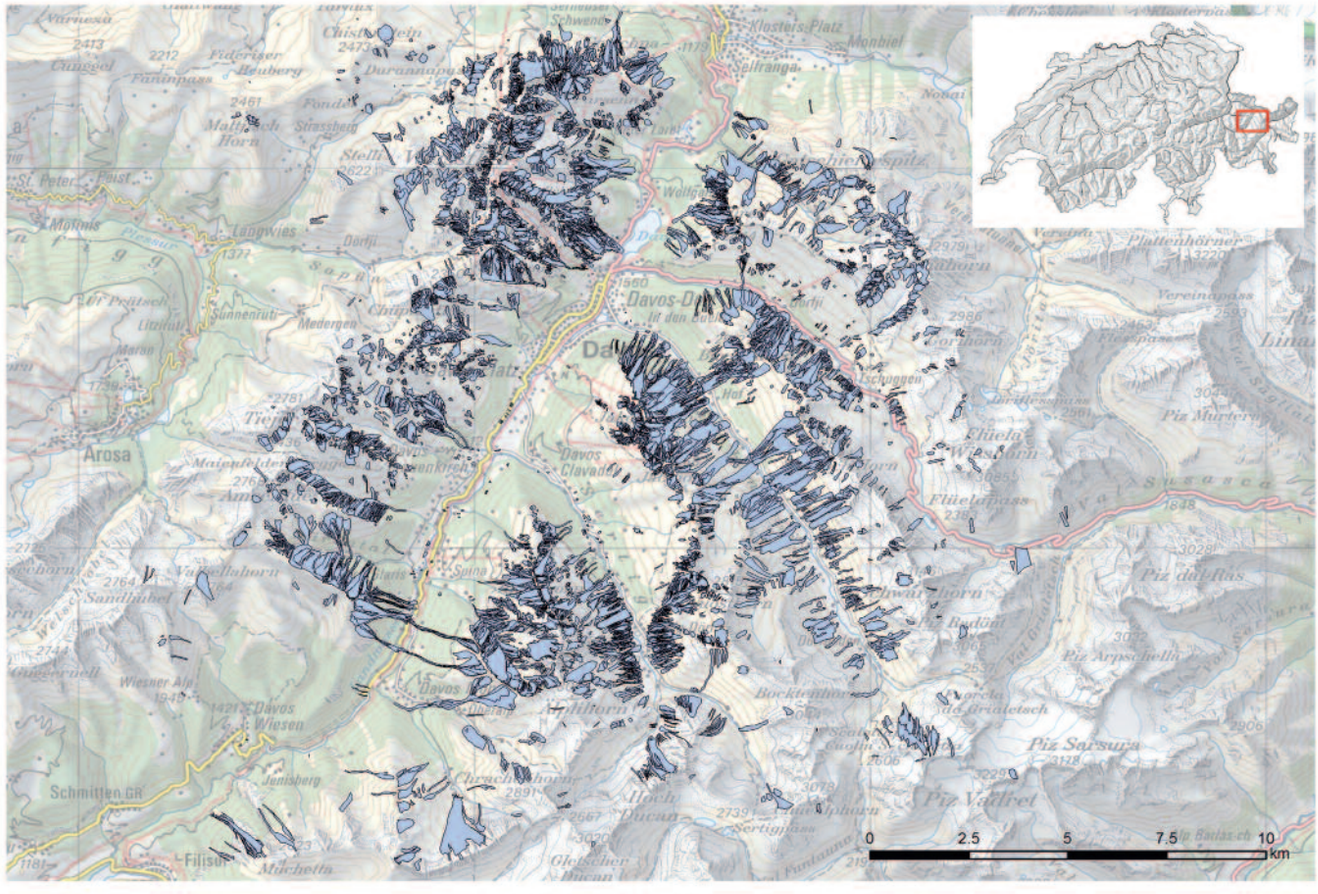
Die europäische Lawinengefahrenskala strotzt nur so von Begriffen wie „viele, einzelne, zahlreiche, fallweise, wahrscheinlich …“. Bei der Gefahrenstufe 4-gross heisst es insbesondere: „Fallweise sind spontan viele grosse, mehrfach auch sehr grosse Lawinen zu erwarten.“ Kurz gesagt, für einen Vierer braucht's spontane Lawinen und zwar viele. Zumindest verstehen die meisten Lawinenwarndienste das so, nur in Frankreich ist die Praxis eine andere (siehe den Artikel von Frank Techel in dieser Ausgabe, S. 40).
Was aber heisst viele? Lässt sich das quantifizieren – und wie gross sind diese Lawinen? Sind bei 4-gross auch die Mehrheit der Lawinen gross und sehr gross? „Sehr grosse Lawinen sind … bei Gefahrenstufe 4 und 5 typisch.“ heisst es bei den Erklärungen zu den Lawinengrössen, die im Übrigen ja auf den Winter 2018/19 neu benamst wurden (siehe den Text von Thomas Stucki in dieser Ausgabe, S. 46). Überhaupt, können wir die Gefahrenstufe besser quantifizieren? Gefragt sind Zahlen zur Auslösewahrscheinlichkeit, zur flächigen Verteilung der Gefahrenstellen und zur Art und Grösse von Lawinen.

Detaillierte Lawinenkartierung in der Region Davos

Vorerst fragen wir uns, wie viele Lawinen einer bestimmten Grösse treten typischerweise bei einer bestimmten Gefahrenstufe auf. Simpel eigentlich, und doch scheint es keine klaren Antworten zu geben. Zahlen fehlen – obwohl es durchaus Datensätze gibt, die da Antworten liefern könnten.
So wird seit vielen Jahren schon die Lawinenaktivität in der Region Davos detailliert aufgezeichnet. Tausende von Lawinen sind erfasst und mit ihren Umrissen in einem geografischen Informationssystem

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

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



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

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

1 12.427 Lawinen

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

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

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

Frank Techel arbeitet seit 2010 als Lawinenwarner am WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF in Davos. Davor arbeitete er u.a. in Skigebieten und für Straßenlawinendienste in der Schweiz und in Neuseeland.

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

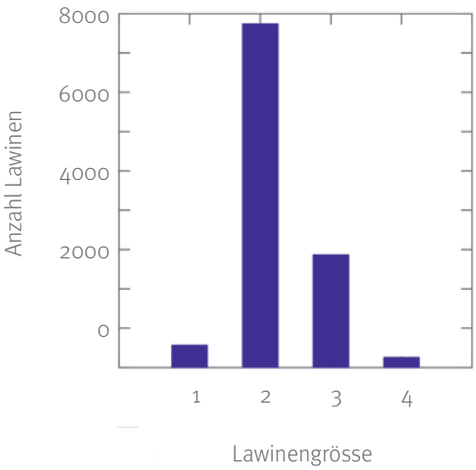
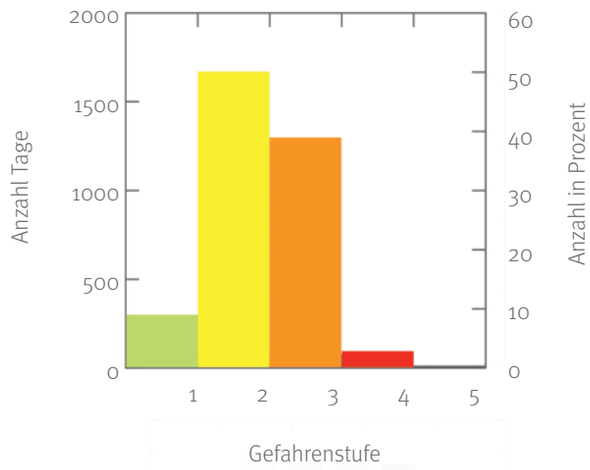


Abb. 3 Häufigkeit der prognostizierten regionalen Gefahrenstufe (1-gering bis 5-sehr gross) für die Region Davos an 3.332 Tagen der letzten 20 Jahre (1998/99 bis 2017/18). Am häufigsten - nämlich an rund 50 % der Tage - wurde die Gefahrenstufe 2-mässig prognostiziert. Die Korrekturen aufgrund der Qualitätskontrolle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



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

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

Jetzt kontrollieren wir noch grob die Qualität der Daten und machen einen Plausibilitätscheck. Wie oben erwähnt ist es ja möglich, dass entweder die Lawinenaktivität nicht dem richtigen Tage zugeordnet oder aber bei der Prognose die Spitze der Gefahr verpasst wurde. Beides hat zur Folge, dass Gefahrenstufe und Lawinenaktivität sozusagen nicht synchron sind. Bei hoher Lawinenaktivität und hoher Gefahrenstufe sollte dies aber einigermassen der Fall sein. In rund 100 Fällen traten tatsächlich Unstimmigkeiten auf, die wir für die nachfolgende Auswertung korrigierten.

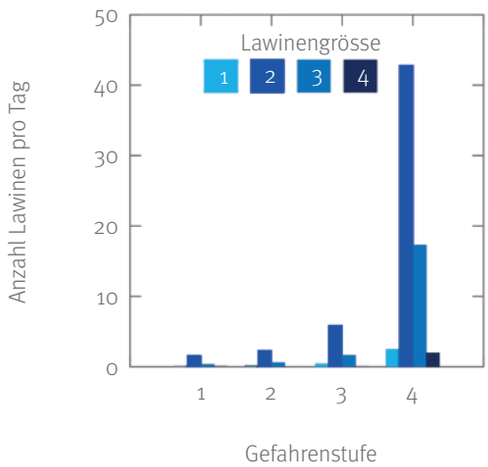
Immer etwa die gleichen Lawinengrössen

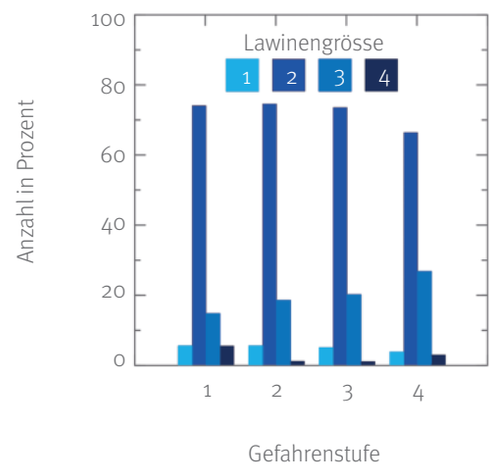
Dann die grosse Überraschung: Die relative Häufigkeit der Lawinengrössen ändert sich mit zunehmender Gefahrenstufe nur unwesentlich (Abb. 4).

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

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

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



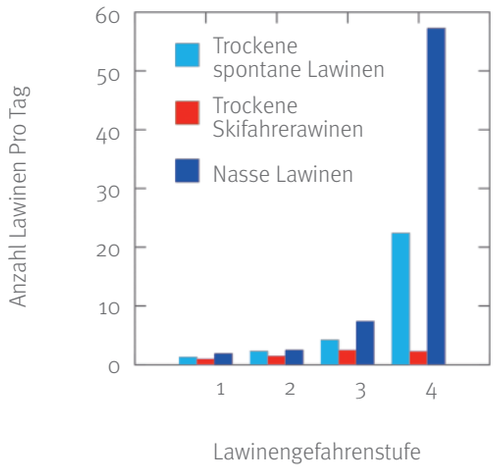


aber diese „sehr grossen“ Lawinen stellen immer noch eine ganz klare Minderheit dar. Am meisten hat es wie immer „mittlere“ Lawinen gefolgt von „grossen“. Diese Verteilung, d.h. die relative Häufigkeit der Lawinengrössen, ändert sich also je nach Gefahrenstufe nur wenig. Und zwar auch, wenn wir die Auswertung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

Mehr Nassschneelawinen

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

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



a Auslösewahrscheinlichkeit

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

Ist die Gefahrenstufe 1-gering und wir betrachten nur spontane trockene Lawinen, wurden nur an zwei von 100 Tagen überhaupt Lawinen beobachtet, was so viel wie „sehr unwahrscheinlich" bedeutet. Bei 2-mässig sind es sieben von 100, bei 3-erheblich 20 von 100 und bei 4-gross 60 von 100. Die Wahrscheinlichkeit für einen Lawinentag im Falle von spontanen trockenen Lawinen verdreifacht sich also in etwa von einer Gefahrenstufe zur nächsthöheren.
Genau genommen, bedeutet „keine Lawinen" ja nicht „niedrige Auslösewahrscheinlichkeit", denn vielleicht war einfach niemand in den Gefahrenbereichen unterwegs. Doch wenn wir die Anzahl der Lawinen nur für die Tage auszählen, an denen es Lawinen gab, stellen wir eine ähnlich ausgeprägte Zunahme fest. Bei 1-gering ist das in der Regel eine spontane trockene Lawine, bei 2-mässig zwei, bei 3-erheblich vier und bei 4-gross springt die Zahl der spontanen trockenen Lawinen auf 22.
Diese Zahlen zeigen deutlich die starke, nicht-lineare Zunahme der Auslösewahrscheinlichkeit von Gefahrenstufe zu Gefahrenstufe. Dabei ist der Sprung von 3-erheblich zu 4-gross deutlich markanter als von 2-mässig zu 3-erheblich.
Übrigens: bei den von Schneesportlern ausgelösten Lawinen nimmt die Häufigkeit von 3-erheblich zu 4-gross nicht zu – sondern ab. Der Lagebericht zeigt offensichtlich Wirkung. Immerhin!

v Verteilung der Gefahrenstellen

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

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

dien (siehe bergundsteigen #45), kennen wir die ungefähre Verteilung der Schneedeckenstabilität für die unteren drei Gefahrenstufen. Das bedeutet, an einem Tag mit Gefahrenstufe 3-erheblich gibt es in der Region, für welche die Gefahrenstufe gilt, und für die speziell ausgewiesenen Höhenlagen und Expositionen sowohl ungünstige wie auch eher günstige Geländeteile: etwa die Hälfte ist allerdings ungünstig.
Bei 2-mässig ist der Anteil der ungünstigen Geländeteile hingegen weniger als etwa 25 % und bei 1-gering gibt es kaum mehr Geländeteile, wo eine Lawinenauslösung möglich ist – mit anderen Worten, es ist klar, dass Lawinen nicht zu erwarten sind.

Fazit

Zusammenfassend kommen wir zum Schluss, dass sowohl die Anzahl der Lawinen, die Auslösewahrscheinlichkeit und die Anzahl der Gefahrenstellen von Gefahrenstufe zu Gefahrenstufe markant (nicht linear) zunehmen. Bei der Grösse der zu erwartenden Lawinen zeigt unsere Auswertung, dass auch bei den oberen Gefahrenstufen die Lawinen in der Mehrheit nicht „gross“ und „sehr gross“ sind, sondern dass „mittlere“ Lawinen am häufigsten beobachtet werden – und dies bei allen Gefahrenstufen. Natürlich nimmt die Anzahl der Lawinen von Gefahrenstufe zu Gefahrenstufe zu, und zwar am stärksten von 3-erheblich zu 4-gross.

Schließlich war auffällig, dass die nassen Lawinen sozusagen unterschätzt werden. Erwarten wir bei 3-erheblich (für trockene Lawinen) kaum spontane Lawinen, können im Frühjahr durchaus mehrere, auch einmal „grosse“ spontane Lawinen bei 3-erheblich abgehen – obwohl viele spontane Lawinen eigentlich ein typisches Merkmal der Gefahrenstufe 4-gross sind.
Und damit wären wir zurück bei „viele Lawinen“. Was bedeutet es also, wenn die Gefahrenstufe 4-gross herrscht? Wie viele Lawinen sind zu erwarten? Fünf oder Hunderte? Für eine typische Warnregion von einigen wenigen 100 km² erwarten wir rund 20 Lawinen – und wenn dabei nur ein oder zwei Lawinen bis ins Tal vorstossen, also mindestens „sehr gross“ sind, ist das völlig normal. Und ja, sich die Gefahrenskala vorzunehmen und eine Überarbeitung zu wagen, macht definitiv Sinn.

Fotos: Jürg Schweizer