

Typische Gefahrensituationen im Hochgebirge während der Sommersaison

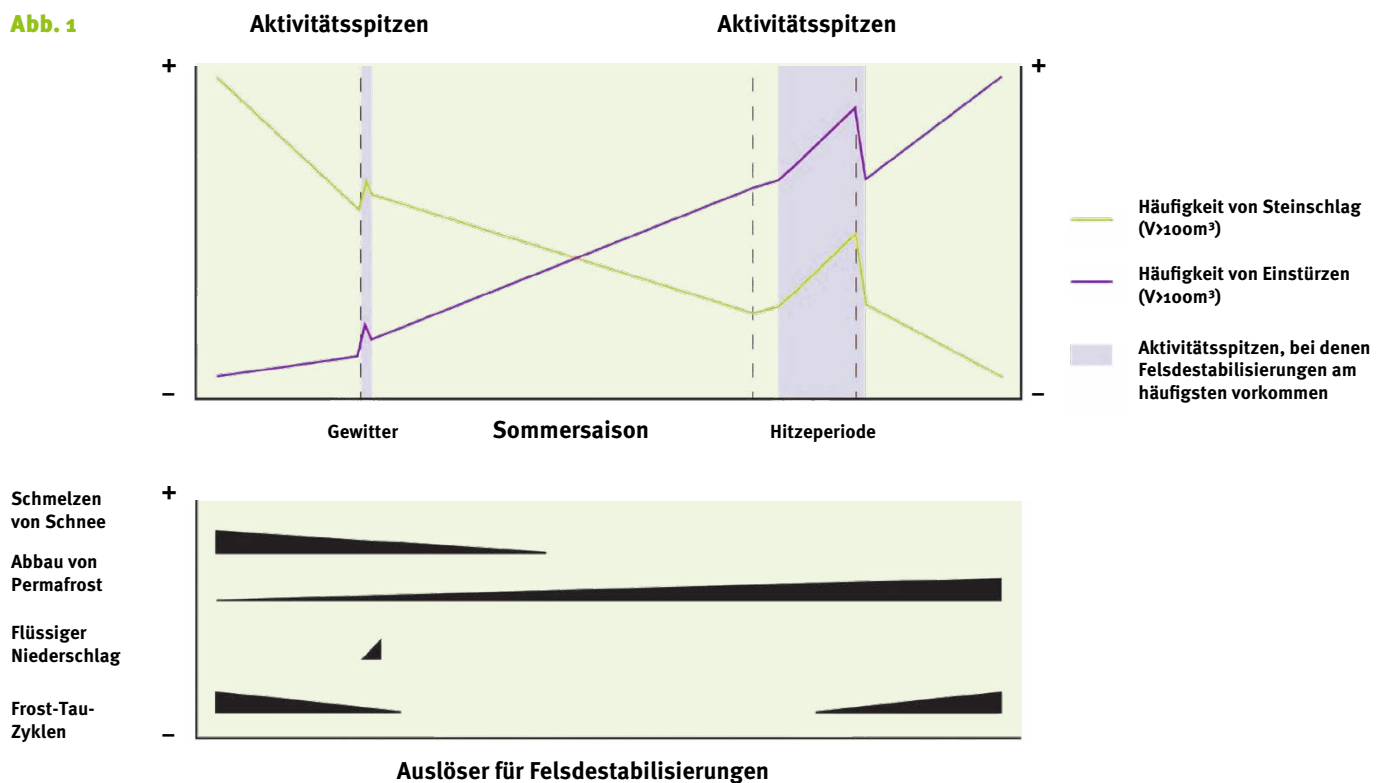
Folgende Gefahren beschäftigen uns im Hochgebirge seit jeher. Durch den Klimawandel kommt es allerdings zu einer Verschärfung der Situation. Womit wir es zu tun haben und worauf wir besonders achten sollten, erklärt Glaziologe und Bergführer Jérémie Gentizon vom Schweizer Bergführerverband.

Von Jérémie Gentizon



Gipfel des Mont Fort. Foto: C. Lambiel

Abb. 1



Steinschlag

Was?

Kleine Felsabbrüche ($V < 100 \text{ m}^3$) wie Steinschlag, die punktuell in zufälligen Bereichen oder häufig in bestimmten Sektoren auftreten, z. B. im Goûter-Couloir auf der Normalroute des Mont-Blanc.

Wo?

Hauptsächlich in Rinnen oder Verschneidungen, in denen die Erosionsprozesse konzentriert sind. Auslösung in Bereichen mit besonders zerklüftetem Gestein, die vor Kurzem Schnee- oder eisfrei wurden, wie z. B. der Gipfelbereich des Matterhorns nach der Ausaperung.

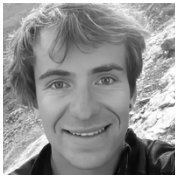
Wann?

Saisonale Skala

Destabilisierung von Felsen treten den ganzen Sommer über auf mit Perioden erhöhter Häufigkeit:

I Saisonbeginn. Schneeschmelze, Auftauen des Geländes und nach starken Niederschlägen.

Abb. 1 Die Häufigkeit von Steinschlag ($V < 100 \text{ m}^3$) und Felsstürzen ($V > 100 \text{ m}^3$) variiert je nach Jahreszeit und Auslöser. Perioden nach Regenfällen und Hitzewellen werden als Aktivitätsspitzen identifiziert. Im Laufe des Sommers nimmt die Häufigkeit von Steinschlag aufgrund der geringeren Schneeschmelze und der selteneren Frost-Tau-Zyklen tendenziell ab. Punktuelle Anstiege sind jedoch nach dem Eindringen von viel flüssigem Wasser zu beobachten, insbesondere ausgelöst durch Gewitter und sehr starke Niederschläge oder während Hitzeperioden. Im Gegensatz dazu nimmt die Häufigkeit von Felsstürzen im Laufe der Sommersaison allmählich zu, was mit einem zunehmenden Auftauen des Permafrosts in der Tiefe zusammenhängt. Quelle: J. Mourey



Jérémie Gentizon, Glaziologe und Bergführer, widmet sich der Permafrostforschung und den Folgen des Klimawandels im Alpenraum.

Abb. 2

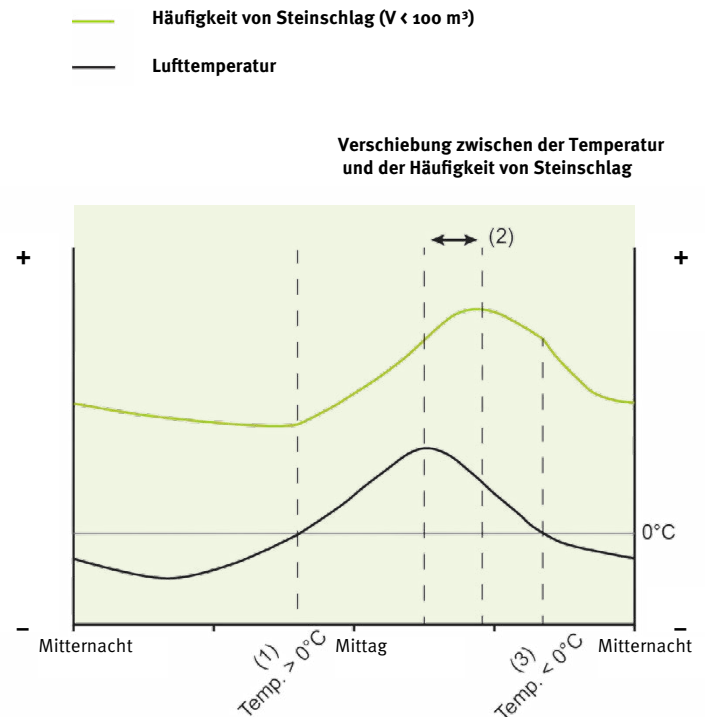


Abb. 2 Die Häufigkeit von Steinschlag ($V < 100 \text{ m}^3$) schwankt im Laufe des Tages in drei Schlüsselmomenten:

- Wenn die Lufttemperatur über 0°C steigt oder ein Hang der Sonneneinstrahlung ausgesetzt wird, kommt es häufiger zu Steinschlag.
- Die höchste Steinschlagaktivität wird nach der heißesten Zeit des Tages erreicht.
- Wenn die Lufttemperatur wieder unter 0°C fällt, nimmt die Steinschlagaktivität schnell ab.

Quelle: J. Mourey

■ **Wenn viel flüssiges Wasser vorhanden ist.** Begünstigt Instabilitäten.

■ **Anfang und Ende der Saison.** Tägliche intensive Frost-Tau-Zyklen. Hitzeperioden: beschleunigte Schnee- und Gletscherschmelze sowie Auftauen von Permafrost.

■ **Saisonende.** Größere Instabilitäten aufgrund des tiefgreifenden Auftauens des Permafrostbodens.

Tagesskala

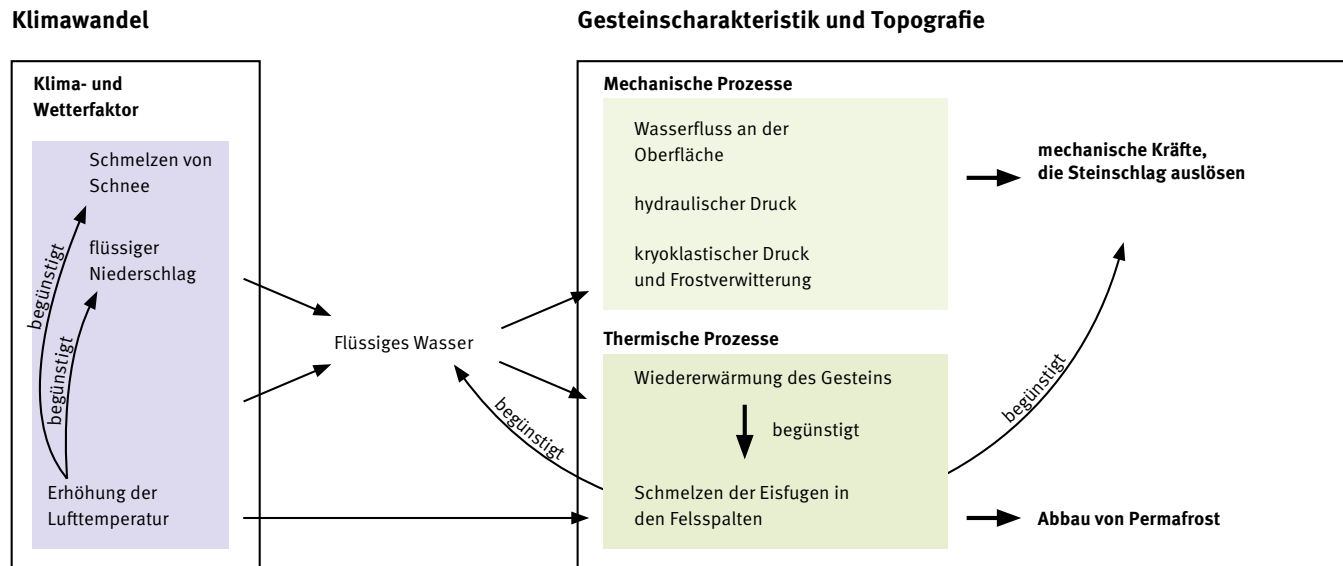
Die Destabilisierung von Felsen nimmt in den heißesten Stunden des Tages zu, insbesondere wenn der Hang der Sonnenstrahlung ausgesetzt ist:

■ **Kritischer Schwellenwert.** Beginn der Steinschlagaktivität, wenn die Lufttemperatur über 0°C steigt. Die höchste Frequenz wird 1–3 Stunden nach der Tageshöchsttemperatur erreicht.

■ **Reduktion.** Die Frequenz sinkt, wenn die Temperatur wieder unter 0°C fällt.

■ **Minimaler Zeitpunkt.** Die Steinschlagaktivität ist kurz nach dem Erreichen der minimalen Tagestemperatur am geringsten.

Abb. 3



Warum?

Das Abfließen von Wasser an der Oberfläche führt zu mechanischen Destabilisierungen. Flüssiges Wasser erhöht den hydraulischen Druck in den Rissen und begünstigt den Abbau des Permafrosts. Frost-Tau-Zyklen erzeugen beim Gefrieren einen erhöhten Druck in den Rissen, was zu einem Zerbersten des Gesteins führt. In frisch ausgeaperten Zonen folgt das lose Material der Schwerkraft.

Risikomanagement

Hinweise im Gelände

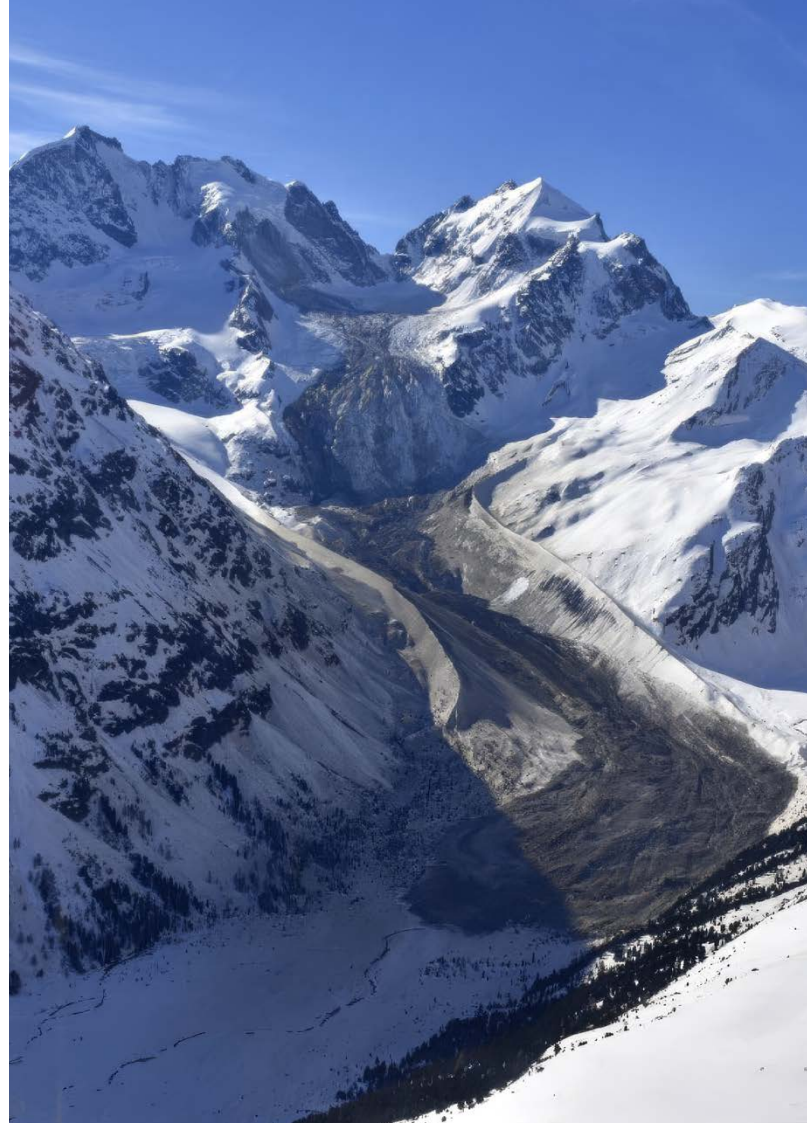
Knacken/Knirschen der Felswand, Kies/Sand bröselt aus den Rissen, abnormaler Wasserabfluss in Rissen oder Wasseraustritt am Wandfuß, allmähliche oder plötzliche Öffnung von Rissen, Zunahme der Häufigkeit von Steinschlag in klassisch verschonten Gebieten. Erste Hitzewelle im späten Frühjahr. Starke Erwärmung nach Schneefällen.

Verhaltenstipps

Betroffene Gebiete meiden, Zeitpläne anpassen, auf die Wassermenge im Gelände achten.

Abb. 3 Zusammenhänge zwischen klimatischen und meteorologischen Faktoren sowie thermischen und mechanischen Prozessen, die Felsinstabilität auslösen können. Quelle: J. Mourey

Abb. 4 Tonnen von Trümmern liegen nun auf dem Tschierva-Gletscher herum. Eine riesige Fels- und Eislawine stürzte am Sonntag (14. April 2024) die Westseite des Piz Scerscen hinab. Dieser 3.970 m hohe Berg befindet sich an der Grenze zwischen der Schweiz und Italien in den Ostalpen (Bernina-Massiv). Der Bergsturz von seltenem Ausmaß löste sich auf etwa 3.600 m und betrifft fast 5 Millionen Kubikmeter Fels und Eis. Mehrere Hochgebirgsrouten und Hüttenzugänge sind betroffen. Foto: Keystone SDA, Polizei Graubünden, 2024



Felssturz

Was?

Dabei handelt es sich um den gleichzeitigen Abbruch großer Felsmassen, bei dem Volumen von mehr als 100 m³ mobilisiert und Geschwindigkeiten von mehr als 40 m/s (145 km/h) erreicht werden. Die bewegten Materialien interagieren intensiv miteinander, wobei sie Gesteinsmehl produzieren oder, je nach Kinetik, teilweise schmelzen. Diese Abbrüche können sich selbst bei geringer Hangneigung über mehrere Kilometer erstrecken. In den Bergen können die angesammelten Gesteinsmassen Dämme in Bächen und Flüssen bilden, was die Gefahr von Murgängen erhöht, die das Material mit sich führen und große Schäden anrichten können.

Wo?

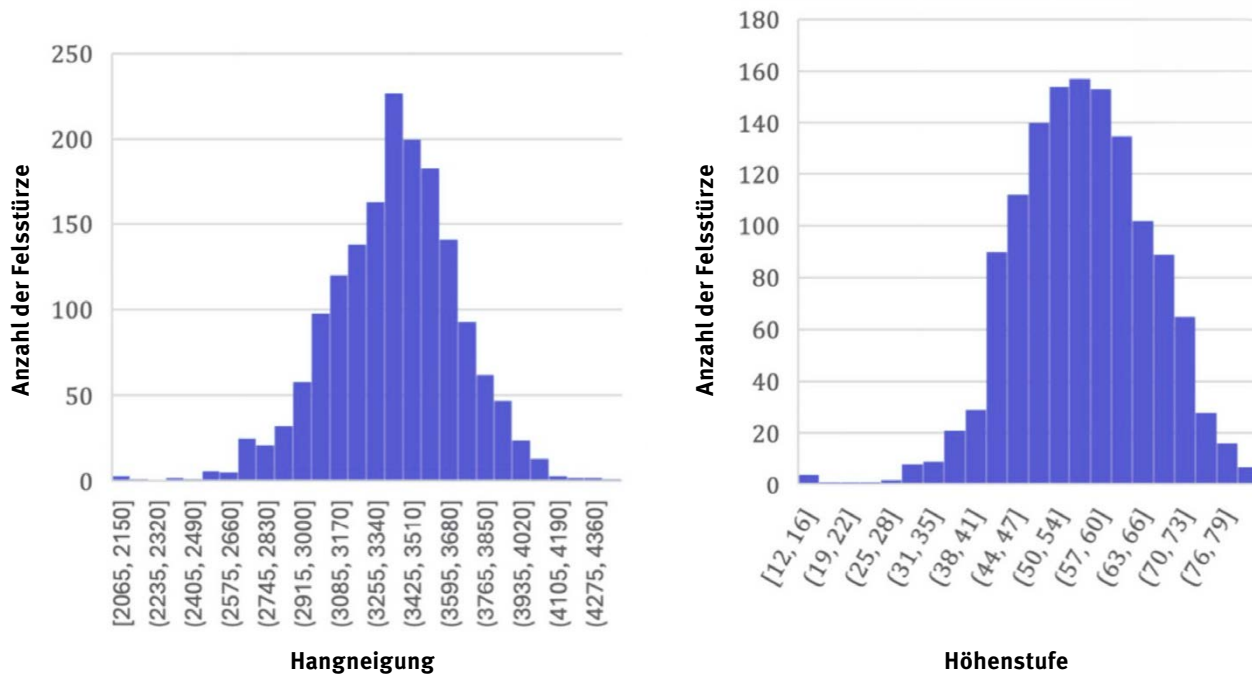
Die meisten Abbrüche konzentrieren sich auf Gebiete mit stark zerklüftetem Fels, auf Hänge von 40° bis 60° und auf Höhen zwischen 3000 und 4000 m mit einem durchschnittlichen Auftreten in 3320 m Höhe. Mit dem Klimawandel treten diese Phänomene in immer höheren Lagen auf, besonders ausgeprägt in heißen Jahren und Hitzeperioden. Die Nordhänge werden von Sommer zu Sommer empfindlicher.

Im Gegensatz zu den Südhängen, wo hohe Temperaturen bereits zu einer stetigen Degradation des Permafrosts geführt haben, werden in Nordhängen nun noch nie dagewesene Temperaturen erreicht, was zum Schmelzen von altem Eis und zur Freisetzung von bislang stabilisiertem Material führt.

Wann?

Die Destabilisierung kleinerer Felsvolumen (Busgröße) kann den ganzen Sommer über auftreten, wobei sie während der Hitzeperioden häufiger vorkommt. Seltenerere Ereignisse größeren Ausmaßes (Größe eines Hochhauses) ereignen sich meist im Spätsommer oder Herbst, wenn die sommerliche Hitzewelle den Permafrost in der Tiefe abgebaut hat. Abbrüche werden auch während oder nach flüssigen Niederschlägen ausgelöst, da das Eindringen von Wasser in die Risse den Abbau des Permafrosts beschleunigt. Je weiter man sich vom Hochsommer entfernt, desto seltener treten diese Ereignisse auf, aber ihr Ausmaß nimmt zu. Beispiel: Piz Scerscen, 14.4.24, V > 1 Million m³.

Abb. 5



Warum?

Die meisten Felsstürze werden durch das Tauen von Permafrost verursacht. Vor allem während Hitzeperioden im Sommer verliert das Eis in den Felsspalten an Festigkeit oder schmilzt sogar vollständig. Dies führt zur Destabilisierung von Felspartien die vom Eis zusammengehalten wurden.

Risikomanagement

Hinweise im Gelände

- Knacken oder Knirschen, das von Felswänden ausgeht.
- Kies oder Sand tritt aus den Rissen.
- Abnormaler Wasseraustritt aus Ritzen (Geräusche ähnlich einem „Magengeräusch“) und Wasseraustritt am Wandfuß.
- Allmähliches oder plötzliches Öffnen von Rissen.
- Zunahme von Steinschlag in sonst stabilen Gebieten.

Verhaltenstipps

- Meiden Sie während und nach Hitzeperioden diese Bereiche.
- Bevorzugen Sie den Besuch der von der Permafrostdegradation betroffenen Gebiete zu Beginn der Sommersaison vor den großen Hitzewellen.

Abb. 5 Verteilung von Felsstürzen in Abhängigkeit von Höhe und Neigung. Die meisten Ereignisse ereignen sich zwischen 3250 und 3500 m und in Hanglagen zwischen 50° und 60°. Quelle: Jean, 2023



Abb. 6 Linke Seitenmoräne des Mont-Miné-Gletschers. In Fließrichtung ändert sich die Moräne von kürzlich enteist zu steil, schluchtartig. Durch den Prozess der Erosion über Steinschlag, Erdrutsche und Schuttströme (braune Pfeile) wird sie dann zu einer weniger steilen Moräne. Am Ende erreicht man eine stabile, bewachsene Moräne (ca. 150 Jahre seit der Entgletscherung). Foto/Illustration: J. Gentizon

Erosion von Moränen

Was?

Durch den Rückzug der Gletscher werden die Moränen freigelegt und erodieren, was zu Steinschlag, Schuttströmen (kleine Murgänge) und Erdrutschen führt. Anfänglich führt diese Erosion dazu, dass die Moränen steiler werden (Neigungen bis zu 60° – 70°). Nach mehreren Jahrzehnten erreichen sie jedoch ein Gleichgewicht mit Neigungen von 35° und werden langsam von Vegetation bedeckt.

Wo?

Die Phänomene treten bereits im Gletschervorfeld auf und können bis hinauf zur Gletschergleichgewichtslinie (ca. 3000 m ü. d. M.) reichen, die die Grenze zwischen dem im Sommer schneebedeckten oberen Teil und dem unteren Teil aus Eis markiert. Beispiele: Aufstieg zur Dent-Blanche-Hütte, Monte-Rosa-Hütte u. a.

Abb. 7 Die Erosion der Moräne wirkt sich allmählich auf den Pfad aus, der der Gefahr von Erdrutschen ausgesetzt ist.

Foto: C. Lambivl



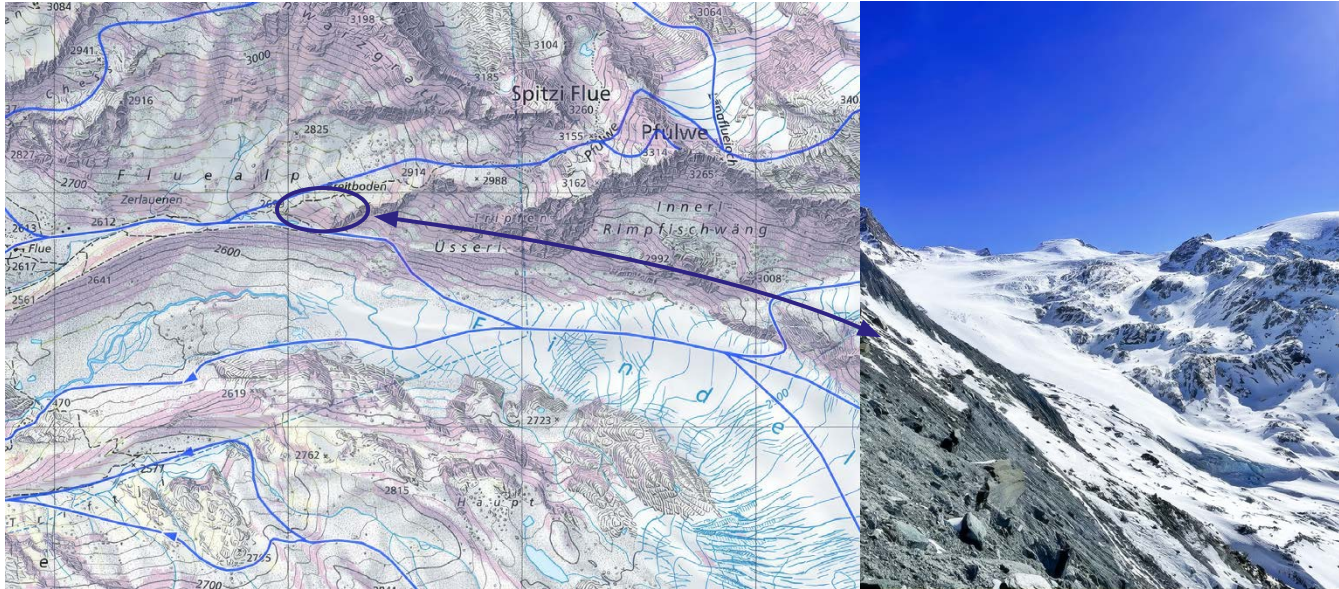


Abb. 8 Moräne zum Findelengletscher auf der Karte und im Gelände. Die Route zum Findelengletscher, die auf der Karte mit einer blauen Linie markiert ist, ist nicht mehr begehbar. Die Moräne, durch die man gehen müsste, ist zu steil und zu instabil geworden, um sich dort problemlos und sicher zu bewegen. Foto/Illustration: J. Gentizon/Swisstopo

Wann?

Saisonale Skala

- I Frühling.** Während der Schneeschmelze oder während der häufigsten und intensivsten Frost-Tau-Wechsel.
- I Nach flüssigem Niederschlag.** Bis zu ein oder zwei Tage nach starken Regenfällen, wie sie bei Gewittern vorkommen.
- I Allgemein.** Wenn die Menge an flüssigem Wasser im Boden am größten ist.

Tagesskala

- I Tagestauwetter.** Wenn die Moräne im Laufe des Tages auftaut, je nach Ausrichtung.
- I Bergsteiger.** Die losen Moränen werden von Bergsteigern leicht destabilisiert, was zu Stein- und Blockschlag führen kann.

Warum?

Moränen sind anfangs sehr lose und erodieren schnell, sobald sie durch den Rückzug des Gletschers freigelegt werden.

- I Wasserabfluss.** Oberflächenwasser kann mechanisch Steinschlag und Schuttströme verursachen.

- I Herkunft des flüssigen Wassers.** Es entsteht durch das Schmelzen der Schneedecke oder durch Niederschläge und erhöht das Risiko von Erdrutschen.
- I Frost-Tau-Zyklen.** Fördern die Lockerung und das Herabfallen von Felsblöcken.

Risikomanagement

Hinweise im Gelände

- I Eine steile, von Rinnen durchzogene Moräne** deutet auf eine fortschreitende Erosion hin.
- I Vorhandensein von Ablagerungen von Erdrutschen, Schuttströmen oder Steinschlag** am Fuß der Moräne.

Verhaltenstipps

- I Meiden Sie steile oder von Rinnen durchzogene Moränen,** vor allem während der Schneeschmelze im Frühling oder nach Regenfällen.
- I Gehen Sie nicht auf den Kämme** oder am Fuß erodierender Moränen.
- I Kartierte Routen,** die über Moränen führen, seien es Bergsteigerrouen oder Hüttenzugänge, sind möglicherweise nicht mehr sicher und sollten mit Vorsicht begangen werden.

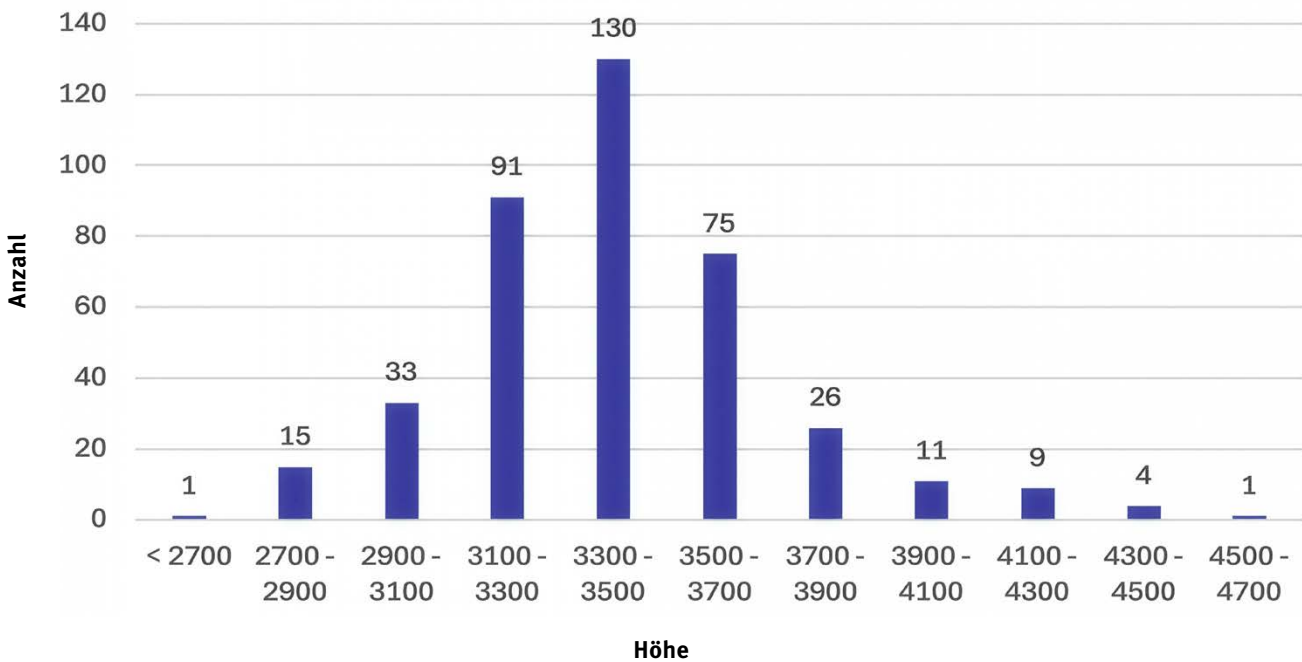


Abb. 9 Höhe der Gletscher und Firnfelder im Mont-Blanc-Massiv. Sie sind zwischen 2700 und 4700 m verteilt. Die Mehrheit davon liegt zwischen 3300 und 3500 m. Quelle: Kaushik G al., 2022

Schnee- & Gletscherschmelze

Was?

Die ehemals schneebedeckten Eismassen apert immer früher aus, werden steiler und sind Steinschlägen aus Gebieten, die vor kurzer Zeit eisfrei wurden, ausgesetzt. Die Bergschründe sind offen und Spalten können sich schnell öffnen und manchmal eine ganze Wand durchziehen, wie im oberen Teil der Nordwand der Pointes du Mouri beobachtet wurde. Massive Destabilisierungen von Wandgletschern konnten in den Alpen bereits beobachtet werden, in den kommenden Sommern konnten ähnliche Ereignisse wie am Marmolada-Gletscher (Dolomiten) eintreten. Beispiele: Nordwand des Obergabelhorns, Nordwand der Lenzspitze, Nordwand der Pointes du Mouri.

Wo?

Hauptsächlich an Hängen von NW, N, NE. Oberhalb von 3100 m. Die meisten Hänge haben eine Neigung zwischen 53° und 65°, die steilsten sogar bis zu 80°.

Wann?

- Während oder nach Hitzeperioden.
- Am Ende der Sommersaison
- Sehr starke Niederschläge können ebenfalls eine Rolle spielen, indem sie in Spalten zwischen den Seracs an der Basis der Gletscher- und Schneedecken einsickern und so den Druck im Inneren des Gletschers ansteigen lassen.

Warum?

Steigende Temperaturen führen dazu, dass zunächst der Oberflächenschnee und dann das Gletschereis schmilzt. Der Abbau des Permafrosts führt zu einer höheren Temperatur des Gesteins und fördert so das basale Schmelzen.

Risikomanagement

Hinweise im Gelände

- Felsaufschlüsse in Firn- und Eiswänden.
- Spuren von Steinschlag auf dem Schnee, Firn oder Eis sowie auch am Wandfuß.



Abb. 10 Hängegletscher an der NW-Wand der Pointes du Mourti. Foto: J. Gentizon

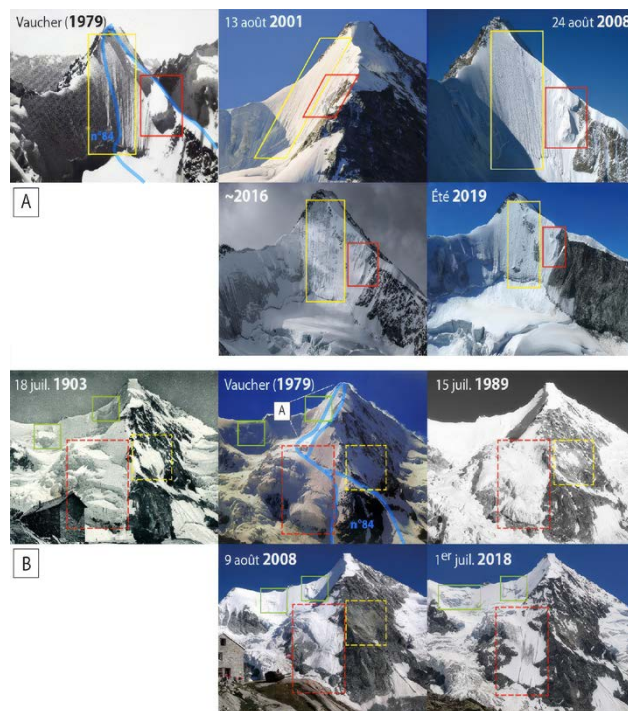


Abb. 11 Schnelles Ausapern von Fels in der Nordwand des Obergabelhorns. Quelle: Ravel und Mourey

- Wasser fließt mit großer Geschwindigkeit an der Basis eines Wandgletschers ab.
- Eine große Spalte, die sich sehr schnell an einer neuen Stelle geöffnet hat oder auch Vergrößerung einer bereits bestehenden Gletscherspalte.

Verhaltenstipps

- Begehen Sie Routen, die über steilere Gletscher und Firnfelder führen vor allem zu Beginn der Saison, wenn die Ausapernung noch nicht fortgeschritten ist.
- Vermeiden Sie Hitzeperioden.
- Behalten Sie ein kritisches Auge gegenüber den Schwierigkeitsangaben in der Führerliteratur.
- Seien Sie sich bewusst, dass es sich um ein sehr dynamisches Umfeld handelt, das sich von Jahr zu Jahr oder sogar während der Saison ändert.

Gletscher, Firnfelder und Hängegletscher sind trotz ihrer geringen Größe in den Landschaften der alpinen Hochgebirge allgegenwärtig, doch in den letzten Jahren ist ihre Fläche stark zurückgegangen. In einigen Fällen kann ihr Verschwinden abrupt erfolgen, wenn sich der Gletscher spontan von der Wand löst.

Ravel (2021) schlägt vor, die Gletscher, die die Hochgebirgswände bedecken, in drei verschiedene Kategorien zu unterteilen:

Bewegliche Hanggletscher

Der bewegliche Hanggletscher bewegt sich – er fließt durch die Schwerkraft – und speist einen Kar- oder Talgletscher. Er fließt an einer Wand entlang und verbindet einen Kar- oder Talgletscher.

Die Hängegletscher

Hängegletscher sind voluminös genug, um an der Wand entlangzufließen. Sie sind durch eine ausgeprägte Front von Seracs gekennzeichnet, die das Ende der Struktur markiert. Sie sind nicht mit einem Kar- oder Talgletscher verbunden.

Firnfelder

Dabei handelt es sich um Eis-Schnee-Decken, die nicht dick genug sind, um an den Wänden entlangzufließen. Sie sind also unbeweglich, wachsen oder schrumpfen durch Akkumulation von Schnee oder durch Abtragung. Sie befinden sich oft an der Oberkante eines Hängegletschers.

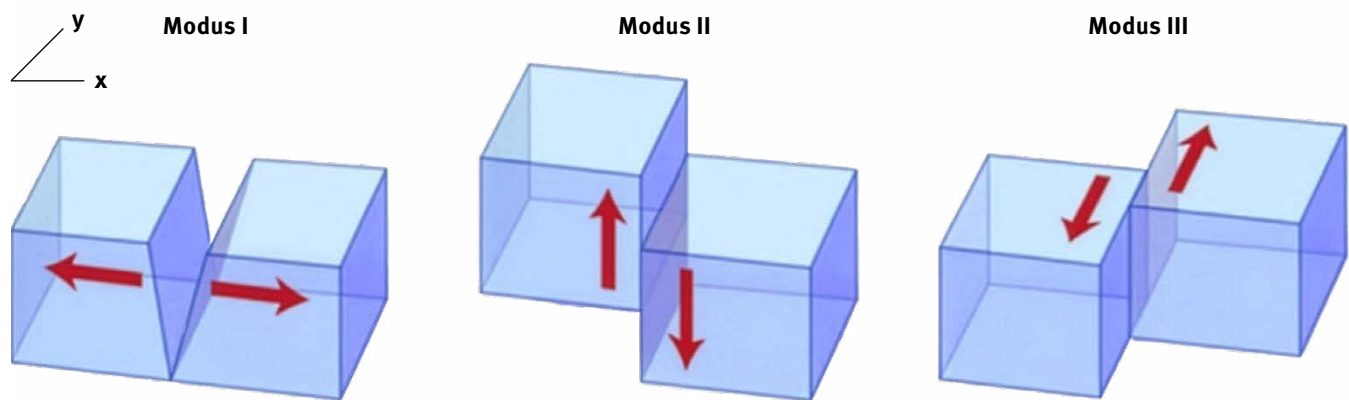


Abb. 12 Die drei Modi der Spaltenöffnung in Abhängigkeit von der Bewegung des Gletschers.
Modus 1: Öffnung. Modus 2: Scherung. Modus 3: Reißen. Die Modi 1 und 3 treten oft zeitgleich auf.

Quelle: Colgan G. et al., 2016

Schnelles Öffnen von Gletscherspalten und erhöhte Anfälligkeit von Schneebrücken

Was?

An der Oberfläche der Gletscher entstehen neue Spalten und die Stabilität der Schneebrücken nimmt ab.

Wo?

Im Allgemeinen befinden sich Gletscherspalten an den Rändern von Gletschern (seitliche Spalten), oberhalb von Geländeabbrüchen (Querspalten) und an der oberen Grenze des Gletschers (Bergschründe). Schneebrücken gibt es in Bereichen, in denen Schnee auf dem Gletscher liegt (im Sommer über 3100 m Höhe).

Wann?

Saisonale Skala

- Im Verlaufe des Sommers schreitet die Ausaperung der Gletscher voran. Die Spalten werden frei und die Schneebrücken werden dünner.
- Im Frühsommer, während der Schneeschmelze, verlieren die Schneebrücken an Stabilität und Spalten werden sichtbar.

- Das Ausbleiben der nächtlichen Abkühlung verstärkt die Schwächung der Schneebrücken.
- Kritische Periode: während der heißesten Perioden.

Tagesskala

- Die Schneebrücken sind am Ende des Tages schwächer, da die Schneedecke durch die Wärme weicher wird.

Warum?

Das Schmelzen eines Gletschers kann zu einer Veränderung seiner Morphologie und zur Bildung neuer Gletscherspalten führen. Weniger Schnee auf der Gletscheroberfläche bedeutet, dass die Spalten weniger vom Schnee aufgefüllt werden und die Schneebrücken dünner und damit instabiler werden.

Risikomanagement

Hinweise im Gelände

Es ist nicht immer möglich, Schneebrücken zu erkennen. In manchen Fällen kann man eine leichte Vertiefung oder einen Unterschied in der Farbe oder Textur des Schnees erkennen.



Verhaltenstipps

Vorsicht während Hitzeperioden oder Zeiträumen ohne nächtliche Abstrahlung, Vermeidung von Bereichen mit konvexer Gletscheroberfläche.

I Windeffekt. Wind parallel zu einer Spalte fördert deren Auffüllung, Wind quer zur Spalte begünstigt die Bildung einer Schneebrücke.

I Spontane Brüche. Schneebrückenbrüche sind selten.

I Tiefe der Gletscherspalten. Gewöhnlich bis zu 30 m, unter bestimmten Bedingungen aber auch bis zu 50 m.

I Isolierte Gletscherspalten. Tiefer als in Spaltenzonen.

I Ablations- und Akkumulationszonen. In Ablationszonen begünstigt die geringere Eisdichte tiefe Gletscherspalten. Im Akkumulationsgebiet begrenzt das dichtere Eis die Tiefe der Spalten.

I Eisverformung. Je kälter das Eis ist, desto weniger Verformung toleriert es, was die Bildung von Spalten begünstigt. Umgekehrt ist temperiertes Eis verformbarer, ohne zu brechen.

I Spaltenöffnung. Entstehende Gletscherspalten, oft an konvexen Hängen, erhöhen das Risiko, dass Schneebrücken brechen.

I Ausbreitung von Gletscherspalten. Sie öffnen sich in einer Tiefe von 15 bis 30 m, bevor sie die Oberfläche erreichen.

Abb. 13 Die Gletscherspalte öffnete sich auf 3507 m Höhe an den Pointes du Mourti (VS) sehr schnell. Solche Prozesse wurden in den letzten Jahren in den Alpen häufiger beobachtet. Eine Hypothese besagt, dass der Gletscher in großen Höhen aufgrund der extremen Minustemperaturen am felsigen Untergrund angefroren ist. In geringeren Höhen führen Temperaturen nahe dem Schmelzpunkt dazu, dass sowohl an der Oberfläche als auch an der Basis temperiertes Eis vorhanden ist, das ein Gleiten unter dem Einfluss der Schwerkraft begünstigt. Im Übergangsbereich zwischen dem kalten, am Untergrund angefrorenen Eis und dem temperierten, vom Fels gelösten Eis bilden sich rasch Gletscherspalten. Dieses Phänomen wurde zwischen Juni und September 2022 beobachtet. Foto: J. Gentizon

Dieser Text basiert auf dem Nachschlagewerk „Typische Gefahrensituationen im Sommer im alpinen Hochgebirge“, das von Jacques Mourey, Mathis Arnaud und Xavier Cailhol im Rahmen des Programms „Regard d'Altitude“ verfasst wurde, das vom „Pôle Alpin des Risques Naturels“ und dem „Syndicat National des guides de montagne“ geleitet wird. Der Text wurde mit Beispielen aus den Schweizer Alpen ergänzt. ■