Klimawandelfolgen für Hütten und Wege

Neue Einfachheit

Weil's schwieriger wird, wird's künftig einfacher: Was auf den ersten Blick paradox klingt, könnte in den hochalpinen Arbeitsgebieten des Alpenvereins ein zukunftsweisender Ansatz sein, den Problemen infolge des Klimawandels zu begegnen.

Text: **Robert Kolbitsch**

„Im Zuge der Sanierung wurden bei uns die Duschen rückgebaut. Ein großer Vorteil, so haben wir genügend Trinkwasser."

Kemptner Hütte (1844 m, Allgäuer Alpen)

Gabi Braxmair, Hüttenwirtin

Steinschläge, Starkregen mit Murenabgängen, Gletscherrückgang und Wassermangel: Vielen Alpenvereinshütten und -wegen geht das im wahrsten Sinne an die Substanz. Starke Regenfälle greifen die Hüttenfundamente an, andererseits wird durch Schneemangel im Winter und lange Trockenperioden im Sommer das Wasser knapp. Dachwasser sammeln, größere Rohwasserspeicher, Sparармaturen und der Appell zum Wassersparen sind erste kleinere Schritte. Darüber hinaus müssen wir Vorsorge treffen, indem wir zum Beispiel Trockentoiletten einbauen – Wasserspülungen haben einen immensen Trinkwasserverbrauch – oder auch Duschen abschaffen. Ist das Wasser knapp, funktionieren Kleinwasserkraftwerke zur Stromgewinnung nur eingeschränkt und wir haben damit auf Hütten auch ein Energieversorgungsproblem. Folgen können weniger Gerichte auf den Speisekarten sein oder dass Gäste ihre Handys nicht mehr so selbstverständlich aufladen können.

Auch beim Wegenetz wird sich einiges ändern, bereits in den letzten Jahren haben die Schäden deutlich zugenommen: Wege verlegen oder auflassen, kann die Frage lauten, wenn der Wartungsaufwand zu hoch wird. Eine weitere Folge könnte die Umwandlung von Wegen in alpine Routen sein, diese werden dann weder gepflegt noch markiert. Dadurch werden Zustiege entsprechend schwieriger und die Eigenverantwortung wichtiger. Möglicherweise müssen manche Hütten geschlossen oder zurückgebaut werden, weil es kein Wasser mehr gibt oder die Gebiete zu steinschlaggefährdet sind. Auf der anderen Seite gibt es vielleicht geeignete Standorte, an denen wir über Hüttenerweiterungen nachdenken könnten, damit die vielen Menschen, die es in die Berge zieht, auch unterkommen.

Klimaneutraler DAV bis 2030: Das bedeutet ohnehin, dass wir unsere Emissionen stark reduzieren und sämtliche Maßnahmen äußerst ressourcen- und klimaschonend umsetzen müssen. Auf längere Sicht werden viele Hütten einfacher – einfacher gebaut und einfacher betrieben! Unterm Strich gilt es dann, nicht nur das eigene Verhalten, sondern vor allem die Erwartungshaltung zu ändern. Wobei ein solcher Perspektivenwechsel ganz neue, positive Bergerlebnisse mit sich bringen kann!

„Einfacher" am Berg – dafür standen schon die „**Tölzer Richtlinien**", die der Deutsche und Österreichische Alpenverein 1923 beschlossen hatte. Mehr dazu auf S. 20f.

Robert Kolbitsch ist Architekt und Ressortleiter Hütten & Wege im DAV-Bundesverband.

„Seit 2011/12 taut der Permafrostboden unter der einen Hälfte des Gebäudes auf, wodurch die Giebelwand der Hütte absackt. Seit 2015 ist die Quelle versiegt und keine Wasserversorgung mehr möglich. Seit 2016 ist die Hütte geschlossen.“

Hochwildehaus (2885 m, Ötztaler Alpen)

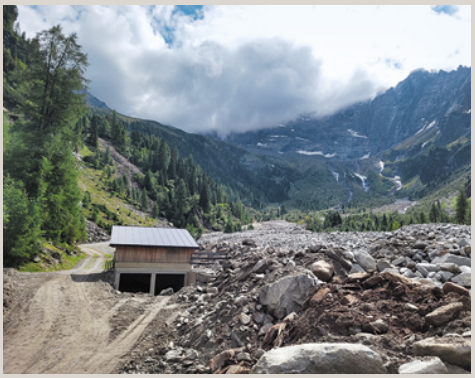
Oliver Schrör, Vereinsmanager DAV Karlsruhe

„Nach einem schweren Gewitter ist im Juni 2022 der Weg im Aufstieg zur Lachenspitze auf ca. 2000 Metern etwa 30 Meter breit weggerutscht. Den Weg mussten wir verlegen und neu anlegen.“

Arbeitsgebiet Allgäuer Alpen

Jörg Riedle, Wegewart DAV Landsberg

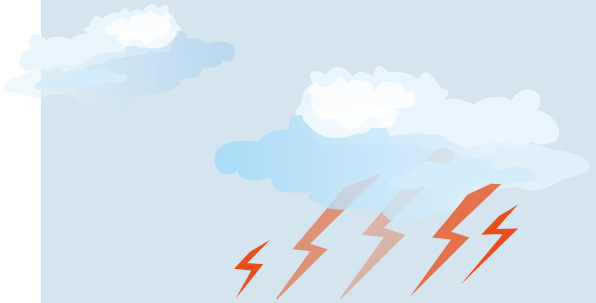
„Durch Murenabgänge 2018 und 2020 wurde der Zustieg zur Hütte weggerissen, die Talstation der Materialseilbahn war gefährdet. Weg und Talstation müssen wir verlegen.“



Geraer Hütte (2324 m, Zillertaler Alpen)

Georg Grösch, Hütten- und Wegewart DAV Landshut

Fotos: Robert Kolbitsch, DAV Kempten, DAV Landsberg, DAV Landshut; Illustrationen: Marmota Maps/Lana Bragin



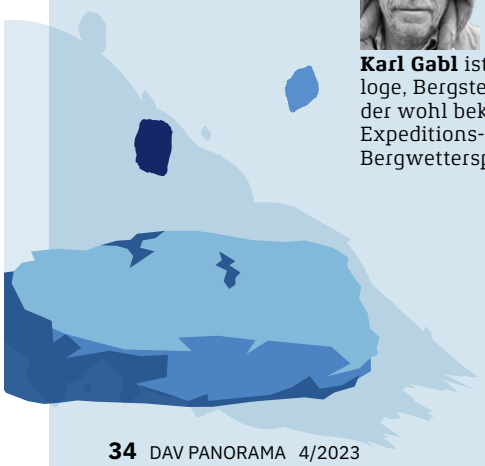
Klimawandel und Bergwetter

Durch die höheren Temperaturen ist die Frostgrenze auf den Bergen in den vergangenen 30 bis 40 Jahren um etwa 200 bis 400 Meter gestiegen, auf 3500 Metern haben die Eistage (Maximum der Lufttemperatur unter 0 °C, Dauerfrost) von 280 Tagen auf 240 Tage abgenommen. Am augenfälligsten wird die Erwärmung sicherlich beim globalen Abschmelzen der Gletscher, die seit ihrem letzten Höchststand im Jahr 1850 kontinuierlich an Masse verlieren. Das hat Auswirkungen auf die Tourenplanung: Die meisten klassischen Eiswände in den Alpen werden heutzutage im Spätwinter gemacht. Bei Eistouren sollte unbedingt die Lage der Nullgradgrenze beachtet werden. Liegt diese auf Gipfelniveau oder höher, nimmt die Eis- und Steinschlaggefahr drastisch zu. Dann also Hände weg!

Bereits eine Erwärmung um ein Grad verursacht eine Zunahme des Wasserdampfes in der Luft um sechs bis sieben Prozent. Dieser zusätzliche Wasserdampf lässt die Starkniederschläge intensiver werden. Ereignisse wie Hochwasser, Muren, Felsstürze, also natürliche Erosionsprozesse, werden infolge einer wärmeren und damit energiegeladeneren Atmosphäre häufiger und intensiver. Was gilt es hier bei der Tourenplanung zu beachten? Gewitterereignisse sind am Vormittag sehr selten und kommen meist nur bei Frontgewittern vor, in der zweiten Tageshälfte steigt die Blitzaktivität markant an und erreicht ihren Höhepunkt am späteren Nachmittag. An Tagen mit prognostizierten Gewitterbildungen heißt es früh aufbrechen, das Tourenziel sollte außerdem einen jederzeitigen Abbruch oder Ausstieg ermöglichen.

Bei Skitouren im Winter haben die wärmeren Temperaturen aber möglicherweise sogar eine positive Auswirkung. Die Metamorphose des Schnees in der Schneedecke, die Bildung von „Schwimmschnee“ oder Tiefenreif, findet maßgeblich bei tiefen Temperaturen, also einem starken Gradienten zwischen Luft- und Bodentemperatur, statt. Höhere Temperaturen verringern daher die durch Schwimmschnee destabilisierende Wirkung in der Schneedecke und reduzieren so die Gefahr von Schneebrettauslösungen.

Karl Gabl ist Meteorologe, Bergsteiger und der wohl bekannteste Expeditions- und Bergwetterspezialist.



Klimawandel und Bergwald:

Was „blüht“ uns da?

Fragen an Rupert Seidl, Professor für Ökosystemdynamik und Waldmanagement an der TU München und Leiter des Sachgebiets Forschung und Monitoring im Nationalpark Berchtesgaden.

Rupert Seidl

Klimawandel – was bedeutet das für den Bergwald?

Bergökosysteme reagieren besonders sensitiv auf Temperaturänderungen. Wir beobachten aktuell ein beschleunigtes Wachstum der Bäume, gleichzeitig sterben aber auch vermehrt Bäume ab. Es ist davon auszugehen, dass die natürliche Dominanz der Nadelbaumarten abnehmen wird, Laubbäume wie Buche und Ahorn werden dagegen verstärkt auftreten und auch in höhere Lagen vordringen. Durch klimatische Extreme werden außerdem größere Öffnungen im Kronendach des Waldes entstehen, etwa durch Sturm, Dürre oder auch Borkenkäfer, für die artenarme Fichtenwälder ein gefundenes Fressen sind. Simulationen zur zukünftigen Waldentwicklung zeigen, dass Störungen durch Borkenkäfer im deutschen Alpenraum in den nächsten Jahrzehnten um das Drei- bis Vierfache ansteigen könnten.

Warum ist ein intakter Bergwald so wichtig?

Ein intakter Bergwald schützt menschliche Infrastruktur im Gebirge vor Naturgefahren wie Lawinen, Steinschlag und Erdrutschen. Diese Funktion erfüllt er vor allem dann gut, wenn die Öffnungen im Kronendach klein sind und ein Gebiet gut mit Wald ausgestattet ist. Gerade der deutsche Alpenraum ist außerdem ein Hotspot der Artenvielfalt, hier kommen besonders viele Arten vor, die es sonst nirgendwo gibt. Der Klimawandel wird diese Artengemeinschaften sehr stark verändern. Ein intakter Bergwald kann einen

Bergwald im Wandel: Nadelbäume werden weniger, Laubbäume wie Buche und Ahorn werden verstärkt auftreten und auch in höhere Lagen vordringen.

Teil dieser Veränderungen abpuffern, ein Ansteigen der Waldgrenze könnte aber auch alpine Arten verdrängen. Generell wird sich die Kulisse Bergwald in den nächsten Jahren und Jahrzehnten deutlich verändern.

Welche Schäden entstehen durch einen „geschwächten" Bergwald?

Für Wildbach-Einzugsgebiete in den Alpen konnten wir zeigen, dass sich bei häufigerer Öffnung des Kronendaches durch die genannten Faktoren die Wahrscheinlichkeit eines Hochwasserereignisses verdreifacht. Und die Wahrscheinlichkeit von Muren steigt exponentiell mit der gestörten Fläche im Einzugsgebiet an – das kann zu mehr Schäden an Wegen führen. Langfristig könnte eine Verschiebung der Baumartenzusammensetzung weg von der flach wurzelnden Fichte allerdings zu einer Erhöhung der Bodenstabilität führen.

Was können wir tun?

Den eigenen ökologischen Fußabdruck verringern. Reduzieren wir unsere Emissionen rasch und drastisch und schaffen eine Wende hin zu einer CO_2-neutralen Welt, lassen sich viele negative Auswirkungen auf den Bergwald noch aufhalten. Und wir sollten am Berg unbedingt Wald-Wild-Schongebiete beachten! Dadurch erhalten Populationen, die durch den Klimawandel schon stark unter Druck sind, die Möglichkeit, sich an die geänderten Bedingungen anzupassen.

Alpiner Permafrost

Größere oder kleinere Bergstürze, Murgänge oder Schlammlawinen sind in den Hochgebirgen an sich ganz normale Ereignisse, die per se nicht direkt dem Klimawandel zuzuschreiben sind. Eine große Rolle bei der Auslösung spielen eine geologische Instabilität durch Klüfte oder Spalten, kleinere, nicht spürbare Erdbeben, Starkregen oder sehr starke Temperaturschwankungen. Solche Prozesse fanden in der Erd- und Klimageschichte schon immer statt. Doch der Klimawandel führt nachweislich zu einer Zunahme der Häufigkeit sowie der Dimensionen von Fels- und Bergsturzereignissen.

Im Hochgebirge sind oberhalb von etwa 2800 bis 3000 Metern Boden, Schutthänge und Felswände dauerhaft gefroren. Permafrost wirkt so wie ein Kleber und kann ganze Hänge, Felswände und Gipfelregionen stabilisieren und zusammenhalten. Durch den Klimawandel erwärmt sich der Permafrost aktuell alpenweit – in den letzten zwanzig Jahren ist die Permafrosttemperatur in zehn Metern Tiefe um etwa ein Grad angestiegen. Die Untergrenze schiebt sich also unaufhaltsam weiter nach oben. Die Folge: Hänge, Grate, Bergrücken und Felswände können anfangen, sich zu bewegen und instabil werden. Daraus resultiert eine höhere Aktivität an Steinschlag und Felsstürzen, auch Hüttenfundamente, Seilbahnen oder Bergstationen, die einst auf stabilem Untergrund gebaut wurden, können instabil werden.

Weitere Hintergründe zu Permafrost, Klimawandel und Auswirkungen auf den Bergsport gibt es im aktuellen Bergpodcast: **alpenverein.de/bergpodcast** und hier: **alpenverein.de/234-5**

Der Geograph **Dr. Tobias Hipp** ist in der DAV-Bundesgeschäftsstelle Experte für Gletscher, Klimawandel und Naturschutz.

Fotos: Rupert Seidl (2), Archiv Gabl, DAV/Tobias Hase; Illustrationen: Marmota Maps/Lana Bragin

Klimawandel, Risiko und Bergsteigen

Veränderte Bedingungen in den Alpen

In den Alpen wird der Klimawandel beim Bergsteigen unübersehbar: Wenn der Permafrost taut, werden Touren unmöglich oder zu riskant, und Jahreszeiten sind nicht mehr so verlässlich wie früher. Was tun?

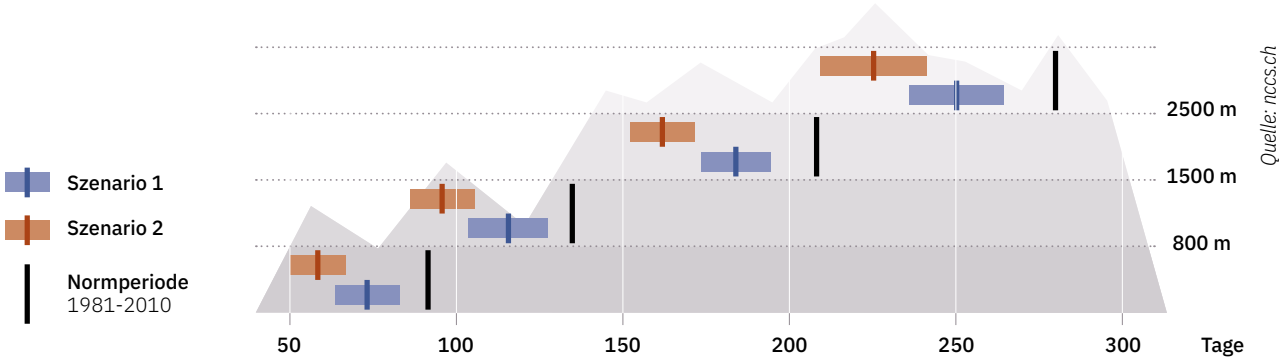
Text: **Dörte Pietron**
Illustrationen: **Georg Sojer, Lana Bragin**

Ein Rückblick: Es war im Sommer 2003, das Sichtungscamp für den DAV-Expeditionskader in Chamonix. Typische Sommerziele standen auf dem Programm, der Hirondelles-Grat, der Walkerpfeiler auf die Grandes Jorasses und der Peuterey Intégrale auf den Mont Blanc. Am Hirondelles-Grat drehten wir wegen Eisschlag im Zustieg um, zwei Seilschaften kamen am Walkerpfeiler fast durch Steinschlag zu Schaden und traten daraufhin den Rückzug an, und am Peuterey Intégrale war nach der Aiguille Noire Schluss, ebenfalls wegen Steinschlaggefahr durch starke Ausaperung. Wir verlegten unsere Aktivitäten von den kombinierten Touren auf reine Felsrouten, die weniger unter der extremen Hitze und Trockenheit gelitten hatten. Wir saßen abends im T-Shirt auf der Terrasse der Turiner Hütte auf knapp 3400 Metern Höhe und belauschten die erfahrenen Bergführer, die es nicht fassen konnten, dass sie ihre Daunenjacke umsonst eingepackt hatten. Man war sich sicher, so etwas hatte man noch nie gesehen, es sei wie im Krieg, man höre die ganze Nacht über das Donnern der Steinschläge, alles überaus ungewöhnlich.

Heute, zwanzig Jahre später, hat man sich an die damaligen Ausnahmeverhältnisse gewöhnt, früher oder später treten sie jetzt fast jeden Sommer ein. Es ist mittlerweile normal, dass das Goûter-Couloir auf den Mont Blanc aufgrund von Steinschlaggefahr unbegehbar wird. Die Frage ist nur noch, ob es erst im September oder schon im Laufe des Julis so weit ist. Die Auswirkungen des Klimawandels sind in den Bergen deutlich sicht- und spürbar. Zeit also, auch unseren Umgang mit Risiken am Berg hinsichtlich dieser Veränderung zu überprüfen.

Das Thema ist allgegenwärtig: Klimawandel, Klimakrise, globale Erwärmung – Begriffe für die menschengemachte

Frosttage in den Alpen im Jahr 2060



Quelle: nccs.ch

Abb. 1: *Die Alpen erwärmen sich im Vergleich zum gesamten Planeten etwa doppelt so schnell. Bis 2060 wird so u.a. die Zahl der Frosttage in den (Schweizer) Alpen in den verschiedenen Höhenstufen zum Teil deutlich abnehmen – mit zum Teil gravierenden Konsequenzen für Hochtouren. Die Erwärmung wird bis mindestens Mitte des Jahrhunderts weitergehen und sich sogar beschleunigen, selbst wenn die Menschheit ihre Treibhausgas-Emissionen sofort auf null reduzieren würde (Szenario 1). Bei Szenario 2 werden keinerlei Klimaschutzmaßnahmen ergriffen. Die blauen bzw. roten Balken zeigen die Streuungsbreite der zu erwartenden Anzahl der Frosttage im Jahr 2060 für die beiden Extremszenarien; die senkrechten Striche darin zeigen den Mittelwert der zu erwartenden Frosttage. Im Vergleich zur Normperiode 1981-2010 zeigt sich in der Höhenlage > 2500 m auch für das optimistische Szenario eine Abnahme im Jahr 2060 von im Mittel ca. 30 Tagen.*

Erwärmung unseres Planeten. Die letzten acht Jahre waren die wärmsten seit Beginn der Aufzeichnungen. Die Zehn-Jahres-Periode 2013-2022 war im Durchschnitt 1,14 °C wärmer als die vorindustrielle Vergleichsperiode (1850-1900). Fast täglich gibt es neue Nachrichten bezüglich der Auswirkungen, seien es die Waldbrände in Griechenland und Spanien, die Dürren der letzten Sommer in Italien, Frankreich und weiten Teilen Deutschlands oder der Gletscherabbruch an der Marmolata letzten Sommer, der elf Todesopfer forderte. Weniger medienwirksam, aber genauso folgenreich fürs Bergsteigen, sind unter anderem die im Mittel abnehmende Zahl an Frosttagen (Temperaturminimum an einem Tag < 0 °C; s. Abb. 1) oder die Tage mit einer Nullgradgrenze über Gipfelniveau.

Der vorliegende Artikel behandelt also vorwiegend Risiken, die das sommerliche Bergsteigen betreffen und ursächlich mit der globalen Erwärmung zusammenhängen. Viele der angesprochenen Phänomene – und wie damit umgegangen werden kann – lassen sich aber auch auf andere Bergsportdisziplinen (u.a. Wandern oder Alpinklettern) übertragen.

Erhöhtes Gefahrenpotenzial beim sommerlichen Bergsteigen

Für eine realistische Risikoabschätzung der potenziellen alpinen Gefahren für die nächste Hochtour stellen wir uns folgende Fragen:

- Mit welchen Gefahren muss ich rechnen und wodurch entstehen diese?
- Wie **wahrscheinlich** ist deren Eintritt und wie groß ist der zu erwartende Schaden?
- Welche geeigneten Maßnahmen zur Reduktion auf das persönlich akzeptable Risiko müssen ergriffen werden, bis hin zum Verzicht?

Bei den Ursachen handelt es sich im Wesentlichen um folgende Prozesse: das Abschmelzen der Gletscher, das Auftauen von Permafrostböden, die Verschiebung der Jahreszeiten und die zunehmende Häufigkeit und Intensität von extremen Wetterereignissen – zum Beispiel Hitzeperioden oder Starkniederschlag.

Das Abschmelzen der Gletscher ist ein steter Prozess und vollzieht sich in den Alpen aktuell mit durchschnittlich 0,5 bis 1 Meter Verlust an Mächtigkeit („Eisdicke“) pro Jahr, je nach Region, Höhenlage und Größe des Gletschers. Bis zum Ende des Jahrhunderts werden je nach Szenario ein Großteil bis hin zu allen Gletschern der Alpen verschwunden sein. Hochtouren, wie wir sie bisher kannten, sterben also aus. Kurzfristiger führt die Gletscherschmelze zusammen mit der geringeren Schneebedeckung nach dem Winter häufig zu einer erhöhten Spaltensturzgefahr. Eine weitere Gefahr entsteht durch Séraczonen an Geländekanten. Die Eistürme können zusammenfallen und alle, die sich unterhalb befinden, in große Gefahr bringen. Auch dies ist keine neue Erscheinung – aber eine, die sich durch die starke Gletscherschmelze schnell verändert und damit noch unberechenbarer wird. ▶

Wo Gletscher abschmelzen, bleibt instabiles Moränengelände zurück; angrenzende Flanken und Wände können durch den fehlenden Gegendruck des Gletschers kollabieren. Vorsicht: Geröll ist häufig besonders instabil an Stellen, an denen sich ein Gletscher gerade erst zurückgezogen hat. Geröll stabilisiert sich erst durch viele Begehungen und aufkeimende Vegetation. Die häufigsten Gefahren sind hier Steinschlag und Rutschungen sowie Stürze durch sich bewegendes Blockwerk und die damit verbundenen Verletzungen wie ein verstauchtes oder gebrochenes Sprunggelenk oder Knie, aber auch Kopfverletzungen.

Das Auftauen von Permafrost hat eine Destabilisierung ganzer Bergflanken oder Wände zur Folge. Als Permafrost bezeichnet man eine dauerhafte (über zwei Jahre) Temperatur unter dem Gefrierpunkt. In den Alpen kann Permafrost südseitig ab etwa 3000 Meter und nordseitig ab etwa 2400 Meter Höhe vorkommen. Er ist der Stoff, der

Konkrete Maßnahmen fürs Bergsteigen mit akzeptablem Risiko

1 Die wirksamste Maßnahme wäre das komplette Meiden von Permafrostgelände. Das hieße in Höhen und Expositionen bleiben, wo (schon länger) kein Permafrost zu vermuten ist. Theoretisch reduziert auch eine große absolute Höhe – deutlich über der Nullgradgrenze –, auf der sich ein Großteil der Tour abspielt, das Risiko im Zusammenhang mit auftauendem Permafrost. Bleibt allerdings das Problem, wie man dort hinkommt, ohne sich der Gefahr in niedrigeren Zonen auszusetzen. Bei sehr hoher Nullgradgrenze (> 4500 m) wird's in den Alpen nach oben hin ohnehin knapp. Alle Komponenten sind somit nicht nur auf die Tour selbst, sondern auch auf deren Zustieg anzuwenden. War früher meist die Tour an sich die größte Gefahr, kann heute mitunter der Zu- oder Abstieg komplizierter sein oder gar ein deutlich größeres Gefahrenpotenzial bergen.

2 Man verlagert seine Aktivitäten auf sehr kompakt aussehende Felswände, die vermutlich auch ohne Permafrost an Ort und Stelle bleiben. Die Wirksamkeit dieser Maßnahme ist allerdings schwer einzuschätzen, da selbst kompakt aussehende Felswände durch Permafrost zusammengehalten werden können. Letzten Sommer lag beispielsweise die erste Seillänge unserer geplanten Tour an der Aiguille-du-Midi-Südwand zu unseren Füßen, die sich eine Woche zuvor noch an ihrem angestammten Ort befand. Die Wand hätten wahrscheinlich viele als kompakt eingeschätzt, aber sie befand sich zu dem Zeitpunkt zugegebenermaßen in einer kritischen Zone: Südwand auf ca. 3500 m Höhe, also im Permafrostbereich, der bei einer anhaltenden Nullgradgrenze von über 4000 m naturgemäß auftauen muss.

3 Die Eintrittswahrscheinlichkeit lässt sich minimieren, indem man auf schneebedeckten Gletschern in den frühen Morgenstunden unterwegs ist, sofern der Schnee über Nacht ausreichend durchfrieren konnte (Höhe der Nullgradgrenze sowie Bedeckungsgrad der Wolken beachten). Geht der Zeitplan aber nicht auf, weil beispielsweise viele große Spalten zeitaufwendig umgangen werden müssen, kann sich das sehr schnell ändern. Ist der Gletscher bereits aper, ist ein Spaltensturz (außer im Fall von Abrutschen/Absturz) unwahrscheinlich, da die Spalten sichtbar sind. Im schlimmsten Fall muss hier umgedreht werden, wenn eine Spalte unpassierbar wird oder der Zeitplan durcheinandergerät. Hier muss auch die Sicherungstechnik und -taktik unter Umständen mehrere Male während der Tour geändert werden (Leitfrage: Welche Gefahr ist die größere – die Spaltensturz- oder Absturzgefahr?). Das Schadensausmaß von Spaltenstürzen lässt sich durch gute Wegfindung, (korrektes) Anseilen auf dem Gletscher (auch mit Ski!), Tragen eines Helms und Kenntnis der entsprechenden Rettungsmaßnahmen meistens auf ein akzeptables Maß reduzieren. Gletscher werden aber nicht nur blanker und Spalten zahlreicher, sondern auch steiler. Der Ausrutsch- und folglich Absturzgefahr – gerade an Gletscherzungen, Randbereichen oder Eiswänden – aufgrund von steilerem Gelände in Kombination mit dem vermehrten Auftreten von Blankeis – muss mit angepasster Sicherungstechnik (gegebenenfalls „Von sicherem Standplatz zu sicherem Standplatz") UND erhöhtem Eigenkönnen (Trittsicherheit) begegnet werden.

4 Bei Séraczonen spielt die Beachtung der Tageszeit keine Rolle, die Gefahrenzone sollte wenn möglich weiträumig umgangen und ansonsten die Expositionszeit möglichst kurz gehalten werden. Keinesfalls in der Sturzlinie von Séracs anseilen oder Brotzeit machen etc., sondern deutlich davor!

5 Geeignete Maßnahmen bei der Begehung von Moränen und losem Geröll – ohne das Gelände komplett zu meiden – sind Trittschulung, der Einsatz von Stöcken, ein langsameres Gehtempo mit dementsprechender Zeitplanung, ein möglichst leichter Rucksack, hohe Konzentration und eventuell das Tragen eines Helmes.

6 Steinschlag durch andere Seilschaften lässt sich durch frühes Aufstehen einfach vermeiden. Ist einem trotzdem jemand zuvorgekommen, lässt sich durch einen möglichst kurzen Aufenthalt im Gefahrenbereich (Schnelligkeit bedeutet oft Sicherheit) oder durch geschickte Routenwahl die Eintrittswahrscheinlichkeit reduzieren. Oft hilft auch nur, bei großem Andrang auf ein anderes Ziel (Plan B) auszuweichen.

7 Spontaner Stein- oder Eisschlag ist schwerer vorherzusagen, da die Ursache oft nicht eindeutig erkennbar ist. Hinweise können Beobachtungen liefern, zum Beispiel auf der geplanten Route liegendes Gestein oder Eis aus vorherigen Stein- oder Eisschlägen. Ein Helm ist spätestens in steinschlaggefährdetem Gelände (auch am Gletscher!) ein Ausrüstungsgegenstand, der nicht im Rucksack spazieren getragen werden sollte. Einschränkung: Seine Schutzwirkung hängt sehr von der Größe des Steins ab. Eine wirksame Maßnahme ist immer das komplette Meiden des Gefahrenbereichs. Ist das nicht möglich, gilt auch hier: Schnelligkeit ist Trumpf. Je nach Situation kann auch eine geschickte Zeitplanung (frühe Morgenstunden, vor Sonneneinstrahlung) helfen, die Eintrittswahrscheinlichkeit zu verringern.

8 Großer Hitze und Dehydrierung kann durch Planung gut entgehen, wer die Mittagshitze meidet oder ruhend im Schatten verbringt und die Aktivität in die kühleren Morgen- und Abendstunden verlegt oder schattige Expositionen auswählt. Außerdem sollte man genug zu trinken dabeihaben und auch berücksichtigen, dass mögliche Wasserquellen wie Bäche, die auf der Karte zwar eingezeichnet sind, vielleicht im Gelände nicht mehr existieren.

Blöcke, Steine, Kies, Sand, Ton und Schluff mit Eis zusammenhält. In den Alpen gibt es flächenmäßig sogar mehr Permafrost als Gletscher! Das Auftauen des zusammengefrorenen Materials führt zu Steinschlägen, Fels- und Bergstürzen unterschiedlichen Ausmaßes.

Die Gefahr so genannter gravitativer Massenbewegungen aufgrund von auftauendem Permafrost besteht grundsätzlich überall dort, wo die Nullgradgrenze für längere Zeit an oder über der Permafrostgrenze liegt. Die Gefahr als solche ist nicht neu, allerdings nehmen mit der zunehmenden Geschwindigkeit der Erwärmung und der dadurch begründeten Zunahme von Hitzeperioden auch das Ausmaß des betroffenen Geländes und die Häufigkeit solcher Ereignisse zu. Ob ein spezieller Hang oder eine Wand gefährlich ist, ist unmöglich zu erkennen. Das Schadensausmaß ist maximal – Tod aller Personen im Einzugsbereich; die Eintrittswahrscheinlichkeit dagegen relativ gering, wenn auch tendenziell zunehmend.

Extreme Wetterereignisse sind Phänomene, die zu einer bestimmten Zeit oder an einem bestimmten Ort selten sind. Wenn der Durchschnitt sich verändert, verändern sich auch die Extreme. Ehemalige Extreme werden das neue „Normal“ und neue Extreme werden extremer. Was das sommerliche Bergsteigen angeht, handelt es sich dabei vor allem um folgende Witterungsphänomene:

Lang anhaltende Hitzeperioden und Dürren treten häufig zusammen auf und forcieren sowohl die Gletscherschmelze als auch das Auftauen des Permafrosts. Sie beschleunigen also kurzfristig den durch die globale Erwärmung vorgegebenen Trend. Gletscher können in kurzer Zeit aper werden, Schneeflanken tauen ab und es kommt loses Geröll zum Vorschein. Es können in kurzer Zeit sehr große Mengen an Schmelzwasser entstehen, und fließendes Wasser destabilisiert ein ohnehin instabiles Gelände zusätzlich. Eine der häufigsten Ursachen für alpine Notlagen laut Bergunfallstatistik ist übrigens die Erschöpfung. Auch diese Gefahr nimmt durch Hitzeperioden zu.

Starkniederschläge erscheinen zunächst einmal wie das genaue Gegenteil der Hitze-/Dürreperiode, können aber Ähnliches zur Folge haben, wie zum Beispiel Murenabgänge und erhöhte Steinschlagaktivität. Während es

bei Starkniederschlägen immer zu einer Destabilisierung durch fließendes Wasser kommt, hängt es bei Hitzeperioden eher von der Höhenlage und Jahreszeit ab. Sobald der ganze Schnee abgeschmolzen ist, nimmt trotz anhaltender Hitze zumindest die Gefahr von spontanem Steinschlag wieder ab, während die Gefahr von durch andere Seilschaften ausgelöstem Steinschlag konstant bleibt und die Gefahr von Fels- und Bergstürzen aufgrund auftauenden Permafrosts in der Permafrostzone weiter zunimmt.

Eigenverantwortlicher Umgang mit klimawandelbedingten Risiken beim Bergsteigen

Idealerweise identifiziert man all diese Gefahren bereits bei der Tourenplanung und berücksichtigt sie bei der Auswahl einer passenden Tour für den geplanten Zeitraum – oder des passenden Zeitraums für die geplante Tour. Letzteres wird durch die Verschiebung der Jahreszeiten erschwert. Touren, die man ehemals üblicherweise im Sommer gemacht hat, weisen zunehmend nur noch im Frühsommer, Frühjahr oder auch Herbst (oder sogar in schneearmen Wintern) brauchbare Verhältnisse auf. Die Jahreszeiten sind insgesamt unberechenbarer und folgen nicht mehr einem „immergleichen" Muster wie in früheren Dekaden. Wenn es gestern gut war, muss es das morgen nicht mehr unbedingt sein!

Beide genannten Planungsvarianten (A: Tour zu Zeitpunkt; B: Zeitpunkt zu Tour) werden aber im Wesentlichen von drei Faktoren bestimmt: Wetter, Verhältnisse und eigener Zustand – wobei im Folgenden nur auf die ersten beiden eingegangen wird:

Beim Thema Wetter sollte nicht nur auf das Wetter an den Tourentagen selbst geachtet werden, sondern auch auf die Witterung in den Tagen und Wochen zuvor. Es ist nämlich ein großer Unterschied, ob man am ersten oder zehnten heißen Tag in Folge unterwegs ist (zum Beispiel Permafrost-Problematik). Dazu kann man entweder selbst regelmäßig Wetterberichte anschauen oder ein Wetterarchiv benutzen (zum Beispiel meteoblue.com > Historie und Klima > Wetterarchiv).

Relevant für die Verhältnisse sind Niederschläge, sowohl die Menge als auch die Form (Wasser oder Schnee) und die Temperatur, insbesondere die Nullgradgrenze. Letztere findet man zwar häufig in aktuellen Wetterberichten, meistens aber nicht im Wetterarchiv. Das heißt, im Wetterarchiv lässt man sich am besten die Temperaturverläufe von Orten unterschiedlicher Höhenlage im selben Gebiet anzeigen, um ein Gefühl für die Nullgradgrenze zu bekommen. Denn sie bestimmt, ob kombiniertes Gelände gefroren ist und damit relativ stabil, oder ob es sich in ein Minenfeld verwandelt.

Extrembergsteigerin **Dörte Pietron** hat viel Zeit in Patagonien verbracht. Auch dort hat sie, wie in den Alpen, die veränderten Bedingungen durch den Klimawandel hautnah mitbekommen.

Die Verhältnisse werden vom kurzfristigen und langfristigen Witterungsverlauf bestimmt. Ersterer ist relativ einfach aus der Ferne zu beurteilen. Ist für einen der Tourentage der Durchzug einer Kaltfront vorhergesagt, wird es höchstwahrscheinlich einen Temperatursturz und je nach Höhenlage Neuschnee und vereistes Gelände geben. Die Auswirkungen eines schneearmen Winters mit einer frühen Hitzeperiode sind dagegen aus der Ferne schwieriger zu beurteilen. Ist die Schneeauflage auf dem Gletscher nur dünner geworden oder ist der Gletscher schon komplett aper? Ist die Spaltensturzgefahr daher eher hoch oder niedrig? Ist der Gletscher vielleicht schon nicht mehr passierbar? Muss beim Begehen des Gletschers unter Hangbereichen gequert werden, die „nie Ruhe geben"? Dass die Gletscherstände auf Karten selten der aktuellen Realität entsprechen, ist seit Längerem bekannt, aber auch andere Geländeformen verändern sich: Gletscherspalten und -brüche verschwinden oder tauchen auf, Moränen und Hangbereiche rutschen ab, Wege müssen angepasst werden, Gebirgsbäche werden größer oder verschwinden zeitweise ganz. Um das herauszufinden, kann ein Anruf bei den Hüttenwirtsleuten oder dem lokalen Bergführerbüro helfen, Bilder aktueller Webcams, Fotos anderer Tourengeher*innen auf Social Media oder deren Berichte. Letztere sind aber mit Vorsicht zu genießen, da eine Gefahrenbeurteilung stark vom persönlichen Wissensstand und der eigenen Risikobereitschaft beeinflusst wird.

Die eigene Planung dem Wandel anpassen

Wie man sich nach Prüfung und Bewertung all dieser Faktoren am Ende entscheidet, hängt in letzter Instanz immer von der eigenen Risikobereitschaft ab. Die Erfassung der alpinen Unfalldaten lässt derzeit leider keine gesicherten Rückschlüsse auf Zusammenhänge mit Klimaveränderungen zu. Einzelne Wetterphänomene wie Hitzeperioden können per Definition auch nicht DEM Klimawandel zugeordnet werden – sie werden infolge der Klimakrise aber mit Sicherheit immer häufiger und stärker ausgeprägt – mit weitreichenden Folgen für unser Risikomanagement beim Wandern, Bergsteigen und Klettern. Selbstverantwortliche Bergsteiger*innen sind die intensive Auseinandersetzung mit Wetter und Verhältnissen natürlich seit jeher gewohnt; die sich ändernden Rahmenbedingungen sollten in dieser Auseinandersetzung keine Ausnahme darstellen. Was allerdings auch „alte Hasen und Häsinnen" erschreckt, ist der rapide Wandel, der sich im Hochgebirge derzeit vollzieht.

Wie funktioniert **ein Gletscher?**

Gletscher sind die Wahrzeichen der hochalpinen Bereiche – aber auch das markanteste Beispiel für die Folgen des menschengemachten Klimawandels in den Alpen: Bis Mitte des Jahrhunderts werden in den Ostalpen die meisten von ihnen Geschichte sein. Wie Gletscher funktionieren, erklären wir hier.
Infos: alpenverein.de/klimalehrpfad

Landschaftsbild
Die Gletscher der letzten großen Eiszeit von vor 10.000 Jahren prägen die Landschaft Mitteleuropas: So formte etwa die Zunge des Inntalgletschers das Becken des heutigen Chiemsees, und Spree und Havel fließen in den ehemaligen Schmelzwasserrinnen eines mächtigen Gletschers. In den Bergen sieht man vor allem die Überreste der letzten kleinen Eiszeit aus den 1850er Jahren: Vielerorts zeugen markante Moränenrücken, die damaligen Seitenmoränen, vom früheren Höchststand.

Massebilanz eines Gletschers
Gletscher entstehen, wenn der Schnee des Winters den Sommer übersteht – und das viele Jahrzehnte so weitergeht: Für einen Kubikmeter Eis braucht es rund zehn Kubikmeter Schnee. Ein Gletscher gliedert sich in drei Teile: Das Nährgebiet befindet sich im höher gelegenen Teil. Hier fällt mehr Schnee, als abschmilzt. Die Gleichgewichtslinie markiert die Grenze, bis zu der Aufbau- und Schmelzprozesse im Gleichgewicht bleiben. Das Zehrgebiet ist hingegen der Bereich, in dem mehr Eis abschmilzt, als durch Schneefall nachgeliefert wird – typischerweise der tiefer liegende Teil des Gletschers. Die Massebilanz gibt darüber Auskunft, ob mehr Eis gebildet wird, als abschmilzt – oder umgekehrt. Durch den Klimawandel weisen alle Alpengletscher eine negative Bilanz auf: Das Zehrgebiet ist größer als das Nährgebiet – es schmilzt mehr Eis unten ab, als von oben nachkommen kann.

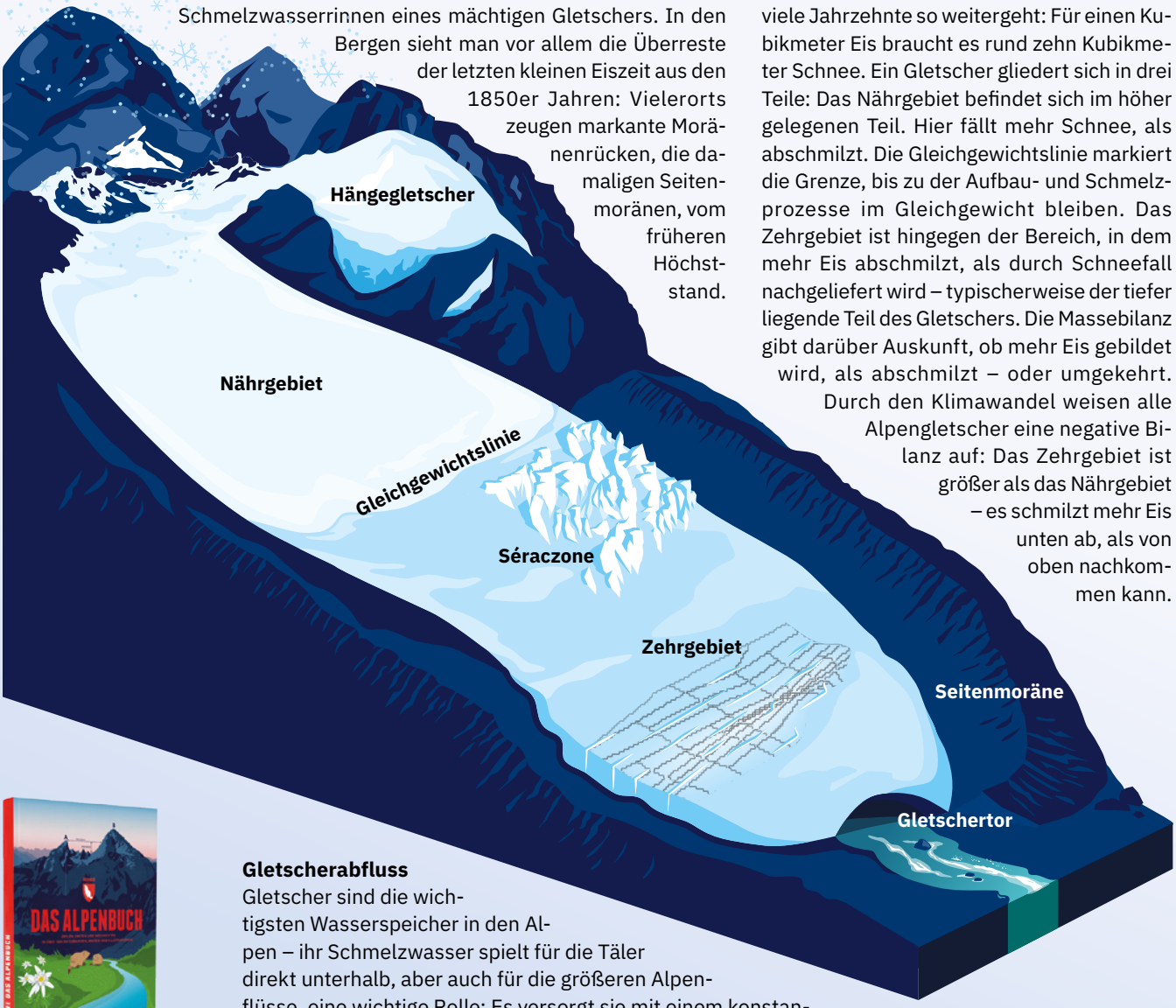


Illustration: Marmota Maps/Lana Bragin

Mehr über die Alpen gibt es in unserem Alpenbuch: dav-shop.de

Gletscherabfluss
Gletscher sind die wichtigsten Wasserspeicher in den Alpen – ihr Schmelzwasser spielt für die Täler direkt unterhalb, aber auch für die größeren Alpenflüsse, eine wichtige Rolle: Es versorgt sie mit einem konstanten Strom an Wasser, was vor allem in Dürrezeiten wichtig ist. Am Gletscherportal tritt das Wasser zutage. Das Wasser ist in der Regel trüb, da es viele Sedimente und Mineralien enthält, die aber für die Flussumgebung wichtig sind – die sogenannte „Gletschermilch“.