

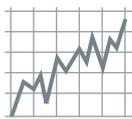


Thema: Klimawandel

DIE ZEIT LÄUFT

Die Erwärmung des Weltklimas geht weiter – mit Folgen auch für Bergsteiger. Der DAV reagiert darauf mit einer eigenen Projektstelle. Und informiert: Was ist der Stand der Wissenschaft? Was erwarten Forscher für die Alpen? Und was können wir tun?

Die Wissenschaft: **Appell zum Handeln** | Von Maximilian Witting



Die Konsensposition der Wissenschaft formuliert der „Weltklimarat“ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Hunderte Forscher diskutieren seit 1988 regelmäßig den aktuellen Kenntnisstand zur globalen Klimaerwärmung und verfassen Berichte als Basis für die Politik. Der vierte Weltklimabericht erschien 2007; der fünfte von 2014 stützt sich auf noch bessere Messdaten (Ozeanerwärmung, Gletscherrückgang ...) und erlaubt fundier-

tere Erklärungen und Ausblicke. Mit sehr großer Sicherheit (> 95 Prozent) ist die dominante Ursache des Temperaturanstiegs die menschliche Freisetzung von Treibhausgasen, vor allem Kohlendioxid (CO₂). In den letzten 800.000 Jahren war die CO₂-Konzentration noch nie so hoch wie heute. Es gab zwar in der Erdgeschichte deutlich höhere Konzentrationen, aber deren geologische Ursachen können den heutigen Anstieg nicht erklären. Auch ein derart schneller Anstieg der globalen Tempe-

raturen wie seit Beginn der Industrialisierung ist in der Erdgeschichte nicht zu finden. Natürliche Faktoren scheiden also als Erklärung aus.

Wer meint, ein verhältnismäßig milder Winter widerlege diese Fakten, macht den Fehler, Einzel-Wetterereignisse oder kurze Witterungsphasen mit langfristigen Klima-Entwicklungen zu verwechseln. Milde Winter oder kalte Sommer sind kein Beweis gegen den Klimawandel! Denn das Klimasystem unterliegt ständigen Schwan-

Ausgedörrtes Land, angestiegener Ozean – sieht die Zukunft der Erde so aus wie das, was wir heute in Kroatien als Idylle empfinden?

Foto: Matt Carr

kungen, die trotz des Erwärmungstrends weiterhin auftreten werden. Regional hat sich dies erst diesen Winter wieder gezeigt. Während die Nordalpen von Frau Holle fast vergessen wurden, verzeichnete Südtirol Rekordschneemengen.

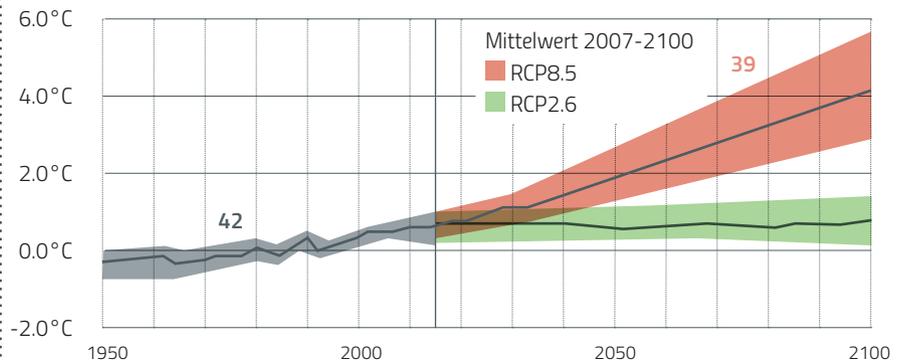
Was zählt, ist die globale Tendenz. Dafür hat der IPCC diverse Szenarien berechnet, basierend auf unterschiedlichen Annahmen zu Bevölkerungsentwicklung, Klimaschutzmaßnahmen und Wirtschaftswachstum. Daraus ergibt sich eine globale Temperaturerwärmung von 0,3 bis 4,8°C bis 2100 (s. Grafik Klimaszenarien).

Das ambitionierte Klimaschutz-Szenario in Blau (RCP2.6) zeigt, dass theoretisch noch Chancen bestehen, die Erwärmung auf unter 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Dazu müssten aber Gesellschaft und Wirtschaft bis 2050 ihre Treibhausgas-Emissionen gegenüber dem Referenzjahr 1990 mindestens halbieren. Für die Industrieländer bedeutet dies eine Reduktion um 80 bis 95 %; jeder Einzelne müsste seinen jährlichen Pro-Kopf CO₂-Ausstoß von rund 11 auf 2 bis 3 Tonnen drücken (s. Grafik CO₂-Bilanz).

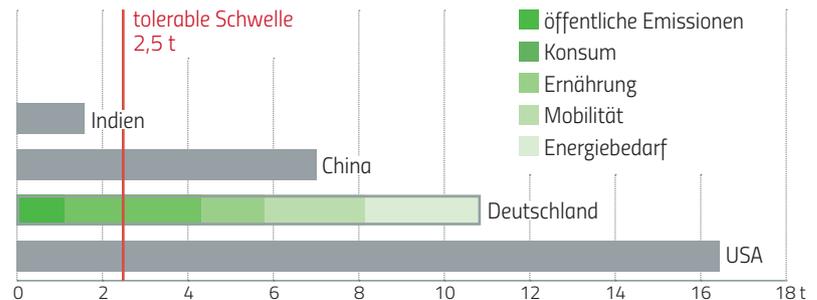
Was droht bei uns?

- > Zunahme von **Extremniederschlägen** und Hochwassergefahr vor allem in West- und Süddeutschland (besonders im Winter)
- > Mehr **Hitzewellen** bringen Einschränkungen für die Binnenschifffahrt
- > Besonders **starker Temperaturanstieg** in Süddeutschland (um 3,5°C bis 2100). Also eher Regen als Schnee und entsprechende Auswirkungen auf den Wintertourismus
- > Mittelmeer-Raum und Osteuropa werden ganzjährig **trockener**

Klimaszenarien: Entwicklung der globalen Temperatur



CO₂-Bilanz: Durchschnittlicher CO₂-Ausstoß pro Kopf



Geht dagegen der Emissionstrend ungebremst weiter (rotes Szenario RCP8.5), wird nach Meinung der Wissenschaftler der Kipppunkt des Klimasystems in absehbarer Zeit überschritten. Gravierende, irreversible Schäden für Ökosysteme weltweit drohen teils schon bei +1°C gegenüber heute – starker Meeresspiegelanstieg, drastischer Rückgang der Gletscher- und Permafrostgebiete, praktisch eisfreie Sommer in der Arktis, Versauerung der Ozeane und mehr Extremwetterereignisse wie Hochwasser, Dürreperioden oder Stürme.

Klar ist: Mit der Temperatur steigen die Risiken für die Menschheit. Extremereignisse und ökologische Veränderungen beeinträchtigen die Dienstleistungen der Natur. Infrastrukturschäden nehmen zu, das ansteigende Meer überflutet Uferregionen. Mögliche Folgen: langsames Wirtschaftswachstum, Gefährdung der Ernährungssicherheit, Verschärfung sozialer Ungleichheiten. Kriege und Migrationsbewegungen werden zu realistischen Zukunftsszenarien des IPCC-Berichts.

Klimaszenarien: Wie entwickelt sich die Welttemperatur? Dafür rechnet der IPCC mit verschiedenen Szenarien, je nach gesellschaftlichen Rahmenbedingungen. Zu den daraus errechneten Temperaturanstiegen addieren sich noch die 0,8°C, die es um 2006 schon wärmer war als in vorindustrieller Zeit.

CO₂-Bilanz: Deutschland lebt über seine Verhältnisse: Um die Erwärmung unter den kritischen 2°C zu halten, dürfte jeder Mensch maximal 2,5 Tonnen CO₂ ausstoßen; in Deutschland sind es 10,6. Ganz schlimm wird es, wenn Riesenländer wie China an unseren Lebens- (und Emissions-) Standard anschließen.

Um diese Risiken zu begrenzen, sind effektiver Klimaschutz und Anpassung zentral. Aber es tut sich viel zu wenig. Das erschwert die Einhaltung des 2°C-Ziels, reduziert die Anpassungsmöglichkeiten und steigert künftige Klimaschutzkosten enorm. Diese Einschätzung teilen auch die zuständigen Bundesministerien und das Umweltbundesamt. Schnelles Handeln ist jetzt gefragt, lokal wie global, bei Energie, Industrie, Transport und Gebäuden. →

| Weitere Infos und Weblinks zu allen Beiträgen unter: alpenverein.de/panorama |

Alpiner Permafrost: Zeiten des Wandels | Von Tobias Hipp und Marcia Phillips

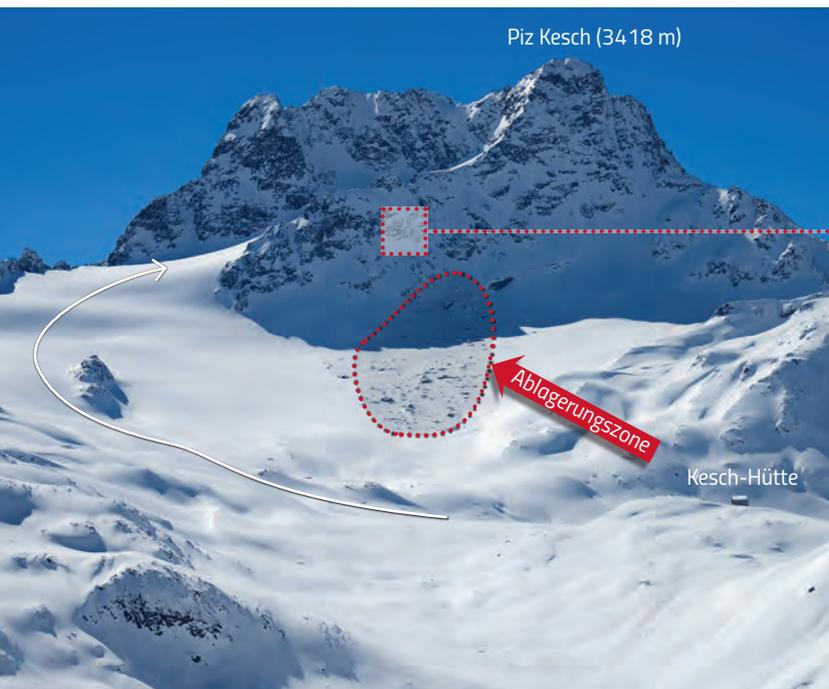


Die Alpen sind von Klima-
veränderungen und Tempe-
raturanstieg besonders be-
troffen: Die Erwärmung seit Ende des 19.
Jahrhunderts ist dort doppelt so hoch wie

chen Folgen wie: mehr Steinschlag, Fels-
stürzen und instabiler Baugrund.

Permafrost ist Boden- oder Felsmaterial,
das das ganze Jahr über gefroren bleibt. Da-
bei kann sich Eis bilden, muss aber nicht;

oder Felswänden, Graten und Pfeilern. Die
dominanteste Landschaftsform des Per-
mafrosts im Hochgebirge sind Blockglet-
scher: eine eisreiche Geröllmasse, die sich
langsam hangabwärts bewegt.



Fotos: M. Phillips, SLF

durchschnittlich auf der Nordhalbkugel.
Auch in den kommenden Jahren wird die
Erwärmung im Alpenraum höher ausfal-
len als im globalen Mittel.

Die Folgen für den Alpenraum, seine Be-
wohner und die Bergsteiger sind vielfältig:
trockenere Sommer, schneeärmere und
kürzere Winter, Rückgang der Gletscher,
mehr Extremwetter-Ereignisse und damit
verbundene Naturgefahren. Die Gletscher-
schmelze ist zu einem Sinnbild des Klima-
wandels in den Alpen geworden. Das Auf-
tauen des alpinen Permafrosts dagegen ist
ein weniger bekanntes, aber gefährliches
Phänomen im Hochgebirge – mit mögli-

nur die Temperatur unter dem Gefrier-
punkt zählt. Dies bedeutet aber nicht, dass
der gesamte Boden ganzjährig gefroren ist.
Im warmen Sommer tauen bis zu mehrere
Meter von der Oberfläche abwärts auf, im
Winter gefrieren sie wieder. Der tatsächlich
dauerhaft gefrorene Boden liegt unter die-
ser so genannten Auftauschicht und ist an
der Oberfläche nicht sichtbar. Festgestellt
wird der Permafrost durch Temperatur-
messungen in Bohrlöchern oder durch
geophysikalische Methoden. Permafrost
kann in den unterschiedlichsten Materia-
lien und Geländeformen vorkommen: Bö-
den, Schutthalden und Blockgletschern

Der Felssturz am Piz Kesch vom Winter
2014. Eis in der Abbruchzone lässt auf
Permafrost schließen. Der Schutt lagerte
sich auf einer Länge von rund einem Kilo-
meter auf dem Vadret da Porchabella ab.

Wo kommt Permafrost in den Alpen
also charakteristischerweise vor? Durch
die Höhenlage (und damit die Lufttempe-
ratur), Hangrichtung und Oberflächenbe-
schaffenheit sind schattige Nordhänge
schon oberhalb von 2400 Metern dauer-
haft gefroren, Südhänge oberhalb von 2900
Metern. In steilen Nordwänden oder schat-
tigen Schutthalden kann Permafrost auch
deutlich niedriger vorkommen. Mit Mes-
sungen und Modellierungen können For-

scher die Verteilung von Permafrost alpenweit abschätzen – aus der Karte und aktuellen Messungen in einem Bohrloch ergibt sich: Auch unter den höchsten bayerischen Gipfeln, wie der Zugspitze, ist Permafrost vorhanden (s. Abb. u.l.). Sehr wahrscheinlich also befinden wir uns bei alpinen Touren öfter auf Permafrost, ohne es zu wissen.

In den letzten Jahren haben sich die Beobachtungen von Felsinstabilitäten im Hochgebirge gehäuft. In exponierten Routen können sogar kleinere Steinschlagereignisse Bergsteigern zum Verhängnis werden. Im Hitzesommer 2003 wurden au-

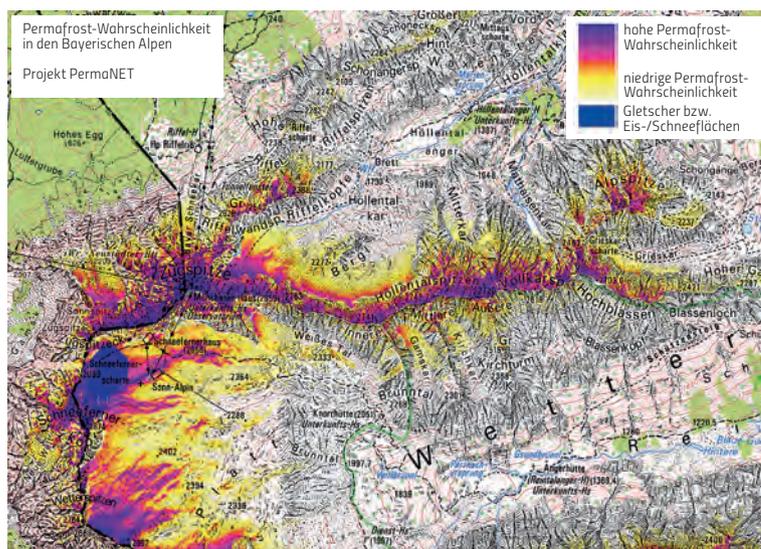
ßergewöhnlich viele Felsstürze beobachtet; der Hörnligrat am Matterhorn musste wegen Felssturz gesperrt werden. Im Juni 2005 brach der gesamte Bonattipeiler im Mont-Blanc-Gebiet zusammen, eine große Route der Alpen verschwand für immer. Oft war in den Anrissgebieten Eis sichtbar: ein klares Zeichen für Permafrost. Dank modernen Kommunikationsmitteln werden Informationen zu solchen Ereignissen zunehmend von Bergsteigern, Hüttenpersonal, Bahnangestellten oder Rettungsdiensten registriert und von europäischen Permafrostforschern in Datenbanken aufgenommen. So lassen sich die zeitliche und räumliche Verteilung und die Auslösemechanismen untersuchen. Die Daten zeigen: Kleine und mittlere Felsstürze finden hauptsächlich im Sommer statt, große Felsstürze ganzjährig, etwa am Pizzo Cengalo im Bergell, wo im Dezember 2011 über eine Million Kubikmeter Fels zu Tal donnerten. Das wohl aktuellste Ereignis: Im Winter 2014 brach am Piz Kesch (Alpen) ein großer Pfeiler zusammen; die

bis zu 15 Meter hohen Blöcke bedecken rund einen Kilometer des Gletschers. Eis im Abbruchgebiet zeugt von der möglichen Rolle des Permafrosts als Auslöser. Mit Messungen im Gelände, numerischen Modellen und Laborversuchen untersucht man die Umstände, die zu solchen Ereignissen führen können – mit Fokus auf die Rolle des Permafrosts.

Ein besonderes Problem sind Permafrostböden für Erstellung und Unterhalt von Bauten im Hochgebirge – besonders wenn der Untergrund Eis enthält. Bei Erwärmung schmilzt das Eis, der Boden setzt sich und Hänge kriechen. Gebäude im Hochgebirge können Risse bekommen, ihre Geometrie kann verändert werden – oft mit gravierenden Konsequenzen (s. Abb. u. r.). Deshalb muss der Untergrund vor Baubeginn gründlich untersucht werden, eisreiche Böden sind zu vermeiden, spezielle Baumaterialien und -methoden nötig. Besonders sensible Bauten wie Seilbahnen müssen während ihrer Nutzungsdauer sorgfältig überwacht werden. →

Links unten: Tauender Permafrost kann auch in den Bayerischen Alpen ein Problem werden, so wie hier an der Zugspitze. Der Ausschnitt der Zugspitzregion aus der alpenweiten Permafrostkarte zeigt die Wahrscheinlichkeit für Permafrost (blau = sehr wahrscheinlich, gelb = wenig wahrscheinlich)

Rechts unten: Auftauender Permafrost führt zu Setzungen im Fundament und Beschädigung der Bausubstanz, wie hier an einer Seilbahnstation in den Westalpen (siehe Pfeil). Diese musste neu gebaut werden.





Regionale Maßnahmen: Chancen eröffnen | Von Maximilian Witting und Tobias Hipp



Im Alpenraum, der besonders stark von den Folgen des Klimawandels betroffen ist und auch in Zukunft sein wird, hat man vielerorts den Ernst der Lage schon früh erkannt. Verschiedene regionale Initiativen sind bereits aktiv für Klimaschutz und Anpassung.

In Bayern ist es die Bayerische Klima-Allianz, die einen Großteil dieser Aktivitäten in ihrem Netzwerk bündelt. Umwelt- und kommunale Spitzenverbände sowie gesellschaftliche Akteure betreiben Projekte zur klimafreundlichen Mobilität, energetischen Sanierung, ökologischen Ernährung

bis hin zur Beratung für Private und Unternehmen. Auch der DAV ist in diesem Netzwerk aktiv – mit dem Projekt „Klimafreundlicher Bergsport“ und einer Reihe weiterer Aktivitäten.

Auch Tourismusregionen sind in lokalen Initiativen aktiv. So gibt es im Allgäu ein flächendeckendes Netz von E-Bike-Verleihstationen, das das örtliche Mobilitätsangebot um eine Alternative erweitert und das Auto oft unnötig macht. Der Verein „Ökomodell Achental“ setzt sich im Chiemgau für einen gesunden Lebensraum ein, durch Erhalt der Natur- und Kulturlandschaft, Sicherung landwirtschaftlicher Betriebe und

Förderung eines naturverträglichen Tourismus. Unter diesem Motto ist in der Region ein Netz aus Ladestationen für Elektroautos und E-Bikes entstanden. Mit dem Biomassehof Achental wurde ein erster Schritt in Richtung eines energieautarken Achentals gemacht. Einen anderen Ansatz verfolgt das Netzwerk SchweizMobil, das Informationen und Karten zum „Langsamverkehr“ (Wandern, Mountainbike, Skating, Kanu, ...) verfügbar macht. Auch der Nationalpark Hohe Tauern versucht, seine Besucher für das Thema Klima zu sensibilisieren. Das Angebot „Nationalpark Wanderbus“ wurde sehr gut angenommen; die



Neben internationaler Klimapolitik und persönlicher Emissionsbegrenzung sind regionale Initiativen wichtig: Der Nationalpark Wanderbus in den Hohen Tauern und der Oberstdorfer E-Bike-Verleih machen Mobilität sanfter, der Biomassehof Achental ist Teil der Chiemgauer Bioenergie-Region.

Den Ursachen entgegenwirken!

Die Alpen sind mit ihrer vielfältigen und sensiblen Natur einzigartig in Deutschland. Als geografische Barriere prägen sie bedeutsam das Wettergeschehen nicht nur in Südbayern. Zugleich sind sie Bestandteil der bayerischen Kultur und Identität. Der Temperaturanstieg in den Alpen war in den vergangenen Jahrzehnten mit 1,5 °C nahezu doppelt so groß wie im globalen Durchschnitt. Bis zum Ende dieses Jahrhunderts kann von einem weiteren Temperaturanstieg um 3,5 °C ausgegangen werden.

Diese Klimaänderung setzt den Alpen bereits heute in besonderem Maße in vielen Bereichen zu. Schwindende Gletscher, Verschiebung und Verlust der Lebensräume von Tieren und Pflanzen, Rückgang von Permafrost und die Zunahme von Naturgefahren sind maßgebliche Folgen.

Zum einen sind wir alle gefordert, den Ursachen des Klimawandels entgegenzuwirken. Dies bedeutet ein klimafreundliches und nachhaltiges persönliches Handeln und Wirtschaften. Zum anderen sind die Änderungen bereits jetzt so groß, dass insbesondere im Alpenraum Anpassungsmaßnahmen im Bereich der Daseinsvorsorge und Bewirtschaftung notwendig sind. Diese Maßnahmen finden jedoch dort ihre Grenzen, wo sie die Prinzipien der Nachhaltigkeit verletzen. Klimaschutz geht uns alle an! Jeder noch so kleine Beitrag zählt!



Dr. Michael Joneck
Bayerisches Landesamt für Umwelt, Leiter des Referats „Klimafolgen, kommunaler Umweltschutz“

Fotos: Nationalpark Hohe Tauern/K. Dapra, Movelo Allgäu-Schwaben, Biomassehof Achental (2)

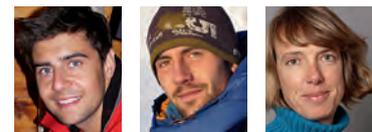


so genannte „Verbund“-Klimaschule vermittelt als kostenloses Bildungsprogramm Schülerinnen und Schülern bis zur 10. Klasse spielerisch das Thema Klimaschutz.

Neben vielen lokalen und regionalen Initiativen von Verbänden, Vereinen und Kommunen gibt es auch eine Reihe überregionaler Vorhaben, die oftmals dem größten Projektförderprogramm der europäischen Investitions- und Strukturpolitik (Interreg) entstammen. Seit mehr als 20 Jahren fördert Interreg maßgeblich unter anderem die staatenübergreifende Zusammenarbeit zur Raumentwicklung – auch in den Alpen, einem von sechs Kooperationsräumen. Ein prominentes Ergebnis ist bei-

spielsweise der Verein Alpine Pearls. Aus zwei aufeinander aufbauenden Projekten entstanden, hat er ein Netzwerk von alpinen Ferienorten mit Fokus auf umweltgerechter Mobilität geschaffen. Das Projekt „Alpstar“ verfolgt das ehrgeizige Ziel, die Alpen bis 2050 zur klimaneutralen Region zu machen. Dafür haben sich 13 Partner aus sieben Alpenländern zusammenschlossen, um unter anderem die Energieeffizienz im Alpenraum zu verbessern. AlpInfoNet, ein weiteres überregionales Projekt, versucht, bestehende, oft räumlich begrenzte Auskunftssysteme über Mobilitätsangebote im Alpenraum international zu verknüpfen. Eine einheitliche, transna-

tionale Tür-zu-Tür-Information soll etwa Sprach- oder Nutzungsbarrieren abbauen und den Zugang zu Angeboten erleichtern. Man muss ja den Veränderungen nicht hilf- und tatenlos zuschauen. ■



Maximilian Witting arbeitet in der DAV-Bundesgeschäftsstelle für das Projekt „Klimafreundlicher Bergsport“. **Dr. Tobias Hipp** hat über Klimawandel und Permafrost promoviert und arbeitet im Ressort Natur- und Umweltschutz beim DAV. **Dr. Marcia Phillips** leitet die Forschungsgruppe „Permafrost und Schneeklimatologie“ am WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) in Davos.