

Die Alpen im Klimawandel

Welche Auswirkungen wird der Klimawandel auf die Alpen haben und auf welche müssen sich die Menschen einstellen?

Maike, Kim, Larissa, Mirja

Gliederung

1. Einleitung	Seite 3
2. Klimaänderungen und Lawinen in den Alpen	Seite 3
2.1 Temperaturen	Seite 3
2.2 Niederschlag	Seite 3
2.2.1 Was ist in der Zukunft zu erwarten?	Seite 3
2.3 Niederschlagsveränderungen in den Alpen	Seite 4
2.4 Lawinen	Seite 5
2.4.1 Entstehung und Bildung von Lawinen	Seite 5
2.4.2 Hauptfaktoren zur Bildung von Lawinen	Seite 6
2.4.3 Schutzmaßnahmen zur Vorbeugung von Lawinen	Seite 7
3. Permafrost	Seite 8
3.1 Was ist Permafrost?	Seite 8
3.1.1 Temperaturen im Permafrost	Seite 8
3.1.2 Maximale Tiefe der Auftauschicht des Permafrostes im Sommer im Vergleich zur Jahresdurchschnittstemperatur	Seite 9
3.1.3 Alpen-Frosttage anhand von Klimakarten	Seite 10
3.2 Was sind die Auswirkungen der Veränderung des Permafrostes?	Seite 12
3.2.1 Bergsturz, Steinschlag und Murgänge	Seite 12
3.2.2 Bebauung auf Permafrostböden	Seite 12
4. Auswirkungen des Klimawandels auf den Skitourismus	Seite 13
4.1 Schneesicherheit	Seite 13
4.2 Skifahren	Seite 13
4.3 Verhalten der Urlauber auf die momentane und zukünftige Klimaveränderung	Seite 14
4.4 Maßnahmen der Skipistenbesitzer und ihre Folgen	Seite 14
5. Fazit	Seite 15
6. Quellenverzeichnis	Seite 16

1. Einleitung

Die Alpen gelten als das „Herz Europas“, da sie sich mit ihrer immensen Größe durch viele Länder erstrecken: Frankreich, Monaco, Italien, Schweiz, Deutschland, Lichtenstein, Österreich und Slowenien (vgl. Wikipedia: Alpen).

Mit einer Länge von 1200 Kilometern und einem breiten Bogen, der sich vom Mittelmeer bis an das Pannonische Becken ausdehnt, sind die Alpen das größte innereuropäische Gebirge (vgl. Wikipedia: Alpen). Sie werden in naher Zukunft an Aufmerksamkeit gewinnen, da sie als Klimawarnsystem bezeichnet werden. An ihnen kann man die Folgen der rapide zunehmenden, globalen Erwärmung erkennen.

Uns fasziniert die enorme Größe der Alpen und die Vielfalt an Aktivitäten, die man dort erleben kann.

Wir haben uns das Thema „Die Alpen im Klimawandel“ ausgewählt, da uns die Frage interessiert, welche Folgen die globale Erwärmung für die Alpen in den kommenden 50 Jahren haben werden.

2. Klimaänderungen und Lawinen in den Alpen

2.1. Temperaturen

Die Jahresdurchschnittstemperaturen steigen global nach oben, in den Alpen besonders stark. Dabei ist die Zunahme der Wintertemperaturen bedeutend höher als der weltweite Ganzjahrestemperaturanstieg. Der Alpentemperaturanstieg liegt ca. bei 1,3 C°; damit liegt er weltweit über dem Durchschnitt. Bei einer Verdoppelung des Kohlendioxids in der Atmosphäre erwartet man in dem Alpenraum eine Erwärmung von ca. 2,5c° in der Zukunft (vgl. Zimmerl 2001).

2.2. Niederschlag

Die Regen produzierenden Wettersysteme bringen immer mehr Feuchtigkeit in die Alpen. Eine Erklärung dafür ist die Erwärmung des Meerwassers im Nordatlantik. Ein Grund für den vermehrten Feuchtigkeitstransport gegen die Alpen könnte die verstärkte Westwindzirkulation sein. Durch diesen Transport steigt der Niederschlag in den Alpen mehr als anderswo. Die Winterniederschläge haben im 20. Jahrhundert deutlich zugenommen, an der Alpennordseite stärker als an der Alpensüdseite (vgl. Historisches Lexikon der Schweiz). Im Schweizer Alpenraum wurde in den Wintermonaten ein Zuwachs an Niederschlägen von ca. 10% festgestellt, nördlich der Alpen um 20% und in kleinen Teilen des Alpenraum um ca. 30- 40%. Da die Alpen die Regionen auf der Südseite vor den Westwinden abschirmen, kommt es auf der Alpensüdseite zu weniger Niederschlägen.

2.2.1. Was ist in der Zukunft zu erwarten?

Für die Zukunft wird vorhergesagt, dass es zu mehr Niederschlägen im Alpenraum kommen wird. Nicht nur an der Alpennordseite sondern auch auf der Alpensüdseite wird es zu einer deutlichen Zunahme an Niederschlägen kommen. Nach Untersuchungen werden die globalen Temperaturen weiter steigen, dadurch gibt es eine höhere Verdunstung und das hat mehr Niederschläge zur Folge.

2.3. Niederschlagsveränderungen in den Alpen

Die folgenden zwei Klimadiagramme für die Alpen haben wir selbst entworfen; dafür nutzten wir Daten vom Max-Planck-Institut. Sie sind in der Anzahl mit einem Niederschlag von über 20 mm dargestellt und in der Einheit (Tage) angegeben. Sie zeigen eine mögliche Entwicklung der Tage mit Niederschlag im Bereich der Alpen.

Die erste und zweite Karte (Abb. 1 und 2) zeigen die ermittelten Niederschlagsdurchschnittswerte für die Alpen aus den Jahren 2021 bis 2050 und 1961 bis 1990. Die dritte Klimakarte (Abb. 3) ist ebenso in der Anzahl der Tage mit Niederschlägen über 20 mm angegeben. Sie stellt die Differenzwerte der ersten Karte (Abb. 1) von 1961-1990 und der zweiten Karte (Abb. 2) von 2021-2050 dar. An der rechten Seite der Diagramme befindet sich die Skala der Tage mit Niederschlag. Der unterschiedlichen Anzahl an Tagen sind Farben zugeordnet, so dass die Tage mit Niederschlag gut ablesbar sind.

Wenn man die erste und die zweite Karte betrachtet, ist für die Zukunft der Alpen zu erwarten, dass sich die Anzahl der Tage mit Niederschlag deutlich vermehrt. Gut zu erkennen ist, dass auf Abb. 1 besonders die Alpennordseiten von den starken Niederschlägen betroffen gezeigt wird. Das lässt sich durch die vermehrten Westwinde erklären, welche mehr Feuchtigkeit gegen die Alpen transportieren. Auf Abb. 2 erkennt man, dass sich die Niederschläge vermehren werden und auch die Alpensüdseite mehr betroffen sein wird von Niederschlägen. Das lässt sich erklären durch die Vorhersage weiter steigender Temperaturen, welche eine höhere Verdunstung und somit mehr Niederschläge verursachen werden. Wenn man die Differenzkarte (Abb. 3) betrachtet, ist deutlich zu erkennen, dass es eine Zunahme der Niederschläge nicht nur auf der Alpennordseite, sondern auch auf der Alpensüdseite geben wird. Jenes wird eine immer mehr werdende Bildung und Entstehung von Lawinen verursachen (vgl. Broschüre Greenpeace Österreich: Klimawandel und Lawinen).

Anzahl der Tage mit Niederschlag ueber 20mm 1961–1990

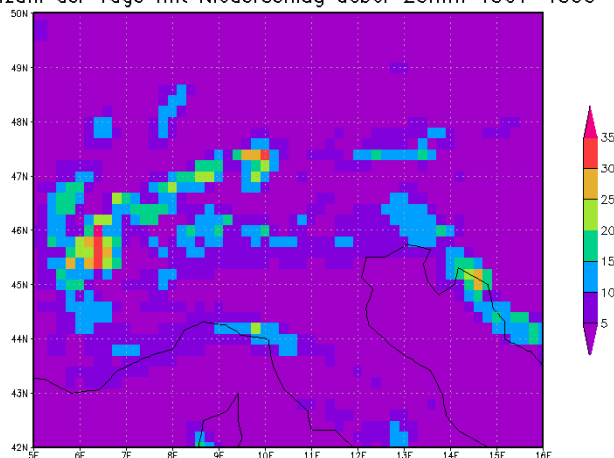


Abb. 1: selbst erstellte Klimakarte der Alpen von 1961-1990

Anzahl der Tage mit Niederschlag ueber 20mm 2021-2050

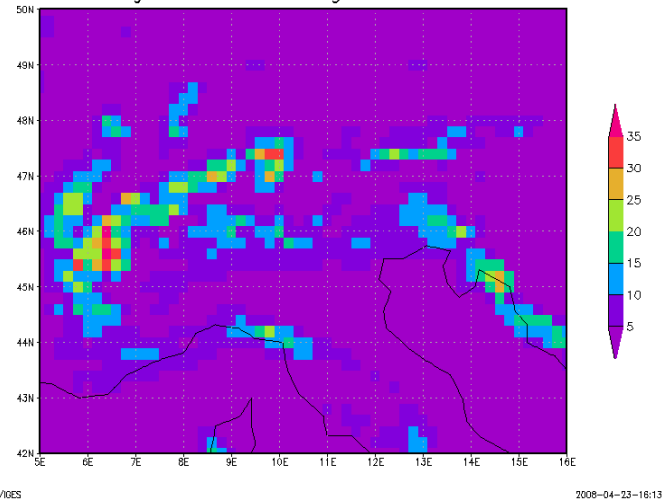


Abb. 2: selbst erstellte Klimakarte der Alpen von 2021-2050

Differenz der Tage mit Niederschlag ueber 20mm

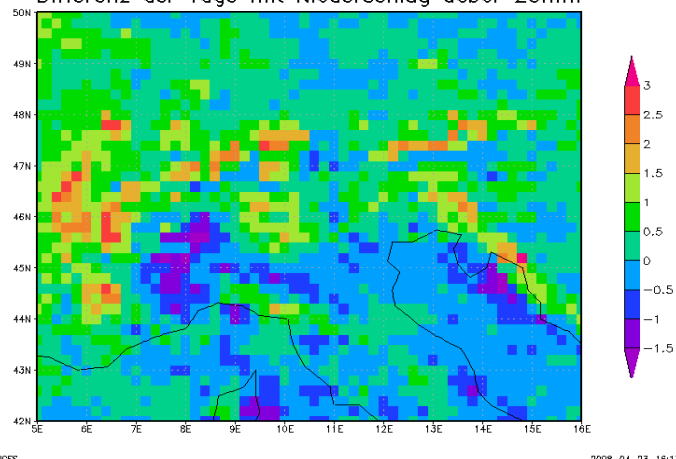


Abb. 3: selbst erstellte Klimakarte: Differenzwerte von Abb. 1 und 2

2.4 Lawinen

2.4.1. Entstehung und Bildung von Lawinen

Die verschiedenen Lawinen werden beeinflusst von Masse, Steilheit, Schneeart und Untergrund. Schnee ist nicht gleich Schnee, er unterscheidet sich nach Schneeart und Schichtbildung.

Folgende Ausführungen zum gesamten Kapitel 2.4 Lawinen stammen aus einer Broschüre von Greenpeace Österreich (vgl. Broschüre Greenpeace Österreich: Klimawandel und Lawinen). In den Schneekristallen und Schneekörnern sind Poren vorhanden, die mit Luft (*Pulverschnee*) oder mit Wasser (*Frühjahrssulz*) gefüllt sind. Während der Niederschläge und im Anschluss an diese verändert sich die Schneedecke dauerhaft. Die Metamorphose (die Verwandlung und Verbindung des Schnees) ist abhängig von der Temperatur, Luftfeuchtigkeit und der Strahlung. Dadurch verändern sich Dichte und Struktur und damit die Festigkeit und die Verformbarkeit. Die Festigung des Schnees entsteht durch den Neuschnee, der sich mit einzelnen Kristallen verkeilt und sich durch Gefrieren fest zu Eiskristallen verbindet. Je nach Beanspruchung der Schneedecke wird von Zugfestigkeit, Druckfestigkeit und Scherfestigkeit gesprochen. Die innere Festigkeit und die Verbindung mit dem Boden, durch das Anfrieren oder der Verzahnung, hält die Schneedecke im Gleichgewicht.

Extremer Neuschneezuwachs, Wind oder schnell steigende Temperaturen tragen dazu bei, das Gefüge instabil zu machen. Schichtbildung und Schneemetamorphose beeinflussen das Lawinenrisiko.



Abb. 4: Lawine in Bewegung

(<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/98/Lawine.jpg/300px-Lawine.jpg>
(03.05.08))

2.4.2. Hauptfaktoren zur Bildung von Lawinen

Es gibt verschiedene Faktoren, die eine große Rolle zur Bildung von Lawinen spielen. Ein Faktor sind Starkniederschläge, welche immer häufiger vorkommen. In den Wintermonaten besteht eine große Lawinengefahr, wenn es über mehrere Tage Neuschnee gibt. Dazu trägt der Wind eine Menge bei. Er bewegt den Neuschnee ständig, so lagert er sich immer wieder um. Es entstehen extreme Schneemassen, die durch die kleinste Erschütterung zu einer riesigen Lawine werden können. Ebenso wird durch den Wind die Verzahnung der Schneekristalle deutlich reduziert, die Folge ist eine weniger stabile Schneedecke. Ein weiterer Faktor zur Bildung von Lawinen ist die Schwachschichtbildung. Entscheidend dabei ist das Einschneien einer Schwachschicht, denn wenn die unteren Schichten eine geringe Festigkeit aufweisen, entstehen sogenannte Schneebrett-Lawinen (Abb. 5). Es kann auch schnell zu Lawinen kommen, wenn die alte Schneedecke so enorm ist, dass sie die Unebenheiten im Boden (Felsen, Rippen, Mulden...) ausgleichen kann und keinen Halt mehr findet. Aber der durch den Klimawandel am meisten gefundene Faktor ist die schnell ansteigende Temperatur. Sie führt zum Verlust der Schneebindung beziehungsweise Eisbindung.



Abb. 5: Schneebrett-Lawine

(<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/ab/Schneebrett.jpg/300px-Schneebrett.jpg> (03.04.08))

2.4.3. Schutzmaßnahmen zur Vorbeugung von Lawinen

Um die Einwohner und die Skitouristen vor Lawinen zu schützen, gibt es zwei verschiedene Schutzmaßnahmen: lang- und kurzfristige Lawinenschutzmaßnahmen.

Beim *kurzfristigen Schutz* werden Lawinen von Fachleuten gezielt ausgelöst. So wollen sie verhindern, dass eine Riesenlawine entsteht, die beim Lawinenrutsch besiedelte Gebiete gefährdet. Beim *langfristigen Lawinenschutz* werden Schutzvorrichtungen erstellt, um die Lawinen beim Niedergehen zu bremsen. Es werden massive Barrikaden aus Holz, Beton, Stahlstangen, Netzen oder aus Drahtseilen aufgestellt, um die Lawinen abzulenken oder zu stoppen (Abb. 6). Solche Schutzbauten sind sehr teuer. Den besten Schutz bieten die natürlichen Bergwälder. Wenn sich oberhalb der Siedlungen gesunde Wälder befinden, brauchen die Menschen kaum Sorgen vor Lawinenverschüttungen zu haben (vgl. Medienwerkstatt Wissenskarten: Schneelawinen).

Bergwacht und Lawinenwarndienste raten den Skitouristen, auf den markierten Pisten zu bleiben, da die Wahrscheinlichkeit, auf einer präparierten Piste von einer Lawine überrollt zu werden, geringer ist, als außerhalb der abgesperrten Hänge. Durch das Ignorieren dieser Warnungen gefährden sie nicht nur sich selbst, sondern auch das Leben anderer oder die tiefer gelegenen Dörfer.



Abb. 6: Schutzbau gegen Lawinen

(http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d5/Picswiss_VS-66-48.jpg/180px-Picswiss_VS-66-48.jpg (27.01.08))

3. Permafrost

3.1 Was ist Permafrost?

Folgende Informationen entstammen dem Education Bildungsportal zum Thema Permafrost. Wenn in einem Gebiet die Temperatur mehrere Jahre unter 0°C liegt, spricht man von Permafrost. Bei diesem Prozess entsteht dauerhaft gefrorener Boden (vgl. Education Bildungsportal¹).

In den Alpen gibt es Permafrost ab Höhen von 2500m über dem Meeresspiegel. Im Sommer kann der Oberboden oberflächlich auftauen, der Boden darunter bleibt weiter gefroren (vgl. Education Bildungsportal¹).

Permafrost verklebt Lockermaterial und Felsstücke zu einem großen Brocken und so entsteht ein begehbare Stück Gestein. Dadurch werden die Alpen stabilisiert (vgl. Education Bildungsportal¹).

In den alpinen Regionen wird gibt es diskontinuierlichen und sporadischen Permafrost.

3.1.1 Temperaturen im Permafrost

In den letzten 100 Jahren hat die Temperatur im Permafrost um $0,5^{\circ}\text{C}$ zugenommen (vgl. Greenpeace Schweiz: Permafrost). Die Temperaturen im Permafrost sind stark vom Schneefall abhängig. Je früher der Schnee fällt (also schon im Spätsommer oder Frühherbst), desto länger bleibt die Wärme darunter gespeichert, weil der Schnee die Wärme isoliert und so eine Schutzschicht aufbaut. Lässt der Schnee hingegen lange auf sich warten, so kühlt der Boden im Herbst und Frühwinter stärker ab und der Permafrost hat über die Wintermonate kühlere Temperaturen. Zusätzlich bedeutet ein spätes Abtauen des Schnees im Frühjahr für den Permafrost längere und kühlere Temperaturen, da so die Sonne erst später intensiver auf den Boden einstrahlen kann. Die Sonnenwärme benötigt im Schnitt sechs Monate für 10m Tiefe (vgl. Greenpeace Schweiz: Permafrost). Um diese Erkenntnisse zu bekommen, wurde die Wirkung des

Schnees auf dem Boden vom WSL (Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft) anhand eines Schneedeckenmodells „*SNOWPACK*“ untersucht. Das Modell wurde um Bodenschichten erweitert, um so den Einfluss verschiedener Schneedeckenparameter (Schneedichte, Schneehöhe, Dauer der Schneebedeckung etc.) zu ermitteln. Danach hat man die Temperatur ermittelt und so herausgefunden, welcher Schnee wann am besten ist. Die Simulationsergebnisse werden mit Feldmessungen verglichen, um das Model so am besten konstruieren zu können. Durch dieses Model können die Wechselwirkungen der Schneedecke unter verschiedenen klimatischen Bedingungen simuliert werden. Das bedeutet, dass einfache Klimaszenarien, wie etwa eine Erwärmung der mittleren Jahrestemperatur um 2°C, simuliert werden können. Dabei können die Auswirkungen auf die Schneedecke und die Bodentemperatur untersucht werden (vgl. WSL¹).

Seit 1997 stieg die Temperatur in 10 Meter Tiefe bis heute kontinuierlich an. Eine einzige Ausnahme gab es im Winter 2001/02, als die Temperatur konstant blieb. Im Rekordsommer 2003 mussten etliche Bergsteiger evakuiert werden, da es durch Permafrost-Schmelzungen zu Bergstürzen kam. Deswegen sind seit dem Jahr 2003 auch einige Wander- und Bergsteiger-Routen für die Benutzung gesperrt worden (vgl. Education Bildungsportal²).

3.1.2 Maximale Tiefe der Auftauschicht des Permafrostes im Sommer im Vergleich zur Jahresdurchschnittstemperatur

Das Thema dieses selbst erstellten Kurvendiagramms in Abb. 7 ist die maximale Tiefe der Auftauschicht (m) des Permafrostes im Sommer und die Jahresdurchschnittstemperatur (°C) im Vergleich (vgl. Wissenschaft und Bergwelt). Dargestellt wird die Grafik in einem Kurvendiagramm und durch eine Tabelle darunter ergänzt. Das Kurvendiagramm hat eine rote und eine blaue Kurve, die rote Kurve steht für die Temperatur (in Grad Celsius), die blaue Kurve stellt die Auftauschicht der Permafrostes (in Metern) dar. Die Kurven werden durch eine Tabelle unter der Grafik ergänzt, auf welcher man die Werte genauer ablesen kann.

Grob gesehen hat die Grafik einen gleichen Verlauf, welchen man aber wegen des kurzen Zeitraums nicht genau interpretieren kann, da dafür mehr Daten benötigt werden würden.

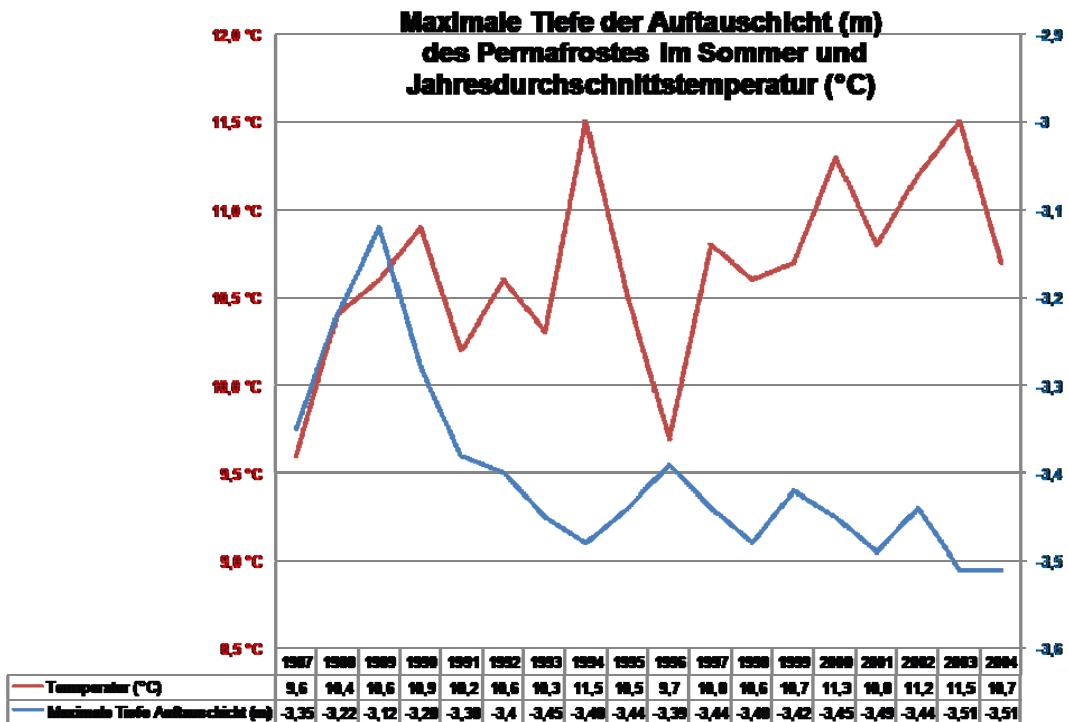


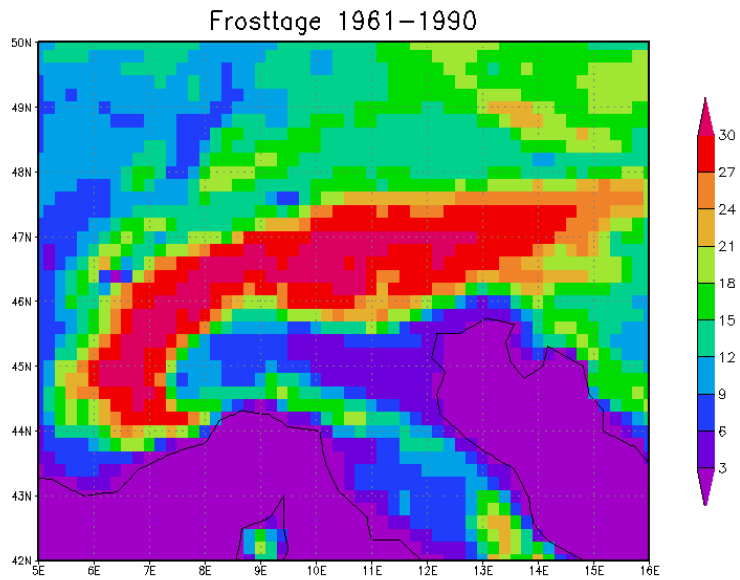
Abb. 7: Maximale Tiefe der Auftauschicht des Permafrostes im Sommer und Jahresdurchschnittstemperatur (erstellt nach Angaben des PERMOS, nachzulesen in Wissenschaft und Bergwelt)

3.1.3 Alpen-Frosttage anhand von Klimakarten

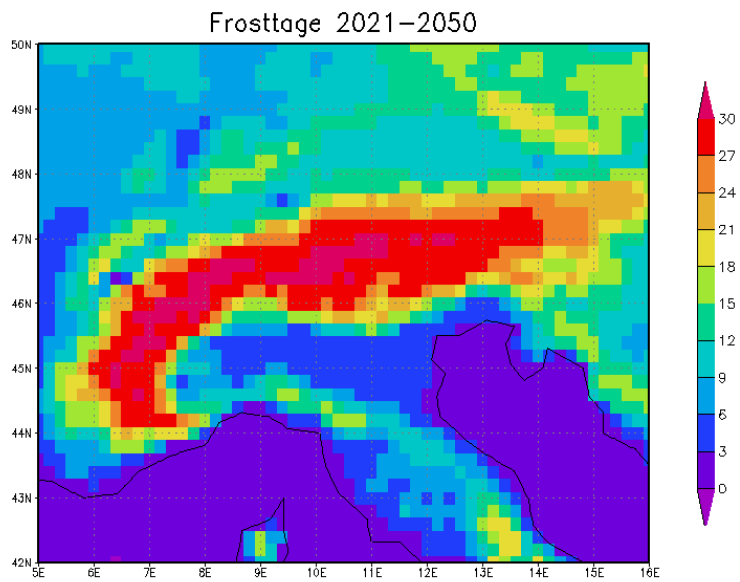
Für die folgenden Klimakarten haben wir ebenfalls Daten vom Max-Planck-Institut bekommen. Auf den ersten beiden selbst erstellten Klimakarten (Abb. 8 und 9) sind die durchschnittlichen Frosttage in den Alpen zu erkennen. Die Werte lassen sich an der Skala am rechten Rand ablesen. Die erste Karte (Abb. 8) zeigt die Frosttage von 1961 bis 1990 an. Auf ihr lässt sich gut erkennen, dass es auf dem Bergkamm 30 Frosttage sind. Der Rest der Alpen hat 24 Frosttage und mehr.

Bei der darauffolgenden Karte (Abb. 9) lässt sich erkennen, dass die Frosttage abnehmen. Auf dem Bergkamm gibt es nicht mehr so viele Gebiete, in denen es 30 Frosttage gibt. Es gibt auf dem Bergkamm vermehrt auch nur noch 27 Frosttage. Auch gibt es jetzt in den Alpen Bereiche, welche nur noch 18-21 Frosttage haben.

Bei der Vergleichskarte auf der übernächsten Seite (Abb. 10) sind die Werte von 2021-2025 und 1961-1990 angezeigt. Dargestellt wird dieses in Abnahme der Frosttage. Auf der Vergleichskarte lässt sich erkennen, dass die Tage gleich gebliebenen sind oder sogar abgenommen haben. Außer auf dem Bergkamm, wo es überwiegend keine Veränderung gab, haben die Frosttage im Schnitt um 0,6 Tage abgenommen.



GRADS: COOLA/10ES 2007-11-30-16:21
 Abb. 8: Alpen-Frosttage von 1961-1990 (selbst erstellte Karte)



GRADS: COOLA/10ES 2007-11-30-16:21
 Abb. 9: Alpen-Frosttage von 2021-2050 (selbst erstellte Karte)

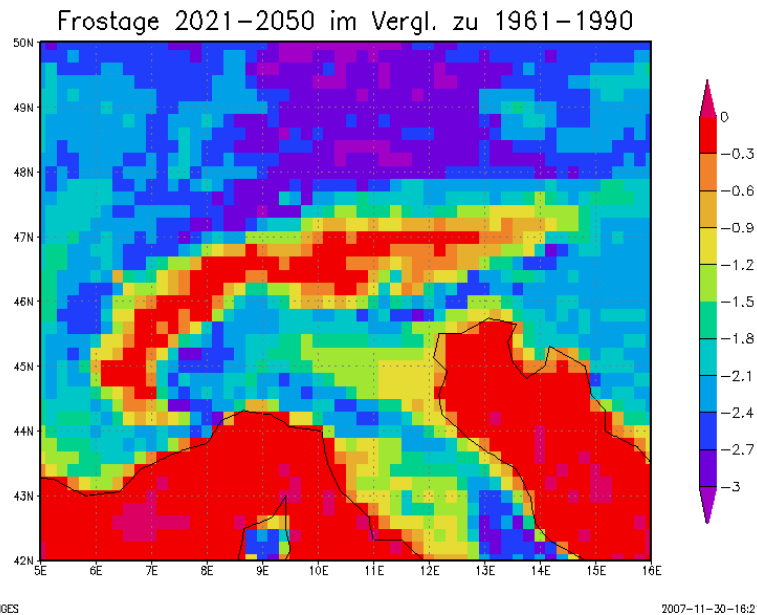


Abb. 10: Alpen-Frosttage von 2021-2050 im Vergleich zu 1961-1990 (selbst erstellte Karte)

3.2 Was sind die Auswirkungen der Veränderung des Permafrostes?

3.2.1 Steinschlag, Bergsturz und Murgänge

Bergsturz: Es lösen sich gleichzeitig mehrere Gesteinsbrocken und fallen/rollen in die Tiefe. Bei diesem Prozess erreicht das Material oft Geschwindigkeiten von 40 m/s (145km/h). Durch die Reibung kann feinstes Gesteinsmehl entstehen oder aber das Gestein schmilzt (vgl. Wikipedia: Bergsturz).

Steinschlag: Es fällt ein einziger Gesteinsbrocken runter. Dieser kann springen, rollen oder fallen (vgl. Kanton Bern).

Murgang: Eine schnell fließende Masse aus Wasser und viel Felsgestein, die sich wie ein Fluss einen Weg talabwärts sucht, nennt man Murgang (vgl. WSL²).

Durch die immer weiter andauernde globale Erwärmung nimmt die Wahrscheinlichkeit von Felsstürzen in den Alpen zu. Durch Löcher im Gestein, welche von schmelzendem Permafrost gebildet werden, sammelt sich Wasser. Wenn dieses wieder gefriert, werden ganze Felstücke vom Felsen abgesprengt (vgl. WWF Schweiz 2006). Schon 1987 waren 30% der Murgänge in der Schweiz auf den Permafrost zurück zu führen, da der Permafrost aufgeschmolzen ist und das sich dabei lösende Gestein einen Murgang ausgelöst hat (vgl. Wissenschaft und Bergwelt).

Dass es so schnell zu einem Bergsturz oder Murgang kommen kann liegt daran, dass die oberste Schicht von 0,3 m bis zu 6,0 m schon bei einer Neigung von 3° ins Rutschen kommt (vgl. Kanton Bern).

3.2.2 Bebauung auf Permafrostböden

In den Alpen sind viele Lifte und Skihütten auf Permafrostböden gebaut. Durch die Gefahr des Abschmelzens des Permafrostes kann es passieren, dass ganze Häuser oder Lifte samt Gondeln mit einem Bergrutsch ins Tal gerissen werden (vgl. WSL¹). In der Schweiz sind allein 300 Bergbahnen im Permafrost verankert (vgl. Kanton Bern). Die Gebäude und Skilifte werden in den warmen Sommermonaten mit Stahlträgern in den

zu dieser Zeit aufgetauten Permafrostböden verankert. Als weitere Schutzmaßnahme wird für den Bau spezieller Mörtel benutzt und das Gebäude wird noch mit speziellen Ankertypen befestigt (vgl. Wissenschaft und Bergwelt).

4. Auswirkungen des Klimawandels auf den Skitourismus

4.1 Schneesicherheit

Viele Forscher sind sich darüber einig, dass die Schneesicherheit in vielen Regionen abgenommen hat und auch weiterhin abnehmen wird. Gerade in den Alpen macht sich der Klimawandel deutlich bemerkbar, da dort die Folgen der zunehmenden Erwärmung durch die verschiedenen Höhenlagen sehr gut nachvollziehbar sind. In Gebieten, wo früher in allen Höhenlagen über mehrere Wintermonate Schneesicherheit garantiert war, zeigen sich heute zunehmend schneefreie, grüne Regionen. Am stärksten sichtbar macht sich dieses in den tieferen Lagen. Statt dicker Schneeflocken fällt immer häufiger Regen, der auch den letzten Schnee schneller schmelzen lässt. In den höheren Lagen hingegen ist durch die bisher noch niedrigeren Temperaturen Schneesicherheit gegeben. Durch die Verschiebung des Skitourismus in diese Gebiete nehmen Pistenbesitzer bisher geschützte Gletschergebiete ein und verdrängen somit Tiere und Pflanzen (vgl. BMU 2008).

Die Temperaturen der vergangenen Jahre betragen in den Alpen durchschnittlich -4 bis -10°C . In den kommenden 100 Jahren wird eine Steigerung der Temperaturen um $4-6^{\circ}\text{C}$ erwartet. Doch schon bei einer Erwärmung um 1°C wären die Folgen für diese Gebiete beträchtlich. Anhand von Klimakarten lässt sich erklären, was die steigende Schneeschmelze vorantreibt: Es ist nicht der Mangel an Schnee, denn Tabellen, die Werte für die nächsten 50 Jahre liefern, zeigen, dass der Schneefall sich kaum ändern wird. Doch die Schneedicke weist vor allem in den am Rand liegenden niedrigeren Schneegebieten einen starken Verlust auf. Dieser liegt bei bis zu -0.24 m, was bedeutet, dass einige Gebiete, die zuvor über die Wintermonate $0.6-1.0$ m Schneedicke aufgewiesen haben, in den nächsten Jahren mit einem starken Verlust rechnen müssen, da die Werte für die kommenden 50 Jahre nur noch $0.4-0.6$ m aufzeigen. Der Hauptgrund liegt, wie schon angedeutet, an der steigenden Temperatur. Diese gibt auf den Klimakarten in den kommenden Jahren nur noch in den hoch liegenden Gebieten eine Temperatur von -10°C an, während in vielen anderen Gebieten die Erwärmung so weit führen wird, dass 0 bis -2°C normale Temperaturwerte sein werden. Doch ein Vergleich ergab, dass die höheren Gebiete den größten Temperaturenverlust haben werden, diese aber durch die schon vorher sehr niedrigen Temperaturen gerade noch ein zu schnelles Abschmelzen der Gletscher verhindern könnten (vgl. BMU 2008).

4.2 Skifahren

Die Wintersaison wird immer kürzer, die Grünzeiten immer länger. Früher waren die Wintersportangebote, wie wir sie heute kennen, noch nicht sehr weit verbreitet. Daher stellten sie eine Besonderheit für die Menschheit dar. Diese Exklusivität nahm jedoch mit der Zeit ab, ein Massensport für alle entstand und die Wintersportangebote wurden vielfältiger und auch populärer. Heutzutage ist der Skiurlaub ein Ereignis, welches viele Menschen schon erlebt haben, während das Skifahren in damaligen Zeiten ein seltener Luxus war für diejenigen, welche die unberührte Natur entdecken wollten oder das Skifahren der täglichen Fortbewegung diente. Doch auch in Zukunft wird das Skifahrangebot durch sinkende Skigebiete wieder eingeschränkt werden, da die Schneesi-

cherheit immer geringer und die schneesicheren Monate immer kürzer werden. Die steigende Erderwärmung führt dazu, dass das Wintersportangebot verringert wird, somit auch die Preise wieder in die Höhe steigen und diese Sportart wieder zum Luxus werden könnte.

Eine Schneegarantie anzubieten wird für die Pistenbetreiber immer schwieriger. Die Anzahl der schneesicheren Skigebiete reduziert sich von Jahr zu Jahr und auch weiterhin wechseln viele Gäste ihren Urlaubsort, wenn dieser keine Schneegarantie mehr bieten kann. Doch gerade die Skigebiete, in denen noch die Möglichkeit besteht, momentan weiterhin Wintersport zu betreiben, hoffen durch viele angestrebte Maßnahmen auf eine Besserung und Rettung der Skigebiete. Um weiterhin Skisicherheit anbieten zu können, werden die Pisten mit künstlicher Beschneigung winterfest gemacht. Mit Kunststoffabdeckungen auf den Gletschern, wie sie in einigen Regionen verwendet werden, will man einen weiteren Verlust der Gletschermassen im Sommer verhindern. Durch diese und weitere Maßnahmen hoffen Skigebiete in den nächsten Jahren, trotz der Erwärmung, auf reichlichen Tourismus. Denn schon ein Jahr ohne Schneesicherheit und damit ausfallende Buchungen würden für viele Anbieter starke Einbußen bis zum Ruin bedeuten. Die Informationen zu diesem Kapitel entnehmen wir aus Klimawandel Global (2007).

4.3 Verhalten der Urlauber auf die momentane und zukünftige Klimaveränderung

Für die Wintersport-Regionen sieht es düster aus, denn der Tourismus wird in den nächsten Jahren immer mehr ausbleiben. Momentan wechseln viele Skigäste noch ihren angestammten Urlaubsort, wenn dieser keine Schneesicherheit mehr bieten kann. Sie planen ihren Urlaub in den höheren Lagen, wo man noch eine große Schneesicherheit hat. Hierdurch kurbeln auch sie den Klimawandel an, denn durch neue Gäste in den höheren Lagen greifen Pistenbesitzer immer weiter in die Natur ein, um ihnen eine Schneesicherheit gewährleisten zu können. Dieses Verhalten von Pistenbesitzern und Skitouristen zeigt, dass beide Seiten die Problematik des Klimawandels noch nicht ausreichend begriffen haben. Hier muss eine Aufklärung stattfinden. Nur so kann ein verändertes Verhalten entstehen, damit beide Seiten gemeinsam etwas gegen die Folgen des Klimawandels tun können. Doch selbst bei einer Einsicht würden auch die höher liegenden Gebiete ihre Schneesicherheit durch die steigenden Temperaturen in den kommenden 50 Jahren nicht halten können. Die Wintersportler werden sich also auf lange Sicht vom Skifahren verabschieden müssen, wenn sie es nicht schon getan haben (vgl. BMU).

4.4 Maßnahmen der Skipistenbesitzer und ihre Folgen

Der Kampf um zahlende Wintersportgäste ist groß. Aus diesem Grund wenden Pistenbesitzer verschiedene Maßnahmen an, um ihre bisherige Gästezahl zu halten und neue hinzuzugewinnen. Die Maßnahmen, die hier Anwendung finden, werden zukünftig negative Folgen haben, wie das Eindringen in geschützte Gletschergebiete, welcher das Leben vieler Pflanzen und Tiere bedroht. Derzeit wird von Seiten der Pistenbesitzer zu viel auf Technologie gesetzt und damit zu wenig auf eine eventuell zu ändernde Strategie geachtet. Maßnahmen wie künstliche Beschneigung, Schneekanonen und Abdeckung der Gletscher durch Folien, welche die Schneedicke erhöhen oder halten sollen, mögen vorerst hilfreich erscheinen, fördern jedoch die Erwärmung in Zukunft umso mehr, denn durch erhöhten Energieverbrauch wird wieder überflüssiges CO₂ produziert, was eine weitere Erderwärmung nur vorantreibt. Außerdem müsste man bei

einem weiteren Temperaturanstieg die künstliche Beschneigung vermehrt einsetzen, was zu einem weiteren Kostenanstieg führen würde. Daher scheinen strategische Maßnahmen sinnvoll, die eine Umwandlung des Freizeitangebotes nach sich ziehen. Statt einer Erweiterung des Skiangebotes könnte eine Umorientierung zu anderen Aktivitäten wie dem Wandern, Mountainbiking, Klettern oder Ähnlichem, die Existenzgrundlage der von der Freizeit lebenden Skiindustrie sichern, ohne dass diese weiter in die Natur eingreifen müsste (vgl. Bund Naturschutz in Bayern e.V. 1999).

5. Fazit

Bei unserer Projektarbeit zum Thema „Klimawandel in den Alpen“ sind wir auf Ergebnisse gestoßen, die uns vorher in den Ausmaßen nicht bewusst waren.

Wir beschäftigten uns damit, was für Auswirkungen eine geringfügige Erwärmung für die Alpen haben wird, aber auch, was für Gefahren durch Lawinen und andere Naturkatastrophen für uns Menschen entstehen könnten. Doch auch für die Natur wird eine Erwärmung starke Folgen haben, da Pflanzen und Tiere durch den Eingriff des Menschen, welcher die Alpen durch negative Eingriffe in die Natur schneesicher halten will, verdrängt werden.

All diese uns vorher nicht bewussten Katastrophen haben unser Interesse zu diesem Thema im Laufe der Projektarbeit immer weiter steigen lassen. Da das Thema Skifahren auch viele von uns betrifft, ist es sehr interessant, nach Werten zu forschen, um herauszufinden, inwieweit das Skifahren in den kommenden 50 Jahren noch möglich sein wird.

6. Quellenverzeichnis

ALPENFORUM International: Ian C. Meerkamp van Embden: Künstliche Beschneigung im Alpenrau:

http://alpenforum.org/i_beschneigung-alpen.html (14.12.07)

Amt für Natur und Umwelt Graubünden:

<http://www.gr-luft.ch/index.php?id=klima> (07.12.07)

<http://www.gr-luft.ch/index.php?id=54&type=4> (02.01.08)

ARD: Grüne Pisten – Wenn der Winter kein Winter mehr ist:

http://www.daserste.de/wwwissen/beitrag_dyn~uid,13o1b9bvrfokps6k~cm.asp
(19.12.07)

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Klimawandel in den Alpen. Fakten – Folgen – Anpassung (2008):

http://www.bmu.bund.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/broschuere_klimawandel_alpen.pdf (19.12.07)

Bund Naturschutz in Bayern e.V.: Trendsportarten im Alpenraum (1999):

http://www.bund-naturschutz.de/fileadmin/download/alpen/Trendsport_Web_Info-dienst.pdf (12.12.08)

BUND: Schneekanonen – Aufrüstung gegen die Natur:

<http://www.bund-naturschutz.de/fakten/alpen/schneekanonen.html> (14.12.07)

Education Bildungsportal RAO online:

¹<http://www.raonline.ch/pages/edu/cli/perma01b2.html> (04.01.08)

²<http://www.raonline.ch/pages/edu/cli/perma02a4.html>

Greenpeace Österreich: Mag. Andreas Maier: Klimawandel und Lawinen – Risiken und Trends im Alpenraum.

http://www.greenpeace.at/uploads/media/Klimawandel_Lawinen.pdf (12.12.08)

Greenpeace Schweiz:

<http://www.klimainfo.ch/Permafrost.179.0.html> (02.12.07)

Hamburger Bildungsserver: Anthropogener Klimawandel – Der Mensch verändert das Klima:

<http://www.hamburger-bildungsserver.de/welcome.phtml?unten=/klima/index.htm>
(02.12.07)

Historisches Lexikon der Schweiz: Stephan Bader: Das Klima der Zukunft:

<http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/d/D7770-1-3.php> (12.12.08)

Institut für Meteorologie und Klimaforschung in Garmisch Partenkirchen:

<http://www-imk.fzk.de/index.html> (14.12.07)

Kanton Bern:

<http://www.vol.be.ch/site/print/naturgefahren-steinschlag> (04.01.08)

Klimawandel Global: Folgen des Klimawandels in den Alpen – Das Ende des Massentourismus (2007):

<http://www.klimawandel-global.de/klimawandel/folgen/folgen-des-klimawandels-in-den-alpen-das-ende-des-massentourismus/> (12.12.07)

Lawinensicherheit.de:

<http://www.lawine.org/typo7/index.php> (01.12.07)

Medienwerkstatt Wissenskarten: Schneelawinen:

http://www.medienwerkstatt-online.de/lws_wissen/vorlagen/showcard.php?id=1736
(03.11.07)

Science:

<http://science.orf.at/science/news/146388> (19.04.08)

<http://science.orf.at/science/news/146523> (19.04.08)

Wikipedia:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Lawine> (06.12.08)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Alpen> (12.12.08)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Bergsturz> (12.12.08)

Wissenschaft und Bergwelt: PERMOS: Permafrost der Schweizer Alpen 2002/03 und 2003/04:

http://alpen.sac-cas.ch/html_d/archiv/2005/200510/ad_2005_10_04.pdf (03.01.08)

WSL (Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft):

¹http://www.wsl.ch/forschung/forschungsprojekte/schneedecke_permafrost/index_DE
(15.02.08)

²http://www.wsl.ch/dienstleistungen/murgang/def_mg.pdf (12.12.08)

WWF Schweiz: Als der Permafrost weg war, kam der Berg (2006):

<http://www.wwf.ch/de/newsundservice/news/index.cfm?uNewsID=876> (31.01.08)

Zimmerl, Friedrich (2001): Die Alpen im Klimawandel – ökologische und ökonomische Folgen für den Wintertourismus in Österreich, Wien.

Sonstige Quellen:

Telefonat mit Greenpeace Deutschland: 040 4104942

Zusätzliche Informationen aus dem Reisebüro und schweizer Touristikinformationen