



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



KLIMAWANDEL IN DEN ALPEN

Fakten - Folgen - Anpassung



IMPRESSUM

Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
Referat Öffentlichkeitsarbeit • 11055 Berlin
E-Mail: service@bmu.bund.de • Internet: www.bmu.de

Text + Konzeption: David Disch, Silvia Reppe, BMU, Referat KI II 3 (Zusammenarbeit mit OECD-Mitgliedstaaten, OECD, UN-ECE; NATO-CCMS, Alpenkonvention, Antarktis, Umwelt und Sicherheit)

Redaktion: Alexandra Liebing, BMU, Referat ZG II 3 (Öffentlichkeitsarbeit)

Gestaltung: design idee, büro für gestaltung, Erfurt
Druck: Silber Druck, Niestetal

Abbildungen:

Titelseite: Prisma/F1 ONLINE	S. 41: McPHOTO/blickwinkel	S. 71: Meinrad Riedo/alimdi.net
S. 5: Riedmiller/Caro	S. 42: Nationalpark Berchtesgaden	S. 72: Riedmiller/Caro
S. 6: David Disch	S. 43: Nationalpark Berchtesgaden	S. 73: CIRPA
S. 7: K. Scholbeck/blickwinkel	S. 44: Nationalpark Berchtesgaden	S. 74: Riedmiller/Caro
S. 8: Horizon/F1 ONLINE	S. 45: Nationalpark Berchtesgaden	S. 76: A1PIX/H
S. 10: Avenue Images GmbH	S. 46: R. Puppetti/blickwinkel	S. 77: C. Huetter/Arco Images
S. 11: Wolfgang Deuter	S. 47: Max Maisch/Universtät Zürich	S. 78: Huber/Schapowalow
S. 12: picture-Alliance/Bildagentur Huber	S. 48: A. Riedmiller/Das Fotoarchiv	S. 79: Konrad Wothe/LOOK-foto
S. 13 o.: Ingolf Pompe/LOOK-foto	S. 50: Archiv KfG	S. 80: Huber/Schapowalow
S. 13 u.: Michael Szoenyi/alimdi.net	S. 51: Archiv KfG	S. 82: Michael Kneffel
S. 14: picture-Alliance/ZB	S. 53: Archiv KfG	S. 83: vario images
S. 15: O. Broders/blickwinkel	S. 54 l.: L. Braun	S. 84: BA Geduldig
S. 17 o.: picture-Alliance/KPA/Kungel	S. 54 r.: M. Weber	S. 85: Alfred Buelliesbach/VISUM
S. 17 u.: Riedmiller/Caro	S. 55: Archiv KfG	S. 87: Riedmiller/Caro
S. 18: Das Fotoarchiv	S. 56: Ingolf Pompe/LOOK-foto	S. 88: Michael Kneffel
S. 19: Wolfgang Nuerbauer/argum	S. 57 o.: Kaeslin/mediacolors	S. 89: Huber/Schapowalow
S. 20: Claudia Hinz/photoplexus	S. 57 u.: Thomas Einberger/argum	S. 90: Ralf Metzler/bobsairport.com
S. 23: Bailleul/mediacolors	S. 58: picture-Alliance/dpa	S. 91: Hermann Erber/LOOK-foto
S. 25: A1PIX/H	S. 59: Guenter Fischer/alimdi.net	
S. 27: Wolfgang Hinz/photoplexus	S. 60: Stefan Kiefer	
S. 28: Eigstler/mediacolors	S. 61: Thomas Einberger/argum	
S. 30: picture-Alliance/Bildagentur Huber	S. 62: Prisma/F1 ONLINE	
S. 32: picture-Alliance/Bildagentur Huber	S. 63: Riedmiller/Caro	
S. 33: artvertise	S. 64: A. Riedmiller/Das Fotoarchiv	
S. 34: Frank Kroenke/Das Fotoarchiv	S. 65: Christian Jablinski/Keystone	
S. 35: R. Usher/WILDLIFE	S. 66: Prisma/F1 ONLINE	
S. 36: Thomas Dashuber/buchcover.com	S. 67: Riedmiller/Caro	
S. 37: picture-Alliance/dpa/dpaweb	S. 68: picture-Alliance/Bildagentur Huber	
S. 38: picture-Alliance/dpa	S. 69: Thomas Einberger/argum	
S. 39: A. Riedmiller/Das Fotoarchiv	S. 70: Alfred Buelliesbach/VISUM	

Stand: Oktober 2008
3. Auflage: 5.000 Exemplare

04	Vorwort Michael Müller und Dr. Otmar Bernhard	4
	Vorwort Dr. Marco Onida	6
08	I. DIE WISSENSCHAFTLICHEN GRUNDLAGEN	
	Die Fakten in Kürze	10
	Klimawandel in den Alpen	12
	Niederschläge	14
	Schnee	17
	Extremereignisse	19
	Mögliche Klimaänderungen im Alpenraum	22
	<i>Von Dr. Daniela Jacob, Holger Göttel, Sven Kotlarski und Philip Lorenz</i>	
	KomPass - Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung	28
30	II. DIE FOLGEN	
	Ökosysteme	32
	Wald	36
	Landwirtschaft	38
	Alpine Ökosysteme im Klimawandel: Fakten und Prognosen	40
	<i>Von Georg Grabherr, Michael Gottfried und Harald Pauli</i>	
	Projekte zum Klimawandel im Nationalpark Berchtesgaden	42
	Gletscher	46
	Gletscher - Wasserkreislauf und Wasserspende	48
	<i>Von Dr. Ludwig Braun und Dr. Markus Weber</i>	
	Naturgefahren	56
	Plattform Naturgefahren der Alpenkonvention (PLANALP)	60
	Projekt ClimChAlp	62
	Gesundheit	64
	Tourismus	67
	Kommt jetzt der neue Alpenwinter?	70
	<i>Von Dr. Dominik Siegrist</i>	
74	III. DIE ALPENKONVENTION	
	Bedeutung der Alpenkonvention für bayerische Behörden	76
	<i>Von Karlheinz Weißgerber</i>	
	Netzwerk Alpiner Schutzgebiete (ALPARC)	80
	CIPRA - Leben in den Alpen	84
	Internationales Wissenschaftliches Komitee Alpenforschung (ISCAR)	85
	Gemeindenetzwerk „Allianz in den Alpen“	86
90	Literatur und Links	90

von **Michael Müller und Dr. Otmar Bernhard**

Liebe Leserinnen und liebe Leser,



Michael Müller



Dr. Otmar Bernhard

die Diskussion über den Klimawandel ist in aller Munde, doch was bedeutet dies konkret für den Lebensraum Alpen? Welche Veränderungen werden erwartet? Welche Anpassungen sind notwendig und realistisch?

Die Folgen des Klimawandels gehören zu den größten Bedrohungen für das Bergökosystem Alpen. Hier reagiert die Natur besonders empfindlich, da sich nirgendwo sonst in Europa so viele sensible Naturräume auf vergleichsweise kleiner Fläche befinden. Beson-

ders im Alpenraum wird auch deutlich, dass bestimmte negative Auswirkungen des Klimawandels nicht mehr zu verhindern sind.

Nach neueren Modellrechnungen ist im Alpenbereich mit einer doppelt so hohen Erwärmung wie im Bundesdurchschnitt zu rechnen; das Risiko von Extremwetterereignissen wird zunehmen; die Alpen werden von den Auswirkungen des Klimawandels besonders betroffen sein:

- ▶ Zunahme der Wahrscheinlichkeit von Hitzewellen wie im Sommer 2003
- ▶ Ansteigende Tendenz von Starkniederschlägen und Hochwassergefahr
- ▶ Aufwärtsverschiebung der biologischen Zonen; Gefährdung vieler alpiner Pflanzen
- ▶ Enormer Rückgang der Gletscher
- ▶ Veränderte Gefahrenpotenziale von Naturgefahren wie Stein Schlag
- ▶ Starker Rückgang der Schneesicherheit für Wintersportgebiete



Vor diesem Hintergrund sehen die Alpenstaaten die Klimapolitik und die Entwicklung von Anpassungsstrategien für den Alpenraum als Schwerpunkt der Zusammenarbeit in den kommenden Jahren. Ihre Umweltminister verabschiedeten anlässlich der IX. Alpenkonferenz im November 2006 eine Deklaration zum Klimawandel in den Alpen und erteilten den Auftrag, zur Umsetzung der Deklaration bis zur X. Alpenkonferenz 2009 einen Aktionsplan mit alpenpezifischen Handlungsempfehlungen auszuarbeiten.

Kernpunkt der Klimaschutzkonzepte von Bund und Land ist die vorsorgende Doppelstrategie „Reduktion und Anpassung“ - Verminderung von Treibhausgasemissi-

onen auf der einen Seite, Erforschung der regionalen Klimaänderung und Umsetzung von Anpassungsstrategien auf der anderen Seite. Der örtlichen Ebene wird eine wichtige Rolle bei der Lösung der zukünftigen Probleme im Gebirgsraum zukommen.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und das Bayerische Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz laden deshalb die Kommunen des bayerischen Alpenraums herzlich ein, diese komplexe und immer akuter werdende Thematik gemeinsam zu erörtern.

Mit dieser Publikation werden die aktuellsten Erkenntnisse über die

zu erwartenden Klimaveränderungen und die geeigneten Anpassungsstrategien mit direktem Bezug zum Alpenraum vorgestellt. Die Möglichkeiten der Alpenkonvention, grenzüberschreitende Zusammenarbeit zu dieser Thematik auf kommunaler Ebene zu verstärken, insbesondere den Erfahrungsaustausch über das alpenweite Gemeindeforschwerk „Allianz in den Alpen“, sollen aufgezeigt werden.

Die Alpenregion verfügt über vielfältige Potenziale, sich in der Zukunft zu einer Modellregion für den Klimaschutz zu profilieren.

Wir wollen dies zu unserem gemeinsamen Anliegen machen.

Michael Müller

Parlamentarischer Staatssekretär
Bundesministerium für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Dr. Otmar Bernhard

Bayerischer Staatsminister
Bayerisches Staatsministerium
für Umwelt, Gesundheit und
Verbraucherschutz

von **Dr. Marco Onida**



Dr. Marco Onida

Liebe Leserinnen und liebe Leser,

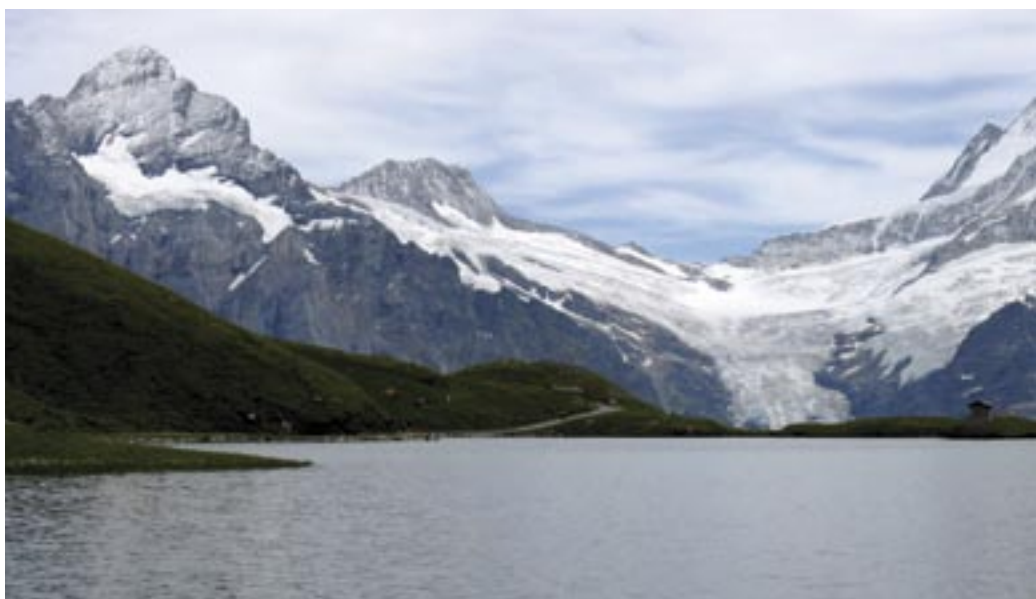
Wissenschaft und Politik erkennen inzwischen weitgehend an, dass der Klimawandel durch menschliches Handeln beschleunigt wird. Dieses Bewusstsein ist weit verbreitet, und mögliche Vorgehensweisen zur Vorbeugung oder zur Anpassung an den Klimawandel stehen in verschiedenen Entscheidungsgremien auf internationaler, nationaler und lokaler Ebene auf der Tagesordnung.

Dennoch sind die Auswirkungen des Klimawandels nicht gleichmäßig auf die verschiedenen Regionen unseres Planeten verteilt. Bestimmte Gebiete sind empfindlicher als andere, und zu den empfindlichsten Gebieten zählen sicher auch die Gebirgsregionen. Die Folgen des Klimawandels sind in Gebirgsregionen, einschließlich der Alpen, viel stärker ausgeprägt und deutlicher sichtbar als in vielen anderen Bereichen. Gleichzeitig ist fast jede Aktivität in den Alpen enger mit der spezifischen Landschaft verbunden, als dies anderswo der Fall ist: In den Bereichen Wintertourismus, Verkehr, Energieproduktion, Wasserverfügbarkeit, Land- und Forstwirtschaft und biologische Vielfalt – und diese Liste ließe sich noch fortsetzen – sind die Auswirkungen des Klimawandels deutlich spürbar, und

die damit verbundenen Kosten steigen stetig.

Die Alpenkonvention als multilaterales Rahmenübereinkommen der acht Alpenanrainerstaaten kann in diesem Zusammenhang eine grundlegende Rolle spielen. Ihr Hauptziel ist es, das Alpengebiet zu schützen, die Interessen seiner Bewohner zu wahren und dabei umweltrelevante, soziale und wirtschaftliche Belange im weitesten Sinne zu berücksichtigen. Um diese Ziele zu erreichen, wurden dem Rahmenübereinkommen im Laufe der Jahre eine Reihe von Protokollen zu Themen wie Raumplanung, Naturschutz, Bergland-

wirtschaft, Bergwald, Energie, Verkehr, Tourismus und Bodenschutz hinzugefügt. Zwei dieser Protokolle, jene zu den Themen Bergwald (aus dem Jahr 1996) und Energie (aus dem Jahr 1998), befassen sich direkt mit dem Klimawandel. Andere Protokolle, zum Beispiel das Protokoll zum Thema Verkehr aus dem Jahr 2000, erwähnen den Klimawandel zwar nicht direkt, verfolgen jedoch Ziele, die dazu beitragen, Treibhausgasemissionen zu verringern.



Das Mehrjahres-Arbeitsprogramm der Alpenkonferenz für die Jahre 2005–2010 benennt den Klimawandel als einen Schlüsselaspekt für die Bereiche Tourismus, naturbezogene Gefahrenbewältigung, Siedlungsentwicklung, Land- und Forstwirtschaft sowie Wasserwirtschaft. Um die politischen Zusagen in die Praxis umzusetzen und dem Klimawandel noch stärkere Beachtung im Rahmen aller Politikbereiche der Alpenkonvention zukommen zu lassen, hat die IX. Alpenkonferenz im November 2006 in Alpbach eine Erklärung zum Klimawandel verabschiedet. Es wurde beschlossen, dass bis zur nächsten Alpenkonferenz im Januar 2009 ein Aktionsplan mit Empfehlungen zu alpenspezifischen Maßnahmen und langfristig angelegten Initiativen einschließlich eines präzisen Zeitplans erarbeitet werden muss. Die Erarbeitung des Aktionsplans ist daher zurzeit eine der Aufgaben des Ständigen Sekretariats der Alpenkonvention in Zusammenarbeit mit dem französischen Vorsitz und den anderen Vertragsparteien. Die Verabschiedung eines solchen Aktionsplans stellt nicht nur eine große Herausforderung dar, sondern auch eine Chance, den Beitrag der Alpenkonvention im Hinblick auf die Erhaltung und (falls erforderlich) die Verbesserung des Zustands der Natur in den Alpen und der Lebensqualität der Bewohner des Alpenraumes konkret zu gestalten.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf dem Beitrag, den regionale und lokale Behörden zur Vermeidung des Klimawandels oder zu Anpassungsmaßnahmen leisten können,



vor allem durch die Identifizierung und Weiterverbreitung von best practices.

Schließlich befasst sich der Bericht zum Zustand der Alpen für das Jahr 2008, der zurzeit erstellt wird, mit dem Thema Wasser in den Alpen und widmet sich in einem eigenen Kapitel dem Bereich Klimawandel und Wasserwirtschaft. Wichtige Entscheidungen liegen vor uns, insbesondere in Bezug auf die Nutzung von Wasserressourcen, mit Blick auf den Bedarf in den Alpen und in angrenzenden Gebieten sowie in Bezug auf die Umweltauswirkungen weiterer Investitionen in Wasserkraftwerke.

Der Erfolg der Alpenkonvention im Bereich des Klimawandels ist kein Selbstzweck, sondern würde auch dazu beitragen, die durch das Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen und das Kyoto-Protokoll bestehenden internationalen Verpflichtungen einzuhalten. Das Ständige Sekretariat der Alpenkonvention arbeitet daher eng mit den europäischen Institutionen zusammen. Die EU-Kommission hat kürzlich ein Grünbuch zur Anpassung an den Klimawandel vorgelegt. Das Europäische Parlament hat einen Ausschuss zum Klimawandel eingerichtet. Die Alpenkonvention arbeitet mit die-

sen Institutionen zusammen, um deutlich zu machen, dass die Alpengebiete angesichts ihrer spezifischen Erfahrungen ein natürliches Frühwarnsystem für negative Veränderungen und ein Versuchsfeld für die Umsetzung von Anpassungsstrategien darstellen. Es besteht auch die Hoffnung, dass dies dazu beitragen wird, die europäische Politik zu einer noch stärkeren Anerkennung der Rolle der Bergregionen zu führen, sei es im Bereich Regionalpolitik, Verkehr, Wasser oder in irgendeinem anderen europäischen Politikbereich.

Deutschland ist eines der weltweit tonangebenden Länder in der Debatte um den Klimawandel. Ich persönlich freue mich sehr, dass der Klimawandel als Thema der Nationalen Alpentagung im Jahr 2007 ausgewählt wurde, und ich bin überzeugt, dass dies einen positiven Beitrag zu den laufenden Arbeiten im Hinblick auf die Verabschiedung des Aktionsplans der Alpenkonvention zum Klimawandel leisten wird.

Dr. Marco Onida

Generalsekretär des Ständigen Sekretariats der Alpenkonvention



■ DIE WISSENSCHAFTLICHEN GRUNDLAGEN



Fakten – Modelle – Prognosen

Die Fakten in Kürze



- ▶ Die Konzentrationen von treibhauswirksamen Gasen wie Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und anderen sind in der Atmosphäre seit ca. 1850 stark angestiegen.
- ▶ Für diesen Anstieg ist der Mensch verantwortlich. Beim CO₂ in erster Linie durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, in zweiter Linie durch die Rodung von Wäldern. Beim Methan liegt die Ursache hauptsächlich im Reisanbau und in der Rinderhaltung.
- ▶ Das Klima hat sich im 20. Jahrhundert deutlich erwärmt, global um ca. 0,6°C. Elf der letzten zwölf Jahre (1995–2006) zählen zu den global zwölf wärmsten seit Beginn der instrumentellen Aufzeichnungen.
- ▶ Der überwiegende Teil dieser Erwärmung ist auf die angestiegenen Konzentrationen von CO₂ und anderen anthropogenen Treibhausgasen zurückzuführen.
- ▶ Folglich würde ein fortwährender Ausstoß von Treibhausgasen in heutigem oder darüber hinausgehendem Ausmaß sehr wahrscheinlich klimatische Veränderungen hervorrufen, die über die des 20. Jahrhunderts hinausgehen.
- ▶ Die Szenarien des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Zwischenstaatlicher Ausschuss über Klimaänderungen) für den globalen Temperaturanstieg bis zum Ende dieses Jahrhunderts variieren zwischen 1,8°C und 4°C, abhängig von der Entwicklung der zukünftigen Treibhausgasemissionen.
- ▶ Dem zukünftigen Klima Europas wird, gemäß aktueller Forschung, ein ausgeprägter Anstieg der zwischenjährlichen Variabilität zugeschrieben, was sich in erhöhter Wahrscheinlichkeit von Überschwemmungen und Dürren widerspiegeln kann.
- ▶ In Deutschland ist ein Trend zu einer stärkeren Erwärmung im Winter als im Sommer zu beobachten. Auch verlagern sich die Niederschläge in den Herbst und Winter, bleiben jedoch übers Jahr gerechnet vergleichsweise konstant.



Die Beobachtung und Auswertung von Trends sowie die zu erwartenden Auswirkungen sind naturgemäß mit Unsicherheiten behaftet, langfristige Messreihen oft schlicht nicht vorhanden und durch Messfehler und Standortänderungen nicht einfach auszuwerten. Ein so komplexes System wie das Klima der Erde kann auch nicht exakt abgebildet werden, doch ermöglichen hochmoderne Computersysteme, das Klima annähernd zu beschreiben und zu modellieren und so Voraussagen über mögliche zukünftige Entwicklungen zu treffen. Die Wissenschaft hat dabei in den letzten Jahren mehr und mehr Klar-

heit gewonnen, dass klimatische Veränderungen stattfinden. So besteht heute wissenschaftlicher Konsens, dass ein Klimawandel zu beobachten ist und dass dessen Ursachen zum größten Teil auf den Menschen zurückgeführt werden können. Bedauerlicherweise werden in den Medien oft extreme Positionen, wie absurde Katastrophenszenarien oder grobe Verharmlosungen, zitiert, welche in keiner Relation zu deren Gewicht in der Wissenschaft stehen.

Das Phänomen eines sich anbahnenden Klimawandels sei hier nicht noch einmal in allen Einzelheiten erklärt, sondern der Inte-

ressent möge auf die zahlreiche Fachliteratur im Anhang verwiesen sein.

Schon heute sind, auch in Europa, weit reichende Folgen aufgrund klimatischer Veränderungen zu beobachten. Der Erwärmungstrend und die veränderte räumliche Variabilität des Niederschlags zeigen bereits zahlreiche Auswirkungen, wie den Rückgang der Gletscher und der Permafrostverbreitung, die Verlängerung der Vegetationsperiode sowie Veränderungen der Artenzusammensetzung und Ausbreitung. Speziell in den Alpen sind diese Auswirkungen schon gut zu beobachten.

Klimawandel in den Alpen

Niemand nimmt eine Änderung der globalen Mitteltemperatur oder die durchschnittliche Frequenz von Hurrikanen wahr, vielmehr sind es die lokalen Erscheinungsformen des globalen Klimas und deren Folgen, die von Menschen wahrgenommen werden. Das Klima ist global kontrolliert, wirkt aber lokal. So ist es das lokale Klima, das einen zentralen Faktor für Pflanzen, Tiere und Menschen darstellt. Bergregionen (ca. 20 bis 24 Prozent der gesamten Landfläche) beherbergen die unterschiedlichsten Ökosysteme und weisen einen immensen Arten-

reichtum auf. Gerade die Alpen, im Herzen Europas, zeigen sich überdurchschnittlich sensitiv in Bezug auf klimatische Veränderungen. In Deutschland stieg die Jahresmitteltemperatur seit 1901 um 0,9°C, in den Alpen mit 1,5°C sogar um fast das Doppelte. Dies wird vermutlich auf eine reduzierte Schneedecke und andere Rückkopplungseffekte zurückgeführt. Auch Änderungen in den großräumigen Strömungsverhältnissen würden die Niederschlagsverteilung in den Alpen nachhaltig verändern.

Welche Prognosen können Wissenschaftler nun für die klimatische Zukunft der Alpen wagen? Welche Änderungen werden erwartet?

Da die Alpen im globalen Maßstab sehr klein sind, werden sie von globalen Klimamodellen nur sehr schlecht wiedergegeben. Die komplexe Topographie und die verschiedenen Mikroklimata verschwinden in den 250 km Rastern. Durch die Entwicklung regionaler Klimamodelle, wie des REMOs des Max-Planck-Instituts für Meteorologie in Hamburg, wird versucht, durch höhere Auflösung eine genauere Klimasimulation zu erreichen. Doch sind Klimamodelle generell mit Unsicherheiten behaftet und dementsprechend zeigen verschiedene Klimamodelle teils sehr unterschiedliches Verhalten, insbesondere in schwieriger Topographie wie in den Alpen.



Badenersee bei Grainau/Oberbayern

Dufourspitze in den Walliser Alpen, mit 4.634 m der höchste Gipfel der Schweiz



Morteratsch-Gletscher in der Schweiz, der flächenmäßig größte Gletscher der Ostalpen



Ein Konsens der Ergebnisse ergibt folgendes Bild:

- ▶ Rückgang von Eis- und Frosttagen; stärkerer Anstieg der Wintertemperatur als der Sommertemperatur; mehr Regen statt Schneefall.
- ▶ Sommerliche Abnahme und winterliche Zunahme des Niederschlags. Ebenfalls frühere Schneeschmelze, woraus eine Verschiebung des maximalen Wasserabflusses vom Frühling in den Winter zu beobachten sein wird.
- ▶ Größere Variabilität, sowohl der Temperatur als auch des Niederschlags. Infolgedessen steigendes Risiko von Extremwetterlagen.

Niederschläge

Gegenüber den Aussagen zur Temperaturentwicklung sind die Resultate der Modelle bei den Niederschlagstrends für die Vergangenheit wie für die Zukunft noch mit hohen Unsicherheiten belastet. So sind die Unterschiede zwischen den Modellen oft größer als zwischen verschiedenen Emissionsszenarien für den zukünftigen Ausstoß von Treibhausgasen. Es gilt jedoch als wahrscheinlich, dass eine Verlagerung der Niederschläge vom Sommer in den Herbst und Winter stattfinden könnte.

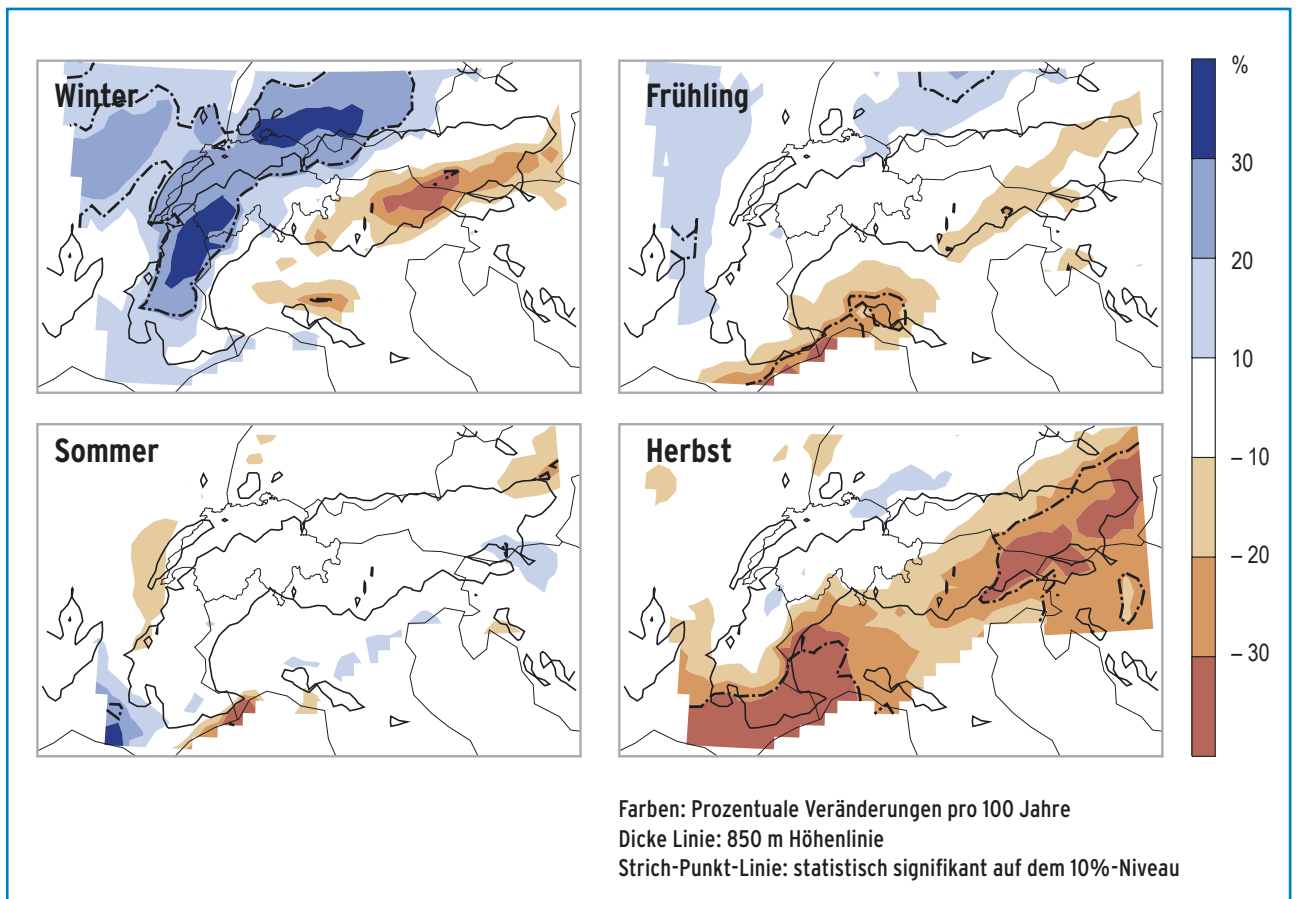
Modelle für die zukünftige Entwicklung der globalen Zirkulation prognostizieren bei einer weiteren Erhöhung der Temperatur eine Zunahme des Wassergehalts der Atmosphäre, was dazu führt, dass einerseits mehr Wasserdampf in der Atmosphäre vorhanden sein wird, welcher als Treibhausgas wiederum weitere Erwärmung bewirken wird, aber auch Veränderungen in der Niederschlagsintensität und Verteilung zur Folge haben könnte. So wird in mittleren und hohen Breiten höherer relativer Zuwachs in totalem Niederschlag und speziell im Winter erwartet. Außerdem wird

vermutet, dass gebirgiger Niederschlag stärker als der globale anwachsen wird. An Gebirgen wird die feuchte Luft gezwungen aufzusteigen, kühlt ab, kondensiert und regnet schließlich aus. Dieser Prozess entfernt sehr effektiv Wasserdampf aus der Atmosphäre, weshalb die Niederschlagsmengen in Gebirgsregionen stärker ansteigen könnten – oder anders gesagt, diese weniger stark austrocknen könnten, als es anderswo der Fall ist.





Linearer Trend des saisonalen Niederschlags in den Alpen 1901-1990



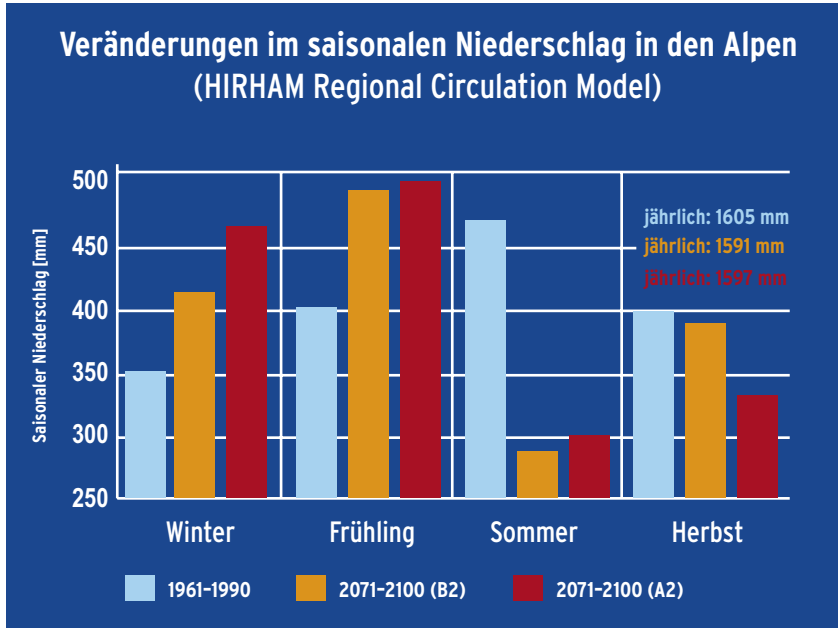
Quelle: Schaer, C. und Frei, C. (2005)

Speziell im nordwestlichen Teil der Alpen wurde im 20. Jahrhundert eine Niederschlagszunahme im Winter verzeichnet sowie ein Rückgang im südlichen und östlichen Teil im Herbst beobachtet. In den Schweizer Alpen kam

es teilweise zu einer Abnahme der Regentage, die aber mit einer Zunahme der Intensität verbunden war. Auch die Resultate des Kooperationsvorhabens Klimaänderung und Wasserwirtschaft KLIWA für Bayern und Ba-

den-Württemberg deuten auf eine Veränderung der innerjährlichen Niederschlagsverteilung seit 1931 hin. Das Sommerhalbjahr wurde trockener, die Winter feuchter.

Veränderungen im saisonalen Niederschlag der Alpen 2071-2100 bei verschiedenen Emissionsszenarien (A2, B2)



Quelle: Beniston, M. (2006)

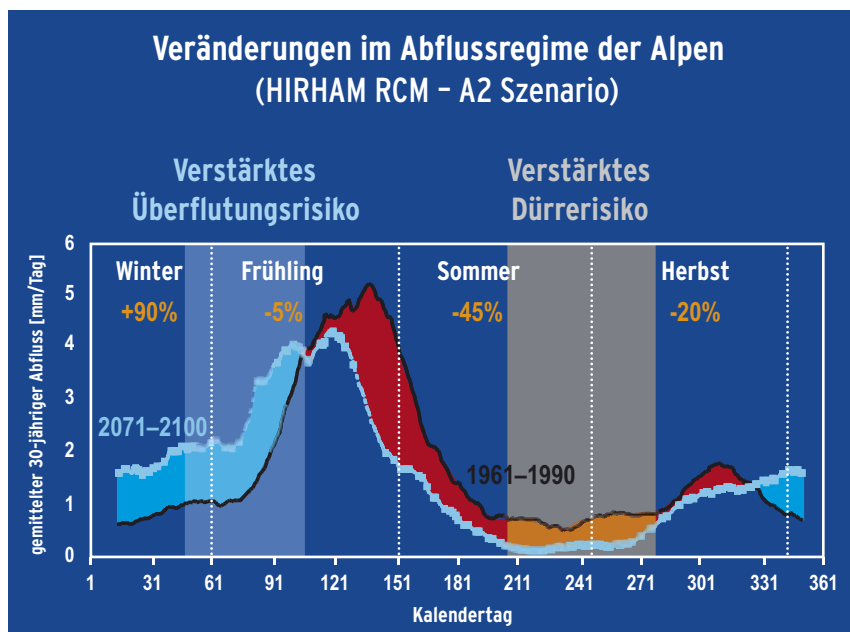
Ferner zeigen Studien nicht nur einen Zuwachs der Winterniederschläge bei übers Jahr gleich bleibenden Regenmengen, sondern machen auch einen Anstieg der Intensität von Niederschlagsereignissen mit einer Rückkehrperiode von einem Jahr für Europa deutlich. Trends für die Schweiz während des 20. Jahrhunderts offenbaren einen signifikanten Anstieg des Winterniederschlags in Stärke und Auftreten. Auch im Herbst ist ein signifikanter Anstieg des Starkniederschlags zu beobachten.

Die veränderten Niederschlagsmuster bleiben für die Wasserwirtschaft nicht ohne Folgen. So erkennt das IPCC bereits jetzt zunehmende Anzeichen für einen gesteigerten und früheren Abfluss im Frühjahr bei gletscher- und

schnee gespeisten Flüssen sowie eine Erwärmung von Seen und Flüssen in vielen Regionen - mit Rückwirkungen auf die thermale Strukturierung und die Wasserqualität. Simulationen deuten

auf einen früheren Höhepunkt des Abflusses, unter anderem in einer früher einsetzenden Schneeschmelze begründet, und sehr niedrige Abflusspegel in den Sommermonaten hin.

Veränderungen im Abflussregime in den Alpen



Quelle: Beniston, M. (2006)



Schneechaos im Ausseerland in der Steiermark (Österreich)

Schnee

Der Schneefall in den Alpen weist eine starke Abhängigkeit gegenüber klimatischen Strömungen über dem Nordatlantik (North Atlantic Oscillation) und dadurch hohe dekadische Schwankungen auf. Somit spielen nicht lokale, sondern großräumige Kräfte die dominante Rolle in der Kontrolle der Schneemengen und deren Verteilung. In den Schweizer Alpen haben die Länge der Schneedecke und deren Menge seit Mitte der 80er Jahre erheblich abgenommen. Trends für Höhenlagen unter 650 m zeigen einen erkennbaren Rückgang der Schneedecke, was darauf hindeutet, dass der Winterniederschlag zu einem wachsenden Teil in Form von Regen statt Schnee fällt. Die genannte Sensitivität auf klimatische Strömungen verschwindet hingegen ab 1.750 m Höhe. Es wurde auch eine Abnahme der Anzahl der Schneetage von Schweizer Messstationen unter 1.300 m im späten 20. Jahrhundert beobachtet, was hauptsächlich auf den Anstieg der saisonalen Mitteltempe-

Januar 2007 in Oberstdorf im Allgäu/Bayern: Zu mildes Klima verhindert Skiwettkämpfe.

ratur zurückzuführen ist. Doch der Schneerückgang in tieferen Lagen ist stärker als nur durch einen globalen Temperaturanstieg erwartet.

Auch innerhalb des KLIWA-Projekts wurde die Entwicklung der Schneedecke in Bayern und Baden-Württemberg untersucht. Für die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts war ein Rückgang der

Schneedeckendauer in tiefen Lagen (< 300 m) um 30 bis 40 Prozent zu beobachten, welcher sich in höheren Gebieten auf weniger als zehn Prozent verringerte, teilweise sogar eine Verlängerung zu verzeichnen war. Dies deutet auf eine Abschwächung des negativen Trends mit zunehmender Geländehöhe hin, teilweise ist auch eine Trendumkehr in Kamm- und Gipfellagen festzustellen.





Die Entwicklungen sind oft nicht signifikant, jedoch flächendeckend übereinstimmend, sodass man von generellen Veränderungen ausgehen kann. Es sei zweifelsfrei ein Trend zu milderen schneeärmeren Wintern mit weniger dauerhaften Schneedecken erkennbar.

Allein diese Untersuchungen über Trends des letzten Jahrhunderts lassen Veränderungen erkennen, welche allerdings harmlos sind gegenüber den prognostizierten Szenarien für die kommenden Jahrzehnte:

Einsatz einer Schneekanone in einem Südtiroler Skigebiet

- ▶ Höhere Temperaturen werden die Schneefallgrenze um ca. 150 m pro Grad Erwärmung anheben; auch die saisonale Verteilung des Schnees wird sich möglicherweise verändern. (IPCC, 1997)
- ▶ Für die Dauer der Schneedecke wird erwartet, dass sie bei jedem Grad Erwärmung um mehrere Wochen zurückgeht. (IPCC, 2007b)
- ▶ Bei einem Erwärmungsszenario von 4°C, wie für den Zeitraum 1971-2100 erwartet, könnte es im Vergleich zu heutigen Verhältnissen zu einem Rückgang des Schneevolumens um mindestens 90 % auf 1.000 m, 50 % auf 2.000 m und 35 % auf 3.000 m kommen. Zusätzlich wird die Dauer der Schneesaison auf 2.000 bis 2.500 m rund 50 bis 60 Tage früher enden; auf 1.000 m Höhe sogar über 100 Tage früher. Die Veränderung wird eher das Ende der Saison (Frühling) betreffen als den Anfang (Herbst). Diese Projektionen haben also auch erheblichen Einfluss auf die Vegetationsperiode wie auch auf den Schmelzwasserpegel, dessen Höhepunkt sich zum Winter hin verlagern würde. (Beniston et al., 2003)

Extremereignisse

Die Vorhersagen für Niederschlag und Windgeschwindigkeiten reagieren sehr sensitiv auf die Wahl des Modells und auf kleine Veränderungen der Vorgaben, wohingegen die Entwicklung von Hitzewellen in Zukunft als robust erachtet wird. Extrem warme Jahreszeiten – vor allem sehr heiße Sommer – treten in Deutschland immer häufiger auf, außer-

gewöhnlich kalte Tage sind dagegen seltener geworden. Die Hitzewelle über Europa im Jahre 2003, welche drastische Auswirkungen auf Natur und Gesellschaft hatte, ist statistisch extrem unwahrscheinlich unter einem Klima des 20. Jahrhunderts. Jedoch stimmt sie mit einem kombinierten Anstieg der Durchschnittstemperatur sowie der Temperaturvariabi-

lität überein. In einem wärmeren Klima des 21. Jahrhunderts, wie in Klimamodellen errechnet, ist ein solcher Sommer aber ein ziemlich häufiges Ereignis. Es wird geschätzt, dass Mitteleuropa zukünftig die gleiche Anzahl Hitzetage erleben wird, wie heute in Südeuropa üblich.

Ausgetrockneter Seegrund des Sylvensteinspeichers im oberen Isartal/Bayern während der andauernden Trockenheit im April 2007



Beim Niederschlag finden sich ausgeprägte saisonale Unterschiede, wie eine Analyse im Auftrag des Umweltbundesamtes darlegt. Im Winter ist ein Trend zu erhöhter Variabilität der Niederschläge und deren Summe zu beobachten, was verbreitet zu einer deutlichen Zunahme von extrem hohen Niederschlagssummen führen könnte. Für die Sommermonate seit 1901 verzeichnet der Deutsche Wetterdienst eine Zunahme von Starkniederschlägen mit Niederschlagsmengen von mehr als 30 Litern pro Quadratmeter zu Lasten des typischen sommerlichen Landregens. Auch für Bayern und Baden-Württemberg ist für das 20. Jahrhundert ein deut-

licher Anstieg der Starkniederschlagshöhen im Zeitraum 1931–2000 während des Winterhalbjahres zu verzeichnen, aber auch eine Zunahme von Tagen ohne

oder mit wenig Niederschlag. Zu beachten ist jedoch, dass Trends und Prognosen für Extreme von Natur aus noch unsicherer sind als Abschätzungen für Mittelwerte.

- ▶ Hitzewellen, wie die im Sommer 2003, werden mit hoher Wahrscheinlichkeit zunehmen. Gegen Ende des 21. Jahrhunderts werden weite Gebiete in Mitteleuropa die gleiche Anzahl Hitzetage erleben, wie heute in Südeuropa üblich. (Beniston, 2003)
- ▶ Eine wärmere Atmosphäre führt zu einer ansteigenden Frequenz von Starkniederschlagsereignissen (> 30 mm/Tag), bei einer Erwärmung von zwei Grad um 20 Prozent. Daraus folgt eine substanzielle Reduktion der Wiederkehrzeiten von Extremereignissen. (Frei et al., 1998)
- ▶ Die Wahrscheinlichkeit von extrem hohen saisonalen Niederschlägen wächst um den Faktor 2 bis 5 über die nächsten 50 bis 100 Jahre. Hochwasser werden wahrscheinlich in den meisten Regionen Europas zunehmen. Dabei haben Variationen in Extremausprägungen des Klimas wahrscheinlich größere Auswirkungen auf die Gesellschaft als Veränderungen der Mittelwerte. (Eisenreich et al., 2005)



Starkregen über dem Spitzingseegebiet/
Bayern

Literatur

- Beniston, M. (2006)** Mountain weather and climate: A general overview and a focus on climatic change in the Alps, *Hydrobiologia*, 526, S. 3–16.
- Beniston, M. et al. (2007)** Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections, *Climatic Change*, in Druck.
- Beniston, M. et al. (2003)** Estimates of snow accumulation and volume in the Swiss Alps under changing climatic conditions, *Theoretical and Applied Climatology*, 76, S. 125–140.
- Beniston, M. (2006)** Climatic Change in the Alps: perspectives and impacts, Beitrag zum Wengen 2006 OECD Workshop - Adaptation to the Impacts of Climate Change in the European Alps, www.oecd.org/dataoecd/1/13/37805798.pdf.
- Beniston, M. (2005)** Mountain Climates and Climatic Change: An Overview of Processes Focusing on the European Alps, *Pure Applied Geophysics*, 162, S. 1587–1606, Birkhäuser Verlag, Basel.
- Beniston, M. (2003)** Climatic Change in Mountain Regions: A Review of possible Impacts, *Climatic Change*, 59, S. 5–31.
- Beniston, M. (1997)** Variations of snow depth and duration in the Swiss Alps over the last 50 years: Links to changes in large-scale climatic forcings, *Climatic Change*, 36, S. 281–300.
- Böhm et al. (2001)** Regional Temperature Variability in the European Alps: 1760–1998 from homogenized instrumental time series, *International Journal of Climatology*, 21, S. 1779–1801.
- Casty, C. et al. (2005)** Temperature and precipitation Variability in the European Alps since 1500, *International Journal of Climatology*, 25, S. 1855–1880.
- Cebon, P. et al. (Hrsg.) (1998)** View from the Alps: Regional Perspectives on Climate Change, MIT Press, Cambridge.
- Eisenreich et al. (2005)** Climate Change and the European Water Dimension, Joint Research Center, EU Report 21553, S. 116–120.
- Frei, C. et al. (1998)** Heavy Precipitation Processes in a Warmer Climate, *Geophysical Research Letters*, 25 (9), S. 1431–1434.
- Frei, C. und Schär, C. (1998)** A Precipitation Climatology of the Alps from High-Resolution Rain-Gauge observations, *International Journal of Climatology*, 18, S. 873–900.
- Haubner, E. (2002)** Klimawandel und Alpen: Ein Hintergrundbericht, CIPRA International, www.alpmedia.net/pdf/Klimawandel_Alpen_D.pdf
- IPCC (Hrsg.) (2007a)** Climate Change 2007: The Physical Science Basis, in Druck.
- IPCC (Hrsg.) (2007b)** Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability, in Druck.
- IPCC (Hrsg.) (1997)** The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability, Cambridge University Press.
- KLIWA (2006)** Unser Klima verändert sich: Folgen – Ausmaß – Strategien: Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hrsg.)
- KLIWA (2006)** Regionale Klimaszenarien für Süddeutschland: Abschätzung der Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, KLIWA-Berichte, Heft 9.
- KLIWA (2006)** Langzeitverhalten der Starkniederschläge in Baden-Württemberg und Bayern, KLIWA-Berichte, Heft 8.
- KLIWA (2005)** Langzeitverhalten des Gebietsniederschlags in Baden-Württemberg und Bayern, KLIWA-Berichte, Heft 7.
- KLIWA (2005)** Langzeitverhalten der Schneedecke in Baden-Württemberg und Bayern, KLIWA-Berichte, Heft 6.
- KLIWA (2005)** Der Klimawandel in Bayern für den Zeitraum 2021–2050, Kurzbericht, www.kliwa.de
- Laternser, M. und Schneebeli, M. (2003)** Long-term snow climate trends of the Swiss Alps (1931–99), *International Journal of Climatology*, 23 (7), S. 733–750.
- Müller-Westermeier, G. (2006)** Klimawandel in Deutschland – DWD nennt neuste Zahlen und Fakten, Pressekonferenz des Deutschen Wetterdienstes am 24.4.2007 in Berlin.
- OcCC (2007)** Klimaänderung und die Schweiz 2050: Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft, Organe consultatif sur les changements climatiques, Bern.
- Rahmsdorf, S. und Schellnhuber, H.-J. (2006)** Der Klimawandel, Verlag C.H. Beck, München.
- Schär, C und Frei, C. (2005)** Orographic Precipitation and Climate Change, in Huber U. et al. (Hrsg.), Global Change and Mountain Regions, Springer, Dordrecht, S. 255–266.
- Schär, C. et al. (2004)** The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves, *Nature*, 427, S. 333–336.
- Scherrer, S. et al. (2004)** Trends in Swiss Alpine snow days: The role of local- and large-scale climate variability, *Geophysical Research Letters*, 31.
- Schmidli, J. (2002)** Mesoscale precipitation in the Alps during the 20th century, *International Journal of Climatology*, 22, S. 1049–1074.
- Schmidli, J. und Frei, C. (2005)** Trends of heavy precipitation and wet and dry spells in Switzerland during the 21st century, *International Journal of Climatology*, 25, S. 753–771.
- Theurillat, J.-P. und Guisan, A. (2001)** Potential Impact of Climate Change on Vegetation in the European Alps: A Review, *Climatic Change*, 50, S. 77–109.
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (2007)** Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG, Umweltbundesamt Forschungsbericht 000969.
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (2005)**, Klimawandel in Deutschland: Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme, Umweltbundesamt Forschungsbericht 000844.
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (2003)** Berechnung der Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von Extremereignissen durch Klimaänderungen, Umweltbundesamt Forschungsbericht 000845.

Mögliche Klimaänderungen im Alpenraum

von Dr. Daniela Jacob, Holger Göttel,
Sven Kotlarski und Philip Lorenz

Einleitung

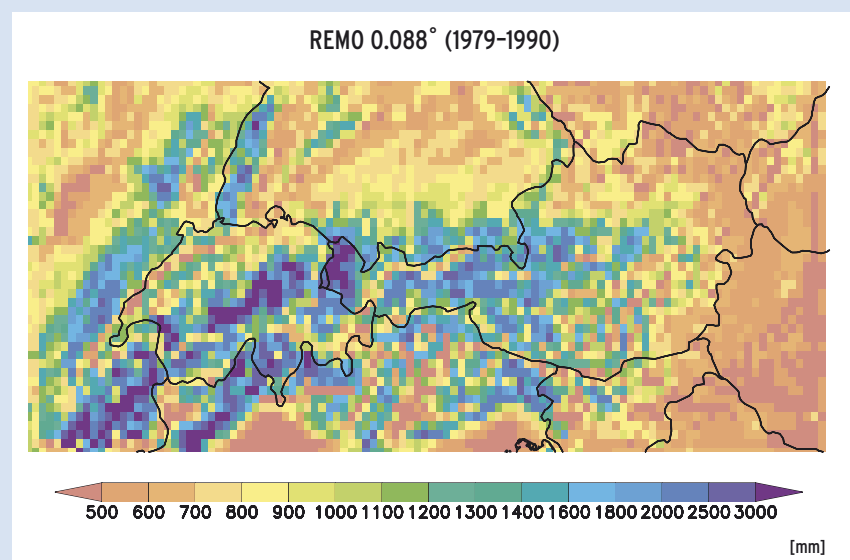
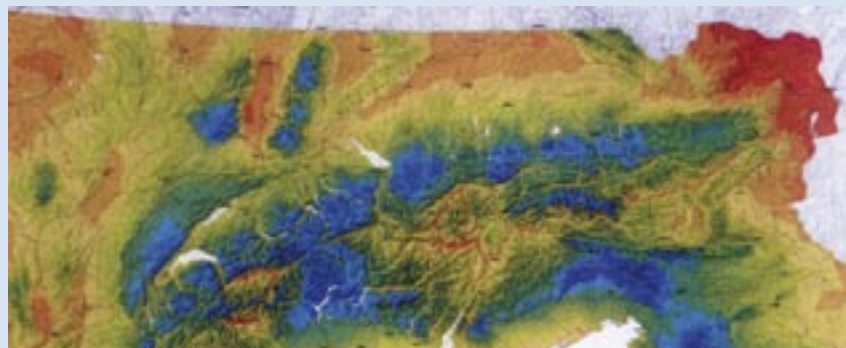
Es ist unumstritten, dass sich das Klima der Erde in den letzten Dekaden gewandelt hat, wie zahlreiche Aufzeichnungen meteorologischer und hydrologischer Dienste weltweit zeigen. Auch der Alpenraum ist betroffen und es scheint, dass gerade dort zukünftige Änderungen besonders gravierend sein können.

Um mögliche Klimaänderungen in der Zukunft zu untersuchen, wurden globale Klimamodelle entwickelt, die zusammen mit verschiedenen Annahmen über die Treibhausgasentwicklung in der Atmosphäre Klimaszenarien in den nächsten 100 Jahren berechnen. Diese Computermodelle können als mathematische Abbilder des Erdsystems gesehen werden, da sie die physikalischen Prozesse im Erdsystem numerisch beschreiben und so real wie möglich berechnen. Um die Güte der Klimamodelle einschätzen zu können, werden sie zunächst für die Berechnung vergangener Zeiten eingesetzt. Bevorzugt wird hierzu eine Zeitperiode gewählt, in der zahlreiche Beobachtungen weltweit vorliegen.

Sollen nun Aussagen über mögliche regionale oder lokale Klimaänderungen und ihre Auswirkungen gemacht werden, so muss die Brücke zwischen der globalen Klimaänderungsberechnung und den

Auswirkungen auf die Region geschlagen werden. Hierzu werden regionale Klimamodelle mit vielen Detailinformationen aus der Region und ihrer Umgebung in die globalen Modelle eingebettet. Wie mit einer Lupe kann dann das Klima der Region untersucht werden.

Abb. 1: Jahresniederschlagsmenge über dem Alpenraum aus Beobachtungen für den Zeitraum 1971 bis 1990 (oben; Frei et al. 2003) und einer REMO-Simulation mit einer horizontalen Auflösung von ca. 10 km (unten)



Hochwasser eines Gebirgsbachs in den französischen Alpen



Regionale Klimaänderungen

Im Auftrag des Umweltbundesamtes wurden am Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M) Szenarien für mögliche Klimaänderungen in Deutschland, Österreich und der Schweiz bis zum Jahr 2100 erarbeitet, die grob als IPCC SRES Szenarien mit eher niedrigen (B1), mittleren (A1B) und hohen Emissionsraten (A2) kategorisiert werden können. Das MPI-M wurde darin vom Deutschen Klimarechenzentrum Hamburg unterstützt. Das hierfür eingesetzte regionale Klimamodell REMO [2,3] zeigt die Klimaentwicklung des vergangenen Jahrhunderts recht realitätsnah (Abb. 1), wie der Vergleich zu Beobachtungen – auch in stark strukturiertem Gelände wie den Alpen [1] – ergibt. Diese Überprüfung ist notwendig, um die Güte der Modellergebnisse zu bewerten. Die Klimasimulationen mit REMO wurden mit einer räumlichen Auflösung von 10 km durchgeführt. Hierbei liefern diese Simulationen Erkenntnisse, die es bislang noch nicht in dieser Detailliertheit gab.

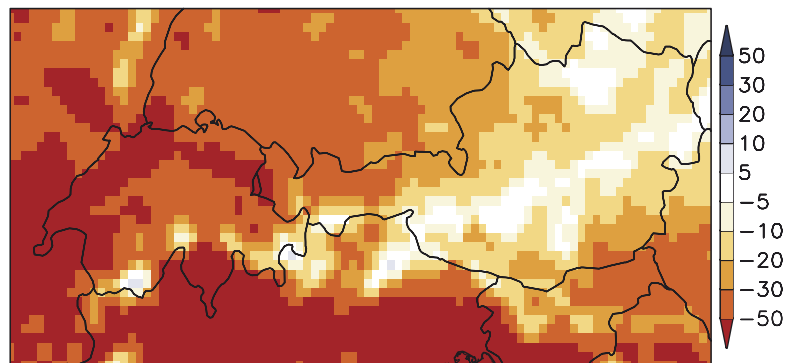
Die Ergebnisse im Detail: Mehr Treibhausgase können im Alpenraum zu einer mittleren Erwärmung führen, die im Jahr 2100 – abhängig von der Höhe zukünftiger Treibhausgasemissionen – zwischen 3°C und 4,5°C liegt. Die Jahresniederschlagsmenge scheint

sich jedoch kaum zu verändern, allerdings kann es in den Sommermonaten zu einer Abnahme der Niederschlagsmengen kom-

men (bis ca. 30 Prozent). Für die Wintermonate wird eher eine Zunahme um 5 bis 10 Prozent berechnet (Abb. 2).

Abb. 2: Mögliche Änderungen der Niederschlagsmengen im Alpenraum für die Sommermonate (oben) und die Wintermonate (unten), berechnet im A1B Szenario für die Zeit 2071 bis 2100 im Vergleich zu 1961 zu 1990

A1B: 2071/2100 minus 1961/1990
Sommer: relative Niederschlagsänderung [%]



A1B: 2071/2100 minus 1961/1990
Winter: relative Niederschlagsänderung [%]

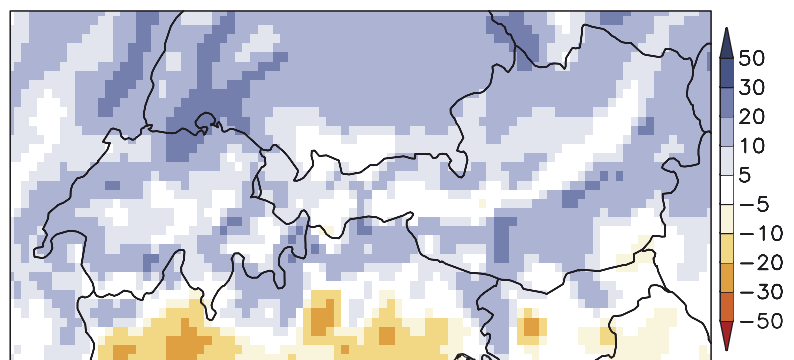
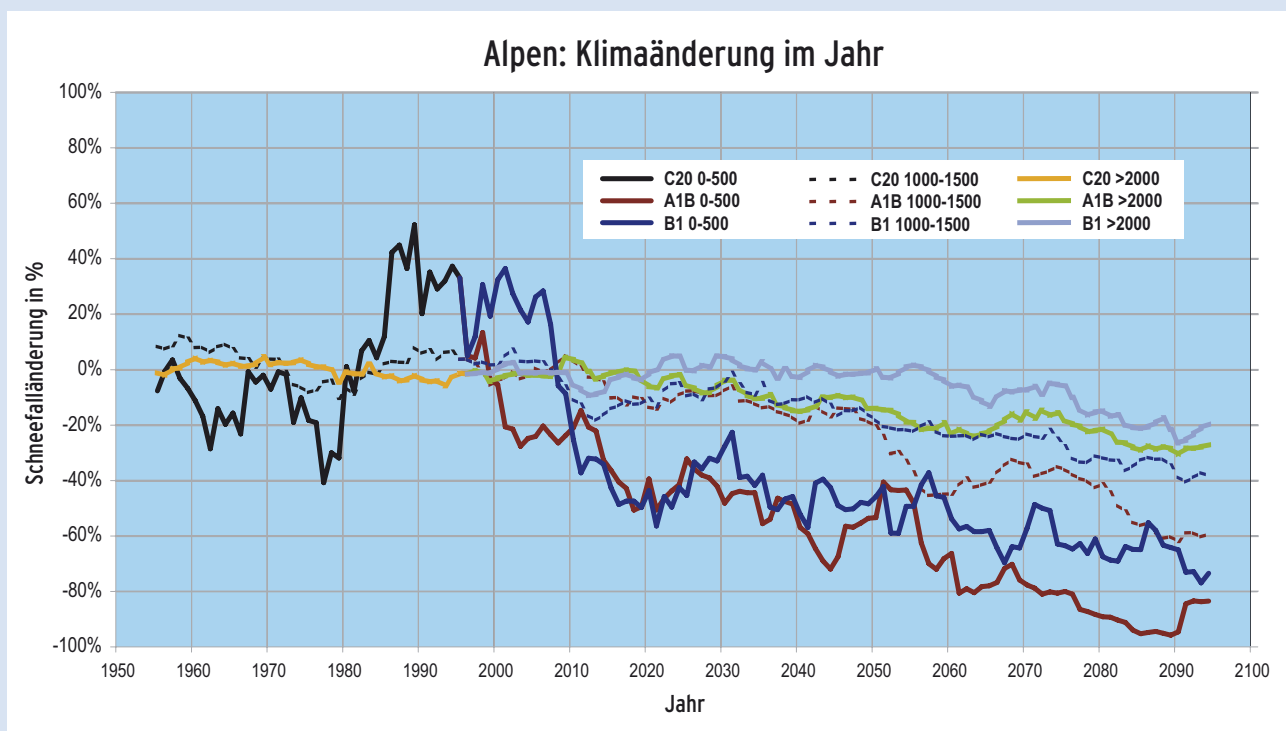


Abb. 3: Änderung der Schneefallmenge pro Jahr für verschiedene Höhenstufen (0-500 m, 1.000-1.500 m, > 2.000 m) und die Klimaszenarien A1B (rot) und B1 (blau)



Wegen gleichzeitig steigender Wintertemperaturen in den Alpen – bis zum Ende des Jahrhunderts könnten es mehr als 4°C sein (A2, A1B) – wird der Niederschlag häufiger als Regen denn als Schnee fallen. Schon in den nächsten Dekaden kann in niedrigen Höhen deutlich weniger Schnee fallen, ab Mitte dieses Jahrhunderts wird sogar eine Abnahme des Schneefalls für Höhen über 2.000 m berechnet (Abb. 3).

Eine Analyse der Temperaturen zeigt, dass in den Wintermonaten die Nullgradgrenze im Mittel um 155 m pro °C ansteigen kann, d.h. bis zum Ende dieses Jahrhunderts kann die Nullgradgrenze im Mittel um ca. 650 m steigen, wenn sich die Lufttemperaturen in 2 m über Grund um ca. 4,2°C gegenüber 1961 bis 1990 erwärmen.

Diese Veränderungen haben zur Folge, dass sich die Zahl der Tage mit mehr als 3 cm Schneehöhe pro Jahr reduzieren, und zwar stärker in niedrigen Regionen wie z.B. Garmisch-Partenkirchen und Mittenwald, für die Abnahmen

um deutlich mehr als die Hälfte möglich sein können (Abb. 4). In höheren Regionen wird jedoch nur eine Reduktion um ca. ein Drittel berechnet. Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts könnten daher die schneebedeckten Flächen im Alpenraum sehr stark schrumpfen, wenn die Erwärmung stark zunimmt (z.B. > 4°C). Doch auch schon bei einer Temperaturzunahme von 3°C, wie sie bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts simuliert wird, können sehr große schneebedeckte Flächen verschwinden, die heute noch als schneesicher gelten (Abb. 5).



Garmisch-Partenkirchen in Oberbayern

Abb. 4: Mögliche Änderung der Zahl der Schneetage (> 3 cm) pro Jahr im A1B Szenario für die Regionen Mittenwald und Garmisch-Partenkirchen

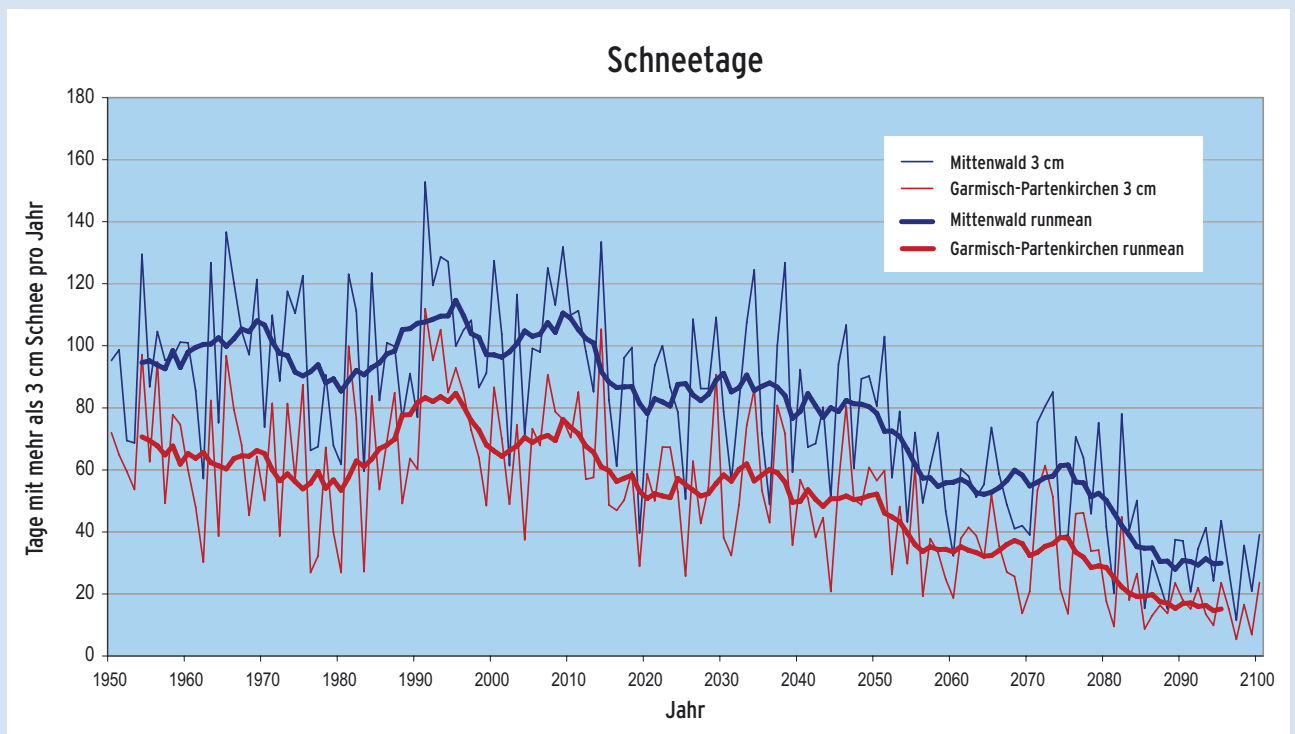
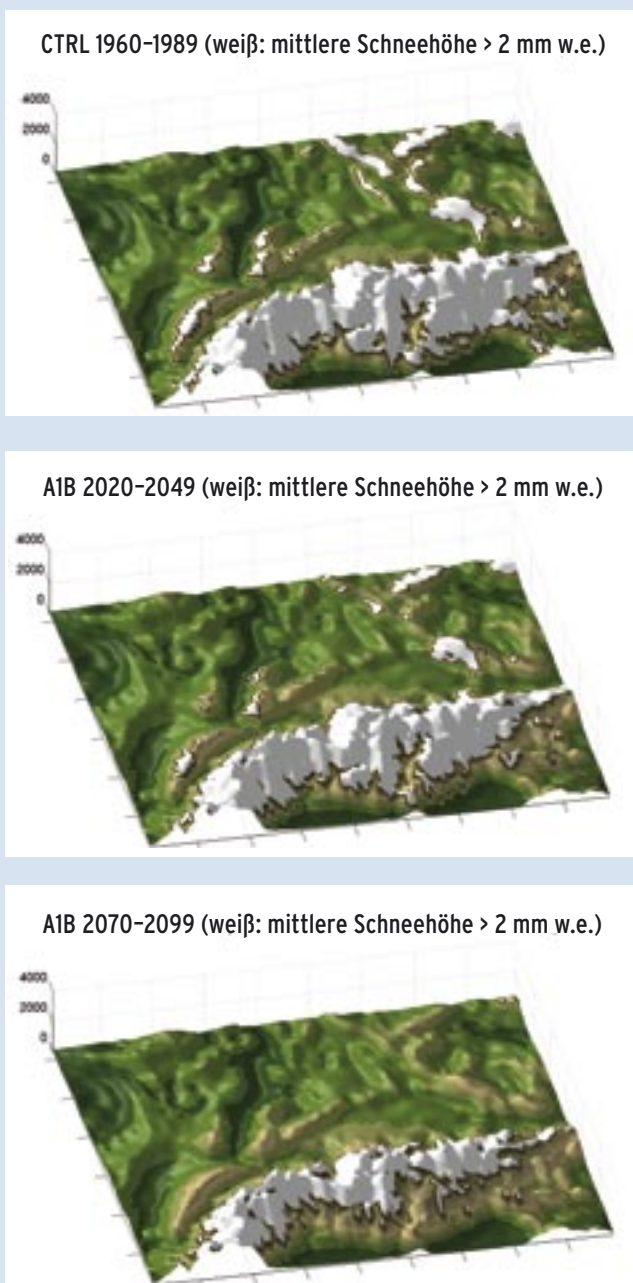


Abb. 5: Mittlere Schneehöhen > 2 mm Wasseräquivalent (weiß) als 30-jährige Mittel nach dem A1B-Szenario



Diese schnellen und tiefgreifenden Veränderungen des Klimas können gravierende Folgen für die Menschen und die Umwelt haben. Die Schadenspotenziale extremer Wetterereignisse wie Hitzewellen, Starkniederschläge und Stürme sind oftmals noch wesentlich größer als jene der schleichenden Klimaänderungen. Deswegen sind zurzeit am Max-Planck-Institut für Meteorologie detaillierte Analysen der Klimaszenarien in Arbeit, um Aussagen zur Häufigkeit und Stärke künftiger Extremereignisse machen zu können.



Hochkalter (2.607 m) in den Berchtesgadener Alpen/Bayern

Schlusswort

Alle oben erwähnten Ergebnisse entstammen je einer Simulation pro Emissionsszenario. Um die natürliche Variabilität berücksichtigen zu können, müssten viele dieser möglichen Realisationen eines Emissionsszenarios berechnet werden. Dies ist auch geplant und wird dann verwendet, um die Robustheit der Klimaänderungsmuster zu analysieren.

Weiterhin muss nun die Verbindung zu den ökologischen und sozioökonomischen Bereichen des Erdsystems hergestellt werden. Regionale Klimamodelle müssen zu regionalen Systemmodellen ausgeweitet werden, die die Vielzahl von biogeochemischen Wechselwirkungen ebenso berücksichtigen wie den Einfluss menschlichen Handelns.

Literatur

- [1] Frei, C., Christensen, J.H., Deque, M., Jacob, D., Jones, R.G., und Vidale, P.L.: 2003, 'Daily precipitation statistics in regional climate models: Evaluation and intercomparison for the European Alps', *J. Geophys. Res.* 108 (D3), 4124, doi: 10.1029/2002JD002287.
- [2] Jacob, D.: 2001, 'A note to the simulation of the annual and inter-annual variability of the water budget over the Baltic Sea drainage basin', *Meteorol Atmos Phys* 77, 61-73.
- [3] Jacob, D., Bärring, L., Christensen, O.B., Christensen, J.H., Hagemann, S., Hirschi, M., Kjellström, E., Lenderink, G., Rockel, B., Schär, C., Seneviratne, S.I., Somot, S., van Ulden, A. and van den Hurk, B.: 2007, 'An inter-comparison of regional climate models for Europe: Design of the experiments and model performance', PRUDENCE Special Issue, *Climatic Change*, Vol. 81, Supplement 1, May 2007.
- [4] Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, G., de Vries, B., Fenhann, J., Gaffin, S., Gregory, K., Grübler, A., Jung, T.Y., Kram, T., La Rovere, E.L., Michaelis, L., Mori, S., Morita, T., Pepper, W., Pitcher, H., Price, L., Raihi, K., Roehrl, A., Rogner, H.-H., Sankovski, A., Schlesinger, M., Shukla, P., Smith, S., Swart, R., van Rooijen, S., Victor, N. and Dadi, Z.: 2000, 'IPCC Special Report on Emissions Scenarios', Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Kontakt:

Max-Planck-Institut für Meteorologie
Bundesstraße 53, 20146 Hamburg
Tel.: 040 411 73-0
Fax: 040 411 73-298
Internet: www.mpimet.mpg.de



KomPass Das Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung im Umweltbundesamt

Im Nationalen Klimaschutzprogramm 2005 beschloss die Bundesregierung, die Arbeiten an einem Konzept zur Anpassung an den Klimawandel in Deutschland aufzunehmen. Um dieses Konzept zu unterstützen – einschließlich einer fachlichen und umweltpolitischen Begleitung der Realisierung – beauftragte das Bundesumweltministerium das Umweltbundesamt (UBA) mit der Einrichtung eines Kompetenzzentrums Klimafolgen und Anpassung (KomPass).

Aufgabe:

KomPass wird das Fachwissen zu Klimafolgen und Anpassung vernetzen und an Entscheidungsträger sowie die Öffentlichkeit vermitteln. Damit will das UBA die Arbeit all derer vereinfachen, die sich – sei es als Unternehmen, Verwaltung sowie Wirtschafts- und Umweltverbände – mit der Anpassung an Klimaänderungen befassen müssen. KomPass wird dazu eigene Klimaszenarien verschiedener Modelle verfügbar machen und das vorhandene Wissen

zur Anpassung an Klimaänderungen bündeln.

KomPass wird fachlich-konzeptionelle Grundlagen für die Identifizierung und Umsetzung einer deutschen Anpassungsstrategie liefern. Eine maßgebliche Rolle spielen dabei Fragen wie zum Beispiel: Wie können verwundbare Bereiche unserer Gesellschaft und mögliche Anpassungsmaßnahmen identifiziert werden? Was kostet die Anpassung, wo sind ihre Grenzen gesetzt und welche politischen Rahmenbedingungen sind notwendig, um Anpassungsstrategien umzusetzen?

Dienstleistungen:

Das Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung im Umweltbundesamt (KomPass) wird – zeitlich gestaffelt bis Ende 2011 – folgende Dienstleistungen anbieten:

- ▶ KomPass unterstützt – unter breiter Beteiligung weiterer politischer Akteure auf Bundes- und Länderebene – das Bundes-



ministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit bei den Arbeiten zur Nationalen Anpassungsstrategie wissenschaftlich.

- ▶ KomPass liefert Daten zu regionalen Klimaänderungen und intensiviert so die regionale Klimafolgenforschung für Deutschland.
- ▶ KomPass bewertet Informationen zu regionalen Klimaänderungen und Klimafolgen und bereitet das Fachwissen für Entscheidungsträger klar und verständlich auf. Die Synthesergebnisse publiziert KomPass mittels eines recherchierbaren Infokatalogs, anhand von Berichten, Broschüren, Themenblättern und Hintergrundpapieren.
- ▶ KomPass bietet eine Internetplattform an, die künftig durch ein Fachinformationssystem ergänzt wird. Die Plattform liefert neben den KomPass-Produkten wie Infokatalog, Projekte kooperierender Netzwerke, Studien, Hintergrundpapiere, Newsletter

und Fachinformationen in Zukunft auch einen Kartendienst zu regionalen Klimaänderungen und -folgen.

- ▶ KomPass fördert die Netzwerkarbeit mit Akteuren aus Wissenschaft, Wirtschaft, Verwaltung und Nichtregierungsorganisationen (NGOs), um den Erfahrungsaustausch zur Anpassung voranzutreiben und Erwartungen der Akteure an eine Strategiebildung sowie an KomPass aufzunehmen und zu berücksichtigen. Dazu wird KomPass Workshops und Fachgespräche durchführen.
- ▶ KomPass liefert Beiträge zur Entwicklung eines europäischen sowie internationalen Rahmens zur Anpassung.

Kontakt:

Umweltbundesamt

Fachgebiet I 4.1 Klimaschutz

Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass)

Postfach 1406, 06813 Dessau

E-Mail: kompass@uba.de

Internet: www.anpassung.net und www.uba.de/klimaschutz



■ DIE FOLGEN





Was sind nun die Folgen der eingangs beschriebenen Klimaveränderungen? Gemäß dem Zwischenstaatlichen Ausschuss über Klimaänderungen (IPCC) werden Bergregionen Gletscherrückzug, reduzierter Schneebedeckung und extensivem Artensterben gegenüberstehen. Darauf soll im Folgenden ausführlich eingegangen werden.

Ökosysteme

Bergökosysteme gehören zu den global artenreichsten Flecken auf diesem Planeten, doch gerade sie reagieren auch besonders sensitiv auf klimatische Veränderungen. Einerseits ist das Leben in den Alpen an die Kälte angepasst, doch diese lässt spürbar nach. Die Alpen sind durch die hohe Anzahl endemischer Tier- und Pflanz-

arten geprägt, denen sich im Zuge des Klimawandels kaum Ausweichmöglichkeiten bieten. Alpine Ökosysteme sind durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst, die anderswo unbedeutend sind. Zum Beispiel die Steilheit des Geländes, Stabilisierung der Hänge durch Wurzelwachstum, hohe topografische Heterogenität sowie die Schutzfunktion des Waldes vor Naturgefahren wie Lawinen und Steinschlag. Zudem erhöht die Vielzahl an kleinklimatischen Sonderstandorten und extrazonalen Biotopen die Verletzlichkeit dieses einzigartigen Naturraumes. Andererseits ist die Vulnerabilität gegenüber dem globalen Wandel stark von der Ausgangssituation abhängig. So stehen große Teile des Ökosystems Alpen, insbesondere der Siedlungsraum und die Almzonen, schon heute unter dem Druck des menschlichen Einflusses und unterliefen in den letzten Jahrhunderten einen grundlegenden Wandel. Projektionen aufgrund des besseren Verständnisses der globalen Klimasysteme und der resultierenden regionalen

Alpenmurmeltier





Aspekte zeigen, dass zukünftige Veränderungen vergangene Risiken übertreffen werden. Wahrscheinlich wird außerdem das häufigere Auftreten von Extremen mindestens so entscheidend sein, wenn nicht bedeutender, als eine allmähliche Klimaveränderung an sich.

Obwohl die Alpen mit Sicherheit die am besten studierte Bergregion der Welt sind, sind Langzeitstudien über Vegetation und Artenverbreitung immer noch selten. Besonders existieren keine vergleichbaren Studien, die das gesamte Alpengebiet abdecken. Trotzdem ist es fast sicher, dass die europäische Bergflora weitreichenden Veränderungen aufgrund eines Klimawandels ausgesetzt sein wird. Die Wissenschaftler des IPCC haben sehr großes Vertrauen, dass die momentane

Erwärmung die terrestrischen Ökosysteme stark beeinflusst. Generelle Trends zeigen eine verlängerte Vegetationszeit, früheres Knospen sowie eine Aufwärtsverlagerung von Tier- und Pflanzenarten. So hat sich in Europa die durchschnittliche jährliche Vegetationszeit seit 1960 um 10,8 Tage verlängert. Dementsprechend könnte eine Erwärmung einen Vorteil für spätblühende Arten bringen. Auch werden Veränderungen in der Dauer der Schneebedeckung und der Vegetationsphase vermutlich stärkere Effekte auf das Wachstum der Pflanzen haben, als die alleinigen Einwirkungen der Temperaturveränderungen.

Es gibt im Prinzip drei Möglichkeiten, wie Bergpflanzen auf einen Klimawandel reagieren können: durch Persistenz im verän-

derten Klima, Migration in entsprechende Klimate oder Aussterben. Es wird als wahrscheinlich angesehen, dass Pflanzen generell eher durch Abwanderung als durch Adaption reagieren werden. Durchschnittlich könnten die meisten alpinen und nivalen Spezies die direkten und indirekten Folgen von ein bis zwei Grad Erwärmung tolerieren, aber kaum eine viel größere Änderung. Dabei könnten viele alpine Spezies große Teile ihres Habitats verlieren. Denn jede Arealverschiebung nach oben bedingt einen Nettoflächenverlust, weil die Landfläche mit der Höhe abnimmt. Für die Schweiz wird – bei einer Erwärmung von 3,3 Grad, was einer Höhenänderung von 600 m entspricht – ein Rückgang der alpinen Vegetationszone um 63 Prozent geschätzt.

Darüber hinaus könnte es vermehrt zu einer Habitatfragmentation kommen, da sich nach oben ausweichende Tier- und Pflanzenspezies auf isolierten Berggipfeln wiederfinden. Außerdem werden in den höheren Lagen nicht die gleichen mikroklimatischen und geomorphologischen Bedingungen herrschen wie in den ursprünglichen tieferen Lagen.

Überdies könnte die Verdrängung nivaler, d.h. vor allem von Schnee beeinflusster Flora, folgen, da diese nicht in die Höhe ausweichen kann. Neueste Studien im Rahmen des GLORIA-Projekts (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments) belegen in Übereinstimmung mit den Erwartungen und Modellen einen Rückzug von nivalen und subnivalen Spezies an deren unteren Verbreitungsgrenze sowie die kongruente Ausbreitung alpiner Spezies nach oben. So drin-

gen ferner auch Bäume über die bestehende Baumgrenze hinaus in die subalpine Zone vor. So erhöhte sich der Artenreichtum von Pflanzen auf 30 Gipfeln in den Alpen verglichen mit historischen Aufzeichnungen um maximal 70 Prozent, vermutlich durch Höhenausbreitung. Diese Entwicklung ist jedoch durch die Verdrängung der bisher vorhandenen Spezies erkauft. Zudem bestehen Anzeichen, dass starke Selektion, wie durch einen Klimawandel hervorgerufen, zu einer schnellen genetischen Differenzierung innerhalb der Pflanzenpopulationen führen kann. Daneben könnten endemische Spezies der Bergregionen zusätzlich durch die Einwanderung fremder Arten bedroht werden, welche sich möglicherweise beschleunigen wird. Das Aussterben von Arten an geografische Barrieren, wie in hohen Lagen, wird durch progressive Etablierung neuer Spezies in zunehmendem

Maße sichtbar werden. Speziell Moore sind aufgrund der höheren Temperaturen und der längeren Trockenperioden gefährdet, da für Hochmoore untypische Arten in diese Lebensräume eindringen können. Dementsprechend zeigen viele Trends einen beschleunigten Wandel in den letzten Jahrzehnten.

Das häufig verwendete Argument, dass Pflanzen vom Düngereffekt einer höheren CO₂-Konzentration profitieren, gilt für alpine Pflanzen jedoch als widerlegt. Diese werden wahrscheinlich nicht von der CO₂-angereicherten Atmosphäre profitieren. Die Erwärmung der nächsten Dekaden könnte lokal oder regional im Gegenteil auch zur Schwächung dominanter Spezies führen, verursacht durch Krankheitsausbrüche. Nicht nur die Pflanzen-, sondern auch die Tierwelt wird sich den klimatischen Veränderungen anpassen müssen. So scheinen Insekten

Enzian



Alpensteinbock



noch sensitiver auf klimatische Änderungen zu sein als Pflanzen, da deren Verbreitung meist temperaturlimitiert ist, weswegen sie auch schneller reagieren.

Neuere Studien deuten trotz räumlich grober Analyse einen potenziellen Artenverlust von bis zu 60 Prozent. Ähnliches gilt für die Tierwelt, was die Bergregionen zu den gefährdeten in Europa macht.

- ▶ Empirische Studien wie auch Modellsimulationen deuten an, dass Bergvegetation besonders empfindlich auf anthropogene Klimaveränderungen reagiert. (Bugmann et al., 2005)
- ▶ Eine Klimaänderung könnte kaum zu einem schlechteren Zeitpunkt stattfinden, da die Ökosysteme durch menschliche Beanspruchung wie Landnutzung und Düngung schon stark modifiziert und zerstört wurden. (Theurillat und Guisan, 2001)
- ▶ Es bestehen kaum Zweifel, dass auch eine moderate Erwärmung einen Migrationsprozess in Gang setzt und dass dieser schon begonnen hat. (Grabherr et al., 1994)
- ▶ Steigende Temperaturen könnten eine Aufwärtsverlagerung von anpassungsfähigen und schnell wachsenden Pionierarten und andererseits eine Benachteiligung von langsam reagierenden Pflanzen hervorrufen oder Populationen auf Bergkuppen isolieren. (Körner, 2005)
- ▶ In vielen Fällen werden die indirekten Auswirkungen wesentlich stärkere Effekte zeigen, als die reine Temperaturerhöhung für sich genommen. Vor allem die Konsequenzen der Änderungen in Schneefallmenge und -dauer haben einen Einfluss auf die alpine Vegetation. (Körner, 2005)
- ▶ Alpine Pflanzenarten in Gebirgen mit begrenztem Lebensraum über der Baumgrenze werden bei einem Temperaturzuwachs von 2°C oder mehr Biotopverlust und schwere Fragmentation erleiden. Denn eine Verschiebung in kühleres Gefilde ist für Arten der kühlen und isolierten Zonen nahe an Berggipfeln kaum möglich. (Dirnböck et al., 2003)

Alpine Spezies scheinen also überdurchschnittlich sensitiv auf klimatische Veränderungen zu reagieren. Die Klimaänderung wird allerdings durch Landnutzung überlagert. In den letzten Jahrzehnten wurden beispielsweise viele Bergheuwiesen aufgegeben oder es erfolgte eine Intensivie-

rung von Wiesen und Weiden. So haben Veränderungen in der Berglandwirtschaft und der Forstwirtschaft noch einschneidendere Auswirkungen für die Biodiversität der Alpen, welche die Einflüsse des Klimawandels verstärken oder abschwächen können.

Wald

Dank der Forstwirtschaft sind Erkenntnisse zusammengetragen worden, wie sich klimatische Veränderungen auf die Verbreitung und die Vielfalt der Arten sowie die Holzwirtschaft auswirken könnten. Ein Klimawandel wird auch die Wälder berühren; einerseits durch direkte Auswirkungen wie Temperatur- und Niederschlagsveränderungen, andererseits durch indirekte Effekte wie ein erhöhtes Waldbrandrisiko.

Nicht nur die abnehmende Kälte kann für manche Arten ein Problem darstellen, denn die Biodiversität wird auch maßgeblich durch die Niederschlagsverteilung geformt. Modellanalysen zeigen bei einer Temperaturerhö-

hung von 1°C bis -1,4°C eine Veränderung des Klassifikationstyps des Schweizer Waldes von 30 bis 55 Prozent, bei 2°C bis 2,8°C Erwärmung sogar 55 bis 89 Prozent. Statischen Modellen zufolge werden buchendominierte Wälder in den collinen (hügeligen) bis submontanen Zonen voraussichtlich durch Eichen und Hainbuchen ersetzt. Es wird infolgedessen vermutet, dass die Biodiversität in den Wäldern bei einem wärmeren Klima eher zu- als abnehmen wird.

Hingegen streiten sich die Experten, inwiefern die Waldgrenze durch eine generelle Temperaturerhöhung nach oben verschoben wird. Einige hundert Meter scheinen vorstellbar. Doch wird die neue potenzielle Waldgrenze

wohl kaum überall erreicht werden. Der Alpenraum ist dicht besiedelt und der überwiegende Teil der Wälder bewirtschaftet, weshalb die Waldgrenze schon heute mancherorts niedriger als die natürliche ausfällt. Landnutzung ist ein sehr wichtiger Faktor, der die Folgen eines Klimawandels entweder verstärken oder durch geeignete Benutzung verzögern kann. Obgleich bezweifelt wird, dass die Möglichkeit besteht, die momentane Artenzusammensetzung unter zukünftigen Emissionsszenarien durch gezielte Pflanzungen zu erhalten, da andere Effekte überwiegen.

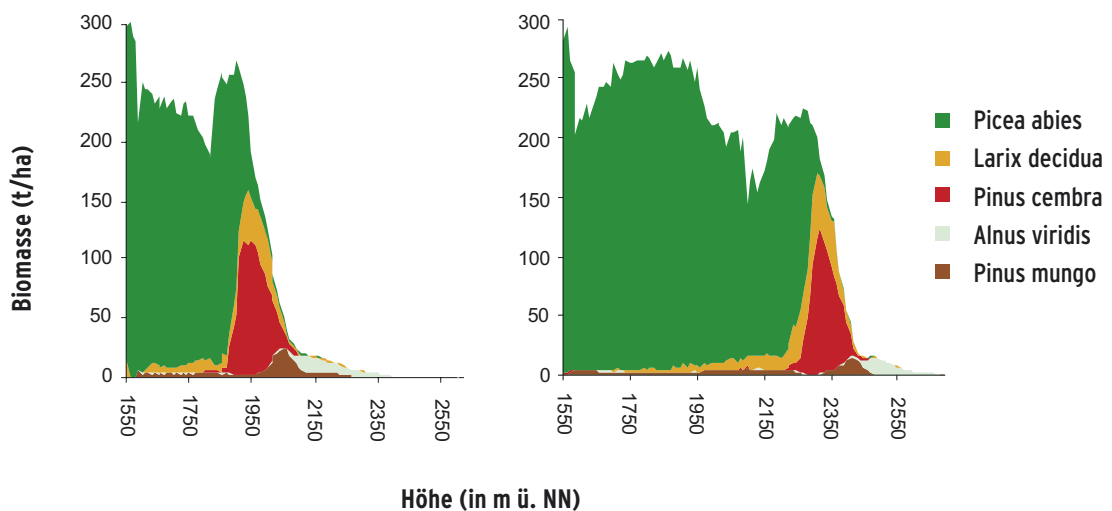
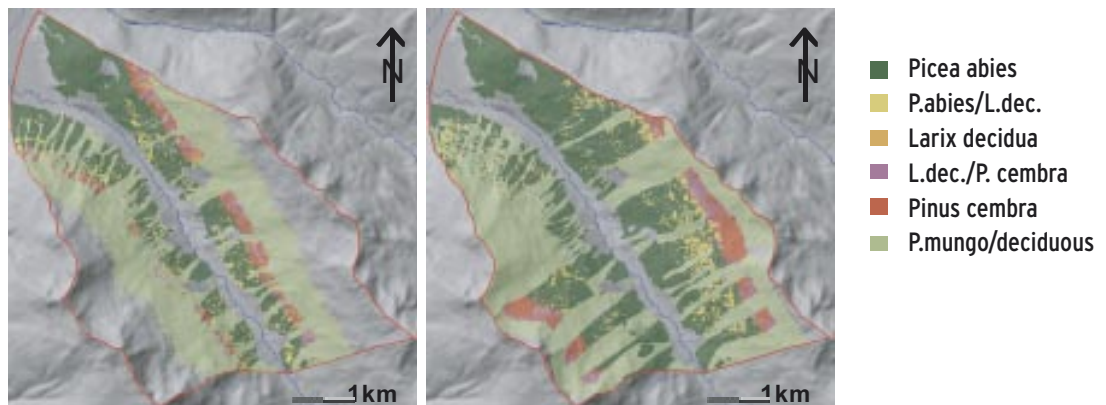
Langfristig betrachtet könnte jedoch das häufigere Auftreten von heißen und trockenen Jahren die Baumzusammensetzung und die Diversität der Wälder beeinträchtigen. So könnte Feuer wahrscheinlich so formgebend für die Landschaft werden wie die direkten Effekte des Klimawandels. Zusätzlich könnte ein Anstieg der Auftretenswahrscheinlichkeit von Stürmen die Ertragfähigkeit der Wälder mindern, wobei Nadelwälder anfälliger erscheinen als Mischwälder.





**Einflüsse des Klimawandels auf die Landschaftsstruktur im Dischmatal (Graubünden, Schweiz)
in einem Ökosystemmodell**

Landschaftszusammensetzung unter heutigem (links) und zukünftigem Klima (rechts)



Quelle: Körner, C. et al. (2005)

Zudem zeigten Untersuchungen, dass auftretende Extreme Ökosysteme langfristig von einer C-Senke zu einer C-Quelle verschieben könnten. Die Wälder würden netto also kein CO₂ mehr aus der Luft binden, sondern durch Verrotten und Absterben freisetzen.

- ▶ Die direkten und indirekten Effekte des Klimawandels werden weit reichende Konsequenzen für die Bergwälder der europäischen Alpen haben, inklusive deren Schutzfunktion vor Naturgefahren. (Schumacher und Bugmann, 2006)
- ▶ Ein Anstieg der Temperatur von 1 bis 2°C wird die momentane Waldgrenze kaum mehr als 100 bis 200 m anheben. (Theurillat und Guisan, 2001)
- ▶ Schon ein kleiner Anstieg der Auftretenswahrscheinlichkeit von Stürmen kann erhebliche Einflüsse von wirtschaftlicher Relevanz haben, vergleichbar mit denen von Sturm Lothar. (Fuhrer et al., 2006)



Landwirtschaft

Mögliche Auswirkungen auf die Landwirtschaft sind sehr schwer abzuschätzen. Doch dürften ihr vor allem zunehmende Wetterextreme zu schaffen machen. Die Hitzewelle von 2003 reduzierte das Nettoeinkommen der Bauern in der Schweiz vorübergehend um 11 Prozent, was 500 Millionen

Schweizer Franken entspricht. Solche Ernteausfälle könnten häufiger werden, denn die Wahrscheinlichkeit für Dürren in den Alpen nimmt von jetzigen 10 bis 15 Prozent in Projektionen für das Ende des Jahrhunderts auf 50 Prozent zu. Indes könnte die prognostizierte Zunahme der Häufigkeit

und Intensität von Regenfällen das Risiko von Erosion nährstoffhaltiger Oberböden in geneigtem Gelände fördern, solange keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Literatur

Bugmann, H. et al. (2005) Projecting the Impacts of Climate Change on Mountain Forests and Landscapes, in Huber U. et al. (Hrsg.) *Global Change and Mountain Regions*, Springer, Dordrecht.

Dirnböck, T. et al. (2003) A regional impact assessment of climate and land-use change on alpine vegetation, *Journal of Biogeography*, 30, S. 401–417.

Fuhrer, J. et al. (2006) Climate risks and their impact on agriculture and forests in Switzerland, *Climatic Change* 79, S. 79–102.

Grabherr, G. et al. (1994) Climate effects on mountain plants, *Nature*, 369, S. 448.

Hughes, L. (2000) Biological consequences of global warming: is the signal already here?, *Tree*, 15 (2), S. 56–61.

IPCC (Hrsg.) (2007) *Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability*, in Druck.

IPCC (Hrsg.) (1997) *The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability*, Cambridge University Press.

Körner, C. (2005) The Green Cover of Mountains in a Changing Environment, in Huber U. et al. (Hrsg.) *Global Change and Mountain Regions*, Springer, Dordrecht, S. 367–375.

OcCC (2007) *Klimaänderung und die Schweiz 2050: Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft*, Organe consultatif sur les Changements Climatiques, Bern.

Pauli, H. et al. (2007) Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994–2004) at the GLORIA master site Schrankogel, Tyrol, Austria, *Global Change Biology*, 13, S. 147–156.

Pauli, H. et al. (1996) Effects of climate change on mountain ecosystems – upward shifting of alpine plants, *World Resource Review*, 8 (3), S. 382–390.

Schappi, B. und Körner, C. (1996) Growth responses of alpine grassland to elevated CO₂, *Oecologia*, 105 (1), S. 43–52.

Schumacher, S. und Bugmann, H. (2006) The relative importance of climatic effects, wildfires and management for future forest landscape dynamics in the Swiss Alps, *Global Change Biology*, 12, S. 1435–1450.

Theurillat, J.P. und Guisan, A. (2001) Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: A review, *Climatic Change*, 50, S. 77–109.



Alpine Ökosysteme im Klimawandel: Fakten und Prognosen

von Georg Grabherr¹,
Michael Gottfried¹ und Harald Pauli²

Von der Wissenschaft werden derzeit klare und sichere Aussagen zu den Folgen des Klimawandels gefordert. Das gilt für die Tropen und die Arktis genauso wie für die Gebirgsräume der Welt und damit auch für die Alpen. Hochgebirge sind so genannte „hot spots“ der Biodiversität. Bis zu über 5.000 Blütenpflanzen pro 100 mal 100 km sind etwa im östlichen Himalaja oder den äquatorialen Anden zu finden. Die Alpen stehen da mit ihren 1.500 bis 3.000 Arten nicht viel nach. Zu dieser Diversität trägt die Alpenflora im engeren Sinne – das sind die Pflanzenarten, die ihren Schwerpunkt an und/oder über der Waldgrenze haben – wesentlich bei. Alle alpinen Arten der europäischen Hochgebirge zusammengenommen steuern zur gesamten europäischen Pflanzendiversität ca. 20 bis 25 Prozent bei, eine überraschend hohe Zahl, wenn man bedenkt, dass die alpine Zone nur drei Prozent des europäischen Territoriums ausmacht. Nach der „Logik“ der Klimawandelforschung wird vielfach angenommen – und scheint durch großräumige Computermodelle bestätigt zu sein – dass diese an Kälte adaptierte Flora unter den diskutierten Klimawandelszenarien starke Verluste hinnehmen wird müssen – vom Rückgang der Populationsdichten bis zum Verschwinden ganzer Populationen

und letztlich dem Aussterben von Arten. Letzteres gilt vor allem für die alpinen Endemiten, das sind Arten mit enger geografischer Beschränkung und Gebirgsregionen mit einer engen alpinen Zone. Kandidaten für derartige Artkatastrophen sind weltweit etwa die Australischen Alpen, die Berge Hokkaidos und in Europa die Sierra Nevada in Spanien, die Lefka Ori Kretas, aber auch Teile der Alpen (z.B. nördlichste Kalkalpen).

Wird es zu solchen Katastrophen kommen? Tatsächlich scheinen Vergleiche mit alten Gipffloren (z.T. 150 Jahre zurückliegend) einiger Dreitausender in der Schweiz und Österreich zu bestätigen, dass die Alpenflora in Bewegung geraten ist. Klares Indiz dafür ist die heute höhere Zahl an Arten auf den meisten Gipfeln. In jüngster Zeit hat sich dieser Trend offensichtlich beschleunigt, was mit den extrem warmen Jahren des letzten Jahrzehnts in Bezug gebracht werden kann. Genaue Vergleiche am Tiroler Schrankogel (3.497 m) zwischen 1994 und 2004 an mehr als 300 ein Quadratmeter großen Flächen zeigen deutlich eine Verdichtung der Populationen „wärmebedürftigerer“ Arten in Höhen zwischen 2.800 und 3.200 m, wogegen die Kältespezialisten der höchsten Lagen an Flächendeckung abnahmen. Dies auch, ohne dass sie bereits

von den zunehmenden Arten im Sinne von Konkurrenz wirklich bedrängt würden.

Räumlich hoch auflösende Computermodelle für den Schrankogel bestätigen aber auch, dass durch das bewegte Relief des Berges unter Extremszenarien (z.B. + 5°C in 100 Jahren) vereinzelt noch Restpopulationen der Kälteflora überleben können. Man wird davon ausgehen können, dass grobe Modelle, die von einem zonalen Höhersteigen ausgehen, die Situation zu extrem darstellen. Wie dem auch sei, das direkte Beobachten der Lebewelt ist Grundvoraussetzung für sichere Aussagen. Die alpine Flora, weniger die alpine Fauna, ist aufgrund ihrer Vielfalt ein exzellenter Indikator für die ökologische Relevanz des Klimawandels. Im Kulturland, aber auch im Wald, der bis auf verschwindende Ausnahmen forstlich beeinflusst, teils verändert, ist, sind vergleichbare Studien wenig aussagekräftig, da andere Faktoren wie Düngung, Holzschlag etc. weit stärkeren Einfluss ausüben als klimatische Veränderungen, so es sich nicht um Katastrophenereignisse handelt. Auch in einem so stark genutzten Gebirgsraum wie den Alpen lassen sich hingegen Gebiete finden, die nie oder kaum direkt durch Menschen beeinflusst wurden.



Enzian

Die Lebewelt der Alpen hat auf den Klimawandel der letzten Jahrzehnte reagiert, ihre Vielfalt ist zumindest langfristig und regional gefährdet. Auf der anderen Seite bietet sie der Umweltbeobachtung ein einmaliges Feld, die ökologischen Klimawandelfolgen direkt abzulesen. Das globale Monitoringprogramm GLORIA (The Global Observation Research Initiative in Alpine Environments) nutzt diese Chance. Nach einem standardisierten Methodenkanon haben inzwischen mehr als 40 Arbeitsgruppen, von den Anden bis zum polaren Ural, Dauerbeobachtungsstationen in ausgewählten Bergregionen angelegt, womit der Startpunkt für ein umfassendes ökologisches Beobachtungsnetzwerk gelegt ist.

Literatur

Barthlott, W., Lauer W. und Placke, A. (1996) Global distribution of species diversity in vascular plants: towards a world map of phytodiversity. *Erdkunde* 50: 317–327.

Gottfried, M., Pauli, H., Reiter, K. und Grabherr, G. (1999) A fine-scaled predictive model for changes in species distribution patterns of high mountain plants induced by climate warming. *Diversity and Distribution*, 5: 241–251.

Grabherr, G., Gottfried, M. und Pauli, H. (1994) Climate effects on mountain plants. *Nature* 369: 448–448.

Grabherr, G., Gottfried, G. und Pauli, H. (2006) Ökologische Effekte an den Grenzen des Lebens. *Spektrum der Wissenschaft*. Dossier: Klima: 84–89.

Grabherr, G., Gottfried, M. und Pauli, H. (2007) Der globale Wandel im internationalen Monitoring. In: Borsdorf A. & Grabherr G. (eds. Internationale Gebirgsforschung. IGF-Forschungsberichte, Österreichische Akademie der Wissenschaften, 1: 21–36.

Pauli, H., Gottfried, M., Hohenwallner, D., Reiter, K., Casale, R. und Grabherr, G. (2004). The GLORIA Field Manual – Multi Summit Approach. European Commission, Directorate-General for Research, EUR 21213.

Pauli, H., Gottfried, M., Reiter, K., Klettner, C. und Grabherr, G. (2007) Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994–2004) at the GLORIA master site Schrankogel, Tyrol, Austria. *Global Change Biology* 13: 147–156.

Thuiller, W., Lavorel, S., Araujo, M., Sykes, M.T. und Prentice, C. (2005) Climate change threats to plant diversity in Europe. *PNAS*, 102: 8245–8250.

Väre, H., Lampinen, R., Humphries, C. und Williams, P. (2003) Taxonomic diversity of vascular plants in the European alpine areas. In: Nagy L., Grabherr G., Körner Ch. & Thompson D.B.A. (eds.) Alpine Biodiversity in Europe. *Ecological Studies* 167: 133–147.

Walther, G-R., Beißner, S. und Burga, C.A. (2005) Trends in upward shift of alpine plants. *J. Vegetation Science* 16: 541–548.

Kontakt:

¹Dept. für Naturschutzforschung, Vegetations- und Landschaftsökologie der Universität Wien

² Forschungsstelle für „Gebirgsforschung: Mensch und Umwelt“ der Österreichischen Akademie der Wissenschaften
Althanstr. 14
A-1090 Wien, Österreich
E-Mail: georg.grabherr@univie.ac.at
Internet: <http://univie.ac.at/cvl>

Projekte zum Klimawandel im Nationalpark Berchtesgaden

Nationalpark Berchtesgaden



Der Nationalpark Berchtesgaden liegt am südöstlichen Zipfel Bayerns. Er ist der einzige deutsche alpine Nationalpark. Die Höhenstufen von 600 bis 2.700 m reichen von den Fichtenmonokulturen in den Sanierungsgebieten der Pflegezone bis zu den nicht oder kaum menschlich beeinflussten Rasengesellschaften der alpinen Höhenstufe. Nach Ansicht aller Experten wird sich der Klimawandel in diesen Lagen dramatisch auswirken. Deshalb wurde die Nationalparkverwaltung im Nationalparkplan von 2001 beauftragt, globale Umweltveränderungen im Nationalpark zu beobachten und mit modernen Werkzeugen zu dokumentieren, insbesondere in den menschlich nicht oder wenig beeinflussten Höhenlagen der Kernzone. Folgende Projekte sollen Folgen des Klimawandels dokumentieren:

Klimamessnetz

Klimastationen sind das Rückgrat für die Projekte, die im Nationalpark Berchtesgaden globale Klimaveränderung und ihre Auswirkungen auf alpine Ökosysteme langfristig dokumentieren und beurteilen sollen. Die Qualitätssicherung der Daten wird mit Hilfe des Deutschen Wetterdienstes sichergestellt. Die Klimadaten werden hinsichtlich extremer Witterungsereignisse und der klimatischen Wasserbilanz ausgewertet. Nach ca. 15 Jahren seit Beginn der Messungen wurde das Klimamessnetz im letzten Jahr evaluiert. Danach werden die Klimastationen in unteren und mittleren Lagen

auf ca. 20 Stationen ausgedünnt. Dafür sollen die höheren Lagen oberhalb der Waldgrenze mit Klimastationen bestückt werden.

Quellen

Quellen sind besondere Lebensräume mit ganz spezifischen Charakteristika. Die Wassertemperaturen schwanken bei vielen Quellen jährlich nur um wenige Grad Celsius und täglich fast nicht. Dies trifft auch auf viele andere Umweltparameter zu. An diese Bedingungen sind sehr spezialisierte Tierarten angepasst, die auch als Zeiger für Veränderungen genutzt werden können. Die Quellen werden derzeit in einem fünfjährigen Rhythmus zoologisch und chemisch-physikalisch beprobt, um zukünftige Änderungen der Tierwelt zu dokumentieren und zu interpretieren. In den Quellen des Nationalparks wurden bisher mehr als 700 Tierarten nachge-





wiesen. Davon waren acht Arten neu für die Wissenschaft, einige Arten stehen zur Neubeschreibung an. Im letzten Jahr ist der Forschungsbericht 51 „Quellen im Nationalpark Berchtesgaden. Lebensgemeinschaften als Indikatoren des Klimawandels“ dazu veröffentlicht worden.

Phänologie

Die Phänologie befasst sich mit dem im Jahresablauf periodisch wiederkehrenden Wachstums- und Entwicklungserscheinungen. Dabei können sowohl Beobachtungen bei Pflanzen als auch bei Tieren herangezogen werden. Bei den Pflanzen werden die Eintrittszeiten charakteristischer Vegetationsstadien (Phasen) beobachtet und festgehalten. Sie stehen in enger Beziehung zur Witterung und zum Klima und eignen sich daher für die verschiedensten Anwendungsgebiete und für vielseitige wissenschaftliche Untersuchungen. Es zeichnet sich ab, dass phänologische Daten in Zukunft verstärkt für Trendanalysen zur Klimadiagnostik herangezogen werden, da sich die Eintrittsdaten vie-

ler phänologischer Phasen sehr gut in Beziehung zu Temperatur-Trends setzen lassen. Im Nationalpark Berchtesgaden sind zwei Internationale Phänologische Gärten eingerichtet worden. Sie liegen auf Schapbach und Kührint. Zusätzlich laufen phänologische Beobachtungen an ca. 30 Stellen im Höhenprofil von dem Bereich oberhalb der Wimbachbrücke über Schapbach bis Kührint. Das entspricht einer Höhe über NN von ca. 700 bis ca. 1.400 m. Dieses Projekt wurde auf Anregung der Nationalparkverwaltung vom Institut für Botanik der Universität Salzburg in den Jahren 1994 bis 1997 initiiert und wird seitdem vom Nationaldienst fortgeführt. Demnächst soll die gesamte Datenreihe wissenschaftlich ausgewertet werden, wenn die Finanzierung gesichert werden kann.

Blick von der Archenkanzel auf den Königssee





Gipfelvegetation

In diesem Projekt wird unter der Leitung des Instituts für Ökologie und Naturschutz der Universität Wien der Einfluss der Klimaerwärmung auf die Höhenverteilung von alpinen Pflanzen untersucht. Das Department für Ökologie, Fachgebiet Geobotanik des Wissenschaftszentrums Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt und die Nationalparkverwaltung Berchtesgaden haben 2006 eine dritte Probestelle auf dem Graskopf (2.500 m NN) eingerichtet. Davor wurden die Gipfel auf dem Schlunghorn (2.200 m NN) und auf der Hochschiebe (2.400 m NN) eingerichtet. Die Daten werden in die zentrale botanische Datenbank der Nationalparkverwaltung integriert und an die Zentralstelle des GLORIA-Projekts (Global observation research initiative in alpine environments) nach Wien weitergeleitet.

Alpine Vegetation

Das Department für Ökologie, Fachgebiet Geobotanik des Wissenschaftszentrums Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt untersuchte den

Einfluss der Klimaerwärmung auf die Höhenverteilung alpiner Pflanzen. Die Langzeituntersuchungen sollen als Frühwarnsystem für globale Klimaveränderungen dienen. Im zweiten Teil des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanzierten Projekts wurden ca. 40 pflanzensoziologisch beprobte Flächen in Horstseggen-Rasen und Polsterseggen-Rasen wieder aufgesucht, die in den Jahren 1984 bis 1988 im Rahmen eines vom Umweltbundesamt teilfinanzierten Projekts im Bereich Hoher Göll – Schneibstein – Kahlersberg erstmals erfasst wurden. Die Nationalparkverwaltung unterstützte das Vorhaben durch eine Vorauswahl mit Hilfe der eigenen GIS- und Datenbank-Daten und durch Einmessung der Probestellen mit Hilfe des Nationalpark-GPS. Die Daten werden in das botanische Informationssystem der Nationalparkverwaltung überführt. Die Arbeit zeigt, dass bestimmte Arten im Erwärmungsexperiment stärker reagieren und in den Probestellen vermehrt anzutreffen sind. Die Diversität in den alpinen Rasengesellschaften ist gestiegen. Im Nationalpark Berchtesgaden zeigt der Vergleich von historischen und aktuellen Vegetationsaufnahmen klare Indizien für eine veränderte Artenzusammensetzung dieser Lebensräume. In den letzten 20 Jahren zeigten viele Arten ein ausgeprägtes Populationswachstum und der Artenreichtum vergrößerte sich. Die Temperaturerhöhung förderte Wachstum und Reproduktion vieler Arten, sodass sie mit erhöhter Frequenz auftreten und sich typische „filling“ Prozesse zeigen. Die Resultate sind im Forschungsbericht 52 „Auswirkungen des Klimawandels auf alpine Pflanzengemeinschaften im Nationalpark Berchtesgaden“ veröffentlicht worden.



Schneedeckenprojekt

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung finanzierten GLOWA-Danube-Projekts wird derzeit im Nationalpark Berchtesgaden vom Institut für Geographie der Ludwig-Maximilians-Universität München ein Projekt zur Schneedeckenmodellierung durchgeführt. In diesem Projekt soll die Variabilität der Schneedecke ermittelt werden, d.h. die Menge des Schnees, die Schneeverteilung im Nationalpark und die Schneeschmelze werden modelliert. Dafür sind aktuelle Klimadaten erforderlich. Hierfür sollen die durch die Lawinenwarnzentrale zur Verfügung gestellten Daten der automatischen Messstationen Kühroint/Funtenseetauern, Kühroint und Jenner sowie der Klimastation Schönau des Zweckverbands Tourismusregion Berchtesgaden-Königssee genutzt werden. Zukünftig werden die geplanten automatischen Klimastationen in der alpinen Zone des Nationalparks hierfür eingesetzt werden, wenn deren Finanzierung und langfristiger Betrieb gesichert werden kann. Das Projekt ist ein Beitrag zum GLOWA-Danube-Projekt, in



dem der Nationalpark Berchtesgaden als Super-Testsite ausgewählt wurde. Es ist zugleich der Einstieg in das Wasser- und Stoffflussmodell, das ein zentraler Bestandteil der langfristigen Umweltbeobachtung im Nationalpark werden soll. Zudem werden wichtige Vorarbeiten zum Verständnis und damit zum Schutz vor Naturgefahren wie Hochwässer und Lawinen außerhalb des Nationalparks geleistet.

Kontakt

Nationalparkverwaltung Berchtesgaden

Helmut Franz

Leiter Forschungscoordination und Informationssysteme

Doktorberg 6

83471 Berchtesgaden

Tel.: +49 (0)8652 96 86 0

Fax: + 49 (0)8652 96 86 40

E-Mail: H.Franz@nationalpark-berchtesgaden.de

Internet: www.nationalpark-berchtesgaden.de





Aletsch-Gletscher im Kanton Wallis/Schweiz, mit 23,6 km der längste Gletscher der Alpen

Gletscher

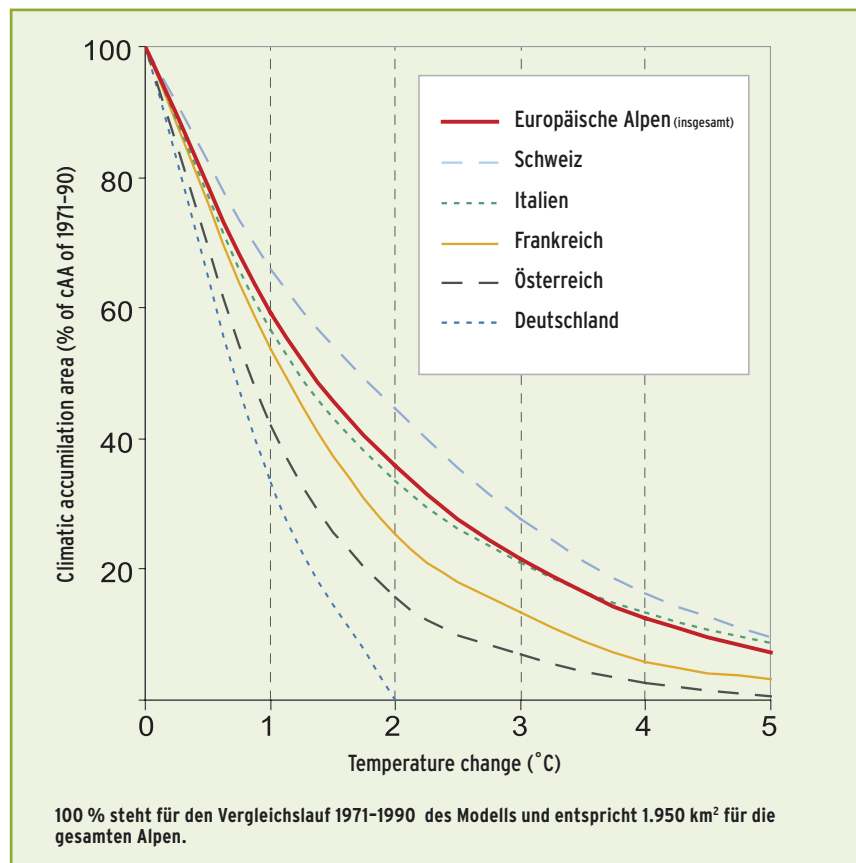
Nicht nur in den Alpen, sondern weltweit ziehen sich die Gletscher, von einzelnen Ausnahmen abgesehen, zurück. Dieser starke Rückgang gehört zu den deutlichsten Anzeichen, dass ein Klimawandel stattfindet und profunde Auswirkungen auf unsere Umwelt hat. Die Gletscheroberflächentemperaturen liegen bei Schmelzbedingungen bei 0°C, weshalb Gletscher sehr sensitiv auf Temperaturschwankungen reagieren. Zusätzlich war der Temperaturanstieg in Bergregionen während des 20. Jahrhunderts überdurchschnittlich ausgeprägt. Infolgedessen hat die Vergletscherung der Alpen seit Mitte des 19. Jahrhunderts flächenbezogen um die Hälfte abgenommen.

Unter den Klimabedingungen, wie sie regionale Simulationen zeigen – das heißt einen stärkeren Anstieg der Temperatur in höheren Lagen, höhere und intensivere Niederschläge im Winter sowie trockene Sommer – würden die Alpen große Teile ihrer Gletscherbedeckung innerhalb von Jahrzehnten verlieren. Kleinere Gletscher werden verschwinden, größere einen Volumenzugang von 30 bis

70 Prozent bis 2050 erleiden. Die Gletschergleichgewichtslinie wird sich vermutlich um 60 bis 140 m pro Grad Erwärmung anheben. Zusätzlich wird die untere Perma-

frostgrenze wahrscheinlich um mehrere hundert Meter ansteigen, sodass es zusammen mit dem Gletscherschwund zu Hanginstabilitäten kommen kann.

Modellierte verbleibende Vergletscherung als Konsequenz einer Erwärmung der Sommertemperatur um 1-5°C



Quelle: Zemp (2006)

Nicht nur die Gletscherbedeckung, sondern auch die Masse beziehungsweise das Eisvolumen der Gletscher nehmen ab. So könnten die alpinen Gletscher ein Viertel ihrer Masse bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts verlieren. Mit der prognostizierten Erwärmung könnten in den Alpen bis zum Ende des Jahrhunderts sogar bis zu 95 Prozent der existierenden Gletschermasse verschwinden. Dies würde zu beträchtlichen Abflussverlusten in Trockenzeiten im Sommer und Frühherbst führen, mit erheblichen wasserwirtschaftlichen Konsequenzen für gletschergespeiste Seen und Flüsse.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Gletscherregionen in Berggebieten zu den am schwersten von einer beschleunigten Erwärmung betroffenen Gebieten der Erde gehören könnten. Aufgrund der komplexen Verbindung vieler Variablen der Energiebilanz in diesen Regionen können die konkreten Folgen leider nur annähernd abgeschätzt werden. Forschungsergebnisse zeigen jedenfalls, dass ein großer Teil der heute existierenden Berggletscher der Erde in den nächsten 100 Jahren verschwinden könnten.



A) Der Morteratsch-Gletscher (Schweiz) im Jahre 1992.



B) Das simulierte Bild illustriert, wie der Gletscher 2035 aufgrund eines Temperaturanstieges von 1,4°C und einer entsprechenden Gleichgewichtslinienverschiebung um + 200 m aussehen könnte.

- ▶ Von 1850 bis 2000 haben die alpinen Gletscher 50 Prozent ihrer Fläche eingebüßt. Mit einer Erwärmung von 3°C der Sommerlufttemperatur würde sich die Gletscherbedeckung der Alpen um weitere 80 Prozent verringern und somit noch zehn Prozent der Fläche von 1850 bedecken. (Zemp, 2006)
- ▶ Da 90 Prozent der Alpengletscher kleiner als ein Quadratkilometer sind, ist die Wahrscheinlichkeit, dass die meisten Gletscher in den kommenden Jahrzehnten verschwinden werden, nicht unerheblich. (Zemp, 2006)
- ▶ Änderungen in der Kryosphäre (Eis) der Alpen würden erhebliche Konsequenzen für die Abflussregime von Flüssen haben; auch ist mit Auswirkungen auf die Wassertransportwege zu rechnen. (IPCC, 1997)

Gletscher – Wasserkreislauf und Wasserspende

von Dr. Ludwig Braun und Dr. Markus Weber

Einleitung

Die Alpengletscher sind im Wasserkreislauf eine wichtige Speichergroße, welche sich regulierend auf den Abfluss aus den Hochgebirgsregionen auswirkt. Durch die Erwärmung seit Mitte des 19. Jahrhunderts ist gut die Hälfte der in Form von Eis gespeicherten Wassermenge abgeflossen, und sollte sich der Trend der letzten 150 Jahre fortsetzen, könnte bis zum Ende dieses Jahrhunderts der Großteil der Gletscher verschwunden sein. Welches wären die Konsequenzen auf die Wasserführung der Alpenflüsse? Gibt es Möglichkeiten, das Abschmelzen durch Eingriffe des Menschen zu verlangsamen?

Die Alpen als Wasserschloss

Eine der schlimmsten Folgen der Klimaerwärmung besteht in einem großräumigen Wassermangel. Eine leise Vorahnung von den in Europa zu erwartenden Problemen vermittelte der Sommer 2003 in Mitteleuropa und zeigen die gegenwärtig (Frühsummer 2007) extremen Trockenperioden in Spanien, Portugal und Süditalien. Die Bewohner der Alpen und die unmittelbaren Anrainer mit Ausnahme des Po-Flusses sind dagegen trotz des besonders starken An-



Reichenspitzzgruppe am Gerlossee im Nationalpark Hohe Tauern (Österreich)

stiegs der mittleren Temperaturen offensichtlich weniger durch Trockenheit gefährdet.

Die Alpenländer profitieren gegenwärtig von den Besonderheiten des alpinen Klimas. Die Berge stellen ein beachtliches Strömungshindernis dar, zwingen die Luftmassen zum Aufsteigen und fördern damit in hohem Maße die Bildung von Niederschlag. Im Bereich der Gipfellagen der Luvseiten der Gebirge wird daher in der Regel gut die dreifache Niederschlagsmenge des Umlandes gemessen. Bereits mit der Annäherung an das Gebirge steigt der Niederschlag deutlich an.

In den Bergen fällt ein großer Teil dieses Niederschlags im Jahreszeitenzyklus zunächst als Schnee, der im Frühjahr und Frühsommer überwiegend geschmolzen wird. Die Flüsse erhalten dann eine zusätzliche Spende zu den aktuellen Niederschlägen in Form des Schmelzwassers. Unter ungünstigen Umständen kann diese so üppig ausfallen, dass es im Alpenvorland zu den berüchtigten Hochwasserereignissen im Frühjahr kommt. Üblicherweise bezuschussen die Schneevorräte auf den Bergen die Gebirgsbäche und -flüsse auch in trockenen Episoden bis weit in den Sommer hinein.

Die Gletscher und ihre hydrologische Bedeutung

Bleiben die Niederschläge im Sommer auf Grund einer Schönwetterlage über längere Zeit aus, führen die meisten großen Alpenflüsse immer noch erhebliche Wassermengen. Dafür sind primär die Gletscher verantwortlich, die sich unter den klimati-

schen Bedingungen der letzten Jahrhunderte bilden und erhalten konnten. Etwa vergleichbar mit den Pfützen, die nach einem Niederschlagsereignis immer an der gleichen Stelle zu finden sind, bildete sich Gletschereis an den Stellen, an denen sich das Gleichgewicht zwischen der Schneeanammlung und der Schneeschmelze zugunsten ersterer ver-

schoben hatte. Bevorzugt sind in diesem Sinne z.B. hoch gelegenen Mulden und Plateaus oder Gratregionen (vgl. Abb. „Satellitenaufnahme des Alpenbogens“). So entstand das Bild der eisgepanzerten Alpen, das insbesondere durch historische Abbildungen aus Mitte des 19. Jahrhunderts belegt ist.



Satellitenaufnahme des Alpenbogens

Eingefärbt nach der Darstellung mittleren jährlichen Niederschlagshöhen 1971-1990 nach Schwab et al. (2001, Hydrologischer Atlas der Schweiz, Blatt 2.6), wobei Trockengebiete ($N < 600 \text{ mm}$) rötlich, Feuchtgebiete ($N > 1.500 \text{ mm}$) blau und Gletscher- und Schneegebiete sich hell abzeichnen. Demnach befindet sich die Mehrzahl der Gletscher in hochgelegenen Bereich der Zentralalpen und in den niederschlagsreichen nördlichen Randalpen. Bildbearbeitung: M. Weber

Damals erreichten die Gletscher ihren letzten Hochstand, die jüngste maximale Ausdehnung. Die heutigen Alpengletscher sind somit keine Relikte der letzten Eiszeit, sondern haben sich durch das Wechselspiel der Prozesse Schneeakkumulation und Schmelze ständig erneuert.

Seit dem letzten Höchststand um 1850 hat sich das Gleichgewicht der Gletscher, bei dem der Zuwachs im Nährgebiet und der Verlust im Zehrgebiet sich die Waage hielt, mit einer allmählichen Er-

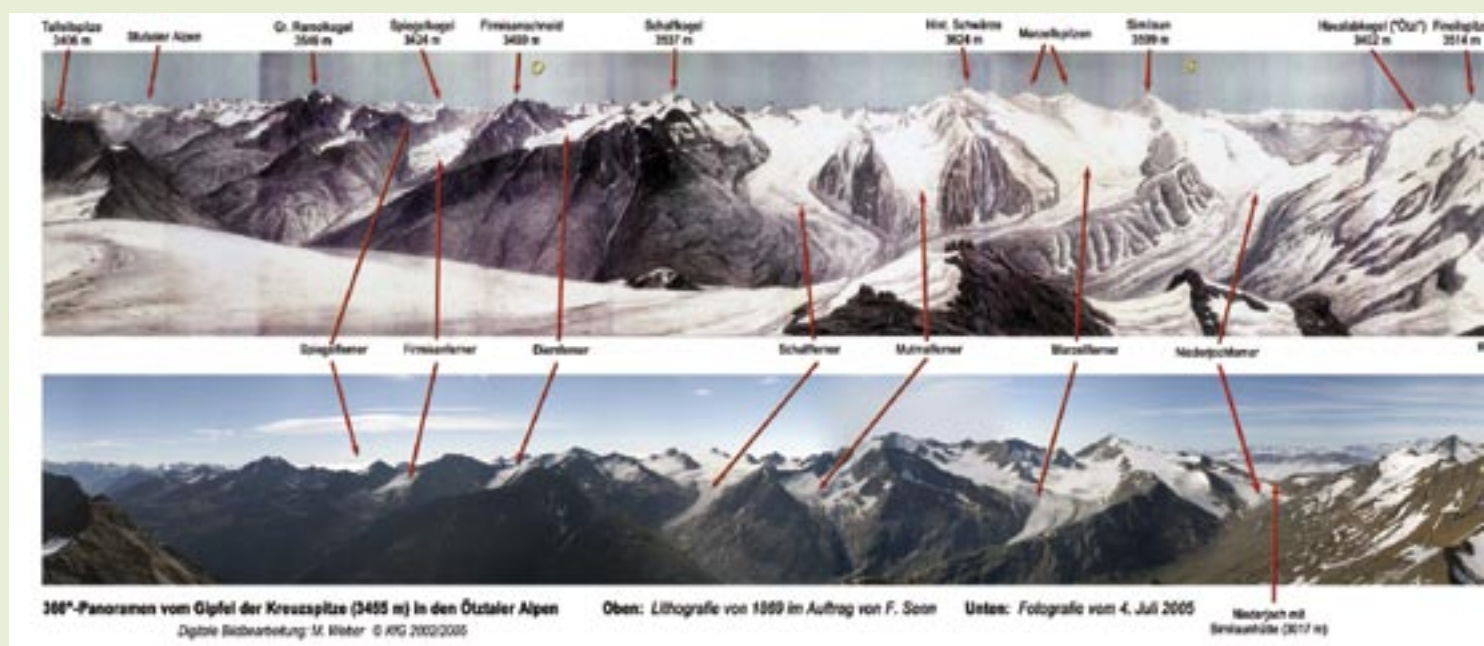
wärmung der bodennahen Luftschicht deutlich in Richtung zur Schmelze verschoben. Die Gletscher wachsen nicht mehr, sondern verlieren erheblich an Substanz, die sie in der Zeit vor 1850 ansammeln konnten.

So existierten in den Alpen gegen Ende des 20. Jahrhunderts noch rund 5.000 Gletscher mit einer Gesamtfläche von 2.500 km² und einem geschätzten Eisvolumen von 125 km³. Dies dürfte um 1850 noch mehr als das Doppelte betragen haben. Die detaillierte Be-

obachtung der Massenänderungen ausgewählter Gletscher zeigt zudem, dass die Massenverluste in den letzten 25 Jahren mit einem guten Drittel der ursprünglichen Gesamtmasse besonders hoch gewesen sind. Ähnlich einem Bankkonto, dessen Saldo sich durch Änderungen der Einnahmen und der Ausgaben verändert, könnte das Schwinden der Gletscher sowohl auf verminderte Schneefälle als auch auf verstärkte Schmelze zurückgeführt werden. Die Untersuchungen zu dieser Fragestellung ergeben bei-

360°-Rundumsicht über die Gletscher des Hinteren Ötztals von Kreuzspitze 3.455 m

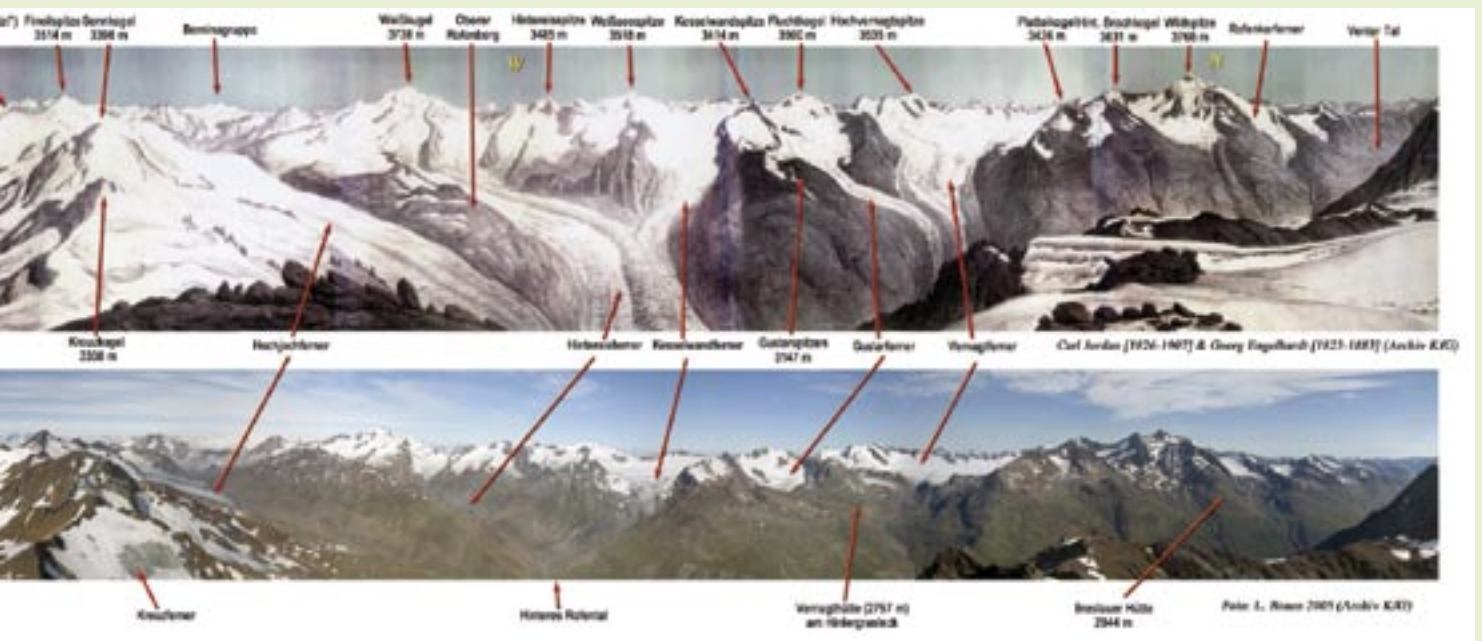
Oben nach einer Zeichnung von Engelhard und Jordan aus dem Jahr 1869, unten eine Fotografie vom Juli 2005. Der Vergleich beider Abbildungen bezeugt einerseits die Detailtreue der historischen Darstellung, andererseits auch das Ausmaß des Gletscherschwundes innerhalb der letzten 136 Jahre in dieser Region. Bildbearbeitung: M. Weber



spielsweise für den Vernagtferner in den Öztaler Alpen, dass sich die Menge des im Winter gefallenen Schnees nur unwesentlich geändert hat, die im Sommer produzierten Schmelzwassermengen sich dagegen seit Beginn der Messungen nahezu verdoppelt haben. Und dies, obwohl die Fläche des Gletschers kontinuierlich auf 2/3 der ursprünglichen geschrumpft ist. Übertragen auf die Metapher von der Führung eines Bankkontos überwiegen die Ausgaben die Einnahmen in einer Weise, dass in naher Zukunft tatsächlich die Insolvenz in Form des Verschwindens eines Großteils der Alpengletscher befürchtet werden muss.



Vernagtferner-Gletscher 1844 und 2001

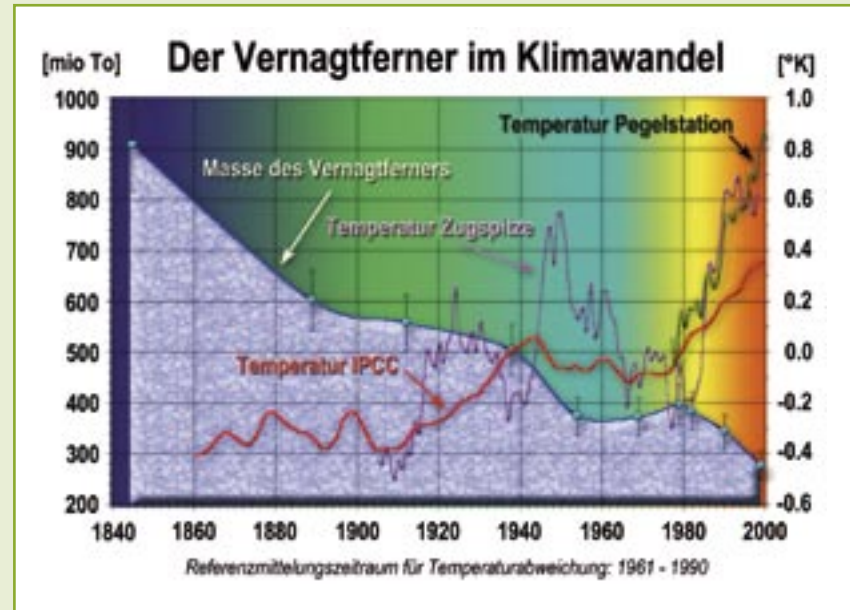


Abnahme der Masse des Vernagtferners seit 1846 im Zusammenhang mit dem Anstieg der mittleren Temperatur der Nordhalbkugel (IPCC), der auf dem Gipfel der Zugspitze seit 1900 und an der Pegelstation Vernagtbach seit 1974

Wann und wo der Gletscherabfluss beginnt

Wie kann es dazu kommen, dass das Wachstum der Gletscher so sensibel auf Änderungen des Klimas reagiert und dabei die Gletscherbäche derartig anschwellen? Des Rätsels Lösung ist im Sommer zu finden. Für den Laien werden Gletscherflächen überhaupt erst im Sommer sichtbar, wenn sie sich von der dann schneefreien Umgebung deutlich abheben. Auch fallen dann erst die vielen Gletscherbäche auf, die das Schmelzwasser der Gletscher schnell und effizient ins Tal befördern. Man kann beobachten, dass das Wasser am stärksten an heißen und wolkenarmen Sonnentagen fließt, denn die Sonnenstrahlung liefert den Hauptanteil der Energie zur Schmelze von Eis und Schnee.

Demnach wären die maximalen Schmelzwassermengen um die Mittagszeit zum Sommeranfang zu erwarten, denn um diesen Zeitpunkt erreichen der Sonnenstand und die Strahlungsintensität ihr Maximum. Tatsächlich beobachtet man die höchsten Abflüsse erst im Hochsommer, in der Regel innerhalb der ersten Augushälfte. Dies hat seine Ursache unmittelbar darin, dass die Schmelzwasserbildung nicht allein vom Energieangebot (Sonneneinstrahlung) abhängt, sondern auch davon, welcher Anteil davon absorbiert und damit genutzt werden kann.



Ein schneefreier Gletscher produziert viel mehr Schmelzwasser

Prinzipiell schmilzt ein Gletscher in der gleichen Weise wie ein Eiswürfel in der Schale. An seiner Oberfläche wird Energie aus der Umgebung aufgenommen, die zur Phasenumwandlung verbraucht wird, sobald die Oberflächentemperatur den Gefrierpunkt erreicht hat. Der Wärmeaustausch zwischen der Atmosphäre und dem Gletscher ist ein komplexer Vorgang, der nicht allein von den Strahlungs- und Temperaturverhältnissen, sondern insbesondere auch von der Luftbewegung und der Feuchte abhängt. Vereinfacht ausgedrückt: Eine Schnee- und Eisoberfläche empfängt umso weniger Energie, je heller und glatter sie erscheint. Eine dunkle zerklüftete Eisoberfläche absorbiert gut das Vier- bis Fünffache an Strahlungs- und Wärmeenergie wie eine frische glatte Neuschneedecke.

Solange der Gletscher schneebedeckt ist, schreitet somit die Schmelze nur zögerlich voran, weil der größte Teil der einfallenden Globalstrahlung reflektiert wird und daher dem Schmelzprozess entzogen ist. Kommt unter dem Schnee das dunkle Eis zum Vorschein – man spricht dann vom „Ausapern“ des Gletschers – schmelzen dort bis zu 10 cm Eis an einem einzigen warmen Sommertag.

Das gebildete Schmelzwasser fließt über Gerinne an der Gletscheroberfläche (Schmelzwasserbäche, vgl. Foto S. 54 links „oberflächlicher Eiskanal“), dann gletscherinterne Fließwege (Gletschermühlen – Röhren und Tunnel, vgl. Foto S. 54 rechts „Eishöhle“) und schließlich in einem Netz von Wasserwegen, vergleichbar mit einer Stadtentwässerung, am Gletschergrund ab, kommt gebündelt am Gletschertor heraus und bewirkt einen ausgeprägten Ta-

Vernagtferner-Gletscher 1898, 1992 und 2005

gesgang in der Wasserführung des Gletscherbachs. Dabei ist es wichtig, wie das Nährgebiet beschaffen ist. Ist dieses zu über zwei Drittel der Gesamtfläche des Gletschers mit Altschnee (Firn) bedeckt, so wird das Wasser darin gleich einem Schwamm über Tage zwischengespeichert und damit verzögert abgegeben. Dies war bei „gletschergünstigen“ Massenhaushaltsbedingungen in der zweiten Hälfte der 1960er und in den 1970er Jahren der Fall. Nach den starken Massenschwundjahren, die wir seit 1980 beobachten, haben sich die Flächen mit Firnbedeckung sehr verkleinert, es kommt zu einem verstärkten und rascheren Abfließen des Schmelzwassers, was einen stark vergrößerten Tagesgang im Gletscherbach zur Folge hat (vgl. Fotos S. 55 oben). Der sich beschleunigende Massenschwund dagegen resultiert vorwiegend aus einer Zunahme der Anzahl der Tage mit ausgeprägter Schmelze gegenüber „früher“. Der Extremfall wurde im Sommer 2003 beobachtet, als statt der üblichen 10 bis 20 Tage mit ausgeprägter Schmelze plötzlich 100 Tage auftraten. Diese Beobachtung deckt sich mit den Prognosen der Klimamodelle, welche nicht unbedingt immer heißere Tage, sondern eine Zunahme der Anzahl der heißen und überdurchschnittlich warmen Tage vorhersagen.



Gletscher als Quellregion von Hochwässern

Nach den Vorhersagen der Klimaforscher werden in Zukunft die Niederschläge in den Sommermonaten auf wenige, aber sehr ergiebige Kurzzeitereignisse beschränkt sein. Durch das weitere Ansteigen der Frostgrenze fällt der Niederschlag bis in große Höhen als Regen; damit entfällt der früher wirksame Selbstschutzmechanismus vor Hochwasser, denn durch die Zwischenspeicherung der Niederschläge in Form von Schnee wurde der Abfluss verzögert und bewahrt die Alpentäler vor schlimmeren Katastrophen. Unter den aktuellen Verhältnissen kann bei einem heißen Sommertag das stark erhöhte Schmelzwasser

Beschleunigte Eisschmelze auch bei kleiner werdenden Gletschern

Einige Prozesse der Gletscherschmelze ermöglichen einen selbstverstärkenden Effekt, so dass die Gletscher trotz des Flächenrückgangs von Jahr zu Jahr mehr an Masse verlieren. Zum Beispiel sammeln sich freigesetzte Staubeinschlüsse zunehmend an der Eisoberfläche und lassen sie noch dunkler erscheinen, wodurch sich die Aufnahmefähigkeit für die Sonnenstrahlung weiter erhöht. Außerdem führt der Rückgang der Schnee- und Eisflächen zu einem weiteren Anstieg der Frostgrenze, denn die durch die Schmelze in vergletscherten Gebieten reduzierte Erwärmung der

Bewirtschaftung der Gletscher?

Die Bewirtschaftung von Gletschern z.B. durch den Skitourismus wird dann zum Problem, wenn durch Verschmutzung und mechanische Beanspruchung das Reflexionsvermögen des Schnees vermindert und Oberflächeneigenschaften verändert werden. Dies kann lokal wegen der höheren Strahlungsaufnahme und damit Schmelzwärme zu einer stärkeren Abschmelzung führen; es dürfte aber allgemein eher als untergeordnetes Problem zu sehen sein. Im Gegensatz dazu versuchen Betreiber von Skiliftanlagen durch Schneebewirtschaftung („snow farming“) lokal, die Schmelze zu verlangsamen, in-



Abflusskanäle an der Gletscheroberfläche (links) und im Eiskörper (rechts) des Vernagtferners

ser mit Abflüssen der Gewitterniederschläge zusammenfallen und sich überlagern, wie z.B. am 4. August 1998 im Einzugsgebiet des Vernagtbachs im hinteren Ötztal beobachtet.

bodennahen Luftschicht ergab in den Alpen etwas niedrigere Mitteltemperaturen im Vergleich zum Flachland.

Das ständig ungünstiger werdende Verhältnis von vergletscherten zu schnee- und eisfreier Fläche führt somit zu einer beschleunigten Erwärmung der alpinen Region und damit zu einer noch intensiveren Gletscherschmelze. Ein gegenüber der globalen Mitteltemperatur stärkerer Anstieg der lokalen Temperatur innerhalb der Alpen wird bereits beobachtet.

dem zusätzlich Schnee z.B. unter die Schlepperanlagen hingeschoben oder für die „Halfpipe“ aufgehäuft und mit reflektierender, heller Folie abgedeckt wird, um dadurch die Abschmelzung der Gletscher zu verzögern. Diese Maßnahmen dienen nur dem Schutz der installierten Anlagen, nicht jedoch zum Erhalt des Gletschers in seiner Gesamtheit, da sie nur lokal greifen und eine stark begrenzte Wirkung besitzen.

Zusammenfassung

Die Veränderungen der Alpengletscher sind für jedermann einsichtige Zeugnisse des Klimawandels. Die generelle Gletscherschmelze ist schon seit 150 Jahren im Gange, mit einer kurzen Erholungsphase mit Gletschervorstößen in den 1960er und 1970er Jahren. Gegenwärtig sind in heißen trockenen Sommern durch das Aufbrauchen der Eisreserven die Abflüsse aus dem Hochgebirge überdurchschnittlich und verhindern somit ein gravierendes Trockenfallen der Gebirgsflüsse. Sollten die Gletscher jedoch weitgehend verschwinden, würde diese Bezuschussung in Trockenzeiten ausbleiben. Die Wasserführung der Flüsse würde allein vom stark veränderlichen Niederschlagsangebot abhängen. Nicht zuletzt verarmen die Hochgebirgsregionen durch das Verschwinden der Gletscher in ihrem Erscheinungsbild und verlieren an Attraktivität für den Tourismus. Mitte der 1970er Jahre konnten im Mittel am Vernagtferner Zuwächse von 30 cm pro Jahr beobachtet werden, und um den Verlust von 2003 auszugleichen, wären sieben feuchte und kühle Jahre vom Typ der 1970er Sommer erforderlich.

Kontakt:

**Dr. Ludwig N. Braun und
Dr. Markus Weber**
Kommission für Glaziologie
Bayerische Akademie
der Wissenschaften
Marstallplatz 8
80539 München
Tel.: +49 (0)89 230 31-1195
Fax: +49 (0)89 230 31-1100
Internet: www.glaziologie.de



Die Spitzenwerte des Abflusses im August an der Pegelstation Vernagtbach haben sich seit Beginn der kontinuierlichen Messungen 1973 mehr als verdoppelt

Vergleichsansichten des Platt mit dem Schneeferner vom Gipfel der Zugspitze 1890 (oben) und 2003 (unten). Unten sichtbar die Schutzplanen im Bereich der Installationen für die Skitouristik

Fotos vom 10.8.2003 und Bildbearbeitung des Archivfotos: M. Weber





Naturgefahren

Neben den oben erwähnten Wetterextremen wie Starkniederschlag oder Trockenheit sind Naturgefahren im Zusammenhang mit Gletschern und Permafrost im alpinen Gelände besonders relevant. Veränderungen in Gletschern, Schneebedeckung sowie Permafrost und insbesondere die daraus resultierenden Naturgefahren könnten mitunter zu den sichtbarsten Anzeichen einer Klimaerwärmung gehören und folglich erheblichen Einfluss auf den Menschen nehmen. Die Verletzlichkeit von Mensch und Umwelt in den Alpengemeinden scheint somit rapide anzusteigen.

Die Schweizerische Plattform Naturgefahren (PLANAT) warnt, dass die generelle Erwärmung und die vorausgesagten intensiveren Niederschläge die Bildung von Murgängen und Hangrutschungen begünstigen und außerdem das Auftauen von Permafrost die

Hangstabilität reduziert. Es wird befürchtet, dass heißere Sommer, wie in den Klimamodellen vorhergesagt, zu verstärkter Instabilität von Felswänden und Steinschlag in den kommenden Jahrzehnten führen werden, die auch die Täler gefährden könnten. Während des letzten Jahrhunderts hat sich der alpine Permafrost um 0,5°C bis

0,8°C erwärmt. Übereinstimmend trat im überdurchschnittlich heißen Sommer 2003 außergewöhnlich viel Steinschlag in den Alpen auf. Dies könnte somit ein frühes, unerwartetes Signal eines Klimawandels gewesen sein. Außerdem führen die Entwicklung und das Wachstum von Gletscherseen, verursacht durch deren Abschmelzen, zu einem erhöhten Risiko von Murgängen und verheerenden Gletscherseeausbrüchen. Wissenschaftler vermuten, dass sowohl die Anzahl als auch die Größe solcher Gletscherseen zunehmen wird. Das Auftreten von Lawinen scheint hingegen nach heutigem Stand der Wissenschaft nicht messbar von einem Klimawandel beeinflusst zu werden. Insofern umfassen potenzielle Gletscher- und Permafrostgefahren:

- ▶ Ausbruch von Gletscherseen, Überschwemmungen und Murgänge auslösend
- ▶ Eisstürze und Eislawinen
- ▶ Stabile und instabile (abrupte) Gletscherveränderungen
- ▶ Destabilisierung von Felshängen
- ▶ Kombinationen und Kettenreaktionen dieser Ereignisse (Kääb, 2005)



Verschüttete Autos nach dem Abgang einer Gerölllawine in einem Schweizer Alpendorf

Die Anpassungsbeispiele am Monte-Rosa-Massiv an der italienisch-schweizerischen Grenze, wo ein potenziell gefährlicher Gletschersee künstlich entleert wurde und der Bau von Schutzdämmen in Pontresina (Engadin, Schweiz) vor drohenden Murgängen infolge der Erwärmung von Permafrost, bleiben nur Nischenbeispiele verglichen mit dem Ausmaß der zu erwartenden Veränderungen im Alpenraum. Es besteht ein dringendes Bedürfnis für effiziente Methoden zur Naturgefahrenabschätzung und -vermeidung, die über kurzfristige Projektfinanzierung hinausgehen, damit klimatische Veränderungen besser in die Risikoabschätzung und den politischen Umgang mit Naturgefahren einbezogen werden können.



Die Gemeinde Eschenlohe während der Hochwasserkatastrophe im Sommer 2005 in den Bayerischen Alpen

Die Anpassung an den Klimawandel benötigt zudem ein flexibleres und vorausgerichtetes Naturgefahrenmanagement. Der Umgang mit Naturgefahren orientiert sich traditionellerweise an Erfahrungswerten und vergangenen Ereignissen, was im Lichte des Klimawandels nicht länger angebracht erscheint. Vorsorgemaßnahmen sollten häufigere und stärkere Wetterextreme in Betracht ziehen.

Außerdem sollten Gefahrenkarten häufiger aktualisiert werden und in Bezug auf künftige Risiken anspruchsvoller werden. Kosteneffiziente Methoden werden benötigt, um regelmäßig die schnellen Veränderungen im hochalpinen Gebiet sicherzustellen und die verletzlichsten Gebiete zu identifizieren. Satellitenbasierte Fernerkundung und gute Modelle können bei der Beurteilung von Naturge-

fahren aufgrund der beschleunigten Veränderungen im alpinen Gebiet helfen. Der großräumige Einfluss des Klimas wird bei weitem jede lokale Umwelteinwirkung durch den Menschen übertreffen. Es wird deshalb die große Herausforderung sein, sich diesen Folgen des Klimawandels anzupassen.



Poröses Gestein in den Dolomiten in Oberitalien

- ▶ Das große Potenzial der Naturgefahren-Beurteilung mittels numerischer Modelle und Fernerkundung sollte voll ausgeschöpft werden.
- ▶ Gefahrenkarten sollten die veränderten Risiken berücksichtigen.
- ▶ Wissenschaftlich objektive Kriterien sollten entwickelt werden, um das Gefahrenpotenzial von Naturgefahren zu beurteilen und diese folglich auch international anzuwenden.
- ▶ Ein verstärkter Austausch von Informationen zu Naturgefahren zwischen Wissenschaft und Politik ist notwendig, um das Bewusstsein und die Bereitschaft der lokalen Autoritäten zu stärken, das vorhandene Wissen zu nutzen und auszubauen.

Literatur

Gruber, S. et al. (2004) Permafrost thaw and destabilisation of Alpine rock walls in the hot summer of 2003, *Geophysical Research Letters*, 31.

Häberli, W. und Beniston, M. (1998) Climate change and its impact on glaciers and permafrost in the Alps, *Ambio*, 27 (4), S. 258–265.

Huggel, C. et al. (2006) High-mountain hazards in the perspective of climate change effects: monitoring and assessment strategies. W.J. Ammann, et al. (Hrsg.), Proceedings of the International Disaster Reduction Conference, IDRC Davos 2006, Vol. 2, S. 231–233.

IPCC (Hrsg.) (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis, in Druck.

IPCC (Hrsg.) (2007) Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaption and Vulnerability, in Druck.

IPCC (Hrsg.) (1997) The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability, Cambridge University Press.

Kääb et al. (2005) Glacier and Permafrost Hazards in High Mountains, in Huber et al. (Hrsg.) Global Change and Mountain Regions, Springer, Dordrecht, S. 225–234.

Paul, F. et al. (2007) Calculation and visualisation of future glacier extent in the Swiss Alps by means of hypsographic modelling, *Global and Planetary Change*, 55, S. 343–357.

PLANAT (2007) Klimaänderung und Naturkatastrophen in der Schweiz, Faktenblatt, Nationale Plattform Naturgefahren, www.planat.ch.

Jetté-Nantel, S. und Agrawala, S. (2007) Climate change adaption and natural hazards management, in OECD (Hrsg.) Climate Change in the European Alps, S. 61–93.

Zemp et al. (2006) Alpine glaciers to disappear within decades?, *Geophysical Research Letters*, 33.



Lawinenabgang am Wetterhorn im Berner Oberland (Schweiz)

Plattform Naturgefahren der Alpenkonvention (PLANALP)

Das Schadensausmaß durch Naturereignisse nimmt ständig zu. Wesentliche Gründe dafür sind die Wertsteigerung und -konzentration, verletzlichere Infrastrukturen sowie steigende Ansprüche an Mobilität. Ein Klimawandel im Alpenraum hat zudem verschärfende Wirkung. Alpenweit abgestimmte Vorgehensweisen und Maßnahmen sind deshalb dringend notwendig. Die Plattform Naturgefahren der Alpenkonvention (PLANALP) wurde im November 2004 von der VIII. Alpenkonferenz eingesetzt. Sie entwickelt gemeinsame Strategien für die Prävention bei Naturgefahren und berät über angemessene Anpassungsstrategien.



Murenabgang nach Starkregen im September 2005 bei Schoppertau/Vorarlberg (Österreich)

Nach den verheerenden Lawinen- und Hochwasserereignissen im Jahr 1999 war von der Alpenkonferenz eine Arbeitsgruppe eingesetzt worden, deren Ziel es war, auf Ebene der Vertragsparteien der Alpenkonvention gemeinsame Strategien und Handlungsfelder zu entwickeln. Schon damals wurde die Gründung einer Plattform Naturgefahren in Aussicht genom-

men. Diese wurde dann von den Ministern an der VIII. Alpenkonferenz im Jahr 2004 eingesetzt. Laut Mandat befasst sich die PLANALP sowohl mit der Erarbeitung strategischer Konzepte zum integralen Risikomanagement von Naturgefahren als auch mit der koordinierten Umsetzung konsequenter Maßnahmen.



Unter integralem Risikomanagement wird das ganzheitliche Vorgehen in einem Kreislauf von Vorbeugung, Bewältigung und Regeneration verstanden.

Quelle: Bundesamt für Bevölkerungsschutz, Schweiz



Die von den einzelnen Vertragsparteien der Alpenkonvention delegierten hochrangigen Experten sollen für eine effektive Vernetzung und Abstimmung der Präventionsaktivitäten im Alpenraum sorgen. Vorsitzender der PLANALP ist in der laufenden Periode Dipl. Ing. Andreas Götz, Vizedirektor des Schweizerischen Bundesamts für Umwelt (BAFU) und Präsident der Nationalen Plattform Naturgefahren Schweiz PLANAT. Die PLANALP arbeitet mit fachlich relevanten internationalen und nationalen Institutionen aus dem Bereich Naturgefahren eng zusammen.

Nach der Aufnahme der Tätigkeit konzentrierte sich PLANALP vorrangig auf den Wissens- und Erfahrungsaustausch unter den Mitgliedsländern. Bis Ende 2007 analysiert die PLANAT im Rahmen eines umfangreicheren Schwerpunktprojekts zum Klimawandel (INTERREG-Programm „Alpenraum“) die in den Alpenländern gegenwärtig angewandten Managementmethoden und Verfahren zur Bewältigung von Naturgefahren.

Im November 2006 hat die IX. Alpenkonferenz das langfristige Arbeitsprogramm der PLANALP genehmigt. Schwerpunktthemen sind „Integrales Risikomanagement“, „Frühwarnsysteme“ und „Risikodialog“. Bei der Bearbeitung wird den wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Aspekten der Nachhaltigkeit besondere Beachtung geschenkt. Es ist vorgesehen, zu ausgewählten Themen wie zum Beispiel „Berücksichtigung des Klimawandel bei Schutzkonzepten“ Informationen abzugeben.

Die Gemeinde Eschenlohe während der Hochwasserkatastrophe im Sommer 2005 in den Bayerischen Alpen



Kontakt:

Sekretariat der Plattform Naturgefahren der Alpenkonvention PLANALP

Simone Hunziker

c/o Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Abteilung Gefahrenprävention

CH-3003 Bern, Schweiz

Tel.: +41 (0)31 324 17 73

Fax: +41 (0)31 324 78 66

E-Mail: simone.hunziker@bafu.admin.ch

Internet: www.planat.ch

(> PLANAT > Alpine Convention – PLANALP)

Projekt ClimChAlp

Welche Auswirkungen haben Klimaänderungen auf Naturgefahren?

Das Projekt **ClimChAlp** („Climate Change, Impacts and Adaptation Strategies in the Alpine Space“) ist die Initiative Bayerns zur gemeinschaftlichen Herangehensweise der Alpenländer an die Herausforderungen des Klimawandels im Alpenraum sowie an die Ausarbeitung von Anpassungsstrategien.

ClimChAlp ist der Grundstein für einen „Aktionsplan für die Alpen“, in dem die Anpassung an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels als vordringliche Aufgabe angesehen wird. Es werden zum einen wissenschaftliche Grundlagen geschaffen und zum anderen in verschiedenen Bereichen Anpassungsstrategien an den Klimawandel im Alpenraum erarbeitet.

Die Anpassung an den Klimawandel stellt in den Alpen ein sehr wichtiges Handlungsfeld dar, da der Alpenraum in zweifacher Hinsicht betroffen ist: Zum einen ist die Temperatur in den Alpen doppelt so stark angestiegen wie im globalen Durchschnitt – alle Klimamodelle sagen eine verstärkte Temperaturerhöhung auch in Zukunft voraus – und zum anderen wirkt sich der Klimawandel in den Alpen als äußerst sensibles Ökosystem besonders stark und mit zum Teil unvorhersehbaren Folgen aus.

In dem internationalen Projekt sind insgesamt 22 Partner aus den Alpenstaaten Slowenien, Italien, Österreich, Schweiz, Liechtenstein, Frankreich sowie Deutschland beteiligt. Ministerien und nachgeordnete Behörden einzelner Länder und Provinzen bilden eine intensive Projektpartner-

schaft. Universitäten und andere Forschungseinrichtungen werden über Aufträge in das Projekt eingebunden.

Das Projekt läuft im Rahmen des europäischen INTERREG-III-B-Alpenraumprogrammes und besitzt bei einer Laufzeit bis März 2008 einen Gesamtumfang von 3,54 Mio. Euro, wobei knapp die Hälfte aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung beigesteuert wird.

Aufgaben und Ziele

Die Bayerische Staatsregierung setzt beim Klimaschutz auf das „duale Prinzip“: CO₂-Vermeidung einerseits, Anpassung an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels andererseits. Das Projekt ClimChAlp ist Teil dieser Klimaschutzstrategie. Im Mittelpunkt steht die Suche nach geeigneten Anpassungsstrategien, mit denen negative Auswirkungen des Klimawandels im Alpenraum minimiert werden können. Die Definition dieser Strategien erfordert ein grundsätzliches Verständnis der Alpen als ein ganzheitliches Ökosystem, das hochsensibel auf globale und regionale Veränderungen reagiert. Allerdings bestehen hier noch erhebliche Wissenslücken, die nur durch eine groß angelegte alpenweite Zusammenarbeit – über Fachgebiete und Ländergrenzen hinweg – verringert werden können. INTERREG III B bietet die ideale Plattform, um ein derartiges Projekt zu initiieren und zu begleiten.

Beschreibung

Mit einem Arbeitstreffen der Projektpartner am 22. März 2006 im Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz fiel der Start-



Gerölllawine an einem Schweizer Bauernhaus

schluss zum Projekt ClimChAlp. Auf die beteiligten Fachleute wartet ein umfangreiches Arbeitsprogramm: Historische Klimadaten werden analysiert, Klimamodelle helfen bei der Entwicklung von Zukunftsszenarien, um so den Einfluss des Klimawandels auf die Naturgefahren im Alpenraum besser verstehen und vorhersagen zu können. Besonderes Augenmerk gilt dabei Überschwemmungen, Hangrutschungen und der erhöhten Gefahr durch Schuttströme und Muren als Folge aufschmelzender Dauerfrostböden. Mit der Entwicklung eines „Flexible Response Network“ sollen die Strategien im Kampf gegen Naturgefahren länderübergreifend abgeglichen und angepasst werden. Gemeinsam werden hierzu Strategien für Krisenmanagement und Risikovermeidung unter die Lupe genommen. Weitere Arbeiten befassen sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf wirtschaftliche Bereiche wie zum Beispiel den Tourismus. Auch Belange der Regionalplanung werden thematisiert.

Ausblick

Als Ergebnis des Projektes, das nach zweijähriger intensiver Arbeit voraussichtlich im März 2008 ausläuft, werden neben verbesserten Vorhersagen über die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels auch Empfehlungen für administratives und politisches Handeln ausgesprochen.

Die Arbeiten, strukturiert nach Arbeitspaketen, laufen derzeit in zahlreichen Einzelprojekten auf Hochtouren. Öffentlich zugängliche Informationen über das Projekt und die Arbeiten sind auf der Internetseite www.climchalp.org zu finden. Ein Beispiel für die laufenden Arbeiten zeigt auch die Zu-



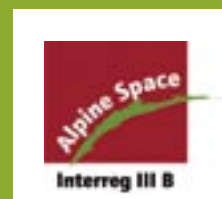
Schneearmer Januar 2007 in der Ortschaft Riezlern im Kleinwalsertal/ Vorarlberg (Österreich)

sammenstellung der durch den Klimawandel beeinflussten Naturgefahren mit angebundener Literaturdatenbank auf der Internetseite http://risknat.obs.ujf-grenoble.fr/projets/climchalp_wp5/pages_eng/base_eng.htm.

In der zweiten Jahreshälfte 2007 wird mit der Synthese der Ergebnisse begonnen. Hierbei ist zum einen ein „Extended Scientific Report“ (englisch) geplant, in dem die wissenschaftlichen Resultate in ausführlicher Form dargelegt werden, sowie ein „Common Strategic Paper“, in dem auf Basis einer kurzen Zusammenfassung der relevanten Ergebnisse Handlungsempfehlungen und Anpassungsstrategien dargelegt werden. Das Common Strategic Paper wird in Englisch sowie den Sprachen der Alpenländer veröffentlicht werden.

Kontakt

**Bayerisches Staatsministerium
für Umwelt, Gesundheit und
Verbraucherschutz**
Dr. Erik Settles
Projektmanager
Rosenkavalierplatz 2
81925 München
Tel.: +49 (0)89 92 14-3336
Internet: www.climchalp.org



Gesundheit

Der Klimawandel kann sehr vielfältig auf die menschliche Gesundheit einwirken: als Resultat der Frequenz- und Intensitätssteigerungen von Hitzewellen, als verändertes Risiko von Naturkatastrophen und übertragenen Krankheiten etc. Die Zusammenhänge zwischen klimatischen Veränderungen und Einflüssen auf das Wohlbefinden der Menschen sind dabei noch sehr unerforscht und brauchbare Resultate bisher kaum vorhanden. Auch muss zwischen wetter- und klimabasierten Risiken unterschieden werden. So kann die Klimaveränderung nur das Risiko für bestimmte Wetterlagen verändern, aber ein einzel-

nes Ereignis nicht definitiv dem Klimawandel zugeordnet werden. Gemeinden waren und werden immer natürlichen meteorologischen Gefahren wie Stürmen, Überschwemmungen und Trockenheit ausgesetzt sein, doch könnten diese durch den Klimawandel zunehmen.

Klimatologen sehen es als sehr wahrscheinlich an, dass menschlicher Einfluss auf das globale Klima das Risiko von Hitzewellen wie die im Sommer 2003 verdoppelt hat. Während der Hitzewelle im August 2003 stieg die Sterblichkeitsrate in Frankreich um 60 Prozent auf über 14.000 Tote. In den Alpenländern, wie der Schweiz, sind nicht so vie-

le Sterbefälle bekannt, trotzdem stieg die Mortalitätsrate an. Auch höhere Luftverschmutzung während Hitzeperioden kann die Anzahl der Geschädigten erhöhen. Werden zukünftige Sommer vermehrt heißer, ist es aber auch wahrscheinlich, dass eine Anpassung stattfindet und bei ähnlichen Ereignissen nicht mehr so viele Opfer zu beklagen sind. Andererseits könnten vermehrte Hitzetage auch mehr Touristen in die Alpen ziehen, um die frische Bergluft zu genießen. In den Alpen selbst führen Hitzesommer eher zu Problemen als Folge des auftauenden Permafrostes und der damit verbundenen Instabilisierung der Hänge als zu einer direkten Gefährdung der Gesundheit.

Bei den Stürmen ist in Mitteleuropa eher mit einer Abnahme der Häufigkeit zu rechnen. Gleichzeitig dürften aber sehr starke Stürme häufiger werden und können somit auch mehr Menschenleben gefährden. Hingegen könnten in den Alpen Überschwemmungen zu den am relevantesten Auswirkungen auf den Gesundheitsbereich gehören. In einzelnen Fällen können Überschwemmungen auch gefährliche Chemikalien aus Lagestätten mobilisieren.





Bei den indirekten Wirkungen eines anthropogenen Klimawandels herrscht noch große Unsicherheit. Hier sind vor allem Krankheiten zu beachten, die durch Überträger (Vektoren) verursacht werden, deren Auftreten von einer Vielzahl Faktoren beeinflusst wird: Überlebens- und Reproduktionsraten der Überträger, deren Verbreitung und Häufigkeit sowie die Infektionsrate des Wirts. Das Klima kann auf viele dieser Einflüsse teils unterschiedliche Effekte haben und es ist nur einer von vielen Faktoren. Deshalb ist es sehr schwierig, die Verbreitung eines Pathogens klimatischen Änderungen zuzuordnen. Für die Alpen ist insbesondere die Frage relevant, ob von Zecken übertragene Krankheiten sich ausbreiten könnten. Eine tschechische Studie zeigt die Ausbreitung einer häufigen Zeckenart in höhere Lagen, von 700 bis 800 m auf momentan 1.250 m in den letzten zwei Jahrzehnten.

Die Analyse der Klimadaten ergibt auch für diesen Standort offenbar einen Anstieg der Durchschnittstemperatur um 2,5°C in der Periode Mai bis August. Doch zur selben Zeit wie die klimatischen Veränderungen erfolgt sind, fanden auch viele andere statt: Populationen des hauptsächlichen Wirts,

des Rehs, wuchsen an etc. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass zukünftig Zecken in höhere Gebiete der Alpen vordringen könnten als bisher.

Klimatische Veränderungen haben wahrscheinlich auch Einflüsse auf Heuschnupfen und Asthma durch Effekte auf Pollen und andere Allergene. Studien zeigen teils Pollenzuwächse bei erhöhter CO₂-Konzentration und/oder Temperatur. Die Weltgesundheitsorganisation WHO sieht vor allem einen früheren Start und Höhepunkt der Pollensaison, der zu-

gleich stärker bei früh blühenden Spezies ausfallen dürfte. Außerdem wird die Dauer der Pollensaison bei manchen sommer- und spät blühenden Arten verlängert sein.

Die meisten der vorausgesagten Probleme in Bezug auf die menschliche Gesundheit werden allerdings nicht in Europa oder den Alpen auftreten. Eine veränderte Verbreitung von Malaria, Gelb- und Denguefieber sowie schlechte Trinkwasserqualität wird vor allem Entwicklungsländer treffen.

- ▶ Zwar sind die ursächlichen Zusammenhänge zwischen den von Vektoren übertragenen Krankheiten und dem Klimawandel nicht ganz geklärt, doch mit ansteigender Temperatur verbessern sich die Ausbreitungs- und Übertragungsbedingungen, so dass von einer steigenden Gefahr ausgegangen wird. (UBA, 2005)
- ▶ Viele zentrale Regionen nördlich der Alpen werden längere Graspollenperioden haben. (Emberlin, 1994)
- ▶ Von den Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit besonders betroffen sind Personen, die bereits gesundheitlich vorbelastet sind, wie Alte und Kinder. (UBA, 2005)

Literatur

Beggs, P. (2004) Impacts of climate change on aeroallergens: past and future, *Clinical and Experimental Allergy*, 34, S. 1507–1513.

Emberlin, J. (1994) The effects of patterns in climate and pollen abundance on allergy, *Allergy*, 49, S. 15–20.

Haines, A. (2006) Climate change and human health: impacts, vulnerability, and mitigation, *The Lancet*, 367, S. 2101–2109.

Kovats, R. (2001) Early effects of climate change: do they include changes in vector-borne disease?, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 356, S. 1057–1068.

Materna, J. (2007) Distribution, density, and development of the ick *Ixodes ricinus* in mountainous areas influenced by climate changes, IX International Jena Symposium on tick-borne diseases.

Randolph, S. (2004) Evidence that climate change has caused 'emergence' of tick-borne diseases in Europe?, *International Journal of Medical Microbiology*, 293, Suppl. 37, S. 5–15.

Umweltbundesamt (Hrsg.) (2005), Klimawandel in Deutschland: Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme, Umweltbundesamt Forschungsbericht 000844.

WHO (Hrsg.) (2000) Climate Change and Human Health: Impact and Adaption, World Health Organisation, WHO/SDE/OEH/00.4.





Tourismus

Die Jahre 1994, 2000, 2002 und 2003 waren die heißesten in den Alpen seit 500 Jahren. Klimaszenarien der Zukunft zeigen noch größere Auswirkungen, nicht nur des Temperaturanstiegs, sondern auch bezüglich des Niederschlags und Schnees (siehe oben). Neben den Naturgefahren werden die Folgen für den Wintertourismus das menschliche Leben in den Alpen nachhaltig beeinflussen. Der Tourismussektor ist ein wichtiges Standbein der Wirtschaft in den Alpenländern. So erzeugt der Tourismus im Alpenraum rund 50 Milliarden Euro Umsatz pro Jahr und generiert 10 bis 12 Prozent der Arbeitsplätze. Doch wie wird sich der Klimawandel im Wintertourismus widerspiegeln?

Der Winter 2006/07 war hinsichtlich der Schneedecke ein Extrem. In tieferen Lagen unterhalb von 1.300 Metern fielen die Schneehöhen im Vergleich zu den letzten sieben Jahren einmalig tief aus. Doch ein Extremwinter kann noch nicht als Beweis für den Klimawandel gesehen werden; als Ursache wird vielmehr die außergewöhnliche Häufung von speziellen Wetterlagen vermutet. Stimmen jedoch die Klimamodelle der Forscher, kann er einen Vorgeschmack liefern, welche Bedingungen in ein paar Jahrzehnten in den Alpen Normalität werden könnten.

Angesichts des generell wärmeren Klimas wird die Anzahl schneesicherer Gebiete signifikant zurückgehen. Bei fortschreitendem Klimawandel ist am Ende dieses Jahrhunderts Modellen der Klimaforscher zufolge im Süden Deutschlands mit mehr Niederschlägen zu rechnen, doch werden diese häufiger als Regen und nicht mehr als Schnee fallen. Erst in großen Höhen - die Schätzungen

variieren von 1.600 bis 2.000 m - könnte der Niederschlag als Schnee fallen, möglicherweise sogar in größeren Mengen als bisher.

Unter heutigen Bedingungen gelten 609 von 666 alpinen Schneesportgebieten als schneesicher, das sind 91 Prozent. Ein Gebiet gilt als schneesicher und rentabel, wenn mindestens an 100 Tagen pro Jahr mindestens 30 cm Schnee liegen. In Deutschland sind es durch die vergleichsweise tief gelegenen Gebiete gegenwärtig nur 69 Prozent. Deutschland wird in einer Studie der OECD als empfindlichstes Land eingestuft, in dem auch bei einer geringen Erwärmung von 1°C die Anzahl der natürlicherweise schneesicheren Skigebiete um 60 Prozent zurückgeht. Gemäß diesen Schätzungen werden sich diese Gebiete unter einem Erwärmungsszenario von 2°C auf nur 13 Prozent und alpenweit auf 61 Prozent verringern. Für den Wintertourismus in Bayern sind dies erschreckende Zahlen.

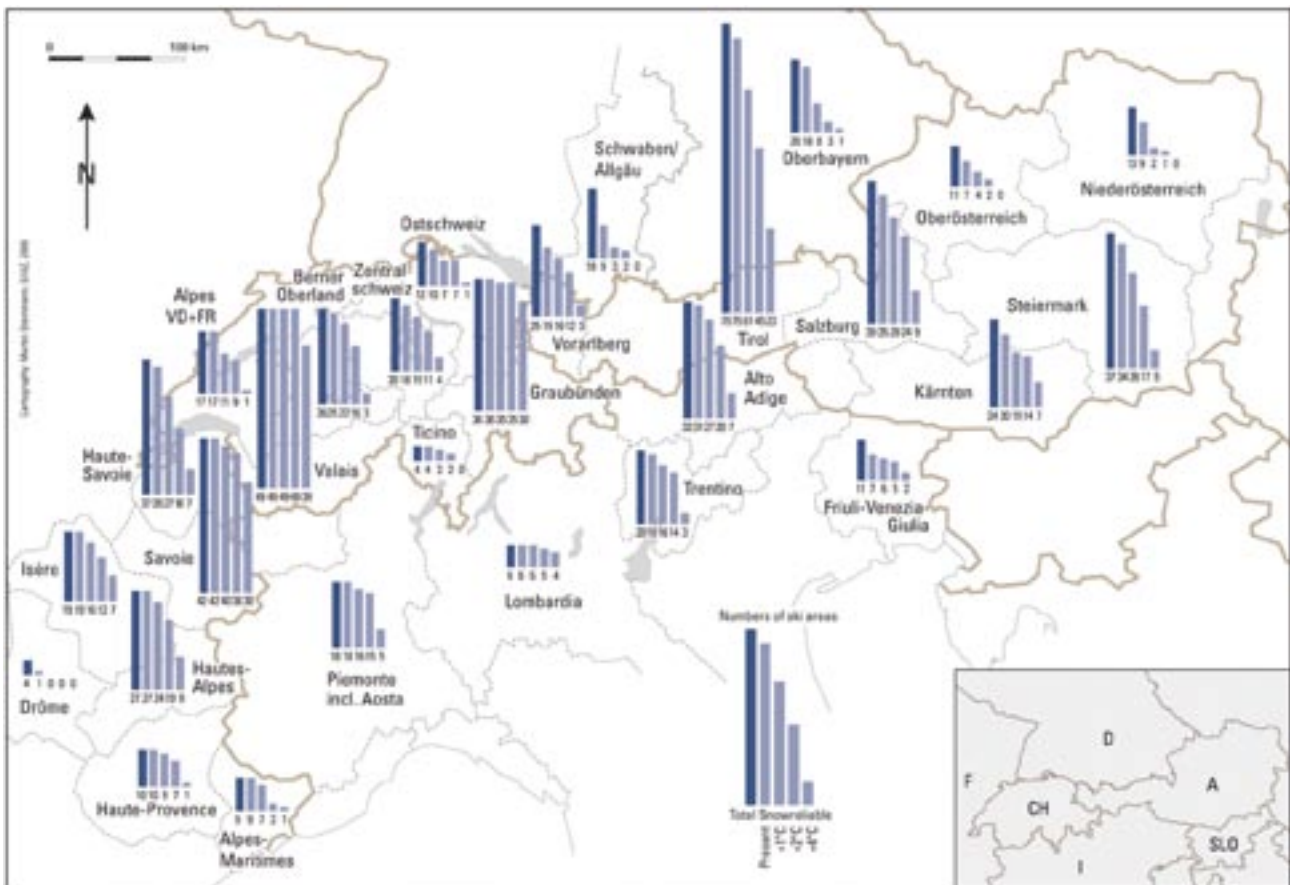


Blick auf die Hohen Tauern mit dem fast 3.800 m hohen Großglockner im österreichischen Skigebiet Obertauern

Bei einer Erwärmung um 4°C, die von Klimamodellen nicht ausgeschlossen wird, wenn keine Anstrengungen in der Klimapolitik unternommen werden, kann Deutschland noch ein einziges natürlich schneesicheres Skigebiet vorweisen. Auch wenn diese Werte Schätzungen sind und mit Unsicherheiten behaftet, zeigen sie doch einen eindeutigen Trend:

- ▶ Die Anzahl schneesicherer Wintersportgebiete wird infolge der prognostizierten Erwärmung massiv zurückgehen, wobei Deutschland im Alpenvergleich am schlimmsten getroffen werden könnte.
- ▶ Die OECD warnt, dass nahezu alle Schneesportgebiete in Deutschland durch den Klimawandel wirtschaftlich bedroht werden können.

Schneesicherheit im Alpenraum unter heutigen Bedingungen und unter Erwärmungsszenarien von 1°C, 2°C und 4°C



Quelle: Abegg, B. et al. (2007)

Eine der am weitverbreitetsten Anpassungsmaßnahmen ist die künstliche Beschneigung. In Bayern beträgt die beschneite Fläche 425 Hektar (2004), was 11,5 Prozent der gesamten Skipisten entspricht. Beschneigung kann aber die Effekte einer klimatischen Veränderung nur teilweise kompensieren, da die meisten Schneekanonen für den Einsatz Temperaturen von unter -2°C benötigen. Außerdem beherbergen sie Externalitäten für die Umwelt wie hohen

Wasser- und Energieverbrauch sowie Einwirkungen auf die lokale Ökologie. Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung ist eine künstliche Beschneigung als Anpassung auf den Klimawandel deshalb eher fragwürdig. Die Internationale Alpenschutzkommission (CIPRA) und Wissenschaftler der Universität Zürich raten den Gebieten daher, im Lichte des Klimawandels ihre Winterabhängigkeit zu verringern und den Vier-Jahreszeiten-Tourismus auszubauen.

Im Gegensatz zum Wintertourismus dürfte der Sommertourismus jedoch überproportional steigen und an Bedeutung gewinnen, da bei zukünftig häufigeren Hitzeextremen die kühle Bergluft eine durchaus wertvolle Ressource werden könnte. Würden die Klimaszenarien der Wissenschaftler Wirklichkeit, so würde wahrscheinlich eine Verlagerung vom Winter auf den Sommertourismus zu erwarten sein.

Literatur

Abegg, B. et al. (2007) Climate change impacts and adaption in winter tourism, in OECD (Hrsg.) Climate Change in the European Alps: Adapting Winter Tourism and Natural Hazard Management, S. 25–58.

Bader, S. und Kunz, P. (1998) Klimarisiken – Herausforderung für die Schweiz, Wissenschaftlicher Schlussbericht NFP 31, vdf, Zürich.

CIPRA (Hrsg.) (2006) CIPRA Info, Wintertourismus im Wandel - Skifahren in Ewigkeit, Amen?, 81, 12/2006.

CIPRA (Hrsg.) (2006) Klima – Wandel – Alpen: Tourismus und Raumplanung im Wetterstress, CIPRA Tagungsband 23/2006, oekom Verlag, München.

Frankfurter Allgemeine Zeitung am Sonntag (2007) Was vom Winter übrigbleibt, 15.04.2007, S. 63.

Haubner, E. (2002) Klimawandel und Alpen: Ein Hintergrundbericht, CIPRA International, www.alpmedia.net/pdf/Klimawandel_Alpen_D.pdf.

Siegrist, D. (2007) Kommt jetzt der neue Alpenwinter?, Vortrag am Tourismusforum Alpenregionen, Serfaus, 26.03.2007.



Bergwanderer im Spitzingseegebiet in den Bayerischen Alpen

Kommt jetzt der neue Alpenwinter?

von **Dr. Dominik Siegrist**

1. Klimawandel und Alpen

Der Klimawandel findet statt. Hitzesommer, Lawinenwinter, Hochwasser, Muren oder Gletscherschmelze zählen zu den ersten deutlich sichtbaren Auswirkungen – ein Vorgeschmack dessen, was die Alpen künftig erwarten könnte. Mit Schneekanonen rüstet sich manche Kommune gegen einen übermächtigen Feind – den Klimawandel. Dieser wird die alpenpolitische Agenda in den kommenden Jahren zunehmend bestimmen.

Klimaexperten sind sich einig: Klimaschutz ist das Gebot der Stunde – um den Klimawandel zumindest in Maßen zu halten. Denn den Zeitpunkt, ihn aufzuhalten, haben wir ungenutzt verstreichen lassen. Die Ergebnisse der Politik von heute werden wir am Klima 2050 erleben. Mit ihren Ressourcen an Biomasse, Wasser, Sonne, Wind und Geothermie besitzen die Alpen aber das Potenzial, eine Modellregion für die Nutzung regenerativer Energien zu werden. Bisher wird dieses Potenzial bei weitem nicht ausgeschöpft, ebenso wenig wie die Möglichkeiten der Energieeinsparung.

Neben Klimaschutzmaßnahmen sollten sich die Alpenländer sehr rasch auch über natur- und sozialverträgliche Anpassungsstrategien an den Klimawandel Gedanken machen. Das gilt für die Alpen ganz speziell, da sie aufgrund ihrer besonderen Voraussetzungen besonders sensibel auf den Klimawandel reagieren und damit ein eigentliches Klimafrühwarnsystem darstellen. Wir müssen unsere Anstrengungen künftig auf zwei Bereiche konzent-

rieren: auf die Vermeidung einer weiteren Klimaerwärmung einerseits und auf die Anpassungsstrategien andererseits. Die Problemlösungen sind aber nicht nur technischer, sondern ebenso sehr auch politischer und psychologischer Natur. Und hierbei kommt den Gemeinden im Alpenraum eine besonders wichtige Funktion zu, denn die Anpassungsstrategien an die Folgen der Klimaänderung müssen vor Ort in den Gemeinden umgesetzt werden.

Seilbahn auf den rd. 1.800 m hohen Wendelstein in den Bayerischen Alpen





2. Bedeutung des Klimawandels für den Alpentourismus

In ihrer jüngsten Studie kommt die OECD zum Schluss, dass die gegenwärtigen Veränderungen des Weltklimas einschneidende Auswirkungen auf den Alpentourismus haben (Abegg et al. [2007]). Je nach Temperatur-Szenario sind die Folgen des Klimawandels insbesondere für die Bergbahnbranche und die von ihr abhängigen Tourismusregionen von existenziellem Ausmaß. Angesichts des generell wärmeren Klimas wird die Zahl der von Natur aus schneesicheren Gebiete signifikant zurückgehen, schreibt die OECD in ihrem aktuellem Bericht. Der Rückgang der Schneesicherheit ist je nach Höhenlage und regionalen klimatischen Bedingungen der Skistationen unterschiedlich groß. Orientiert man sich am Maximalszenario, wird sich die Zahl der schneesicheren Wintersportorte in einigen Regionen der Alpen gegen null entwickeln. Aber auch mit einem Minimalszenario werden eine ganze Reihe von Skistationen ihr Angebot wegen des Klimawandels einstellen müssen. Neben dem Winter- ist auch der Sommertourismus stark vom Klimawandel betroffen. So verlieren die Alpen mit dem Verschwinden

der Gletscher eine ihrer wichtigsten Attraktionen. Abschmelzen der Permafrost und steigende Naturgefahren bedrohen Infrastrukturen, Verkehrswege und Siedlungen. Der Wander- und Alpentourismus ist mit neuen Risiken konfrontiert.

3. Die Klimafolgen-Bewältigung und ihre Folgen

Die Anpassung an die Folgen der Klimaänderung durch den Tourismus hat längst begonnen. Bodenunabhängige Transportanlagen gehören heute zum Standard von Skigebieten, insbesondere bei den Basiserschließungen. Jahr für Jahr geben Bergbahnunternehmen und die öffentliche Hand Millionen für künstliche Beschneigungsanlagen aus; ein Ende des Ressourcen fressenden Beschneigungsbooms ist nicht abzusehen (www.cipra.org/de/alpmedia/news/1729/?searchterm=dossier%20schneekanonen). Gleichzeitig wächst der Druck zum Bau von Bahnen und Liften in höheren Lagen und auf Gletschern und lässt die Promoto-

ren zumindest für die nähere Zukunft noch auf Schneesicherheit hoffen. Ein weiterer Trend besteht mit der Erstellung von neuen Pisten und Anlagen in Hängen, wo der Schnee länger liegen bleibt.

Fazit: Nicht nur die Klimafolgen, sondern auch die Folgen der Klimafolgen-Bewältigung drohen für die Umwelt negativ auszufallen. Mit der Umsetzung von gesetzlichen und planerischen Vorgaben könnte aber vermieden werden, dass im Zuge von Anpassungsstrategien an den Klimawandel naturnahe, bisher unerschlossene Hochgebirgsräume geopfert werden. Einen geeigneten Rahmen hierfür bietet die Alpenkonvention. In diesem Rahmen könnten die Alpenstaaten gemeinsame Kriterien und Richtlinien für die Bewältigung der Klimafolgen erarbeiten und festlegen. Damit der Alpenschutz ob der Folgen der Bewältigung der Klimafolgen nicht auf der Strecke bleibt.

Januar 2007: Schneemangel am Oberjoch,
Deutschlands höchstem Ski- und Bergdorf auf
knapp 1.200 m Höhe



4. Ein „neuer Alpenwinter“?

Der neue Alpenwinter hat noch nicht begonnen. Dennoch finden sich in einer Reihe von Tourismusregionen der Alpen eine wachsende Zahl an Good Practice-Beispielen für einen klimasensiblen Tourismus.

Gesamtenergie-Projekt Clean Energy St. Moritz (Schweiz)

Mit dem Gesamtenergie-Projekt „Clean Energy“ will der Nobelkurort St. Moritz (Schweiz) seinen Verbrauch von Strom, Diesel- und Heizöl senken und durch erneuerbare, vor Ort generierte Energie ersetzen. Das Jahr der Berge 2002, des Ökotourismus 2002 sowie die Alpinen Skiweltmeisterschaften 2003 gaben den Anstoß zu diesem Projekt, das St. Moritz zusammen mit Partnern aus der Wirtschaft in Kooperation mit Behörden, Umweltverbänden, weiteren interessierten Institutionen und der Bevölkerung gestartet hat. Hierzu realisiert St. Moritz

ein Gesamt-Energieprojekt, das zwischen 1.770 und 3.057 m ü. M. erneuerbare Energien aus Wasserkraft, Sonne, Wind und Biogas umfasst. Auf der anderen Seite werden Immobilienbesitzer dazu verpflichtet, einen Drittel der Energie aus alternativen Quellen zu beziehen oder die Energie mit Maßnahmen einer besseren Isolierung einzusparen.

Forschungsprojekt STRATEGE Schladming (Österreich)

Die Wintersportorte rund um Schladming (Österreich) beteiligen sich am Forschungsprojekt STRATEGE zur nachhaltigen Raumentwicklung von Tourismusregionen unter dem Einfluss der globalen Erwärmung. Im Rahmen dieses Projektes wird ein touristisches Management-Modell entwickelt, um Wintersportregionen in die Lage zu versetzen, selbstständig eine nachhaltige Zukunftsstrategie zu erarbeiten. Diese Strategie soll so ausgelegt sein, dass die Orte veränderten Rahmenbedingungen wie dem Kli-

mawandel oder einem veränderten Besucherverhalten Rechnung tragen können. Die Ergebnisse des Projektes STRATEGE, das von der Universität für Bodenkultur in Wien durchgeführt wird, dienen als Diskussionsbasis und Entscheidungsgrundlage für die zukünftigen Strategien der Tourismusregion.

Davos (Schweiz) auf dem Weg nach Kyoto

Die Alpenstadt und Skidestination Davos (Schweiz) strebt eine klimafreundlichere Lokalpolitik an. Dazu hat die Gemeinde gemeinsam mit den Forschungsanstalten SLF und WSL eine Studie erarbeitet, welche Maßnahmen aufzeigt, wie das Ziel des Kyoto-Protokolls vor Ort erreicht werden kann. Das höchste Einsparungspotenzial liegt in der Gebäudedämmung. Die Forschenden empfehlen der Gemeinde vor allem, Energieeffizienz, erneuerbare Energien und den regionalen Holzkreislauf zu fördern sowie Einwohner und Gäste darüber zu informieren, welche eigenen Beiträge sie zum Klimaschutz leisten können.

Klimaneutrale Winterferien in Arosa (Schweiz)

Um die klimatischen Bedingungen in Arosa nachhaltig zu sichern, werden in Arosa klimaneutrale Winterpauschalen für den Ski- und Wandertourismus angeboten. Das Angebot gilt für alle unterschiedlichen Zimmerkategorien, sowohl als Wochenendpauschale für drei Nächte wie auch für fünf oder sieben Nächte. Für diesen Zeitraum ist der Ski- oder Wanderpass enthalten. Bei der Abreise erhält der Gast dann ein persönliches Zertifikat über seine klimaneutralen Winterferien,

Literatur

Abegg, B./Agrawala, S./Crick, F./de Montfalcon, A. (2007). Climate change impacts and adaption in winter tourism. In: OECD (2007). Climate change in the European Alps. Paris, p 25–60.

CIPRA (2007). Wir Alpen! Menschen gestalten Zukunft. 3. Alpenreport. Herausgegeben von der Internationalen Alpenschutzkommission CIPRA. Bern.

CIPRA (2006). Klima - Wandel - Alpen. Tourismus und Raumplanung im Wetterstress. Tagungsband der CIPRA-Jahresfachtagung 2006 vom 18.-20. Mai 2006 in Bad Hindelang/ Deutschland. München/Schaan.

Krebs, P./Siegrist, D. (1997). Klimaspuren. 20 Wanderungen zum Treibhaus Schweiz. Reihe Naturpunkt im Rotpunktverlag, Zürich.

Müller, H.R./Weber, F. (2007). Klimaänderung und Tourismus. Szenarienanalyse für das Berner Oberland 2030. Bern.

Siegrist, D./Mönnecke, M. (2004) Neuer Alpenwinter? Klimafolgen für die kleinen Bergtourismus-Orte/ Nouvel hiver alpin? In/dans: An-

thos, *Zeitschrift für Landschaftsarchitektur/Une revue pour le passage* 3/2004, S. 50–53.

Siegrist, D. (2004). Alpentourismus im Treibhaus – verschwinden mit den Gletschern auch die Gäste? In: Zängl, W./Hamberger, S. (Hrsg.). Gletscher im Treibhaus. Eine fotografische Zeitreise in die alpine Eisswelt. Steinfurt. S. 234–238.

Siegrist, D. (2004). Tourismus. Nachhaltiger Tourismus mit der Alpenkonvention – „Wohin geht die Reise?“ In: Alpenkonvention konkret. Ziele und Umsetzung. Alpensignale 2. Hrsg. Ständiges Sekretariat der Alpenkonvention. Innsbruck. S. 45–49.

Mathis, P./Kessler, R./Siegrist, D. (2003). Neue Skigebiete in der Schweiz? Planungsstand und Finanzierung von touristischen Neueröffnungen unter besonderer Berücksichtigung der Kantone. Bern.

Rott, A. (2006). Auswirkungen des Gletscherrückgangs auf den Tourismus in den Schweizer Alpen am Beispiel dreier Untersuchungsgebiete. Diplomarbeit an der Universität Trier.

in dem auch die Menge des neutralisierten CO₂ aufgeführt ist. Die durch den Winterurlaub entstehenden Emissionen werden über Zertifikate aus einem Biogasprojekt in Deutschland ausgeglichen.

Sanft-mobiler Schlüssel in Werfenweng (Österreich)

Der „Sanft-Mobile Schlüssel“ ist ein Angebot der Werfenwenger Hotelkooperation, um den Tourismus für den kleinen Salzburger Gebirgsort langfristig zu sichern. Jene Gäste, die den Autoschlüssel für die Dauer des Urlaubsaufenthaltes im Tresor des Tourismusverbandes Werfenweng einschließen lassen, erhalten kostenlos eine Fülle von zusätzlichen, den auto-losen Gästen vorbehaltenen Leistungen: kostenlose Abholung vom Bahnhof Bischofshofen mit dem eigens eingerichteten „Werfenweng Shuttle“; ein Mobiltelefon für die Dauer des Urlaubes, um den Privatchauffeur mit seinem Elektroauto für Fahrten innerhalb des Ortes rufen zu können; freie Nutzung der Elektro-Fahrzeuge (Elektro-Scooter, Elektro-Fahrräder) in Werfenweng; Fahrradverleih sowie freien Badeintritt und ein großes Angebot an geführten Wanderungen und Radtouren. Eine Weiterentwicklung dieses Modellvorhabens bildet die Implementierung von „mobilito – die Mobilitätszentrale in Salzburg“.

Kontakt:

CIPRA International
Im Bretscha 22
Postfach 142
FL-9494 Schaan
Fürstentum Liechtenstein
Tel.: +423 (0)237 403-0
Internet: www.cipra.org

CIPRA Deutschland
Heinrichgasse 8
D-87435 Kempten/Allgäu
Deutschland
Tel.: +49 (0)831 52 09 501
Internet: www.cipra.de



Dr. Dominik Siegrist

Lehrt und forscht als Dozent und Forschungsstellenleiter an der Hochschule für Technik in Rapperswil (Schweiz) im Themenfeld naturnaher Tourismus. Er ist Präsident der Internationalen Alpenschutzkommission CIPRA.



■ DIE ALPENKONVENTION





Bedeutung der Alpenkonvention für bayerische Behörden

von **Karlheinz Weißgerber**

Einleitung

Die Inhalte der Rahmenkonvention und der Protokolle der Alpenkonvention sind Ergebnis der Verhandlungen zwischen den Vertragsparteien der Konvention. Von Deutschland / Bayern wurden dazu regelmäßig Vorschläge aus der im bayerischen Alpenraum geübten Praxis eingebracht. Somit ist es nicht überraschend, dass die Bestimmungen der acht Durchführungsprotokolle im innerstaatlichen Recht (Bundes- und Landesrecht des Freistaates Bayern) hinreichende Entsprechungen finden - abgesehen von geringfügigen Ausnahmen. Dies wird z.B. belegt durch Anfang 2007 veröffentlichte rechtliche Synopsen in tabellarischer Form (siehe Internet: www.stmugv.bayern.de/eu).

Schon in dem bis Ende August 2005 abgefassten Bericht über die Einhaltung der Ziele der Alpenkonvention in Deutschland ist eine Auflistung der Rechtsvorschriften von Bund und Land enthalten, die den jeweiligen Bestimmungen der Rahmenkonvention und der Protokolle entsprechen (Gesetze, Verordnungen, Bekanntmachungen, LEP-Ziele, Förder Richtlinien etc.). Dieser Überprü-

fungsbericht belegt, dass im bayerischen Alpenraum grundsätzlich im Geiste der Alpenkonvention gehandelt wird; es bestehen allenfalls minimale Defizite.

Die Durchführungsprotokolle sind für Deutschland nach der Ratifizierung mit dem 18. Dezember 2002 in Kraft getreten. Exekutive und Gerichte haben die Vorschriften der Alpenkonvention und der Protokolle grundsätzlich als im Range von Bundesrecht stehendes Recht anzuwenden. Unmittelbare rechtliche Wirkung können da-

bei nur Regelungen in den Protokollen entfalten, die nach Inhalt, Zweck und Formulierung hinreichend genau sind und keiner weiteren Ausführungsbestimmungen bedürfen. Bestimmungen in den Protokollen müssen somit im Rahmen von Genehmigungsverfahren oder Umweltverträglichkeitsprüfungen berücksichtigt werden.

Zu bemerken ist, dass manche Handlungsziele / Aufträge längerfristig angelegt sind; entsprechende Verbesserungen können z.T. erst nach und nach erzielt werden.

Attelsee, einer der größten der Ostallgäuer Seen (Bayern)





Handlungsziele

Im Folgenden seien ausgewählte Handlungsverpflichtungen angesprochen, die auch in den kommenden Jahren von Bedeutung für die Tätigkeit von Behörden des Bundes und des Freistaates Bayern sein werden.

Übergreifende Verpflichtungen

- ▶ Zusammenarbeit über die Grenze nach Österreich (z.B. Info über geplante juristische oder wirtschaftliche Maßnahmen oder gemeinsame Programme zur systematischen Beobachtung) (siehe Art. 4 der Rahmenkonvention). Hierbei sollten Kontakte zwischen Behörden gleicher Stufe gepflegt werden, evtl. können die Möglichkeiten der EuRegios mehr genutzt werden.

Handlungsziele in den einzelnen Fach-Protokollen:

Raumordnung und nachhaltige Entwicklung

- ▶ Abstimmung bei der Fortschreibung von Raumordnungsplänen und von Bauleitplänen mit benachbarten Regionen in Österreich. (LEP und alle Regionalpläne wurden inzwischen abgestimmt).

Bodenschutz

- ▶ Internationale Zusammenarbeit bei Bodenbeobachtung, Datengrundlagen etc., Mitwirkung in der Plattform Naturgefahren
- ▶ Kartierung gefährdeter Gebiete (u.a. Info über labile Gebiete, Ausbau des IAN)
- ▶ Reduktion des Flächenverbrauchs
- ▶ Reduktion von Stoffeinträgen in Böden
- ▶ Vermeidung von Schäden beim Bau von Skipisten
- ▶ Förderung bodenschonender Verfahren.

Naturschutz und Landschaftspflege

- ▶ Internationale Zusammenarbeit z.B. bzgl. Schutzgebietsvernetzung
- ▶ Erstellung der Liste von Biotoptypen, für die spezielle Maßnahmen zu ergreifen sind (i.V. mit Biotopkartierung) (zwei Jahre nach Inkrafttreten)
- ▶ Benennung der Arten, für die besondere Schutzmaßnahmen notwendig sind (nach zwei Jahren; sind in Roter Liste 2003 enthalten)

- ▶ Benennung der Arten, welche unter Schutz der Maßnahmen gem. Art. 15 stehen (nach zwei Jahren)
- ▶ Vorlage einer Bestandsaufnahme zu Naturschutz und Landschaftspflege gem. Anhang I des Protokolls (nach drei Jahren) (zu wildlebenden Tier- und Pflanzenarten, geschützten Flächen, Organisation, Rechtsgrundlagen, Aktivitäten, Öffentlichkeitsarbeit) (Art. 6)
- ▶ Aufstellung von Konzepten / Programmen zur Verwirklichung des Naturschutzes im Alpenraum (nach fünf Jahren; werden bereits praktiziert wie z.B. ABSP) (Art. 7).

Berglandwirtschaft

- ▶ Förderung der Landwirtschaft je nach unterschiedlichen Bewirtschaftsbedingungen zur Aufrechterhaltung der Nutzung (z.B. Ausgleichszulage, Kulturlandschaftsprogramm)
- ▶ Förderung der Vermarktung regionaler Produkte.

Bergwald

- ▶ Sanierung der Schutzwälder
- ▶ Standortgerechte Verjüngung und Aufbau von Mischwäldern
- ▶ Regulierung der Wildbestände.



Frauenchiemsee, eine bei Touristen beliebte Insel in Oberbayern

Tourismus

- ▶ Fortentwicklung von Leitbildern und Programmen für nachhaltige touristische Entwicklung
- ▶ Stärkung eines naturnahen Tourismus
- ▶ Qualitätsverbesserungen im Angebot, Innovationsförderung, ausgewogene regionale Entwicklung
- ▶ Verträglichkeitsprüfung für touristische Nutzungen
- ▶ Umweltauszeichnungen für Betriebe (Gastgewerbe, Campingplätze)
- ▶ Stärkung des Öffentlichen Verkehrs (ÖV) für Anreise und bei Aufenthalt von Touristen.

Verkehr

(wesentliche Zuständigkeiten beim Bund)

- ▶ Stärkung der Schiene gegenüber der Straße; logistische Verbesserungen im Bahn-Güterverkehr
- ▶ Stärkung des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) in der Fläche; in Ortszentren Einsatz schadstoffarmer Fahrzeuge
- ▶ Reduktion von Lärm und Schadstoff-Emissionen
- ▶ Hinwirken auf mehr Kostentransparenz (Lkw-Maut nur erster Schritt), Begünstigung von umweltfreundlichen Kraftstoffen oder Bio-Kraftstoffen
- ▶ Enge Abstimmung der Planungen mit Nachbarländern.

Energie

(wesentliche Zuständigkeiten beim Bund)

- ▶ Förderung der Einsparung von Energie und der rationellen Energienutzung
- ▶ Ausbau der erneuerbaren Energien (insbesondere Biomasse-Nutzung; Neubau von Wasserkraftwerken vermeiden)
- ▶ Mehr Kostenwahrheit auch in diesem Bereich.

Weitere Empfehlung:

Lokale und regionale Behörden sollten den **Austausch von Erfahrungen** über gut gelungene Beispiele im Sinne der nachhaltigen Entwicklung in den Alpen unterstützen – ergänzend zu den Aktivitäten von Alpenstädten und Netzwerk-Gemeinden. Die Alpenkonvention soll als Impulsgeber für mehr internationale Zusammenarbeit im gesamten Alpenraum gesehen werden.

Kontakt:

**Bayerisches Staatsministerium
für Umwelt, Gesundheit
und Verbraucherschutz**
Rosenkavalierplatz 2
81925 München
Tel.: +49 (0)89 92 14-00
Fax: +49 (0)89 92 14-2266
E-Mail: poststelle@stmugv.bayern.de
Internet: www.stmugv.bayern.de



Netzwerk Alpiner Schutzgebiete (ALPARC)

Umsetzung des Naturschutzprotokolls der Alpenkonvention seit der ersten Stunde

Schon 1994 wurde von französischer Seite der Aufbau eines Netzwerks der Alpen Schutzgebiete zur Verbesserung der internationalen Zusammenarbeit im alpinen Naturschutz vorgeschlagen. Die konkrete Umsetzung des Artikels 12 des Naturschutzprotokolls war hierfür der Startpunkt: „Die Vertragsparteien treffen geeignete Maßnahmen, um einen nationalen und grenzüberschreitenden Verbund ausgewiesener Schutzgebiete, Biotope und anderer geschützter oder schützenswerter Objekte zu schaffen. Sie verpflichten sich, die Ziele und Maßnahmen für grenzüberschreitende Schutzgebiete aufeinander abzustimmen.“

Während der ersten internationalen Konferenz der Alpen Schutzgebiete 1995 in Gap beschlossen die aus allen Alpenländern vertretenen Schutzgebietsverwalter ab sofort enger in allen Fragen des Gebietsmanagements zusammenzuarbeiten und die Erfahrungen

ihrer Kollegen zu nutzen sowie gemeinsame Projekte der Schutzgebiete durchzuführen.

In den darauf folgenden Jahren entstanden eine Reihe thematischer Arbeitsgruppen (Management von Fauna, Flora, Habitat, Tourismus, Berglandwirtschaft, Wasser, Öffentlichkeitsarbeit ...). Bei all diesen Arbeitsgruppen wird der Bezug zur Alpenkonvention und ihrer Protokolle deutlich. Viele Veröffentlichungen, Ausstellungen und andere Kommunikationswerkzeuge wurden realisiert, gemeinsame Projekte (Monitoring, Wiedereinbürgerung von Tierarten, Studien, Interreg und Life Programme ...), Konferenzen, Studienreisen und Personalaustausch wurden durchgeführt und eine alpenweite wissenschaftliche Koordination der Schutzgebiete wurde ins Leben gerufen.

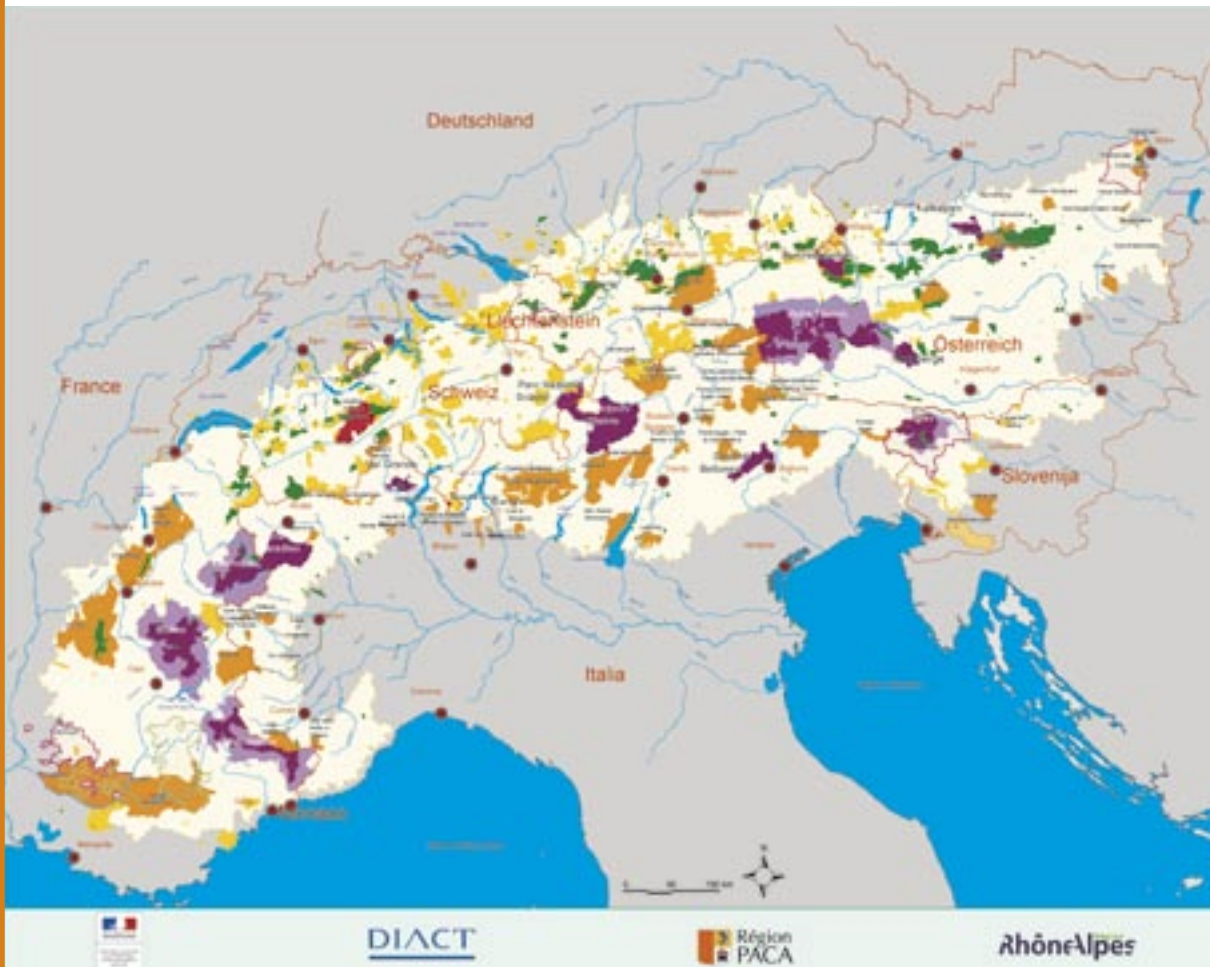
Da jedoch nur großflächige und ökologisch kohärente geschützte Gebiete dauerhaft und nachhaltig einen Schutz des Naturgutes der Alpen sicherstellen und natürliche Prozessabläufe gewährleisten können, wurde das Alpine Netzwerk von den Vertragsstaaten der Alpenkonvention im Jahre 2004 aufgefordert, eine konkrete Studie zur Frage der grenzübergreifenden Schutzgebiete und zu ökologischen Korridoren zu erarbeiten.



Wintersport in Reit im Winkl im oberbayerischen Chiemgau



Grands espaces protégés des Alpes – Grande aree protette Alpi
Großflächige Schutzgebiete der Alpen – Zavarovana območja z veliko površino v Alpah



Sie war der erste konkrete Schritt zum Aufbau der räumlichen Dimension des Netzwerks. Die Arbeit stellt das vorhandene Potenzial an Schutzgebieten und grenzübergreifenden Verbindungen dar, einschließlich der vorhandenen Maßnahmen zur Artenmigration und zu zweckmäßigen Ergänzungen des alpinen ökologischen Verbundes.

Das Netzwerk Alpiner Schutzgebiete (ALPARC) stellt heute den größten und umfassendsten fachlichen Verbund des räumlichen Naturschutzes innerhalb der Alpenkonvention dar. Die alpinen Schutzgebiete sind Räume beson-

deren Interesses für Besucher und Bevölkerung. Sie schützen ein jahrhundertealtes Natur- und Kulturgut und können Modellfunktion im modernen Naturschutz übernehmen.



Die Schutzgebiete sind auch Kommunikationsräume, besonders durch ihre Besucherzentren, ihre Informationspolitik und durch die Betreuung von Touristen und Wanderern. ALPARC fördert die gemeinsame Öffentlichkeitsarbeit der alpinen Schutzgebiete, insbesondere zum Thema Alpenkonvention.

Das Beispiel des Alpiner Netzwerks wurde ebenfalls im Rahmen der Karpatenkonvention aufgegriffen. Ein vergleichbares im Aufbau befindliches Netzwerk orientierte sich an ihm und wurde im Rahmen der von der Alpen-

konvention geförderten Bergpartnerschaften von ALPARC und einigen Vertragsstaaten (Deutschland, Monaco, Frankreich) besonders unterstützt.

Das Netzwerk Alpiner Schutzgebiete wurde durch die Gründung der „Task Force ALPARC“ seit Juni 2006 dem Ständigen Sekretariat der Alpenkonvention angegliedert und wird somit eine noch zentralere Rolle bei der Umsetzung des Naturschutzprotokolls der Konvention haben.



Schneearmer Winter: Gröner Ödenalp in Tirol (Österreich) Ende Dezember 2006



In Kürze: Netzwerk Alpiner Schutzgebiete (ALPARC)

- ▶ Seit 2006 Angliederung an das Ständige Sekretariat der Alpenkonvention, Geschäftsstelle in Frankreich mit fünf Personen sowie projektbezogenem Personal.
- ▶ Unterstützt vom französischen Staat und den alpinen Regionen Provence-Alpes-Côte-d'Azur und Rhône Alpes sowie auf Projektbasis von anderen Vertragsstaaten der Alpenkonvention sowie der Europäischen Union.
- ▶ Etwa 800 großflächige Schutzgebiete aller Kategorien, davon 14 National- und etwa 70 Natur- oder Regionalparke.
- ▶ Etwa 2.000 Schutzgebietsverwalter und Betreuer.
- ▶ Repräsentiert etwa 23 % der alpinen Fläche sowie fast alle alpinen Pflanzen, Tiere und Habitate.
- ▶ 15 technische und fachliche Arbeitsgruppen.
- ▶ Mehr als 250 Veranstaltungen, zahlreiche Veröffentlichungen und Ausstellungen seit 1995.

Kontakt:

Netzwerk Alpiner Schutzgebiete (ALPARC)
Dr. Guido Plassmann
256, Rue de la République
F-73000 Chambéry, Frankreich
Tel.: +33 (0)479 26 55-00
Fax: +33 (0)479 26 55-01
E-Mail: info@alparc.org
Internet: www.alparc.org

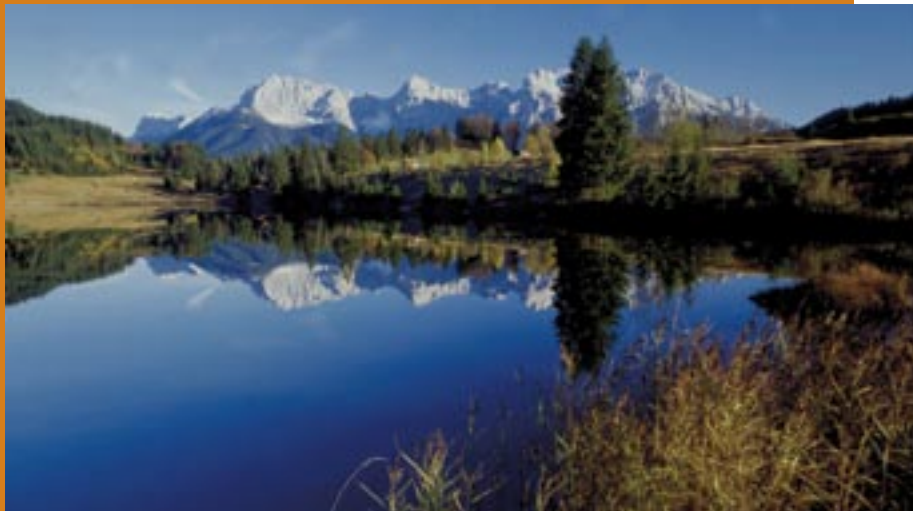


CIPRA – Leben in den Alpen

Ziele und Aktivitäten der CIPRA

Riessersee bei Garmisch-Partenkirchen/
Bayern

Die CIPRA, wie das Kürzel aus der französischen Bezeichnung „Commission Internationale pour la Protection des Alpes“ lautet, setzt sich seit über einem halben Jahrhundert für eine nachhaltige Entwicklung in den Alpen ein. Die CIPRA hat die Alpenkonvention initiiert und maßgeblich an ihrer Ausarbeitung mitgewirkt. Sie sucht Wege und Mittel, Natur, Wirtschaft und Soziales in Einklang zu bringen.



Ein Mittel ist die Informationsverbreitung: Die CIPRA ist eine fünfsprachige Informationsdrehscheibe für Menschen in und außerhalb der Alpen. Vierzehntägig transportiert sie beispielsweise mit ihrem alpMedia-Newsletter Nachrichten, Publikationen und Veranstaltungen aus allen Alpenländern in alle Alpenländer. Alpenreporte, CIPRA-Infos, Dossiers und anderen Publikationen vervollständigen das Angebot.

Dieses Wissen umsetzen ist Ziel: Dafür arbeitet die CIPRA in Projekten und Initiativen. Beispielsweise hat die CIPRA das Gemeindeforschungsnetzwerk „Allianz in den Alpen“ mitinitiiert, in dem mittlerweile über 200 Gemeinden aus allen Alpenländern zusammenarbeiten.

Mit ihrem climalp-Projekt fördert die CIPRA den Bau von energieeffizienten Häusern aus regionalem Holz im Alpenraum. Die CIPRA organisiert hierfür Exkursionen und informiert mit Workshops und Publikationen. „Wissen verbreiten - Menschen vernetzen“, das ist das Motto von „Zukunft in den Alpen“, einem weiteren Projekt der CIPRA.

Ziel der CIPRA ist es, mit nachhaltiger Entwicklung auf vielen Ebenen die Potenziale des Alpenraums zu nutzen. Dabei verfolgt sie eine Doppelstrategie: einerseits eine politische Entwicklung mit Hilfe der Alpenkonvention, andererseits eine Entwicklung von unten mit Informationen, Projekten, Initiativen und Netzwerken. Damit das „Leben in den Alpen“ auch in Zukunft lebenswert ist.

Kontakt:

CIPRA International
Im Bretscha 22
FL-9494 Schaan
Fürstentum Liechtenstein
Tel.: +423 (0)237 403-0
Fax: +423 (0)237 403-1
E-Mail: international@cipra.org
Internet: www.cipra.org



Internationales Wissenschaftliches Komitee Alpenforschung (ISCAR)

Alpine Forschung über Grenzen hinweg

ISCAR wurde 1999 gegründet, um an der Implementierung der Artikel 3 und 4 der Alpenkonvention zur internationalen Zusammenarbeit im wissenschaftlichen Bereich mitzuwirken. Die Schwerpunkte von ISCAR konzentrieren sich auf inter- und transdisziplinäre Forschung, panalpine Ansätze und wichtige Themen der nachhaltigen Entwicklung in den Alpen. Um Forschung und wissenschaftliche Kooperation zu fördern, hat ISCAR, zusammen mit Partnerorganisationen, verschiedene Kernaktivitäten entwickelt:

- ▶ Organisation des ForumAlpinum (seit 1994)
- ▶ Erstellung eines Forschungsprogramms zum Arbeitsprogramm der Alpenkonvention (seit 2005)
- ▶ Kooperation in panalpinen Projekten (zur Erhaltung von Biodiversität und ökologischer Netzwerke) oder in europäischen Netzwerken (zu Forschungsfragen des globalen Wandels in Bergregionen)

ISCAR-Aktivitäten basieren auf der ISCAR-Konvention, unterschrieben von nationalen Forschungsinstitutionen (Akademien, nationale Institute) von Österreich, Frankreich, Bayern, Italien, Slowenien und der Schweiz. Jeder dieser sechs Partner nominiert zwei Mitglieder, wobei Geistes- und Naturwissenschaften einbezogen werden. Seit dem Jahr 2000 genießt ISCAR offiziellen Beobachterstatus bei der Alpenkonvention und repräsentiert oder bringt spezielle wissenschaftliche Kompetenzen in deren Organe ein.

Kontakt:

Internationales Wissenschaftliches Komitee Alpenforschung (ISCAR)

Dr. Thomas Scheurer
Schwarztorstraße 9
CH-3007 Bern, Schweiz
Tel.: +41 (0)31 318 70 18
Fax: +41 (0)31 312 16 78
E-Mail: iscar@scnat.ch

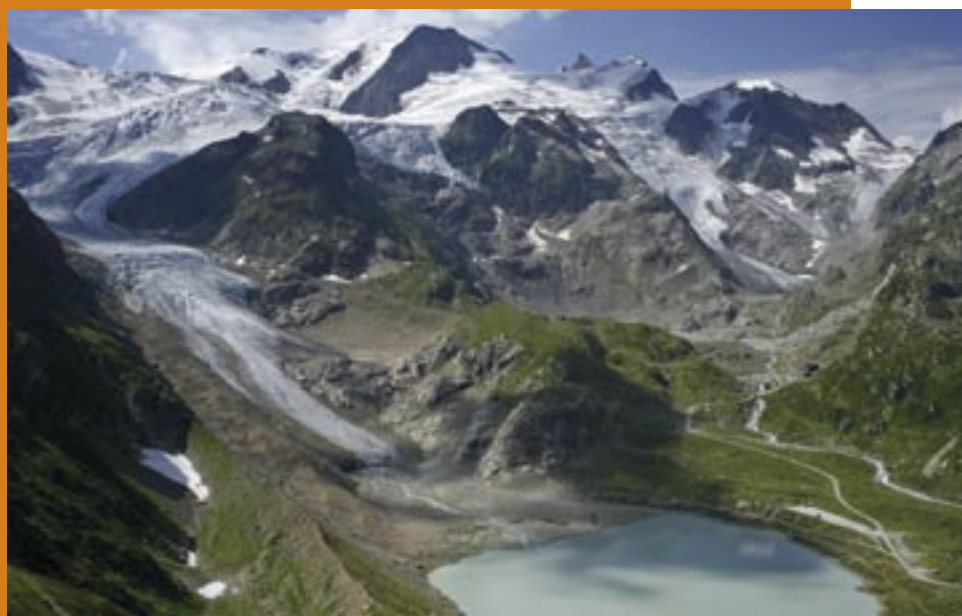
Internet:

www.iscar-alpineresearch.org



International Scientific Committee
on Research in the Alps

Blick vom Sustenpass (Schweiz) auf den Steingletscher mit Gletschersee



Gemeindenetzwerk „Allianz in den Alpen“

Kontext

Die Alpen sind ein Lebens-, Wirtschafts-, Kultur- und Erholungsraum im Herzen Europas, an dem zahlreiche Völker und Länder mit einer spezifischen und vielfältigen Natur, Kultur und Geschichte teilhaben. Dieser Lebensraum hat auch größte Bedeutung für außeralpine Gebiete - unter anderem als Träger bedeutender Verkehrswege, als Anzeiger für Klimaveränderungen und durch viele Modelle der Zusammenarbeit von Kulturen, politischen Systemen und Organisationen.

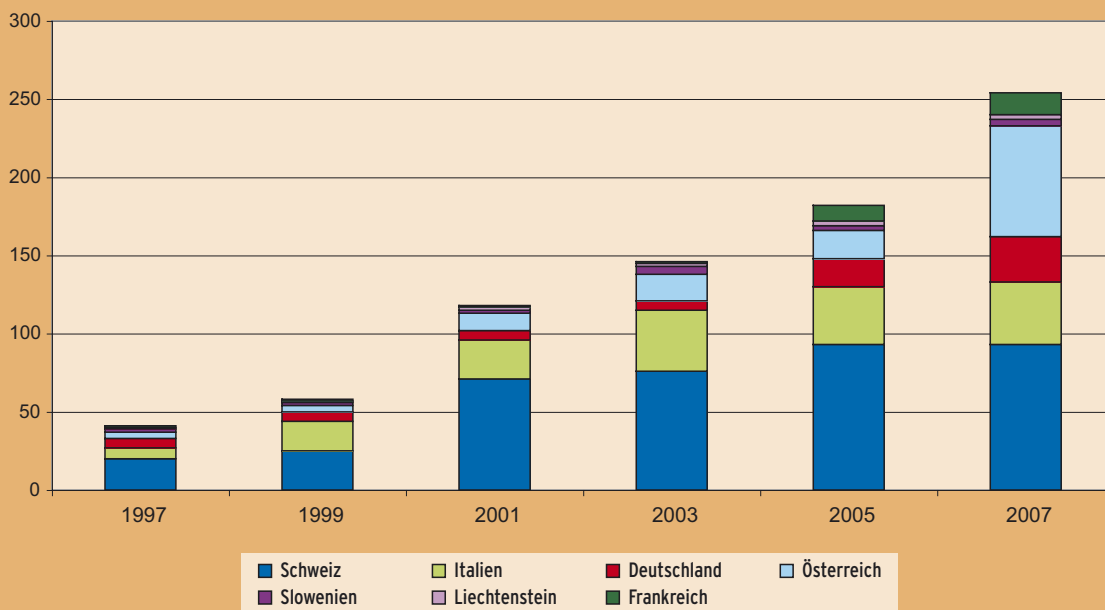
Gleichzeitig bestehen große Unterschiede in den einzelnen Rechtsordnungen, den naturräumlichen Gegebenheiten, der Besiedlung, der Land- und Forstwirtschaft, dem Stand und der Entwicklung der Wirtschaft, der Verkehrsbelastung sowie der Art

und Intensität der touristischen Nutzung.

Die ständig wachsende Beanspruchung des Alpenraums durch den Menschen und die großen Veränderungen in den letzten hundert Jahren erfordern ein vermehrtes Bemühen um eine nachhaltige Entwicklung, damit ein Überleben mit hoher Lebensqualität im gesamten Alpenraum möglich ist. Nachhaltige Entwicklung soll mit den Betroffenen gemeinsam stattfinden und erfordert eine Anpassung an die speziellen Bedürfnisse jeder Region, jeder Gemeinde.

Das Gemeindenetzwerk „Allianz in den Alpen“ ist ein Zusammenschluss von Gemeinden in sieben Staaten der Alpenregion. Es sind dies Gemeinden, die Vorreiter sind im Bemühen um nachhaltige Entwicklung ihrer Gemeinde bzw. ihrer Region.

Mitgliedsentwicklung Gemeindenetzwerk



Alphornbläser bei Bad Hindelang/Bayern



Grundlage

Grundlage des Netzwerkes ist die Alpenkonvention. Die Alpenkonvention wird als Leitfaden für die nachhaltige Entwicklung im Alpenraum gesehen und die Umsetzung soll dort mit Leben erfüllt werden, wo der Einzelne mitgestalten kann - in der Gemeinde.

Die Mitgliedsgemeinden bemühen sich um einen Ausgleich der wirtschaftlichen, sozialen und umweltorientierten Zielsetzungen unter folgenden Leitgedanken:

Ziele

An erster Stelle steht die Umsetzung der Protokolle der Alpenkonvention auf Gemeindeebene. Dazu ist die Einbindung der Bürgerinnen und Bürger in alpen-spezifische Lokale-Agenda-21-Prozesse erforderlich, um gemeinsam an der Entwicklung des eigenen Lebensraumes zu arbeiten. Der aktive Austausch zwischen den Akteuren in den Gemeinden ist der Motor des Netzwerkes. So ist

ein Lernen voneinander möglich. Ein wichtiges Element dabei ist die Initiierung von gemeinsamen Projekten für alle Mitgliedsgemeinden des Netzwerkes.

Organisation

Das Gemeindeforum „Allianz in den Alpen“ ist ein eingetragener Verein und wurde im Oktober 1997 in Bovec/Slowenien gegründet. Das Vereinsgebiet erstreckt sich über sieben der acht Alpenstaaten. Im Vorstand ist jeweils eine Gemeinde jedes Staates vertreten. Alle Veranstaltungen und Veröffentlichungen erfolgen in den vier Hauptsprachen der Al-

pen: deutsch, italienisch, französisch und slowenisch. In der Schweiz und in Österreich gibt es jeweils regionale Vereine.

Die rund 250 Mitgliedsgemeinden werden von Betreuern in ihrer Muttersprache beraten und können über diese Betreuer Themen in die Vereinsarbeit einbringen und Unterstützung in der Durchführung ihrer Projekte und Veranstaltungen erhalten. Diese stellen auch über ihre eigenen Kontakte eine gute Vernetzung und einen individuellen Informationsaustausch sicher.

Der Mehrwert und Nutzen zeigt sich vor allem bei den Themen-Workshops. Der Austausch von Erfahrungen und Informationen, von Problemen und Lösungsansätzen gestaltet sich dadurch wesentlich vielfältiger und innovativer.

- ▶ Sicherstellung einer ganzheitlichen Politik zur Erhaltung und zum Schutz der Alpen.
- ▶ Sicherstellung einer umsichtigen und nachhaltigen Nutzung der Ressourcen unter Beachtung des Vorsorge-, des Verursacher- und des Kooperationsprinzips. Verstärkung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit im und für den Alpenraum.



Schneearmer Dezember 2006 im Skigebiet Füssener Jöchle in Tirol (Österreich)

Großprojekte

Interreg IIIB-Projekt DYNALP

2003 startete das Gemeindefeldnetzwerk „Allianz in den Alpen“ mit der Gemeinde Mäder/Österreich als Leadpartner und 53 weiteren Partnern (Gemeinden und Regionen) aus der Schweiz (17), Liechtenstein (1), Deutschland (8), Italien (11), Slowenien (2) und Österreich (15) das Projekt DYNALP im Rahmen des EU-Programms Interreg IIIB „Alpenraum“ mit einem Gesamtkostenrahmen von 2.100.000 Euro.

Mit dem Programm Interreg IIIB „Alpenraum“ will die EU den Alpenraum als zentrale räumliche Einheit stärken so-

wie Anregung und Unterstützung einer nachhaltigen Entwicklung über Grenzen hinweg bieten - also denselben Zweck wie das Netzwerk verfolgen.

Die DYNALP-Partner setzen Projekte (Pilotaktionen) im Rahmen der obigen Ziele über sprachliche und kulturelle Grenzen hinweg um. Die Projekte befassen sich mit der Umsetzung eines oder mehrerer der vier Alpenkonventions-Protokolle Tourismus, Naturschutz und Landschaftspflege, Berglandwirtschaft sowie Nachhaltige Entwicklung und Raumplanung.

DYNALP²

DYNALP² ist ein Projekt des Gemeindefeldnetzwerks „Allianz in den Alpen“. Mit DYNALP² führt das Ge-

meindenetzwerk die im Interreg-Projekt DYNALP begonnenen Arbeiten zur Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung und der Alpenkonvention fort. Die Erkenntnisse aus dem Projekt „Zukunft in den Alpen“ der Internationalen Alpenschutzkommission CIPRA werden auf Gemeindeebene umgesetzt und in einem regen Austausch unter den Gemeinden für viele nutzbar gemacht. DYNALP² hat eine Projektlaufzeit von etwas mehr als drei Jahren, von April 2006 bis Juni 2009. Das Projektvolumen beläuft sich auf 1.775.000 Euro. Die MAV-Stiftung für Naturschutz in der Schweiz übernimmt davon 1.275.000 Euro.

Kernpunkt und größter Budgetposten von DYNALP² sind Projekte in Gemeinden, die einen konkreten Beitrag zur Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung und der Alpenkonvention leisten. Projekte in der Größenordnung von 20.000 oder 40.000 Euro werden mit bis zu 50 Prozent gefördert.

Die Projekte in DYNALP² werden einen oder mehrere der folgenden Themenbereiche zum Inhalt haben: regionale Wertschöpfung, soziale Handlungsfähigkeit, Schutzgebiete, Mobilität, neue Formen der Entscheidungsfindung, Politiken und Instrumente.

Kontakt

Gemeindenetzwerk

Bgm. Rainer Siegele

1. Vorsitzender Gemeindeamt Mäder

Alte Schulstraße 7

A-6841 Mäder, Österreich

Tel.: +43 (0)5523 528 60-10

Fax: +43 (0)5523 528 60-20

E-Mail: e.klien@maeder.at

Gabriele Greußing

Internat. Betreuerkoordination

Kontakt Österreich

Kutzenau 14

A-6841 Mäder, Österreich

Tel.: +43 (0)5523 635 75

Fax: +43 (0)5523 635 75-4

E-Mail: gmg@greussing.at

Internet: www.alpenallianz.org



Almabtrieb im Allgäu/Bayern



Klimawandel allgemein

IPCC (Hrsg.) (2007) Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaption and Vulnerability, in Druck.

IPCC (Hrsg.) (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis, in Druck.

Rahmsdorf, S. und Schellnhuber, HJ. (2006) Der Klimawandel, Verlag C.H. Beck, München.

Umweltbundesamt (2005), Klimawandel in Deutschland: Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme, Forschungsbericht 201 41 253.

www.ipcc.ch

Intergovernmental Panel on Climate Change (Zwischenstaatlicher Ausschuss zum Klimawandel)

www.anpassung.net

KomPass (Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung) des Umweltbundesamtes

www.bmu.de/klimaschutz

Bundesumweltministerium

www.umweltbundesamt.de/klimaschutz

Umweltbundesamt

Klimawandel im Alpenraum

Beniston, M. (2005) Mountain Climates and Climatic Change: An Overview of Processes Focusing on the European Alps, *Pure Applied Geophysics*, 162, S. 1587–1606, Birkhäuser Verlag, Basel.

Cebon, P. et al. (Hrsg.) (1998) View from the Alps: Regional Perspectives on Climate Change, MIT Press, Cambridge.

Haubner, E. (2002) Klimawandel und Alpen: Ein Hintergrundbericht, CIPRA International, www.alpmedia.net/pdf/Klimawandel_Alpen_D.pdf





Huber, U. et al. (Hrsg.) (2005)
Global Change and Mountain Re-
gions: An Overview of Current
Knowledge, Springer Verlag, Dor-
drecht.

Österreichischer Alpenverein
(2005) Fachbeiträge des Öster-
reichischen Alpenvereins, Reihe
Alpine Raumordnung Nr. 27:
Bedrohte Alpengletscher.

Theurillat, J-P. und Guisan, A.
(2001) Potential Impact of Climate
Change on Vegetation in the
European Alps: A Review, *Climatic
Change*, 50, S. 77–109.

[www.stmugv.bayern.de/
umwelt/klimaschutz/](http://www.stmugv.bayern.de/umwelt/klimaschutz/)
Bayerisches Umweltministerium

www.kliwa.de
Klimaveränderung und Wasser-
wirtschaft, Kooperationsvorha-
ben der Länder Bayern, Baden-
Württemberg und des Deutschen
Wetterdienstes

www.climchalp.org
ClimChAlp (Climate change, im-
pacts and adaptation strategies in
the Alpine Space)

www.alpinespace.org
EU Community Initiative Alpine
Space Programme

Alpenkonvention und deren Umsetzung

Ständiges Sekretariat der Alpen-
konvention (2003) Alpenkonven-
tion: Nachschlagewerk, Alpensig-
nale 1, Ständiges Sekretariat der
Alpenkonvention, Innsbruck.

Ständiges Sekretariat der Alpen-
konvention (2004) Alpenkonven-
tion konkret: Ziele und Umset-
zung, Alpensignale 2, Ständiges
Sekretariat der Alpenkonvention,
Innsbruck.

Österreichischer Alpenverein
(2004) Fachbeiträge des Öster-
reichischen Alpenvereins, Reihe
Alpine Raumordnung Nr. 24: Die
Alpenkonvention – Markierungen
für ihre Umsetzung.

www.alpenkonvention.org
Alpenkonvention

www.cipra.org
CIPRA (Commission Internatio-
nale pour la Protection des Alpes/
Alpenschutzkommission)

www.alpenallianz.org
Gemeindenetzwerk „Allianz in
den Alpen“

www.planat.ch
Nationale Plattform Naturgefahr-
en Schweiz (u.a. PLANALP)

www.alparc.org
Netzwerk Alpiner Schutzgebiete

„Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen ...“

Grundgesetz, Artikel 20 a



BESTELLUNG VON PUBLIKATIONEN:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
Postfach 30 03 61
53183 Bonn
Tel.: 0228 99 305-33 55
Fax: 0228 99 305-33 56
E-Mail: bmu@broschuerenversand.de
Internet: www.bmu.de

Diese Publikation ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.