Klimawandel in den Alpen

ANPASSUNG DES WINTERTOURISMUS UND DES NATURGEFAHRENMANAGEMENTS



OECD
OECDPUBLISHING

Klimawandel in den Alpen

ANPASSUNG DES WINTERTOURISMUS UND DES NATURGEFAHRENMANAGEMENTS

Herausgegeben von
Shardul Agrawala

OECD

ORGANISATION FÜR WIRTSCHAFTLICHE ZUSAMENARBEIT UND ENTWICKLUNG

ORGANISATION FÜR WIRTSCHAFTLICHE ZUSAMMENARBEIT UND ENTWICKLUNG

Die OECD ist ein in seiner Art einzigartiges Forum, in dem die Regierungen von 30 demokratischen Staaten gemeinsam daran arbeiten, den globalisierungsbedingten Herausforderungen im Wirtschafts-, Sozial- und Umweltbereich zu begegnen. Die OECD steht auch in vorderster Linie bei den Bemühungen um ein besseres Verständnis der neuen Entwicklungen und der dadurch ausgelösten Befürchtungen. Sie hilft den Regierungen dabei, diesen neuen Gegebenheiten Rechnung zu tragen, indem sie Untersuchungen zu Themen wie Corporate Governance, Informationswirtschaft oder Probleme der Bevölkerungsalterung durchführt. Die Organisation bietet den Regierungen einen Rahmen, der es ihnen ermöglicht, ihre Politikerfahrungen auszutauschen, nach Lösungsansätzen für gemeinsame Probleme zu suchen, empfehlenswerte Praktiken aufzuzeigen und auf eine Koordinierung nationaler und internationaler Politiken hinzuarbeiten.

Die OECD-Mitgliedstaaten sind: Australien, Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Japan, Kanada, Korea, Luxemburg, Mexiko, Neuseeland, die Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, Schweiz, die Slowakische Republik, Spanien, die Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, das Vereinigte Königreich und die Vereinigten Staaten. Die Kommission der Europäischen Gemeinschaften nimmt an den Arbeiten der OECD teil.

Über die OECD-Veröffentlichungen finden die Arbeiten der Organisation weite Verbreitung. Letztere erstrecken sich insbesondere auf Erstellung und Analyse statistischer Daten und Untersuchungen über wirtschaftliche, soziale und umweltpolitische Themen sowie die von den Mitgliedstaaten vereinbarten Übereinkommen, Leitlinien und Standards.

Das vorliegende Dokument wird unter der Verantwortung des Generalsekretärs der OECD veröffentlicht. Die darin zum Ausdruck gebrachten Meinungen und Argumente spiegeln nicht zwangsläufig die offizielle Einstellung der Organisation oder der Regierungen ihrer Mitgliedstaaten wider.

Originalfassungen veröffentlicht unter dem Titel:

Climate Change in the European Alps: Adapting Winter Tourism and Natural Hazards Management
Changements climatiques dans les Alpes européennes : Adapter le tourisme d'hiver et la gestion des risques naturels

Übersetzung durch den Deutschen Übersetzungsdienst der OECD

Fotos:

Abbildung 14. Christine Rothenbühler, Academia Engiadina, Samedan, Schweiz.
Abbildung 15. Markus Weidmann, Chur, Schweiz.
Abbildung 16. Christine Rothenbühler, Academia Engiadina, Samedan, Schweiz.
Abbildung 17. Christine Rothenbühler, Academia Engiadina, Samedan, Schweiz.

© OECD 2007

Nachdruck, Kopie, Übertragung oder Übersetzung dieser Veröffentlichung nur mit schriftlicher Genehmigung. Diesbezügliche Anträge sind zu richten an: OECD Publishing: *rights@oecd.org* oder per Fax: 33 1 45 24 99 30. Die Genehmigung zur Kopie von Teilen dieses Werks ist einzuholen beim Centre Français d'exploitation du droit de Copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, 75006 Paris, Frankreich, Fax: 33 1 46 34 67 19 (*contact@cfcopies.com*) oder (für die Vereinigten Staaten) beim Copyright Clearance Center Inc. (CCC), 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, USA, Fax: 1 978 646 8600, *info@copyright.com*.

Vorwort

Der Klimawandel stellt eine ernste Herausforderung für die soziale und wirtschaftliche Entwicklung aller Länder dar. Mit Sicherheit ist es in diesem Zusammenhang nicht nur geboten, über internationale Verpflichtungen zur Verringerung der Treibhausgasemissionen zu verhandeln, sondern auch, die Problematik des Klimawandels und seiner Folgen sowohl in den Industrie- als auch den Entwicklungsländern zu einem festen Bestandteil der Sektor- und Wirtschaftspolitik zu machen.

In diesem Kontext führt die OECD seit dem Jahr 2000 Arbeiten zur Frage der Anpassung an den Klimawandel durch. Während es ursprünglich vor allem darum ging, die Anpassung an den Klimawandel in die Entwicklungszusammenarbeit einzubeziehen, so befassen sich neuere Arbeiten inzwischen auch mit der Situation in Industrieländern. Die vorliegende Publikation mit dem Titel „Anpassung an den Klimawandel in den Alpen: Wintertourismus und Naturgefahrenmanagement“ ist eines der Resultate dieser Arbeiten.

Die Aufsicht über diese Untersuchung führte die Arbeitsgruppe für globale und strukturelle Umweltfragen. Herausgeber ist Shardual Agrawala, der auch das Projekt leitete, das der Publikation voranging. Simone Gigli steuerte während der gesamten Dauer des Projekts wertvolles Feedback und konstruktive Kommentare bei. Jane Kynaston, Kathleen Mechali, Elizabeth Corbett und Carolyn Sturgeon-Bodineau leisteten einen unschätzbaren Beitrag, indem sie die für Projekt und Publikation verantwortlichen Mitarbeiter unterstützten. Dankend zu erwähnen sind neben der Arbeit der Autoren dieser Publikation auch die Beiträge von Guillaume Prudent (Pôle Grenoblois d'Étude et de Recherche pour la Prévention des Risques Naturels), Anne-Sophie Robin (École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier) und Jonas Franke (Universität Bonn).

Als sehr nützlich für das Projekt erwiesen sich ferner die mündlichen Beiträge bzw. die Kommentare von Martin Beniston (Universität Genf), Marc Gilet (französisches Ministerium für Umwelt und Nachhaltige Entwicklung – ONERC), Max Gretener (Schweizerischer Versicherungsverband), Thomas Hlatky (Grazer Wechselseitige Versicherung AG/Comité Européen d’Assurances), Andreas Kääb (Universität Oslo), Martin Kamber (Interkantonaler Rückversicherungsverband), Ellina Levina (OECD), Roberto Loat (Schweizer Umweltbundesamt), Helen Mountford (OECD), Roland Nussbaum (MRN/Comité Européen d’Assurances), Elisabeth Ottawa (österreichisches Bundesministerium für Finanzen), Franz Prettenthaler (Universität Graz), Magali Pinon-Lecomte (Direction de la Prévention des Pollution et des Risques – DPPR), Florian Rudolf-Miklau (österreichisches Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasser), Markus Stoffel (Universität Genf), Gerhard Wagner (UNIQA), Christian Wilhelm (Kantonsforstamt, Graubünden) sowie den Teilnehmern des OECD-Wengen-Workshop über die Anpassung an den Klimawandel in den Alpen, der im Oktober 2006 stattfand.

Autoren

Bruno Abegg (*Universität Zürich*)

Simon Jetté-Nantel (*OECD*)

Florence Crick (*University of Oxford*)

Anne de Montfalcon (*Université de Paris Dauphine*)

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abkürzungen 9

Zusammenfassung 11

Kapitel 1: Die Alpen: Lage, Wirtschaft und Klima 17

1. Merkmale des Alpenklimas 19
2. Beobachtete Klimatrends 19
3. Implikationen des Klimawandels und entscheidende Vulnerabilitäten 21
4. Schwerpunkte dieses Berichts 23

Kapitel 2: Auswirkungen des Klimawandels und Anpassungen im Wintertourismus 25

1. Der Effekt des Klimawandels auf die natürliche Schneesicherheit der alpinen Skigebiete 28
2. Anpassungsmaßnahmen: technologische Optionen 37
3. Verhaltensbezogene Anpassungen: Betriebspraktiken, Finanzinstrumente und neue Geschäftsmodelle 50
4. Diskussion und Politikimplikationen 59

Kapitel 3: Anpassung an den Klimawandel und Naturgefahrenmanagement ... 63

1. Naturgefahren in den Alpen: Überblick und Folgen des Klimawandels 64
2. Synthese der wichtigsten Vulnerabilitäten und Implikationen für den Anpassungsprozess 72
3. Nutzung existierender Mechanismen für das Naturgefahrenmanagement und den Risikofaktor 73
4. Erhöhung der Robustheit und Flexibilität des Naturgefahrenmanagements ... 83
5. Reaktionen auf beobachtete Folgen des Klimawandels 87
6. Diskussion und Politikimplikationen 96

Literaturverzeichnis 99

Anhang 1: Ergebnisse: schneesichere Skigebiete 109
Anhang 2: Einschätzung des Klimawandels durch den Fremdenverkehrssektor 115
Anhang 3: Die Zukunft des Skifahrermarkts: Ergebnisse aus analogen Studien und aus Erhebungen 117
Anhang 4: Anpassungsstrategien: Trends, Grenzen und Synergien 119
Anhang 5: Schwere Naturkatastrophen in den Alpen 1980-2005 126
Anhang 6: Vorsorgepolitik in den französischen Alpen 127
Anhang 7: Risikotransfermechanismen im Alpenraum 128

Tabellen

Tabelle 1	Kennzahlen für die Skiindustrie in Frankreich, Österreich, der Schweiz und Italien	26
Tabelle 2	Höhe der natürlichen Schneesicherheitsgrenze für die Alpenregionen der fünf hier untersuchten Länder	31
Tabelle 3	Derzeitige und künftige natürliche Schneesicherheit der Alpenskigebiete auf nationaler Ebene	33
Tabelle 4	Expansion und gegenwärtiger Einsatz von Beschneiungsanlagen	43
Tabelle 5	Wasserverbrauch einer Beschneiungsanlage in Garmisch-Partenkirchen bei Lufttemperatur	47
Tabelle 6	Auswirkungen des Klimawandels auf die Naturgefahren im Alpenbogen	72
Tabelle 7	Vom Fonds Barnier zwischen 2003 und 2005 finanzierte Aktivitäten und Projektionen bis 2007	76
A.1 Tabelle 1	Gegenwärtige und künftige natürliche Schneesicherheit der Skigebiete in den Alpen	109

Abbildungen

Abbildung 1	Die Alpen	18
Abbildung 2	Jährliche durchschnittliche Temperaturanomalien in den Alpen (im Vergleich zum Durchschnitt 1901-2000)	20
Abbildung 3	Anzahl der Skigebiete nach Ländern (oben) und Regionen (unten)	29
Abbildung 4	Mittlere Höhenausdehnung der alpinen Skigebiete auf regionaler Ebene	30
Abbildung 5	Vulnerabilität der alpinen Skigebiete gegenüber Veränderungen der natürlichen Schneesicherheitsgrenze	33
Abbildung 6	Schneesicherheit der alpinen Skigebiete unter gegenwärtigen Bedingungen sowie bei einer Erwärmung um 1°C, 2°C und 4°C	35
Abbildung 7	Verteilung der mit Beschneiungsanlagen ausgerüsteten Skipisten in den Alpen	44
Abbildung 8	Katastrophen und Schadensereignisse in den Alpen, 1980-2005	65
Abbildung 9	Volkswirtschaftliche und versicherte Schäden infolge von Naturgefahren in den Alpen, 1980-2005	66
Abbildung 10	Todesopfer, Gletscherereignisse und GLOF in Frankreich, Italien, Österreich und der Schweiz	70
Abbildung 11	Der Risikokreislauf	74
Abbildung 12	Jährliche Kosten verschiedener Anpassungsmaßnahmen im Schweizer Kanton Wallis und entsprechende Risikominderung	88
Abbildung 13	Kostenwirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen an Gletschergefahren im Kanton Wallis, Schweiz	89
Abbildung 14	Der Belvedere-Gletscher und seine Gletscherseen	91
Abbildung 15	Lawinen- und Murgangdämme in Pontresina	93
Abbildung 16	Blick auf die Permafrostgebiete am Schafberg oberhalb von Pontresina	94

Abbildung 17 Verlegung des Flussbetts des Flaz 95
A.1 Abbildung 1 Prozentsatz der natürlich schneesicheren Skigebiete in den Alpen unter gegenwärtigen und künftigen Klimabedingungen 110
A.1 Abbildung 2 Anzahl der natürlich schneesicheren Skigbiete in den Schweizer Alpen unter gegenwärtigen und künftigen Klimabedingungen 111
A.1 Abbildung 3 Anzahl der natürlich schneesicheren Skigebiete in den französischen Alpen unter gegenwärtigen und künftigen Klimabedingungen 112
A.1 Abbildung 4 Anzahl der natürlich schneesicheren Skigebiete in den italienischen Alpen unter gegenwärtigen und künftigen Klimabedingungen 113
A.1 Abbildung 5 Anzahl der natürlich schneesicheren Skigebiete in Österreich und Deutschland (Bayern) unter gegenwärtigen und künftigen Klimabedingungen 114
A.6 Abbildung 1 Einführung von Risikovorsorgeplänen (PPR) in Frankreich, 1980-2005 127
A.6 Abbildung 2 Naturgefahren in den französischen Alpen: Gefahrenexposition, Ereignisse und Vorsorgepläne 127
A.7 Abbildung 1 Potenzieller Effekt des Klimawandels auf die Verteilung der Schadenswahrscheinlichkeit und Implikationen für die Versicherungswirtschaft 129
A.7 Abbildung 2 Entwicklung der Rücklagen und der versicherten Schäden bei der CCR 129
A.7 Abbildung 3 Entschädigungszahlungen des Österreichischen Katastrophenfonds 130
A.7 Abbildung 4 Versicherte Schäden infolge von Naturereignissen in der Schweiz 131

Kästen

Kasten 1 Wintertourismus in den französischen Alpen 27
Kasten 2 Kunstschneeerzeugung in Frankreich 45
Kasten 3 Gesetzliche Regelungen hinsichtlich des Einsatzes von Beschneiungsanlagen..... 49
Kasten 4 Maßnahmen zur Förderung von Diversifizierungsinitiativen in der Region Rhône-Alpes, Frankreich 57
Kasten 5 Der Solidaritätsfonds der Europäischen Union 78
Kasten 6 Entwicklung integraler Strategien für das Gefahrenmanagement 82
Kasten 7 Die Entstehung einer Europäischen Hochwasserrichtlinie 85

Verzeichnis der Abkürzungen

ANPNC	Association Nationale des Professionnels de la Neige de Culture
BABS	Bundesamt für Bevölkerungsschutz, Schweiz
BMF	Bundesministerium für Finanzen, Österreich
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Österreich
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Schweiz
BWV	Bundeswasserbauverwaltung, Österreich
CARIP	Cellule d'Analyse des Risques et d'Information Préventive
CCR	Caisse Centrale de Réassurance
CDD	Contrat de Développement Diversifié
CIPRA	Internationale Alpenschutzkommission
CPER	Contrat de Plan Etat Region
DPPR	Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques
EEA	Europäische Umweltagentur
FIS	Internationaler Skiverband
GCM	Globale Zirkulationsmodelle
GLOF	Gletscherseeausbrüche
KGV	Kantonale Gebäudeversicherungen
MEDD	Ministère de l'Écologie et du Développement Durable
MISILL	Ministère de l'Intérieur, de la Sécurité Intérieure et des Libertés Locales
MRN	Mission des sociétés d'assurances pour la Connaissance et la Prévention des risques naturels
NAO	Nordatlantische Oszillation
NRO	Nichtregierungsorganisation
PACE	Permafrost And Climate in Europe
PERMOS	Permafrost Monitoring Switzerland
PPR	Plan de Prévention des Risques naturels
RCM	Regionale Klimamodelle
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Schweiz
WLV	Wildbach- und Lawinenverbauung

Zusammenfassung

Dieser Bericht enthält eine Beurteilung der Folgen des Klimawandels und der Anpassungen an diesen Prozess in den Bereichen Wintertourismus und Naturgefahrenmanagement in den Europäischen Alpen[1]. Die Implikationen dieser Beurteilung betreffen jedoch nicht nur die Alpen. Informationen über die Kosten des Anpassungsprozesses, die Rolle von privatem Sektor und staatlichen Stellen sowie allgemeinere Erkenntnisse über die Synergien und Trade-offs zwischen der Anpassung an den Klimawandel und sonstigen sektor- und entwicklungsbezogenen Prioritäten dürften auch für andere Gebirgssysteme von Belang sein, in denen sich ähnliche klimatische und kontextuelle Herausforderungen stellen, wie z.B. in Nordamerika, Australien und Neuseeland. Generell können am Fall der Alpen, wo starke Anpassungskapazitäten bestehen, Beispiele guter Praxis in Bezug auf die Anpassung an den Klimawandel und die Rolle von Finanzierungsmechanismen aufgezeigt und dabei zugleich die Hindernisse und Grenzen dieses Prozesses identifiziert werden. Derartige Erkenntnisse sind nicht nur im Kontext anderer Industriestaaten wertvoll, sondern auch von Entwicklungsländern.

Der Klimawandel macht sich in den Alpen bereits bemerkbar, und Anpassungsmaßnahmen sind von größter Bedeutung

Die Alpen sind besonders anfällig für den Klimawandel, und die Erwärmung fiel dort in jüngster Zeit ungefähr dreimal so stark aus wie im weltweiten Durchschnitt. Die Jahre 1994, 2000, 2002 und vor allem 2003 waren die wärmsten, die in den Alpen in den letzten 500 Jahren verzeichnet wurden. Klimamodellen zufolge ist in den kommenden Jahrzehnten mit noch größeren Veränderungen zu rechnen, einschließlich einer Abnahme der Schneedecke in niedrigeren Lagen, eines Abschmelzens der Gletscher und Permafrostgebiete in höheren Lagen sowie Veränderungen der Temperatur- und Niederschlagsextremwerte. Diese Klimaänderungen wirken sich auf ein System aus, das nicht nur von entscheidender wirtschaftlicher und ökologischer Bedeutung ist, sondern auch so schon durch ein breites Spektrum von Naturgefahren und demographischen ebenso wie ökologischen Belastungen bedroht ist. Die Tragfähigkeit von Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels ist daher für die Alpenländer von größter Wichtigkeit. Dies wurde auch von der Alpenkonvention anerkannt, die ihre Vertragsparteien Ende 2006 aufforderte, unverzüglich Anpassungsstrategien für die am stärksten

1. Die Alpen erstrecken sich über das Staatsgebiet von fünf OECD-Ländern (Frankreich, Schweiz, Italien, Österreich und Deutschland) sowie von Monaco, Liechtenstein und Slowenien.

betroffenen Sektoren auszuarbeiten. In einer neueren europaweiten Evaluierung wurden parallel dazu die zunehmenden Einbußen im Wintertourismus infolge der abnehmenden Schneedecke und die wachsende Gefährdung von Siedlungen und Infrastrukturen durch Naturrisiken als die Punkte identifiziert, an denen die Vulnerabilität der Alpen gegenüber dem Klimawandel am stärksten zum Ausdruck kommt. Diese beiden Themen stehen daher im Mittelpunkt dieser Detailstudie.

Für den Wintertourismus sind die Gefahren besonders groß, die Auswirkungen der Klimaänderungen variieren jedoch innerhalb des Alpenbogens

Bei den derzeitigen klimatischen Verhältnissen gelten 609 der 666 alpinen Skigebiete (d.h. 91%) in Deutschland, Frankreich, Italien, Österreich und der Schweiz als von Natur aus schneesicher. Die übrigen 9% werden bereits unter Grenzbedingungen betrieben. Die Zahl der schneefesten Gebiete würde bei einer Klimaerwärmung um 1°C auf 500, um 2°C auf 404 und um 4°C auf 202 zurückgehen. Dies ergab die erste systematische länderübergreifende Analyse der Schneesicherheit in den Alpen im Kontext des Klimawandels, in der über 80% der Skigebietsfläche erfasst wurden. Die genauen Zahlen hängen zwar von den zu Grunde liegenden Annahmen ab, für die Politik von Interesse sind jedoch die Gesamttrends wie auch die räumliche Heterogenität der Folgen. Die Auswirkungen des Klimawandels sind in den einzelnen Alpenländern recht unterschiedlich. Am stärksten wäre Deutschland betroffen, wo eine Erwärmung um nur 1°C zu einer Abnahme der Zahl der schneesicheren Skigebiete um 60% führen könnte (im Vergleich zu ihrer derzeitigen Zahl). Bei einer Erwärmung um 4°C wäre in Deutschland so gut wie kein Skigebiet mehr schneesicher. Die Schweiz ist demgegenüber unter den fünf Ländern am wenigsten bedroht, eine Erwärmung um 1°C würde dort nur in einer Abnahme der Zahl der schneesicheren Skigebiete um 10% resultieren, und bei einer Erwärmung um 4°C wäre mit einem 50%igen Rückgang zu rechnen (im Vergleich zur derzeitigen Zahl). Dabei wird es auch „Gewinner“ und „Verlierer“ geben, sowohl was die Regionen betrifft – die französischen Seealpen, die Steiermark und Friaul-Julisch-Venetien sind z.B. weit mehr gefährdet als Graubünden, das Wallis und Savoyen – als auch die Skigebiete selbst, wobei jene in niedrigeren Lagen wesentlich stärker bedroht sind als solche mit einer größeren Höhenausdehnung.

Die Wintertourismusbranche passt sich bereits an den Klimawandel an, dieser Prozess ist jedoch nicht nur kostspielig, sondern hat auch seine Grenzen

Die Wintertourismusbranche hat auf die Konsequenzen der beobachteten Veränderungen reagiert, wobei eine Reihe technologischer und verhaltensbezogener Anpassungsmaßnahmen in die Praxis umgesetzt wurde. Die Erzeugung von Kunstschnee ist nach wie vor die wichtigste Anpassungsstrategie. Weitere Maßnahmen sind die Pistenpräparierung, die Verlegung der Skipisten in höhere Lagen und auf Gletscher, der Schutz der Gletscher vor dem Abschmelzen durch weiße Kunststoffplanen, die Diversifizierung der Fremdenverkehrseinnahmen sowie der Einsatz von Versicherungen und Wetterderivaten. Die Anpassungsstrategien sind aber auch mit Kosten verbunden, und sie haben ihre

Grenzen. Kunstschnee hat sich als kostenwirksam erwiesen, die entsprechenden Schätzungen beziehen sich jedoch nur auf die direkten finanziellen Kosten für den Skibetrieb, während die potenziellen Externalitäten solcher Praktiken in Bezug auf Wasser- und Energieverbrauch, Landschaft oder Umwelt unberücksichtigt bleiben. Außerdem werden die Kosten der Schneeerzeugung bei zunehmenden Temperaturen nichtlinear steigen – und sollten sich die Umgebungstemperaturen über einen bestimmten Grenzwert hinaus erhöhen, wird die Kunstschneeerzeugung einfach keine gangbare Lösung mehr sein. Das gleiche gilt für die Pistenpräparierung, mit der die für den Skibetrieb erforderliche Mindestschneehöhe um 10-20 cm verringert werden kann. Eine deutliche Abnahme der Schneedecke oder deren völliges Ausbleiben kann jedoch auch mit noch so viel Pistenpräparierung nicht kompensiert werden. Abdeckfolien haben sich ebenfalls als kostenwirksames Mittel für den Schutz der Gletschermasse erwiesen, mit diesen Planen kann allerdings nur eine begrenzte Fläche abgedeckt werden und im Fall einer Fortsetzung der Erwärmungstrends können auch sie das letztendliche Verschwinden der Gletscher nicht verhindern. Mit Versicherungen können unterdessen die finanziellen Verluste infolge einzelner schneearmer Winter verringert werden, sie können aber keinen Schutz gegen eine langfristige systemische Entwicklung hin zu wärmeren Wintern bieten.

Staatliche Instanzen können ebenfalls eine wichtige Rolle bei der Erleichterung eines nachhaltigen Anpassungsprozesses im Wintertourismus spielen

Eine wichtige Frage für die staatlichen Instanzen ist der Grad der Aufsicht, der u.U. in einem Prozess nötig ist, bei dem es sich in weiten Teilen um eine autonome, von Marktkräften ausgehende Anpassung handelt. Ein Bereich, in dem es entscheidend auf Aktionen der staatlichen Stellen ankommen könnte, sind die ökologischen und sozialen Externalitäten, die durch den Einsatz (bzw. zu starken Einsatz) bestimmter Anpassungsstrategien entstehen können. Die Kunstschneeerzeugung hat z.B. Auswirkungen auf den Wasser- und Energieverbrauch, durch die Pistenpräparierung kann sich die Stabilität der Skihänge verringern und die Verlegung der Skipisten in höhere Lagen kann zu einer Bedrohung für fragile Ökosysteme werden. Die derzeitigen Politiken variieren stark, sowohl im Ländervergleich als auch innerhalb der einzelnen Länder. In Deutschland und Frankreich gibt es keine Bestimmungen für die Kunstschneeerzeugung, wenn auch einige Aspekte durch die bestehenden Vorschriften für die Wasserentnahme geregelt sind. In Österreich gelten indessen explizite Regelungen für die Schneeerzeugung, diese unterscheiden sich aber in den einzelnen Bundesländern, und in Italien verfügt nur Südtirol über entsprechende Bestimmungen. In der Schweiz müssen für Schneekanonen mittlerweile Umweltfolgenabschätzungen durchgeführt werden, und es gibt spezifische Vorschriften darüber, wo sie eingesetzt werden dürfen. Ähnliche Unterschiede bestehen auch bei den Vorschriften – wenn es solche überhaupt gibt – für die Verwendung von Schneezusätzen, die Pistenpräparierung oder die Verlegung der Skipisten in höhere Lagen.

Ein weiterer Bereich, in dem die staatliche Politik eine Rolle spielen könnte, ist die Erleichterung des Übergangs für die „Verlierer“ des Anpassungsprozesses; denn die Folgen des Klimawandels haben erhebliche Auswirkungen auf die Verteilungsgerechtigkeit. Kleinere Wintersportorte, die zumeist auch niedriger liegen, sind durch den Klimawandel nicht nur stärker bedroht, sondern verfügen auch über weniger Mittel zur Finanzierung kostspieliger Anpassungsmaßnahmen. Große Wintersportzentren sehen sich dem-

gegenüber mit einem geringeren Klimarisiko konfrontiert (da die Höhenausdehnung ihres Skigebiets häufig größer ist), weisen eine bessere Risikostreuung auf (weil sie mehrere Skistationen unterhalten) und verfügen über mehr Mittel, um die nötigen Anpassungen vorzunehmen. Auch in diesem Bereich ist die öffentliche Politik sehr unterschiedlich ausgerichtet, wobei das Spektrum von einer *Laissez-faire*-Haltung (alles dem Markt überlassen) bis zur finanziellen Unterstützung der am stärksten in Mitleidenschaft gezogenen Gruppen reicht. Der größte Konflikt, mit dem sich staatliche Instanzen und Gebietskörperschaften gemeinsam auseinandersetzen müssen, betrifft insbesondere die Entscheidung entweder für Anpassungsmaßnahmen, die den Status quo trotz zunehmend ungünstiger Klimabedingungen solange wie möglich zu erhalten suchen, oder für Aktionen, die eine reibungslosere Umstellung auf die neuen Gegebenheiten des sich wandelnden Klimas gewährleisten sollen. Generell lag das Schwergewicht bislang mehr auf der Wahrung des Status quo und weniger auf solchen Umstellungen, die kurzfristig mit hohen wirtschaftlichen und politischen Kosten verbunden sein können.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Naturgefahren in den Alpen sind komplex und faktorspezifisch

Das zweite in diesem Bericht untersuchte Thema, das der Naturgefahren, ist mit dem des Wintertourismus zwar verknüpft, zugleich aber auch ganz anders gelagert. Während der Klimawandel deutlich zu erkennende Auswirkungen auf den Wintertourismus hat, sind seine Konsequenzen im Hinblick auf ein breites Spektrum in den Alpen bereits existierender Naturgefahren wesentlich komplexer. Und während es sich bei der Anpassung im Wintertourismus weitgehend um einen autonomen, in erster Linie vom privaten Sektor eingeleiteten Prozess handelt, werden jegliche Reaktionen auf die Auswirkungen des Klimawandels auf die Naturgefahren mit ziemlicher Sicherheit die Mitwirkung öffentlicher Stellen notwendig machen, ein wesentlich größeres Maß an Koordination und Planung erfordern und zu den bereits existierenden Politiken und Maßnahmen in diesem Bereich hinzugefügt werden müssen. Inwieweit geeignete Anpassungsmaßnahmen für die Auswirkungen des Klimawandels auf die Naturgefahren notwendig sein werden, hängt sowohl von der Stärke des Zusammenhangs zwischen dem Klimawandel und den jeweiligen Naturgefahren als auch von der Gesamtbedeutung der einzelnen Gefahren selbst ab. Die vorliegende Analyse kommt zu dem Schluss, dass viele Naturgefahren, die stark mit dem Klimawandel zusammenhängen, effektiv nur relativ schwache bzw. mittelschwere wirtschaftliche Konsequenzen haben. Die deutlichsten Auswirkungen des Klimawandels auf die Naturgefahren sind in Gletscher- oder Permafrostgebieten zu beobachten, die aus nationaler Sicht u.U. nur begrenzte wirtschaftliche Bedeutung haben, deren Konsequenzen für die örtlichen Gemeinden aber recht erheblich sein können. Bei den Gefahren, deren wirtschaftliche und gesellschaftliche Folgen wesentlich größer sind, wie Hochwasser- und Sturmkatastrophen, sind die Zusammenhänge mit dem Klimawandel demgegenüber komplexer und weniger sicher. Trotz der Unsicherheit über die Effekte des Klimawandels in Bezug auf Überschwemmungen und Winterstürme sollten die damit verbundenen Risiken ernst genommen werden, vor allem in Anbetracht der Auswirkungen solcher Ereignisse und der zunehmenden Bedrohung, die sie infolge demographischer, landnutzungsbezogener und sonstiger Belastungen für die Gesellschaft der Alpenländer darstellen.

Der Klimawandel ist ein zusätzlicher Grund für ein effektives Management der derzeitigen Gefahren

Wie kann der Klimawandel im Umgang mit Naturgefahren in den Alpen also am besten berücksichtigt werden? Es bedarf hier ganz klar eines mehrgliedrigen Ansatzes. Als natürlicher Ausgangspunkt bieten sich dabei die institutionellen Strukturen und Risikotransfermechanismen an, die in den Alpenländern bereits für Naturgefahren existieren. Der Klimawandel und dessen (wenn auch ungewisse) Auswirkungen sind ein Grund mehr, für eine Effizienzverbesserung dieser Strukturen und Mechanismen zu sorgen. Die drei in diesem Teil der Detailstudie untersuchten Alpenländer (Frankreich, Schweiz und Österreich) verfügen eindeutig über sehr große Anpassungskapazitäten im Umgang mit Naturgefahren. Institutionelle Strukturen und Regelungen für das Naturgefahrenmanagement sind vorhanden, ebenso wie Versicherungsmechanismen zur Erleichterung des Risikotransfers. Während bei den anfänglichen Bemühungen zur Gefahrenminderung die Schadensbehebung nach Katastrophen im Vordergrund stand, gilt die Aufmerksamkeit inzwischen zunehmend einem integralen Naturgefahrenmanagement, bei dem alle Elemente des Gefahrenzyklus (von der Vorbeugung bis zur Schadensbehebung) berücksichtigt sind. Auch die Alpenkonvention setzt sich für die Einrichtung eines integralen Naturgefahrenmanagements im Alpenbogen ein. Ein solches Management bietet mehrere klare Ansatzpunkte für die Berücksichtigung von Klimarisikoinformationen, z.B. bei der Gefahrenkartenerstellung, der Raumplanung und der Gestaltung vorbeugender Maßnahmen. Diese Evaluierung zeigt aber auch, dass die Alpenländer schon im Hinblick auf die derzeitigen Naturgefahren vor erheblichen Herausforderungen stehen, von den Folgen des Klimawandels ganz zu schweigen. Die integralen Gefahrenmanagementsysteme sind z.B. noch nicht voll operationsfähig, und in vielen Fällen ist die Umsetzung nach wie vor schwierig. Erwähnenswert ist auch, dass in allen betrachteten Ländern nur wenig von ökonomischen Anreizen Gebrauch gemacht wird, um die effektiven Anstrengungen zur Gefahrenverhütung zu unterstützen und zu verstärken. Die Höhe der Versicherungsprämien ist z.B. im Allgemeinen nicht von der Gefahrenexponierung abhängig, wodurch sich die Anreize für Maßnahmen zur Risikoverhütung verringern.

Zur Anpassung an den Klimawandel ist auch ein flexibleres und vorausschauenderes Naturgefahrenmanagement erforderlich

Das Naturgefahrenmanagement beruht traditionell auf retrospektiven Informationen, die ihre Gültigkeit verlieren, wenn sich Gefahrenprofil und -verteilung infolge des Klimawandels verändern. Es bedarf daher stärker vorausschauend ausgerichteter Konzepte, in denen auch erwartete Klimarisiken berücksichtigt sind. Eine Strategie, die ins Auge gefasst werden könnte, wäre eine Anhebung des Vorsorgestandards für das Gefahrenmanagement, denn durch die Aufnahme stärkerer und extremerer Ereignisse in den Planungsprozess kann die Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Klimawandel erhöht werden. In der Schweiz wurden die Gefahrenkarten beispielsweise dahingehend geändert, dass nun nicht mehr nur Ereignisse, die ca. alle 100 Jahre eintreten können, sondern auch solche mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von bis zu 300 Jahren berücksichtigt werden. Anpassungen wurden auch bei der Planung von Notfallmaßnahmen vorgenommen, in die nun Ereignisse mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von bis zu 1000 Jahren

einbezogen werden müssen. Eine andere Strategie bestünde darin, die Gefahrenkarten häufiger zu aktualisieren, um den Entscheidungsträgern die Berücksichtigung sich verändernder Gefahrenprofile zu ermöglichen, wie im Fall von Permafrost- und Gletschergefahren. Eine häufige Aktualisierung der Gefahrenkarten muss jedoch sorgfältig gegen die hohen damit möglicherweise verbundenen Kosten abgewogen werden. Im Falle häufiger signifikanter Änderungen in den Gefahrenkarten wäre auch mit hohen Transaktionskosten, ja sogar juristischen Problemen zu rechnen, vor allem wenn solche Änderungen allein auf der Basis von Modellprojektionen erfolgen. Als Mittelweg böte sich hier allerdings die Verwendung von Gefahrenkarten an, in die Szenarien künftiger Effekte als Beratungs- anstatt als Regulierungsinstrumente aufgenommen würden.

In ganz ähnlicher Weise wie die öffentlichen Entscheidungsträger stützen sich die Versicherungsunternehmen bei ihren Geschäften nur auf vergangene Gefahrenereignisse. Der Übergang von einer auf Vergangenheitsdaten basierenden Preisgestaltung zu einer Methode, bei der theoretische mit großen Unsicherheiten behaftete Überlegungen einbezogen werden, könnte bei den Kunden auf wenig Verständnis stoßen und für die Versicherer schwer umzusetzen sein, vor allem in einem wettbewerbsintensiven Geschäftsumfeld. Dennoch ist bei den in den Alpen tätigen Versicherungsunternehmen eine zunehmende Sensibilisierung für den Klimawandel festzustellen. In Österreich finanzieren private Versicherungsunternehmen die Ausarbeitung lokaler Klimawandelszenarien, und in Frankreich untersucht ein Versicherungskonsortium die Auswirkungen des Klimawandels auf Rücklagen und Preisgestaltung von Versicherungen. Diese Bemühungen befinden sich allerdings noch in einem frühen Stadium und müssen sich erst noch in Änderungen der operativen Richtlinien niederschlagen.

Darüber hinaus bedarf es aktiver Monitoring- und Risikominderungsmaßnahmen für Gefahren im Zusammenhang mit dem Klimawandel

In besonderen Fällen, in denen die Klimarisiken einem raschen Wandel unterworfen oder die Effekte bereits offensichtlich sind, z.B. bei Permafrost- und Gletschergefahren, bestünde eine effektive Anpassungsstrategie schließlich in der Einrichtung von Projekten für Risikomonitoring und Risikominderung. In beiden Bereichen wurden gewisse Fortschritte erzielt. Die Europäische Union finanzierte beispielsweise zwei regionale Aktivitäten – Permafrost and Climate in Europe (PACE), Laufzeit 1997-2000, und Glaciorisk, Laufzeit 2000-2003 –, die der Beobachtung von Klimarisiken dienten. Auf Projektebene gibt es mittlerweile einige Beispiele von Infrastrukturmaßnahmen zur Anpassung an die unter dem Einfluss des Klimawandels zunehmenden Permafrost- und Gletschergefahren. Zu nennen sind u.a. die Teiltrockenlegung eines potenziell gefahrenträchtigen Gletschersees auf dem Monte Rosa an der italienisch-schweizerischen Grenze sowie die Verbauungen zum Schutz vor Lawinen und Murgängen in Pontresina (Schweiz). Diese Entwicklungen sind sicher ermutigend, sie bleiben jedoch bestenfalls isolierte Nischenbeispiele gemessen am Ausmaß der sich in den Alpen vollziehenden Klimaveränderungen. Zweifellos notwendig ist es auch, dauerhaftere Mechanismen für die Überwachung der Klimagefahren einzurichten, die über kurzfristige Finanzierungszyklen hinausgehen, und sicherzustellen, dass sich die fraglichen Aktivitäten nicht nur auf Forschung beschränken, sondern auch Informationen und Instrumente liefern, mit deren Hilfe die Klimarisiken dann besser in den Gefahrenkarten und Politiken für das Naturgefahrenmanagement berücksichtigt werden können.

Kapitel 1

Die Alpen: Lage, Wirtschaft und Klima

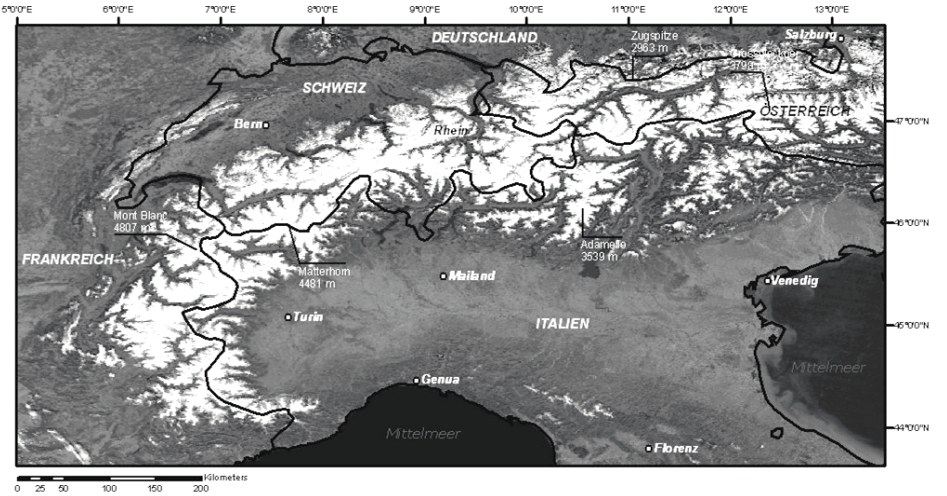
von

Shardul Agrawala

Die Alpen sind besonders anfällig gegenüber dem Klimawandel und zugleich von entscheidender ökonomischer und ökologischer Bedeutung. Sie gehören zu den meistbesuchten Regionen der Welt, sind das Wasserreservoir Europas und zudem eines der in Bezug auf die Biodiversität interessantesten Gebiete des Kontinents. Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die Klimaverhältnisse im Alpenraum, wobei besonders auf dessen Vulnerabilität gegenüber Klimaveränderungen und die Notwendigkeit entsprechender Anpassungsmaßnahmen eingegangen wird. Die Erwärmung der jüngsten Vergangenheit fiel in den Alpen ungefähr dreimal so stark aus wie im weltweiten Durchschnitt, und Klimamodellen zufolge ist in den kommenden Jahrzehnten mit noch größeren Veränderungen zu rechnen, einschließlich einer Abnahme der Schneedecke in niedrigeren Lagen, eines Abschmelzens der Gletscher und Permafrostgebiete in höheren Lagen sowie Veränderungen der Temperatur- und Niederschlagsextreme. Es sind vor allem die zunehmenden Einbußen im Wintertourismus infolge der abnehmenden Schneedecke und die wachsende Gefährdung von Siedlungen und Infrastrukturen durch Naturrisiken, an denen die Vulnerabilität der Alpen gegenüber dem Klimawandel deutlich wird. Die Tragfähigkeit der Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels ist für die Alpenländer daher von größter Wichtigkeit. Das vorliegende Kapitel befasst sich mit den Entwicklungen in Deutschland, Frankreich, Italien, Österreich und der Schweiz.

Die Alpen erstrecken sich in einem rd. 1 200 km langen Bogen von Nizza bis nach Wien. Sie werden im Allgemeinen in die West- und die Ostalpen unterteilt, die durch den Rhein und den Splügenpass in der Ostschweiz getrennt sind. Die Westalpen sind höher, aber auch kürzer und stärker gebogen; sie gehören zu Frankreich, Monaco, Italien und der Westschweiz. Die Ostalpen sind länger und verteilen sich über die Ostschweiz, Italien, Deutschland, Liechtenstein, Österreich und Slowenien (Abb. 1). Die Alpen sind das Wasserreservoir Europas, drei große Flüsse entspringen dort: der Rhein, die Rhône und der Po. Und mit über 30 000 Tier- und über 13 000 Pflanzenarten gehören sie auch zu den Regionen Europas mit der größten Biodiversität.

Abbildung 1 **Die Alpen**



Anmerkung: MODIS-Satellitendaten, verbreitet vom Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC) des U.S. Geological Survey (USGS) Center for Earth Resources Observation and Science (EROS), *http://LPDACC.usgs.gov*.

Der Alpenbogen erstreckt sich über eine Fläche von rd. 190 000 km^2 und zählt 15 Millionen Einwohner. Der Großteil der Bevölkerung lebt in den tiefer liegenden Tälern, die häufig sehr dicht besiedelt sind. Die Alpen befinden sich zwischen zwei Regionen mit sehr hoher Bevölkerungsdichte, den Rheinanrainerstaaten im Norden und Norditalien im Süden. Die Alpentunnel sind die üblichste Route, um von Nord- nach Südeuropa zu gelangen. Die Alpen gehören auch zu den meistbesuchten Regionen der Welt. Rund 60-80 Millionen Menschen, das Vier- bis Sechsfache der örtlichen Bevölkerung, kommen jedes Jahr als Touristen in die Alpen. Die Berglandwirtschaft, die eng mit dem Wintertourismus verknüpft ist und in den Alpen immer noch eine sehr wichtige Rolle spielt, wird indessen zunehmend unrentabel und ist mehr und mehr von Stützungsmaßnahmen abhängig.

Viele der obigen Trends – das Wachstum und die räumliche Heterogenität von Bevölkerung und Fremdenverkehr, der zunehmende Wettbewerb zwischen verschiedenen Landnutzungsformen und der Anstieg des inter- und transalpinen Verkehrs – fördern zwar die wirtschaftliche Entwicklung, sind aber zugleich mit starken ökologischen Zusatzbelastungen verbunden. Vielfach hat sich durch sie die Vulnerabilität der Gesellschaft des Alpenraums gegenüber Umweltgefahren erhöht. Die Konsequenzen des Klimawandels für die Alpen müssen daher in diesem breiteren sozioökonomischen und ökologischen Kontext untersucht werden.

1. Merkmale des Alpenklimas

Die Alpen sind vier großen klimatischen Einflüssen ausgesetzt: der feucht milden Atlantikluft, die von Westen her einströmt, der warmen Mittelmeerluft aus dem Süden, der kalten Polarluft aus dem Norden und den kontinentalen Luftmassen aus dem Osten (kalt und trocken im Winter, heiß im Sommer). Das Klima der Alpen wird zudem durch Sturmtiefs beeinflusst, die den Atlantik überqueren oder sich über dem Mittelmeer bilden. Umgekehrt üben die Alpen auf Grund ihrer Höhe, Vegetation und Schneedecke auch selbst erheblichen Einfluss auf die Wettermuster aus.

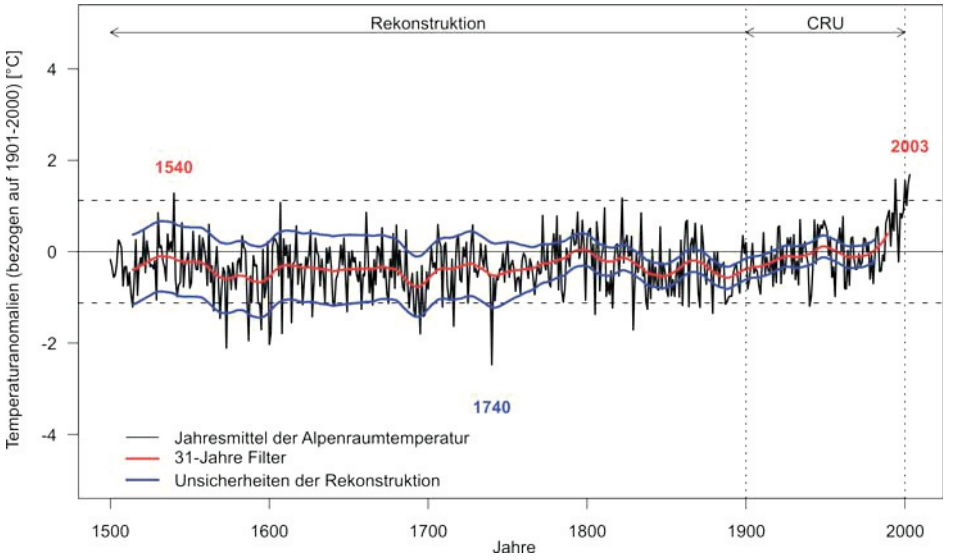
Die Alpen sind auch durch starke räumliche Klimaschwankungen gekennzeichnet, und ihre Physiographie spielt eine entscheidende Rolle bei der Bestimmung der Temperaturen und Niederschlagsmengen. In den Talmulden ist es üblicherweise wärmer und trockener als auf den umliegenden Bergen. Die Durchschnittstemperaturen im Januar schwanken in den Tälern zwischen -5°C und 4°C, können in den Bergen am Mittelmeerrand aber bis zu 8°C erreichen. Im Juli liegen die Durchschnittstemperaturen in den Tälern zwischen 15°C und 24C°. Temperaturinversionen sind im Herbst und Winter bis zu einer Höhe von 1 000 m üblich. Oberhalb dieser Grenze sind die Temperaturen dann höher als im Tal, in sehr hohen Lagen nimmt die Temperatur mit steigender Höhe aber wieder ab. In Bezug auf die Niederschläge ist in den Alpen ein Ost-West-Gradient festzustellen, wobei die Niederschläge in der Ostschweiz und in Österreich geringer sind als in den Westalpen, die unter dem Einfluss der feuchten Atlantikluft stehen. Im Winter fallen fast alle Niederschläge ab 1 500 m als Schnee. Ab ca. 2 000 m Höhe hält sich die Schneedecke ungefähr von Mitte November bis Ende Mai. Was die saisonalen Schwankungen anbelangt, sind die Temperaturen in den Sommermonaten am höchsten. Die saisonale Verteilung der Niederschläge ist hingegen wesentlich stärker räumlich differenziert und hängt von Lage und Höhenstruktur ab (Frei und Schär, 1998).

2. Beobachtete Klimatrends

Hochauflösende Rekonstruktionen des Klimas der Alpen ab 1500 n. Chr. verdeutlichen den Übergang von einer kalten Phase, die bis 1900 dauerte, zu der derzeitigen wärmeren Phase, die im 20. Jahrhundert begann und sich weiter fortsetzt (Abb. 2, Casty et al., 2005). Kennzeichnend für die Temperaturtrends war eine Zunahme der nächtlichen Mindesttemperaturen im Winter um bis zu 2°C im 20. Jahrhundert; bei den Höchsttemperaturen fiel der Anstieg bescheidener aus. Die in jüngerer Zeit, etwa seit Mitte der achtziger Jahre zu beobachtende Erwärmung steht zwar mit dem Trend zur globalen Erwärmung in Einklang, fiel aber ungefähr dreimal so stark aus wie im welt-

weiten Durchschnitt (Beniston, 2005). Die deutlichste Erwärmung ist seit den neunziger Jahren zu beobachten. Die Jahre 1994, 2000, 2002 und vor allem 2003 waren die wärmsten, die im Alpenraum in den vergangenen 500 Jahren verzeichnet wurden. Anders als bei den Temperaturen ist bei den durchschnittlichen Niederschlägen im Alpenbogen kein solcher langfristiger Trend für die vergangenen 500 Jahre festzustellen, obgleich in etwa seit 1970 eine leichte Abnahme der regionalen Durchschnittswerte zu beobachten ist (Casty et al., 2005).

Abbildung 2 **Jährliche durchschnittliche Temperaturanomalien in den Alpen (im Vergleich zum Durchschnitt 1901-2000)**



Quelle: Casty et al., 2005. Wiedergabe mit Erlaubnis von John Wiley & Sons Ltd für die Royal Meteorological Society. © Royal Meteorological Society.

Der starke Temperaturanstieg, der im Alpenraum in den neunziger Jahren verzeichnet wurde, wird z.T. mit dem Verhalten der Nordatlantischen Oszillation (NAO) in Zusammenhang gebracht. Die NAO ist durch zyklische Schwankungen des Luftdrucks und Verschiebungen der Zugbahnen der Stürme über den Nordatlantik gekennzeichnet. Die NAO wird mit einem Index gemessen, der sich an der Differenz zwischen dem Luftdruck auf Meeresniveau zwischen einem Ort auf den Azoren (oder auf dem portugiesischen Festland) im mittleren Atlantik und einem Ort auf Island im Nordatlantik orientiert. Die NAO soll besonders starken Einfluss auf das Klima in den höheren Lagen der Alpen haben, während die niedrigeren Lagen wesentlich weniger stark von ihr geprägt sind (Beniston, 2000).

In welchem Verhältnis die beobachtete Klimaveränderung in den Alpen jeweils der globalen Erwärmung oder der NAO zuzuschreiben ist, kann jedoch nicht eindeutig bestimmt werden. Einige neuere Analysen deuten darauf hin, dass der seit Mitte der achtziger Jahre stark positive NAO-Index den in den Alpen beobachteten Anstieg der Mindesttemperaturen verstärkt hat. Ohne die Mitwirkung der NAO wären die Mindesttemperaturen in den Alpen im Verlauf des 20. Jahrhunderts nicht um 1,5°C gestiegen, sondern nur um 0,5°C, was dem weltweiten Durchschnitt entsprochen hätte (Beniston, 2004). Der potenzielle Einfluss, den die NAO auf die Höchsttemperaturen ausübt, ist indessen nicht so ausgeprägt. Die Höchsttemperaturen wären im letzten Teil des 20. Jahrhunderts in den Alpen auch ohne sie angestiegen (Beniston, 2004).

Betrachtet man jedoch die Klimaentwicklung über einen wesentlich längeren Zeitraum, ist der Zusammenhang zwischen der NAO und den Klimamustern im Alpenraum wesentlich unklarer. Im Einzelnen zeigt sich, dass der Zusammenhang zwischen einem positiven NAO-Index und einem Temperaturanstieg und/oder einer Abnahme der Niederschläge in den Alpen während der vergangenen 500 Jahre nur in bestimmten Perioden zu beobachten war (Casty et al., 2005). Außerdem ist die in jüngster Zeit stärkere Erwärmung in den Alpen kein Einzelfall, sondern auch in anderen Hochgebirgsregionen festzustellen, die nicht unter dem Einfluss der NAO stehen, wie im Himalaja (Shreshtha et al., 1998; Liu und Chen, 2002). Darüber hinaus ist auch nicht ganz klar, ob der fortwährend positive NAO-Index der letzten Jahrzehnte (der mit den jüngsten Klimaänderungen in den Alpen in Verbindung gebracht wird) nicht selbst in irgendeiner Weise durch den Klimawandel bedingt ist. Im dritten Wissensstandsbericht des IPCC heißt es beispielsweise, dass es sich bei „den beobachteten Veränderungen der NAO, zumindest z.T., durchaus um eine Reaktion des Systems auf beobachtete Veränderungen der Temperaturen an der Meeresoberfläche handeln könnte“ (IPCC, 2001, S. 453).

3. Implikationen des Klimawandels und entscheidende Vulnerabilitäten

Globale Zirkulationsmodelle (*General Circulation Models* – GCM) tun sich auf Grund ihrer groben räumlichen Auflösung schwer bei der Berücksichtigung der Topographie der Alpen, weshalb sie allein keine verlässlichen Instrumente zur Evaluierung künftiger Klimaänderungen und -folgen in dieser Region sein können. Häufig werden die Ergebnisse von GCM daher als Ausgangs- und Grenzbedingungen in Regionalen Klimamodellen (RCM) verwendet. RCM haben eine Auflösung von rd. 20 km (gegenüber 120 km für GCM) und eignen sich daher besser für die Einbeziehung topographischer Details der Alpen. Solche „eingebetteten“ regionalen Modelle sind zwar nicht perfekt, leisteten aber gute Arbeit bei der Replizierung verschiedener Merkmale des derzeitigen Klimas im Alpenraum, was Voraussetzung für ihre Kapazität zur Simulation künftiger Klimaänderungen ist.

Die Ergebnisse solcher regionaler Klimamodellsimulationen bei CO_2-Verdoppelung deuten auf eine allgemeine Erwärmung in den Alpen sowohl im Winter als auch im Sommer hin, wobei die Erwärmung im Sommer allerdings stärker ausfallen würde. Die Temperaturen würden zudem in höheren Lagen wesentlich deutlicher steigen, was mit den beobachteten Trends übereinstimmen würde. Außerdem wird die Erwärmung den

Projektionen zufolge in den Sommermonaten in den Westalpen wesentlich stärker ausgeprägt sein (Heimann und Sept, 2000). Die Niederschläge sollen indessen zunehmen und im Winter intensiver werden, im Sommer aber deutlich abnehmen (Haeberli und Beniston, 1998). Diese allgemeinen Beobachtungen decken sich mit den für die Schweizer Alpen ausgearbeiteten Klimawandelszenarien, denen zufolge die Temperaturen im Vergleich zu 1990 bis 2050 im Sommer um 1-5°C und im Winter um 1-3°C steigen sollen. Die Niederschlagsmenge soll sich im Winter derweil um rd. 5-25% erhöhen und im Sommer um 5-40% verringern (OcCC, 2003).

Diese Bedingungen würden in wenigen Jahrzehnten in einer deutlichen Verringerung der Schneedecke und der Gletschermasse resultieren. Die Höhe der Schneedecke in den Alpen schwankt stark von Jahr zu Jahr und im Verlauf der Jahrzehnte. Für die jüngste Abnahme der Schneedecke in den achtziger und neunziger Jahren wurde allerdings der Temperaturanstieg verantwortlich gemacht. Die Auswirkungen jeglicher Veränderungen der Niederschlagsmenge auf die Schneedecke sind insgesamt gering und werden infolge der steigenden Temperaturen nichts an deren allgemeiner Abnahme ändern. Zwischen 1850 und 1980 hat sich die Ausdehnung der Gletscher in den Alpen um ungefähr 30-40% verringert, während ihre Masse um die Hälfte geschrumpft ist (Haeberli und Beniston, 1998). Seit 1980 sind weitere 10-20% der verbliebenen Eismasse abgeschmolzen (Haeberli und Hoelzle, 1995). Allein im heißen Sommer 2003 war in den Alpen ein Schwund der verbleibenden Gletschermasse um 10% zu verzeichnen. Bis 2050 werden wahrscheinlich rd. 75% der Gletscher der Schweizer Alpen nicht mehr existieren. Laut neueren Forschungsarbeiten könnten im Fall einer Erwärmung der Lufttemperaturen im Sommer um 5°C bis 2100 fast alle Gletscher in den Alpen verschwunden sein (Zemp et al., 2006). Der Klimawandel dürfte auch zu einem Anstieg der Untergrenze des Permafrosts um mehrere hundert Meter führen (Hoelzle und Haeberli, 1995). Durch den Rückzug der Gletscher werden große Mengen an Moränensedimenten freigesetzt werden, während sich die Hanginstabilität in Steillagen erhöhen wird. Das Auftauen der Permafrostböden wird voraussichtlich zu einer Zunahme der Steinschlagaktivität führen, wie sie am Matterhorn während der Hitzewelle von 2003 zu beobachten war (Gruber et al., 2004). Das Schwinden des Permafrosts gefährdet zudem die Stabilität von Infrastrukturen in höheren Lagen.

Insgesamt wird der Klimawandel wohl zu einer Verlagerung der Gefahrenzonen führen, was darauf hindeutet, dass die Heranziehung historischer Daten für das Gefahrenmanagement an Zweckmäßigkeit verlieren dürfte (Haeberli und Beniston, 1998). Der Klimawandel wird wahrscheinlich auch zu deutlichen Veränderungen im Wasserkreislauf der Alpen führen. Bei den Winterniederschlägen wird dabei von einer Tendenz zu intensiveren Niederschlagsereignissen ausgegangen. Zudem dürfte infolge der steigenden Temperaturen ein größerer Teil dieser Niederschläge als Regen fallen. Der Klimawandel wird wohl auch in einem früheren Beginn der Schneeschmelze resultieren, wodurch sich das Hochwasserrisiko in von Gletschern gespeisten Gewässern erhöhen könnte. Gleichzeitig dürfte sich die Gefahr von Sommerhochwassern in von Regen gespeisten Gewässern auf Grund der voraussichtlichen Abnahme der Niederschläge in den Sommermonaten verringern.

Die Alpenkonvention wies 2006 in der Erklärung der IX. Alpenkonferenz, in deren Mittelpunkt der Klimawandel stand, nachdrücklich auf die starke Anfälligkeit des Alpenraums gegenüber Klimaveränderungen hin. In dieser Erklärung wurde die Not-

wendigkeit von Anstrengungen seitens der Vertragsparteien sowie auf internationaler Ebene zur Verringerung der Treibhausgasemissionen unterstrichen. Zudem wurden die Vertragsparteien aufgefordert, unverzüglich Anpassungsstrategien für die am stärksten betroffenen Sektoren – darunter Tourismus, Verkehr, Landwirtschaft und Forstwirtschaft – auszuarbeiten und der voraussichtlichen Zunahme der Bedrohung durch Naturgefahren durch geeignete Maßnahmen für das Risikomanagement zu begegnen (Alpenkonvention, 2006a).

In ihrem Bericht von 2005 hob die Europäische Umweltagentur EEA folgende entscheidende Vulnerabilitäten des Alpenraums gegenüber dem Klimawandel hervor:

- steigende Gefahr wirtschaftlicher Einbußen im Wintertourismus infolge wärmerer Winter und einer geringeren Schneedecke, vor allem in niedrigeren Lagen (z.B. unter 1 500 m);
- zunehmende Bedrohung von Siedlungen und Infrastrukturen durch Naturgefahren wie Sturzfluten, Lawinen, Erdrutsche, Steinschlag und Muren auf Grund heftiger Regen- und Schneefälle sowie eines Anstiegs der Schneegrenze;
- Veränderungen in der Biodiversität und der Stabilität der Ökosysteme, da viele alpine Pflanzenarten durch Grasflächen und Bäume verdrängt zu werden drohen, die infolge steigender Temperaturen weiter nach oben vordringen. Durch den Temperaturanstieg erhöht sich auch die Gefahr von Waldbränden;
- Veränderungen im Wasserhaushalt, wobei in von Gletscherwasser gespeisten Gewässern auf Grund des verstärkten Schmelzprozesses ein größeres Hochwasserrisiko besteht, während in von Regen gespeisten Becken infolge des voraussichtlichen Rückgangs der Sommerniederschläge Wasserknappheit drohen könnte;
- zunehmende Gefährdung der menschlichen Gesundheit und des Fremdenverkehrs durch Hitzewellen, Sturzfluten und eine stärkere Umweltverschmutzung bedingt durch den Anstieg des Verkehrsaufkommens und des Energieverbrauchs.

4. Schwerpunkte dieses Berichts

Die Untersuchung der Optionen, die sich für die Anpassung an den Klimawandel bieten, konzentriert sich auf die beiden wichtigsten im Bericht der EEA identifizierten Vulnerabilitäten, nämlich die zunehmende Gefahr wirtschaftlicher Einbußen im Wintertourismus infolge wärmerer Winter und die wachsende Bedrohung von Siedlungen und Infrastrukturen durch Naturgefahren, bei der der Klimawandel ebenfalls eine Rolle spielen könnte.

Wintertourismus und Naturgefahrenmanagement sind nicht nur für die Alpen von entscheidender Bedeutung, sondern sie sind auch Felder, in denen sich die Auswirkungen des Klimawandels zunehmend bemerkbar machen. Im Fall des Wintertourismus wurde auf den Anstieg der Schneegrenze und die Verkürzung der Wintersaison bereits mit einer Reihe von Ad-hoc-Anpassungsmaßnahmen seitens verschiedener Akteure reagiert, darunter insbesondere die Skiindustrie. Dies wirft heikle Fragen auf bezüglich der Kosten und potenziellen Externalitäten solcher autonomen Anpassungsmaßnahmen – die häufig vom privaten Sektor ausgehen – ebenso wie hinsichtlich ihrer Eignung und

der Grenzen, die ihnen angesichts künftiger Klimaänderungen gesetzt sind. Im Bereich der Naturgefahren und der Wetterextreme war unterdessen eine allgemeine Tendenz hin zu einer Zunahme der Schäden festzustellen, auch wenn die genauen Zusammenhänge zwischen dem Klimawandel und jeglichen Veränderungen der Häufigkeit solcher Naturereignisse oft unklar sind. Dabei stellt sich auch die Frage, ob und wie öffentliche Stellen, die auf nationaler, regionaler, departementaler, kantonaler oder lokaler Ebene für das Naturgefahrenmanagement zuständig sind, Klimarisiken berücksichtigen können. Dem privaten Sektor kommt dabei ebenfalls eine wichtige Rolle zu, vor allem der Versicherungsbranche.

Diese und ähnliche Fragen werden in den folgenden beiden Kapiteln eingehender untersucht: Kapitel 2 befasst sich mit dem Wintertourismus, wobei das Augenmerk auf Frankreich, die Schweiz, Österreich, Italien und Deutschland gerichtet wird; in Kapitel 3 geht es um die Naturgefahren, deren Problematik am Beispiel Frankreichs, der Schweiz und Österreichs untersucht wird.

Kapitel 2

Auswirkungen des Klimawandels und Anpassungen im Wintertourismus

von

Bruno Abegg, Shardul Agrawala, Florence Crick
und Anne de Montfalcon

Die Wintertourismusindustrie ist ein bedeutender Wirtschaftsfaktor in den Alpenländern. Das vorliegende Kapitel analysiert die Schneesicherheit der Alpenräume in Deutschland, Frankreich, Italien, Österreich und der Schweiz und befasst sich darüber hinaus mit einer eingehenden Untersuchung der Anpassungsmaßnahmen und ihrer Grenzen. Bei einem wärmeren Klima würde die Zahl der von Natur aus schneesicheren Gebiete deutlich sinken. Die Vulnerabilität der einzelnen Alpenregionen gegenüber dem Klimawandel ist sehr unterschiedlich. Die Wintertourismusindustrie hat auf die Konsequenzen der beobachteten Klimaveränderungen reagiert, wobei eine Reihe technologischer und verhaltensbezogener Anpassungsmaßnahmen in die Praxis umgesetzt wurde. Die Erzeugung von Kunstschnee ist nach wie vor die wichtigste Anpassungsstrategie. Sollte der Erwärmungstrend anhalten, werden Kunstschneeerzeugung und sonstige technische Maßnahmen aber vielleicht nicht ausreichen, um die Abnahme der Schneesicherheit zu verhindern. In manchen Regionen könnte sich ein Übergang zu nicht schneeabhängigen Wirtschaftsaktivitäten als notwendig erweisen. Staatliche Instanzen können beim Anpassungsprozess eine wichtige Rolle spielen, indem sie eine weitgehend autonome, von den Marktkräften ausgehende Anpassung beaufsichtigen und auch den Übergang für diejenigen erleichtern, die zu den „Verlierern" des Anpassungsprozesses zählen. Das vorliegende Kapitel befasst sich mit der Entwicklung in Deutschland, Frankreich, Italien, Österreich und der Schweiz.

Die Tourismusbranche in den Alpen erwirtschaftet einen Jahresumsatz von nahezu 50 Mrd. Euro und stellt dort 10-12% der Arbeitsplätze. Es gibt aber Unterschiede zwischen den Regionen, und die Tourismusaktivitäten konzentrieren sich auf nur 10% der Kommunen (EEA, 2005). Ursprünglich war die Sommersaison die Hauptquelle der Fremdenverkehrseinnahmen. Seit Anfang der siebziger Jahre stagniert der Sommertourismus jedoch, während der Wintertourismus deutlich zugenommen und einen Ausgleich hierfür geschaffen hat (Pechlaner und Tschurtschenthaler, 2003).

Es gibt in den Alpen über 600 Skistationen und 10 000 Skieinrichtungen (WWF Italia, 2006b). Die gefragtesten Wintersportziele in Europa sind Frankreich, die Schweiz, Österreich und Italien. Zusammengenommen vereinen diese vier Länder über 85% der Skifläche Europas auf sich[1]. Sie haben in starkem Umfang in die Wintersportindustrie investiert und eine Vielzahl von Skistationen und Infrastrukturen eingerichtet (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1 **Kennzahlen für die Skiindustrie in Frankreich, Österreich, der Schweiz und Italien**

Alpenland	Gesamtskigebiet des Landes (ha)	In % des europäischen Skigebiets	Anzahl der Skistationen und -zentren	Anzahl der Beförderungs-anlagen	Umsatz der Beförderungs-anlagen (Winter 2003/2004, Mio. Euro)	Skitage (Winter 2003/2004, Mio. Euro)
Frankreich	Über 118 000	30%	308	3 865	970	54.8
Österreich	79 000	19%	255	3 016	901	49.9
Schweiz	84 000	20%	230	1 672	588	28
Italien	75 000	18%	200	3 100	431	27

Quelle: Direction du Tourisme, 2004; Direction du Tourisme, 2005; WWF Italia, 2006b.

Die Wintertourismusindustrie ist ein bedeutender Wirtschaftsfaktor in diesen Ländern. In den Schweizer Alpen z.B. ist der Wintertourismus in vielen Gegenden die Haupteinnahmequelle und das Fundament für regionales Wirtschaftswachstum in diesen ländlichen Gebirgsräumen (König und Abegg, 1997; Bürki et al., 2005). In Österreich entfallen hierauf 4,5% des BIP und 50% der gesamten Fremdenverkehrseinnahmen (Breiling, 1998a; Breiling, 1998b). Allerdings gibt es in Österreich bei den Fremdenverkehrsströmen große regionale und lokale Unterschiede, wobei der Westteil der österreichischen Alpen das stärkste Tourismusvolumen aufweist (Breiling, 1998a). Im östlichen Teil ist die Wintersaison kürzer, und bei vielen Besuchern handelt es sich hier um Tagesurlauber, während die flachen Landschaften im Norden und Osten Österreichs keine Möglichkeiten für Schneetourismus bieten (Breiling und Charamza, 1999). Von allen vier Ländern verzeichnet Frankreich den größten Umsatz in der Wintersaison. Innerhalb Frankreichs stehen die französischen Alpen bei den Urlaubszielen für den Wintersport an erster Stelle. 77,5% der Wintersportübernachtungen und 73,9% der Wintersportferien in Frankreich konzentrieren sich auf die Alpen (Direction du Tourisme, 2004; 2006). Nähere Einzelheiten zu den regionalen Unterschieden im Wintertourismus in den französischen Alpen finden sich in Kasten 1.

1. Diese Zahl umfasst aber auch sämtliche anderen Gebirge in diesen Ländern.

Kasten 1 **Wintertourismus in den französischen Alpen**

Die Gebirgskette der französischen Alpen ist ein populäres Skiurlaubsziel, das Touristen ein weiträumiges Skigebiet und gut ausgestattete Skistationen bietet (vgl. Tabelle A).

Tabelle A **Bedeutung der Skiinfrastruktur in den französischen Alpen in der Saison 2003/2004**

Fläche (ha)	Anzahl der Skizonen	Anzahl der Skistationen/ -zentren	Anzahl der Skilifte	Gesamtfläche der Skizonen (ha)	Skipisten (Schätzung) (ha)	Kunstschnee-fläche (ha)
Nordalpen	147	136	2 186	85 890	16 572	2 339
Südalpen	62	59	721	29 800	4 223	883
Alpen insgesamt	209	195	2 907	115 690	20 795	3 222
In % des Gesamtwerts für Frankreich	64%	64%	75%	84%	83%	80%

Quelle: Direction du Tourisme, 2002; Direction du Tourisme, 2004.

In den französischen Alpen sind die Départements Savoie, Haute-Savoie und Hautes-Alpes die beliebtesten Wintersportregionen. Hierauf entfielen 2003/2004, wie Tabelle B veranschaulicht, 37%, 32% bzw. 14,5% der Winterübernachtungen in den Alpen (Direction du Tourisme, 2004).

Tabelle B **Anzahl der Winterübernachtungen in den sechs Départements der französischen Alpen in der Saison 2003/2004**

	Départements der französischen Alpen	Anzahl der Winter-übernachtungen in der Saison 2003/2004 (in Millionen)	In % aller Winter-übernachtungen in den Alpen
Nordalpen	Savoie	21.2	37%
	Haute-Savoie	18.1	32%
	Isère	4.7	8%
Südalpen	Hautes-Alpes	8.3	14.5%
	Alpes-Maritimes	2.5	4.4%
	Alpes-de-Haute-Provence	2.3	4%

Quelle: Auf der Basis von Angaben der Direction du Tourisme, 2004.

1. Der Effekt des Klimawandels auf die natürliche Schneesicherheit der alpinen Skigebiete

Die in diesem Abschnitt dargelegte Analyse bezieht sich auf die alpinen Gebiete Deutschlands, Frankreichs, Italiens, Österreichs und der Schweiz, wie sie in der Alpenkonvention definiert sind. Zur Beurteilung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Alpenskigebiete wurden für mehr als 750 Skigebiete in den fünf Ländern Daten über die Skistationen, wie z.B. Höhenbereich und Skipistenlänge, gesammelt. Aufgenommen wurden in diese Analyse aber nur Skigebiete, die eine Reihe spezifischer Kriterien[2] in Bezug auf Größe und Art des Betriebs erfüllen[3].

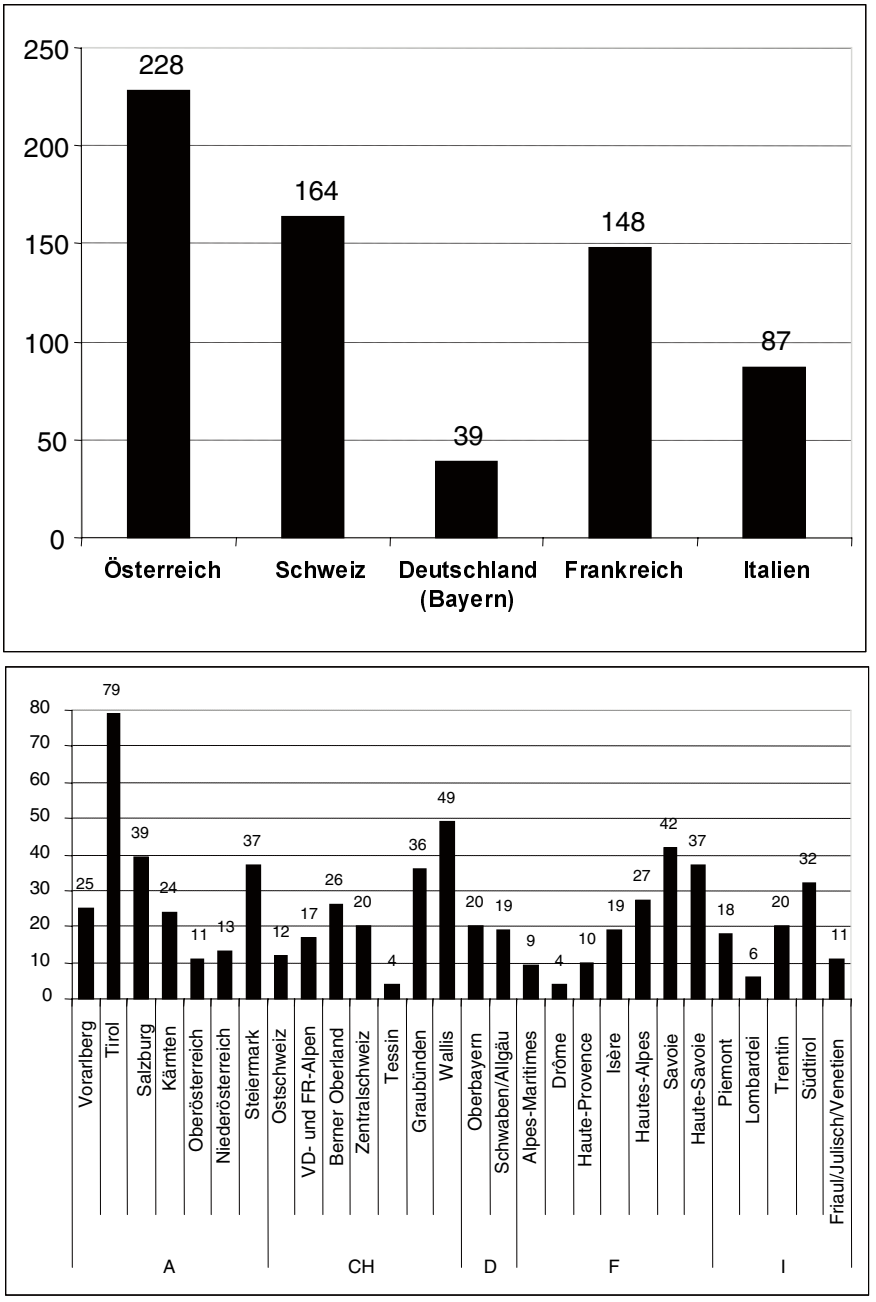
Auf der Basis dieser Kriterien wurden 666 Skigebiete in diese Studie aufgenommen. Die Zahl der Skigebiete pro Land und Region ist in Abbildung 3 aufgeschlüsselt. Die Klassifizierung der Regionen entspricht in den meisten Fällen den bestehenden politischen und administrativen Abgrenzungen[4]. Die durchschnittlichen Höhenausdehnungen zwischen dem tiefsten und höchsten Punkt des Skigebiets auf regionaler Ebene sind Abbildung 4 zu entnehmen.

1.1 Die 100-Tage-Regel und die Höhengrenze der natürlichen Schneesicherheit in den alpinen Skigebieten

In den meisten Skigebieten der Alpen beträgt die Dauer der Skisaison mindestens 120 Tage. Saisonbeginn ist gewöhnlich in der ersten Dezemberhälfte (einige kleinere Skigebiete eröffnen die Saison erst in der Woche vor Weihnachten) und Saisonende – unter Voraussetzung notwendiger Schneebedingungen – um Ostern bzw. Mitte April. Die drei Ferienperioden Weihnachten/Neujahr, die Schulferien im Februar oder im Frühjahr und Ostern sind auf Grund der starken Nachfrage und der in diesen relativ kurzen Zeiträumen erwirtschafteten hohen Einnahmen von entscheidender Bedeutung. Die finanzielle Überlebensfähigkeit der Wintertourismusindustrie hängt in großem Maße von

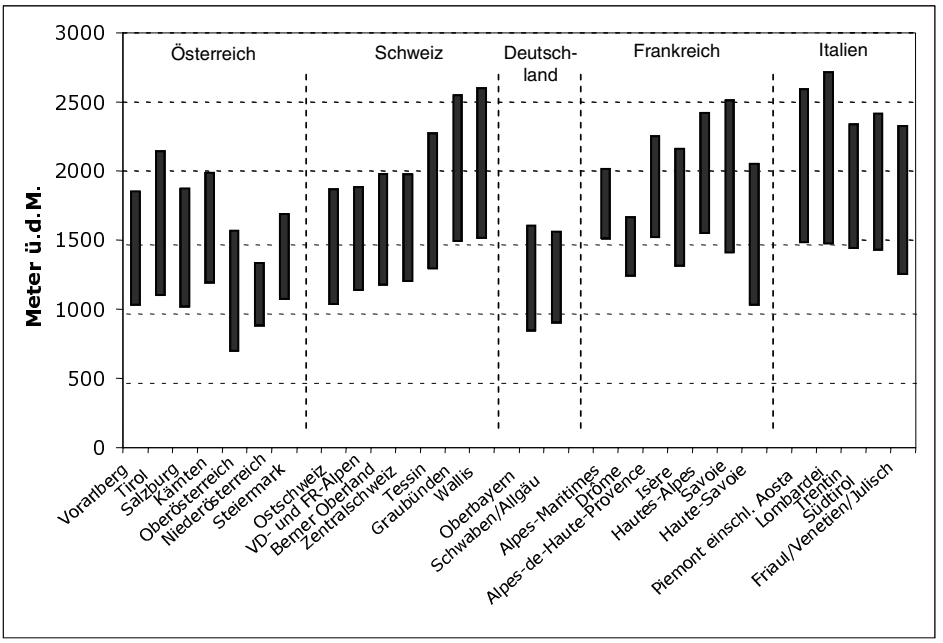
2. Nur mittlere und größere Skigebiete mit mindestens drei Beförderungsanlagen (z.B. Skilifte und Sesselbahnen, aber keine Kinderlifte) und mindestens 5 km Skipiste wurden berücksichtigt. Außerdem wurden in die Analyse nur Skigebiete mit durchgehendem Wintersportbetrieb während der Saison einbezogen (d.h. Gebiete mit bloßem Wochenend- und Ferienbetrieb blieben ausgeschlossen). Ferner wurden Skigebiete, die zum gleichen Wintersportzentrum/ Wintersportort gehören, sich aber auf entgegengesetzten Seiten des Tals befinden (und nicht miteinander verbunden sind) als getrennte Skigebiete betrachtet. Miteinander verbundene Skigebiete mit getrennten Zugängen und Pisten und/oder individueller Preispolitik wurden ebenfalls getrennt gezählt.
3. Für Italien finden sich zusätzliche Informationen zu einzelnen Skistationen in einem Hintergrunddokument unter *www.oecd.org/env/cc/alps.*
4. *Bundesländer* in Österreich; *Départements* in Frankreich; *Regierungsbezirke* in Schwaben (Allgäu) und Oberbayern in Deutschland; *Regioni* wie Piemont und Lombardei in Italien [die Provinzen von Bozen (Südtirol) und Trient (Trentin) wurden aber getrennt gezählt]; und die traditionellen Fremdenverkehrsregionen in der Schweiz, wie die VD- und FR-Alpen (Alpenräume der Kantone Waadt und Freiburg), Wallis (Kanton Wallis), Berner Oberland (Kanton Bern), Zentralschweiz (Kantone Luzern, Obwalden, Nidwalden, Schwyz und Uri), Ostschweiz (Kantone Appenzell, Glarus und St. Gallen sowie das Fürstentum von Liechtenstein), Graubünden (Kanton Graubünden) und Tessin (Kanton Tessin).

Abbildung 3 **Anzahl der Skigebiete nach Ländern (oben) und Regionen (unten)**



Anmerkung: A = Österreich; CH = Schweiz; D = Deutschland; F = Frankreich; I = Italien.

Abbildung 4 **Mittlere Höhenausdehnung der alpinen Skigebiete auf regionaler Ebene**



Quelle: Skigebietsdaten für Deutschland, Schweiz und Italien: DSV-Atlas Skiwinter 2005, Skigebietsbroschüren (Winter 2005/2006) und Websites von Skigebieten. Daten für Österreich: Bergfex-Website. Daten für Frankreich: Ski-Websites der Alpes-de-Haute-Provence, Alpes-Maritimes, Drôme und Isère sowie Wintertourismusbroschüren für Hautes-Alpes, Savoie und Haute-Savoie.

günstigen Schneeverhältnissen und der Schneesicherheit der Skigebiete ab. In der Tat ist eine gewisse Schneemenge unerlässlich, um die Pisten zu präparieren, den Boden zu schützen, einen sicheren Skibetrieb zu gewährleisten und den Skifahrern angenehme Skierlebnisse zu ermöglichen. Die Mindestschneehöhe – von der technischen Warte aus betrachtet (die Skifahrer können da anderer Meinung sein) – hängt von der Art der Pisten ab. Generell gilt eine Schneehöhe von 30 cm als ausreichend, 50 cm als gut und 75 cm als ausgezeichnet (Witmer, 1986). Auf steinigen/felsigen Pisten in höheren Lagen dürfte für die Befahrbarkeit eine sehr viel größere Schneehöhe (von bis zu 1 m) notwendig sein.

Den Projektionen zufolge wird die Schneedecke in den Alpen unter dem Einfluss des Klimawandels zurückgehen, was wiederum Auswirkungen auf die natürliche Schneesicherheit der Alpenregion haben wird. Für die Untersuchung der Effekte des Klimawandels auf die Wintertourismusindustrie in den Alpen ist es daher wichtig, den Begriff „natürliche Schneesicherheit" zu definieren. Es sind unterschiedliche Kriterien für die Beurteilung der natürlichen Schneesicherheit von Skigebieten erörtert worden (wegen eines Überblicks vgl. Abegg, 1996). Die sogenannte 100-Tage-Regel, die erstmals von Witmer (1986) vorgeschlagen wurde, fasst die wichtigsten Punkte der diesbezüglichen Studien zusammen. Sie besagt, dass der erfolgreiche Betrieb eines Skigebiets nur gewährleistet ist, wenn an mindestens 100 Tagen der Saison eine für den Skisport ausreichende Schneedecke vorhanden ist. Die 100-Tage-Regel ist kein strikter

Maßstab, sie dient vielmehr als Arbeitsinstrument und wird von zahlreichen Betreibern großer Skigebiete in der Schweiz anerkannt (Pfund, 1993; Abegg, 1996).

In der Schweiz sind die Kriterien für die 100-Tage-Regel (Mindestschneehöhe von 30 cm) nach Feststellungen von Föhn (1990) sowie Laternser und Schneebeli (2003) derzeit nur in Skigebieten in einer Höhe von über 1 200-1 300 m über dem Meeresspiegel erfüllt. Eine Vorbedingung für einen erfolgreichen Skibetrieb in der Schweiz unter den derzeitigen klimatischen Verhältnissen ist daher eine Mindesthöhe von 1 200 m. Diese Höhe wird als Schneesicherheitsgrenze angesehen.

Auf Grund der großen klimatischen Unterschiede in den verschiedenen Teilen der Alpen schwankt diese natürliche Schneesicherheitsgrenze im Alpenbogen. In kälteren Regionen ist die natürliche Schneesicherheit im Vergleich zu wärmeren Gebieten bereits in niedrigeren Höhenlagen erreicht. Wielke et al. (2004), die die Schneedeckendauer in den Alpen verglichen haben, stellten in der Schweiz und in Österreich ähnliche Strukturen fest, nur dass sich die vergleichbaren Merkmale in der Schweiz etwa 150 m höher befanden als in Ostösterreich, was auf einen Übergang von einem atlantischen See- zu einem mehr kontinentalen Klima hindeutet. Um den Effekt der Kontinentalität einzubeziehen (kältere Winter in den östlicheren Teilen der Alpen), wurde die Untergrenze der natürlichen Schneesicherheit im Vergleich zu dem Wert für die Schweiz um 150 m herabgesenkt (d.h. 1 050 m für Ostösterreich gegenüber 1 200 m für Westösterreich und die Schweiz). Gleichzeitig wurde in den vom warmen Mittelmeerklima beeinflussten Alpenregionen die Schneesicherheitsgrenze um 300 m angehoben, um diese Region von den nördlicheren (unter dem Einfluss des kühleren atlantischen Seeklimas stehenden) Teilen der Alpen abzugrenzen (Witmer, 1986; Matulla et al. 2005; Martin et al., 1994). Dementsprechend liegt die Grenze für die natürliche Schneesicherheit unter Anwendung der 100-Tage-Regel in den hier untersuchten Skigebieten bei den in Tabelle 2 dargelegten Werten.

Tabelle 2 **Höhe der natürlichen Schneesicherheitsgrenze für die Alpenregionen der fünf hier untersuchten Länder**

Höhe der natürlichen Schneesicherheitsgrenze	Frankreich	Schweiz	Österreich	Italien	Deutschland
1 050 m			• Salzburg • Steiermark • Oberösterreich • Niederösterreich		• Oberbayern
1 200 m	• Isère • Savoie • Haute-Savoie	• VD- und FR-Alpen • Wallis • Berner Oberland • Zentralschweiz • Ostschweiz • Graubünden	•Vorarlberg • Tirol • Kärnten (unter der Annahme, dass der „positive“ Effekt der Kontinentalität durch den „negativen“ Effekt der südlichen Breitenlage kompensiert wird)		• Schwaben
1 500 m	• Drôme • Hautes-Alpes • Alpes-de-Haute-Provence • Alpes-Maritimes	• Tessin		• Piemont • Lombardei • Südtirol • Friaul/Julisch/Venetien • Trentin	

1.2 Schneesicherheit in den alpinen Skigebieten der Alpen unter den gegenwärtigen und künftigen klimatischen Bedingungen

In einem wärmeren Klima werden die Schneegrenze wie auch die Untergrenze der natürlichen Schneesicherheit Schätzungen zufolge bei einer Erwärmung um je 1°C um 150 m steigen (Föhn, 1990; sowie Haeberli und Beniston, 1998). So betrachtet könnte der Klimawandel bei einer Erwärmung um 1°C, 2°C und 4°C jeweils einen Anstieg der Schneesicherheitsgrenze um 150 m, 300 m bzw. 600 m nach sich ziehen. Anhand dieser Information lässt sich nun eine Verknüpfung zwischen dem Konzept der natürlichen Schneesicherheit (100-Tage-Regel) und dem projizierten Klimawandel herstellen. Hieraus ergeben sich drei unterschiedliche Datenreihen für die Schwellenwerte unter derzeitigen und künftigen Bedingungen:

1. In Regionen, in denen die Untergrenze der natürlichen Schneesicherheit derzeit bei 1 050 m liegt, wird sie bei einer Erwärmung um 1°C, 2°C und 4°C auf 1 200 m, 1 350 m bzw. 1 650 m steigen;

2. in Regionen, in denen die Untergrenze der natürlichen Schneesicherheit derzeit bei 1 200 m liegt, wird sie sich auf 1 350 m (1°C), 1 500 m (2°C) und 1 800m (4°C) erhöhen;

3. in Regionen, in denen die Untergrenze der natürlichen Schneesicherheit derzeit bei 1 500 m liegt, wird sie auf eine noch größere Höhe steigen, d.h. 1 650 m (1°C), 1 800 m (2°C) und 2 100m (4°C).

In dieser Analyse gilt ein bestimmtes Skigebiet als natürlich schneesicher, wenn die obere Hälfte seiner Höhenausdehnung den Schwellenwert für die natürliche Schneesicherheit überschreitet. Diese Hypothese stützt sich auf die Tatsache, dass der Großteil der Skiaktivitäten generell in den höheren Teilen des Skigebiets stattfindet. Die meisten Skigebietsbetreiber bieten mit Sesselbahnen, Gondelbahnen usw. bodenunabhängigen Zugang zu diesen höher gelegenen Gebieten, um den Skibetrieb selbst bei Schneemangel in der Basisstation aufrechterhalten zu können.

Die Grenze für die natürliche Schneesicherheit ist ein nützliches Instrument, um Tendenzen und Muster bei der geographischen Verteilung der natürlich schneesicheren Skigebiete zu ermitteln. Wenn jedoch ein einzelnes Skigebiet genauer analysiert werden soll, müssen zusätzliche lokale Faktoren berücksichtigt werden, um der komplexen klimatischen, topographischen und wirtschaftlichen Realität eines jeden Gebiets Rechnung zu tragen. Witmer (1986) hat beispielsweise eine detaillierte Analyse der Schneehöhe in Abhängigkeit von der Ausrichtung der Pisten durchgeführt: Ende März ist die Schneedecke auf einem 20° steilen Nordhang doppelt so hoch wie auf einer horizontalen Fläche, auf einem 20° steilen Südhang hingegen erreicht sie nur 30% der Höhe der horizontalen Fläche. Die nachstehend dargelegten Ergebnisse sollen generelle Muster wiedergeben, sie tragen stationsspezifischen Merkmalen nicht Rechnung.

1.2.1 Ergebnisse auf nationaler Ebene

Bei den derzeitigen klimatischen Verhältnissen gelten 609 der 666 alpinen Skigebiete (bzw. 91%) als von Natur aus schneesicher (vgl. Tabelle 3 und Anhang 1 wegen näherer Einzelheiten). Die übrigen 9% werden bereits unter Grenzbedingungen betrieben.

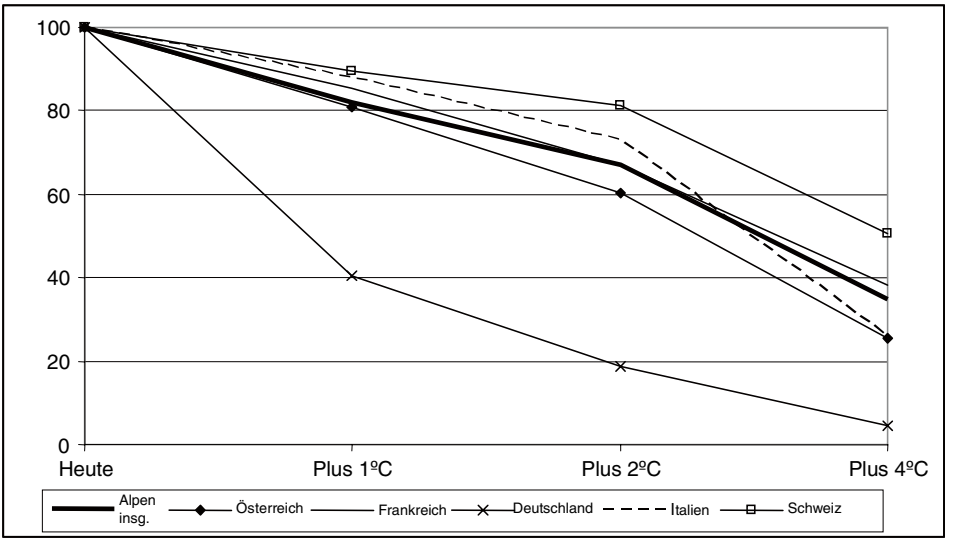
Tabelle 3 **Derzeitige und künftige natürliche Schneesicherheit der Alpenskigebiete auf nationaler Ebene**

Land	Anzahl der Skigebiete	Schneesicherheit unter gegenwärtigen Bedingungen	+ 1°C	+ 2°C	+ 4°C
Österreich	228	199	153	115	47
Schweiz	164	159	142	129	78
Deutschland	39	27	11	5	1
Frankreich	148	143	123	96	55
Italien	87	81	71	59	21
Insgesamt	666	609	500	404	202

Im Kontext des künftigen Klimawandels könnte die Zahl der natürlich schneesicheren Skigebiete in den Alpen bei einer Erwärmung um 1°C auf 500 zurückgehen (75% der derzeit existierenden alpinen Skigebiete), bei einem Temperaturanstieg um 2°C auf 404 (61%) und bei einer Klimaerwärmung um 4°C auf 202 (30%).

Veränderungen in der Höhengrenze für die natürliche Schneesicherheit wirken sich in den Skigebieten der Alpenländer recht unterschiedlich aus (vgl. Abb. 5). Am stärksten wäre Deutschland betroffen, wo eine Erwärmung um 1°C zu einer Abnahme der Zahl der natürlich schneesicheren Skigebiete um 60% führen könnte. Österreich liegt geringfügig unter dem Durchschnitt (d.h. ist etwas anfälliger als die alpinen Skigebiete in ihrer Gesamtheit), Frankreich liegt im und Italien geringfügig über dem Durchschnitt, zumin-

Abbildung 5 **Vulnerabilität der alpinen Skigebiete gegenüber Veränderungen der natürlichen Schneesicherheitsgrenze**
(In Prozent, 100 = heutige natürliche Schneesicherheit der Skigebiete)



dest bis zu einem Anstieg der Schneesicherheitsgrenze um 300 m (+2°C bis zum Jahr 2050). Am wenigsten von allen fünf Ländern würde die Schweiz in Mitleidenschaft gezogen, hier liegt der Prozentsatz der natürlich schneesicheren Skigebiete durchweg über dem Alpendurchschnitt.

1.2.2 Ergebnisse auf subnationaler (regionaler) Ebene

Besseren Aufschluss über die Folgen des Klimawandels für den Wintertourismus liefert eine Untersuchung der regionalen Ergebnisse, die weiter unten erörtert werden und in Abbildung 6 sowie in Anhang 1 dargestellt sind.

Österreich

Mit dem Klimawandel wird die natürliche Schneesicherheit der österreichischen Skigebiete deutlich abnehmen. Zurückzuführen ist dies hauptsächlich auf die niedrige Höhenlage der Skigebiete (vgl. Abb. 4). In vielen österreichischen Skigebieten befindet sich die Basisstation in geringer Höhenlage. Beispielsweise liegen die weltberühmten Wintersportorte Schladming und Kitzbühl nur 745 bzw. 800 m über dem Meeresspiegel. Die geringe Höhe vieler österreichischer Gebirgsketten macht einen Skibetrieb in höheren Lagen unmöglich. Der negative Effekt dieser – z.B. im Vergleich zur Schweiz – relativ niedrigen Höhenlage wird durch das kühlere, stärker kontinentale Klima Österreichs nicht kompensiert.

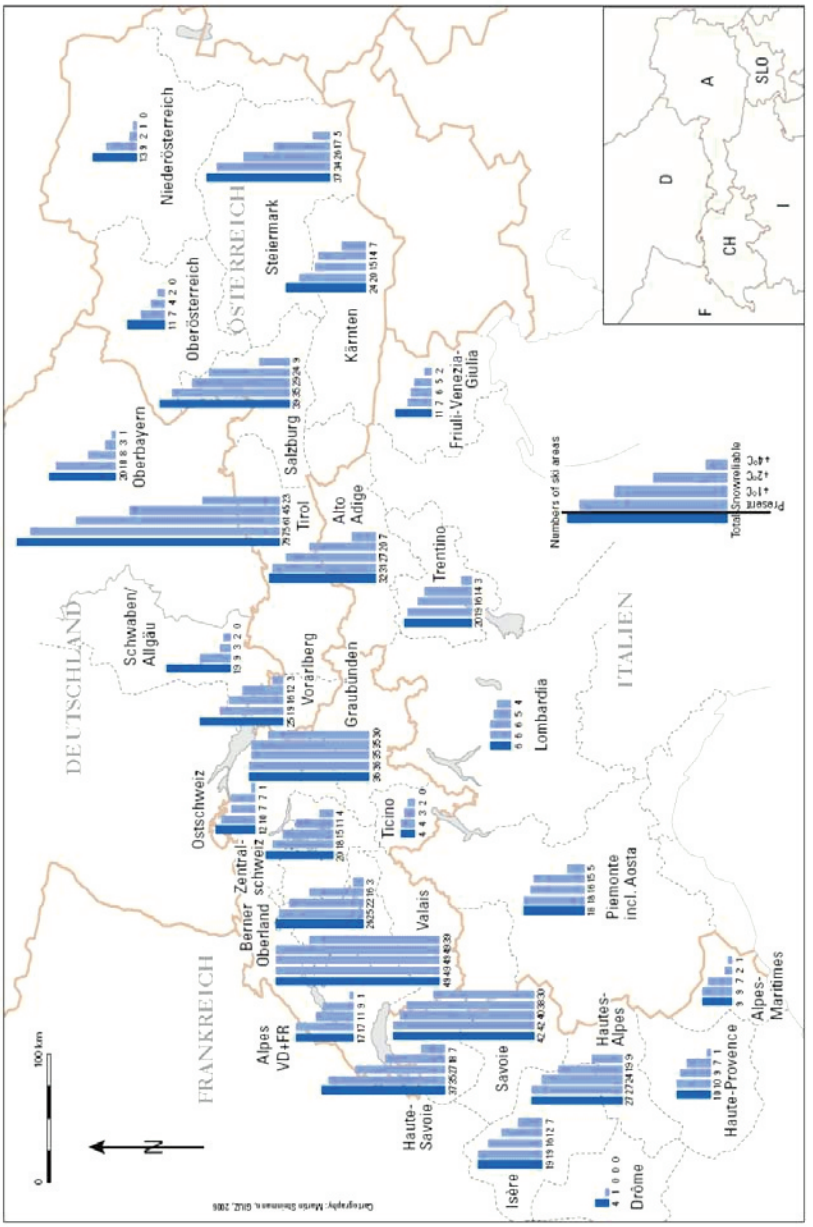
Bei einem Anstieg der Schneesicherheitsgrenze um 300 m (+2°C bis 2050) würde die Zahl der natürlich schneesicheren Skigebiete in Österreich auf zwischen 8% (Niederösterreich) und 62% (Salzburg) des gegenwärtigen Niveaus sinken. Es besteht also ein großer Unterschied zwischen den am stärksten und den am wenigsten anfälligen Regionen in Österreich. Die nordöstlichen Bundesländer Niederösterreich und Oberösterreich werden am stärksten betroffen sein, während etwa 50% der Skigebiete in anderen Regionen natürlich schneesicher bleiben könnten.

Schweiz

Wie bereits ausgeführt, werden die Schweizer Skigebiete in den Alpen am wenigsten betroffen sein. Auf regionaler Ebene gibt es aber erhebliche Unterschiede. Die überwiegende Mehrzahl der Skigebiete in Graubünden und Wallis würde selbst bei einem Anstieg der Schneesicherheitsgrenze um 600 m (Erwärmung um 4°C bis 2100) ihre natürliche Schneesicherheit behalten (83% bzw. 80%). Alle anderen Regionen der Schweiz wären sehr viel stärker betroffen, hier würden bei einem Anstieg der Höhengrenze um 300 m (+2°C bis 2050) etwas mehr als 50% der Skigebiete schneesicher bleiben.

Die in diesem Bericht dargelegten Ergebnisse weichen geringfügig von den Resultaten früherer Studien zur Schneesicherheit in der Schweiz ab (vgl. Abegg, 1996; und Bürki, 2000). Auf Grund der in dieser Analyse verwendeten Kriterien blieben die niedrig gelegenen Skigebiete im Juragebirge ausgeschlossen. Außerdem wurden nur Skigebiete mit mindestens drei Beförderungsanlagen und 5 km Skipisten berücksichtigt. Mit diesen neuen Kriterien verringerte sich die Zahl der analysierten Skigebiete, und die betrachteten Gebiete befinden sich größtenteils in höheren Lagen, wo sie entsprechend weniger stark Veränderungen der Schneesicherheitsgrenze unterliegen.

Abbildung 6 **Schneesicherheit der alpinen Skigebiete unter gegenwärtigen Bedingungen sowie bei einer Erwärmung um 1°C, 2°C und 4°C**



Anmerkung: A = Österreich; CH = Schweiz; D = Deutschland; F = Frankreich; I = Italien, SLO = Slowenien.

Deutschland

In Deutschland werden die niedrig gelegenen Skigebiete in Bayern stark betroffen sein, selbst bei einem geringfügigen Anstieg der Untergrenze für die natürliche Schneesicherheit (vgl. Abb. 6 und Anhang 1). Erhebliche Unterschiede gibt es beim prozentualen Anteil der natürlich schneesicheren Skigebiete zwischen Schwaben und Oberbayern, der unter den derzeitigen Bedingungen bei 47% bzw. 90% und im Szenario einer Temperaturerwärmung um 1°C bei 16% bzw. 40% liegt. Nach der von Matulla et al. (2005) erstellten regionalen Klimaklassifikation für die Alpen gehört Schwaben zur Klimaregion Nordwest-Südwest und Oberbayern zur Klimaregion Nordost-Ost. So erklärt sich die Differenz bei den Prozentsätzen aus unterschiedlichen Veränderungen der Schneesicherheitsgrenze. Im Szenario einer Erwärmung um 2°C und einem Anstieg der Höhengrenze für die natürliche Schneesicherheit um 300 m würde der Prozentsatz der schneesicheren Skigebiete jedoch für Oberbayern auf 15% und Schwaben auf 11% sinken, so dass zwischen den beiden Unterregionen kaum noch Unterschiede auszumachen wären. Im Allgemeinen bietet die Höhe der bayrischen Alpen kaum Möglichkeiten für den Skibetrieb in höheren Lagen, was die bayrischen Skigebiete gegenüber Veränderungen der Schneesicherheitsgrenze sehr anfällig macht.

Frankreich

In Frankreich findet der Skibetrieb in vielen Skigebieten in recht großen Höhenlagen statt (vgl. Abb. 4). Zurückzuführen ist dies auf die Existenz von hohen Gebirgszügen mit ausgebautem Zugang (z.B. Mont-Blanc-Massiv) und von allein für den Skisport eingerichteten Retortenstationen, für die der französische Skitourismus bekannt ist. Skigebiete dieser Art wie Alpes d'Huez, La Plagne, Les Arcs, Tignes und Val Thorens liegen gewöhnlich relativ hoch über den historisch gewachsenen Orten (während solche Orte in Österreich, Deutschland und der Schweiz den Kern der meisten Skigebiete bilden) und manchmal sogar über der Baumgrenze.

Bei einem Anstieg der Schneesicherheitsgrenze um 300 m (+2°C bis 2050) würde sich die Zahl der natürlich schneesicheren Skigebiete in den Départements Savoie, Hautes-Alpes und Alpes-de-Haute-Provence (d.h. den Skigebieten mit der größten Höhenausdehnung) nur auf etwa 80% des derzeitigen Gesamtniveaus verringern. Sollte sich die Grenze jedoch um 600 m erhöhen (+4°C bis 2100) würde die Zahl der natürlich schneesicheren Skigebiete in der Savoie auf 71%, den Hautes-Alpes auf 33% und den Alpes-de-Haute-Provence auf 10% sinken. Die Départements Alpes-Maritimes im Süden sowie Isère und Drôme im Westen sind gegenüber Veränderungen der Höhengrenze für die natürliche Schneesicherheit anfälliger. Das Gleiche gilt für die Haute-Savoie, wo es eine große Zahl von Skigebieten in niedrigeren Höhenlagen gibt.

Italien

Die italienischen Skigebiete liegen im Allgemeinen sehr hoch (vgl. Abb. 4). Dies erklärt sich nicht nur aus dem Zugang zu hohen Alpenstationen, insbesondere im Nordwesten, wo sich mit dem Mont Blanc und dem Monte Rosa die höchsten Alpenmassive befinden, sondern auch aus der recht hohen Lage der Basisstationen in vielen Skigebieten. Wie in Frankreich gibt es eine ganze Reihe von Skigebieten, die von hoch gelegenen

Basisdörfern bzw. speziell für den Wintersport eingerichteten Skiorten ausgehen, wovon Sestriere der bekannteste ist.

Die große Höhenlage der Skigebiete sorgt für einen recht hohen Grad an natürlicher Schneesicherheit. Bei einem Anstieg der Schneesicherheitsgrenze um 300 m (+2°C bis 2050) würde der Prozentsatz der natürlich schneesicheren Skigebiete in den italienischen Alpen auf 68% sinken. Indessen nimmt die natürliche Schneesicherheit von Westen nach Osten allmählich ab (vgl. Abb. 6 und Anhang 1), wobei die Skigebiete im Piemont (insbesondere im Aostatal) und in der Lombardei die schneesichersten sind (83% für beide Regionen), gefolgt von Trentin (70%) und Südtirol (63%). In Friaul-Julisch-Venetien sind die Skigebiete anfälliger, hier ist die Schneesicherheit bei einem Anstieg der Höhengrenze um 300 m in 45% der Skigebiete nicht mehr gewährleistet.

2. Anpassungsmaßnahmen: technologische Optionen

Die Fremdenverkehrsbranche und Skigebietsbetreiber sehen den Folgen des Klimawandels nicht untätig entgegen. Sie ergreifen bereits jetzt Anpassungsmaßnahmen, um dem Klimawandel begegnen zu können (Bürki et al., 2005). Sie wissen, dass die Skiindustrie sehr stark von den Schneebedingungen abhängig ist und schneearme Winter für sie eine Gefahr darstellen. Die von den Skigebietsbetreibern gewählten Anpassungsstrategien lassen sich in zwei große Kategorien unterteilen: technologische Maßnahmen und verhaltensbezogene Maßnahmen. Bisher scheint die Tourismusbranche in den Alpen technologische Anpassungen zu bevorzugen. Hierbei sind im Wesentlichen vier Formen zu unterscheiden: Geländeeingriffe und Pistenerstellung, Ausweichen in höhere Lagen und auf Nordhänge, Gletscherski und künstliche Schneeerzeugung.

2.1 Geländeeingriffe und Pistenerstellung

Bei dieser Strategie geht es um Geländeeingriffe in großen Skigebieten (z.B. Pistenplanierung, Schaffung von schattigen Zonen) und die Pisteneingrenzung bzw. -glättung in kleineren Skigebieten (z.B. Glättung unebener und buckeliger Oberflächen sowie die Beseitigung von Hindernissen wie Steinen und Sträuchern). Ziel ist es, die für den Skibetrieb notwendige Schneehöhe zu reduzieren, was gleichzeitig auch eine Verringerung der die für die künstliche Beschneiung notwendigen Schneemenge ermöglicht. Im Rahmen dieser Strategie können auch zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden, wie das Einrichten von Schneezäunen, um das Wegwehen von Neuschnee zu verhindern und diesen aufzufangen (*„snow farming“*), Anpflanzung oder Erhalt von Bäumen zur teilweisen Beschattung der Skipisten, sowie die Drainage von Feuchtgebieten, um eine frühe Schneeakkumulation zu begünstigen und eine frühe Schneeschmelze zu verhindern. Darüber hinaus werden verschiedene Strategien eingesetzt, um die Dauer der Schneebedeckung auf den Pisten zu verlängern. So sind windgeschützte Skipisten z.B. 15 Tage länger skitauglich, durch beschattete Zonen kann die Nutzungsdauer um 30 Tage verlängert werden, und durch tägliche Pflege und Säuberung der Pisten im Winter können dank höherem Albedo-Wert des Schnees 7 Tage gewonnen werden (sauberere Schneeflächen können einen Albedo-Wert von bis zu 90% aufweisen, während dieser bei schmutzigen Schneeflächen 47% beträgt).

In Bayern sind 27% des Skigebiets (999 von 3 665 Hektar) durch Geländeeingriffe und Pistenerstellung baulich verändert worden (Dietmann und Kohler, 2005). Auf 75% der Fläche wurden Planierungen (751 Hektar) und auf 15% Rodungen (152 Hektar) durchgeführt. Diese Baumaßnahmen scheinen die Anfälligkeit der Region gegenüber Erosion erhöht zu haben, da 63% aller Erosionsschäden auf baulich veränderten Flächen anzutreffen sind. Wie dieses Beispiel veranschaulicht, müssen die Auswirkungen von Geländeeingriffen und Pistenerstellung auf die Ökologie der Alpen berücksichtigt werden. Die Baumaßnahmen haben, vor allem bei Einsatz von Pistenraupen, starke Auswirkungen auf die Alpenvegetation. Beim Bulldozer-Planieren werden Vegetation und obere Bodendecke stark beschädigt oder sogar ganz abgetragen. Wipf et al. (2005), die präparierte und nicht präparierte Pisten untersucht haben, kamen zu der Schlussfolgerung, dass die Vegetation auf präparierten Pisten sehr ausgeprägt reagiert. Ihren Beobachtungen zufolge weisen mechanisch präparierte Skipisten höhere Indikatorwerte für Nährstoffe und Lichtzahl, aber eine geringere Vegetationsdecke, Pflanzenproduktivität und Artenvielfalt sowie ein weniger reichliches Vorkommen an Frühblühern und Holzpflanzen auf. Der Anteil vegetationsloser Stellen – die verstärktem Oberflächenabfluss und Erosion bei heftigen Regenfällen Vorschub leisten – war auf planierten Pisten nahezu fünfmal so groß wie auf nicht planierten Pisten, blieb aber von Rekultivierungsmaßnahmen (Aussaaten) unberührt und veränderte sich auch mit größerem Zeitabstand zur Pistenplanierung nicht. Eine Wiederbepflanzung gestaltet sich vor allem in höheren Lagen daher sehr schwierig (vgl. auch Urbanska, 1997). Laut Wipf et al. (2005) ist die „maschinelle Pistenpräparierung eine besonders schädliche Aktivität, deren Folgen in höheren Lagen noch gravierender und nachhaltiger sind".

Der Einsatz von Pistenraupen hat auch negative Auswirkungen auf die Attraktivität der Alpennatur. Dies kann für den Sommertourismus von Nachteil sein, da Wanderer wohl keine derart veränderten Landschaften besuchen wollen. In der Schweiz beispielsweise unterliegt der Einsatz von Pistenraupen einer Umweltverträglichkeitsprüfung (Eidgenössisches Departement des Innern, EDI, 1991). Es gab aber bereits Fälle von illegalem Bulldozer-Einsatz, die den Zorn von Umweltschutzgruppen hervorgerufen haben.

2.2 Ausweichen in höhere Lagen und Nordorientierung

Ziel dieser Strategie ist es, den Skibetrieb auf Gebiete mit klimatischen Vorteilen zu konzentrieren. Hierbei bieten sich verschiedene Optionen:

- Einrichtung von Pisten an Nordhängen, wo der Schnee länger liegen bleibt;
- Verlagerung des Skibetriebs in den oberen Teil bestehender Skigebiete, um die Höhenausdehnung optimal zu nutzen;
- Ausdehnung bestehender Skigebiete auf höhere Lagen mit Gletschern, wo die Schneedecke im Allgemeinen sicherer ist und die Skisaison von längerer Dauer sein kann;
- Erschließung neuer Skigebiete in höheren Lagen mit Gletschern.

In den vergangenen zwanzig Jahren sind viele Skilifte (T-Bügel-Lifte) durch Sessellifte ersetzt worden. Der deutsche Begriff „bodenunabhängige Transportanlagen" beschreibt den Vorteil von Sesselliften gegenüber Schleppliften sehr gut. Während für die Nutzung von Schleppliften Schnee am Boden notwendig ist, können Sessellifte (oder Gondelbahnen) Zugang zu höher gelegenen Gebieten ermöglichen, selbst wenn auf dem

Boden kein Schnee liegt. Wenn es am Fuß der Station an Schnee mangelt, müssen die Skifahrer in höher gelegene Gebiete befördert werden, wo hinreichend Schnee zum Skifahren liegt. Die Schlepplifte sind aber auch aus anderen Gründen durch Sessellifte ersetzt worden, die mit den höheren Sicherheitsstandards, dem größeren Fassungsvermögen und dem besseren Komfort (insbesondere für Snowboardfahrer) zusammenhängen.

Im Jahr 2001 erfasste die Internationale Alpenschutzkommission (CIPRA) 155 Projekte für Skigebietserweiterung in den Alpen (für die Schweiz vgl. auch Mathis et al., 2003). Zwei Jahre später waren 12 Projekte abgeschlossen, 26 bewilligt, 63 konkret geplant und 54 konnten immer noch als Zukunftsvision betrachtet werden. Außerdem gab es Pläne zur Verbindung bestehender Skigebiete (48 Projekte) sowie zur Neuerschließung von Gebieten in zuvor noch unberührten Gegenden (26 Projekte) (CIPRA, 2003). Diese Projekte variieren im Hinblick auf Größe, Planungsstatus und wirtschaftliche Durchführbarkeit und mithin ihre Realisierungschancen. Einige Projekte werden wohl nie zustande kommen. Die hinter den Projekten stehenden Ideen – ob diese nun verwirklicht werden oder nicht – sind jedoch allesamt Ausdruck eines Trends zu größeren und mehr Schneesicherheit garantierenden Skigebieten. Ein Beispiel aus der Schweiz veranschaulicht, welche Art von Projekten in Zukunft in Angriff genommen werden könnte. Dieses noch nicht genehmigte Projekt heißt „Savognin 1900“, wobei sich 1 900 auf die Höhenlage bezieht. Geplant ist das neue Resort in einem Hochtal, 11 km entfernt von Savognin im Kanton Graubünden. Das Resort würde 500 Ferienwohnungen, 1 200 Hotelbetten und 1 500 Parkplätze bieten. Außerdem würde das bestehende Skigebiet von Savognin um ein Drittel erweitert und würde auch den Piz Mez in einer Höhe von 2 718 m umfassen. Die geschätzten Kosten für das Projekt belaufen sich auf 130 Mio. sfr. Sollte das Projekt zustande kommen, wäre dies eine radikale Abkehr von dem traditionellen Schweizer Skidorf. Als Hauptargument für die Förderung des Projekts wird der Klimawandel angeführt: „Der Gast will vom Hotelzimmer aus direkt auf die Skipiste, heute ebenso wie in dreißig Jahren, wenn die Schneegrenze wegen der Klimaentwicklung höher liegt ...“ (Leutwyler, 2006).

Allerdings stößt diese Strategie des Ausweichens in höhere Lagen und auf Nordhänge auf einige Hindernisse:

- Skifahrer wollen Schneesicherheit, ziehen aber sonnige Abfahrten schattigen Pisten an den Nordhängen vor.
- Für zahlreiche Skigebietsbetreiber ist dies keine hinreichende Strategie für eine erfolgreiche Bewältigung der sich wandelnden Klimabedingungen, da die Höhenausdehnung ihrer Skigebiete sehr gering (und nicht erweiterungsfähig) ist.
- Selbst in Fällen, in denen eine Ausdehnung des Skigebiets auf höhere Lagen möglich ist, kann es weitere Hindernisse geben. In den Klimawandelszenarien wird von nasseren Wintern ausgegangen, was stärkeren Schneefall in höheren Lagen bedeutet. Das dürfte die höher gelegenen Skigebiete zwar noch schneesicherer machen, zu viel Schnee könnte aber das künftige Problem für diese Gebiete sein, da der zusätzliche Schnee die Lawinengefahr erhöhen dürfte. Skigebiete in höheren Lagen sind auch Sturmböen ausgesetzt. Diese beiden Phänomene können zu Störungen oder Unterbrechungen des Skibetriebs führen.

- Aus ökonomischer Sicht ist die Ausdehnung bestehender Skigebiete auf höhere Lagen kostspielig. Nach einer Studie von Mathis et al. (2003) über die geplanten touristischen Neuerschließungen in der Schweiz würden die Erweiterungen in Richtung Hochgebirge zwischen 40 und 49 Mio. sfr kosten.
- Die Ökosysteme in höheren Lagen sind besonders sensibel, und jegliche Initiativen zur Verlagerung von Skigebieten in diese Lebensräume werden bei der Bevölkerung und bei Umweltschutzgruppen wahrscheinlich auf Widerstand stoßen.

2.3 Gletscherski

Gletscherski wurde ursprünglich als Nischenmarkt für Skifahren im Sommer entwickelt. Die Serie schneearmer Winter Ende der achtziger Jahre hat indessen die Bedeutung der Gletscher für den Winterski aufgezeigt. Während die Skigebiete in niedrigeren Lagen unter Schneemangel litten, konnten Resorts mit Gletscherzugang sowohl einen frühen Start in die Skisaison als auch den gesamten Winter über angemessene Schneebedingungen bieten. Die Gletscherresorts profitierten effektiv von den ungünstigen Schneebedingungen in den niedriger gelegenen Skigebieten (vgl. König und Abegg, 1997). Nach den schneearmen Wintern Ende der achtziger Jahre erklärte der ehemalige Direktor des Schweizer Tourismus-Verbands Gottfried Künzi: „Es ist fraglich, ob die Gletscher unantastbar bleiben sollten, wenn sich die Vorhersagen über die künftigen Klimaänderungen bewahrheiten“ (zitiert in Abegg, 1996). Es gibt in der Tat mehrere Projekte, die einen Ausbau von Hochgebirgsregionen zum Gegenstand haben, wobei es sich vor allem um Erweiterungsprojekte bereits bestehender (Gletscher-) Skigebiete handelt[5]. Im österreichischen Tirol beispielsweise ist die künftige Erschließung der Pitztal- und Kaunertal-Gletscherskigebiete wahrscheinlich. Im Mai 2004 veränderte der Tiroler Landtag die Bestimmung hinsichtlich des Gletscherschutzes mit der Verabschiedung der Novelle des Tiroler Naturschutzgesetzes. Danach ist auf der Basis von Raumordnungsprogrammen in Verbindung mit dem Tourismus nunmehr ein Ausbau von Gletscherskigebieten möglich. Bis dahin war der Bau neuer Anlagen für den Gletscherski auf Grund einer Verordnung von 1990 zur Erschließung von Skipisten untersagt, dieses Verbot wurde aber mit der Novelle von 2004 aufgehoben. Das im Mai 2004 entwickelte Projekt sieht vor, ein Skigebiet im Kaunertal 400 m höher auf den Weißseeferner-Gletscher zu verlegen, das dann mit einer Höhe von 3 520 m zur höchsten Skistation Österreichs werden würde. Im Pitztal hoffen die Skigebietsbetreiber auf eine Ausdehnung des Skigebiets auf zwei weiter nördlich liegende Gletscher, was eine bessere Schneebedeckung garantieren würde. Die Lockerung der Bestimmungen hinsichtlich des Gletscherschutzes im österreichischen Tirol hat zu Protesten von Seiten der Umweltorganisationen geführt. Diese Gruppen haben eine Meinungsumfrage durchgeführt (die ergab, dass über 80% der Tiroler Bevölkerung gegen eine weitere Ausdehnung der Gletscherskigebiete sind) und eine Kampagne gestartet unter dem Motto „Hände weg von den Gletschern“ (Hasslacher, 2005).

5. Mehrere Beispiele aus Österreich finden sich auf der Website des Österreichischen Alpenvereins (*www.alpenverein.at*) (siehe Naturschutz, Alpine Raumordnung, Skierschließungsprojekte).

Die Erschließung von Gletscherskigebieten wird mittel- bis langfristig womöglich keine tragfähige Lösung sein, denn Schätzungen gehen davon aus, dass bis 2050 etwa 75% der Gletscher in den Schweizer Alpen abgeschmolzen sein werden und es im Jahr 2100 in den gesamten Alpen kaum noch Gletscher geben könnte (nähere Einzelheiten finden sich in Kapitel 1, Abschnitt 3). Dieser Trend zu einer Verringerung der Größe und der Zahl der Gletscher ist bereits sichtbar. In den siebziger Jahren gab es in den Alpen etwa 5 150 Gletscher, die eine Fläche von 2 909 km^2 bedeckten. Im Vergleich zum Jahr 1850, als sich die Alpengletscher über eine Fläche von 4 474 km^2 ausdehnten, gingen bis zu den siebziger Jahren 35% verloren und bis zum Jahr 2000 nahezu 50%, so dass es dann nur noch 2 272 km^2 waren. Zemp et al. (in Druck) schätzen, dass sich die Gletscheroberfläche zwischen 1850 und 1973 alle zehn Jahre um 2,9% verändert hat und dieser Prozentsatz im Zeitraum zwischen 1973 und 2000 auf 8,2% gestiegen ist. Damit ist nicht nur eine schwere Beeinträchtigung der Gebirgsschönheit verbunden, sondern auch ein Problem für Gletscherski sowohl im Sommer als auch im Winter. So wurde in der Schweiz z.B. Ende 2003 an dem südlich ausgerichteten Hockengrat-Gletscher (im Lötschental, Kanton Wallis) eine neue Seilbahn eingeweiht, aber nur ein Jahr später musste die Eröffnung der Winterskisaison 2004 auf Grund von Schneemangel auf dem Gletscher verschoben werden[6]. Dieses Beispiel veranschaulicht die Probleme, denen sich Gletscherskigebiete in Zukunft gegenübersehen könnten.

Ein neues Konfliktfeld zwischen Skigebietsbetreibern und Naturschützern zeichnet sich ab. Auf Grund des beschleunigten Abschmelzens der Alpengletscher in den vergangenen Jahren, insbesondere nach dem Jahrhundertsommer von 2003, haben die Betreiber von Skigebieten zum Schutz des Eises vor Sonneneinwirkung und Verzögerung des Gletscherabschmelzens in den Sommermonaten mit der Installation weißer Kunststoffplanen begonnen. In Österreich läuft ein Forschungsprojekt mit der Bezeichnung „Aktiver Gletscherschutz“ (Fischer et al., 2006). Erste Ergebnisse von einem Teststandort in 2 950 m Höhe ergaben, dass erhebliche Schnee- und Eismengen (etwa 150 cm) vor dem Schmelzen bewahrt werden konnten.

In Tirol sind 28 Hektar mit weißen Folien abgedeckt. Das entspricht etwa 3% des Gletscherskigebiets oder 1‰ des gesamten Gletschergebiets. Beispiele aus der Schweiz veranschaulichen die Anwendungsvielfalt dieser Folien (Schmid, 2006). Verwendet werden die Folien zum Schutz kritischer Teile von Gletscherskipisten (z.B. Saas Fee und Verbier, Kanton Wallis), aber auch um die Verankerung von Seilbahnmasten auf Gletschern zu schützen (Engelberg, Zentralschweiz), *Halfpipes* abzudecken (Laax, Kanton Graubünden) und den Zugang von der Bergstation zum Gletscher zu sichern (Andermatt, Zentralschweiz).

Aus der Sicht der Skigebietsbetreiber ist der aktive Gletscherschutz eine sinnvolle Technologie. Die weißen Folien lassen sich einfach installieren, können mehrfach verwendet werden, sind preisgünstig (die in der Schweiz verwendeten Folien aus Polyester kosten 4 sfr je m^2) und scheinen wirkungsvoll zu sein. Außerdem erleichtern sie die Präparation der Skipisten zu Saisonbeginn und reduzieren möglicherweise die benötigte Menge an Kunstschnee. Ein aktiver Gletscherschutz gilt daher als eine kostensparende Strategie. Anders sieht das aber aus der Perspektive der Naturschützer aus. Umweltschutzgruppen wie Greenpeace und Pro Natura haben Bedenken gegenüber dem unbe-

6. Vgl. die Website von AlpMedia *www.alpmedia.net.*

grenzten Einsatz solcher weißen Folien geäußert. Sie befürchten, dass das, was mit der künstlichen Beschneiung in den Alpen passiert ist, sich bei dem Einsatz von Abdeckfolien wiederholen könnte; denn während Schneekanonen zunächst nur begrenzt eingesetzt wurden (die Betreiber versprachen den Einsatz auf kritische Bereiche zu beschränken), wird davon in den Alpen inzwischen intensiv Gebrauch gemacht (in einigen Skigebieten stammt fast der gesamte Schnee aus Beschneiungsanlagen). Folglich fordern Umweltschutzgruppen amtliche Verfahren für die Erteilung von Genehmigungen für die Installation von Gletscherschutzfolien und die Formulierung einheitlicher Bestimmungen hinsichtlich des Einsatzes dieser Folien, da zumindest in der Schweiz die Bestimmungen von Kanton zu Kanton unterschiedlich sind.

Die weißen Schutzfolien werden die Gletscher aber nicht retten können. Kurz- und mittelfristig wird der Gletscherski im Winter durch das weitere Abschmelzen der Gletscher gefährdet, mit dem kostspielige Probleme verbunden sind, wie Schneemangel zu Saisonbeginn (der die Erzeugung von mehr Kunstschnee erforderlich macht), instabile Infrastruktur (Verankerung der Seilbahnmasten) und begrenzter Zugang. Auf lange Sicht wird Gletscherskifahren an vielen Orten mit dem fortgesetzten Rückzug und dem Schwinden der Gletscher nicht mehr möglich sein.

2.4 Künstliche Beschneiung

Die Erzeugung von Kunstschnee ist die am weitesten verbreitete Anpassungsstrategie unter Skigebietsbetreibern (Elsasser und Messerli, 2001; Bürki et al., 2005). Darauf wird zurückgegriffen, um die Saison zu verlängern und es einem Skigebiet zu ermöglichen, mit einem größeren Spektrum von klimatischen Schwankungen und Veränderungen fertig zu werden. Während die künstliche Beschneiung zunächst als ein Luxus und dann als eine ergänzende Maßnahme betrachtet wurde, sieht man darin mittlerweile offenbar eine Notwendigkeit. Eine Erklärung von Wolfgang Bosch, Direktor des Verbands Deutscher Seilbahnen und Schlepplifte e.V., spiegelt den Standpunkt der Skigebietsbetreiber wider: „Ohne Schnee – kein alpiner Skisport, ohne alpines Skisportgeschäft – kein wettbewerbsfähiger Wintertourismus“[7].

Die künstliche Beschneiung wurde zu kommerziellen Zwecken erstmals in den fünfziger Jahren in den Vereinigten Staaten eingesetzt. In Europa begann der massive Kunstschneeeinsatz später und eigentlich erst richtig in den achtziger Jahren. Ein Überblick über die Expansion und gegenwärtige Nutzung künstlicher Beschneiungsanlagen in den fünf hier untersuchten Alpenländern findet sich in Tabelle 4, während Abbildung 7 den prozentualen Anteil mit Schneekanonen ausgerüsteter Pisten in den einzelnen Alpenländern darlegt. Laut Pröbstl (2006) erklärt sich die rasche Expansion der künstlichen Beschneiung in den Alpen aus der Notwendigkeit, die Einnahmen der Skigebietsbetreiber und den Erfolg der Skigebiete durch die Gewährleistung von Schneesicherheit und ein termingerechtes Angebot internationaler Skiwettbewerbe zu garantieren, wie dies vom *Internationalen Skiverband* (FIS) gefordert wird. Eine Fallstudie über den Einsatz künstlicher Beschneiungsanlagen in den französischen Alpen findet sich in Kasten 2.

7. *www.seilbahnen.de.*

Tabelle 4 **Expansion und gegenwärtiger Einsatz von Beschneiungsanlagen**[1]

Österreich	In Österreich waren 1991 bereits 127 Gemeinden mit 250 Beschneiungsanlagen ausgerüstet, die 20% aller Skipisten in Österreich beschneien, was 5 000 ha entspricht (Breiling, 1998). Heute sind 50% der befahrbaren Skipisten (etwa 11 500 ha) künstlich beschneit. Die Skigebietsbetreiber gaben allein 2005 144 Mio. Euro für neue Beschneiungsanlagen aus (Fachverband der Seilbahnen Österreichs, 2005).
Schweiz	In der Schweiz stieg die künstlich beschneite Fläche von 1,5% (1990) auf 18% der insgesamt befahrbaren Skipisten (projizierter Wert für den Winter 2006/2007). Das entspricht 3 960 ha (Felix Maurhofer, Seilbahnen Schweiz, persönliche Mitteilung, 25. Juli 2006).
Deutsche Alpen	In Bayern nahm die beschneite Fläche zwischen den Jahren 2000 und 2004 von 323 ha auf nahezu 425 ha (davon etwa 360 ha in Schwaben und Oberbayern) zu. Das entspricht etwa 11,5% der befahrbaren Gesamtfläche (Bayerisches Landesamt für Umweltschutz).
Französische Alpen	In ganz Frankreich vergrößerte sich die beschneite Fläche von 121 ha in der Saison 1983/1984 auf 4 003 ha in der Saison 2003/2004. Gleichzeitig stieg die Zahl der Skigebiete, die Beschneiungsanlagen verwenden, von 25 auf 187. In den französischen Alpen sind 3 222 ha künstlich beschneit. Das entspricht etwa 15,5% des gesamten Skigebiets in 2003/2004 (*www.tourisme.gouv.fr*).
Italienische Alpen	Die Zahl der Schneekanonen in Südtirol hat sich zwischen 1994 (511) und 2004 (1 407) fast verdreifacht (Amt für Seilbahnen, 2006). Zwischen 1997 und 2002 nahm die mit Beschneiungsanlagen ausgerüstete Pistenfläche in Südtirol um 60% zu (CIPRA, 2004: 6). Laut CIPRA-Schätzungen sind in Italien 40% der gesamten Pistenfläche künstlich beschneit, was 9 000 ha entspricht (CIPRA, 2004).

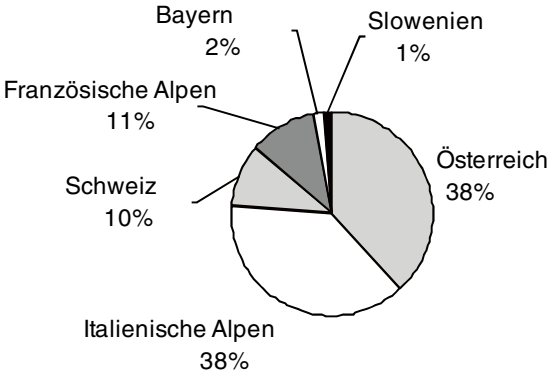
1. Über den Einsatz von Beschneiungsanlagen in den Alpen gibt es reichliche Informationen. Allerdings stammen die Daten aus vielen unterschiedlichen und manchmal widersprüchlichen Quellen. So beziehen sich einige Angaben auf die Anzahl der Schneekanonen, andere auf die künstlich beschneite Skifläche. Die Vergleichbarkeit der Informationen ist daher nicht immer gegeben.

Die Kosten der Kunstschneeerzeugung sind aber erheblich, vor allem für kleine und mittelgroße Stationen. In den Alpenländern sind bereits Hunderte von Millionen Euro in Beschneiungsanlagen investiert worden. Frankreich z.B. hat zwischen 1990 und 2004 nahezu eine halbe Milliarde Euro für künstliche Beschneiungsanlagen ausgegeben, während in Österreich zwischen 1995 und 2003 annähernd 800 Mio. Euro für derartige Einrichtungen aufgewendet wurden (CIPRA, 2004). In der Schweiz sind bis heute 330 Mio. Euro in künstliche Beschneiungsanlagen investiert worden (CIPRA, 2004).

Die Kosten der künstlichen Schneeerzeugung verteilen sich auf Investitions-, Betriebs- und Unterhaltungskosten. Für die Herstellung von einem Kubikmeter Schnee gibt es unterschiedliche Kostenangaben. So schätzt der Verein österreichischer Seilbahnenbetreiber die Kosten beispielsweise auf einen Betrag zwischen einem und fünf Euro, während sie laut CIPRA (2004) zwischen drei und fünf Euro liegen. Die Einrichtung einer Beschneiungsanlage kostet in Österreich 25 000 Euro bis 100 000 Euro je Hektar[8], die entsprechenden Kostenschätzungen für die Schweiz belaufen sich auf 650 000 Euro je

8. *www.seilbahnen.at*.

Abbildung 7 **Verteilung der mit Beschneiungsanlagen ausgerüsteten Skipisten in den Alpen**



Quelle: CIPRA, 2004.

Kilometer (Elsasser und Messerli, 2001; Elsasser und Bürki, 2002; Mathis et al., 2003). Nach Schätzungen der CIPRA (2004) müssen im Durchschnitt 136 000 Euro aufgewendet werden, um einen Hektar mit Kunstschnee zu bedecken. Die jährlichen Betriebskosten schwanken in der Schweiz zwischen 19 000 und 32 000 Euro pro Kilometer (das entspricht 30 000-50 000 sfr). Im Kanton Wallis in der Schweiz beispielsweise wurden die Betriebskosten eines Beschneiungssystems auf 33 000 Euro (52 000 sfr) je Kilometer geschätzt. Es besteht jedoch nur ein geringer Unterschied von rd. 2 000 Euro zwischen normalen und schneearmen Wintern. Im Durchschnitt wenden Skigebietsbetreiber 8,5% ihrer Einnahmen für Betrieb und Wartung des Beschneiungssystems auf (CIPRA, 2004).

Zwar kann die künstliche Schneeerzeugung dazu beitragen, den Effekt des Klimawandels auf die natürliche Schneesicherheit von Skigebieten zu kompensieren, sie hat aber eindeutig physische und ökonomische Grenzen. Mit der künstlichen Schneeerzeugung gehen auch Umweltexternalitäten in Bezug auf Energie- und Wasserverbrauch sowie ökologische Folgen einher. Derzeit benötigen die meisten Schneekanonen eine Lufttemperatur von mindestens -2°C, um effektiv zu funktionieren. Schneezusätze (wie Snowmax) können die Temperaturschwelle bis 0°C erhöhen, womit jedoch immer noch eine physische Grenze bestehen bleibt. Während die Hersteller von Schneezusätzen betonen, diese hätten keine negativen Umweltfolgen, beziehen Rixen et al. (2003) nach einer jüngsten Analyse der einschlägigen Literatur eine etwas vorsichtigere Position. Diese Analyse ergab nämlich, dass nach einigen Studien keine Effekte von Schneezusätzen nachgewiesen werden konnten, während andere durchaus (allerdings nicht durchgehend) gewisse Effekte auf das Pflanzenwachstum feststellten. Die Autoren empfehlen daher weitere Untersuchungen und längerfristige Studien über die ökologischen Folgen des Einsatzes von Schneezusätzen, bevor sie endgültige Schlussfolgerungen ziehen.

Kasten 2 **Kunstschneeerzeugung in Frankreich**

Zum ersten Mal wurde Kunstschneeerzeugung in großem Maßstab in Frankreich im Jahr 1973 in Flaine in der Haute-Savoie eingesetzt, wo Schneekanonen zur Beschneiung einer 600 m langen Abfahrtspiste über eine Fläche von 14 ha verwendet wurden (ANPNC-Website). Seither, und insbesondere seit Anfang der neunziger Jahre, haben französische Skiresorts massiv in die Kunstschneeerzeugung investiert, um Schneesicherheit zu gewährleisten (Direction du Tourisme, 2004; Dubois und Ceron, 2003). Heute sind 187 der 308 Skistationen in Frankreich mit künstlichen Beschneiungsanlagen ausgestattet (vgl. Abb. A.1 und A.2).

Abbildung A.1 **Entwicklung der Zahl der mit Kunstschneeanlagen ausgestatteten französischen Skistationen**

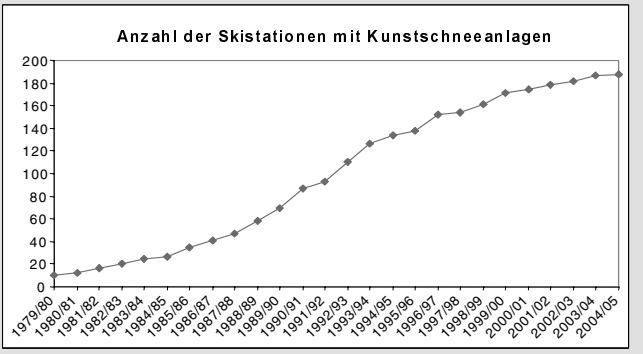
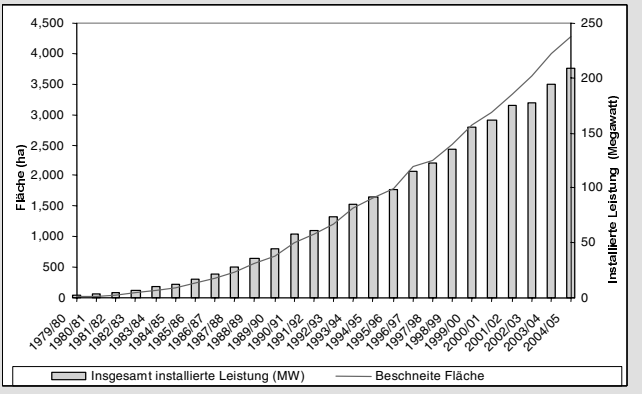


Abbildung A.2 **Entwicklung der beschneiten Flächen und der installierten Leistung**



Quelle: Direction du Tourisme, 2004.

(Fortsetzung nächste Seite)

(Fortsetzung)

Die Skiorte in den französischen Alpen sind die Hauptnutzer von Kunstschneeanlagen. Im Alpenraum befinden sich 72% der in Frankreich mit Schneekanonen ausgestatteten Skistationen und 81% der in Frankreich insgesamt beschneiten Flächen (vgl. Tabelle A). Insgesamt sind in Frankreich 12 000 Schneekanonen installiert, davon wiederum 8 480 (71%) in den französischen Alpen.

Tabelle A **Beschneite Pistenfläche und insgesamt installierte Leistung in den Alpen**

	Beschneite Pistenfläche (ha)	Installierte Leistung (kW)
Nordalpen	2 339	115 403
Südalpen	883	29 607
Alpen insgesamt	3 222	145 010
In % des Gesamtwerts für Frankreich	80%	75%

Quelle: Direction du Tourisme, 2004.

Für die Saison 2003/2004 erreichten die Investitionskosten für die Kunstschneeerzeugung in Frankreich 60 Mio. Euro, von denen allein 45 Mio. Euro auf die französischen Alpen entfielen. Tabelle B enthält eine Aufschlüsselung der Investitionskosten für die beiden Regionen der französischen Alpen für das Jahr 2003. Die Investitionen in neue Schneeerzeugungsanlagen betreffen aber nur selten komplette Neuinstallationen, sondern vielmehr Erweiterungen bzw. Verbesserungen bestehender Anlagen. Die Betriebskosten beliefen sich in dieser Saison in Frankreich auf 9,4 Mio. Euro, wovon 6,6 Mio. Euro auf die Alpen entfielen.

Tabelle B **Investitionskosten für Kunstschneeanlagen in den französischen Alpen**

Region	Investitionskosten (Mio. Euro)
Haute-Savoie	8.24
Savoie	21.94
Isère et Drôme	6.1
Nordalpen insgesamt	36.28
Südalpen	12.52
Französische Alpen insgesamt	48.8

Quelle: SEATM, 2003.

Aus ökonomischer Sicht würde ein Temperaturanstieg die Kosten für die künstliche Schneeerzeugung unverhältnismäßig stark verteuern, da dann nicht nur höhere Mengen an Schnee notwendig wären, sondern dieser auch unter höheren Lufttemperaturen erzeugt werden müsste. Auf Energiekosten entfällt bereits der größte Teil der Gesamtkosten für künstliche Beschneiungsanlagen [in Frankreich sind dies 46% (Direction du Tourisme, 2004)], so dass ein Anstieg dieser Kosten die Gesamtkosten für die Schneeerzeugung kräftig in die Höhe treiben würde. Außerdem sind Kosten und Nutzen der künstlichen Schneeerzeugung nicht gleichmäßig über die Saison verteilt, da bestimmte Perioden, wie z.B. die Frühsaison, auf Grund der wahrscheinlich geringeren Schneedecke eine höhere Produktion erfordern und wegen der dann herrschenden höheren Temperaturen weitere Investitionen in Beschneiungstechnologien notwendig machen (Scott et al., in Druck).

Mit der verstärkten Kunstschneeerzeugung geht auch eine erhöhte Wasserentnahme einher. Gemeinden und Umweltschutzverbände haben ihrer Besorgnis über den Wasserverbrauch für die Kunstschneeerzeugung Ausdruck verliehen. Der Wasserkonsum hängt u.a. von den klimatischen Bedingungen, der Effizienz der Beschneiungsanlage und natürlich der Größe der mit Kunstschnee zu bedeckenden Fläche ab. Als Faustregel gilt, dass sich mit 1 m^3 Wasser etwa 2-2,5 m^3 Schnee herstellen lassen. Für die Grundbeschneiung einer Skipiste (d.h. 20-35 cm) sind daher pro Quadratmeter 70-120 Liter notwendig (Pröbstl, 2006). Tabelle 5 bietet einen Überblick über den Wasserkonsum künstlicher Beschneiungsanlagen in Garmisch-Partenkirchen, Bayern, für die künstliche Beschneiung einer 40 m breiten und 1,1 km langen Fläche mit einer Schneedecke von 25 cm, unter Verwendung von vier Schneekanonen, die insgesamt 11 000 m^3 Schnee erzeugen. Die nachstehende Tabelle veranschaulicht den bei wärmeren Temperaturen höheren Wasserbedarf.

Tabelle 5 **Wasserverbrauch einer Beschneiungsanlage in Garmisch-Partenkirchen bei Lufttemperatur**

	-4°C	-7°C	-10°C
Schneekapazität je Schneekanone	23 m^3/h	34 m^3/h	45 m^3/h
Wasserverbrauch je Schneekanone	11 m^3/h	15 m^3/h	18 m^3/h
Betriebszeit	120 h	81 h	61 h
Gesamtwasserverbrauch	5 261 m^3	4 853 m^3	4 400 m^3

Quelle: Nach Pröbstl (2006).

Gemäß einer in Frankreich durchgeführten Studie wurden während der Wintersaison 2002/2003 für die Beschneiung von einem Hektar Pistenfläche im Durchschnitt 4 000 m^3 Wasser gebraucht (Direction du Tourisme, 2004). Laut CIPRA (2004) würden für die 23 800 ha der beschneibaren Pistenfläche in den Alpen, die mit Beschneiungsanlagen ausgerüstet sind, bei einem solchen Wasserverbrauch jährlich rd. 95 Mio. m^3 Wasser für die Erzeugung von Kunstschnee benötigt. Dies entspricht dem Wasserverbrauch einer Stadt mit 1,5 Millionen Einwohnern pro Jahr (CIPRA, 2004).

Der verstärkte Einsatz von Beschneiungsanlagen in den vergangenen zehn Jahren hat eine direkte Erhöhung der Wassernachfrage zur Folge. In den französischen Alpen beispielsweise stieg der Wasserverbrauch für die Schneeerzeugung zwischen 1994/1995 und 2003/2004 von 3,7 Mio. m^3 auf 10,6 Mio. m^3 [9]. Wird das Wasser natürlichen Quellen entzogen, wie Flüssen und Seen, kann der Wasserstand dadurch zu kritischen, wasserarmen Zeiten im Jahr gesenkt werden, mit entsprechenden Auswirkungen auf das aquatische Leben (CIPRA, 2004; Pröbstl, 2006). Im Winter ist viel Wasser in Schnee und Eis gebunden und daher für die Schneeerzeugung nicht verfügbar. Das Heranpumpen von Wasser aus entfernt gelegenen Quellen ist sehr kostenaufwendig. Gelegentlich muss das Wasser abgekühlt und manchmal auch gereinigt werden, wodurch zusätzliche Kosten entstehen. Wasser kann auch Trinkwasserreserven entnommen werden, was allerdings zu Störungen im Wasserversorgungssystem führen kann (wie dies in Skigebieten bereits geschehen ist). Um die Wasserversorgung für die Schneeerzeugung sicherzustellen, sind in den vergangenen Jahren viele Wasserspeicherbecken oder künstliche Seen im Gebirge angelegt worden. Der Bau solcher Anlagen ist nicht nur mit hohen Kosten verbunden, sondern kann auch für die Umwelt sehr schädlich sein und „Narben" in der Alpenlandschaft hinterlassen, da zur Erleichterung des Zugangs zu derartigen Höhen neue Straßen gebaut werden müssen. Die in höheren Lagen angelegten Speicherbecken sind auch sehr anfällig für Überschwemmungen, Felsstürze und Lawinen, und diesen Gefahren muss Rechnung getragen werden, zumal der Klimawandel zu einer Erhöhung derartiger Naturgefahren führt.

Sonstige Auswirkungen der künstlichen Schneeerzeugung auf Umwelt und Ökologie werden zunehmend unter die Lupe genommen. Die Beeinträchtigung der Alpenvegetation durch die Skipistenpräparierung hängt mit der Verdichtung der Schneedecke zusammen, die insbesondere zu Bodenfrost, Bildung von Eisschichten, mechanischen Schäden und Verzögerungen in der Pflanzenentwicklung führt. All dies hat Veränderungen in der Zusammensetzung der Pflanzenarten und eine Abnahme der Artenvielfalt zur Folge. Der Einsatz von Kunstschnee verändert einige dieser Effekte (vgl. Cernusca et al., 1990; Kammer, 2002; Rixen et al., 2003; Wipf et al., 2005; und Pröbstl, 2006). So wird Bodenfrost durch die starke Isolation der verdichteten Schneedecke abgeschwächt. Die Bildung von Eisschichten wird kaum verändert, wohingegen die mechanischen Auswirkungen der Pistenpräparierung durch die größere Schneehöhe reduziert werden. Die spätere Schneeschmelze führt zu weiteren Verzögerungen der Pflanzenentwicklung, und außerdem erhöht der Kunstschnee die Wasser- und Ionenzufuhr auf den Skipisten, was einen Düngeeffekt auslösen und die Zusammensetzung der Pflanzenarten verändern kann. Wipf et al. (2005) kommen zu der Schlussfolgerung: „Ob die Auswirkungen des Kunstschnees auf die Alpenvegetation als positiv oder als negativ betrachtet werden, hängt vom derzeitigen Zustand der Vegetation und den Umweltzielen der jeweiligen Skistation ab. Wenn mechanische Schäden durch Pistenpräparierfahrzeuge oder die Kanten der Skier ein größeres Problem darstellen, könnte der durch den Kunstschnee gebotene stärkere Schutz als positiv betrachtet werden. Im Fall nährstoffarmer Lebensräume hingegen, wie oligotrophe Sumpfgebiete oder Magerwiesen, ist der zusätzliche Nährstoffeintrag von Kunstschneeschmelzwasser eindeutig negativ. Sonstige Befürchtungen im Zusammenhang mit der Kunstschneeerzeugung sind die Auswirkungen des Lärms auf den Menschen und die des Lärms und Lichts auf die Alpenfauna (Pröbstl, 2006). Eine in einem deutschen Skigebiet durchgeführte Studie hat ergeben, dass der Beginn des Ski-

9. *www.tourism.gouv.fr.*

Kasten 3 **Gesetzliche Regelungen hinsichtlich des Einsatzes von Beschneiungsanlagen**

In Frankreich gibt es keine spezifischen Bestimmungen für den Einsatz von Beschneiungsanlagen. Anwendung finden die Bestimmungen, die sich auf die durch Installation und Nutzung derartiger Anlagen bedingten Veränderungen beziehen (Bau einer „Schneefabrik", Wasserentnahme aus der natürlichen Umgebung, Einsatz von Luftkompressoren und Expansion von Skigebieten). So gelten z.B. für Einrichtungen zur Wasserentnahme im natürlichen Umfeld wie auch für Arbeiten am Fluss-/Gewässerbett die Bestimmungen des Wasserrechts. Diese verlangen die Aufrechterhaltung eines Mindestmaßes an Fließgeschwindigkeit in Gewässern und können gewährleisten, dass bei Arbeiten die Auflagen hinsichtlich des Schutzes von Trinkwasserquellen eingehalten werden. Beschneiungsanlagen mit Luftkompressoren unterliegen den Bestimmungen für registrierte Anlagen, und die Kompressoren müssen alle drei Jahre auf Materialschäden überprüft werden. Nach einigen gesetzlichen Bestimmungen wie dem Naturschutzgesetz kann vor der Erteilung der Genehmigung für die Einrichtung einer künstlichen Beschneiungsanlage die Durchführung einer Art Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich sein.

In Deutschland findet offenbar nur eine einzige Regelung Anwendung, nämlich das Wasserhaushaltsgesetz, das die Entnahme von Grund- und Oberflächenwasser regelt. Danach sind Schäden, die im Hinblick auf das Gleichgewicht des Naturhaushalts und die Landökosysteme entstehen könnten, in Betracht zu ziehen. Bayern war bisher für seine verhältnismäßig strengen Bestimmungen bekannt (Bayerisches Landesamt für Umweltschutz). In jüngster Zeit sind diese Bestimmungen jedoch gelockert worden, so dass es jetzt leichter ist, Genehmigungen für Beschneiungsanlagen zu erhalten. Außerdem ist es den Skigebietsbetreibern erlaubt, auch früher und später in der Saison Kunstschnee zu erzeugen. Der Einsatz von Schneezusätzen hingegen bleibt verboten.

In Österreich sind die Bestimmungen hinsichtlich des Einsatzes von Beschneiungsanlagen von Provinz zu Provinz unterschiedlich, wobei Fragen im Zusammenhang mit den Wasserressourcen mehr oder minder große Bedeutung beigemessen wird.

In Italien hat die Region Südtirol spezifische Bestimmungen für die Kunstschneeerzeugung verabschiedet. Vor dem Bau einer künstlichen Beschneiungsanlage muss von den Landesforstdiensten und der Landeskommission für Landschaftsschutz ein Gutachten erstellt werden. Bei der Nutzung staatseigener Wasserquellen bedarf es außerdem einer Genehmigung durch das Amt für Gewässernutzung.

In der Schweiz bedürfen neue Bauten und Einrichtungen gemäß dem Bundesgesetz über die Raumplanung einer Genehmigung durch die zuständigen Stellen. Außerdem ist im Rahmen des Bundesgesetzes über den Umweltschutz bei Schneekanonen für beschneibare Flächen von mehr als 5 ha eine Umweltverträglichkeitsprüfung vorgeschrieben. Ganze Pisten unter 1 600 m sowie Flächen unter 1 200 m (selbst wenn diese begrenzt sind) dürfen nicht beschneit werden. Ferner dürfen Schneekanonen nur so lange eingesetzt werden, wie die anderen Pisten im Resort noch befahrbar sind. Hiermit soll vermieden werden, dass die Skisaison durch den Kunstschneeeinsatz verlängert wird. Auf der Ebene der Kantone existieren darüber hinaus unterschiedliche Bestimmungen, und der Verband Schweizer Bergbahnen hat ebenfalls eine Reihe von Grundsätzen verabschiedet, die den Einsatz von Schneekanonen begrenzen sollen.

betriebs im Dezember zu einer schlagartigen Veränderung der Raumwahl und Tagesaktivitäten vieler Wildtiere führt (CIPRA, 2004). Der von Schneekanonen erzeugte Lärm ist beachtlich und schwankt etwa zwischen 60 dB und 115 dB, was mit dem Lärm an einer stark befahrenen Straße vergleichbar ist (CIPRA, 2004).

Der Einsatz von Beschneiungsanlagen ist in den Alpenländern unterschiedlich geregelt, da es hinsichtlich der Schneekanonennutzung in den Alpen bisher noch keine gemeinsame Gesetzgebung aller Alpenländer gibt. Die Alpenkonvention hat sich mit dieser Problematik befasst, konnte aber keine Einigung über einen für alle beteiligten Parteien annehmbaren Text erzielen. Daher werden von Land zu Land und manchmal sogar innerhalb eines Landes unterschiedliche Bestimmungen angewandt. Regulierende Bestimmungen gibt es in Bezug auf die Wasserentnahme, den Bau künstlicher Beschneiungsanlagen (z.B. Umweltverträglichkeitsprüfung) und den Betrieb von Beschneiungsanlagen (z.B. Betriebsdauer in Nachtstunden). Kasten 3 enthält einen Überblick über die derzeitigen gesetzlichen Bestimmungen hinsichtlich des Einsatzes von Beschneiungsanlagen in Frankreich, Deutschland, Italien, Österreich und der Schweiz.

Die Skigebietsbetreiber drängen auf eine verstärkte Entwicklung und Nutzung künstlicher Beschneiungsanlagen, während unter Umweltorganisationen die Besorgnis über einen unbegrenzten Einsatz derartiger Anlagen in Zukunft wächst. Zum Beispiel wurden die ersten Schneekanonen auf einem Gletscher in Frankreich im Jahr 2004 auf dem Tignes-Gletscher in einer Höhe von 3 000 m installiert. Seither hat auch das Skigebiet Val d'Isère Anlagen eingerichtet, und das Skigebiet von Alpes d'Huez plant inzwischen die Erzeugung von Kunstschnee auf seinem Gletscher (Mountain Wilderness, 2005). Mit diesen Schneekanonen soll die Fortsetzung des Sommerskis ermöglicht werden.

Es gilt jedoch, die Sachzwänge im Auge zu behalten, die sich unter Kostenaspekten (wie zuvor geschildert) und auf Grund der Regulierungsbestimmungen ergeben. Selbst wenn die künstliche Schneeerzeugung von den klimatischen Verhältnissen her möglich ist und die Wasserversorgung gewährleistet werden kann, könnten sich die Erzeugung eines größeren Kunstschneevolumens und die Schneeproduktion bei höheren Durchschnittstemperaturen wegen der zusätzlichen Kosten (für Infrastruktur und Betrieb) für die Skigebietsbetreiber als unrentabel erweisen. Auch werden viele der kleinen und mittleren Skigebiete wahrscheinlich nicht in der Lage sein, die höheren damit verbundenen Kosten zu bestreiten. Die Vorbehalte hinsichtlich des Einsatzes von Schneekanonen haben zusätzliche Nahrung erhalten durch die Resolution der Internationalen Kommission für den Alpenschutz (CIPRA) von Mai 2006, die vor dem Einsatz von Schneekanonen warnt und „bezweifelt, dass Maßnahmen der kurzfristigen Symptombekämpfung, wie z.B. Schneekanonen, zukunftsfähige Anpassungsstrategien an den Klimawandel sind".

3. Verhaltensbezogene Anpassungen: Betriebspraktiken, Finanzinstrumente und neue Geschäftsmodelle

In diesem Abschnitt werden verschiedene Arten verhaltensbezogener Anpassungsstrategien untersucht, die von Betriebspraktiken und Finanzinstrumenten bis hin zu neuen Geschäftsmodellen und einer Diversifizierung der Aktivitäten reichen. Die Anwendung einiger dieser Anpassungsstrategien scheint in den Alpen bisher aber recht begrenzt.

3.1 Betriebspraktiken

Was die Betriebspraktiken betrifft, so wäre es für die Skigebietsbetreiber möglich, die Modalitäten der Saisongestaltung sowie die Öffnungs- und Schließungsdaten zu verändern. In vielen Skigebieten in den Alpen ist die Besucherzahl in der Saison vor den Weihnachtsferien im Vergleich zum jährlichen Zustrom an Skitouristen gering. Da die natürliche Schneesicherheit im Kontext des Klimawandels nachlässt und die Kosten für die zusätzliche Erzeugung von Kunstschnee steigen, könnte dieser verhältnismäßig unbedeutende Teil der Saison wirtschaftlich nicht mehr länger rentabel sein. Dies würde zu (weiteren) Veränderungen bei den Zeiten für die Eröffnung der Skisaison führen – ein Phänomen, das in einigen kleinen und mittleren Skistationen in niedrigeren Höhenlagen bereits zu beobachten ist. Die Skigebietsbetreiber könnten sich auch dafür entscheiden, ein Skigebiet intensiver zu nutzen, indem sie die Kapazität der Lifte erhöhen oder die Zahl der zugänglichen Pisten reduzieren, um die Kunstschneeerzeugung zu konzentrieren. Allerdings wird sich eine intensivere Nutzung nur als wirksam erweisen (d.h. mit Umsatzsteigerungen und niedrigeren Betriebskosten verbunden sein), wenn die Skifahrer auch weiterhin mit dem Angebot zufrieden sind.

Für örtlich stark begrenzte und spezifische Verwendungszwecke kann schneefreier Kunstbelag für Skibetreiber ebenfalls eine Option darstellen. Beläge dieser Art wurden in den siebziger Jahren entwickelt, sind seither aber verbessert worden, so dass sie jetzt annehmbare Gleit- und Aufkanteigenschaften aufweisen und die Skier nicht beschädigen. Diese Technik findet derzeit nur geringen Einsatz, könnte aber in Zukunft für Nischenanwendungen genutzt werden, so z.B. als Belag auf stark befahrenen Schneeflächen (wie unter Skiliften) oder auf kleinen Pisten und in Snowboard-Parks. In Bayern gab es sogar Pläne (die allerdings noch nicht realisiert worden sind), ein kleines „Sommerskigebiet“ über zwei Hektar auf schneefreiem Kunstbelag in einer Höhe von 1 000 m einzurichten.

3.2 Finanzinstrumente

Schneeversicherungen und Wetterderivate sind potenziell bedeutende Finanzinstrumente, die Skigebietsbetreibern zur Verfügung stehen. Ziel des Kaufs von Wetterderivaten ist der Schutz von Skigebieten/Skistationen vor finanziellen Verlusten auf Grund von Schneemangel. Ein Wetterderivat ist ein Vertrag zwischen zwei Parteien, in dem die Summe festgelegt wird, die während der Vertragsdauer je nach meteorologischen Bedingungen gezahlt wird (Zeng, 2000). Wetterderivate sind sehr flexible Instrumente, die verschiedene meteorologische Parameter und Zeitperioden als Basiswerte haben können. So könnte beispielsweise ein Skigebiet ein Wetterderivat abschließen, das sich auf die Schneehöhe während der kritischen Weihnachtsferienzeit bezieht. Mit dem Abschluss eines derartigen Versicherungsvertrags könnten Skigebietsbetreiber die potenziellen Verluste auf Grund von Schneemangel minimieren. Damit es zu einem effizienten und flexiblen Risikotransfer kommen kann, müssen für diese Instrumente jedoch verlässliche Wetterdaten sowie eine Situation gegeben sein, bei der sich Käufer und Verkäufer negativ korrelierten Risiken gegenübersehen und daher bereit sind, mit demselben Wetterindex und Zeitraum als Basiswert eine Risikoversicherung abzuschließen. Im Fall der Alpen, wo die Witterungsbedingungen praktisch von Tal zu Tal anders sein können, wird es sich u.U. als schwierig erweisen, genügend Akteure mit negativ

korrelierten Risiken in Bezug auf den gleichen Wetterindex zu finden. Daher können die Transaktionskosten für den Abschluss derartiger Verträge höher sein als der potenzielle Nutzen.

Schneeversicherungen sind eine weitere Option. Sie schützen Schneegebietsbetreiber vor finanziellen Verlusten, die entstehen können, wenn während einer Saison sehr viel weniger Schnee fällt als im Durchschnitt. Produkte dieser Art sind auf dem Markt und von Zeit zu Zeit auch gefragt, werden in der Skibranche aber selten verwendet. In den Vereinigten Staaten beispielsweise schlossen die Betreiber des Skigebiets von Vail (Colorado) für die Skisaison 1999/2000 eine Schneeversicherung ab und erhielten letztlich 13,9 Mio. US-$, als sich der geringe Schneefall auf die Besucherzahlen auswirkte (Scott, 2006). Seither sind die Versicherungsprämien aber stark angehoben worden – möglicherweise ein Zeichen für die Anpassung des Versicherungsprodukts durch den Finanzsektor – und große Skigebietsbetreiber wie Intrawest und Vail Resorts schließen auf Grund der hohen Prämien keine derartigen Wetterversicherungen mehr ab (Scott, 2006).

Wetterderivate und Schneeversicherungen können Skigebietsbetreibern mehr Möglichkeiten geben, mit Marketinganreizen zu experimentieren, um die Zurückhaltung der Touristen, angesichts ungewisser Schneebedingungen einen Skiurlaub zu buchen, zu überwinden. So können sie beispielsweise Nachlässe gewähren, wenn ein gewisser Prozentsatz der Pisten nicht geöffnet werden kann. Zusammen mit Wetterderivaten und/oder Schneeversicherungen kann sich diese Marketingstrategie als interessante Option erweisen, obgleich der generelle Trend im Fremdenverkehr zu kurzfristigeren Reiseplanungszeiten hingeht (z.B. Last-Minute-Buchungen). Eine weitere Option ist eine flexible Preispolitik in Abhängigkeit der Zahl der in Betrieb befindlichen Skilifte. Das ist eine weitverbreitete Strategie in österreichischen Skigebieten (König, 1998).

Die Schneesicherheit, ein wichtiges Atout, wird immer häufiger als Marketinginstrument eingesetzt. So heben die Skigebiete entweder die Kapazität ihrer Kunstschneeerzeugungsanlagen hervor (d.h. 100%ige Schneegarantie) oder werben mit ihrer Höhenlage, auf die manchmal sogar der Name der Skistation hinweist wie „Isola 2000“, wobei die Zahl für die Höhe der Basisstation steht, oder „Zillertal 3000“, wobei sich die Zahl auf den höchsten Punkt des Skigebiets bezieht. Im Winter 2005/2006 startete die Schweiz eine internationale Kampagne zur Förderung des Wintertourismus, bei der herausgestellt wurde, dass es in Europa kein anderes Land mit 29 Skigebieten in einer Höhenlage von über 2 800 m gibt.

3.3 Finanzielle Unterstützung

Skigebiete können auf ganz unterschiedliche Art und Weise finanziell unterstützt werden. So leisten die Gemeindeverwaltungen punktuelle oder jährliche Beiträge, gewähren Kredite oder übernehmen Geschäftsbeteiligungen. Manchmal betreiben sie selbst das Skigebiet. Hinzu kommt, dass auch übergeordnete staatliche Instanzen Darlehen bereitstellen, gewöhnlich zu sehr günstigen Zinskonditionen oder sogar völlig zinsfrei. Eingesetzt werden diese öffentlichen Mittel, um den Betrieb einer Station zu subventionieren, Defizite zu decken und die Erneuerung bzw. den Ausbau der Transporteinrichtungen zu finanzieren. Zunehmend dienen die Gelder auch der Finanzierung der Kunstschneeerzeugung.

Einige Beispiele aus der Schweiz veranschaulichen die Bedeutung der finanziellen Unterstützung durch lokale und nationale Behörden (Odermatt, 2005):

- Die Gemeinde St. Moritz im Kanton Graubünden besitzt einige Bergbahnen in den Skigebieten. Gemäß dem letztjährigen Haushalt wurden für den Betrieb dieser Bahnen 2,3 Mio. sfr aufgewendet.
- In Melchsee-Frutt, Zentralschweiz, übernahm die Gemeinde die Kosten für den Bau einer neuen Sesselbahn in einer Gesamthöhe von 8,5 Mio. sfr.
- In Gstaad im Berner Oberland sind etwa 70 Mio. sfr für die Erneuerung der bestehenden Transportanlagen erforderlich. Die Gemeinde Saanen sowie die Kantone Bern und Waadt werden den Löwenanteil übernehmen und 39 Mio. bzw. 28 Mio. sfr bereitstellen.

In der Region Flims-Laax-Falera im Kanton Graubünden wurde eine Gesellschaft zur Finanzierung der zusätzlichen Beschneiungsanlagen für das Skigebiet „Weiße Arena“ gegründet. Die drei betroffenen Gemeinden einigten sich – nach einer Volksabstimmung – auf die Übernahme eines Anteils von 80%. Aus der Sicht des Skigebietsbetreibers ist dies sehr vorteilhaft, da die Gemeinden ein besseres finanzielles Rating haben (d.h. Kredite zu günstigeren Konditionen aufnehmen können) und die öffentliche Hand das unternehmerische Risiko übernimmt. Interessante alternative Finanzierungsmodelle für künftige Investitionen finden sich in Bieger und Laesser (2005).

Eine Analyse der Erschließungs- bzw. Ausbauprojekte in der Schweiz (1993-2001) ergab, dass die Kantone den Großteil der Investitionskosten übernahmen (42%), gefolgt von den Banken und den Skigebietsbetreibern selbst (jeweils 21%). Die Eidgenossenschaft und die Kommunen trugen jeweils nur 5% zu den Investitionen bei (Mathis et al., 2003). Den Autoren zufolge messen die Kantone regionalen wirtschaftlichen Kriterien große Bedeutung bei, während Rentabilität, nachhaltige Entwicklung und Naturschutz eher zweitrangig erscheinen. Außerdem wird den „vorhersehbaren Folgen der Klimaerwärmung nicht Rechnung getragen“ (Mathis et al., 2003).

Im Kontext des Klimawandels werden die Anträge auf finanzielle Unterstützung wahrscheinlich zunehmen. Es steht zu erwarten, dass die Skigebiete zusätzliche Mittel fordern, um ihren Skibetrieb zu sichern, und dabei besonders auf ihren Beitrag zur lokalen und regionalen Wirtschaft verweisen werden. Darüber hinaus werden sie versuchen, die Kosten zu teilen, insbesondere für die Kunstschneeerzeugung. Immer mehr Skigebietsbetreiber betrachten die Schneeerzeugung als einen „öffentlichen Dienst“ und argumentieren daher, dass sich alle, die davon profitieren, an den Kosten beteiligen sollten – d.h. nicht nur die Skigebietsbetreiber, sondern auch das Hotelgewerbe und am besten die gesamte Gemeinde.

3.4 Zusammenarbeit und Zusammenschlüsse

Es gibt mehrere Formen und Ebenen der Zusammenarbeit. Eine sehr geläufige Form der Zusammenarbeit sind Regionalverbände, die einen einzigen Skipass für mehrere Skigebiete anbieten. Diese Art der Zusammenarbeit findet sich überall in den Alpen, selbst grenzüberschreitend. Die Betreiber benachbarter Skigebiete, die zur Zusammenarbeit bereit sind, können gemeinsame Marketingaktivitäten einrichten. Sie können

Material (z.B. Pistenraupen) und Personal (z.B. IT-Spezialisten) gemeinsam nutzen, von günstigeren Einkaufsbedingungen profitieren und Wissen austauschen. Zusammenschlüsse sind eine andere Kooperationsform. Sie können darauf abzielen, die Konkurrenz auf dem Markt zu reduzieren, die Kosten zu senken und/oder den Marktanteil zu erhöhen. Ein Beispiel aus neuerer Zeit ist der Zusammenschluss von „Lenzerheide Bergbahnen Danis Stätz AG" und „Rothornbahn & Scalottas AG" zur Neugründung „Lenzerheide Bergbahnen", der drittgrößten Bergbahngesellschaft im Kanton Graubünden, Schweiz, mit einem Gesamtumsatz von 35 Mio. sfr. Für die Zukunft plant die Unternehmensleitung, das Skigebiet Lenzerheide mit dem Nachbargebiet Arosa zu verbinden, da ihrer Auffassung nach nur größere Zielorte am internationalen Markt überleben werden.

Die Beweggründe für Kooperation und Zusammenschlüsse sind vielfältiger Art und umfassen z.B. Wettbewerbsaspekte, Diversifizierung, Skalenvorteile, Marktanteile und Synergieeffekte. Bieger und Laesser (2005) veröffentlichten eine Liste potenzieller Synergien (bessere Nutzung komplementärer Ressourcen) in der Bergbahnindustrie. Die Autoren kommen zur Schlussfolgerung, dass lose Zusammenarbeit weniger effektiv ist als Zusammenschlüsse und plädieren daher für voll integrierte Unternehmen. Allerdings sind nicht alle Zusammenschlüsse unbedingt von Erfolg gekrönt. So können beispielsweise auf Grund der unterschiedlichen Unternehmensidentität Probleme entstehen. Eine weitere Option zur Verbesserung der Finanzbasis eines Unternehmens ist die vertikale Integration. Bieger und Laesser (2005) empfehlen Skigebietsbetreibern, neben ihrem Kerngeschäft neue Tätigkeiten aufzunehmen, wie beispielsweise Skiverleih und Wohnungsvermietung. Der nächste Schritt wäre die Gründung von Resortunternehmen oder Destination-Holdings, die sämtliche Dienste von der Reservierung bis zur Organisation der Heimreise anbieten, selbst für Stationen in unterschiedlichen Orten/Ländern.

Ein interessantes in Nordamerika entwickeltes Geschäftsmodell ist das Wintersportkonglomerat (*ski resort conglomerate*) (Scott, 2006). Dort haben einige Unternehmen Skigebiete an unterschiedlichen Standorten erworben. Obwohl es nicht mit Blick auf den Klimawandel konzipiert wurde, könnte sich dieses Geschäftsmodell als eine der wirksamsten Anpassungen an künftige Klimaänderungen erweisen. Das Konglomerat gewährleistet einen besseren Zugang zu Kapital- und Marketingressourcen und mithin eine größere Anpassungsfähigkeit und reduziert gleichzeitig durch die regionale Diversifizierung der Unternehmenstätigkeiten die Anfälligkeit gegenüber den Effekten von Klimaschwankungen und künftigen Klimaänderungen. Bei ungünstigen Bedingungen können die finanziellen Folgen auf die gesamte Organisation verteilt werden, und überdurchschnittlich gute wirtschaftliche Ergebnisse in einer oder in mehreren Regionen können Verluste in anderen ausgleichen. Unternehmen mit Skigebieten in einer einzigen Region wie auch unabhängige Skigebiete – der typische Fall in den Alpen – sind gegenüber ungünstigen klimatischen Verhältnissen stärker exponiert.

3.5 Diversifizierung der Wintereinnahmen

Wintersportaktivitäten, insbesondere Alpin-Skifahren und Snowboarden, aber auch Skilanglauf, sind nach wie vor die Hauptattraktionen der Alpenresorts im Winter. Es gibt aber viele Personen, die nur gelegentlich Ski fahren, und eine wachsende Zahl von Besuchern fährt gar nicht Ski. Nach Angaben des Präsidenten von „Ski France" steht ein durchschnittlicher Skifahrer etwa vier Stunden pro Tag auf den Skiern, und jeder vierte

Besucher in französischen Wintersportorten fährt gar nicht Ski (Guillot, 2006). Noch größer ist dieser Anteil in Italien, wo 48% der Besucher von Wintersportgebieten weder Skifahren noch Snowboarden (WWF Italien, 2006a). Auf dem Rigi, einem berühmten Berg in der Zentralschweiz, hat sich die Winterkundschaft erheblich verändert. In den achtziger Jahren kamen fast ausschließlich Skifahrer. Im vergangenen Winter jedoch waren 65% der Besucher Winterwanderer, 15% Schlittenfahrer und nur 20% Skifahrer. Nichtskifahrer stellen in den Skigebieten effektiv einen wichtigen und wachsenden Markt dar.

Viele Skigebiete haben erhebliche Investitionen getätigt, um diese neue Klientel der Nichtskifahrer zu befriedigen. Die beliebtesten Aktivitäten für diese Gruppe sind: Schneewandern (allein in der Schweiz gibt es über 2 500 km planierte Winterwanderwege), Schlittenfahren (etwa 500 Schlittenpisten in Österreich) und Schneeschuhwandern (unzählige Möglichkeiten überall in den Alpen). Das Problem bei diesen Nichtskiaktivitäten besteht natürlich darin, dass auch sie Schnee voraussetzen (wenngleich weniger als der Alpin-Ski). Diese Aktivitäten ziehen möglicherweise zusätzliche Besucher an, reduzieren aber die Schneeabhängigkeit der alpinen Wintergebiete nicht, die im Kontext des Klimawandels vor allem in den niedrig gelegenen Resorts die Herausforderung darstellt. Außerdem bieten viele Skiorte, insbesondere die größeren, Touristen ein sehr diversifiziertes Angebot an, darunter Wellnesszentren, Fitnessclubs, Hallensport, Konzerte, Festivals, Ausstellungen und eine Vielzahl von Bars, Restaurants und Einkaufsläden. Damit werden Skifahrern wie Nichtskifahrern alternative Aktivitäten geboten. Die Besucher machen von diesem Angebot Gebrauch und erwarten vielleicht sogar eine solche breite Produktpalette, aber gewöhnlich sind nicht diese „zusätzlichen“ Angebote, sondern die Schneesportaktivitäten für die Wahl eines Zielorts ausschlaggebend.

Es könnten noch mehr schneeunabhängige Aktivitäten angeboten werden (wie Gesundheitstourismus, Kongresstourismus), und es gibt auf dem Markt auch erfolgreiche Nischenprodukte (z.B. das Arosa-Humorfestival, Schweiz), doch sollte das Diversifizierungspotenzial nicht überschätzt werden:

- Die oben genannten Angebote sind nicht direkt schneeabhängig. Indirekt kann der Schnee bei der Auswahl z.B. eines Kongressorts jedoch eine wichtige Rolle spielen.
- Die Klimawandelszenarien deuten auch auf nassere Winter hin. Mehr Niederschläge im Verein mit einer wachsenden Zahl von Wolkentagen könnten auch die Attraktivität nichtschneeabhängiger Aktivitäten verringern.
- Die Hotels, Restaurants und Gaststätten, die von Touristen aller Art besucht werden, dürften von Diversifizierungsmaßnahmen mehr profitieren als die Skigebietsbetreiber, deren Einnahmen in starkem Maße vom Transport der Skifahrer abhängen.
- Tourismusmanager im Schweizer Kanton Graubünden schätzten, dass 20% der derzeitigen Besucher an nichtschneegebundenen Angeboten interessiert sein könnten (Abegg, 1996).

Daher ist es unwahrscheinlich, dass die Schneeaktivitäten voll und ganz durch Nichtschneeangebote ersetzt werden können. Schneeunabhängige Angebote spielen eine wichtige Rolle, da sie die Angebotsvielfalt einer Station erhöhen und deren Wintergeschäft verbessern. Davon allein könnte der Wintertourismus allerdings nicht leben. Derzeit gibt es keine Aktivität, die ein ähnlich hohes Einnahmepotenzial bietet wie der traditionelle Wintersport, insbesondere der Skisport.

3.6 Ganzjahrestourismus

Viele Orte setzen weitgehend nur auf eine einzige Saison, d.h. den Winter. Dieses Geschäftsmodell ist auf Grund der derzeitigen Klimaschwankungen (schneearme Winter) und der potenziellen Auswirkungen der projizierten Klimaveränderungen sehr risikoreich. Um die Abhängigkeit von den Schneekonditionen zu reduzieren, wird häufig ein verstärktes Engagement zu Gunsten des Ganzjahrestourismus empfohlen. Dazu gehören der Sommertourismus (einschließlich Zwischensaison), aber auch klima- und witterungsunabhängige Angebote, wie Kongress-, Bildungs- und Gesundheitstourismus. Diese Strategie hat zum Ziel, die Geschäftsaktivitäten zu stützen und die Schneeabhängigkeit der Resorts zu reduzieren.

Eine interessante Initiative (vgl. Simon, 2006) läuft derzeit im *Département Isère* in Frankreich. Die Skigebiete in diesem Teil der französischen Alpen, und insbesondere die kleineren Stationen mit veralteten Einrichtungen, können im Wettbewerb mit größeren Stationen nicht bestehen. Diese Skigebiete sind auch gegenüber Klimaänderungen recht sensibel. Um auf die Zukunft vorbereitet zu sein, hat der *Conseil Général* beschlossen, die Diversifizierung des touristischen Angebots finanziell zu unterstützen, und zwar durch den Abschluss von Verträgen für eine diversifizierte Entwicklung (*contrats de développement diversifié*). Verwendet werden die finanziellen Mittel beispielsweise für die Verbesserung der Qualität bereits existierender (Sommer-) Produkte, die Entwicklung neuer Angebote, insbesondere für Familien, und den Abbau veralteter Skieinrichtungen. Ein Teil des Geldes geht aber nach wie vor in den Skitourismus. Kasten 4 enthält nähere Informationen über diese und andere Initiativen, die in der Region Rhône-Alpes gestartet worden sind.

Der alpine Sommertourismus hängt von „gutem“ Wetter ab. Im Vergleich zu den stabilen Witterungsbedingungen im Mittelmeerraum ist das Wetter in den Alpen im Sommer recht variabel, was den geringeren Zufriedenheitsindex der Touristen erklärt. Diese Situation könnte sich aber in Zukunft ändern, da die regionalen Klimaszenarien für Europa wärmere und trockenere Sommer projizieren. Die Sommer im Mittelmeerraum könnten zu heiß werden, während die Temperaturen in höheren Lagen – mit weniger Niederschlag – angenehm bleiben dürften. Ein Beispiel hierfür könnte der sehr heiße Sommer von 2003 (und z.T. auch 2006) gewesen sein, als die Bewohner des Flachlands am Fuß der Alpen in den Bergen vorübergehend vor der Hitze Zuflucht suchten. Der Klimawandel wird aber auch negative Auswirkungen auf den alpinen Sommertourismus haben, denn mit dem kontinuierlichen Rückgang der Gletscher (vgl. Kapitel 1, Abschnitt 3) wird die Gebirgslandschaft erheblich an Attraktivität einbüßen. Zu dem „ästhetischen Verlust“ kommt hinzu, dass Tourismusattraktionen wie Eishöhlen und vermutlich auch die noch verbleibenden Sommerskigebiete verschwinden werden. Außerdem wird der Klimawandel das Abschmelzen von Permafrost verstärken und einige Gebirgszonen für Erdrutsche stärker anfällig machen. Die Bergbahnstationen, Liftmasten und sonstigen Bauten auf Permafrostboden können an Stabilität verlieren (Haeberli, 1992) und möglicherweise nur unter großem finanziellen Aufwand erneut fixiert werden. Bergwandern und Bergsteigen könnten auf Grund der wachsenden Gefahr von Steinschlag ebenfalls gefährlicher werden (Behm et al., 2006). Und Wildwasseraktivitäten wie Rafting werden auf Grund des niedrigeren Wasserstands in den Alpenflüssen möglicherweise an Attraktivität verlieren.

Kasten 4 **Maßnahmen zur Förderung von Diversifizierungsinitiativen in der Region Rhône-Alpes, Frankreich**

In den Départements Savoie, Haute-Savoie und Isère gibt es Initiativen zu Gunsten einer Unterstützung der Diversifizierung von Tourismusaktivitäten in Skiresorts. Im Département Savoie hat der *Conseil Général* seine Absicht bekundet, den Ganzjahrestourismus zu entwickeln und die Fremdenverkehrseinrichtungen zu diversifizieren, um dem Phänomen der Spezialisierung ein Ende zu setzen und der sich wandelnden Nachfrage gerecht zu werden. Dieser Entschluss ist nicht durch die Angst vor Schneemangel begründet, sondern spiegelt vielmehr die Notwendigkeit wider, sich auf den Klimawandel einzustellen. Im Département Isère mit zahlreichen Skistationen in mittlerer Höhenlage, deren Aktivitäten durch den Klimawandel bedroht sind, wollen die entsprechenden Gremien diesen Orten dabei helfen, dem Tourismus neuen Auftrieb zu geben und ihre Aktivitäten zu diversifizieren, indem sie auf der Ebene des Départements aktive Politikmaßnahmen zu Gunsten von Stationen in mittlerer Höhenlage entwickeln (Interview mit Le Scan, 2004). Als Instrumente zur Umsetzung dieser Diversifizierungsmaßnahmen dienen die *Contrats stations moyenne*s auf der Ebene des Départements und die *Contrats de plan Etat region* (CPER) auf regionaler Ebene. Ziel der *Contrats stations moyennes* ist die Förderung der Entwicklung der Skigebiete in mittlerer Höhenlage mit über 2 000 Touristenbetten. Mit diesen Verträgen soll die Konzipierung von Projekten gefördert werden, die auf lokaler Ebene in ökonomischer Hinsicht realistisch und tragfähig sind. Die CPER sind auf die spezifischen Bedürfnisse jeder Station zugeschnitten, und die im Rahmen dieser Verträge bereitgestellten Mittel fließen in Marketingprogramme und Investitionen, wobei das Hauptziel in der Expansion des Sommertourismus besteht. Daneben gibt es auf der Ebene des Départements Verträge für eine diversifizierte Entwicklung (*Contrats de développement diversifié* bzw. CDD). Ziel dieser Verträge ist es, die Skigebiete, je nach ihrer Anfälligkeit gegenüber Schneemangel, bei der Expansion oder der Reduzierung ihrer Schneeaktivitäten durch Förderung kommunaler Diversifizierungsprojekte zu unterstützen.

Ein Beispiel für den Einsatz eines CDD bietet das Département Isère, wo der *Conseil Général* für die Einführung einer neuen Politik zur Diversifizierung der Tourismusaktivitäten in Gebirgsregionen technische und finanzielle Ressourcen zur Verfügung gestellt hat. Im Jahr 2001 wurde in Isère eine Fremdenverkehrsstudie durchgeführt, in der die Lancierung von Entwicklungs- und Diversifizierungsplänen empfohlen wurde. Im Jahr 2003 folgte der *Conseil Général* den Empfehlungen der Studie und schlug Diversifizierungsszenarien vor. Die vom Département zur Verfügung gestellten Finanzhilfen sollen dazu dienen, die Diversifizierung von Aktivitäten zu fördern (Unterstützung bei der Bewertung des Tourismuspotenzials und der Suche nach neuen Aktivitäten), Entscheidungen über die Aufgabe von Schneeaktivitäten in Stationen mit dem geringsten Schneeaufkommen zu erleichtern, Verbesserungen des bestehenden Angebots an Unterkünften und Transportmitteln vorzunehmen und Tourismusaktivitäten weiterzuentwickeln.

(Fortsetzung nächste Seite)

(Fortsetzung)

Im Rahmen des CPER 2000-2006 hat der *Conseil Régional* Rhône-Alpes seine (1995 erstmals lancierte) Initiative „*Entreprise-station*" für den Zeitraum 2000-2006 wieder aufgelegt, wobei Skiorte in mittleren Höhenlagen im Vordergrund stehen. Das Projekt „*Entreprise-station*" besteht je nach Einzelfall – in der Konzipierung bzw. Weiterverfolgung einer auf die Station zugeschnittenen Sommer- und Winterstrategie, die sowohl das interne Management der Station optimiert als auch die Vermarktung ihres jeweiligen Angebots fördert. Die im Rahmen der CPER (sowohl vom Staat als auch von den Regionen) bereitgestellten Finanzmittel können von den Gemeinden und von den Managementstrukturen, die für die jeweils anspruchsberechtigten Stationen zuständig sind, eingesetzt werden.

Ferner existieren im Rahmen des CPER sogenannte „Gebirgsverträge", die von der Europäischen Union mitfinanziert werden. Sie sollen das Tourismuspotenzial der Region ausschöpfen, indem sie das Spektrum der diversen Aktivitäten auf die unterschiedlichen Jahreszeiten verteilen (Ganzjahrestourismus), die besonderen Merkmale eines Gebiets hervorheben und Unterkunfts- sowie Transportmöglichkeiten verbessern.

Auch hier dürfte das Hotel- und Gaststättengewerbe wiederum stärker von der saisonalen Diversifizierung profitieren, als die Bergbahnbetreiber. In der Schweiz geben die Sommertouristen nur 7,9% ihres täglichen Ferienbudgets für Transportmittel aus, in Winterzeiten hingegen sind es 22,9% (Seilbahnen Schweiz, 2005a). In der Vergangenheit konnten nur Bergbahnbetreiber, die Zugang zu einer berühmten Bergspitze boten, im Sommer Geld verdienen. Einige Unternehmen reduzierten den Sommerbetrieb bzw. stellten diesen ganz ein, während andere solange mit der Schließung drohten, bis sich die Gemeinde zur Beteiligung an den Betriebskosten bereiterklärte (z.B. Sportbahnen Vals AG im Kanton Graubünden, Schweiz). Die Bergbahnbetreiber versuchen die Nachfrage durch ein besonderes Angebot für spezifische Kundengruppen, wie Mountainbiker und Paragleiter, zu stimulieren. Außerdem investieren sie in die Gastronomie, Themenwanderungen, Abenteuerparks und Sommerrodelbahnen, um mehr Familien, Wanderer und Ausflügler anzuziehen. Schweizer Bergbahngesellschaften z.B. betreiben derzeit 21 Sommerrodelbahnen (19 davon in den Alpen). Nach den schneearmen Wintern Ende der achtziger Jahre begannen einige Unternehmen, über einen verstärkten Ausbau der Sommeralternativen nachzudenken, und einige machten Sommerrodelbahnen zu ihrer höchsten Priorität. Folglich ist die Zahl der Sommerrodelbahnen rasch gestiegen, doch haben sich nicht alle als erfolgreich erwiesen (Mathis et al., 2003). Der Erfolg hängt – unter anderem – von effektiver Marktforschung ab, die Nachfragepotenzial, Produktattraktivität und Vermarktungsmöglichkeiten für das Produkt untersucht.

3.7 Rückzug aus dem Skitourismus

Skigebiete in niedrigeren Höhenlagen, deren wirtschaftliche Überlebensfähigkeit durch eine Reihe milder Winter in Frage gestellt wurde, können aktiv an Umstrukturierungen herangehen oder den Skitourismus aufgeben. In der Regel können sich solche Gebiete nicht auf gute natürliche Schneebedingungen verlassen, und selten haben sie die Möglichkeit (d.h. die notwendige Höhenausdehnung) und/oder die finanziellen Mittel, um beispielsweise in Beschneiungsanlagen zu investieren. Außerdem sind die Finanzinstitute nur bereit, diesen Skigebieten Kredite mit sehr restriktiven Konditionen zu gewähren. Schweizer Banken z.B. vergeben an Skigebiete in Höhenlagen unter 1 500 m jetzt nur noch sehr begrenzte Kredite (Elsasser und Bürki, 2002), und es ist bekannt, dass einige Banken in Kanada bei Kreditverhandlungen mit Skigebietsbetreibern die Auswirkungen des Klimawandels ansprechen (Scott et al., im Druck). Unter Vertretern der Tourismusbranche gehen die Meinungen darüber, ob derartige Skigebiete überhaupt aufrechterhalten werden sollten und wenn ja, wie der künftige Betrieb gesichert und finanziert werden könnte, weit auseinander. Einige sind der Auffassung, dass eine gewisse Verkleinerung der Branche notwendig ist, und sprechen sich für die Aufgabe unrentabler Skigebiete aus. Andere wiederum halten die Aufrechterhaltung dieser Skigebiete vor allem aus regionalwirtschaftlichen Gründen für unerlässlich (Elsasser und Bürki, 2002).

Das kleine Skigebiet Gschwender Horn in Immenstadt, Bayern, ist ein bekanntes und erfolgreiches Beispiel für einen aktiv geplanten Rückzug aus dem Skitourismus. Zu Beginn der neunziger Jahre beschloss die Gemeinde nach einer Folge schneearmer Winter zusammen mit der Allianz Umweltstiftung, den nicht rentablen Skibetrieb einzustellen. Die Einrichtungen (zwei Schleppliftanlagen und ein Sessellift für Kinder) wurden abgebaut, die Skipisten (etwa 40 ha) renaturalisiert. Heute dient das Gebiet dem Sommer- und Wintertourismus für Wanderer, Mountainbiker, Schneeschuhwanderer und Skitourengänger (vgl. Allianz Umweltstiftung, 2005).

Es gibt noch andere Projekte, wie beispielsweise das „Gemeindenetzwerk Ökomodell Achental e.V.“. Dieses internationale Netzwerk hat einen Skibus ins Leben gerufen, der Skifahrer aus acht Gemeinden in Bayern und Tirol kostenlos in die schneesichersten Skigebiete innerhalb des Netzwerks bringt. Einige Gemeinden verzichten auf einen Ausbau tiefer gelegener Skigebiete und setzten stattdessen auf sanften Tourismus (Neuhäuser, 2006). Eine weitere Idee ist die Einrichtung eines Fonds zur finanziellen Unterstützung des aktiven Rückzugs vom Skitourismus, beispielsweise für den Abbau von Installationen. Solche (und viele andere) Ideen werden im Kontext des Klimawandels an Bedeutung gewinnen.

4. Diskussion und Politikimplikationen

Klimaänderungen haben bereits signifikante Auswirkungen auf den Wintertourismus in den Alpen, und die antizipierten Klimaveränderungen werden voraussichtlich einen weiteren deutlichen Rückgang der Schneesicherheit in den alpinen Skigebieten zur Folge haben. Jedoch werden diese Auswirkungen nicht überall gleich sein, und es wird Gewinner und Verlierer geben sowohl unter den Regionen (so sind die Regionen Graubünden, Wallis und Savoie z.B. weitaus weniger gefährdet als Alpes-Maritimes, die Steiermark und Friaul-Julisch-Venetien) als auch den Skigebieten selbst (wobei Gebiete

mit größerer Höhenausdehnung deutlich weniger anfällig sind als niedrig gelegene Stationen). Die Wintertourismusbranche hat auf die Konsequenzen der beobachteten Veränderungen reagiert, wobei eine Reihe technologischer und verhaltensbezogener Anpassungsmaßnahmen in die Praxis umgesetzt wurden, um die negativen Effekte zu kompensieren. Solche Anpassungsmaßnahmen können jedoch nicht isoliert von anderen unternehmerischen Entscheidungen getroffen werden und unterliegen dem Einfluss einer ganzen Reihe anderer Faktoren, namentlich Marktnachfrage, Wettbewerb und Umweltschutzbestimmungen. Die beobachteten Anpassungsstrategien sind auch weiterhin größtenteils reaktiver Natur, und es gibt wenig Hinweise darauf, dass die Skigebiete in Antizipation künftiger Klimaveränderungen eine langfristige, vorausschauende Geschäftsplanung entwickeln.

Aus einer Reihe von Gründen wird auch davon ausgegangen, dass die Skigebietsbetreiber weiterhin ganz individuelle Anpassungsstrategien an den Klimawandel wählen. Die in Frage kommenden Anpassungsmöglichkeiten werden variieren, je nach den geographischen Merkmalen (z.B. verfügbare Höhenausdehnung, lokale klimatische Bedingungen und Entfernung zu größeren Märkten), den gesetzlichen Regelungen (u.a. Fremdenverkehrspolitik, Umweltschutzbestimmungen und Wasserzugangsrechte) sowie den Geschäftsmodellen (unabhängige Betreiber von Skigebieten gegenüber Wintersportkonglomeraten). Mit anderen Worten dürften die Anpassungen sehr kontextspezifisch ausfallen. Angesichts des Zeithorizonts des projizierten Klimawandels wird der Wintertourismus keinen plötzlichen radikalen Umbruch erfahren. Der Klimawandel ist ein Faktor, der die strukturellen Veränderungen in der Wintertourismusindustrie insofern verstärken wird, als er Chancen und Risiken der jetzigen und künftigen Entwicklung im Fremdenverkehr klarer zu Tage treten lässt. Letztlich ist es das Anpassungsvermögen (nicht das Klima), das die Zukunft der Skistationen im Kontext des Klimawandels bestimmen wird.

Für die staatlichen Instanzen wirft dies zwei kritische Fragen auf. Die erste bezieht sich auf den Grad der Aufsicht und der Intervention, der u.U. in einem Prozess nötig ist, bei dem es sich in weiten Teilen um eine autonome, von Marktkräften ausgehende Anpassung handelt. Ein Bereich, in dem es entscheidend auf Aktionen der staatlichen Stellen ankommen könnte, sind die ökologischen und sozialen Externalitäten, die durch den Einsatz (bzw. zu starken Einsatz) bestimmter Anpassungsstrategien entstehen können. So hat die Kunstschneeerzeugung z.B. Auswirkungen auf den Wasser- und Energieverbrauch, durch die Pistenpräparierung kann sich die Vegetation verändern und die Stabilität der Pisten verringern, und die Verlagerung von Skiaktivitäten in höhere Lagen kann zu einer Bedrohung für fragile Ökosysteme werden. Die derzeit in dieser Hinsicht verfolgten Politiken variieren stark, sowohl im Ländervergleich als auch innerhalb der einzelnen Länder. In Deutschland und Frankreich gibt es keine Bestimmungen für die Kunstschneeerzeugung, wenn auch einige Aspekte durch die bestehenden Vorschriften für die Wasserentnahme geregelt sind. In Österreich gelten indessen explizite Regelungen, diese unterscheiden sich aber in den verschiedenen Provinzen, und in Italien verfügt nur Südtirol über entsprechende Bestimmungen. In der Schweiz müssen für Schneekanonen mittlerweile Umweltverträglichkeitsprüfungen durchgeführt werden, und es gibt spezifische Vorschriften darüber, wo sie eingesetzt werden dürfen. Ähnliche Unterschiede bestehen auch bei den Vorschriften – wenn es solche überhaupt gibt – für die Verwendung von Schneezusätzen, die Pistenpräparierung oder die Verlagerung der Skiaktivitäten in höhere Lagen.

Ein weiterer Bereich, in dem der Staat und die staatliche Politik eine Rolle spielen könnten, ist die Einrichtung eines hinreichenden Sicherheitsnetzes für die „Verlierer" des Anpassungsprozesses, denn die Folgen des Klimawandels haben erhebliche Auswirkungen auf die Verteilungsgerechtigkeit. Kleinere Wintersportorte, die zumeist auch niedriger liegen, sind durch den Klimawandel nicht nur stärker bedroht, sondern verfügen auch über weniger Mittel zur Finanzierung kostspieliger Anpassungsmaßnahmen. Indessen sehen sich Wintersportkonglomerate, die mehrere Skigebiete betreiben, mit einem geringeren Klimarisiko konfrontiert (da ihre Skigebiete häufig eine größere Höhenausdehnung besitzen), sie weisen eine bessere Risikostreuung auf und haben Zugang zu mehr technischen und finanziellen Ressourcen für die Anpassung. Die größeren Skistationen, die rentabel und in Betrieb bleiben, werden wohl auch in der Lage sein, aus einem durch den Klimawandel veränderten Geschäftsumfeld Nutzen zu ziehen und auf Grund des geringeren durch die Schließung anderer Skigebiete bedingten Wettbewerbs Marktanteile hinzugewinnen. Auch in diesem Bereich ist die staatliche Politik sehr unterschiedlich ausgerichtet, wobei das Spektrum von einer *Laissez-faire-Haltung* (alles dem Markt überlassen) bis zur finanziellen Unterstützung als Kompensation für erlittene Schäden reicht. Der größte Konflikt, mit dem sich staatliche Instanzen und Gebietskörperschaften gemeinsam auseinandersetzen müssen, betrifft insbesondere die Entscheidung entweder für Anpassungsmaßnahmen, die den *Status quo* trotz zunehmend ungünstiger Klimabedingungen so lange wie möglich zu erhalten suchen, oder für Aktionen, die eine reibungslosere Umstellung auf die neuen Gegebenheiten des sich wandelnden Klimas erleichtern sollen. Generell lag das Schwergewicht bislang mehr auf der Wahrung des *Status quo* und weniger auf Umstellungen, die mit hohen wirtschaftlichen und politischen Kosten verbunden sein können.

Kapitel 3

Anpassung an den Klimawandel und Naturgefahrenmanagement

von

Simon Jetté-Nantel und Shardul Agrawala

Naturgefahren sind in den Alpenländern ein inhärentes Problem, sie haben erhebliche Auswirkungen auf Gesellschaft und Wirtschaft und reagieren – in unterschiedlichem Umfang – auf den Klimawandel. Im vorliegenden Kapitel werden nach einem Überblick über Naturgefahren und Klimavulnerabilitäten im Alpenbogen die Implikationen der Anpassung an den Klimawandel für das Naturgefahrenmanagement in Österreich, Frankreich und der Schweiz erörtert. Was die Frage der Vulnerabilität anbelangt, haben viele Naturgefahren, bei denen starke Zusammenhänge mit dem Klimawandel bestehen, z.B. Gletscher- oder Permafrostgefahren, effektiv nur relativ geringe bis mittelschwere wirtschaftliche Konsequenzen. Bei den Gefahren, deren wirtschaftliche und gesellschaftliche Folgen wesentlich größer sind, wie Hochwasser- und Sturmkatastrophen, sind die Zusammenhänge mit dem Klimawandel demgegenüber komplexer und weniger sicher. Zur Berücksichtigung der Risiken des Klimawandels im Umgang mit den verschiedenen Naturgefahren bedarf es daher eines mehrgliedrigen Ansatzes. Trotz ihrer sehr hohen Anpassungskapazitäten auf diesem Gebiet stehen Frankreich, die Schweiz und Österreich schon bei der Bewältigung der derzeitigen Naturgefahren vor erheblichen Herausforderungen, von den Folgen des Klimawandels ganz zu schweigen. Zusätzlich zu einer Erhöhung der Effizienz des derzeitigen Naturgefahrenmanagements sind stärker vorausschauend ausgerichtete Konzepte notwendig, in denen auch zu erwartende Klimarisiken berücksichtigt sind. In besonderen Fällen, in denen sich die Klimarisiken rasch wandeln oder die Effekte bereits offensichtlich sind (z.B. bei Permafrost- und Gletschergefahren), bestünde eine effektive Anpassungsstrategie schließlich in der Einrichtung von Projekten für Risikoüberwachung und Risikominderung.

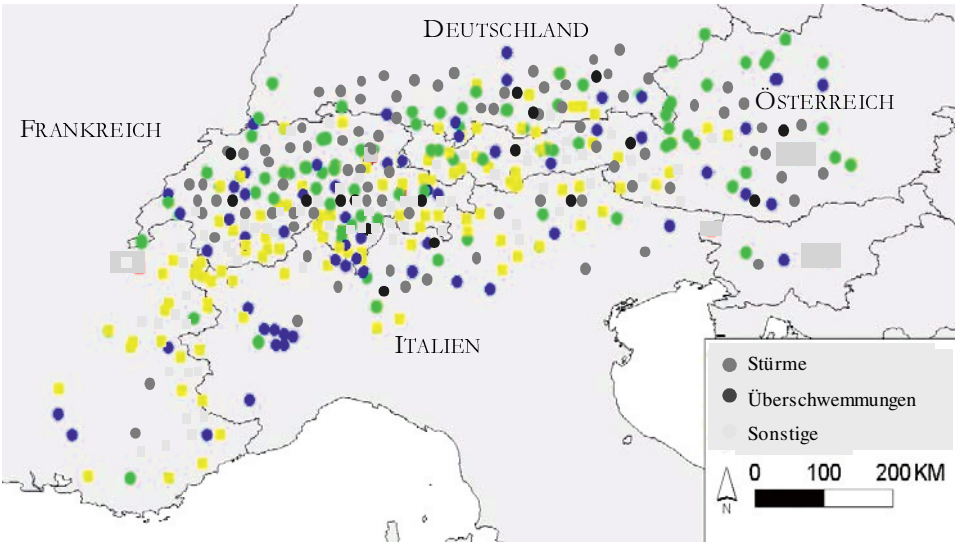
Neben seinen Auswirkungen auf den Wintertourismus wird der Klimawandel auch Einfluss auf die Vulnerabilität der Alpen gegenüber Naturgefahren haben. Zwischen Wintertourismus und Naturgefahren bestehen natürlich Zusammenhänge. Jede Erhöhung der Bedrohung der Alpen durch Naturgefahren dürfte beispielsweise direkte Folgen für die Wintertourismusinfrastrukturen wie auch die menschlichen Siedlungsräume haben, von denen die Fremdenverkehrsaktivitäten ausgehen. Zugleich bestehen zwischen diesen beiden Bereichen aber auch einige offensichtliche Unterschiede. Während der Klimawandel deutlich erkennbare Auswirkungen auf die Schneesicherheit der Skigebiete hat, sind seine Konsequenzen im Hinblick auf ein breites Spektrum in den Alpen bereits existierender Naturgefahren wesentlich komplexer. Und während es sich bei der Anpassung im Wintertourismus weitgehend um einen autonomen, kontextspezifischen und in erster Linie vom privaten Sektor eingeleiteten Prozess handelt, werden jegliche Reaktionen auf die Auswirkungen des Klimawandels auf die Naturgefahren mit ziemlicher Sicherheit die Mitwirkung öffentlicher Stellen notwendig machen, ein wesentlich größeres Maß an Koordination und Planung erfordern und zudem zu bereits existierenden Politiken und Maßnahmen in diesem Bereich hinzugefügt werden müssen. Gleichzeitig kommt dem privaten Sektor auch hier eine wichtige Rolle zu, vor allem der Versicherungs- und Rückversicherungsbranche.

Die vorliegende Analyse bietet zunächst einen Überblick über Naturgefahren und Vulnerabilitäten im Alpenbogen. Anschließend werden wichtige wetter- und klimabezogene Gefahren erörtert, wobei auf die potenziellen Implikationen des Klimawandels eingegangen wird. Im nächsten Teil der Analyse werden die Konsequenzen der Anpassung an den Klimawandel für das Naturgefahrenmanagement in drei Alpenländern untersucht: Frankreich, Schweiz und Österreich. Dabei gilt das Augenmerk sowohl dem bereits bestehenden Rahmen für das Naturgefahrenmanagement und den entsprechenden Versicherungsmechanismen als auch allen etwaigen zusätzlichen Maßnahmen, die zur Bewältigung der aus dem Klimawandel erwachsenden neuen Risiken notwendig sein könnten.

1. Naturgefahren in den Alpen: Überblick und Folgen des Klimawandels

Naturgefahren sind in den Alpenländern ein inhärentes Problem (Abb. 8), das erhebliche Auswirkungen auf die dortige Gesellschaft und Wirtschaft hat. Im Zeitraum 1982-2005 verursachten Naturgefahren wirtschaftliche Einbußen in Höhe von 57 Mrd. Euro (Abb. 9), wobei die umfangreichen Investitionen der Alpenländer in Schutz- und Verhütungsmaßnahmen noch nicht mitgerechnet sind. Diese Gefahren sind stark von natürlichen und klimatischen Faktoren abhängig, wie Niederschlagsmenge, Temperaturen, Hangneigung und Biomassendecke. Folglich reagieren sie – in unterschiedlichem Umfang – auf den Klimawandel. Im vorliegenden Bericht werden sechs Arten von Naturgefahren untersucht: Hochwasser, Stürme, Massenbewegungen, Lawinen, Permafrost- und Gletschergefahren sowie Waldbrände. Ausgewählt wurden diese Naturgefahren wegen ihrer gesellschaftlichen Auswirkungen auf die Alpenländer wie auch ihrer Reagibilität gegenüber Klimaveränderungen.

Abbildung 8 **Katastrophen und Schadensereignisse in den Alpen, 1980-2005**



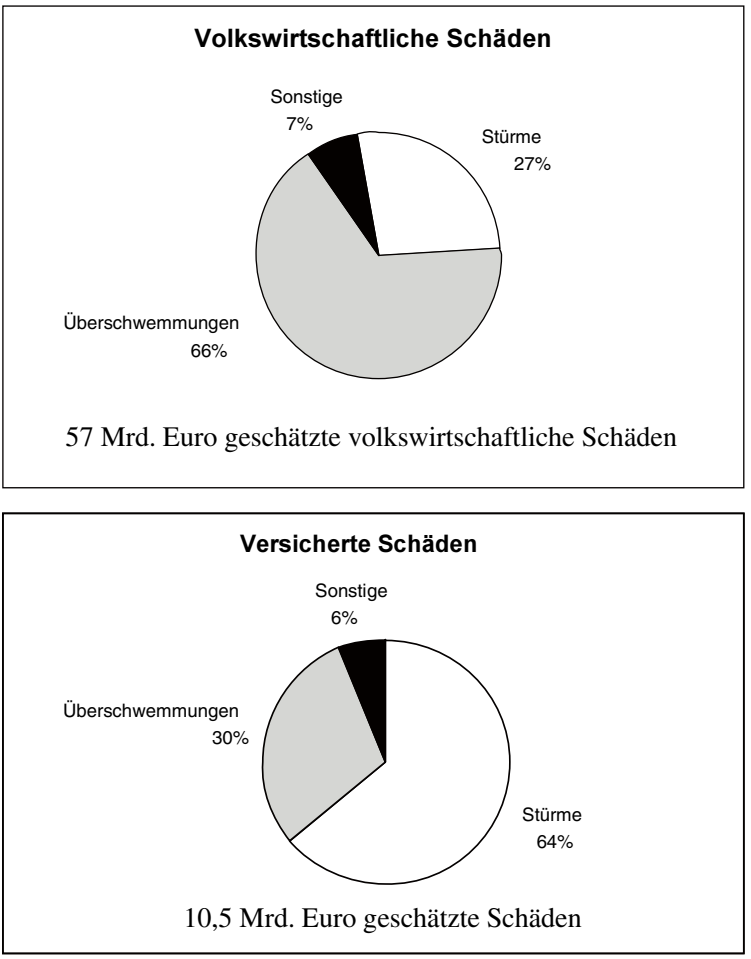
Quelle: Gestützt auf eine Unterlage der Münchner Rück, GeoRisikoForschung © 01/2006 NatCatSERVICE ®.

1.1 Hochwasser

Überschwemmungen werden durch das Zusammenwirken von extrem starken Regenfällen, einer hohen Wassersättigung im Boden und Schneeschmelze verursacht, das zur Folge hat, dass Flüsse und Bäche plötzlich erheblich anschwellen und enorme Wassermengen transportieren. Sturzfluten in Gebirgsregionen sind unvermittelt eintretende, heftige Ereignisse, bei denen Material wie Holz, Schlamm und Geröll mitgerissen werden kann. Durch ihre große Geschwindigkeit führen diese Gebirgsphänomene häufig zu einer Erosion der Ufer, wodurch sich die Geröllkonzentration in den Gewässern erhöht und Murgänge bzw. Schlammlawinen ausgelöst werden können. Die mangelnde Pflege der Wasserläufe, die Betonierung der Ufer und die Bodenversiegelung in städtischen Gebieten sind weitere Faktoren, die die Hochwassergefahr erhöhen.

Von allen in den Alpen existierenden Naturgefahren sind Überschwemmungen diejenigen, die die größten volkswirtschaftlichen Schäden verursachen (Abb. 9), und viele der am dichtesten besiedelten Gebiete der Alpen wurden in den letzten Jahren von schweren Hochwassern heimgesucht (Anhang 5). Bei Sturzfluten ist die Vorwarnzeit häufig kurz, und eine Evakuierung nicht immer möglich. Die Wasserfluten und die Geröllmassen, die sie u.U. mit sich führen, können Gebäude und Infrastrukturen niederreißen, z.B. Straßen und Schienenwege, so dass es zu Verkehrsstörungen kommen kann. Die Ablagerung kleinerer Sedimente kann zudem mit hohen Reinigungskosten verbunden sein und Ernteschäden verursachen. Überschwemmungen können außerdem erhebliche Umweltfolgen haben, wenn Chemikalienbestände von den Wassermassen erfasst werden.

Abbildung 9 **Volkswirtschaftliche und versicherte Schäden infolge von Naturgefahren in den Alpen, 1980-2005**



Quelle: Angaben der Münchner Rück, GeoRisikoForschung © 01/2006 NatCatSERVICE ®.

Derzeit lässt sich noch kein alpenweiter Trend in Bezug auf die Häufigkeit von Überschwemmungen bestimmen, und es ist nach wie vor ungewiss, ob besonders extreme Hochwasserereignisse (wie z.B. in Österreich und in der Schweiz 2002 und 2005) in vollem Umfang auf natürliche Schwankungen zurückzuführen sind oder ob der Klimawandel u.U. mitverantwortlich ist. Hinsichtlich der Gesamttrends war im Zeitraum 1901-1994 jedoch in weiten Teilen der Schweizer Alpen eine deutliche Zunahme der intensiven Herbst- und Winterniederschläge mit einer Wiederkehrperiode von 30 Tagen zu beobachten (Frei und Schär, 2001).

In Klimawandelszenarien kann die Häufigkeit von Überschwemmungen durch den Anstieg der Nullgradgrenze beeinflusst werden[1], durch den sich die Abflussspitze erhöhen dürfte, weil ein größerer Teil der Niederschläge als Regen fallen wird (OcCC, 2003). Eine Untersuchung über das Rheinbecken kam ebenfalls zu dem Schluss, dass sich durch den Klimawandel die Spitzenabflussmengen im Winter im Alpenraum erhöhen werden (Middelkoop et al., 2001). Im Winter könnten die stärkeren Regenfälle in Kombination mit der geringeren Wasserdurchlässigkeit gefrorener Böden zu einem Anstieg der Wahrscheinlichkeit von Überschwemmungen beitragen. Der Effekt von Veränderungen der Schneedeckenhöhe auf Frühjahrshochwasser ist allerdings unsicher (OcCC, 2003); durch die Verschiebung der Niederschläge in die Winterperiode dürfte sich jedoch die Häufigkeit von Sturzfluten in höheren Lagen insofern verringern, als mehr Niederschläge als Schnee fallen werden im Vergleich zu entsprechenden Ereignissen, wenn diese später im Frühjahr oder im Sommer eintreten (Beniston, 2006). Im Sommer wird die Gesamtniederschlagsmenge voraussichtlich abnehmen, dabei könnte sich aber die Häufigkeit extremer Niederschlagsereignisse erhöhen. Der Effekt des Klimawandels auf Überschwemmungen infolge von Sommergewittern ist derzeit noch nicht bekannt (OcCC, 2003). Letztlich dürfte der Klimawandel in einer Entwicklung hin zu stärkeren Niederschlägen im Winter resultieren, was wohl mit einem Anstieg der Häufigkeit von Überschwemmungen in niedrigeren Lagen und einem Rückgang in höheren Lagen verbunden sein wird.

1.2 Stürme

Die meisten Teile des Alpenbogens sind der Bedrohung von Winterstürmen, wie Vivian und Lothar (1999), ausgesetzt. Stürme können große Schäden an Sachwerten, Infrastrukturen und Wäldern anrichten, was vor allem für das Versicherungsgewerbe und die Forstwirtschaft erhebliche ökonomische Folgen hat. Solche Stürme erklären sich aus intensiven Tiefdrucksystemen, starken Temperaturgradienten sowie der Zyklonaktivität über dem Nordatlantik. Die Zusammenhänge mit dem NAO-Index wurden bislang indessen noch nicht formell bestimmt (OcCC, 2003). Sommerstürme im Alpenraum hängen andererseits häufig mit dem Föhn[2] zusammen und betreffen daher hauptsächlich die Nordalpen. Stürme sind die zweitwichtigste Ursache volkswirtschaftlicher Schäden und die wichtigste Ursache versicherter Schäden im Zusammenhang mit Naturgefahren im Alpenbogen (Abb. 9). Bei Extremereignissen sind die Folgen am stärksten, da Sturmschäden im Verhältnis zur maximalen Windgeschwindigkeit nichtlinear steigen (Klawa und Ulbrich, 2003).

Unter dem Einfluss des Klimawandels könnten die Stürme durch Veränderungen der Luftdruck- und Temperaturgradienten sowie eine Beschleunigung der atmosphärischen Strömung verstärkt werden. In Bezug auf Föhnstürme sind die Effekte des Klimawandels noch unklar (OcCC, 2003). Was die Winterstürme anbelangt, deuten die Szenarien jedoch auf die Möglichkeit intensiverer Ereignisse in Westeuropa hin (OcCC, 2003). Laut einer neueren Untersuchung der SwissRe ist in Europa mit einer

1. Höhe, auf der die Temperatur auf 0°C sinkt.
2. Der Föhn ist ein warmer, trockener und häufig starker Wind in den Nordalpen. Er kann innerhalb weniger Stunden einen plötzlichen, drastischen Temperaturanstieg verursachen.

Erhöhung der Frequenz und Intensität der Stürme zu rechnen. Für die Schweiz wird eine durchschnittliche Zunahme der jährlichen volkswirtschaftlichen Schäden um 19% im Zeitraum 1975-2085 erwartet (SwissRe, 2006).

1.3 Lawinen

Zu Lawinen kommt es an Steilhängen, wobei heftige Schneefälle in Regionen über 1 200 m der wichtigste klimatische Faktor sind, der sich auf die Lawinenhäufigkeit auswirkt (OcCC, 2003). Lawinen entstehen durch Risse in der Schneedecke, die durch von Skiläufern, Tieren oder Stein- bzw. Eisschlägen ausgehende Vibrationen hervorgerufen werden können. Lawinen können äußerst heftig sein und nicht nur auf Grund des schieren Gewichts und Volumens der Schneemassen, sondern auch des verschiedenen Materials, das sie mit sich führen (Eis, Geröll, Baumstämme usw.), umfangreiche Schäden verursachen. Die am stärksten betroffenen Regionen sind Hochlagen, wie in den französischen und Schweizer Alpen oder in Westösterreich. In den letzten dreißig Jahren forderten Lawinen jährlich durchschnittlich 100 Menschenleben (EEA, 2003). Bei den Opfern handelt es sich hauptsächlich um Skifahrer. Große Lawinen mit mehreren Kilometer langen Sturzbahnen können außerdem in den tiefer liegenden Wald- und Siedlungsgebieten schwere Zerstörungen anrichten. In den 19 Schweizer Kantonen, in denen die Gebäudeversicherung bei der öffentlichen Hand liegt, verursachten Lawinen im Zeitraum 1995-2005 versicherte Schäden in Höhe von rd. 70 Mio. Euro (110 Mio. sfr)[3]. Ein gutes Beispiel ist die Lawine, die 1999 im französischen Montroc mit ungefähr 300 000 m^3 Schnee abging und 12 Menschen tötete, 20 andere verletzte und 14 Chalets niederriss (Glass et al., 2000).

In Bezug auf die Häufigkeit und Zahl der Lawinen in den Alpen während der letzten hundert Jahre konnten keine klaren Trends identifiziert werden. In der Schweiz, wo in den neunziger Jahren eine langsame tendenzielle Abnahme der Schneedecke zu verzeichnen war, sind die Implikationen hinsichtlich der Lawinenhäufigkeit nach wie vor unklar. In einigen Regionen, vor allem in höheren Lagen, könnte sich die Schneedecke unter dem Einfluss des Klimawandels infolge der stärkeren Niederschläge im Winter erhöhen. Nimmt die Häufigkeit heftiger Schneefälle zu, könnte auch die Gefahr extremer Lawinen steigen. In niedrigeren Lagen ist nicht mit einer Zunahme des Lawinenrisikos zu rechnen (OcCC, 2003).

1.4 Massenbewegungen

Massenbewegungen wie Erdrutsche, Schlammlawinen und Steinschläge sind mit dem Sturz bzw. Abrutschen großer Mengen an Fels- und/oder Lockergestein verbunden. Einige von ihnen können plötzlich eintreten, wie Steinschläge und Schlammlawinen, andere kündigen sich durch klare Warnsignale im Voraus an und entwickeln sich über lange Zeiträume hinweg (z.B. Felsstürze, tiefgründige Rutschungen oder Bodenkriechen). Zu Massenbewegungen kommt es zumeist auf Grund von Hanginstabilitäten und Verwitterung, bedingt durch Phänomene wie Zersetzung und Erosion. Begünstigt werden Massenbewegungen häufig durch eine starke Sättigung des Bodens mit Wasser infolge von heftigen Regenfällen oder Schneeschmelze.

3. Gemeinschaftsunternehmen der kantonalen Gebäudeversicherungen, *www.kgvonline.ch.*

Massenbewegungen können eine Bedrohung für Menschen und Sachwerte darstellen: Steinschlag kann Menschen das Leben kosten, während Felsstürze große Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen anrichten können. In den 19 Schweizer Kantonen, in denen die Gebäudeversicherung bei der öffentlichen Hand liegt, verursachten Massenbewegungen im Zeitraum 1995-2005 versicherte Schäden in Höhe von über 21 Mio. Euro (33 Mio. sfr)[4]. Eine weitere Form von Massenbewegungen ist das Quellen und Schwinden von Lehmböden, zu dem es infolge von Dürreperioden kommt und das Schäden an Baufundamenten hervorruft. Im französischen Departement Alpes-Maritimes entwickelte sich dieses Phänomen in den letzten Jahren zum kostspieligsten Naturgefahrenfaktor (Prudent, 2006).

In Bezug auf die Häufigkeit von Massenbewegungen lassen sich einige aktuelle Trends identifizieren. In den niedrigeren Lagen (< 2 200 m) der französischen Alpen hat sich die Zahl und die Häufigkeit von Murgängen von weniger als 400 m Länge seit den achtziger Jahren deutlich verringert (Jomelli et al., 2004). Die Zusammenhänge zwischen den Massenbewegungen und dem Klimawandel sind komplex, da sich verschiedene Faktoren auf ihre Häufigkeit auswirken könnten. Zunehmende Niederschläge im Winter, die für ein größeres Wasserangebot sorgen, könnten die Hangstabilität verringern und die Frequenz der Massenbewegungen verstärken. Durch den Anstieg der Baumgrenze könnten jedoch zugleich Gelände stabilisiert werden, die zuvor nicht bewachsen waren. In Klimawandelszenarien nehmen Häufigkeit und Ausmaß von Erdrutschen und Murgängen infolge heftigerer Niederschläge in den Sommermonaten zu. Auf Grund von Veränderungen des Tauprozesses im Frühjahr wird es voraussichtlich auch häufiger zu Steinschlägen und Felsstürzen kommen[5]. Die Häufigkeit von Massenbewegungen dürfte sich in den verschiedenen Alpenregionen jedoch nicht einheitlich entwickeln. In den Südalpen wird der Klimawandel wohl zu etwas weniger Massenbewegungen führen, da der Effekt intensiverer Niederschläge durch ein trockeneres Klima ausgeglichen wird (Bathurst et al., 2005).

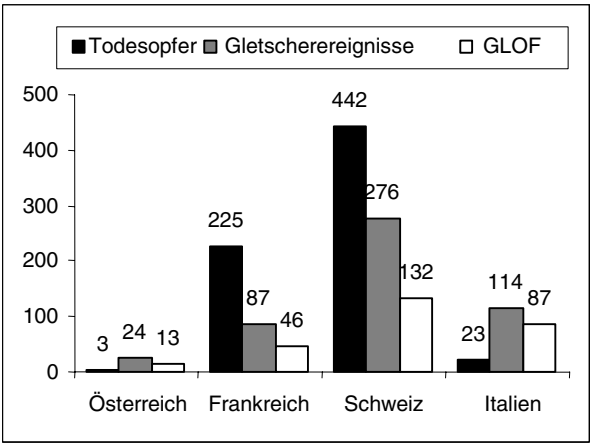
1.5 Gletscher- und Permafrostgefahren

Die Entwicklung der Gletscher ist mit großen Eismassenbewegungen verbunden, die Infrastrukturschäden verursachen können (z.B. an Skilifts); Veränderungen der Gletschersysteme können aber auch zu verheerenderen Ereignissen führen, wie Gletscherseeausbrüchen (*glacial lake outburst floods* – GLOF) oder Eislawinen. GLOF können sich zudem in Murgänge verwandeln. Die Entwicklung der Gletscher wirkt sich in den Sommermonaten auch auf Flüsse und Bäche aus, die in warmen Sommern infolge des schmelzenden Schnees mehr Wasser führen können. Langfristig wird der Rückgang der Gletschermasse jedoch in einer Verringerung der Abflussmenge im Sommer resultieren. Eine Destabilisierung von Fels- oder Lockergestein infolge des Auftauens der Permafrostböden kann allerdings ebenfalls Steinschläge und Murgänge verursachen. Dabei sind auch Kettenreaktionen möglich und können verschiedene Gefahren zusammenwirken, z.B. wenn Felsstürze GLOF oder Lawinen auslösen.

4. Gemeinschaftsunternehmen der kantonalen Gebäudeversicherungen, *www.kgvonline.ch*.
5. Markus Stoffel, Université de Fribourg, persönliche Mitteilung.

Abbildung 10 **Todesopfer, Gletscherereignisse und GLOF in Frankreich, Italien, Österreich und der Schweiz**

(Sämtliche dokumentierten Ereignisse, von ungefähr 1600 bis 2000)



Quelle: *http://glaciorisk.grenoble.cemagref.fr*.

GLOF sind auf Grund der großen Wasservolumen und des Umfangs der betroffenen Flächen die Geltschergefahren, die das größte Zerstörungspotenzial besitzen. Glücklicherweise bilden sich Gletscherseen üblicherweise nur langsam, so dass ihre Entwicklung überwacht werden kann (Kääb et al., 2005). Seen, die sich im Inneren von Gletschern bilden, sind jedoch nicht sichtbar; es ist weitaus weniger über sie bekannt, und ihre Überwachung ist schwieriger. Eislawinen treten wesentlich unvermittelter ein, wirken sich aber auf weniger große Gebiete aus. Allerdings können sie Kettenreaktionen mit weiter reichenden Konsequenzen auslösen[6]. Die höheren Lagen der Schweiz, Frankreichs und Italiens sind am stärksten von Gletschergefahren bedroht (Abb. 10).

Unter der Annahme einer Erwärmung um 2-4°C werden bis 2100 weltweit 30-50% der derzeitigen Gletscher verschwunden sein (Beniston, 2003). Neuere Untersuchungen für die Schweizer Alpen ergaben, dass bei einer Erwärmung um 5°C bis 2100 fast alle Alpengletscher verschwinden könnten (Zemp et al., 2006). Die Häufigkeit von GLOF könnte zunehmen, weil diese wärmeren Temperaturen und der Rückzug der Gletscher die Entstehung von Gletscherseen begünstigen. In Klimawandelszenarien wird „der auftauende Permafrost in den Felswänden wahrscheinlich immer wieder zu ausgedehntem Steinschlag und geotechnischen Problemen mit menschlichen Infrastrukturen führen“ (Gruber et al., 2004). In Gletscher- und Permafrostgebieten ist infolge des wärmeren Klimas insgesamt mit einer Verringerung der Hangstabilität und einer Erhöhung des Risikos von Massenbewegungen zu rechnen.

6. Wilfried Haeberli, Universität Zürich, persönliche Mitteilung.

In einigen Alpenregionen wurde eine Zunahme der Zahl der Massenbewegungen in Permafrost- und Gletschergebieten verzeichnet. Im Schweizer Kanton Wallis ist beispielsweise die Zahl der von Gletschern ausgehenden Muren gestiegen (OcCC, 2003). Der ungewöhnlich warme Sommer 2003 war auf Grund der Eisschmelze in Felslücken mit außergewöhnlich starken Steinschlägen verbunden (Gruber et al., 2004). Diese Gefahren hängen direkt mit dem Abschmelzen der Gletscher und dem Auftauen der Permafrostböden zusammen, den wohl deutlichsten Zeichen des Klimawandels. Eine neuere Studie zeigte jedoch, dass die Häufigkeit von Murgängen aus Permafrostgebieten am Ritigraben (Schweizer Alpen) abgenommen hat, diese geringere Häufigkeit kann allerdings auch mit einer größeren Intensität dieser Phänomene einhergehen, bedingt durch die Ansammlung größerer Mengen an Material in der Zwischenzeit (Stoffel und Beniston, 2006).

1.6 Waldbrände

Wie günstig die Bedingungen für den Ausbruch von Waldbränden sind, hängt zu großen Teilen von den klimatischen Variablen und der Biomassendecke ab, die auch durch menschliche Aktivitäten beeinflusst wird. Hohe Temperaturen, Dürreperioden, Winde (Föhn) und Gewitter sind klimatische Faktoren, die direkt mit Waldbränden in Verbindung gebracht werden können. Häufig ist es jedoch menschliche Aktivität, die Waldbrände auslöst. Am stärksten betroffen sind auf Grund klimatischer und ökologischer Faktoren die niedrigeren Lagen auf der Alpensüdseite (FAO, 2001; OcCC, 2003).

Waldbrände haben selbstverständlich direkte Auswirkungen auf Waldflächen und Wirtschaftszweige, die von ihnen leben, wie Sommertourismus und Forstwirtschaft. Gebiete von besonderem ökologischen Interesse sind aber ebenfalls betroffen. Zudem können Gebäude und Infrastrukturen in Waldnähe zu Schaden kommen. Zwar kommt es gelegentlich zu Menschenopfern, durch Evakuierungs- und Rettungspläne kann diese Gefahr im Allgemeinen jedoch minimiert werden.

Durch den Klimawandel könnte sich die Gefahr von Waldbränden erheblich erhöhen. In einigen Alpenregionen ist bereits eine tendenzielle Zunahme festzustellen. Reinhard et al. (2005) weisen auf eine durch Dürreperioden bedingte Erhöhung der Brandgefahr im Südteil der Schweizer Alpen im Zeitraum 1971-2005 hin. Auch auf der Alpennordseite des Kantons Wallis nahm die Anzahl der Waldbrände und die verbrannte Fläche in den neunziger Jahren im Vergleich zu früheren Jahrzehnten um einen Faktor von 3-4 zu (OcCC, 2003). Im französischen Departement Alpes-Maritimes war im Zeitraum 1973-2005 demgegenüber eine tendenzielle Abnahme der von Waldbränden betroffenen Gebiete festzustellen[7]. Im Kontext des Klimawandels wird damit gerechnet, dass die potenzielle Zunahme der Sommerstürme zu einer Erhöhung der Waldbrandgefahr führen könnte. Im Südteil der Alpen würden die Bedingungen für den Ausbruch von Waldbränden auf Grund des erwarteten Temperaturanstiegs und der möglichen Zunahme heftiger Windböen und Dürreperioden günstiger (OcCC, 2003).

7. Promethee-Datenbank, *www.promethee.com*.

2. Synthese der wichtigsten Vulnerabilitäten und Implikationen für den Anpassungsprozess

Inwieweit geeignete Anpassungsmaßnahmen für die Auswirkungen des Klimawandels auf die Naturgefahren notwendig sein werden, hängt sowohl von der Stärke des Zusammenhangs zwischen dem Klimawandel und den jeweiligen Naturgefahren als auch von der Gesamtbedeutung der einzelnen Gefahren selbst ab. Tabelle 6 liefert eine auf der Analyse des vorherigen Abschnitts aufbauende, subjektive Übersicht über die Zusammenhänge zwischen bestimmten Naturgefahren und dem Klimawandel sowie die geographische und wirtschaftliche Bedeutung der jeweiligen Gefahren.

Wie aus Tabelle 6 ersichtlich, haben viele Naturgefahren, die stark mit dem Klimawandel zusammenhängen, effektiv nur relativ geringe bzw. mittelschwere wirtschaftliche Konsequenzen. Die deutlichsten Auswirkungen des Klimawandels auf die Naturgefahren sind in Gletscher- oder Permafrostgebieten zu beobachten. Aus *nationaler* Sicht haben die aus diesen Gefahren resultierenden Schäden nur begrenzte wirtschaftliche Bedeutung, weil die Regionen, die von ihnen betroffen sind, in der Regel weit entlegen und dünn besiedelt sind. Für die *örtlichen* Gemeinden sind diese Schäden jedoch wesentlich schwerwiegender, zumal sie indirekte negative Auswirkungen auf die Fremdenverkehrsindustrie haben können.

Tabelle 6 **Auswirkungen des Klimawandels auf die Naturgefahren im Alpenbogen**

Veränderung der Naturgefahren	Wahrscheinlichkeit der projizierten Veränderungen	Am stärksten betroffene Regionen	Wirtschaftliche Bedeutung
Permafrostgefahren: Zunahme der Häufigkeit von Felsstürzen und des Ausmaßes der Murgänge	Sehr hoch	Höhere Lagen, Fremdenverkehrsgebiete	Gering
GLOF: Zunahme der Häufigkeit	Sehr hoch	Höhere Lagen, Fremdenverkehrsgebiete	Gering
Sonstige Gletschergefahren: Zunahme von Häufigkeit und Intensität	Hoch	Höhere Lagen, Fremdenverkehrsgebiete	Gering
Winterhochwasser: Zunahme von Intensität und Häufigkeit	Mittel	Niedrigere Lagen, dicht besiedelte Gebiete	Sehr hoch
Stürme: Zunahme von Intensität und Häufigkeit	Mittel	Alpenbogen, dicht besiedelte Gebiete	Sehr hoch
Felsstürze: Zunahme der Häufigkeit	Mittel	Niedrigere bis mittlere Lagen	Mittel
Waldbrände: Zunahme der Ereignisse in den Südalpen	Mittel	Niedrigere bis mittlere Lagen der Südalpen	Mittel
Erdrutsche und Murgänge: Zunahme von Häufigkeit und Ausmaß	Mittel/gering	Niedrigere bis mittlere Lagen	Mittel
Lawinen: Zunahme von Häufigkeit und Ausmaß in höheren Lagen	Gering	Höhere Lagen, Fremdenverkehrsgebiete	Mittel

Bei den Gefahren, deren wirtschaftliche und gesellschaftliche Folgen wesentlich größer sind, wie Hochwasser- und Sturmkatastrophen, sind die Zusammenhänge mit dem Klimawandel demgegenüber komplexer und weniger sicher. Trotz der Unsicherheit über die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf Überschwemmungen und Winterstürme sollten die mit diesen Veränderungen verbundenen Risiken ernst genommen werden, vor allem in Anbetracht der wirtschaftlichen Bedeutung solcher Ereignisse und der zunehmenden Bedrohung, die sie infolge demographischer, landnutzungsbezogener und sonstiger Belastungen für die Gesellschaft der Alpenländer darstellen.

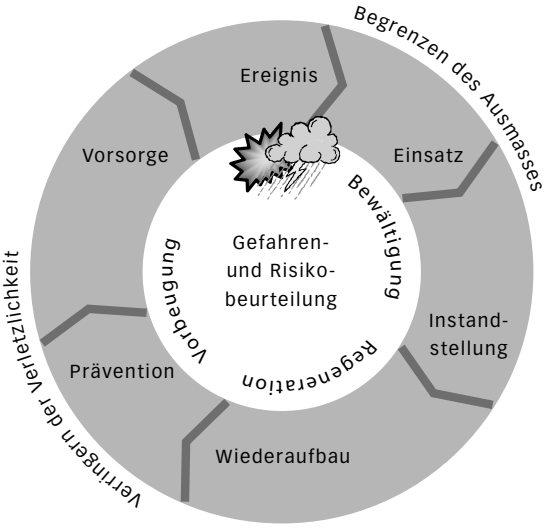
Wie lassen sich die Risiken des Klimawandels im Umgang mit Naturgefahren in den Alpen also am besten berücksichtigen? Gestützt auf die obige Diskussion bedarf es hier ganz klar eines mehrgliedrigen Ansatzes. Als natürlicher Ausgangspunkt bieten sich dabei erstens die institutionellen Strukturen und Risikotransfermechanismen an, die in den Alpenländern bereits für Naturgefahren existieren. Der Klimawandel und dessen (wenn auch ungewisse) Auswirkungen sind ein Grund mehr, für eine Effizienzverbesserung dieser Strukturen und Mechanismen zu sorgen. Zweitens wird es auf Grund des Klimawandels u.U. nötig sein, die bestehenden Mechanismen vorausschauender auszurichten, damit auch zu erwartende Risiken berücksichtigt werden können, und sie flexibler zu gestalten, um die Einbeziehung neuer Informationen zu sich ändernden Risiken zu ermöglichen. In bestimmten Fällen, in denen sich die Klimarisiken rasch wandeln, z.B. bei Permafrost- und Gletschergefahren, bestünde eine effektive Anpassungsstrategie drittens in der Einrichtung von Mechanismen für eine aktive Überwachung dieser Risiken. Viertens stellt der Klimawandel in einer begrenzten, aber wachsenden Zahl von Fällen bereits eine konkrete Bedrohung für Menschen und Infrastrukturen dar. Dort bedarf es *Nischenprojekten*, mit denen diese wachsenden Risiken proaktiv eingedämmt werden können.

In den folgenden Abschnitten werden die verschiedenen Elemente dieses mehrgliedrigen Ansatzes besprochen, mit dem den Auswirkungen des Klimawandels auf die Naturgefahren begegnet werden soll: Nutzung von bestehenden Rahmen für das Naturgefahrenmanagement und Risikotransfermechanismen, flexiblere und vorausschauendere Gestaltung der existierenden Mechanismen, aktives Monitoring sich wandelnder Klimarisiken und Umsetzung von Nischenprojekten zur Bewältigung unmittelbarer Gefahren im Zusammenhang mit dem Klimawandel.

3. Nutzung existierender Mechanismen für das Naturgefahrenmanagement und den Risikotransfer

Die Alpenländer waren immer schon der Bedrohung von Naturgefahren ausgesetzt. Um diese Phänomene in den Griff zu bekommen, setzen Gemeinwesen und Behörden eine Vielzahl wirtschaftlicher, juristischer und technischer Instrumente ein, die sich auf verschiedene Phasen des Risikokreislaufs beziehen (vgl. Abb. 11). Die Vorsorge umfasst Maßnahmen wie Frühwarnsysteme, Planung von Rettungsaktionen, Evakuierungen und vorübergehende Umsiedlungen. Verhütungs- und Schutzmaßnahmen können zur Begrenzung der Gefahrenexposition beitragen. Diese Maßnahmen haben häufig verschiedene ökonomische, soziale und ökologische Vor- und Nachteile. Schutzmaßnahmen können zwar die Gefahrenexposition reduzieren, sie können aber auch zu Nachlässigkeit und einer

Abbildung 11 **Der Risikokreislauf**



Quelle: Schweizer Bundesamt für Raumentwicklung (2006).

Abnahme des Risikobewusstseins führen und zugleich die Gefahrenlage durch die Förderung der Entwicklung geschützter Zonen erhöhen. Über die Raumplanung wird demgegenüber versucht, Schäden durch die Steuerung oder Verringerung der Gefahrenexposition zu reduzieren. Die langfristigen Vorteile der Raumplanung stehen jedoch häufig mit kurzfristigen lokalen wirtschaftlichen Interessen in Konflikt, da sie die Möglichkeiten der Raumnutzung einschränkt. Zudem bedarf es großer Präzision bei der Abgrenzung der Gefahrenzonen, weil die Gefahrenexposition über kurze Entfernungen stark schwanken kann und der verfügbare Lebensraum in Gebirgsregionen sehr begrenzt ist. Ein effizientes Gefahrenmanagement durch Raumplanung kann daher politisch schwer durchzusetzen sein. Der Ausgleich der finanziellen Belastung durch Versicherungssysteme ist ebenfalls ein wichtiger Bestandteil des Gefahrenmanagements, weil er die Widerstandsfähigkeit der Gemeinwesen erhöht. Das große Ausmaß der möglichen Schäden und die Tatsache, dass sie häufig miteinander verknüpft sind, können in Kombination mit dem Mangel an leicht erhältlichen Informationen über die Gefahrenexposition jedoch ein Problem darstellen und die Versicherbarkeit beschränken.

3.1 Nationale Rahmen für das Naturgefahrenmanagement

Die Rahmen für das Naturgefahrenmanagement der verschiedenen Alpenländer weisen mehrere Gemeinsamkeiten auf, unterscheiden sich aber auch in Bezug auf ihre Governance-Strukturen, die Einbeziehung der betroffenen Akteure in das Gefahrenmanagement sowie den Aktionsradius und die Wirksamkeit der vorgesehenen Maßnahmen. In diesem Abschnitt werden diese Rahmen kurz untersucht, wobei jeweils auf einige ihrer Stärken und Schwächen eingegangen wird.

3.1.1 Österreich

In Österreich teilen sich Bund, Länder und Gemeinden die Zuständigkeiten für das Naturgefahrenmanagement. In der Praxis fallen Raumplanung, Intervention, Krisenmanagement und Notfallhilfe in den Zuständigkeitsbereich der Länder und Gemeinden. Die Bundesebene unterstützt sie dabei durch Beratung, Fachwissen sowie Planung und Finanzierung verschiedener Aktivitäten im Bereich des Gefahrenmanagements. Eine führende Rolle im Naturgefahrenmanagement übernehmen u.a. das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und dessen verschiedene Dienststellen.

Der Forsttechnische Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV) ist für die Planung und Umsetzung technischer und biologischer Eindämmungs-/Schutzmaßnahmen zuständig, was auf Seiten der Bundeswasserbauverwaltung (BWV) durch die Einrichtung von Hochwasserschutzmaßnahmen unterstützt wird. Diese Maßnahmen werden von den Gemeinden und dem Katastrophenfonds finanziert, der in den Zuständigkeitsbereich des Bundesministeriums für Finanzen fällt. Der Katastrophenfonds investiert jährlich rd. 150 Mio. Euro in vorbeugende Maßnahmen[8].

Gefahrenkarten werden von Bundesdienststellen, d.h. der WLV und der BWV, in Zusammenarbeit mit den nachgeordneten Gebietskörperschaften und den betroffenen Gemeinden erstellt. 2005 lagen solche Gefahrenkarten je nach Bundesland für 30-100% der Gefahrenzonen vor. Mit einer kompletten Kartierung der Gefahrenzonen wird für 2010 gerechnet (BMLFUW, 2005). Diese Gefahrenkarten sind nicht rechtsverbindlich. Die Regeln für die Raumplanung werden von den Ländern festgelegt und beschränken sich im Allgemeinen auf nicht rechtsverbindliche Empfehlungen für die Kommunen. Bei der Umsetzung dieser Empfehlungen haben die Kommunen allerdings häufig die Attraktivität ihrer Gemeinde in den Vordergrund gestellt, was zu Mängeln in der Planung führte (BMLFUW, 2004). Das BMLFUW (2004) schreibt dazu im Zusammenhang mit dem Hochwasser von 2002: „Das hohe Schadensausmaß in vielen Bereichen ist zu einem wesentlichen Anteil auch durch die mangelnde rechtliche Verflechtung von Gefahrenzonenplanung und Raumplanung aufgetreten“ (S. 416). 2006 verschärften einige Bundesländer ihre Raumplanungsmaßnahmen, um das Naturgefahrenmanagement zu verbessern. In Niederösterreich wurde für Gebiete, die von Naturkatastrophen mit 100-jähriger Wiederkehrperiode bedroht sind, schlicht und einfach ein Bauverbot verhängt. In Tirol wurde gleichzeitig das Raumordnungsgesetz geändert, um es eindeutiger zu gestalten und die Kriterien für die Ausweisung von Bauland und Gefahrenzonen zu präzisieren, wodurch sich der Spielraum der Gemeinden verringerte[9].

3.1.2 Frankreich

In Frankreich ist das Naturgefahrenmanagement zentralisiert und obliegt größtenteils dem Staat, wobei es in den Zuständigkeitsbereich des Ministeriums für Umwelt und Nachhaltige Entwicklung (MEDD) sowie, in geringerem Maße, des Innenministeriums (MISILL) fällt. Auf lokaler Ebene sind die wichtigsten Akteure im Bereich des Naturgefahrenmanagements die Präfekten, die die Zentralregierung vertreten, sowie die Bürger-

8. Elisabeth Ottawa, Bundesministerium der Finanzen, Österreich, persönliche Mitteilung.
9. Elisabeth Stix, Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK), persönliche Mitteilung.

meister. Innerhalb des Umweltministeriums ist die *Direction de la prévention des pollutions et des risques* (DPPR) für die Ausarbeitung der Politik im Bereich der Naturgefahrenvorsorge zuständig, während die vorbeugenden Maßnahmen selbst auf lokaler Ebene geplant und umgesetzt werden. Die Bürgermeister sind für die Vorsorgemaßnahmen verantwortlich. Nationale öffentliche Agenturen (z.B. MeteoFrance, Cemagref) oder Agenturen der Departements (*Cellules d'analyse des risques et d'information préventive* – CARIP, Risikoanalyse- und Informationszentren) stellen dabei ihre Fachkompetenzen und technische Unterstützung zur Verfügung.

Es gilt darauf hinzuweisen, dass die vorbeugenden Maßnahmen in Frankreich in einem einzigen Politikinstrument zentralisiert sind, dem 1995 eingeführten Risikovorsorgeplan PPR (*Plan de prévention des risques*). Die PPR werden von den einzelnen Gemeinden an die örtlichen Verhältnisse angepasst und müssen vom Präfekt in Zusammenarbeit mit den örtlichen Behörden und der Zivilgesellschaft (z.B. Versicherungen, NRO) aufgestellt und genehmigt werden. Die PPR liefern Informationen durch die Identifizierung von Gefahrenzonen, legen fest, welche Vorsorgemaßnahmen die lokalen Behörden zu treffen haben, und regeln die Nutzung der Gelände und der bereits existierenden Gebäude in diesen Zonen. Ein nationaler Fonds, der Fonds Barnier, unterstützt die Umsetzung der PPR zudem durch verschiedene Maßnahmen (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7 **Vom Fonds Barnier zwischen 2003 und 2005 finanzierte Aktivitäten und Projektionen bis 2007**

Ausgaben (in Mio. Euro)	2003	2004	2005	2006*	2007*
Enteignungen	3.05	1.71	7.98	0.66	0.28
Finanzierung der Ausarbeitung von PPR	8.39	3.47	6.96	16.00	16.00
Vorbeugende Maßnahmen und vorübergehende Evakuierungen	0.01	0.04	14.92	7.10	7.10
Untersuchungen und Planungsarbeiten vor Ort	-	-	6.36	30.00	30.00
Außerordentliche Maßnahmen	5.6	-	-	2.00	5.00
INSGESAMT	17.05	5.22	36.22	57.76	58.38

* Projektionen.
Quelle: MEDD/DPPR.

Im Dezember 2005 hatten über 5 000 Gemeinden einen PPR ausgearbeitet. In den Alpenregionen[10] war jedoch nur in 35% der 2 193 Gemeinden, die Naturgefahren ausgesetzt sind, ein PPR eingeführt bzw. verabschiedet worden, was auf die Notwendigkeit zusätzlicher Unterstützung wie auch einer Beschleunigung der Vorsorgeanstrengungen hindeutet. Die Mehrzahl der Vorsorgepläne der Alpengemeinden bezieht sich auf Hochwasser (92%), gefolgt von Massenbewegungen (56%), Lawinen (26%) und Waldbränden (14%) (vgl. Anhang 6). Erwähnenswert ist ferner, dass die Nichtbeachtung der im jeweiligen PPR vorgesehenen Maßnahmen rechtliche Konsequenzen haben kann, womit eine starke gesetzliche Grundlage für die Umsetzung vorbeugender Maßnahmen

10. Zu den französischen Alpen gehören folgende Departements: Alpes-de-Haute-Provence, Hautes-Alpes, Alpes-Maritimes, Drôme, Isère, Savoie, Haute-Savoie, Var und Vaucluse.

gegeben ist. Fehlender politischer Wille und Schwierigkeiten beim Aufbau einer effizienten Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Regierungsebenen beeinträchtigen jedoch die Anstrengungen der französischen Regierung im Bereich der Naturgefahrenvorsorge (OECD, 2006).

3.1.3 Schweiz

In der Schweiz gibt die Bundesregierung den gesetzlichen Rahmen für das Naturgefahrenmanagement vor und stellt finanzielle und technische Unterstützung zur Verfügung, während die Kantons- und Gemeindeverwaltungen für die operationelle Umsetzung zuständig sind. Die Bundesverfassung sowie die Bundesgesetze über den Wald, den Gewässerschutz und die Raumplanung bilden die wichtigsten gesetzlichen Grundlagen für das Naturgefahrenmanagement. Beim Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) sind das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) sowie das Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) angesiedelt, die beiden wichtigsten für das Naturgefahrenmanagement zuständigen Stellen. Auf operationeller Ebene liegen die meisten Befugnisse im Bereich des Naturgefahrenmanagements bei den Kantonen und Gemeinden. Die Verordnung über den Wald (WaV) schreibt vor, dass die Kantonsverwaltungen ein integrales Naturkatastrophenmanagement unter Berücksichtigung der Interessen der Bewirtschaftung des Waldes, des Wasserbaus, des Natur- und Landschaftsschutzes, der Landwirtschaft und der Raumplanung gewährleisten. Die Kantone sind auch für die Absicherung von Gefahrengebieten zuständig, wobei sie möglichst naturnahe Methoden einsetzen sollen.

Technische und biologische Schutzmaßnahmen werden von den Lokal- und Kantonsverwaltungen in Zusammenarbeit mit Grundeigentümern und Ingenieuren geplant und umgesetzt. Die Bundesbehörden sind an diesem Prozess ebenfalls beteiligt, indem sie Subventionen für Schutzmaßnahmen zur Verfügung stellen und gegebenenfalls bis zu 50% der Kosten tragen. Vorbeugende Maßnahmen zum Schutz einzelner Güter fallen jedoch in den Zuständigkeitsbereich der Eigentümer, bei dem es sich um Private oder um öffentliche Einrichtungen handeln kann.

Die Verordnung über den Wald verlangt, dass die Kantonsverwaltungen die Grundlagen für den Schutz vor Naturereignissen erarbeiten. Den Schweizer Kantonen steht zu diesem Zweck seit Ende der neunziger Jahre die Datenbank StorMe mit Informationen über Naturereignisse für den Informations- und Erfahrungsaustausch zur Verfügung. Zentrales Element sind die Gefahrenkarten, in denen Gebiete mit erheblicher, mittlerer und geringer Gefährdung abgegrenzt sind. Diese Karten müssen von den Kantonen bei der Ausarbeitung von Raumplanungsmaßnahmen und -vorschriften berücksichtigt werden. In Gebieten mit erheblicher Gefährdung (Verbotszonen, rot) sind Neubauten üblicherweise untersagt; in Gebieten mit mittlerer Gefährdung (Gebotszonen, blau) sind sie nur mit besonderen Auflagen zulässig, und in Gebieten mit geringer Gefährdung (Hinweiszone, gelb) ist nur die Errichtung von Gebäuden mit hohem Schadenspotenzial, z.B. Schulen, verboten. Derzeit ist die Gefahrenkartierung in Bezug auf Lawinen zu 66%, auf Hochwasser zu 30%, auf Felsstürze zu 29% und auf Rutschungen zu 23% abgeschlossen (UVEK, 2006a). Bis 2011 sollen die Gefahrenkarten vollständig vorliegen. Diese Unterlagen sind rechtsverbindlich, was den gesetzlichen Rahmen für die Raumplanung stärkt, weil so eine effiziente Umsetzung gewährleistet ist. Wo dies

der Schutz von Menschen oder erheblichen Sachwerten erfordert, müssen die örtlichen Behörden Frühwarnsysteme einrichten. Dabei werden sie von nationalen Einrichtungen wie dem Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie sowie dem Eidgenössischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung unterstützt.

3.2 Versicherungs- und Risikotransfermechanismen

Versicherungsmechanismen sind ein wichtiges Instrument zur Risikostreuung und Verringerung der finanziellen Folgen von Naturereignissen. Solche Mechanismen spielen eine wichtige Rolle für die Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Klimaschwankungen und Klimawandel. Versicherungsunternehmen können auch einen Beitrag zur Schaffung von Präventionsanreizen leisten, z.B. durch die Umsetzung baugesetzlicher Maßnahmen oder die Ausarbeitung risikodifferenzierter Versicherungsbedingungen. In Österreich, Frankreich und der Schweiz können Sachwerte im Allgemeinen gegen Naturgefahren versichert werden, was dort die Widerstandsfähigkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels erhöht. Zudem hat die EU den Europäischen Solidaritätsfonds eingerichtet, um die grenzüberschreitende Solidarität bei der Bewältigung von Katastrophen zu erhöhen (vgl. Kasten 5). Im Fall einer Zunahme der Schadensvolumen könnte die Versicherbarkeit von Naturgefahren allerdings in Frage gestellt sein. Die Versicherungsunternehmen versuchen daher, effizienter zu arbeiten und für mehr Anreize für die Schadensprävention zu sorgen, um die Belastung der Risikotransfersysteme zu verringern.

Kasten 5 **Der Solidaritätsfonds der Europäischen Union**

Der Europäische Solidaritätsfonds (EUSF) wurde 2002 in Reaktion auf die Hochwasserkatastrophen und -schäden eingerichtet, zu denen es im Sommer desselben Jahres gekommen war. Aus diesem Fonds werden Finanzhilfen an Länder gezahlt, in denen Katastrophen Schäden in Höhe von über 3 Mrd. Euro (zu Preisen von 2002) bzw. mehr als 0,6% des BIP verursachen. In Ausnahmefällen können auch einzelne Regionen aus dem Fonds unterstützt werden, wenn die Mehrheit der Bevölkerung von der Katastrophe betroffen und die wirtschaftliche Stabilität der Region bedroht ist. Die jährliche Gesamtdotation des Fonds beträgt 1 Mrd. Euro. Der Fonds kann zur Deckung der Ausgaben für die Bereitstellung von Notunterkünften, den Wiederaufbau entscheidender Infrastrukturen (Wasser, Energie, Verkehr) und Aufräumarbeiten in den Katastrophengebieten verwendet werden. Österreich erhielt aus dem EUSF beispielsweise 134 Mio. Euro nach dem Hochwasser von 2002 und 14,8 Mio. Euro nach dem Hochwasser von 2005[1].

1. Elisabeth Ottawa, österreichisches Bundesministerium für Finanzen, persönliche Mitteilung.
Quelle: Europäische Kommission, 2005.

3.2.1 Österreich

In Österreich können Naturgefahrenversicherungen auf einem unregulierten Markt bei privaten Versicherungsunternehmen abgeschlossen werden. Versicherungen gegen Naturgefahren, wie Stürme, Schneedruck, Felsstürze und Rutschungen, werden als Deckungserweiterung zu regulären Sachversicherungen ohne Selbstbehalt (volle Deckung) angeboten. Die Versicherungsprämien orientieren sich am erwarteten Gesamtschaden, jedoch ohne räumliche Differenzierung nach Gefahrenexposition. Seit 1995 können Hochwasserversicherungen gesondert abgeschlossen werden, allerdings nur mit begrenzter Versicherungssumme (etwa 3 500-5 000 Euro) und zu hohen Prämien. Ein umfassender Versicherungsschutz gegen Hochwasserschäden ist ferner in Gebieten erhältlich, in denen nicht mit 100-jährlichen Hochwassern zu rechnen ist. Folglich ist die Absicherung gegen Hochwasserschäden nach wie vor begrenzt und kostspielig[11].

Ein großes Hindernis im Bereich der Hochwasserversicherung stellen für die privaten Versicherungsunternehmen in Österreich die Interventionen des Staats dar, der über den Österreichischen Katastrophenfonds Hochwasserschäden erstattet, wodurch sich für den Einzelnen die Anreize verringern, selbst entsprechende Versicherungen abzuschließen. Der öffentliche Sektor spielt eine aktive Rolle bei der Erstattung von Schäden infolge von Naturereignissen. Er kommt aber in der Regel nur für 20-30% der privaten Verluste auf (BMF, 2006). Die entsprechenden Ausgaben werden aus dem Bundeshaushalt (60%) und den Haushalten der Länder (40%) gedeckt. Unter besonderen Umständen kann ein höherer Prozentsatz erstattet werden, wie dies z.B. nach dem Hochwasser von 2002 geschah, als der Erstattungssatz je nach Bundesland zwischen 30% und 67% schwankte (Prettenthaler und Vetters, 2006).

3.2.2 Frankreich

In Frankreich werden Sturm-, Hagel- und Schneeschäden vom privaten Versicherungssektor auf einem regulierten Markt versichert. Durch andere Naturereignisse, wie Hochwasser, Lawinen und Erdrutsche, verursachte Schäden, gelten hingegen als nicht versicherbar und fallen daher in den Rahmen eines öffentlich-privaten Programms (CatNat-System), das von einem öffentlichen Rückversicherungsträger, der *Caisse centrale de réassurance* (CCR), abgesichert wird. Die bestehende Gesetzgebung gewährleistet die Finanzierung des CatNat-Programms durch einen Prämienaufschlag, der auf alle Sachversicherungen in Frankreich erhoben wird. Dieser Prämienaufschlag beläuft sich in allen Regionen einheitlich auf 12%[12] und ist nicht von der jeweiligen Gefahrenexposition abhängig. Da Sachversicherungen in Frankreich Vorschrift sind und jede Eigentumseinheit versichert werden muss, ist eine breite Risikostreuung gewährleistet. Zudem besteht eine direkte Verknüpfung zwischen dem französischen Versicherungsprogramm für Naturkatastrophen und der Umsetzung vorbeugender Maßnahmen. Erstens gehen 2% des Prämienaufschlags an den *Fonds Barnier*, der die Vorsorgeanstrengungen von Gemeinden und Privatpersonen finanziell unterstützt. Zweitens kann die Selbstbeteiligung höher ausfallen, wenn die betroffene Gemeinde nicht über einen PRR verfügt.

11. Gerhard Wagner, UNIQA Versicherungen AG, persönliche Mitteilung.
12. Außer für Kfz-Versicherungen, wo er nur 6% beträgt.

Durch diese Verknüpfungen wird das *Moral-Hazard*-Problem[13] in der Regel verringert, allerdings nicht immer mit dem gleichen Erfolg (Dumas et al., 2005).

3.2.3 Schweiz

In der Schweiz liegt die Versicherung von Gebäuden in 19 Kantonen bei der öffentlichen Hand, die diese Aufgabe über die kantonalen Gebäudeversicherungen (KGV) wahrnimmt, die eine unbegrenzte Schadensdeckung gewährleisten. In den sieben anderen Kantonen werden entsprechende Versicherungen auf einem regulierten privaten Markt angeboten. In den 19 Kantonen, in denen die KGV den Versicherungsschutz übernehmen, ist der Abschluss einer Versicherung gegen Naturgefahren Vorschrift, und in den meisten dieser Kantone ist die Prämienhöhe einheitlich geregelt und nicht von der Gefahrenexposition abhängig. Ein interessantes Merkmal der KGV ist ihre Mitwirkung an der Organisation und Finanzierung von Aktivitäten der Schadensverhütung. Dank ihrer Monopolstellung ist es ihnen möglich, die Kosten ihrer Vorsorgeanstrengungen zu internalisieren, weil sie sie über eine Verringerung der Schadenshöhe und der Schadensforderungen wieder hereinholen können, wobei sie zugleich ein integrales Naturgefahrenmanagement durchführen können (Kamber, 2006; Ungern-Sternberg, 2004). Die KGV können Baunormen und Auflagen für Neubauten in Gefahrenzonen[14] festlegen, um das Schadenspotenzial zu verringern. In Fällen, in denen das Schadenspotenzial durch diese Auflagen nicht hinreichend gesenkt werden kann, können die KGV auch Zusatzprämien verlangen[15].

In sieben Schweizer Kantonen, von denen mehrere in alpinen Regionen liegen, wie das Wallis, das Tessin und Genf, werden Versicherungen gegen Naturereignisse auf einem regulierten privaten Versicherungsmarkt angeboten. Anders als die kantonalen Gebäudeversicherungen bieten die privaten Versicherungsunternehmen nur einen begrenzten Versicherungsschutz an. Obwohl der Abschluss einer Versicherung nicht in all diesen sieben Kantonen Vorschrift ist, sind 95% aller Gebäude versichert. Die Versicherungsprämien unterliegen einer Regulierung und sind einheitlich festgelegt, so dass die besondere Gefährdung einzelner Gebäude bei ihrer Berechnung nicht berücksichtigt wird. Selbstbehalte und Versicherungshöhe sind in den verschiedenen Regionen ebenfalls einheitlich geregelt und somit unabhängig von der Gefahrenexposition[16].

3.3 Beurteilung der bestehenden Mechanismen

Im weltweiten Vergleich verfügen die Alpenländer eindeutig über sehr hohe Anpassungskapazitäten in Bezug auf Naturgefahren. Institutionelle Strukturen und Regelungen für das Naturgefahrenmanagement sind vorhanden, ebenso wie Versicherungsmechanismen, die den Risikotransfer erleichtern. Während bei frühen Anstrengungen zur Gefahrenminderung die Schadensbehebung nach Katastrophen im Vordergrund stand,

13. Der Begriff *Moral Hazard* bezeichnet eine Situation, die durch eine asymmetrische Informationsverteilung entsteht und in der das Vorhandensein von Versicherungs- oder Risikotransfersystemen dazu führt, dass die Versicherten eine größere Gefahrenexposition hinnehmen.
14. Solche Vorschriften und Auflagen gelten zumeist in Gebotszonen (blau, mittlere Gefährdung), in Verbotszonen (rot, erhebliche Gefährdung) sind Neubauten untersagt.
15. Markus Fischer, KGV Graubünden, persönliche Mitteilung.
16. Max Gretener, Schweizer Versicherungsverband, persönliche Mitteilung.

gilt die Aufmerksamkeit in den Alpenländern inzwischen zunehmend der Katastrophenverhütung. Die entsprechenden Maßnahmen sind weitgehend synergetisch und beinhalten eine antizipative Anpassung. Ein weiterer positiver Trend ist die wachsende Bedeutung, die einem integralen Naturgefahrenmanagement beigemessen wird, das die Mitwirkung und Sensibilisierung der betroffenen Akteure hervorhebt und alle Elemente des Risikokreislaufs (von der Vorbeugung bis zur Schadensbehebung) berücksichtigt. Dies hat sich in einer zunehmenden Koordinierung und Kooperation zwischen den am Naturgefahrenmanagement beteiligten Parteien und einer stärkeren Betonung von Verhütungsmaßnahmen niedergeschlagen, die in der Vergangenheit nur selten eingesetzt wurden. In Kasten 6 sind zwei einschlägige Maßnahmen auf diesem Gebiet beschrieben, die eine im Rahmen der Alpenkonvention, die andere auf nationaler Ebene in der Schweiz. Die Entwicklung hin zu einem integralen Gefahrenmanagement ging mit einer Stärkung des gesetzlichen Rahmens für die Raumplanung und der Schaffung einer umfassenderen Informationsbasis einher, u.a. durch Gefahrenkarten, die die Vorsorge verbessern und das Gefahrenbewusstsein erhöhen. Ein integrales Gefahrenmanagement hat viele Vorteile und kann die Anpassungskapazität deutlich erhöhen, indem es die Effizienz der bestehenden Institutionen steigert und für mehr Kooperation und eine stärkere Sensibilisierung sorgt. Es bietet auch mehrere klare Ansatzpunkte für die Berücksichtigung von Klimarisikoinformationen, z.B. bei der Gefahrenkartenerstellung, der Raumplanung und der Gestaltung vorbeugender Maßnahmen.

Diese Evaluierung zeigt aber auch, dass die Alpenländer schon vor erheblichen Herausforderungen bei der Bewältigung der derzeitigen Naturgefahren stehen, von den Folgen des Klimawandels ganz zu schweigen. Die integralen Gefahrenmanagementsysteme sind z.B. noch nicht voll operationsfähig, und in vielen Fällen ist die Umsetzung nach wie vor schwierig. In Frankreich wird die Naturgefahrenvorsorge immer noch durch das mangelnde öffentliche Interesse an einer echten Kenntnis der Gefahren bzw. einer „Gefahrenkultur“, unzureichende Anstrengungen zur Gefahrenverhütung auf Grund von *Moral-Hazard*-Problemen und Schwierigkeiten beim Aufbau einer effizienten Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen öffentlichen Akteuren beeinträchtigt (OECD, 2006). In Österreich wurde bei einer Untersuchung der Systeme für den Risikotransfer 2003 festgestellt, dass „mangelndes Problembewusstsein und Datenmangel oft parallel gehen und dass sich Maßnahmen bisher häufig auf technischen Schutz beschränken. Integrierte Anpassungsstrategien, bestehend aus einem Bündel an technischen, raumplanerischen, organisatorischen, ökonomischen und klima- und bildungspolitischen Maßnahmen, stellen die Ausnahme dar“ (Hyll et al., 2003). Die Schweiz dürfte innerhalb des Alpenbogens das Land sein, das auf dem Gebiet des integralen Naturgefahrenmanagements am weitesten fortgeschritten ist. Dennoch war dieses Konzept auch hier 2004 noch nicht vollständig umgesetzt (PLANAT, 2004).

Zudem fehlt es in manchen Ländern an entscheidenden Elementen des Naturgefahrenmanagements. In Österreich ist der Versicherungsschutz gegen Hochwasserschäden z.B. immer noch sehr begrenzt. Zahlungen des Katastrophenfonds sorgen zwar in gewissem Maß für Abhilfe, der Erstattungssatz ist jedoch nach wie vor niedrig (üblicherweise 20-30%). Abgesehen davon, dass sie für den Staat kostspielig waren, verringerte sich durch die jüngsten staatlichen Interventionen zudem die Kapazität der privaten Versicherungsunternehmen, einen umfassenden und erschwinglichen Versicherungsschutz anzubieten (Hyll et al., 2003). In Frankreich wird Privateigentümern demgegenüber ein guter

Kasten 6 **Entwicklung integraler Strategien für das Gefahrenmanagement**

PLANALP – die Plattform Naturgefahren der Alpenkonvention

2004 richtete die Alpenkonvention die Plattform Naturgefahren PLANALP ein, deren Ziel es ist, für die Vertragsparteien (Deutschland, Frankreich, Italien, Liechtenstein, Monaco, Österreich, Slowenien und Schweiz) gemeinsame Strategien für das Naturgefahrenmanagement und die Anpassung an sich verändernde Umfeldbedingungen – insbesondere Klimaveränderungen – und deren Auswirkungen auf Gebirgsregionen zu entwickeln. Das erste Arbeitsprogramm der PLANALP wurde im Frühjahr 2006 festgelegt und umfasst die Identifizierung von Beispielen bester Praxis, die Förderung eines grenzüberschreitenden Erfahrungsaustauschs und die Verstärkung des Dialogs über Risiken, vor allem mit der breiten Öffentlichkeit, sowie die Intensivierung der Zusammenarbeit zwischen den Vertragsparteien der Alpenkonvention im Hinblick auf ein integrales, gemeinsames Naturgefahrenmanagement. Die ersten Aktivitäten von PLANALP wurden in den Rahmen des INTERREG-Programms IIIB „Alpenraum" der EU durchgeführt. Die Notwendigkeit eines integralen Naturgefahrenmanagements wurde auch in der Erklärung der IX. Konferenz der Vertragsparteien der Alpenkonvention unterstrichen, die sich schwerpunktmäßig mit dem Klimawandel befasste.

Quelle: Alpenkonvention, 2006a; Alpenkonvention, 2006b; Alpenkonvention, 2006c.

Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT – Schweiz

Die Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT wurde 1997 vom Schweizer Bundesrat ins Leben gerufen. Das Mandat dieses interdisziplinären Ausschusses umfasst 1. die Entwicklung einer neuen Strategie für das Gefahrenmanagement, 2. die Herbeiführung eines Kulturwandels im Umgang mit Naturgefahren, weg von der reinen Gefahrenabwehr, hin zu einem echten Gefahrenmanagement und 3. die Koordinierung von Aktionen zur Förderung des Erfahrungs- und Wissensaustauschs auf nationaler und internationaler Ebene. Bei der Ausarbeitung dieser Strategie wurde dem verstärkenden Effekt Rechnung getragen, den der Klimawandel auf Naturgefahren ausübt.

Die im November 2004 vorgestellte PLANAT-Strategie stützt sich auf ein integrales Risikomanagementkonzept. Sie soll sich auf alle Etappen des Risikokreislaufs erstrecken und auch andere Arten von Gefahren, z.B. technologischer Art, berücksichtigen. Außerdem zielt sie darauf ab, das Risikobewusstsein zu erhöhen, die verschiedenen betroffenen Akteure in das Risikomanagement einzubeziehen und sie dazu zu bringen, selbst ein gewisses Restrisiko zu tragen. Durch die Berücksichtigung wirtschaftlicher, ökologischer und sozialer Aspekte bei der Auswahl geeigneter Maßnahmen für das Naturgefahrenmanagement wird zudem die Nachhaltigkeit gefördert. Das Konzept der PLANAT-Strategie ist schließlich noch langfristig und vorausschauend ausgerichtet, weil es der Entwicklung neuer Gefahrenquellen vorbeugen soll und häufigere Neubeurteilungen der Gefahrenlage empfiehlt (alle fünf Jahre).

Quelle: PLANAT, 2004.

Versicherungsschutz geboten. In Anbetracht des umfassenden und erschwinglichen Versicherungsangebots besteht die Schwäche des französischen Systems im Fehlen einer effektiven Politik zur Schadensverhütung, was zu *Moral-Hazard*-Problemen führt (Dumas et al., 2005; OECD, 2006). In Österreich traten in jüngster Zeit auch Mängel in der Raumplanung zutage, die der laxen Handhabung der entsprechenden Bestimmungen in den meisten Bundesländern zuzuschreiben sind (BMLFUW, 2004). Die Schweiz scheint indessen in einer recht guten Position und zeichnet sich durch strengere Raumplanungsvorschriften und einen umfassenden Versicherungsschutz aus, obgleich die Versicherungskosten in vielen Alpenkantonen im Verlauf der letzten Jahrzehnte gestiegen sind.

Erwähnenswert ist auch, dass in allen betrachteten Ländern anscheinend nur wenig von ökonomischen Anreizen Gebrauch gemacht wird, um die effektiven Anstrengungen zur Gefahrenverhütung zu unterstützen und zu verstärken. Die Höhe der Versicherungsprämien ist z.B. im Allgemeinen nicht von der Gefahrenexposition abhängig, wodurch sich die Anreize für Maßnahmen zur Risikoverhütung verringern. Es gibt jedoch Ausnahmen. In einigen Schweizer Kantonen können die KGV in Gefahrenzonen (die durch die Gefahrenkarten definiert sind) beispielsweise höhere Versicherungsprämien erheben, falls die Gefährdung durch die Anwendung von Bauvorschriften und Auflagen nicht hinreichend verringert werden kann. Die Möglichkeiten dieses Instruments sind jedoch begrenzt, da die Zusatzprämien gering sind und nur selten tatsächlich verlangt werden[17]. Ein weiteres Beispiel liefert Frankreich. Seit dem Jahr 2000 können bei der CatNat-Versicherung die Selbstbehalte für nach 1995 eingetretene Schadensfälle in Gemeinden erhöht werden, die immer noch keinen PPR eingeführt bzw. genehmigt haben (vgl. Anhang 7). Dadurch ist die Zahl der eingeführten bzw. genehmigten PPR seit 2000 deutlich gestiegen, allerdings wirft dies Fragen in Bezug auf die Fairness solcher Maßnahmen gegenüber Privatpersonen auf (Dumas et al., 2005); zudem ist die Wirksamkeit der PPR als Vorsorgemaßnahme begrenzt (OECD, 2006).

Einer der Gründe, weshalb die Versicherungsprämien im Allgemeinen nicht von der örtlichen Gefahrenlage abhängig sind, ist, dass viele Versicherungsunternehmen nicht in der Lage sind, eine Risikobeurteilung durchzuführen. Ein weiterer – möglicherweise wichtigerer – Grund ist das Solidaritätsprinzip, das die Benachteiligung von Versicherten mit größerer Gefahrenexposition verbietet. In Anbetracht des sich verbessernden Angebots an Gefahreninformationen muss der soziale Nutzen des Solidaritätsprinzips jedoch u.U. den positiven Anreizen zur Schadensverhütung für Privatpersonen und Gemeinden gegenübergestellt werden, die von risikodifferenzierten Versicherungsprämien ausgehen.

4. Erhöhung der Robustheit und Flexibilität des Naturgefahrenmanagements

Eine Verstärkung und effiziente Umsetzung der bestehenden Mechanismen für das Naturgefahrenmanagement würde zwar eine solide Grundlage für die Anpassung an den Klimawandel schaffen, dies allein dürfte allerdings nicht ausreichend sein. Das Naturgefahrenmanagement gründet sich nämlich auf Informationen, die in Bezug auf

17. Markus Fischer, KGV Graubünden, persönliche Mitteilung.

Gefahrenorte, Gefahrenhäufigkeit und oft auch Gefahrenintensität *retrospektiver* Art sind. Alle genannten drei Parameter – Ort/räumliche Ausdehnung, Häufigkeit und Intensität – können sich unter dem Einfluss des Klimawandels jedoch verändern, teilweise sogar recht drastisch. Dies gilt z.B. in besonderem Maße für Gletschergefahren, Muren und Massenbewegungen, die empfindlich auf steigende Temperaturen und Veränderungen der Niederschlagsmenge reagieren können. Anders ausgedrückt sind vergangene Ereignisse – auf die sich das Naturgefahrenmanagement bislang stützt – in Zeiten des Klimawandels u.U. keine verlässliche Grundlage mehr für das Gefahrenmanagement.

Wie lässt sich das Naturgefahrenmanagement in der Praxis also *vorausschauender* gestalten angesichts der erheblichen Unsicherheiten, die auf der Entwicklung vieler mit dem Klimawandel in Verbindung stehender Naturgefahren lasten? Eine mögliche Strategie wäre die Anhebung des Vorsorgestandards für das Gefahrenmanagement, um der Veränderung der Häufigkeit und Intensität der fraglichen Ereignisse Rechnung zu tragen. Die Aufnahme stärkerer und extremerer Ereignisse in den Planungsprozess dürfte dazu führen, dass solidere Maßnahmen ausgearbeitet werden. In der Schweiz wurden die Gefahrenkarten beispielsweise dahingehend geändert, dass nun nicht mehr nur Ereignisse, die alle 100 Jahre eintreten können, sondern auch solche mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von bis zu 300 Jahren berücksichtigt werden. Anpassungen wurden auch bei der Planung von Notfallmaßnahmen vorgenommen, in die nun Ereignisse mit einer Wiederkehrperiode von bis zu 1000 Jahren einbezogen werden müssen[18]. Ganz gleich, ob der Klimawandel berücksichtigt wird oder nicht, erhöht sich durch die Anhebung des Vorsorgestandards die Widerstandsfähigkeit gegenüber häufigeren/intensiveren Extremereignissen.

Als eine weitere Strategie könnte die Einführung häufigerer Aktualisierungen der Gefahrenkarten ins Auge gefasst werden, die als Grundlage für Raumplanung, Versicherungsbedingungen und sonstige Reaktionsmaßnahmen dienen. Eine häufigere Aktualisierung würde die Berücksichtigung sich verändernder Gefahrenprofile ermöglichen, wie sie insbesondere bei Permafrost- und Gletscherrisiken zu beobachten sind. In den drei untersuchten Ländern sind die Kriterien für die Einleitung einer Neubeurteilung der Gefahrenlage und Überarbeitung der entsprechenden Gefahrenkarten mitunter ungenau und in jedem Fall nur reaktiv. In der Schweiz sind die Regeln für die Aktualisierung der Gefahrenkarten recht vage, da nur eine „periodische Aktualisierung" vorgeschrieben ist. In Frankreich müssen die PPR und die Gefahrenkarten nur dann überprüft werden, wenn die aktuelle Beurteilung der Gefahrenlage durch neue Ereignisse in Frage gestellt wird. Auch in Österreich ist eine Anpassung der Hochwassergefahrenkarten nur erforderlich, „ändern sich die Verhältnisse in einem Einzugsgebiet bzw. liegen auf Grund von Katastrophenereignissen neue Erkenntnisse vor". Die Aktualisierung der Hochwassergefahrenkarten war in Österreich ziemlich ungleichmäßig. Während einige in den Jahren 2000 oder 2001 genehmigte Gefahrenkarten bereits aktualisiert wurden, ist dies für viele wesentlich früher (im Zeitraum 1985-1998) erstellte Karten noch nicht geschehen (BMLFUW, 2005b). Zusätzlich zu häufigeren Aktualisierungen zur Berücksichtigung neuerer Ereignisse bestünde eine weitere Möglichkeit darin, in die Gefahrenkarten *voraussichtliche* Risiken aufzunehmen, die sich aus dem Klimawandel ergeben. Im Richtlinienvorschlag der Europäischen Kommission für die Bewertung und Bekämpfung von

18. Roberto Loat, Schweizer Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, persönliche Mitteilung.

Hochwasser wird beispielsweise gefordert, dass in die Hochwasserrisikobewertung, die den Plänen für das Hochwasserrisikomanagement und den Hochwasserrisikokarten zu Grunde liegt, auch Informationen zum Klimawandel aufgenommen werden sollen (vgl. Kasten 7).

Kasten 7 **Die Entstehung einer Europäischen Hochwasserrichtlinie**

Unter dem Eindruck der großen menschlichen und volkswirtschaftlichen Schäden, die zwischen 1998 und 2004 in mehreren europäischen Ländern durch Überschwemmungen verursacht wurden, erklärte die Kommission der Europäischen Gemeinschaften Hochwasserschäden zu einem Bereich, in dem Aktionen auf Gemeinschaftsebene erforderlich sind, weil in Anbetracht der Auswirkungen des Klimawandels auf Häufigkeit und Umfang solcher Ereignisse mit einem Anstieg der Schäden zu rechnen ist und die Gefährdung von Menschen und Sachkapital zunimmt. Die Europäische Kommission arbeitete daraufhin einen Vorschlag für eine Hochwasserrichtlinie aus, die auf eine Verringerung bzw. Bewältigung der Auswirkungen von Hochwassern auf menschliche Gesundheit, Eigentum, Infrastrukturen und Umwelt abzielt. Die Hochwasserrichtlinie ist als Ergänzung zum Europäischen Katastrophenfonds gedacht, insofern sie eine Alternative zu den reaktiven Notfallmaßnahmen darstellt, die aus diesem Fonds finanziert werden. Sie dient zudem als Ergänzung für die im Jahr 2000 verabschiedete Europäische Wasserrahmenrichtlinie, die durch Pläne für eine integrierte Bewirtschaftung der Gewässer Synergien mit der Anpassung an den Klimawandel schafft, sich aber nicht direkt mit dieser Problematik befasst.

Der Vorschlag der Hochwasserrichtlinie sieht drei Etappen vor. Der erste Schritt ist eine Beurteilung des Hochwasserrisikos, gestützt auf eine „Bewertung der Wahrscheinlichkeit künftiger Hochwasserereignisse auf der Grundlage hydrologischer Daten, der verschiedenen Arten von Hochwasser und der projektierten Auswirkungen von Trends in Klimawandel und Flächennutzung“ (Europäische Kommission, 2006, S. 15). Ausgehend von dieser Bewertung sollen bis 2015 Hochwassergefahrenkarten und Risikomanagementpläne erstellt werden. Dabei sollen ebenfalls alle Aspekte des Risikokreislaufs berücksichtigt werden, wobei der Schwerpunkt auf Vermeidung, Schutz und Bereitschaft liegt. Anschließend gilt es, das erforderliche Schutzniveau zur Minimierung der Gefahren für Umwelt, Menschen und Wirtschaft festzulegen. Der gesamte Prozess soll alle sechs Jahre wiederholt werden, damit neue Informationen berücksichtigt werden können. Der Richtlinienvorschlag setzt sich jedoch nicht mit dem Problem der Einbeziehung ungesicherter Informationen über den Klimawandel in die derzeitigen Entscheidungsprozesse auseinander und liefert auch keine Einzelheiten darüber, wie Daten zu den Auswirkungen des Klimawandels bei der Einrichtung der Hochwasserrisikopläne effektiv berücksichtigt werden sollen.

Quelle: Europäische Kommission, 2006.

Die Notwendigkeit einer häufigeren Aktualisierung der Gefahrenkarten muss jedoch sorgfältig gegen die hohen Kosten abgewogen werden, die mit ihrer Erstellung verbunden sind. Die Hochwasserrisikokarten kosten in Österreich beispielsweise zwischen weniger als 1 000 Euro und über 20 000 Euro je Kilometer erfasster Gewässer (BMLFUW, 2005b). Abgesehen von den Kosten gilt es auch darauf hinzuweisen, dass die Gefahrenkarten ihrerseits als Grundlage für Raumplanung und Raumordnungsvorschriften dienen, so dass es im Falle häufigerer signifikanter Änderungen, die sich ebenfalls auf Modellszenarien stützen würden, zu erheblichen Transaktionskosten (und sogar juristischen Problemen) kommen könnte. Als Mittelweg böte sich hier allerdings die Verwendung von Gefahrenkarten an, in die Szenarien künftiger Effekte nicht als Regulierungs-, sondern als Beratungsinstrumente aufgenommen würden. Derartige Karten wären beispielsweise von Vorteil, um das Gefahrenbewusstsein zu erhöhen und die politischen Entscheidungsträger mit Informationen über den Klimawandel auszustatten. Solche Informationen könnten die politischen Entscheidungsträger auch dazu veranlassen, bei der Umsetzung langfristiger, irreversiblerer Investitionsprojekte in Gebieten mit potenziell hoher künftiger Gefährdung größere Vorsicht an den Tag zu legen.

In ganz ähnlicher Weise wie die öffentlichen Entscheidungsträger stützen sich die Versicherungsunternehmen bei ihren Geschäften weitgehend auf vergangene Gefahrenereignisse. Die von den Versicherungsunternehmen im Alpenbogen verwendeten Methoden sehen bislang noch keine Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels vor. Die Umstellung von einer auf Vergangenheitsdaten basierenden Preisgestaltung auf eine Methode, bei der theoretische, mit großen Unsicherheiten behaftete Überlegungen einbezogen werden, könnte bei den Kunden auf wenig Verständnis stoßen und für die Versicherer schwer umzusetzen sein, vor allem in einem wettbewerbsintensiven Geschäftsumfeld (Loster, 2005). Bei den Versicherungsunternehmen im Alpenraum ist zwar inzwischen eine zunehmende Sensibilisierung für den Klimawandel festzustellen, sie beginnen jedoch erst, entsprechende Maßnahmen zu ergreifen, um besser auf diese Veränderungen vorbereitet zu sein. In Österreich finanzieren private Versicherungsunternehmen die Ausarbeitung lokaler Klimawandelszenarien[19]. In Frankreich hat die MRN (*Mission des sociétés d'assurances pour la connaissance et la prévention des risques naturels*) begonnen, die Auswirkungen des Klimawandels auf Rücklagen und Preisgestaltung der Versicherungen zu untersuchen, bislang wurden allerdings weder ein echtes Konzept noch ein Rahmen zu ihrer Berücksichtigung entwickelt[20]. So schwierig sie auch sein mag, dürfte die Umgestaltung der Versicherungsprodukte im Hinblick auf die Berücksichtigung von Informationen über den Klimawandel doch zur Erhöhung des Problembewusstseins und zur Entstehung von Anreizen für die Umsetzung von Anpassungsstrategien in den Gemeinden beitragen.

19. Gerhard Wagner, UNIQA Versicherungen AG, und Thomas Hlatky, Grazer Wechselseitige Versicherung, persönliche Mitteilungen.
20. Roland Nussbaum, *Mission des sociétés d'assurances pour la connaissance et la prévention des risques naturels,* persönliche Mitteilung.

5. Reaktionen auf beobachtete Folgen des Klimawandels

In einigen Gebieten können die sichtbaren Zeichen des Klimawandels die Umsetzung von Maßnahmen rechtfertigen, die unmittelbarer auf die Bekämpfung seiner Folgen ausgerichtet sind. In solchen Fällen sollten so weit wie möglich Synergien mit anderen Zielen genutzt werden, wobei die Flexibilität in einem dynamischen Umfeld, wie es mit dem Klimawandel gegeben ist, ebenfalls ein wichtiges Kriterium bleiben sollte. Die zunehmende Häufigkeit von Naturereignissen im Zusammenhang mit Permafrost- und Gletschergefahren ist das deutlichste Zeichen des Effekts, den der Klimawandel auf die Naturgefahren in den Alpen ausübt. Die Trends in Bezug auf die Erwärmung der Permafrostböden, den Rückzug der Gletscher und die damit verbundenen Naturgefahren lassen sich schon seit vielen Jahren beobachten. Zur Wahrung des bestehenden Schutzniveaus sollten die Auswirkungen dieser Entwicklungen daher in das Gefahrenmanagement in periglazialen Gebieten einbezogen werden. In den Alpen wurden bereits verschiedene diesbezügliche Anstrengungen unternommen. Dies begann mit nationalen und supranationalen Bemühungen zur Dokumentierung dieser Trends und ihrer potenziellen Auswirkungen auf periglaziale Naturgefahren, erstreckte sich aber auch auf die Entwicklung von Instrumenten, die die Einbeziehung dieser Informationen in den Entscheidungsprozess und die Beurteilung möglicher Anpassungsmaßnahmen erleichtern. Trotz der klaren Zeichen des Klimawandels gibt es auf lokaler Ebene nur sehr wenige Beispiele für die Umsetzung konkreter Maßnahmen.

5.1 Regionale und nationale Reaktionen

5.1.1 GLACIORISK

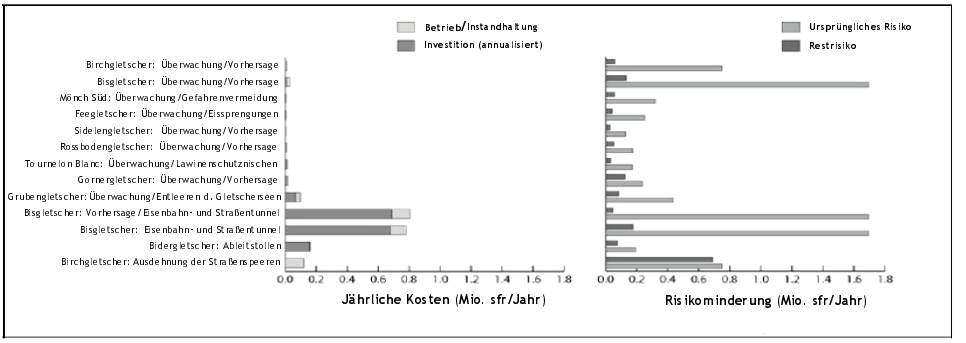
Das von 2001 bis 2003 durchgeführte Forschungsprojekt GLACIORISK diente der Untersuchung von Gletscherunglücken in Europa. Konkretes Ziel dieses Projekts war die Identifizierung, Beobachtung und Verhütung von Gletscherunglücken im Hinblick auf eine bessere Beurteilung des Gefahrenpotenzials bei sich verändernden klimatischen und sozioökonomischen Bedingungen. Um dies zu gewährleisten, wurde die Arbeit von Fachleuten aus dem ganzen Alpenbogen in das Projekt aufgenommen. Dazu wurden mehrere Arbeitsabschnitte (*work packages*) gebildet, die jeweils in verschiedenen Einrichtungen und Ländern angesiedelt waren, z.B. bei der Cemagref (Frankreich), der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich, der Universität Salzburg und der Societa Meteorologica Subalpina (Italien). Die verschiedenen Arbeitsabschnitte des Projekts erstreckten sich auf die Mehrzahl der erforderlichen Etappen für die Anpassung an den Klimawandel, von der Datenerfassung über die wirtschaftliche Analyse bis zur Entscheidungshilfe.

Der erste Schritt bestand in der Sammlung von Informationen aus allen Regionen über Gletscher und vergangene Gletscherunglücke, die in einer Datenbank zusammengefasst wurden. Die Untersuchung konzentrierte sich auf Ereignisse im Zusammenhang mit GLOF, die Stabilität der Gletscher, Eislawinen und Eisstürze sowie Veränderungen in der Längenausdehnung der Gletscher. Durch die Verbreitung von Informationen in der Öffentlichkeit und unter den Anwendern sollte das Projekt die Sensibilisierung für glaziologische Gefahren erhöhen. Zusätzlich zu einem Video über Gletschergefahren wurden für mehrere Länder verschiedene Kartenwerke über Gletscher erstellt, von denen eine erhöhte Bedrohung ausgeht.

Die verschiedenen Gletschergefahren wurden zudem von Wissenschaftlern analysiert, um zu einem besseren Verständnis dieser Phänomene zu gelangen und die Kapazität zur Vorhersage und Verringerung der Risiken zu steigern. Dazu wurde das weltweit vorhandene Wissen über Gletscher zusammengetragen und den Ergebnissen von Feldstudien in den Alpen gegenübergestellt. Zur Analyse der auslösenden Faktoren, des Ausmaßes und der Häufigkeit der Ereignisse, zur Untersuchung der Reagibilität auf den Klimawandel sowie zur Erhöhung der Voraussehbarkeit der Ereignisse wurden nummerische Simulationen von Gletschern und Gefahren durchgeführt. Das Ziel war dabei letztlich die Gefahrenzonenplanung und die Erstellung von Gefahrenkarten. Auf Grund des derzeitigen Mangels an Informationen über die verschiedenen Prozesse, die für die Häufigkeit dieser Ereignisse ausschlaggebend sind, z.B. die subglazialen hydrologischen Systeme, war es dem Forscherteam allerdings nicht möglich, tatsächlich Gefahrenkarten zu erstellen. Aus der Grundlage dieses Projekts wurden jedoch Leitlinien für die Risikobewertung entwickelt. Diese Leitlinien, die sich auf die Ausarbeitung von Gefahrenszenarien, Schätzungen des Schadenspotenzials sowie die Erstellung eines Inventars von Verhütungsmaßnahmen bezogen, werden den betroffenen Akteuren in einem Seminar über die Risikoevaluierung vorgestellt. Im Anschluss daran findet ein zweites Seminar statt, bei dem Entscheidungsträger und Gefahrenexperten die Verhütungsmaßnahmen evaluieren können.

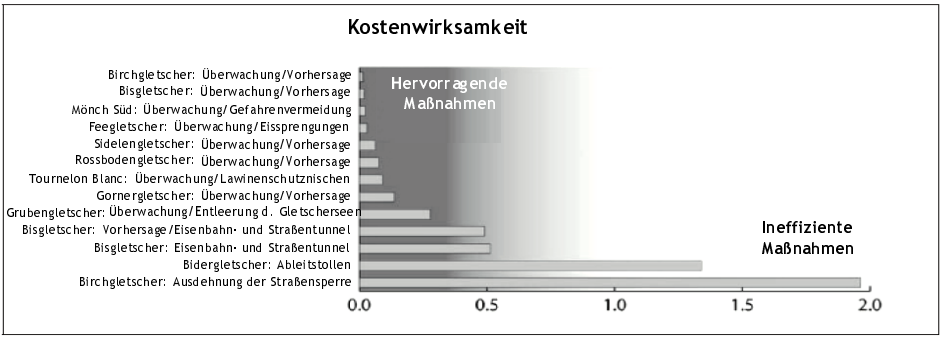
Im Rahmen dieses Prozesses wurde ein Konzept für die Risikoanalyse entwickelt, um den Entscheidungsträgern die Möglichkeit zu geben, größtmöglichen Nutzen aus diesen Informationen zu ziehen und die Maßnahmen unter Berücksichtigung verschiedener Szenarien und unterschiedlicher gesellschaftlicher Risikowahrnehmungen zu evaluieren. Die an der Kostenwirksamkeit orientierten Ergebnisse ermöglichen es den Entscheidungsträgern, eine Prioritätenliste der Maßnahmen unter Beachtung der vorliegenden Informationen über den Klimawandel und die Risikowahrnehmung in der Gesellschaft aufzustellen (vgl. Abb. 12 und 13). Für den Schweizer Kanton Wallis zeigten die Ergebnisse zur Kostenwirksamkeit, dass auf Beobachtung und Vorhersage beruhende Strategien wesentlich sinnvoller sind als kostspieligere Infrastrukturmaßnahmen wie der Bau von Ableitstollen und Galerien zum Schutz der Verkehrswege.

Abbildung 12 **Jährliche Kosten verschiedener Anpassungsmaßnahmen im Schweizer Kanton Wallis und entsprechende Risikominderung**



Quelle: Richard und Gay (2003) sowie Carly Wuilloud, Kantonsforstamt Wallis, Schweiz.

Abbildung 13 **Kostenwirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen an Gletschergefahren im Kanton Wallis, Schweiz**



Quelle: Richard und Gray (2003) sowie Carly Wuilloud, Kantonsforstamt Wallis, Schweiz.

5.1.2 Das EU-Projekt PACE (Permafrost and Climate in Europe)

Das PACE-Projekt ist ein weiteres Beispiel grenzüberschreitender Arbeiten zur Erforschung der Auswirkungen des Klimawandels auf Umwelt und Naturgefahren in den Alpen. Es wurde 1997 mit drei gesonderten Zielen gestartet:

- Einrichtung eines Rahmens für die Beobachtung des Einflusses des weltweiten Klimawandels auf Permafrostböden in europäischen Hochgebirgen;
- Entwicklung von Methoden zur Erfassung und Modellierung der Verbreitung von Gebirgspermafrost und Vorhersage der Veränderung seiner Verbreitung infolge des Klimawandels;
- Bereitstellung neuer prozessgestützter Methoden für die Beurteilung ökologischer und geotechnischer Gefahren im Zusammenhang mit dem Auftauen der Permafrostböden.

Das Forschungsprogramm lieferte aufschlussreiche Informationen über die Entwicklung des Permafrosts in den europäischen Gebirgszügen. Die Daten des Beobachtungsnetzes lassen auf eine tendenzielle Erwärmung der Permafrostböden schließen, wobei aber auch starke Schwankungen von einem Jahr zum nächsten festzustellen sind, die durch die unterschiedliche Höhe der Schneedecke bedingt sind (Harris et al., 2003).

Gestützt auf topographische, klimatische und pedologische Merkmale erstellte die Forschungsgruppe dann ein Protokoll zur Identifizierung potenzieller Auswirkungen des Auftauens des Permafrosts auf die Naturgefahren. Als erster Schritt wird in diesem Protokoll die Identifizierung potenzieller Gefahren durch Geländeuntersuchungen und Analysen von Daten zu vergangenen Naturereignissen empfohlen. Darauf sollte als zweiter Schritt die Erstellung genauer Permafrostkarten folgen, wozu weitere Untersuchungen mit Hilfe von geophysikalischen Tests und Permafrostbohrungen notwendig sind.

5.1.3 Maßnahmen auf nationaler Ebene in der Schweiz

Die Schweiz hat an PACE und GLACIORISK teilgenommen, zusätzlich aber auch selbst das Permafrost-Beobachtungsnetzwerk PERMOS (*Permafrost Monitoring Switzerland*) aufgebaut, das langfristige Beobachtungen und wissenschaftliche Dokumentationen zur Entwicklung der Permafrostgebiete in den Schweizer Alpen liefern soll. Zu den Aktivitäten von PERMOS gehört die Erfassung von Daten zur Schneedecke, zur Bodentemperatur sowie zu verschiedenen Permafrost-Bohrlöchern. Die Felddaten werden zusätzlich durch Luftaufnahmen ergänzt, die einen umfassenderen Überblick über räumliche Veränderungen vermitteln sollen (Mühll et al., 2004).

Gestützt auf diese Anstrengungen hat das Schweizer Umweltbundesamt vor kurzem eine Karte der Permafrostgebiete in der Schweiz erstellt, die den Kantonen übermittelt wurde, damit diese sie bei der Ausarbeitung ihrer Gefahrenkarten und bei der Raumplanung berücksichtigen können (UVEK, 2006b).

5.2 Lokale Anpassungsmaßnahmen

Die aus periglazialen Gefahren resultierenden Bedrohungen sind von Natur aus lokal recht begrenzt, weshalb konkrete Anpassungsmaßnahmen auf lokaler Ebene ergriffen werden. Einige Gemeinden wurden durch wissenschaftliche Erkenntnisse und wiederholte Naturereignisse auf die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf die Naturgefahren aufmerksam gemacht. Sie reagieren darauf, indem sie diese Gefahren durch synergetische und flexible Anpassungsmaßnahmen so wirksam wie möglich einzudämmen suchen.

5.2.1 Maßnahmen zur Eindämmung der wachsenden Gletschergefahren in Macugnaga

Der Monte Rosa in den Walliser Alpen ist einer der höchsten Gipfel des Alpenbogens, und sein Massiv erstreckt sich von der Schweiz bis ins italienische Piemont. Im Monte-Rosa-Massiv wurde die in jüngster Zeit zu beobachtende Instabilität der Gletscher zu einer Bedrohung für das in 1 327 m Höhe gelegene Bergdorf Macugnaga in der Provinz Verbano-Cusio-Ossola. Die Ortschaft befindet sich am Fuß des Monte Rosa und ist für ihr Bergwerk bekannt (Miniera della Guia), doch wie vielerorts in den Alpen ist die wichtigste Wirtschaftsaktivität der Fremdenverkehr, bedingt durch die Möglichkeiten zum Skifahren im Winter und zum Wandern im Sommer.

Problematisch wurde die Situation durch den Belvedere-Gletscher an der Ostwand des Monte Rosa. Im Verlauf des letzten Jahrhunderts kam es dort zu sieben Gletscherseeausbrüchen. 2001 wurden Zeichen von Instabilität im Gletscher entdeckt. Der Gletscher geriet ins Rutschen, was zu einer Verstärkung der Felsstürze und Steinschläge führte und mit der Entstehung eines Gletschersees im Jahr 2002 verbunden war (Abb. 14). Fels- und Eisstürze wurden vor allem in den für Touristen attraktiven Gebieten wie Skipisten und Wanderwegen zu einer Bedrohung, während Eislawinen und ein möglicher Ausbruch des Gletschersees zu einer Gefahr für die Siedlungen im Tal wurden. Dadurch entstanden Sicherheitsprobleme, die sich auch in wirtschaftlicher Hinsicht direkt bemerkbar machten, weil eine wichtige Skipiste geschlossen werden musste.

Abbildung 14 **Der Belvedere-Gletscher und seine Gletscherseen**

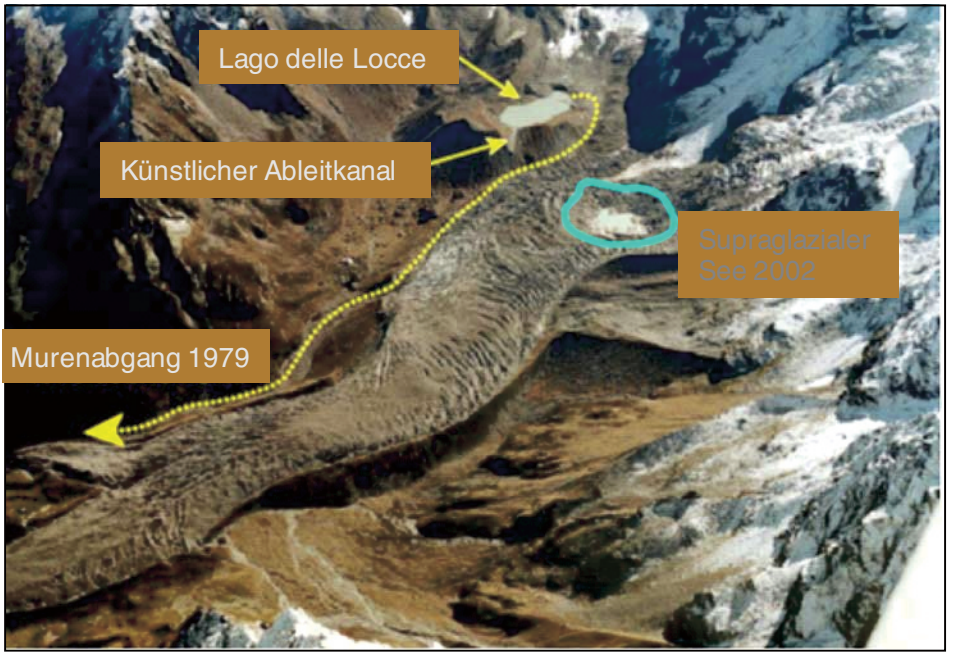


Foto: C. Rothenbühler, Academia Engiadina, Samedan, Schweiz.

Derartige Rutschbewegungen sind für den Belvedere-Gletscher eher untypisch. Sie hängen zwar nicht zwangsläufig mit dem Klimawandel zusammen, sind aber wahrscheinlich die Folge von Veränderungen im Gletschersystem auf Grund sich ändernder Grenzbedingungen (z.B. Boden- und Lufttemperatur). Eislawinen und Felsstürze sind bei Gletschern normal, ihre Häufigkeit kann jedoch in glazialen Übergangsphasen zunehmen, die ihrerseits auf Klimaveränderungen zurückzuführen sein können.

Die Bildung des Sees auf dem Belvedere-Gletscher hing demgegenüber direkt mit der Klimaerwärmung zusammen. Es gibt deutliche Zeichen dafür, dass sich die Bedingungen im Monte-Rosa-Massiv und im Belvedere-Gletscher rasch verändern. Bei Gletschergefahren sind Übergangsphasen besonders problematisch, und die Häufigkeit ebenso wie das Ausmaß der Gletscherereignisse werden sich im Zeitverlauf wahrscheinlich verändern. Die Wahrscheinlichkeit der Entstehung von Gletscherseen wird in einigen Gebieten voraussichtlich zunehmen, während in anderen infolge des Rückzugs der Gletscher mit einer Zunahme der Felsstürze zu rechnen ist. Die Entwicklung der Gletschergefahren sowie der Zeitpunkt, zu dem sie eintreten, sind jedoch nach wie vor ungewiss[21].

Als sich 2001 die Instabilität des Gletschers bemerkbar machte, wurden die örtlichen Behörden benachrichtigt. Bergführer aus der Gegend beobachteten die Lage am Gletscher, und da sich die Situation ziemlich rasch entwickelte, wurde ein Krisenausschuss

21. Andreas Kääb, Universität Oslo, persönliche Mitteilung.

eingesetzt, der das Problem in den Griff bekommen und die öffentliche Sicherheit gewährleisten sollte. Der Ausschuss wurde vom Italienischen Zivilschutz gebildet und setzte sich aus verschiedenen Fachleuten zusammen (z.B. Geologen und Ingenieuren).

Als Reaktion auf das Problem wurde in Anbetracht der Ungewissheit der weiteren Gefahrenentwicklung die Entscheidung getroffen, eine durch flexible Schutzmaßnahmen ergänzte Monitoring-Strategie umzusetzen. Diese Entscheidung war das Resultat von Beratungen zwischen den regionalen Zivilschutzbehörden und einem wissenschaftlichen Ausschuss, der eine Prioritätenliste erstellte, die sich an der Häufigkeit und dem Ausmaß der potenziellen Ereignisse wie auch der Möglichkeit von Kettenreaktionen orientierte. Die Umsetzung der Monitoring-Maßnahmen begann 2001 und umfasste:

- Feldmessungen (1- bis 2-mal jährlich);
- Luftaufnahmen (2- bis 3-mal jährlich);
- automatische Kamera-/Videoaufnahmen;
- automatische Instrumente zur Durchführung verschiedener Messungen, z.B. der Dicke des Eises, des Drucks und der Seebildung[22].

Um den Skibetrieb aufrechterhalten zu können, wurden zudem Aushubarbeiten durchgeführt und Mauern zum Schutz der Skifahrer vor Steinschlag und Eislawinen errichtet. Nachdem das Volumen des Sees beträchtlich angewachsen war, installierte man 2003 ein Hochspannungskabel und eine Pumpe, um den See zu leeren. Zudem wurde mit Computermodellen und Gefahrenszenarien gearbeitet, um die Flutgefahr für die Bevölkerung zu evaluieren, was in einer Teilevakuierung des Orts resultierte. Im Anschluss daran wurden von den örtlichen Behörden auch Maßnahmen im Bereich Gefahrenkartierung und Raumplanung ergriffen.

5.2.2 Lawinen- und Murgangdämme in Pontresina

Pontresina, ein kleiner traditioneller Bergort mit 1 847 Einwohnern, ist Pionier auf dem Gebiet der Anpassung an den Klimawandel. Der im Engadin 1 800 m ü.d.M. gelegene Ort ist bei Touristen beliebt. Abgesehen von seinem reizvollen historischen Stadtbild mit Bauten aus dem 13. Jahrhundert stützt sich Pontresinas Wirtschaft auf die Fremdenverkehrsaktivitäten des Orts: 350 km Skipisten im Winter und 500 km Wanderwege im Sommer, was mit der Unterbringung von über 90 000 Besuchern jährlich verbunden ist.

Auf Grund seiner Lage am Fuß des Schafbergs, der für seine Lawinen berüchtigt ist, kann Pontresina auf eine lange Geschichte im Umgang mit Naturgefahren zurückblicken. Zur Begrenzung der Lawinenschäden bestand der Ort ursprünglich aus zwei getrennten Teilen, der Bereich dazwischen wurde als Auslaufbahn für die Lawinen freigehalten. Im Zuge der Expansion des Orts wurde dann allerdings auch dort gebaut, wodurch sich die Lawinengefährdung erhöhte. In den siebziger Jahren begann die Gemeinde daher, an den Hängen des Schafbergs insgesamt 16 km Verbauungen zum Schutz vor Lawinen und Steinschlag zu errichten.

22. Paolo Semino, Direzione Opere Pubbliche, Region Piemont, persönliche Mitteilung.

Abbildung 15 **Lawinen- und Murgangdämme in Pontresina**



Foto: Markus Weidmann, Chur, Schweiz.

Der Schafberg ist zudem teilweise mit Permafrost überzogen, und dieser Permafrost taut langsam auf (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2005). Anfang der neunziger Jahre erwärmte sich der Permafrostboden, durch die dünne Schneedecke der Winter 1995 und 1996 wurde diese Entwicklung jedoch gestoppt. Seit 1997 nimmt die Temperatur in 10 m Tiefe aber langsam wieder zu (Mühll et al., 2004). Das allmähliche Auftauen des Permafrostbodens wurde für die Einwohner von Pontresina zu einem Problem, weil sich dadurch die Stabilität der Hänge verringert, womit sich zugleich die Menge an Material erhöht, die bei Murgängen mitgerissen werden kann. Schätzungen zufolge könnten rd. 100 000 m^3 Material ins Tal herunterrutschen und Pontresina treffen (SwissInfo, 2001). Dieses Phänomen stellt auch eine Gefahr für die derzeitigen Verbauungen dar, die im Permafrostboden verankert sind. Seit Ende der achtziger Jahre bewegen sie sich pro Jahr ca. 5-20 cm in Richtung Tal, wodurch sich ihre Kapazität zur Abwehr von Lawinen und ihre Haltbarkeit verringern könnte (SwissInfo, 2003).

Beide Gefahrenfaktoren, Lawinen und Massenbewegungen, könnten in Pontresina erhebliche Zerstörungen verursachen. Große Murgänge können schwere Schäden anrichten und zudem negative Auswirkungen auf den Fremdenverkehr haben. Um dieser Gefahr entgegenzuwirken, beschloss der Gemeinderat von Pontresina 2001, die Synergien zwischen dem Schutz vor Lawinen und vor möglichen Muren infolge des Auftauens des Perma-

Abbildung 16 **Blick auf die Permafrostgebiete am Schafberg oberhalb von Pontresina**



Foto: C. Rothenbühler, Academia Engladina, Samedan, Schweiz.

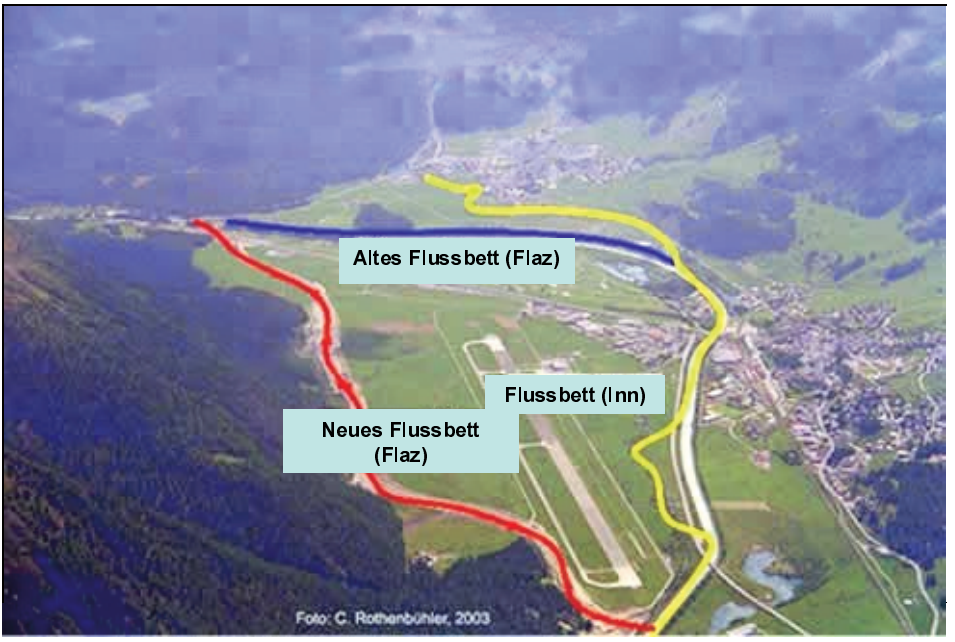
frosts zur Errichtung eines Damms zu nutzen, der den Ort zugleich vor Lawinen mit einem Volumen von bis 280 000 m^3 und Murgängen im Umfang von 100 000 m^3 schützen kann (vgl. Abb. 15 und 16). Die Kosten dieses insgesamt über 4,5 Mio. Euro (7 Mio. sfr) teuren Projekts wurden zu 75% von Bund und Kanton getragen (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2005).

5.2.3 Verlegung des Flaz-Flussbetts in Samedan

In den vergangenen Jahrzehnten erlebte Samedan im schweizerischen Engadin mehrere Hochwasser, weil der Flaz über die Ufer trat. Diese Hochwasser, zu denen es trotz umfangreicher Dammbauten kam, verursachten ungeachtet der vom Kanton Graubünden auferlegten Bau- und Landnutzungsbeschränkungen große Schäden. Die zuständigen Behörden auf Gemeinde-, Kantons- und Bundesebene beschlossen daher, die bestehenden als unzureichend erachteten Hochwasserschutzmaßnahmen zu verstärken. Bei der Risikoevaluierung wurden auch die Auswirkungen des Rückzugs der Gletscher und der Verschiebung der Schneegrenze berücksichtigt, beides Folgen der Klimaerwärmung, die das Hochwasserrisiko erhöhen können (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2005).

Eine erste mögliche Lösung wäre die Erhöhung des bestehenden Damms und eine stärkere Kanalisierung des Flusses gewesen, d.h. ein Ausbau der existierenden Schutzmaßnahmen. Dies ist die Lösung, die üblicherweise zur Anpassung der Schutzmaßnahmen

Abbildung 17 **Verlegung des Flussbetts des Flaz**



Quelle: *www.flaz.ch*.

an die Gefahr von Extremereignissen und Veränderungen in Bezug auf Intensität und Häufigkeit der Hochwasser vorgeschlagen wird. Letztlich entschied man sich jedoch für eine Lösung, die nicht dem traditionellen Ansatz folgte, sondern in größerem Umfang auf einer Umgestaltung des Raums um das Flussbett beruhte. Der Flaz sollte über 4,2 km in ein naturnahes Flussbett umgeleitet werden, um so wieder in einen natürlicheren Zustand zurückzukehren (vgl. Abb. 17). Die Gebiete beiderseits des Flusses wurden zu Pufferzonen, die einen Teil des übertretenden Wassers aufsaugen können. Ein benachbartes Flugfeld kann im Überschwemmungsfall ebenfalls als Pufferzone dienen. Bei diesem Projekt wurden auch Umweltbelange berücksichtigt, da ein Ufer dem Schutz von Flora und Fauna gewidmet wurde. Diese Maßnahme soll dank eines neuen Wanderwegenetzes auch dem Fremdenverkehr zugute kommen.

Die Entscheidung für dieses Projekt war das Resultat eines umfassenden Konsenses und langer Verhandlungen zwischen der Gemeinde, dem Kanton, der Bundesversammlung, den Bundesbehörden (Umweltbundesamt) sowie mehreren Vereinen. Es handelte sich um ein weitreichendes Projekt, für das sechs neue Brücken gebaut und 300 000 m^3 Erde ausgehoben werden mussten und das insgesamt rd. 28 400 000 sfr (18 325 000 Euro) kostete. Bund und Kanton trugen 75% der Kosten, der Rest wurde von der Gemeinde und einigen anderen Partnern finanziert[23].

23. Projekt Hochwasserschutz Samedan 2000 bis 2006, *www.flaz.ch*.

6. Diskussion und Politikimplikationen

Naturgefahren, vor allem Hochwasser und Stürme, haben erhebliche Auswirkungen auf Gesellschaft und Wirtschaft in den Alpenländern. Unter dem Einfluss des Klimawandels werden Häufigkeit und Intensität vieler dieser Naturereignisse voraussichtlich zunehmen, und es wird zu Veränderungen in ihrer räumlichen und zeitlichen Verteilung kommen. Bei Permafrost- und Gletschergefahren bestehen starke Zusammenhänge mit dem Klimawandel. Auch wenn ihre wirtschaftliche Bedeutung aus nationaler Sicht gering sein mag, haben sie doch große Auswirkungen auf die lokale Wirtschaft. Bei den Gefahren, deren wirtschaftliche und gesellschaftliche Folgen wesentlich größer sind, wie Hochwasser- und Sturmkatastrophen, sind die Zusammenhänge mit dem Klimawandel demgegenüber komplexer und weniger sicher. Die Ungewissheit über die Auswirkungen des Klimawandels auf Hochwasser und Winterstürme sollte jedoch nicht dazu führen, dass die notwendigen Anpassungsmaßnahmen unterlassen werden, auch wenn sie u.U. eine andere Form annehmen müssen.

Der Klimawandel ist ein Grund mehr, die Effizienz des bestehenden Naturgefahrenmanagements zu steigern. Die institutionelle Kapazität der Alpenländer, die in dieser Analyse betrachtet wurden, ist zweifellos sehr groß. Dennoch stehen sie im Hinblick auf die Verwirklichung einer optimalen Politik für das Naturgefahrenmanagement immer noch vor zahlreichen Herausforderungen. In vielen Alpenregionen ist die Umsetzung der Raumplanungsvorschriften nach wie vor schwierig, und es wird offenbar auch nur wenig von wirtschaftlichen Anreizen Gebrauch gemacht, um die Anstrengungen zur Verhütung von Naturgefahren zu unterstützen und zu verstärken. Versicherungsmechanismen sind ein wichtiges Instrument, mit dessen Hilfe die Gefahrenverhütung und -anpassung durch Marktsignale gefördert werden kann. Die Gewährleistung eines ausreichenden Versicherungsschutzes und die Nutzung der potenziellen Vorteile des Versicherungsmarkts stellen für die Alpenländer eine wichtige Chance dar, um das Problembewusstsein zu erhöhen, die Vorsorge zu verbessern und die Wirtschaftlichkeit zu steigern. In Anbetracht der zunehmend zur Verfügung stehenden Informationen über die Gefahrenlage bedarf es u.U. einer Neubeurteilung der Politik in Bezug auf risikodifferenzierte Versicherungsprodukte, weil von solchen Produkten positive Anreize ausgehen, die Privatpersonen und Gemeinden zu Vorsorgeanstrengungen veranlassen können.

Infolge des Mangels an Informationen über vergangene Naturereignisse ist die Effizienz des Naturgefahrenmanagements derzeit zwar häufig noch begrenzt, gegenwärtig werden jedoch umfangreiche Ressourcen auf den Ausbau dieser Informationsbasis und die Erstellung von Gefahrenkarten aufgewandt. In einem sich laufend verändernden Umfeld werden allerdings auch stärker vorausschauend ausgerichtete Mechanismen erforderlich sein, um zu erwartende Risiken wirkungsvoll berücksichtigen zu können. Es wird sicherlich nötig sein, qualitätsvolle Informationen über die Auswirkungen des Klimawandels und Entscheidungshilfen bereit zu stellen, um die lokalen Gebietskörperschaften bei der Beurteilung und Quantifizierung der an den Klimawandel geknüpften Risiken zu unterstützen. Allerdings sind selbst an vergangenen Ereignissen orientierte Entscheidungen im Bereich des Naturgefahrenmanagements häufig strittig, da sie die Wirtschaftstätigkeit einschränken und mit erheblichen Kosten verbunden sind (z.B. Enteignungen, Schutzstruktur). Werden solche Entscheidungen auf der Grundlage ungewisser Klimawandelszenarien getroffen, dürften sie noch größere Debatten auslösen

und politisch schwer durchzusetzen sein. Die Berücksichtigung ungesicherter Daten über den Klimawandel in den Gefahrenkarten, die als Grundlage für Raumplanung, Versicherungsbedingungen und sonstige Anpassungsmaßnahmen dienen, könnte sogar juristische Probleme aufwerfen.

Eine entscheidende Frage ist daher, wie Informationen über den Klimawandel am besten in den derzeitigen rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmen eingebunden werden können. Möglichkeiten, um dieses Problem teilweise zu lösen, sind die Anhebung des Vorsorgestandards im Gefahrenmanagement, eine häufigere Aktualisierung der Gefahrenkarten und die Einführung flexiblerer Rahmenkonzepte. Solche Maßnahmen sind besonders wichtig, wenn Entscheidungen über langlebige Kapitalinvestitionen, wie z.B. Gebäude oder Infrastrukturen, getroffen werden müssen. Diese Strategien sind jedoch ebenfalls kostspielig, weil sie die Landnutzungsmöglichkeiten beschränken und umfangreiche Ressourcen in Anspruch nehmen können. Die Erfahrung der Alpenländer spricht ferner für die Idee, dass auch die Gefahrenbeobachtung eine wirkungsvolle Anpassungsmaßnahme sein kann, vor allem in Fällen, wo klimabedingte Risiken bereits festgestellt wurden und sich rasch entwickeln, z.B. im Zusammenhang mit Permafrost- und Gletschergefahren. Darüber hinaus wurden trotz der beobachteten Veränderungen der Gefahrenlage in Gletscher- und Permafrostgebieten bislang nur wenige Anpassungsprojekte tatsächlich umgesetzt. Wenn auch nicht all diese Gebiete in Gefahr sind, muss ihnen doch größere Aufmerksamkeit von Seiten der politischen Entscheidungsträger zukommen, wobei sich Rahmen für eine ständige Überwachung als sehr hilfreiche und wirkungsvolle Instrumente für die Bewältigung solcher mit dem Klimawandel verbundener Risiken erweisen könnten.

Literaturverzeichnis

Abegg, B. (1996), "Klimaänderung und Tourismus", Klimafolgenforschung am Beispiel des Wintertourismus in den Schweizer Alpen, Zürich.

Abegg, B. et al. (1997), "Climate Impact Assessment im Tourismus", *Die Erde*, Vol. 128, S. 105-116.

Amt für Seilbahnen (Hrsg.) (2006), "Seilbahnen in Südtirol 2005", Autonome Provinz Bozen-Südtirol, Bozen/Bolzano, verfügbar in deutscher und italienischer Sprache unter: *www.provinz.bz.it/mobilitaet/3803/seilbahnen/seilbahnen%202005.pdf.*

Allianz Umweltstiftung (Hrsg.) (2005), "Gschwender Horn: Eine Schneise für die Natur", in *Allianz Journal April 2005*, München, verfügbar unter *http://allianz-umweltstiftung.de.*

Alpenkonvention (2006a), "Deklaration der IX. Alpenkonferenz zum Klimawandel in den Alpen", Ständiges Sekretariat der Alpenkonvention, Innsbruck, Österreich, November 2006.

Alpenkonvention (2006b), "Working programme 2005 – 2006 Platform on Natural Hazards – Alpine Convention ", Ständiges Sekretariat der Alpenkonvention, Innsbruck, Österreich, April 2006, verfügbar unter *www.planat.ch*.

Alpenkonvention (2006c), "Die Plattform Naturgefahren der Alpenkonvention startet ihre Projektarbeit". *Presseerklärung*, Ständiges Sekretariat der Alpenkonvention, Innsbruck, Österreich, Mai 2006, verfügbar unter *www.planat.ch*.

ARE (2006),"Empfehlung – Raumplanung und Naturgefahren", Bundesamt für Raumentwicklung, Bern, März 2006.

Association of British Insurers (2005), "Financial risks of climate change – Summary report", London, UK.

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz: Information über Schneeerzeugung, verfügbar unter *www.bayern.de/lfu/index.html.*

Bathurst, J.C. et al. (2005), "Scenario modeling of basin-scale shallow landslide sediment yield, Valsassina, Italian Southern Alps", *Natural Hazards and Earth System Science*, Vol. 5, S. 189-202.

Behm, M., G. Raffeiner und W. Schöner (2006), „Auswirkungen der Klima- und Gletscherände-rung auf den Alpinismus", Umweltdachverband, Wien.

Behringer, J., R. Bürki und J. Fuhrer (2000), "Participatory integrated assessment of adaptation to climate change in Alpine tourism and mountain agriculture", *Integrated Assessment*, Vol. 1, S. 331-338.

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*, Vol. 36, S. 281-300.

Beniston, M. (2000), "Environmental Change in Mountains and Uplands", *Arnold/Hodder and Stoughton/Chapman and Hall Publishers*, London, UK, und Oxford University Press, New York, USA, S. 172.

Beniston, M. (2003), "Climatic Change in Mountain Regions: a review of possible impacts", *Climatic Change*, Vol. 59, S. 5-31.

Beniston, M. (2004), "Climatic change and its impacts. An overview focusing on Switzerland", *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht/The Netherlands and Boston/USA, S. 296.

Beniston, M. (2005), "Mountain climates and climatic change: an overview of processes focusing on the European Alps", *Pure and Applied Geophysics*, Vol. 162, S. 1587-1606.

Beniston, M. (2006), "Climatic Change in the Alps: perspectives and impacts", OECD – Wengen 2006 workshop: Adaptation to the impacts of climate change in the European Alps, Wengen, Schweiz, 4.-6. Oktober.

Beniston, M., F. Keller und S. Goyette (2003), "Snow pack in the Swiss Alps under changing climatic conditions: an empirical approach for climate impact studies", *Theoretical and Applied Climatology,* Vol. 74, S. 19-31.

Beniston, M. et al. (2003), "Estimates of snow accumulation and volume in the Swiss Alps under changing climate conditions", *Theoretical and Applied Climatology,* Vol. 76, S. 125-140.

Bieger, T. und C. Laesser (2005), „Erfolgsfaktoren, Geschäfts- und Finanzierungsmodelle für eine Bergbahnindustrie im Wandel", St. Gallen.

BMLFUW (Umweltbundesamt) (2004), "Umweltsituation in Österreich", Siebenter Umwelt-kontrollbericht des Umweltministers an den Nationalrat, Wien, September 2004.

BMLFUW (2005a), "Wildbach- und Lawinenbebauung in Österreich", Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Lebensministerium), Wien, Österreich.

BMLFUW (2005b), "Gefahrenzonenausweisung und Abflussuntersuchungen der Bundeswasser-bauverwaltungen in Österreich", Juni 2005, verfügbar unter: *www.planat.ch* und *www. wassernet.at/filemanager/download/11305/.*

Böhm, R. et al.(2001), "Regional temperature variability in the European Alps: 1760-1998 from homogenized instrumental time series", *International Journal of Climatology*, Vol.(21), S. 1779-1801.

Breiling, M. (1994a), "Climate variability: The impact on the national economy, the Alpine environments of Austria and the need for local action", Arbeitsdokument für die Conference Snow and Climate, Genf, September 1994.

Breiling, M. (1994b), "Climate variability: the near term perspective of possible climate change and its impact on winter tourist industry and the Alpine environment". Lecture notes to Seminar Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam, Januar 1994.

Breiling, M. (1998a), "Mountain Regions, Winter Tourism and Possible Climate Change: Example Austria". Symposium: Concern for Environment. Komaba Campus, University of Tokyo. Juni 1998.

Breiling, M. (1998b). "The role of snow cover in Austrian economy during 1965 and 1995 and possible consequences under a situation of temperature change". Arbeitsdokument für die Conference of Japanese Snow and Ice Society. Niigata, Oktober 1998.

Breiling, M. und P. Charamza (1999), "The impact of global warming on winter tourism and skiing: a regionalised model for Austrian snow conditions", *Regional Environmental Change,* Vol. 1(1), S. 4-14.

Bürki, R. (2000), "Klimaänderung und Anpassungsprozesse im Wintertourismus", Publikation der Ostschweizerischen Geographischen Gesellschaft, Neue Folge – Heft 6, St. Gallen.

Bürki R. et al. (2005), "Climate change and tourism in the Swiss Alps", in *Aspects of Tourism. Tourism, recreation and climate change*, (Hrsg.: M. Hall und J. Higham), S. 155-163.

Casty, C. et al. (2005), "Temperature and precipitation variability in the European Alps since 1500", *International Journal of Climatology*, Vol. 25 (14), S. 1855-1880.

CCR (Caisse Centrale de Réassurance) (2005), "Les Catastrophes naturelles en France – Natural disasters in France", Caisse centrale de Réassurance, Paris, France, verfügbar unter *www.ccr.fr.*

Cernusca, A. et al. (1990), „Ökologische Auswirkungen von Kunstschnee: Eine Kausalanalyse der Belastungsfaktoren", Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 19: 746-757.

CIPRA – Commission Internationale pour la Protection des Alpes (Hrsg.) (2003), "Aufrüstung im alpinen Wintersport – ein Hintergrundbericht", verfügbar unter *www.alpmedia.net.*

CIPRA – Commission Internationale pour la Protection des Alpes (Hrsg.) (2004), "Künstliche Beschneiung im Alpenraum – ein Hintergrundbericht", verfügbar unter *www.alpmedia.net.*

Deutscher Skiverband (2004), "DSV-Atlas Ski Winter 2005", Verlagsgruppe J. Fink GmbH & Co, Ostfildern.

Dietmann, T. und U. Kohler (2005), "Die Skipistenuntersuchung Bayern: Landschaftsökologische Untersuchung in den bayrischen Skigebieten. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz", Augsburg.

Direction du Tourisme (2002), "Les chiffres clés du tourisme de montagne en France, 3ème edition", Ministère des Transport, de l'Equipement, du Tourisme et de la Mer, Frankreich, Service d'Etudes et d'Aménagement touristique de la montagne.

Direction du Tourisme (2004), "Les chiffres clés du tourisme de montagne en France. 4ème edition", Ministère des Transport, de l'Equipment, du Tourisme et de la Mer, Frankreich, Service d'Etudes et d'Aménagement touristique de la montagne.

Direction du Tourisme (2005), "Le positionnement de l'offre française de sports d'hiver - Note de Synthèse", Ministère des Transport, de l'Equipement, du Tourisme et de la Mer, Frankreich, Etude réalisée par le cabinet d'Architecture et Territoire pour le compte de la direction du Tourisme.

Direction du Tourisme (2006), "Les comptes du tourisme. Compte 2005", Ministère des Transport Rapport présenté à la Commission des Comptes du Tourisme, Mai 2006.

Dubois, J.P. und G. Ceron (2003), "Changes in leisure/tourism mobility patterns facing the stake of global warming: the case of France", in A. Montanari und P. Salvà Tomàs (Hrsg.), *Human mobility in a globalizing world, Special issue of Belgian Journal of Geography,* S.103-120.

Dumas et al. (2005), "Rapport Particulier sur les Aspects Assuranciels et Institutionnels du Régime CATNAT", Rapport No. 2004-0304-01, Conseil générale des ponts et chaussées, Paris, Frankreich, September 2005.

Elsasser, H. und P. Messerli (2001), "The vulnerability of the snow industry in the Swiss Alps", *Journal of Mountain Research and Development*, Vol. 21 (4), S. 335-339.

Elsasser, H. und R. Bürki (2002), "Climate change as a threat to tourism in the Alps", *Climate Research*, Vol. 20, S. 253-257.

EEA (European Environment Agency) (2003), "Mapping the impacts of recent natural disasters and technological accidents in Europe", *Environmental Issues*, Bericht Nr. 35, Kopenhagen, Dänemark.

EEA (2005), "Vulnerability and adaptation to climate change in Europe", *Technical Report*, No. 7/2005, Kopenhagen, Dänemark.

Eidgenössisches Departement des Innern (EDI) (Hrsg.) (1991), "Landschaftseingriffe für den Skisport – Wegleitung zur Berücksichtigung des Natur- und Landschaftsschutzes", Bern.

Europäische Kommission (2005), "Solidaritätsfonds der Europäischen Union – Jahresbericht 2004", Brüssel, Dezember 2005.

Europäische Kommission (2006), "Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und Bekämpfung von Hochwasser", Brüssel, Januar 2006.

Fachverband der Seilbahnen Österreich (2005), "Österreichs Seilbahnen voll im Aufwärtstrend. Medienservice Winter 2005/06", verfügbar unter *www.seilbahnen.at.*

FAO (Food and Agriculture Organisation) (2001), "Global Forest Fire Assessment 1990-2000", Forestry Department, *Forest Resources Assessment Working Paper* – 055, Rom, Italien.

Fischer, A., M. Olefs und J. Lang (2006), "Adaptation measures to climate change for glacier ski resorts", beim 9. Österreichischen Klimatag präsentiertes Poster, Wien, 16.-17. März 2006. Zusammenfassung verfügbar unter *www.austroclim.at.*

Fitharris, B. (1995), "The cryosphere: Changes and their impacts", *Cambridge University Press*, New York, NY, USA, S. 241-265.

Föhn, P. (1990), "Schnee und Lawinen. In: Schnee, Eis und Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre", Internationale Fachtagung, Mitteilungen *VAW ETH Zurich,* No. 108, S. 33-48.

Frei, Ch. (2004), "Die Klimazukunft der Schweiz – eine probabilistische Projektion", verfügbar unter *www.occc.ch/Products/CH2050/ch2050_scenario_d.html* (Zugriff: 20. Juni 2006).

Frei, C. und C. Schär (1998), "A precipitation climatology of the Alps from high-resolution rain-gauge observations", *International Journal of Climatology*, Vol. 18 (8), S. 873-900.

Frei, C. und C. Schär (2001), "Detection probability of trends in rare events: Theory and application to heavy precipitation in the Alpine region", *Journal of Climate*, Vol. 14, S.1568-1584.

Glass, B. et al. (2000), "Retour d'expérience sur l'avalanche du 9 février 1999 à Montroc, commune de Chamonix", Inspection Générale de l'environnement, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Affaire nº IGE 00 002.

Gruber, S., M. Hoelzle und W. Haeberli (2004), "Permafrost thaw and destabilization of Alpine rock walls in the hot summer of 2003", *Geophysical Research Letters*, Vol. 31, L13504.

Guillot, J. (2006), "Herausforderungen für den Tourismus", in Lebensministerium (Hrsg.): *Klimawandel im Alpenraum – Auswirkungen und Herausforderungen*, Wien, S. 39-41.

Haeberli, W. (1992) "Construction, environmental problems and natural hazards in periglacial mountain belts", *Permafrost and Periglacial Processes*, Vol. 3, S. 111-124.

Haeberli, W. und M. Hoelzle (1995), "Application of inventory data for estimating characteristics of and regional climate-change effects on mountain glaciers: a pilot study with the European Alps", *Annals of Glaciology*, Vol. 21, S. 206-212.

Haeberli, W. und M. Beniston (1998), "Climate change and its impacts on glaciers and permafrost in the Alps", *Ambio*, Vol. 27, S. 258-265.

Hall, M.C. und J. Higham (Hrsg.) (2005), "Tourism, recreation and climate change", Aspects of Tourism 22, *Channel View Publications*, Clevedon/Buffalo/Toronto.

Hantel, M., M. Ehrendorfer und A. Haslinger (2000), "Climate sensitivity of snow cover duration in Austria", *International Journal of Climatology*, Vol. 20, S. 615-640.

Harris, C. et al. (2003), "Warming Permafrost in European Mountains", *Global and Planetary Change*, Vol. 39, S. 215-225.

Hasslacher, P. (2005), „Gletscherschutz – ein wichtiger Baustein der Alpinen Raumordnung" in Oesterreichischer Alpenverein (Hrsg.): Bedrohte Alpengletscher, Alpine Raumordnung Nr. 27, Innsbruck, 7-15

Heimann, D. und V. Sept (2000), "Climate Change Estimates of Summer Temperature and Precipitation in the Alpine Region", *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. 66 (1-2), S. 1-12.

Hoelzle, M. und W. Haeberli (1995), "Simulating the effects of mean annual air-temperature changes on permafrost distribution and glacier size: an example from the Upper Engadin, Swiss Alps", *Annals of Glaciology*, Vol. 21, S. 399-405.

Hyll, W., N.Vetters und F. Prettenthaler (2003), "What is the Optimal Mix of Insurance, Public Risk Pooling and Alternative Risk Transfer Mechanisms", Project StartClim.8, University of Graz, Graz, Österreich.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2001), "The IPCC Third Assessment Report, Volumes I (Science), II (Impacts and Adaptation) and III (Mitigation Strategies)", Cambridge, New York, Cambridge University Press.

Jomelli, V. et al. (2004), "Geomorphic Variations of Debris Flows and Recent Climatic Change in the French Alps", *Climatic Change*, Vol. 64, S. 77-102.

Kamber, M. (2006), "Climate change and property insurance: perspective from the Swiss public insurers", OECD – Wengen 2006 workshop: Adaptation to the impacts of climate change in the European Alps, Wengen, Schweiz, 4.-6. Oktober.

Kammer, P.M. (2002), "Floristic changes in subalpine grasslands after 22 years of artificial snowing", *Journal for Nature Conservation*, Vol. 10, S. 109-123.

Klawa, M. und U. Ulbrich (2003), "A model for the estimation of storm losses and the identification of severe winter storms in Germany", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Vol. 3, S. 725-732.

König, U. und B. Abegg (1997), "Impacts of climate change on winter tourism in the Swiss Alps", *Journal of Sustainable Tourism*, Vol. 5(1), S. 46-58.

König, U. (1998), "Tourism in a warmer world", Implications of climate change due to enhanced Greenhouse effect for the ski industry in the Australian Alps, Zürich.

Laternser, M. und M. Schneebeli (2003), "Long-term snow climate trends of the Swiss Alps 1931-1999", *International Journal of Climatology*, Vol. 23, S.733-750.

Leutwyler, C. (2006), "Bettenburg mitten auf der Alp", in *Tages-Anzeiger*, 24. Juli 2006.

Liu, X. und B. Chen (2000), "Climatic Warming in the Tibetan Plateau During Recent Decades", *International Journal of Climatology*, Vol. 20 (14), S. 1729-1742.

Loster, T. (2005), "Strategic management of climate change – Options for the insurance industry", in *Weather catastrophes and climate change - Is there still hope for us?*, Geo Risks Research, MunichRe, München, Deutschland, S. 236-243.

Martin, E., E. Brun und Y. Durand (1994), "Sensitivity of the French Alps snow cover to the variation of climatic variables", *Annales Geophysicae*, Vol. 12, S. 469-477.

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

Matulla, C. et al. (2005), "Outstanding past decadal-scale climate events in the Greater Alpine Region analysed by 250 years data and model run", GKSS-Forschungszentrum, Geesthacht.

Middlekoop, H. et al. (2001), "Impact of climate change on hydrological regimes and water resources management in the Rhine basin", *Climatic Change*, Vol. 49 (1-2), S. 105-128

Mountain Wilderness (2005), "Enneigement artificiel: Eau Secours!", verfügbar unter *http://france.mountainwilderness.org/download/document/TAPCanons.pdf*.

Mühll, D.V. et al. (2004), "Permafrost in Switzerland 2000/2001 and 2001/2002", *Glaciological Report* (Permafrost), No. 2/3, Glaciological Commission (GC) of the Swiss Academy of Sciences (SAS), Institute of Geography, University of Zurich, Zürich, Schweiz.

Neuhäuser, V. (2006), "Tourismusbranche ohne Fantasie?", in *CIPRA Info 80: 7*.

OcCC (Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung) (2003), "Extremereignisse und Klimawandel", Bern, Schweiz.

Odermatt, M. (2005), "Frischer Schnee aus Staatskanonen", in *Tages-Anzeige*r, 7. Februar 2005: 19.

OECD (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung) (2006), "France-Politique de Prévention et d'Indemnisation des Dommages Liés aux Inondations", Études de l'OCDE sur la gestion des risques, Paris, France.

ÖROK (Österreichische Raumordnungskonferenz) (2005), "Präventiver Umgang mit Naturgefahren in der Raumordnung, Materialienband", Wien.

Pechlaner, H. und P. Tschurtschenthaler (2003), "Tourism policy, tourism organizations and change management in Alpine regions and destinations: a European perspective", *Current issues in tourism* , Vol. 6(6), S. 508-538.

Pfund, C. (1993), "Die Seilbahnen in Zahlen", Presentation at the 23rd Annual Meeting of the Association of Swiss Cableways (Seilbahnen Schweiz), Champéry (Schweiz), 16. September 1993.

PLANAT (Nationale Plattform Naturgefahren) (2004), "*Strategie Naturgefahren Schweiz – Synthesebericht*", Bundesamt für Wasser und Geologie, Biel.

Prettenthaler F. und N. Vetters (2006), "Adapting National Risk Transfer systems: How much regulation for the insurance markets?", OECD – Wengen 2006 workshop: Adaptation to the impacts of climate change in the European Alps, Wengen, Schweiz, 4.-6. Oktober.

Pröbstl, U. (2006), "Kunstschnee und Umwelt. Entwicklung und Auswirkungen der technischen Beschneiung", Bern.

PRUDENCE (Predition of regional scenarios and uncertainties for defining European climate change risks and effects – European Climate Project). Information verfügbar unter *http://prudence.dmi.dk*.

Prudent, G. (2006), "Climatic change in the Alpine arc: focus on natural hazards", *Consultant report for the OECD*, Paris, Frankreich.

Reinhard, M., M. Rebetez und R. Schlaepfer (2005), "Recent climate change: Rethinking drought in the context of Forest Fire Research in Ticino, South of Switzerland", *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. 82, S. 17-25.

Richard, D. und M. Gay (2003), "GLACIORISK Final report – Survey and Prevention of Extreme Glaciological Hazards in European mountainous regions", verfügbar unter *http://glaciorisk.grenoble.cemagref.fr.*

Rixen, C., V. Stoeckli und W. Ammann (2003), "Does artificial snow production affect soil and vegetation of ski pistes? A review", *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, Vol. 5 (4), S. 210-230.

Scherrer, S.C., C. Appenzeller und M. Laternser (2004), "Trends in Swiss Alpine snow days: The role of local- and large-scale climate variability", *Geophysical Research Letters*, Vol. 31, L13215.

Schmid, A. (2006), "Gut gekühlte Gletscher halten etwas länger", in: *NZZ am Sonntag*, 16. Juli 2006, S. 21.

Scott, D., G. McBoyle und B. Mills (2003), "Climate change and the skiing industry in southern Ontario (Kanada): exploring the importance of snowmaking as a technical adaptation", *Climate Research,* Vol. 23, S. 171-181.

Scott, D. (2006), "Global Environmental Change and Mountain Tourism", in: St. Gössling und C.M. Hall (Hrsg.): *Tourism and Global Environmental Change*, London, S. 54-75.

Scott, D., G. McBoyle, B. Mills und A. Minogue (2006), "Climate change and the sustainability of ski-based tourism in eastern North America: a reassessment", *Journal of Sustainable Tourism*, Vol. 14(4), S. 376-398.

Scott D., G. McBoyle und A. Minogue (in Druck), "Climate change and Quebec's ski industry", *Global Environmental Change*.

SEATM (Service d'Etudes et d'Aménagement Touristique de la Montagne) (2003), "Bilan des investissements dans les domaines skiables français en 2003", *Aménagement & Montagne,* No. 179, Oktober/November 2003.

Seifert, W. (2004), „Klimaänderungen und (Winter-)Tourismus im Fichtelgebirge: Auswirkungen, Wahrnehmungen und Ansatzpunkte zukünftiger touristischer Entwicklung". Arbeitsmaterialien zur Raumordnung und Raumplanung, Heft 233, Bayreuth.

Seilbahnen Schweiz (Hrsg.) (2003), "Schweizer Seilbahnen – wohin?", Bericht zur Lage der Seilbahnbranche in der Schweiz, Bern.

Seilbahnen Schweiz (Hrsg.) (2005a), "Seilbahnen der Schweiz – Fakten und Zahlen 2004", Bern.

Seilbahnen Schweiz (Hrsg.) (2005b), "Seilbahnverbände fördern den Wintersportnachwuchs", *Pressemitteilung*, verfügbar unter *www.seilbahnen.org.*

Seiler, W. (2006), "Der Klimawandel im Alpenraum: Trends, Auswirkungen und Herausforderungen". in: Lebensministerium (Hrsg.): *Klimawandel im Alpenraum – Auswirkungen und Herausforderungen*, Wien, S. 7-20.

Shreshtha et al. (1999), "Maximum Temperature Trends in the Himalaya and Its Vicinity: An Analysis Based on Temperature Records from Nepal for the Period 1971-94", *Journal of Climate*, Vol. 12 (9), S. 2775-2789.

Simon, C. (2006), "Eine neue Politik für die Tourismusorte der Isère/F", in *CIPRA Info 80*, S. 9.

Stoffel, M. und M. Beniston (2006), "On the incidence of debris flows from the early Little Ice Age to a future greenhouse climate: A case study from the Swiss Alps", *Geophysical Research Letters* , Vol. 33, L16404.

SwissInfo (2001), "Village pioneers defences against global warming", Swiss Broadcasting Corporation, 7. September 2001, verfügbar unter *www.swissinfo.org.*

SwissInfo (2003), "Pontresina becomes village of the dammed", Swiss Broadcasting Corporation, 13. August 2003, verfügbar unter *www.swissinfo.org.*

SwissRe (2006), "Folgen der Klimaveränderung: Mehr Sturmschäden in Europa ", Fokus Report, SwissRe, Zürich, Schweiz.

Schweizerische Eidgenossenschaft (2005), "Switzerland's Fourth National Communication under the UNFCCC", Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, Schweiz.

UVEK (Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation) (2006a), "Gefahrenkartierung: noch sind große Anstrengungen der Kantone nötig", Bern, Juni 2006.

UVEK (2006b), "Übersicht über die potenzielle Permafrostverbreitung in der Schweiz", Bern, Juli 2006.

von Ungern-Sternberg, Thomas (2004), "Efficient Monopolies: The Limits of Competition in the European Property Insurance Market", Oxford University Press, Oxford, UK.

Umweltbundesamt und Max-Planck-Institut für Meteorologie (Hrsg.) (2006), "Künftige Klimaänderungen in Deutschland – Regionale Projektionen für das 21. Jahrhundert", *Hintergrundpapier April 2006*, verfügbar unter *www.umweltbundesamt.de/klimaschutz* (Zugriff: 9. Juni 2006).

Urbanska, K. M. (1997), "Restoration ecology research above the timberline: colonization of safety islands on a machine-graded alpine ski run", *Biodiversity and Conservation*, Vol. 4, S. 1655-1670.

Viner, D. und M. Agnew (1999), "Climate Change and its impacts on tourism", Bericht für den WWF-UK.

Wielke, L.-M., L. Haimberger und M. Hantel (2004), "Snow cover duration in Switzerland compared to Austria", *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 13, S. 13-17.

Wipf, S., C. Rixen, M. Fischer, B. Schmid und V. Stoeckli (2005), "Effects of ski piste preparation on alpine vegetation", *Journal of Applied Ecology*, Vol. 42: 306-316.

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (2005), "Nachhaltige Entwicklung des Schneesports und des Wintersporttourismus in Baden-Württemberg", Ein Leitfaden für Politik, Sport, Kommunen and touristische Leistungsträger, Offenburg.

Witmer, U. (1986), "Erfassung, Bearbeitung und Kartierung von Schneedaten in der Schweiz", *Geographica Bernensia G25.*

Wolfsegger, C., S. Gössling und D. Scott (in Druck), "Climate change risk appraisal in the Austrian ski industry", Submitted to Tourism Review International.

WWF (World Wildlife Fund) Italia (2006a), "Alpi e turismo: trovare il punto di equilibrio", verfügbar unter *www.wwf.it/ambiente/dossier/Alpi_e_Turismo.pdf.*

WWF Italia (2006b), "Alpi, turismo e ambiente: alla ricerca di un equilibrio", *WWF Report*, S.137.

Zebisch, M. et al. (2005), "Klimawandel in Deutschland: Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme", Forschungsbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes, verfügbar unter *www.umweltbundesamt.de.*

Zemp, M. et al. (2006), "Alpine glaciers to disappear within decades?" *Geophysical Research Letters,* Vol. 33, L13504

Zemp, M. et al. (in Druck), "Glacier fluctuations in the European Alps 1850-2000: an overview and spatio-temporal analysis of available data", in: B. Orlove, E. Wieganddt und B. Luckman (Hrsg.): *The darkening peaks: Glacial retreat in scientific and social context,* University of California Press.

Zeng, L. (2000), "Weather derivates and weather insurance: concept, application, and analysis", *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 81, S. 2075-2082.

Websites

AlpMedia, Informationsdienst für die Alpen, *www.alpmedia.net*.

ANPNC, Internetseite der Association Nationale des Professionnels de la Neige de Culture, *www.anpnc.com*.

Association of British Insurers, London, Vereinigtes Königreich, *www.abi.org.uk/climatechange.*

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wasserwirtschaft, Österreich: *www.hochwasserrisiko.at*.

DPPR, Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques, Paris, France: *www.ecologie.gouv.fr.*

Glaciorisk project: *http://glaciorisk.grenoble.cemagref.fr*.

IRV, Interkantonaler Rückversicherungsverband, Schweiz: *www.kgvonline.ch/*.

Ministère des Transport, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer: *www.tourisme.gouv.fr*.

Österreichischer AlpenVerein: *www.alpenverein.at*.

Projekt Hochwasserschutz Samedan 2002 bis 2006: *www.flaz.ch*.

Promethhee database: *www.promethee.com*.

Pro Natura, Schweizerischer Bund für Naturschutz, *www.pronatura.ch*.

Verband Deutscher Seilbahnen: *www.seilbahnen.de*.

Anhang 1

Ergebnisse: schneesichere Skigebiete

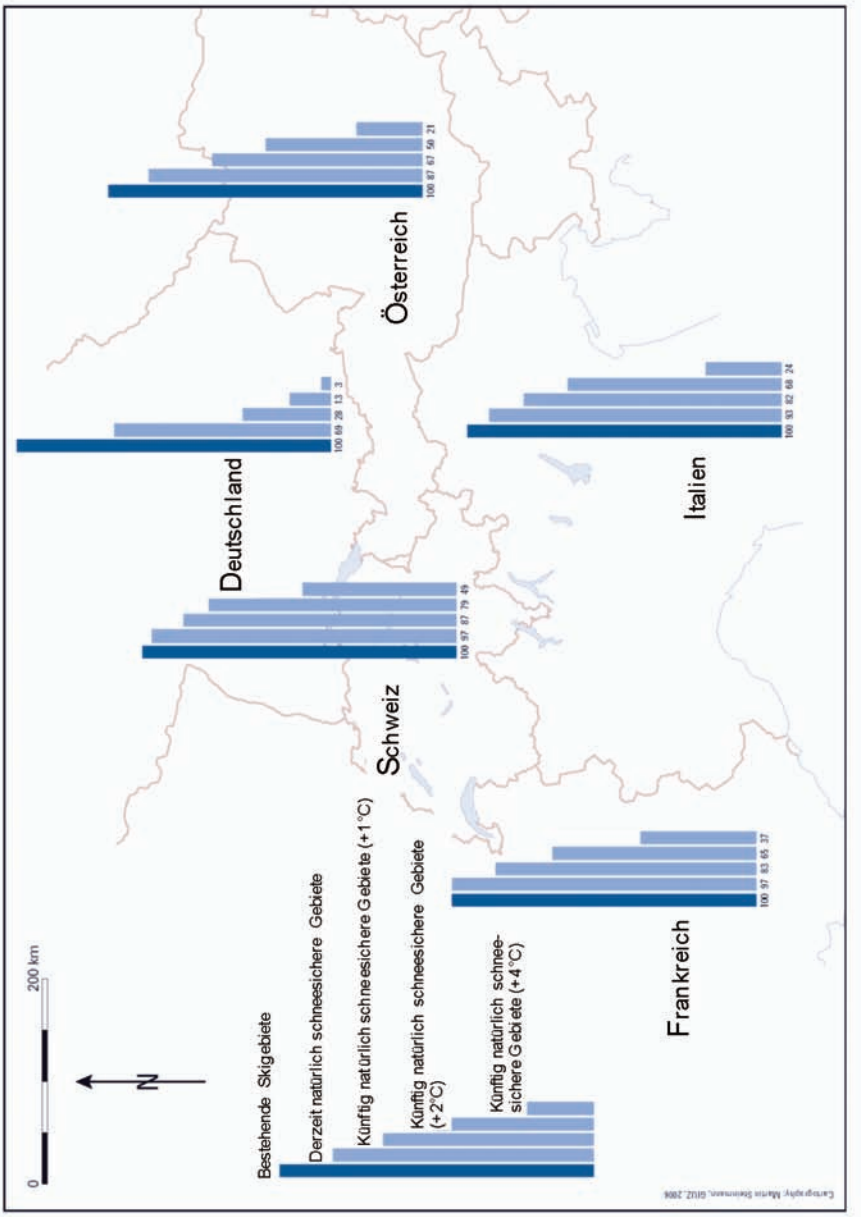
A.1 Tabelle 1 **Gegenwärtige und künftige natürliche Schneesicherheit der Skigebiete in den Alpen**

Anzahl und Prozentsatz der Skigebiete, die schneesicher bleiben werden, verglichen mit der Zahl der heute schneesicheren Gebiete

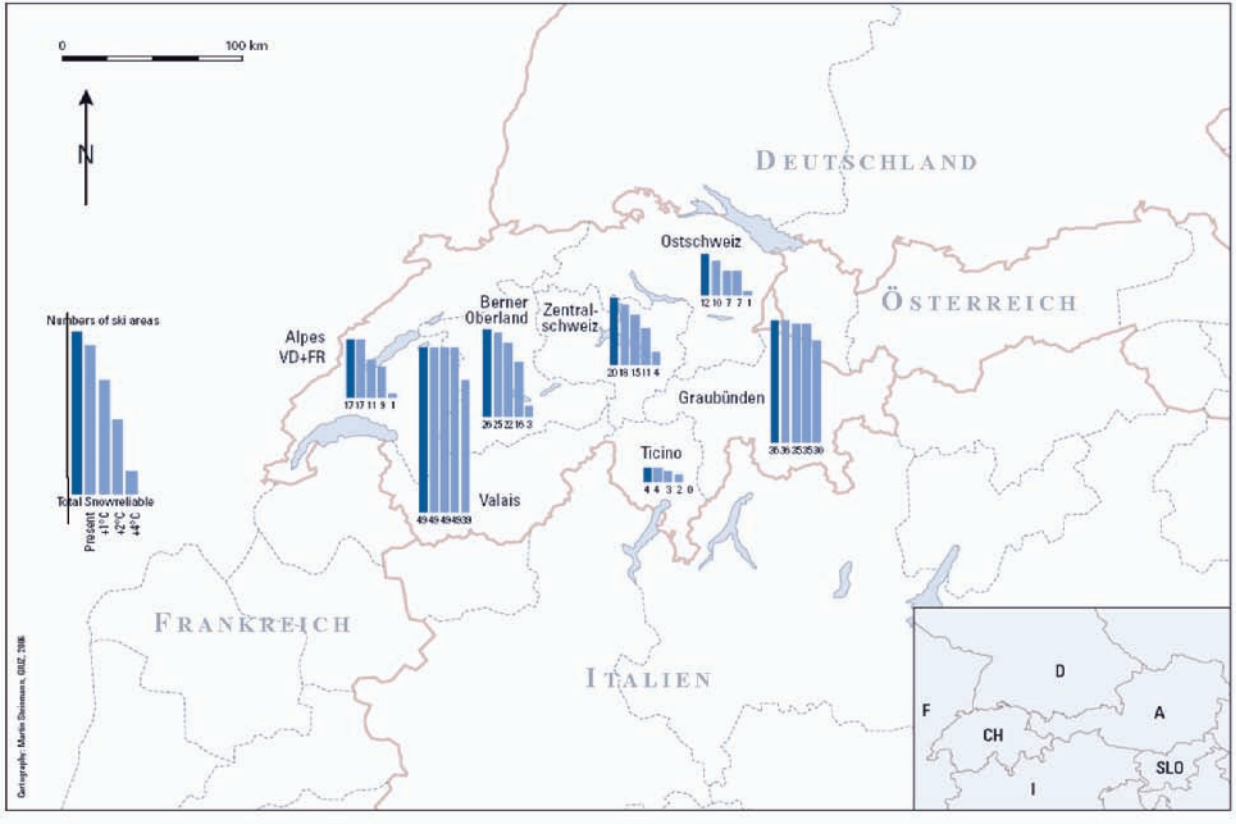
A = Österreich, CH = Schweiz, D = Deutschland, F = Frankreich, I = Italien,

	Region	Skigebiete	Derzeit	+1°C	+2°C	+4°C
A	Vorarlberg	25	19 *(76%)*	16 *(64%)*	12 *(48%)*	3 *(12%)*
	Tirol	79	75 *(95%)*	61 *(77%)*	45 *(57%)*	23 *(29%)*
	Salzburg	39	35 *(90%)*	29 *(74%)*	24 *(62%)*	9 *(23%)*
	Kärnten	24	20 *(83%)*	15 *(63%)*	14 *(58%)*	7 *(29%)*
	Oberösterreich	11	7 *(64%)*	4 *(36%)*	2 *(18%)*	0
	Niederösterreich	13	9 *(69%)*	2 *(15%)*	1 *(8%)*	0
	Steiermark	37	34 *(92%)*	26 *(70%)*	17 *(46%)*	5 *(14%)*
CH	Ostschweiz	12	10 *(83%)*	7 *(58%)*	7 *(58%)*	1 *(8%)*
	VD- + FR-Alpen	17	17 *(100%)*	11 *(65%)*	9 *(53%)*	1 *(6%)*
	Berner Oberland	26	25 *(96%)*	22 *(85%)*	16 *(62%)*	3 *(12%)*
	Zentralschweiz	20	18 *(90%)*	15 *(75%)*	11 *(55%)*	4 *(20%)*
	Tessin	4	4 *(100%)*	3 *(75%)*	2 *(50%)*	0
	Graubünden	36	36 *(100%)*	35 *(97%)*	35 *(97%)*	30 *(83%)*
	Wallis	49	49 *(100%)*	49 *(100%)*	49 *(100%)*	39 *(80%)*
D	Oberbayern	20	18 *(90%)*	8 *(40%)*	3 *(15%)*	1 *(5%)*
	Schwaben/Allgäu	19	9 *(47%)*	3 *(16%)*	2 *(11%)*	0
F	Alpes-Maritimes	9	9 *(100%)*	7 *(78%)*	2 *(22%)*	1 *(11%)*
	Drôme	4	1 *(25%)*	0	0	0
	Haute-Provence	10	10 *(100%)*	9 *(90%)*	7 *(70%)*	1 *(10%)*
	Isère	19	19 *(100%)*	16 *(84%)*	12 *(63%)*	7 *(37%)*
	Hautes-Alpes	27	27 *(100%)*	24 *(89%)*	19 *(70%)*	9 *(33%)*
	Savoie	42	42 *(100%)*	40 *(95%)*	38 *(90%)*	30 *(71%)*
	Haute-Savoie	37	35 *(95%)*	27 *(73%)*	18 *(49%)*	7 *(19%)*
I	Piemont	18	18 *(100%)*	16 *(89%)*	15 *(83%)*	5 *(28%)*
	Lombardei	6	6 *(100%)*	6 *(100%)*	5 *(83%)*	4 *(67%)*
	Trentin	20	19 *(95%)*	16 *(80%)*	14 *(70%)*	3 *(15%)*
	Südtirol	32	31 *(97%)*	27 *(84%)*	20 *(63%)*	7 *(22%)*
	Friaul/Julisch/Venetien	11	7 *(64%)*	6 *(55%)*	5 *(45%)*	2 *(18%)*

A.1. Abbildung 1 **Prozentsatz der natürlich schneesicheren Skigebiete in den Alpen unter gegenwärtigen und künftigen Klimabedingungen**

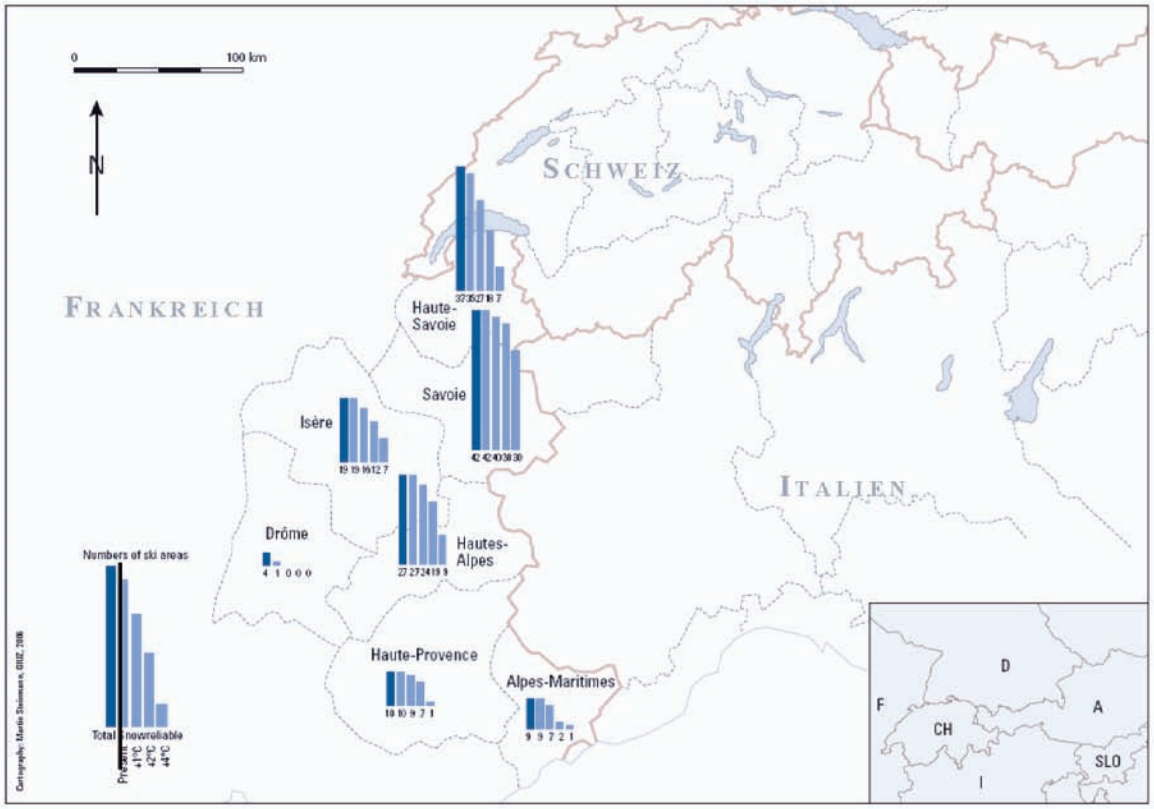


A.1. Abbildung 2 **Anzahl der natürlich schneesicheren Skigebiete in den Schweizer Alpen unter gegenwärtigen und künftigen Klimabedingungen**



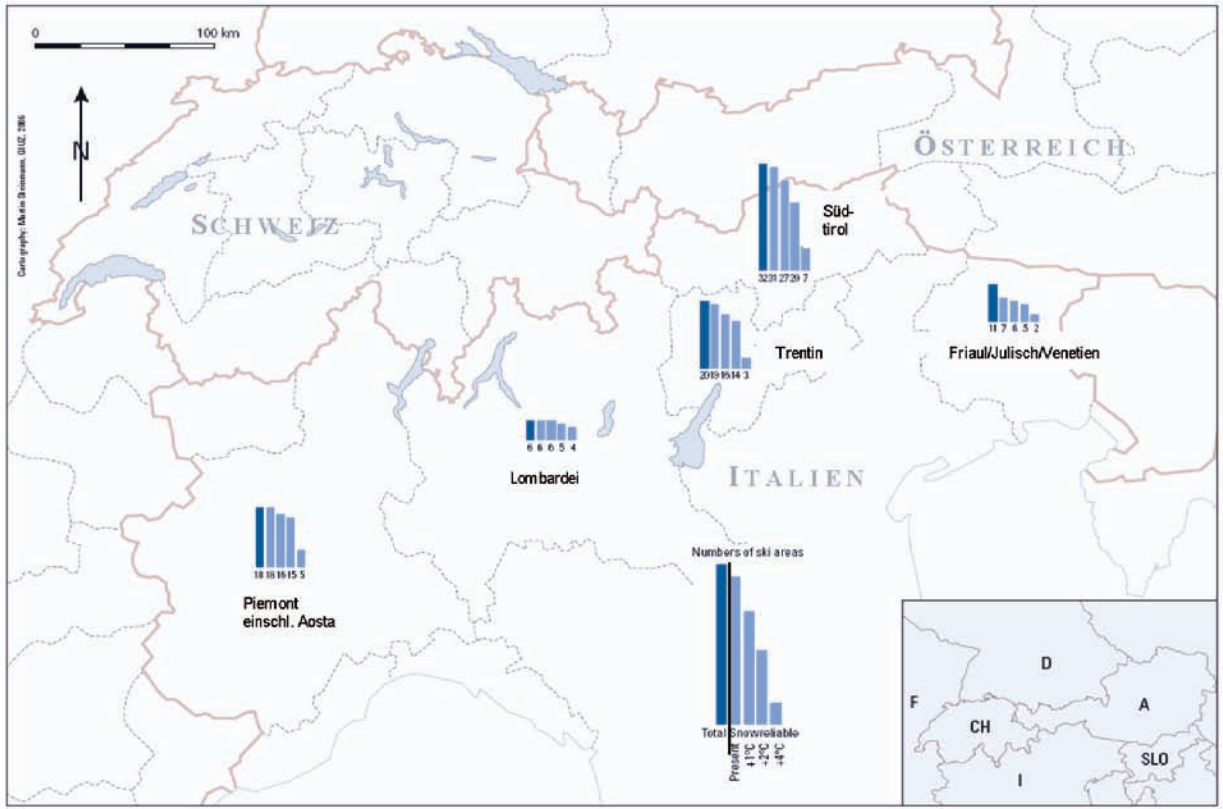
Anmerkung: A = Österreich, CH = Schweiz, D = Deutschland, F = Frankreich, I = Italien, SLO = Slowenien

A.1. Abbildung 3 **Anzahl der natürlich schneesicheren Skigebiete in den französischen Alpen unter gegenwärtigen und künftigen Klimabedingungen**



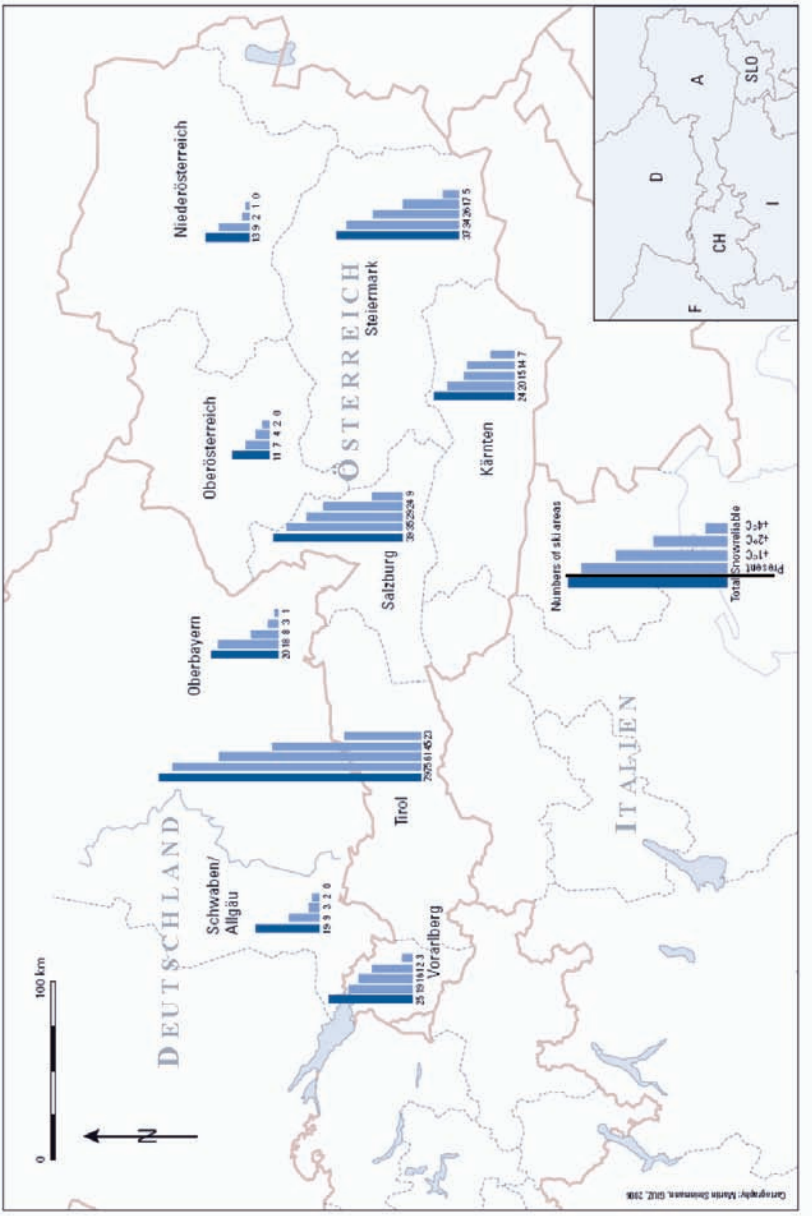
Anmerkung: A = Österreich, CH = Schweiz, D = Deutschland, F = Frankreich, I = Italien, SLO = Slowenien

A.1. Abbildung 4 **Anzahl der natürlich schneesicheren Skigebiete in den italienischen Alpen unter gegenwärtigen und künftigen Klimabedingungen**



Anmerkung: A = Österreich, CH = Schweiz, D = Deutschland, F = Frankreich, I = Italien, SLO = Slowenien

A.1. Abbildung 5 **Anzahl der natürlich schneesicheren Skigebiete in Österreich und Deutschland (Bayern) unter gegenwärtigen und künftigen Klimabedingungen**



Anmerkung: A = Österreich, CH = Schweiz, D = Deutschland, F = Frankreich, I = Italien, SLO = Slowenien

ANHANG 2

Einschätzung des Klimawandels durch den Fremdenverkehrssektor

In der Schweiz sind in den vergangenen zehn Jahren mehrere Erhebungen zur Einschätzung des Klimawandels durch Vertreter der Fremdenverkehrsindustrie durchgeführt worden (vgl. Abegg, 1996; Behringer et al., 2000; Bürki, 2000). Diese haben ergeben, dass die Tourismusbranche den Klimawandel als Problem für den Wintertourismus erkennt und sich über die potenziellen Konsequenzen des Klimawandels für den Wintertourismus im Klaren ist. Offenbar wird dem Phänomen aber nur eine untergeordnete Bedeutung beigemessen. Außerdem glaubt man, dass das Problem des Klimawandels in den Medien sowie in wissenschaftlichen und politischen Kreisen sehr übertrieben dargestellt wird. Die bei diesen Erhebungen in Fokusgruppen geführten Diskussionen ließen deutlich eine ambivalente Haltung der Tourismusbranche gegenüber dem Klimawandel zu Tage treten. Einerseits zeigen sich die Tourismusvertreter skeptisch gegenüber den Informationen, die hinsichtlich des Klimawandels verbreitet werden, und spielen seine möglichen Folgen herunter, andererseits benutzen sie den Klimawandel zur Rechtfertigung ihrer Zukunftsstrategien. So wurden der Klimawandel und die Erderwärmung im Verein mit der internationalen Konkurrenz als Hauptargumente für den Bau von Kunstschneeanlagen sowie für die Ausdehnung bestehender Skipisten und Erschließung neuer Gebiete in alpinen Höhenlagen (über 2 500 m) herangezogen.

Die neuesten Ergebnisse stammen aus einer in Österreich von Wolfsegger et al. (in Druck) durchgeführten Erhebung. Danach sind sich die Manager niedrig gelegener Skigebiete (in denen mindestens 50% der Skifläche unter 1 500 m ü.d.M. liegen) der Herausforderungen bewusst. Eine deutliche Mehrzahl der Befragten erwartet zumindest einige substanzielle Veränderungen, und nur 25% glauben, dass das Klima stabil bleiben wird. Als wahrscheinlichste Klimaänderungen werden häufiger auftretende extreme Wetterbedingungen und weniger Schnee genannt. 39% der Befragten schätzen die Möglichkeit einer Verkürzung der Wintersaison als sehr bis recht wahrscheinlich ein, was aber nicht unbedingt bedeutet, dass in den Skigebieten mit weniger Besuchern gerechnet wird. Außerdem stellt der Klimawandel in den Augen der Mehrzahl der Skigebietsbetreiber keine substanzielle Bedrohung dar, da die meisten davon überzeugt sind, dass Anpassungsstrategien wie künstliche Schneeerzeugung ausreichen, um dem Klimawandel im 21. Jahrhundert zu begegnen: 47% der Skigebietsbetreiber sind der Meinung, dass ihre Aktivität ohne zusätzliche Anpassungen in 15 Jahren wirtschaftlich nicht mehr rentabel sein wird. Bei zusätzlichen Anpassungen glaubt jedoch eine überwiegende Mehrzahl (82%), dass ihre Skiaktivitäten noch mindestens für weitere 30-45 Jahre wirtschaftlich rentabel bleiben werden. Generell scheinen die meisten Skigebietsbetreiber fest von ihrer Fähigkeit überzeugt zu sein, sich potenziellen Folgen des Klimawandels anpassen zu können.

(Fortsetzung nächste Seite)

(Fortsetzung)

Wolfsegger et al. (in Druck) baten die österreichischen Skigebietsbetreiber auch, eine Reihe möglicher Strategien zur Anpassung an den Klimawandel nach ihrer Eignung zu bewerten. Unter den technologischen Lösungsansätzen wurde die künstliche Schneeerzeugung als geeignetste Lösung zur Bewältigung der Effekte des Klimawandels betrachtet und von 90% der Befragten als sehr geeignet eingestuft. Die Verlegung bzw. Ausdehnung von Skipisten in höhere Lagen rangierte unter den bevorzugten Optionen auf Platz 2, gefolgt von der Schließung von Südhangpisten. Geteilter Auffassung waren die Skigebietsbetreiber in der Frage, ob die Kunstschneeerzeugung mit chemischen Zusätzen sowie die Verbesserung der saisonalen Wettervorhersagen angemessene Anpassungsstrategien darstellen oder nicht. Was die Geschäftsstrategien betrifft, wurde die „Kostenteilung der Schneeerzeugung mit dem Hotelgewerbe" als die beste Option empfunden, gefolgt von „Zusammenschluss mit anderen Skigebieten", „Diversifizierung der Wintersportaktivitäten", „Diversifizierung der Saisonprodukte" und „verstärktes Marketing". Zudem wurden als bevorzugte Politikoptionen „staatliche Subventionen für die Kunstschneeerzeugung" und „Überprüfung der Umweltschutzbestimmungen" genannt, während Maßnahmen zur Abschwächung der Klimaeffekte, wie Lobbying zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen, sowie „staatliche Entschädigung für wirtschaftliche Verluste" nur als bedingt geeignet eingestuft wurden.

ANHANG 3

Die Zukunft des Skifahrermarkts: Ergebnisse aus analogen Studien und aus Erhebungen

Für Informationen über die potenziellen Reaktionen der Skifahrer auf die Klimaänderungen stehen derzeit zwei Quellen zur Verfügung: analoge Studien und Erhebungen. So können vergangene warme Winter als Bezugspunkt verwendet werden, da sie sicherlich der Situation ähneln, mit der im Kontext des Klimawandels in einem normalen Winter zu rechnen ist. Abegg (1996) untersuchte die Auswirkungen drei schneearmer Winter Ende der achtziger Jahre in der Schweiz (Winter 1987/1988 bis 1989/1990). Diese Winter waren generell zu warm und bis Ende Januar bzw. Mitte Februar extrem schneearm. Für die Schweiz waren Winter mit Schneemangel nichts Neues, sehr ungewöhnlich war jedoch die Serie dreier aufeinander folgender Winter mit derart schwachem Schneefall. Der Schneemangel hat in der Skiindustrie deutliche Spuren hinterlassen. So sanken die Einnahmen der Skigebietsbetreiber im Vergleich zum „normalen" Winter von 1986/1987 um durchschnittlich 20%. Die Ski- und Snowboardlehrer wie auch die Wintersportgeschäfte waren ebenfalls stark betroffen. Indessen waren die Auswirkungen von Region zu Region ganz unterschiedlich. Kleinere Skigebiete in niedrigerer und mittlerer Höhenlage wurden am stärksten in Mitleidenschaft gezogen (es gab sogar einige Insolvenzen), während eine Reihe von großen Skigebieten in über 1 700 m Höhe auf Grund des Schneemangels in niedrigeren und mittleren Höhenlagen gute, ja sogar erstklassige Ergebnisse erzielten, was auf eine Abwanderung der Skifahrer in höhere und schneesichere Gebiete schließen lässt (vgl. auch König und Abegg, 1997). Im Hotel- und Ferienwohnungsmarkt war der Einbruch weniger ausgeprägt, da hier auch Nichtskifahrer Unterkunft finden. Außerdem werden Hotelzimmer und Ferienwohnungen generell im Voraus gebucht. Gleichwohl stellt sich die Frage, wie lange Touristen einem bestimmten Ferienort treu bleiben und dahin zurückkehren werden, wenn sie dort wiederholt unzureichende Schneebedingungen anfinden.

Im östlichen Teil Nordamerikas wurde ebenfalls eine Untersuchung über die Entwicklung der Skinachfrage in den Wintern 2000/2001 und 2001/2002 (Winter mit Wärmerekorden) durchgeführt und als Referenzbeispiel für die Lage im Jahr 2050 herangezogen (mittelfristiges Szenario) (vgl. Scott, 2006). Den Ergebnissen zufolge sinkt die Skinachfrage bis 2050 weniger rasch als erwartet. Das erklärt sich möglicherweise aus den Verhaltensanpassungen der Skifahrer, die sich in einem höheren Auslastungsgrad der Skigebiete niederschlagen (häufigere Besuche in kürzeren Saisonzeiten). Es ist aber zu berücksichtigen, dass die Effekte des Klimawandels in diesem Szenario durch den massiven Einsatz von Beschneiungsanlagen abgefedert werden.

(Fortsetzung nächste Seite)

(Fortsetzung)

Im Gegensatz zu den Skigebietsbetreibern (vgl. Anhang 2) scheinen die Skifahrer im Klimawandel ein ernsthaftes Problem für die Tourismusbranche zu sehen. Bei einer in fünf Skigebieten in der Zentralschweiz von Bürki (2000) durchgeführten Erhebung gaben 83% der Befragten an, dass der Klimawandel ihrer Auffassung nach eine Bedrohung für die Skiindustrie darstellt, und fast die Hälfte glaubten, dass sich diese Gefahr im Zeitraum 2000-2030 konkretisieren wird. Als Antwort auf die Frage „Wo und wie häufig würden Sie Ski fahren, wenn Sie wüssten, dass der natürliche Schneefall in den kommenden fünf Wintern sehr gering sein wird?" gab die Mehrzahl der Skifahrer (58%) an, dass sie mit derselben Frequenz (d.h. 30% am selben Ort und 28% in einer schneesicheren Station) Ski fahren würden, während nahezu ein Drittel (32%) der Befragten sagte, sie würden weniger häufig Ski fahren und 4% erklärten, sie würden den Skisport ganz aufgeben. Wenn mehr als ein Drittel der Skifahrer weniger oder überhaupt nicht mehr Ski fahren würde, wären die Auswirkungen des Klimawandels auf die künftige Skisportnachfrage in der Schweiz signifikant. Eine ähnliche in den Snowy Mountains in Australien durchgeführte Erhebung kam zu vergleichbaren Ergebnissen (vgl. König, 1998).

Die Skifahrer wurden auch gefragt, was sie von den unterschiedlichen Anpassungsstrategien halten. Etwa die Hälfte der befragten Skifahrer hielten die Kunstschneeerzeugung und/oder die Ausdehnung der Skigebiete auf höhere Lagen für wichtig. Als weniger wichtig wurden Animationen und Veranstaltungen im Skigebiet sowie schneeunabhängige Aktivitäten angesehen (Bürki, 2000). Ganz anders fallen die Ergebnisse einer australischen Studie (König, 1998) aus, bei der nahezu alle befragten Skifahrer (bis zu 92%) angaben, dass sie in der künstlichen Beschneiung ein wichtiges Instrument zur Aufrechterhaltung des Skibetriebs sehen. Das Gleiche gilt für Nordamerika (Scott, 2006), wo die Kunstschneeerzeugung – genau wie in Australien – seit vielen Jahren ein fester Bestandteil des Skigebietsbetriebs ist. In der Schweiz hingegen stehen viele Skifahrer dem Einsatz von Kunstschneeanlagen offenbar nach wie vor skeptisch gegenüber.

ANHANG 4

Anpassungsstrategien: Trends, Grenzen und Synergien

Anpassungsstrategien	Beispiele beobachteter Trends	Grenzen der Strategien	Potenzielle Konflikte/Synergien
Technologische Lösungsansätze: • Geländeeingriffe und Pistenerstellung	• 27% des Skigebiets in Bayern (999 von 3 665 ha) sind durch Geländeeingriffe und Pistenerstellung baulich verändert worden. Auf 75% der Fläche wurden Planierungen und auf 15% Rodungen durchgeführt.	• Umweltschädliche Aktivität mit gravierenderen Konsequenzen in höheren Lagen. • Nicht tragfähige Strategie im Hinblick auf eine integrierte Tourismuspolitik, da der negative Effekt auf die Attraktivität der Alpenlandschaft den Sommertourismus belasten könnte.	• Umweltfolgen: verstärkte Erosionsgefahr; Auswirkungen auf Artenvielfalt und Pflanzendecke (eine Rekultivierung planierter Flächen ist schwierig).
• Ausweichen in höhere Lagen und Nordorientierung	• 2001 gab es in den Alpen 155 Projekte für Skigebietserweiterung sowie 48 Projekte zur Verbindung bestehender Skigebiete und 26 Projekte zur Neuerschließung von Gebieten in zuvor unberührten Gegenden. • In der Schweiz wird das Projekt „Savognin 1900“ diskutiert: Bau einer neuen Skistation in einem Hochtal und Erweiterung des Skigebiets von Savognin um ein Drittel, einschließlich des Piz Mez in einer Höhe von 2 718 m.	• Nordhangpisten sind für Skifahrer unattraktiv. • Begrenzte und nicht erweiterbare Höhenausdehnung vieler Skigebiete. • Mögliche Erhöhung der Lawinen- und Sturmböengefahr in höheren Lagen. • Die Erweiterung der Skigebiete ist sehr kostenaufwendig: Laut einer Studie aus der Schweiz liegen die Kosten für Hochgebirgserschließungen zwischen 40 und 49 Mio. sfr.	• Widerstand von Umweltschutzgruppen, da die Natur in höheren Lagen ökologisch besonders anfällig ist. • Der Bau neuer Skilifte und die Erschließung neuer Skigebiete führen zu mehr Umweltverschmutzung (mit dem Tourismus steigt der Verkehr) und zu mehr Treibhausgasemissionen. Das französische Umweltinstitut (ifen) hat den Stromverbrauch von 4 000 Skiliften in der Wintersaison auf 571-734 GWh beziffert, was ¼ bzw. ⅓ der Jahresproduktion eines Kernkraftwerks entspricht.

ANHANG 4 (Forts.) Anpassungsstrategien: Trends, Grenzen und Synergien

Anpassungsstrategien	Beispiele beobachteter Trends	Grenzen der Strategien	Potenzielle Konflikte/Synergien
• Gletscherski	• Im Jahr 2003 wurde an dem südlich ausgerichteten Hockengrat-Gletscher in der Schweiz ein neuer Skilift eingeweiht. • Mögliche Erschließung von Skigebieten in Österreich auf den Pitztal- und Kaunertal-Gletschern.	• Langfristig untragbare Strategie auf Grund des Klimawandels: bis 2050 werden Schätzungen zufolge 75% der Gletscher in den Schweizer Alpen verschwunden sein, und 2100 wird es im gesamten Alpenraum vielleicht kaum noch Gletscher geben. • Sich verändernde Präferenzen unter den Sommertouristen führen zu einem Rückgang des Gletscherskis im Sommer.	• Umweltfolgen der Eröffnung neuer Skigebiete auf Gletschern, Widerstand von Umweltschutzgruppen.
• Einsatz von weißen Abdeckfolien zum Schutz der Gletscher vor dem Abschmelzen	• In Tirol (Österreich) sind in den Sommermonaten 28 ha (etwa 3% des Gletscherskigebiets) mit weißen Folien abgedeckt. • 6 ha des Pitztal-Gletschers in Österreich sind mit Abdeckfolien bedeckt. • Mehrere Stationen in der Schweiz haben weiße Abdeckfolien auf den Gletscher angebracht: Saas Fee und Verbier (Kanton Wallis), Engelberg und Andermatt (Zentralschweiz) sowie Laax (Kanton Graubünden).	• Die weißen Abdeckfolien können die Gletscher nicht retten: Es handelt sich allenfalls um eine Kurzzeitstrategie. • Auf Grund der hohen Kosten können nur die anfälligsten Teile der Gletscher geschützt werden.	• Widerstand von Umweltschutzorganisationen wie Greenpeace und Pro Natura.

ANHANG 4 (Forts.) Anpassungsstrategien: Trends, Grenzen und Synergien

Anpassungsstrategien	Beispiele beobachteter Trends	Grenzen der Strategien	Potenzielle Konflikte/Synergien
• Kunstschneeerzeugung	• Prozentualer Anteil der künstlich beschneiten Skifläche in den einzelnen Ländern: 50% in Österreich (11 500 ha), 18% in der Schweiz (3 960 ha), 11,5% in Deutschland, 15,5% in Frankreich (3 222 ha) und 40% in Italien (9 000 ha). • Österreich und Italien weisen in den Alpen den höchsten Anteil der mit Schneekanonen ausgerüsteten Pisten auf. • 135 Skistationen in den französischen Alpen sind mit Beschneiungsanlagen ausgerüstet. • In den französischen Alpen sind in den vergangenen Jahren auf den Gletschern von Tignes und Val d'Isère Schneekanonen eingerichtet worden, und das Skigebiet von Alpe d'Huez fasst derzeit die Kunstschneeerzeugung auf seinem Gletscher ins Auge.	• Die Kosten der Kunstschneeerzeugung werden im Kontext der Erderwärmung zunehmen, da zur Erzeugung von Schnee bei wärmeren Temperaturen mehr Energie und Wasser notwendig sind. • Schneekanonen sind bei Temperaturen über -2°C nicht effizient, und der Einsatz von Schneezusätzen (z.B. Snomax) wie auch der „Allwetterschneekanone" verursacht deutlich höhere Kosten. • Viele kleine und mittlere Skiresorts werden die höheren Kosten der Kunstschneeerzeugung bei wärmeren Temperaturen nicht bestreiten können und u.U. Marktanteile verlieren, wenn Skiurlauber in schneesichere Skigebiete abwandern.	• Die für die Kunstschneeerzeugung notwendigen enormen Wassermengen stellen eine starke Belastung für die Wasserressourcen dar, da das für die Schneeerzeugung verwendete Wasser zu einem Zeitpunkt entnommen wird, an dem das Wasser in den Bergen knapp ist und anderen Verwendungszwecken dienen könnte, wie der Deckung des Trinkwasserbedarfs und der Erzeugung von Hydraulikenergie. • Die Wasserentnahme für die Kunstschneeerzeugung aus Trinkwasserreserven, Flüssen, Bächen oder Gebirgsseen hat negative Auswirkungen: Sie kann zu Unterbrechungen der Wasserversorgung, Senkung des Wasserstands in Flüssen zu kritischen Zeiten im Jahr und mithin einer Bedrohung des aquatischen Lebens führen und auch für die Umwelt und die Alpenlandschaft sehr zerstörerisch sein. • Die Gebirgsreservoirs sind auch anfällig für Überschwemmungen, Felsstürze und Lawinen, und diese Gefahren könnten im Kontext des Klimawandels zunehmen. • Der Einsatz von Kunstschnee und Schneezusätzen kann negative Effekte auf die Alpenvegetation haben.

ANHANG 4 (Forts.) Anpassungsstrategien: Trends, Grenzen und Synergien

Anpassungsstrategien	Beispiele beobachteter Trends	Grenzen der Strategien	Potenzielle Konflikte/Synergien
• Kunstschneeerzeugung *(Forts.)*			• Der erhebliche Lärm, der durch Schneekanonen verursacht wird, scheint sich auf die Raumwahl und Tagesaktivitäten von Wildtieren auszuwirken. • Der hohe Energieverbrauch der Schneekanonen trägt zu Treibhausgasemissionen und mithin zum Problem des Klimawandels bei.
Verhaltensbezogene Lösungsansätze: • Betriebspraktiken	• Einige kleine und mittlere Skiresorts in niedrigen Höhenlagen mussten bereits Öffnungszeiten der Saison ändern. • In Bayern gab es Pläne, ein kleines Sommerskigebiet über 2 ha auf schneefreiem Kunstbelag in einer Höhe von 1 000 m einzurichten.	• Eine intensivere Nutzung ist nur effizient, wenn die Skifahrer mit dem Angebot weiterhin zufrieden sind.	• Eine verkürzte Skisaison wirkt sich u.U. negativ auf die Wirtschaft aus: Beispielsweise können das Hotel- und Gaststättengewerbe auf Grund des Ausbleibens von Touristen in der Früh- und Spätsaison Verluste erleiden, da einige Hotels nicht in der Lage sein dürften, ihre Aufnahmekapazitäten während der Hochsaison zu steigern.
• Finanz- und Marketinginstrumente (Schneeversicherung, Wetterderivate und Marketinganreize)	• Skiresorts werben mit der Höhenausdehnung ihrer Skigebiete: Isola 2000, Zillertal 3000.	• Versicherungsprämien können für Skigebiete zu teuer werden: Beispiele für den Einsatz von Schneeversicherungen in den Vereinigten Staaten zeigen, dass die Versicherungsprämien in den letzten Jahren erheblich gestiegen sind – wohl ein Zeichen dafür, dass der Finanzsektor seine Tarife diesem Versicherungsprodukt anpasst – und große Skigebietsbetreiber deshalb keine Wetterversicherungen mehr abschließen.	

ANHANG 4 (Forts.) Anpassungsstrategien: Trends, Grenzen und Synergien

Anpassungsstrategien	Beispiele beobachteter Trends	Grenzen der Strategien	Potenzielle Konflikte/Synergien
• Finanzielle Unterstützung	• Die Gemeinde St. Moritz im Kanton Graubünden gab im vergangenen Jahr 2,3 Mio. sfr für den Betrieb ihrer Beförderungsanlagen in den Skigebieten aus. • In Melchsee-Frutt, Zentralschweiz, übernahm die Gemeinde die Kosten für den Bau eines neuen Sessellifts im Gesamtbetrag von 8,5 Mio. sfr. • In Gstaad im Berner Oberland kostet die Erneuerung der bestehenden Beförderungsanlagen etwa 70 Mio. sfr, hierfür wurden von der Gemeinde Saanen und den Kantonen Bern und Waadt 67 Mio. bereitgestellt. • Eine Analyse der Erschließungs- bzw. Ausbauprojekte in der Schweiz (1993-2001) ergab, dass die Kantone den Großteil der Investitionskosten übernahmen (42%), gefolgt von den Banken und den Skigebietsbetreibern selbst (jeweils 21%).	• Im Kontext des Klimawandels wird der Bedarf an finanzieller Unterstützung wahrscheinlich zunehmen, und die Skigebietsbetreiber sind der Auffassung, dass die Kosten, insbesondere die für die Kunstschneeerzeugung, zwischen allen Nutznießern (unter Einbeziehung des Hotelgewerbes, ja der gesamten Gemeinde) geteilt werden sollten. Dies könnte bei den Gemeinden auf starken Widerstand stoßen.	• Bei diesen Formen der finanziellen Unterstützung wird Aspekten im Zusammenhang mit nachhaltiger Entwicklung und Naturschutz oder auch den Auswirkungen des Klimawandels nicht immer Rechnung getragen.

ANHANG 4 (Forts.) Anpassungsstrategien: Trends, Grenzen und Synergien

Anpassungsstrategien	Beispiele beobachteter Trends	Grenzen der Strategien	Potenzielle Konflikte/Synergien
• Zusammenarbeit und Zusammenschlüsse	• Regionalverbände, die einen einzigen Skipass für mehrere Skigebiete anbieten, finden sich überall in den Alpen. • Der Zusammenschluss von „Lenzerheide Bergbahnen Danis Stätz AG“ und der „Rothornbahn & Scalottas AG“ zur Neugründung „Lenzerheide Bergbahnen“, der drittgrößten Bergbahngesellschaft im Kanton Graubünden, Schweiz, mit einem Gesamtumsatz von 35 Mio. sfr.		
• Diversifizierung der Wintereinnahmen	• Investitionen in Diversifizierungsaktivitäten: 2 500 km planierte Winterwanderwege in der Schweiz; 500 Schlittenpisten in Österreich sowie unzählige Möglichkeiten zum Schneeschuhwandern überall in den Alpen. • 48% der Besucher von Wintersportgebieten in Italien fahren weder Ski noch Snowboard.	• Die Touristen können vom schneeunabhängigen Angebot profitieren, besuchen aber nur selten eine bestimmte Skistation auf Grund dieses Zusatzangebots. • Nichtschneebezogene Aktivitäten können den Wintertourismus nicht tragen, da keine von ihnen ein ähnlich hohes Einnahmepotenzial bietet wie der traditionelle Wintersport. • Skigebietsbetreiber werden weniger von der Diversifizierung profitieren als das Hotel- und Gaststättengewerbe, das alle Touristen versorgt.	• Konflikte mit der Berglandwirtschaft, da den neuen Bau- und Erschließungsprojekten u.U. bisher landwirtschaftlich genutzte Flächen weichen müssen.

ANHANG 4 (Forts.) Anpassungsstrategien: Trends, Grenzen und Synergien

Anpassungsstrategien	Beispiele beobachteter Trends	Grenzen der Strategien	Potenzielle Konflikte/Synergien
• Ganzjahrestourismus	• Einführung von *Contrats de développement diversifié* im Département Isère. • Einführung von *Contrats de plan Etat-région* (CPER) mit besonderer Fokussierung auf Skigebiete in mittlerer Höhenlage in der Region Rhône-Alpes. • Über CPER und die Europäische Union finanzierte „Gebirgsverträge", mit denen das Potenzial des Regionaltourismus durch Förderung des Ganzjahrestourismus ausgebaut werden soll.	• Bergbahnbetreiber werden weniger von der saisonalen Diversifizierung profitieren als das Hotel- und Gaststättengewerbe. • Der Klimawandel wird negative Auswirkungen auf den Sommertourismus haben: So wird die Gebirgslandschaft mit dem Abschmelzen der Gletscher erheblich an Attraktivität einbüßen. • Einige Attraktionen für den Sommertourismus, wie Eishöhlen und Sommerskigebiete, werden ebenfalls verschwinden.	• Konflikte mit der Berglandwirtschaft: Für Tourismusaktivitäten könnte zuvor landwirtschaftlich genutztes Land beansprucht werden. • Erhöhung der Abhängigkeit der lokalen Bevölkerung vom Tourismus (ein auf lange Sicht möglicherweise untragbares Konzept) durch die Verringerung/Beseitigung einer potenziellen Möglichkeit für die Erzielung von Einkommen.
• Rückzug aus dem Skitourismus	• Das Skigebiet Gschwender Horn in Immenstadt, Bayern, hat in den neunziger Jahren seine Skieinrichtungen abgebaut und die Pisten renaturalisiert, heute dient das Gebiet dem Sommer- und Wintertourismus (für Wanderer, Mountainbiker, Schneeschuhwanderer und Skitourengänger). • Das „Gemeindenetzwerk Ökomodell Achental e.V." hat einen Skibus ins Leben gerufen, der Skifahrer aus acht Gemeinden in Bayern und Tirol kostenlos in die schneesichersten Skigebiete innerhalb des Netzwerks bringt.		• In vielen Skigebieten ist der Wintertourismus die Haupteinnahmequelle und bietet die meisten Beschäftigungsmöglichkeiten, so dass ein Rückzug aus dem Skitourismus schwerwiegende Folgen für die lokale Wirtschaft haben kann, wenn er nicht mit entsprechenden Plänen für wirtschaftliche Entwicklung oder Beschäftigungsschaffung einhergeht. • Potenzial für einen umweltfreundlicheren und weniger zerstörerischen Tourismus.

ANHANG 5

Schwere Naturkatastrophen in den Alpen 1980-2005

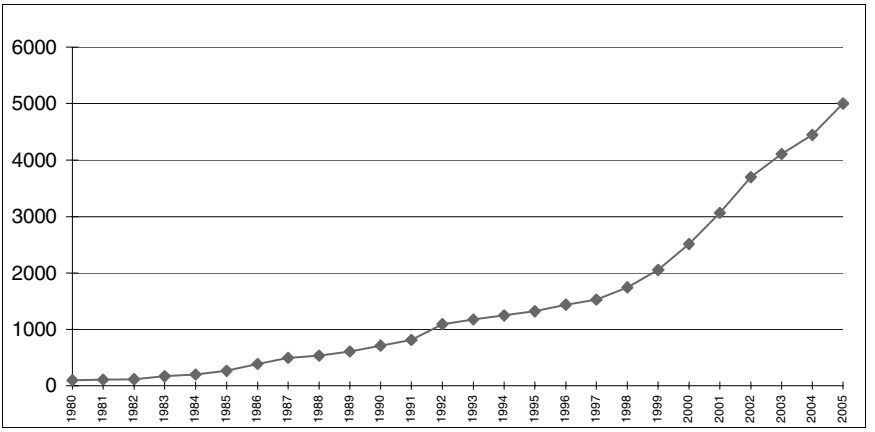
Datum	Gebiet	Ereignis	Tote	Schäden (in Mio. Euro)**	
				Volkswirtschaftlich	Versichert
12.7.1984	Süddeutschland	Hagelsturm		950	480
18.-28.7.1987	Norditalien (Veltlin)	Erdrutsch, Sturzfluten	44	625	0
Juli-Aug. 1987	Schweiz (Brig)	Überschwemmungen	8	800	175
25.2-1.3.1990	Gesamter Alpenraum	Winterstürme Vivian und Wiebke	7*	700*	460*
Sept.-Okt. 1993	Schweiz (Brig)	Überschwemmungen	2	620	320
4.-6.11.1994	Norditalien (Veltlin)	Überschwemmungen	64	9,300	65
Jan.-März 1999	Gesamte Alpen	Lawinen, Winterschäden	108	850	150
Mai 1999	Deutschland, Schweiz	Überschwemmungen	8	670	290
3.-7.7.2000	Österreich	Hagelsturm	2	125	70
14.-21.10.2000	Norditalien, Schweiz	Erdrutsch, Flutwelle	38	8,500	420
6.-7.7.2001	Süddeutschland	Schwerer Sturm	6	300	200
7.-8.7.2001	Norditalien	Tornado		175	30
3.8.2001	Süddeutschland (Bayern)	Schwerer Sturm, Hagelsturm		300	200
August 2002	Süddeutschland, Österreich, Italien	Überschwemmungen, schwerer Sturm, Hagelsturm	30	10,000	1,000
2./3.1.2003	Deutschland, Schweiz, Frankreich	Wintersturm Calvann, Überschwemmungen	6	305	100
August 2003	Österreich, Schweiz, Italien, Frankreich	Schwerer Sturm, Erdrutsche	5	500	5
20.-27.8.2005	Schweiz, Deutschland und Österreich	Überschwemmungen	11	2,550	1,270

* Nur Österreich und Schweiz.
** Originalangaben.
Quelle: Münchner Rück, GeoRisikoForschung, © 01/2006 CatNat*SERVICE* ®.

ANHANG 6

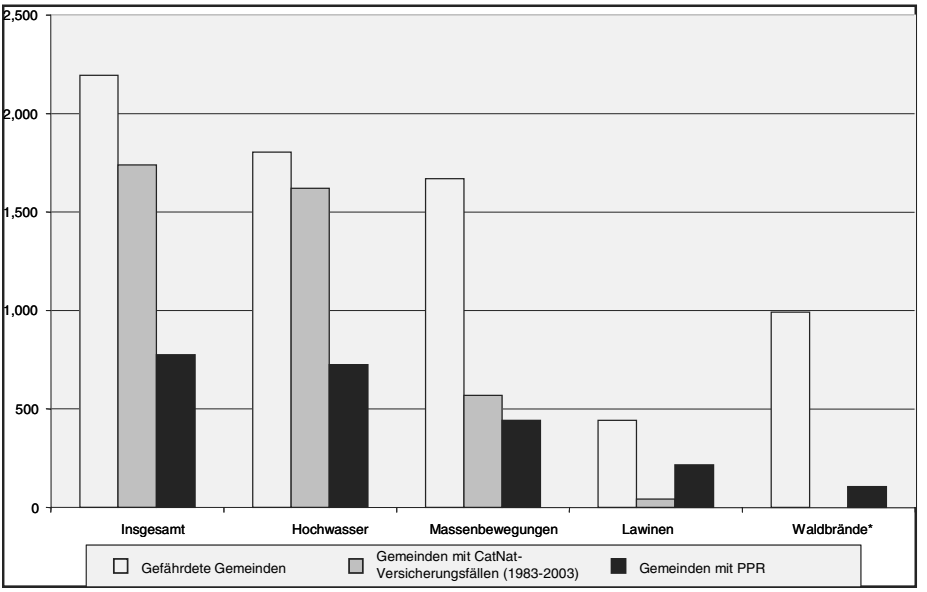
Vorsorgepolitik in den französischen Alpen

A.6 Abbildung 1 **Einführung von Risikovorsorgeplänen (PPR) in Frankreich, 1980-2005**



Quelle: Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques (DPPR).

A.6 Abbildung 2 **Naturgefahren in den französischen Alpen: Gefahrenexposition, Ereignisse und Vorsorgepläne**



* Die CatNat-Versicherung erstreckt sich nicht auf Waldbrände.
Quelle: Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques (DPPR).

ANHANG 7

Risikotransfermechanismen im Alpenraum

Wie in vielen anderen Weltregionen auch entstanden den verschiedenen Versicherungs- und Entschädigungssystemen im Alpenraum erhebliche Verluste durch die Extremereignisse der jüngsten Vergangenheit, wie die Lawinen und Winterstürme von 1999 sowie die Hochwasser von 2002 und 2005 (CCR, 2005; Kamber, 2006; Prettenthaler und Vetters, 2006). Derzeitige Klimawandelszenarien lassen auf eine Zunahme der Häufigkeit und Intensität der Naturereignisse (OcCC, 2003) und der dadurch entstehenden versicherten Schäden schließen (SwissRe, 2006). Wenn sich zugleich die gegenwärtigen sozioökonomischen Trends fortsetzen, die mit einer Erhöhung der Gefahrenexposition und der Vulnerabilität des Sachkapitals verbunden sind, dürfte die Belastung der Versicherungssysteme durch Naturgefahren weiter wachsen.

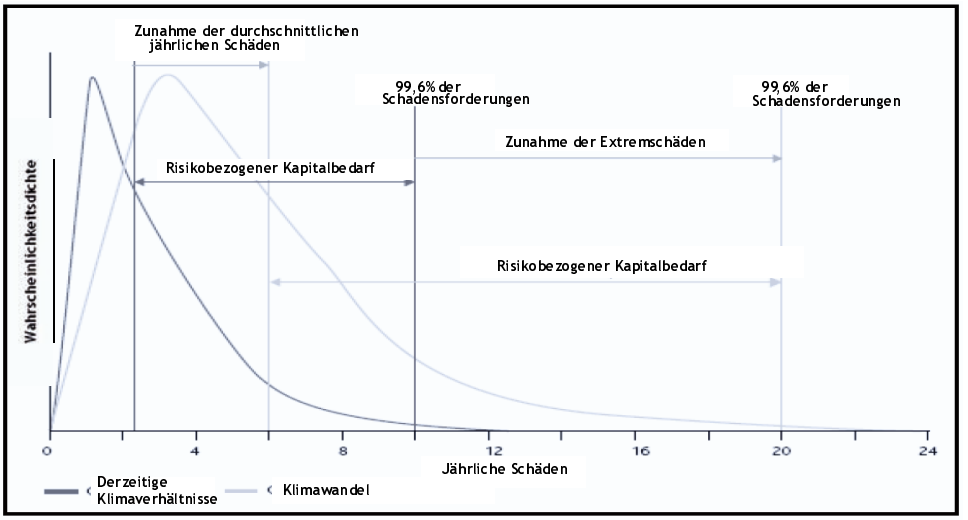
Die steigende Wahrscheinlichkeit von Extremereignissen kann eine Bedrohung für die Zahlungsfähigkeit der Versicherungsunternehmen darstellen und höhere Kapitalrücklagen erforderlich machen (vgl. A.7, Abb. 1). Im Allgemeinen resultieren größere Schäden infolge häufigerer und heftigerer Naturereignisse auch in höheren Versicherungsprämien. Eine andere mögliche Antwort wäre die Einschränkung des Versicherungsschutzes bzw. des Versicherungsangebots. Dies wäre allerdings mit erheblichen volkswirtschaftlichen und sozialen Kosten verbunden, weil die finanzielle Belastung durch Naturgefahren dann von den betroffenen Privatpersonen und der lokalen Wirtschaft allein getragen werden müsste, was starke Auswirkungen auf die wirtschaftliche Entwicklung hätte.

Erfahrungen der jüngsten Zeit mit Risikotransfersystemen im Alpenraum

In Frankreich hat sich im vergangenen Jahrzehnt der finanzielle Druck erhöht, der auf den Rücklagen der *Caisse Centrale de Réassurance* (CCR) lastet. Der Sturm und die Hochwasser des Jahres 1999 verursachten im ganzen Land große Schäden und Verluste bei den Versicherungen, weshalb zur Erfüllung der Stop-Loss-Vereinbarung und des uneingeschränkten Versicherungsschutzes eine direkte Finanzspritze des Staats in Höhe von 450 Mio. Euro nötig war. Dies hatte zur Folge, dass im französischen Versicherungssystem für Naturgefahren im Jahr 2000 einige Reformen vorgenommen wurden. Um die Rücklagen der CCR wieder aufzufüllen, wurde dabei der Prämienaufschlag auf Sachversicherungen auf 12% angehoben (CCR, 2005) (vgl. A.7, Abb. 2).

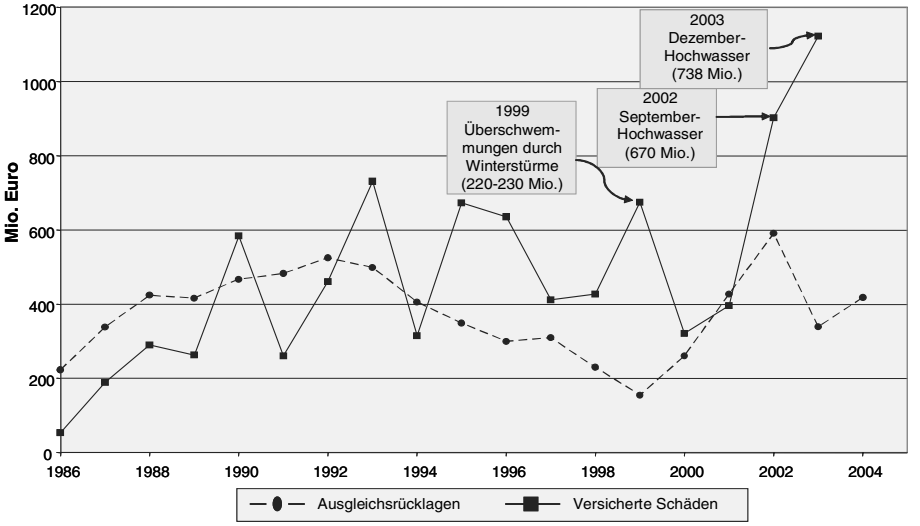
In Österreich war der Umfang der Auszahlungen des Katastrophenfonds im Zeitverlauf stark variabel, und im letzten Jahrzehnt waren seine Rücklagen zuweilen nicht ausreichend, weshalb auch hier der Staat direkt einspringen musste (vgl. A.7, Abb. 3). Da nur eine geringe Zahl von Personen gegen Hochwasserschäden versichert war, kam nach dem Hochwasser von 2002 starker politischer Druck zur Entschädigung der Flutopfer auf. Die Mittel des Katastrophenfonds reichten nicht aus, um alle Schäden zu decken, weshalb der Staat ihm mit 500 Mio. Euro unter die Arme greifen musste, wovon 250 Mio. Euro für die Erstattung von Schäden am Vermögen von Privatpersonen und Unternehmen bestimmt waren (Hyll et al., 2003).

A.7 Abbildung 1 **Potenzieller Effekt des Klimawandels auf die Verteilung der Schadenswahrscheinlichkeit und Implikationen für die Versicherungswirtschaft**



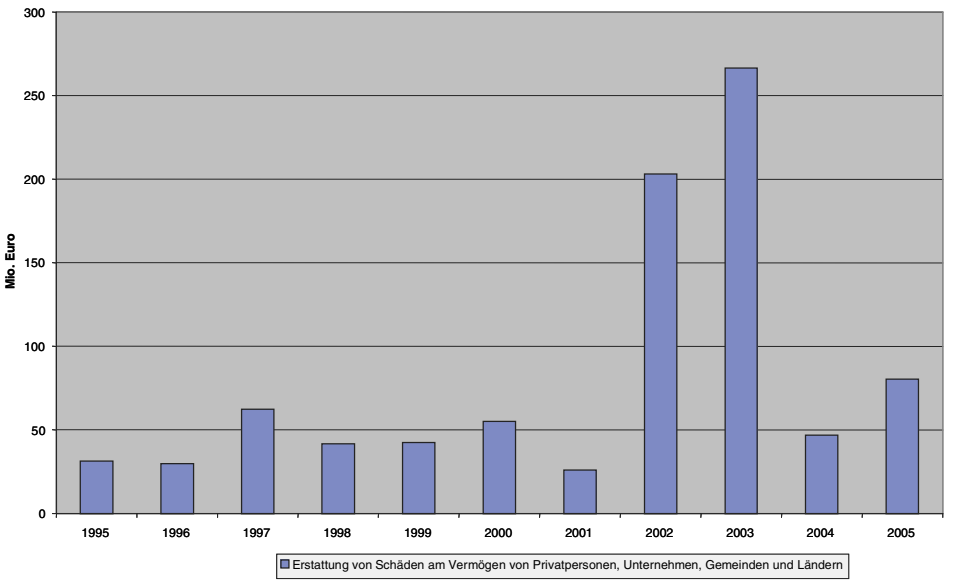
Quelle: Daten des österreichischen Bundesministeriums für Finanzen.

A.7 Abbildung 2 **Entwicklung der Rücklagen und der versicherten Schäden bei der CCR**



Quelle: CCR (2005).

A.7 Abbildung 3 **Entschädigungszahlungen des Österreichischen Katastrophenfonds**



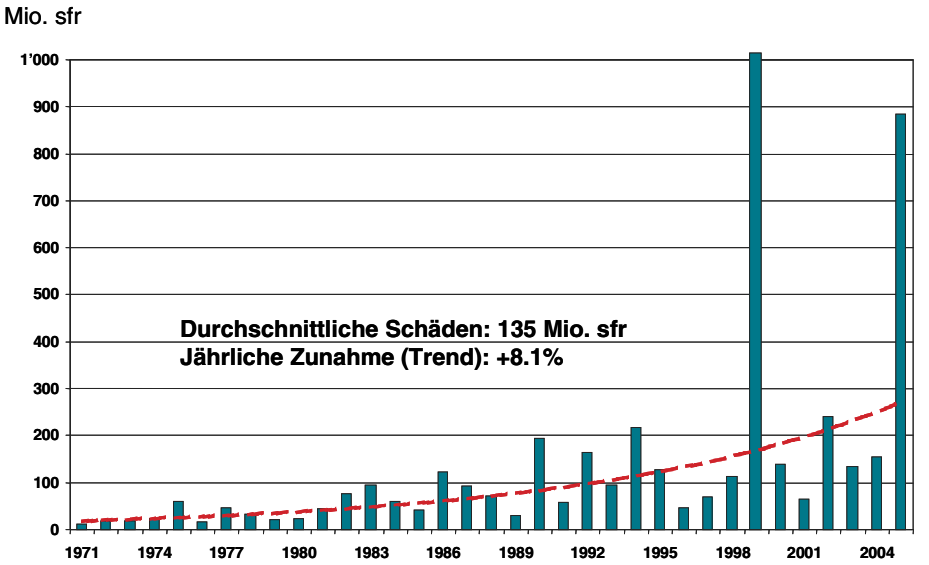
Quelle: Daten des österreichischen Bundesministeriums für Finanzen.

In den Schweizer Kantonen, in denen die Gebäudeversicherung bei der öffentlichen Hand liegt, ist das Schadensvolumen in den letzten Jahrzehnten gestiegen, und es kam infolge der Lawinen und Winterstürme des Jahres 1999 sowie der Hochwasser von 2005 zu Extremschäden (vgl. A.7, Abb. 4). Gleichzeitig sind die Gebäudeversicherungsprämien (einschließlich Naturgefahrenversicherung) im Zeitraum 1981-1999 um über 30% gesunken. Seit 1999 war ein leichter Anstieg der Prämien zu verzeichnen. Dass die Prämien nur schwach auf große Naturereignisse und Schäden reagieren, könnte der gesunden Finanzlage der Kantonalen Gebäudeversicherungen (KGV) zu verdanken sein ebenso wie ihrer Fähigkeit zur Förderung der Schadensverhütung durch Bauvorschriften und -auflagen. Es ist jedoch fraglich, ob dies beim derzeitigen Schadenstrend (+8,1%) auf Dauer tragfähig ist.

Beispiele von Maßnahmen zur Reaktion auf wachsende Schäden

In Frankreich reagierte die private Versicherungswirtschaft auf die Zunahme der Schäden im Zusammenhang mit Naturgefahren durch die Einrichtung der *Mission des sociétés d'assurance pour la Connaissance et la Prévention des Risques Naturels* (MRN) im Jahr 2000. Die Ziele der MRN sind: 1. die Sammlung von Informationen über Naturgefahren, um sie für die Versicherungsunternehmen leichter zugänglich zu machen, 2. die Verstärkung der Mitwirkung der Versicherungsunternehmen an Maßnahmen zur Naturgefahrenvorsorge und 3. die Verbreitung von Informationen über die Versicherung von Naturgefahren und entsprechende vorbeugende Maßnahmen unter den Versicherungsnehmern.

A.7 Abbildung 4 **Versicherte Schäden infolge von Naturereignissen in der Schweiz**



Quelle: Kamber (2006).

In Österreich startete der private Versicherungssektor nach den Überschwemmungen des Jahres 2002 in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) das Programm „Hochwasserzonierung Austria – HORA“. Ziel dieses Programms ist es, die breite Öffentlichkeit mit Informationen auszustatten und ihr Gefahrenbewusstsein zu erhöhen. Die Hochwasserkartierung im Rahmen von HORA ist auch ein erster Schritt auf dem Weg zur Verbesserung der Planung von Vorsorgemaßnahmen und erhöht die Kapazität der privaten Assekuranz, Versicherungen gegen Hochwasserschäden anzubieten (*www.hochwasserrisiko.at/*).

OECD PUBLICATIONS, 2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16
PRINTED IN FRANCE
(97 2007 06 5 P) ISBN 978-92-64-01564-7 – n° 55521 2007

Klimawandel in den Alpen

ANPASSUNG DES WINTERTOURISMUS UND DES NATURGEFAHRENMANAGEMENTS

Herausgegeben von Shardul Agrawala

Der Klimawandel stellt die gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung in allen Ländern vor große Herausforderungen. Wenngleich internationale Verpflichtungen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen unerlässlich sind, muss die Anpassung an die Effekte des Klimawandels doch ebenfalls Teil der weltweiten sektor- und wirtschaftspolitischen Maßnahmen werden. Dieser Bericht untersucht die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wirtschaft in den Alpen. Dabei liegt der Schwerpunkt auf den Anpassungsstrategien zur Bewältigung zweier besonders neuralgischer Punkte: der zunehmenden Einbußen im Wintertourismus infolge der abnehmenden Schneedecke und der wachsenden Gefährdung von Einrichtungen und Infrastruktur durch Naturrisiken.

Klimawandel in den Alpen: Anpassung des Wintertourismus und des Naturgefahrenmanagements ist das Ergebnis einer zweijährigen Studie der OECD-Direktion Umwelt. Diese Veröffentlichung enthält die erste systematische länderübergreifende Analyse der Schneesicherheit der alpinen Skigebiete im Kontext des Klimawandels für fünf Länder der Region: Frankreich, Schweiz, Österreich, Italien und Deutschland. Sie untersucht die Auswirkungen des Klimawandels im Hinblick auf eine Reihe in den Alpen bereits existierender Naturgefahren, wobei der Schwerpunkt insbesondere auf den Rahmenbedingungen und Finanzierungsmechanismen für das Naturgefahrenmanagement in drei Ländern liegt: Frankreich, Schweiz und Österreich. Auch die technologischen und verhaltensbezogenen Anpassungsmaßnahmen sind, gemeinsam mit den institutionellen Strukturen und Risikotransfermechanismen, Gegenstand der Untersuchung.

Die Implikationen dieser Beurteilung betreffen nicht nur die Alpen, sondern auch andere Gebirgssysteme, in denen sich ähnliche klimatische und kontextuelle Herausforderungen stellen, wie z.B. in Nordamerika, Australien und Neuseeland. Der Fall der Alpen mit ihrer hohen Anpassungskapazität bietet Beispiele guter Praxis, die nicht nur im Kontext anderer Industriestaaten, sondern auch von Entwicklungsländern wertvoll sind.

Die Bücher, periodisch erscheinenden Publikationen und statistischen Daten der OECD sind nunmehr auf Englisch in unserer Online-Bibliothek unter *www.sourceoecd.org* erhältlich.

Diese Veröffentlichung ist im Rahmen folgender thematischer Abonnements über SourceOECD verfügbar:

Environment

Wegen näherer Einzelheiten bezüglich des Online-Zugangs zu OECD-Veröffentlichungen wenden Sie sich bitte an Ihre Informations- und Dokumentationsstelle oder schreiben Sie uns an **SourceOECD@oecd.org**.

www.oecd.org

ISBN 978-92-64-01564-7
97 2007 06 5 P

OECD
OECDPUBLISHING