

Herausforderung Klimawandel



Chancen und Risiken für den Tourismus in Graubünden



Amt für Wirtschaft und Tourismus Graubünden
Uffizi per economia e turissem dal Grischun
Ufficio dell'economia e del turismo dei Grigioni

 **Bergbahnen**



Herausforderung Klimawandel

Chancen und Risiken für den Tourismus in Graubünden

Teil A

Klimawandel und Tourismus – Grundlagen

Teil B

Aktuelle und zukünftige Schneesicherheit der Bündner Skigebiete

Bruno Abegg^{1,2,3}, Robert Steiger⁴, Roger Walser¹

¹HTW Chur

²Universität Innsbruck

³alpS – Centre for Climate Change Adaptation

⁴MCI Management Center Innsbruck

Chur/Innsbruck

April 2013



Inhaltsübersicht

	Seite
Teil A	
Klimawandel und Tourismus – Grundlagen	8
1 Das Wichtigste in Kürze	9
2 Klimawandel	10
3 Auswirkungen auf den alpinen Tourismus	17
4 Der Beitrag des Tourismus zum Klimawandel	28
5 Anpassungs- und Verminderungsmassnahmen im Tourismus	30
6 Klimawandel und Nachfrage	41
Teil B	
Aktuelle und zukünftige Schneesicherheit der Bündner Skigebiete	44
1 Das Wichtigste in Kürze	45
2 Vorgehensweise	46
3 Resultate	49
4 Mögliche Grenzen der technischen Beschneigung	55
5 Diskussion	60
6 Anhang	62
Literatur (für Teil A und B)	64

Vorbemerkungen der Autoren

Der vorliegende Bericht ist in zwei Teile gegliedert. Im ersten Teil werden die Wechselwirkungen zwischen Klimawandel und Tourismus aufgezeigt. Hier werden keine neuen Untersuchungen durchgeführt – es geht vielmehr darum, das vorhandene Wissen aus der verfügbaren Literatur aufzuarbeiten und aus der Sicht des Tourismus im Kanton Graubünden zu interpretieren. Im zweiten Teil wird der für den Kanton Graubünden so wichtige Winter- bzw. Skitourismus in den Mittelpunkt gerückt und die zukünftige Schneesicherheit der Skigebiete analysiert. Dabei kommt – erstmals in der Schweiz – das Schneedecken-Simulationsmodell SkiSim 2.0 zum Einsatz.

Der Klimawandel stellt den Tourismus vor grosse Herausforderungen. Wir sehen uns nicht nur mit einer Vielzahl von potentiellen Auswirkungen konfrontiert, sondern sind auch gezwungen, in ungewohnten Dimensionen zu denken: global, vernetzt und in langen Zeiträumen.

Wer sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus beschäftigt, muss Annahmen treffen, Unsicherheiten abwägen und in Szenarien denken. Gewissheit gibt es nicht, nur Zukunftsbilder, die unter bestimmten Annahmen plausibel sind. Erschwerend kommt hinzu, dass die Zukunft des Tourismus von vielen Faktoren geprägt wird und die Bedeutung des Klimawandels in Relation zu diesen Einflussfaktoren ungewiss ist.

Mit diesem Bericht werden verschiedene Ziele verfolgt. Der Bericht soll:

- Verständnis für die Komplexität der Problematik wecken und den Bündner Tourismus für die Herausforderungen, die mit dem Klimawandel verbunden sind, sensibilisieren;
- aufzeigen, wie sich die klimatischen Rahmenbedingungen für den Bündner Tourismus verändern könnten und Leitplanken im Umgang mit diesen Veränderungen zur Diskussion stellen;
- aufzeigen, dass der Klimawandel nicht nur mit Risiken, sondern auch mit Chancen verbunden ist. Hinzu kommt, dass viele Massnahmen als sogenannte «no-regrets» bezeichnet werden können: das sind Massnahmen, die sich auch auszahlen, wenn der Klimawandel nicht genauso wie in einem bestimmten Szenario angenommen eintritt. Diese Massnahmen tragen beispielsweise dazu bei, einseitige Geschäftsmodelle breiter abzustützen, Kosten zu reduzieren oder neue Positionierungsmöglichkeiten im Markt zu finden.

Wir bedanken uns für die zur Verfügungsstellung von Abbildungen und Fotografien bei:

- Dr. Stephan Bader, Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, Abteilung Klima, Zürich
- Brigitte Schrade, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- Roman Grossrieder, Grischconsulta AG, Chur
- Dr. Christoph Kull, Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung (OcCC), Bern
- Dr. Andreas Bauder, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, Zürich

Bruno Abegg, Robert Steiger, Roger Walser

Vorwort

Herausforderung Klimawandel: Chancen und Risiken für den Tourismus in Graubünden

Teil A Klimawandel und Tourismus – Grundlagen

Im Jahr 2006 hat der Kanton Graubünden die Bündner Tourismusreform «Wettbewerbsfähige Strukturen und Aufgabenteilung im Bündner Tourismus» gestartet. Im Rahmen dieser Tourismusreform wurde auch das Qualitätsprogramm Graubünden (www.qualitaet-gr.ch) konzipiert. Aufbauend auf einem Qualitäts-Leitbild werden seit 2011 Massnahmen zur Qualitätsentwicklung und zur Qualitätsmessung umgesetzt. Mit dem Qualitätsprogramm werden den touristischen Leistungserbringern praxisorientierte Hilfsmittel zur Verbesserung ihrer Dienstleistungs- und Erlebnisqualität zur Verfügung gestellt.

Bei der Qualitätsentwicklung kommt auch der Umweltqualität grosse Bedeutung zu, wird doch oft die Naturlandschaft als Kapital des Alpinen Tourismus bezeichnet. Dabei spielt auch der Klimawandel und die sich für den Tourismus ergebenden Chancen und Risiken eine Rolle. Der vorliegende Grundlagenbericht zeigt anschaulich die Wechselwirkungen zwischen Klimawandel und Tourismus auf. Er ist als Ergänzung zu den vom Amt für Natur und Umwelt (ANU) publizierten Berichten «Klimawandel in Graubünden» (ANU, 2009) und «Klimabericht Graubünden» (MeteoSchweiz im Auftrag des ANU, 2012) zu betrachten.

Der Verband Bergbahnen Graubünden bekundete ebenfalls Interesse an einem Klimabericht für Graubünden. Daraus entstand eine Zusammenarbeit und ein bergbahnspezifischer Berichtsteil. Dieser legt dar,

dass sich die natürliche Schneesicherheit der Bündner Skigebiete im Verlaufe des 21. Jahrhunderts verschlechtern wird, die Auswirkungen des Klimawandels aber mit technischer Beschneigung aufgefangen werden können und die Zahl der technisch schneesicheren Schneesportgebiete in Graubünden deutlich weniger stark zurückgehen wird als beispielsweise im benachbarten Tirol.

Die vorliegende Broschüre zeigt somit auf, dass wir mit dem Phänomen Klimawandel auch in Graubünden konfrontiert sind. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die natürliche Schneesicherheit im Winter verschlechtern wird und sich die klimatischen Bedingungen für den Sommertourismus saisonverlängernd auswirken können. Es ist daher wichtig, dass sich der Bündner Tourismus mit den Fragen des Klimawandels und dessen Chancen und Risiken in naher Zukunft auseinandersetzt.

Eugen Arpagaus
Leiter Amt für Wirtschaft und Tourismus

Teil B Aktuelle und zukünftige Schneesicherheit der Bündner Skigebiete

Das Klima unseres Planeten Erde verändert sich stetig. Die heutigen Signale deuten in den nächsten Dekaden auf einen Anstieg der Temperaturen hin, was die Schneesicherheit des Alpenraums und von Graubünden beeinflusst. Dies wiederum hat kurz-, mittel- und langfristig Auswirkungen auf den alpinen Schneesport, den eigentlichen Motor des Bündner Tourismus, und mit ihm auf die Entwicklung der Bergbahnunternehmen und die damit verbundenen Einkommen und Arbeitsplätze.

«Lehne es nicht ab, das Negative zur Kenntnis zu nehmen. Weigere dich lediglich, dich ihm zu unterwerfen.»

Norman Vincent Peale, amerikanischer Autor über positives Denken.

In diesem Sinne möchte Bergbahnen Graubünden mit der vorliegenden Broschüre einen Beitrag zu einer positiven Diskussion der strategischen Entwicklung seiner Mitglieder und der Destinationen leisten. Ebenso wichtig erscheint Bergbahnen Graubünden aber auch die Diskussion der erforderlichen Rahmenbedingungen seitens der öffentlichen Hand (Raumplanung, Umwelt, Energie, Wirtschaftsentwicklung), damit den Bergbahnunternehmen und den Destinationen die Anpassung an den Klimawandel und die damit verbundenen Herausforderungen auf eine effiziente und wirtschaftlich verträgliche Art gelingt.

Mit einem Anteil von 55 % oder 2.5 Milliarden Franken an der Exportwertschöpfung des Kantons, ist und wird die Tourismuswirtschaft ein wichtiger Impulsgeber der Bündner Volkswirtschaft bleiben. Dem Tourismus gilt es Sorge zu tragen, denn die Alternativen im Berggebiet sind rar. Zudem ergibt sich durch den Klimawandel für die Bündner Skigebiete ein komparativer Vorteil, den es geschickt zu nutzen und in Wertschöpfung zu transferieren gilt.

Der Klimawandel ist Fakt. Es liegt nun an uns Bündnerinnen und Bündnern aus diesem das Beste für unseren Wohn- und Wirtschaftsstandort Graubünden zu machen, so dass wir uns in unserer Heimat auch künftig noch wohlfühlen und entwickeln können.

Silvio Schmid
Präsident Bergbahnen Graubünden

Klimawandel und Tourismus – Grundlagen

Teil A

Bruno Abegg

HTW Chur
Universität Innsbruck
alpS – Centre for Climate Change Adaptation

Chur/Innsbruck
April 2013



1 Das Wichtigste in Kürze

- Der Klimawandel findet statt und wird sich in Zukunft weiter akzentuieren.
- Im Winter ist von einer Verschlechterung der natürlichen Schneesicherheit auszugehen. Mit einem Ausbau der technischen Beschneigung können die negativen Auswirkungen des Klimawandels auf die natürliche Schneesicherheit teilweise ausgeglichen werden.
- Die Verbesserung der klimatischen Bedingungen für den Sommertourismus (höhere Temperaturen, weniger Niederschlag, längere Saison) ist aller Voraussicht nach höher zu gewichten wie potentiell negative Auswirkungen von klima-induzierten Umweltveränderungen (z. B. Gletscherschwund).
- Die Nachfrage dürfte sich – aus klimatischer Sicht – tendenziell positiv entwickeln. Im Winter sorgt die vergleichsweise hohe Schneesicherheit für einen komparativen Vorteil. Im Sommer könnten vor allem der Tagesausflugs- und Kurzzeittourismus profitieren.
- Anpassung findet statt und hat viele Facetten. Im Vordergrund stehen reaktive Anpassungen zur Sicherung des Status Quo. Anpassung ist stark kontext-spezifisch – Patentlösungen gibt es keine.
- Der Tourismus ist für bedeutende CO₂- bzw. Treibhausgas-Emissionen verantwortlich. Mit Abstand wichtigste Emissionsquelle ist der touristische Verkehr, insbesondere die An- und Abreise der Gäste.
- Es gibt nur wenige Touristiker, die sich für den Klimaschutz engagieren. Möglichkeiten, mit entsprechenden Massnahmen Geld zu sparen (Stichwort: Energie) oder sich neu zu positionieren, liegen brach.



Landschaft im Unterengadin, © Graubünden Ferien, Chur

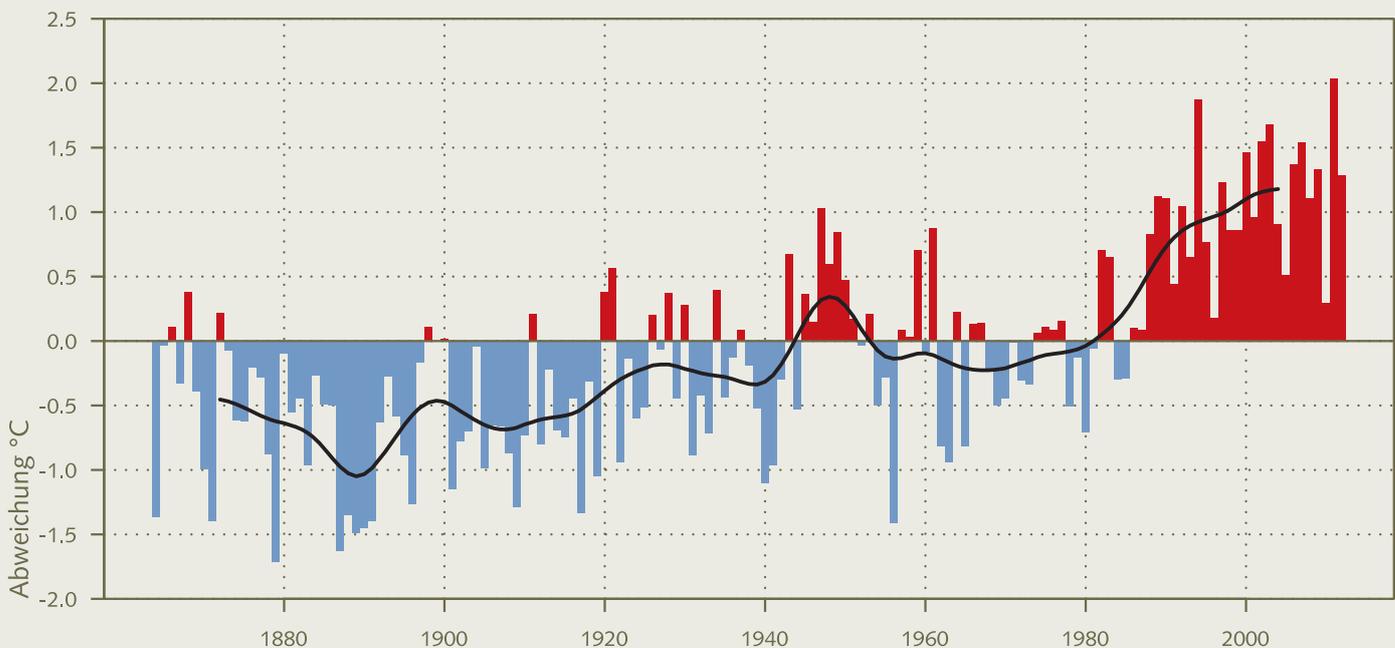
2 Klimawandel

Historische Klimaentwicklung

Die Jahresmitteltemperaturen haben in den letzten 100 Jahren (1912–2011) um mehr als 1.5°C zugenommen (Abb. A1). In den letzten 30 Jahren (1982–2011) hat sich die Erwärmung beschleunigt und Werte von bis zu 0.5°C pro Dekade erreicht. Die hiesige Erwärmung ist rund doppelt so hoch wie das globale Mittel und lässt sich u. a. mit den unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften von Land- und Meeresoberflächen erklären. Hinzu kommt, dass in den Alpen grosse Flächen mit Schnee und Eis bedeckt sind. Diese Flächen nehmen ab, was zu einer dunkleren Erdoberfläche und damit zu positiven Rückkoppelungseffekten führt.

Abb. A1: Langjähriger Verlauf der Jahrestemperatur gemittelt über die gesamte Schweiz. Dargestellt ist die jährliche Abweichung der Temperatur von der Norm 1961–1990 (rot = positive Abweichungen, blau = negative Abweichungen). Die schwarze Kurve zeigt das 20jährige, gewichtete Mittel.

Quelle: MeteoSchweiz 2013



Während die Temperaturzunahme in allen Regionen und Höhenstufen eindeutig ist, können für die Veränderung des Niederschlags keine klaren Aussagen gemacht werden (Abb. A2). Im Norden konnte eine leichte Zunahme, im Süden eine leichte Abnahme des Jahresniederschlags beobachtet werden – beides ist statistisch aber nicht signifikant.

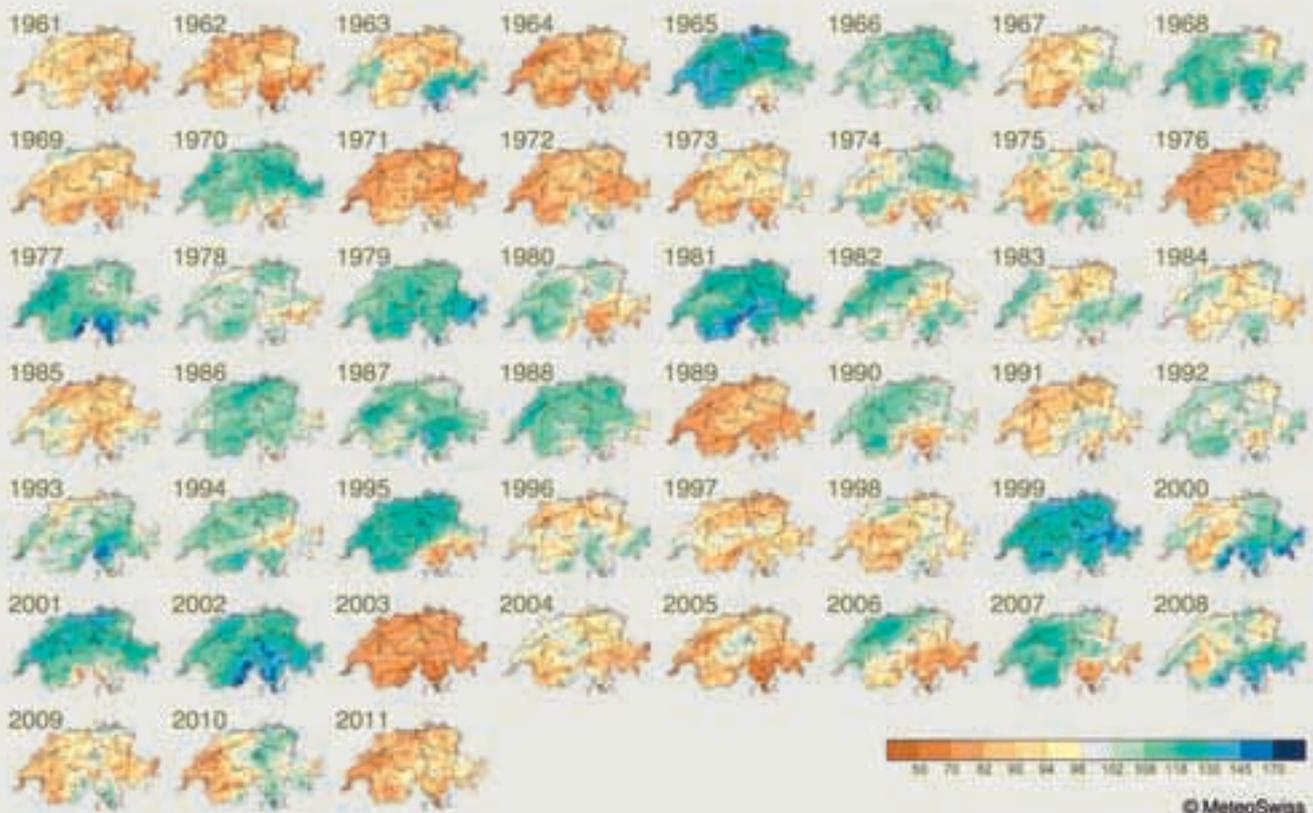
Die historische Klimaentwicklung im Kanton Graubünden wurde von MeteoSchweiz (2012) untersucht. Die wichtigsten Resultate können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Klimaerwärmung ist in den Messdaten eindeutig nachweisbar: Der langfristige Temperaturtrend (1900–2011) liegt zwischen +0.1°C und +0.2°C pro 10 Jahre. Betrachtet man nur die letzten 50 Jahre (1961–2011), werden deutlich höhere Werte erreicht: Winter: +0.2°C bis +0.4°C pro 10 Jahre; Sommer: +0.4°C bis +0.5°C pro 10 Jahre.

- Die Zahl der Sommertage (Tage mit $T_{max} \geq 25^{\circ}C$) hat von 1961–2011 markant zugenommen. Gleichzeitig ist die Zahl der Frosttage (Tage mit $T_{min} < 0^{\circ}C$) deutlich zurückgegangen. Im Weiteren ist die Nullgradgrenze in allen Jahreszeiten angestiegen.
- Die saisonalen Niederschlagssummen weisen zwar periodische Schwankungen auf, zeigen aber keine klaren Trends. Auch zur Entwicklung der Starkniederschläge und Trockenperioden lassen sich keine gesicherten Angaben machen.
- In den letzten 50 Jahren (1961–2011) haben sowohl die Neuschneesummen als auch die Anzahl Tage mit einer Schneehöhe von mindestens 5 bzw. 30 cm deutlich abgenommen.

Abb. A2: Abweichung des jährlichen Durchschnittsniederschlags vom langjährigen Mittelwert (1961–1990) in Prozent. Positive Abweichungen (mehr Niederschlag) sind grünblau, negative Abweichungen (weniger Niederschlag) sind gelbbraun.

Quelle: MeteoSchweiz 2012



Zukünftige Klimaentwicklung

Temperatur- und Niederschlag

Im Herbst 2011 wurden die CH2011-Szenarien (CH 2011, Fischer et al. 2012) publiziert. Diese Szenarien ermöglichen eine neue Beurteilung der zukünftigen Klimaentwicklung in der Schweiz. Sie beruhen auf Klimamodellen mit höherer Auflösung und verbesserten statistischen Methoden.

Die CH2011-Szenarien basieren auf sogenannten Emissionsszenarien. Diese geben einen Einblick in den möglichen weiteren Verlauf der globalen Treibhausgas-Emissionen. Die Höhe der zukünftigen Treibhausgas-Emissionen hängt u. a. von der Bevölkerungsentwicklung, dem Wirtschaftswachstum, dem technologischen Fortschritt und allfälligen energiepolitischen Weichenstellungen ab. Da diese Entwicklungen nicht genau

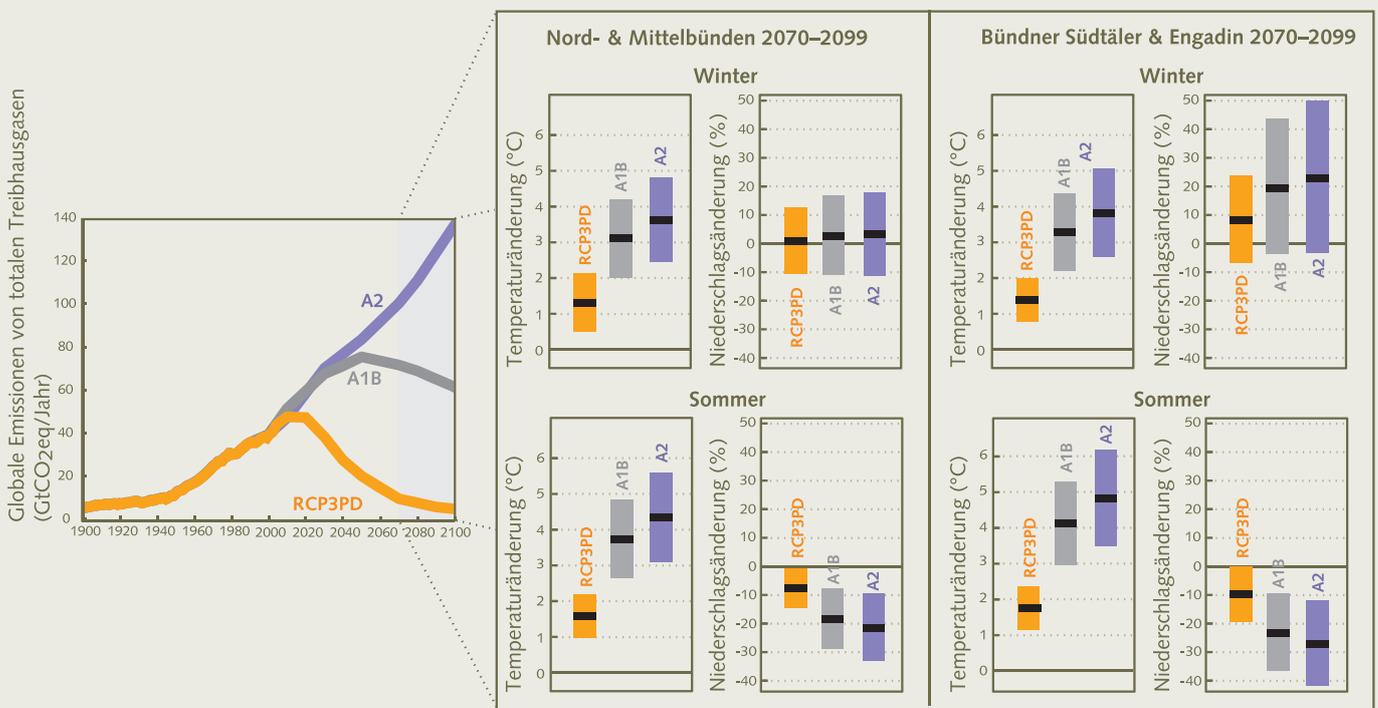
vorausgesagt werden können, stehen verschiedene Emissionsszenarien zur Verfügung. Für die Berechnung der CH2011-Szenarien wurden drei Emissionsszenarien ausgewählt:

- A2: Stetige Zunahme der Treibhausgas-Emissionen bis 2100 (lila in Abb. A3).
- A1B: Zunahme der Treibhausgas-Emissionen bis 2050, dann leichte Abnahme (grau).
- RCP3PD: Emissionen werden bis 2050 um etwa 50 % gesenkt und bis Ende Jahrhundert auf die Werte um 1900 reduziert. Dieses Szenario beschränkt die globale Erwärmung gegenüber dem vorindustriellen Niveau auf 2 °C (orange).

Wie Abb. A3 zeigt, wird der zukünftige Verlauf der globalen Treibhausgas-Emissionen die Entwicklung der saisonalen Temperaturen und Niederschläge bis Ende des Jahrhunderts stark beeinflussen.



Abb. A3: Die Bedeutung des zukünftigen Emissionsverlaufs für die Entwicklung der saisonalen Temperaturen und Niederschläge. Links: Globale Treibhausgas-Emissionen der drei Emissionsszenarien RCP3PD (orange), A1B (grau) und A2 (lila) für die Jahre 1900–2100. Rechts: Projizierte Temperatur- (°C) und Niederschlagsänderungen (%) für 2070–2099 gegenüber 1980–2009 für Nord- und Mittelbünden (links) und die Bündner Südtäler und das Engadin (rechts) jeweils für Winter (oben) und Sommer (unten).
Quelle: MeteoSchweiz (2012)



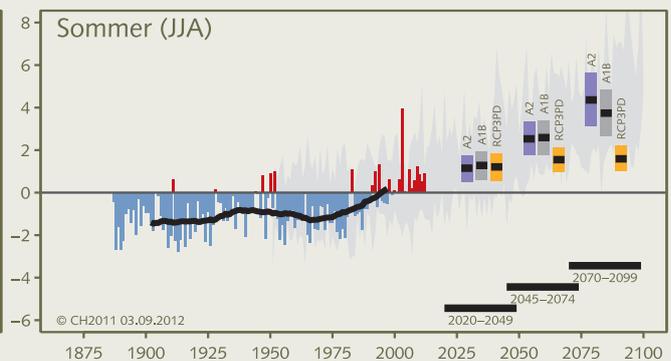
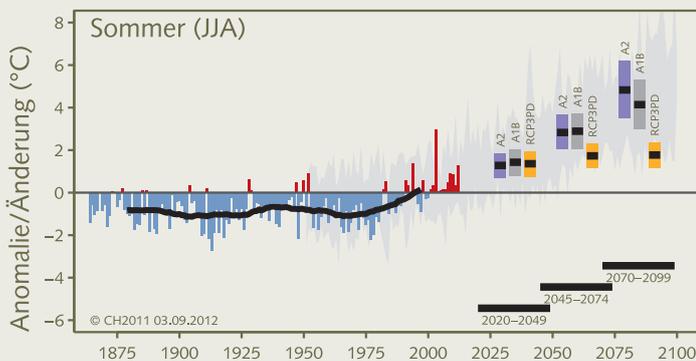
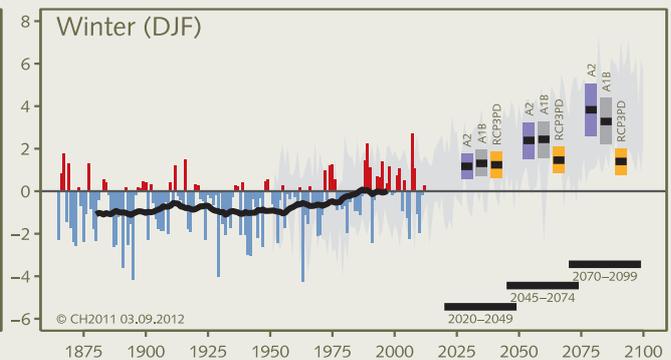
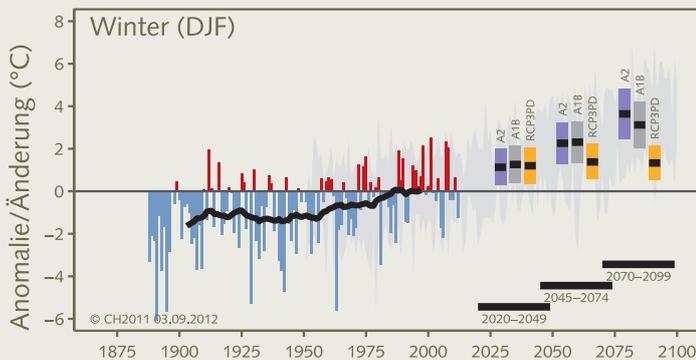
Das Bündner Klima wird sich im Verlaufe des 21. Jahrhunderts weiter verändern. Die Temperaturen werden in allen Jahreszeiten um mehrere Grade ansteigen (Abb. A4). Die Sommerniederschläge werden in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts im ganzen Kantonsgebiet deutlich abnehmen, die Winterniederschläge in den südalpin beeinflussten Gebieten hingegen eher zunehmen. Für die nordalpin geprägten Gebiete gibt es im Winter kein eindeutiges Signal (Abb. A5). Im Frühling und Herbst können die Niederschläge gemäss Modellaussagen sowohl zu- als auch abnehmen. Für detaillierte Angaben zur zukünftigen Temperatur- und Niederschlagsentwicklung im Kanton Graubünden verweisen wir auf die beiden Publikationen «Klimabericht Kanton Graubünden 2012» (MeteoSchweiz 2012) und «Klimaszenarien Schweiz – eine regionale Übersicht» (MeteoSchweiz 2013).

Abb. A4: Vergangene und zukünftige Änderungen der Sommer- und Wintertemperaturen (in °C) gezeigt am Beispiel von Chur (linke Spalte, Beobachtungen seit 1888) und Segl-Maria (rechte Spalte, Beobachtungen seit 1864). Die Änderungen beziehen sich auf den Referenzzeitraum 1980–2009. Die dünnen farbigen Balken zeigen die jährlichen Abweichungen vom gemessenen Durchschnitt über den Referenzzeitraum, die dicken schwarzen Linien sind die entsprechenden über 30 Jahre geglätteten Durchschnittswerte. Die graue Schattierung gibt die Spannweite der jährlichen Abweichungen an (wie sie die Klimamodelle für das A1B Szenario berechnen); die dicken farbigen Balken zeigen die besten Schätzungen der Projektionen in die Zukunft und den damit verbundenen Unsicherheitsbereich für die drei ausgewählten Zeiträume von 30 Jahren und für die drei verschiedenen Emissionsszenarien (A1B, A2 und RCP3PD).

Quelle: MeteoSchweiz (2012)

Nord- und Mittelbünden
Bsp. Chur 1888–2011

Bündner Südtäler und Engadin
Bsp. Segl-Maria 1864–2011/12



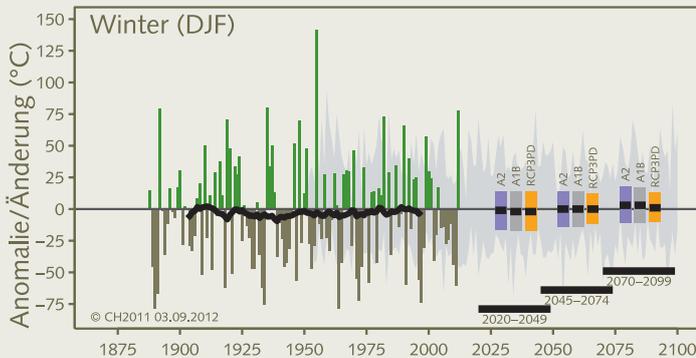
Bei der Interpretation dieser Klimaszenarien ist zu bedenken, dass die aktuellen Treibhausgas-Emissionen schneller wachsen wie angenommen. In Bezug auf die zu erwartenden Temperatur- und Niederschlagsveränderungen muss also – zumindest aus heutiger Sicht – vom negativsten der erwähnten Szenarien (A2) ausgegangen werden.

Mit griffigen Massnahmen zur Reduktion der globalen Treibhausgas-Emissionen, könnte die Erwärmung in Graubünden auf ca. 1,4°C beschränkt werden (RCP3PD-Szenario). Im Gegensatz zu den anderen beiden Szenarien, wo keine Reduktionsmassnahmen ergriffen werden, würde der Temperaturanstieg also zwei bis drei Mal tiefer ausfallen. Zum Vergleich: +1,4°C entspricht in etwa der bereits beobachteten Erwärmung zwischen 1864 und 2010.

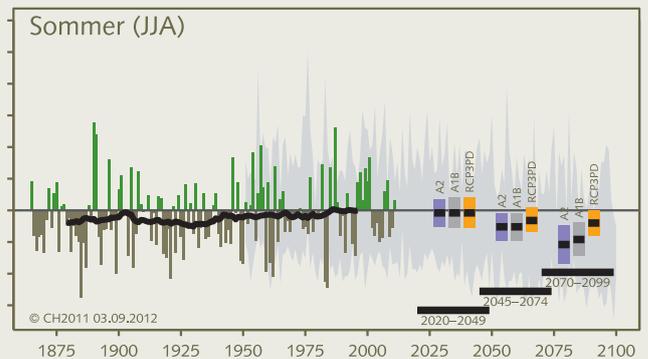
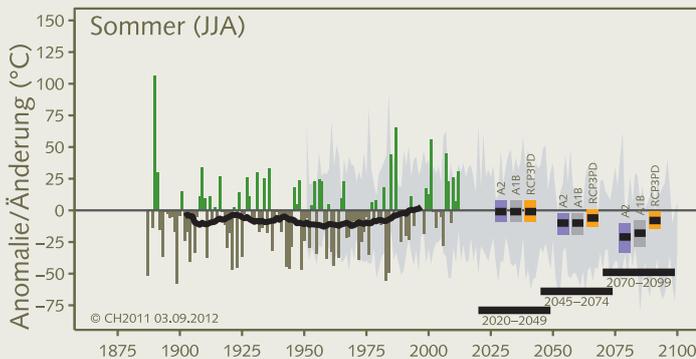
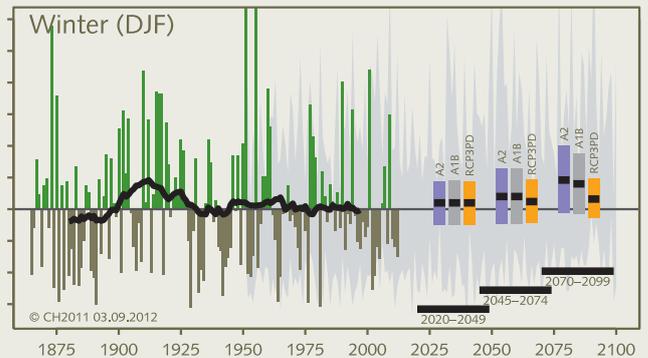
Abb. A5: Wie Abb. A4 aber für die Sommer- und Winterniederschläge (in % gegenüber dem Wert 1980–2009).

Quelle: MeteoSchweiz (2012)

Alpennordseite
Bsp. Chur 1888–2011



Alpensüdseite
Bsp. Segl-Maria 1864–2011/12



Extremereignisse

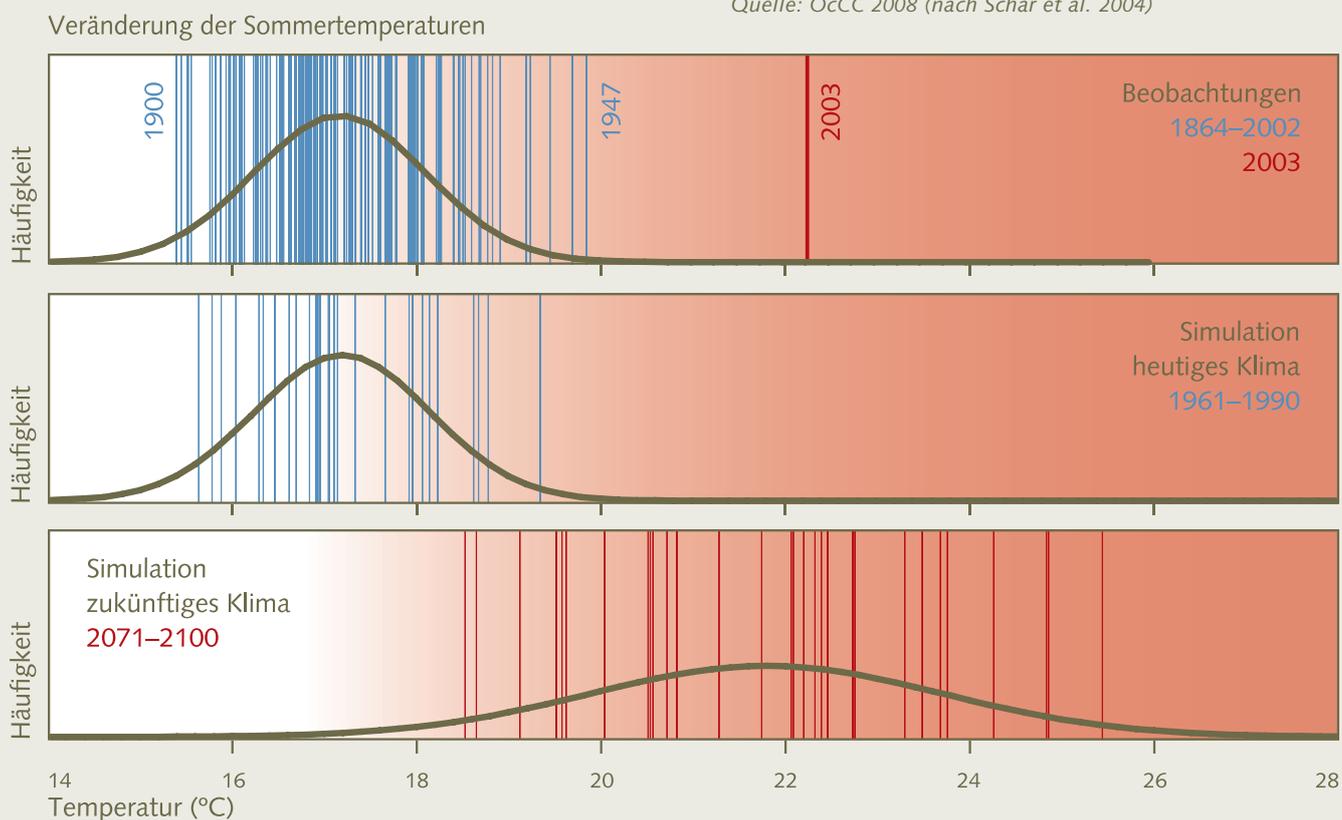
Der Klimawandel wird sich auf die Mittelwerte und die Verteilungen der klimatischen Grössen und somit auch auf die Häufigkeit von Extremereignissen auswirken. Aufgrund der Modellrechnungen ist mit folgenden Entwicklungen zu rechnen (CH2011, Meteo Schweiz 2012):

- Hitzewellen: Häufigkeit, Dauer und Intensität von Hitzewellen werden zunehmen. Gegen Ende des Jahrhunderts könnte jeder zweite Sommer mindestens so warm sein wie jener von 2003 – der «Jahrhundert-sommer» 2003 würde also gewissermassen zur Norm werden (Abb. A6). Weiter wird von einer grösseren jährlichen Variabilität der Sommertemperaturen ausgegangen. (wissenschaftliches Prozessverständnis: hoch bis sehr hoch)
- Kältewellen: Häufigkeit und Dauer von Kältewellen werden abnehmen. Es ist allerdings nicht ausgeschlossen, dass auch in Zukunft vereinzelt Kältewellen auftreten werden. (mittel bis hoch)

- Trockenperioden: Die meisten Modellrechnungen sind sich einig, dass es zu einer Verlängerung der sommerlichen Trockenperioden kommen wird – die Unsicherheiten bleiben jedoch gross (Werte zwischen -10 und +70 %). (mittel)
- Starkniederschläge: Gesicherte Aussagen über die zukünftige Häufigkeit und Intensität von Starkniederschlagsereignissen sind momentan noch nicht möglich (verschiedene Indizien deuten zwar auf eine Zunahme hin; die Modellresultate weisen aber nach wie vor eine grosse Streuung auf). Da mehr Niederschlag in Form von Regen fallen wird, ist im Winterhalbjahr mit einem höheren Überschwemmungsrisiko zu rechnen. (mittel)

Abb. A6: Oben: Beobachtete mittlere Sommertemperaturen (JJA) im schweizerischen Mittelland. Mitte/unten: Klimamodellrechnungen, d. h. Nachrechnung für vergangenes Klima (Mitte) sowie Projektionen für zukünftiges Klima gemäss IPCC SRES A2-Szenario (unten). Die Temperaturen vom Sommer 2003 erscheinen gegenüber dem bisherigen Klima extrem (oben), werden gemäss den Szenarioannahmen jedoch zum Normalfall (unten – nach S. 52, Figur TS.13, Schär et al., 2004).

Quelle: OcCC 2008 (nach Schär et al. 2004)



3 Auswirkungen auf den alpinen Tourismus

Wintertourismus

Der alpine Winter- bzw. Skitourismus gilt als besonders klimasensitiv. In keinem anderen Tourismusbereich sind die Verknüpfungen mit dem Klima so eng wie hier. Schnee ist eine Grundvoraussetzung und kann zwar technisch hergestellt, aber nicht substituiert werden. Hinzu kommt die grosse regionalwirtschaftliche Bedeutung des Skitourismus in vielen Berggebieten. Aus dieser Perspektive ist es nicht weiter verwunderlich, dass nicht nur die ersten, sondern auch die meisten Studien, die sich mit den möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus befassen, über den Skitourismus geschrieben wurden (vgl. Scott et al. 2012 für einen aktuellen Überblick über den Forschungsstand im Bereich Klimawandel und Tourismus).

Schneesicherheit

Es gibt verschiedene Definitionen für Schneesicherheit. Aus skitouristischer Sicht hat sich die sogenannte 100-Tage-Regel durchgesetzt. In ihrer ursprünglichen Version besagt die Regel, dass «eine ökonomisch sinnvolle Investition in Wintersportgebieten u. a. nur dann gegeben ist, wenn während mindestens 100 Tagen je Saison eine Ausnützung der installierten Anlagen erwartet werden kann, was nur mit einer Schneedecke von genügender Mächtigkeit möglich ist» (Witmer 1986: 193). Diese Definition weist gewisse Unschärfen auf. Punkte, die vor einer konkreten Anwendung geklärt werden müssen, betreffen z.B. die Festlegung der minimal erforderlichen Schneehöhe sowie die Definition der Skisaison (100 Tage im Zeitraum von ... bis ...). Weiters stellt sich die Frage, ob die 100-Tage-Regel in jedem Winter erfüllt sein soll. Oder ob, was wohl eher der Realität entspricht, schlechte mit guten Jahren kompensiert werden können, die 100-Tage-Regel also beispielsweise nur in 7 von 10 Wintern erfüllt sein muss (vgl. Abegg 1996). Bürki (2000: 42) spricht von einem schneesicheren Skigebiet, «wenn in 7 von 10 Wintern in der Zeit vom 1. Dezember–15. April an mindestens 100 Tagen eine für den Skisport ausreichende Schneedecke von mindestens 30–50 cm vorhanden ist.»

Wenn die 100-Tage-Regel erfüllt ist, bestehen gute Voraussetzungen für einen erfolgreichen Skibetrieb. Falsch wäre es, wie von Witmer (1986) suggeriert, die 100-Tage-Regel als Indikator für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit eines Skigebiets zu verwenden. Das Vorhandensein einer ausreichend mächtigen Schneedecke während längerer Zeit ist zwar eine wichtige Voraussetzung, bei weitem aber nicht der einzige Faktor, der über Erfolg oder Nichterfolg eines Skigebiets entscheidet. In diesem Sinne wird die 100-Tage-Regel auch von zahlreichen Skigebietsbetreibern in Europa, Nordamerika und Neuseeland akzeptiert (Abegg et al. 2007, Scott et al. 2008, Hendrikx & Hreinsson 2012).

Die 100-Tage-Regel hat sich zu einem wertvollen Arbeitswerkzeug zur Analyse der natürlichen und technischen Schneesicherheit (ohne bzw. unter Berücksichtigung der technischen Beschneigung) entwickelt. Mitunter wird die 100-Tage-Regel auch mit weiteren Indikatoren ergänzt: Scott et al. (2008) haben den «Weihnachtsindikator» eingeführt, Steiger & Abegg (2013) den «Saisonstart-Indikator». Sinn und Zweck dieser zusätzlichen Indikatoren liegt darin, besonders kritische Perioden detaillierter zu analysieren. Ein frühzeitiger Saisonstart – bei guten Bedingungen notabene – hat positive Auswirkungen auf das Image des Skigebiets, den Verkauf der Saisonkarten und das Buchungsverhalten der Kunden. Weihnachten ist deshalb kritisch, weil viele Skigebiete in der kurzen Zeit über Weihnachten und Neujahr einen massgeblichen Anteil ihres Winterumsatzes erzielen.

Schneearme Winter

Die natürlichen Schneeverhältnisse und damit auch die natürliche Schneesicherheit in den Skigebieten sind starken jährlichen Schwankungen unterworfen. Die Auswirkungen von schneearmen Wintern auf den Skitourismus wurden mehrfach untersucht (vgl. z. B. Abegg und Froesch 1994, Dawson et al. 2009, Steiger 2011). Die Ergebnisse dieser Studien lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Schneearme Winter haben negative Auswirkungen auf die Saisondauer, die Nachfrage und damit auf das Geschäftsergebnis der betroffenen Skigebiete.
- Kleinere und tiefer gelegene Skigebiete sind in der Regel stärker betroffen wie grössere und höher gelegene Skigebiete; letztere können mitunter sogar profitieren.
- In Skigebieten, wo die Auswirkungen von mehreren und über die Jahre verteilten schneearmen Wintern untersucht wurden, gehen die negativen Auswirkungen tendenziell zurück. Diese Entwicklung wird dem Ausbau der technischen Beschneigung zugeschrieben.

Natürliche Schneesicherheit der Skigebiete

In einer Studie der OECD werden 91% der heute bestehenden Skigebiete in den Alpen als natürlich schneesicher (ohne Einbezug der technischen Beschneigung) bezeichnet (Abegg et al. 2007). Bei einer durchschnittlichen Erwärmung von +1°C würde dieser Wert auf 75% sinken. Bei +2°C wären noch 61%, bei +4°C nur noch 30% der Skigebiete natürlich schneesicher. Sowohl als nationaler (Tab. A1) wie auch auf regionaler Ebene (Abb. A7) zeigen sich grosse Unterschiede: Vereinfacht ausgedrückt werden Gebiete mit einem hohen Voralpenanteil früher und stärker betroffen sein als Gebiete in den Hochalpen.

Tab. A1: Zahl der natürlich schneesicheren Skigebiete unter heutigen und zukünftigen Klimabedingungen (nationale Ebene).

Quelle: Abegg et al. 2007: 32

Land	Anzahl Skigebiete	Schneesicher heute	+1°C (≈2025)	+2°C (≈2050)	+4°C (≈2100)
Deutschland	39	27	11	5	1
Frankreich	148	143	123	96	55
Italien	87	81	71	59	21
Österreich	228	199	153	115	47
Schweiz	164	159	142	129	78
Total	666	609	500	404	202

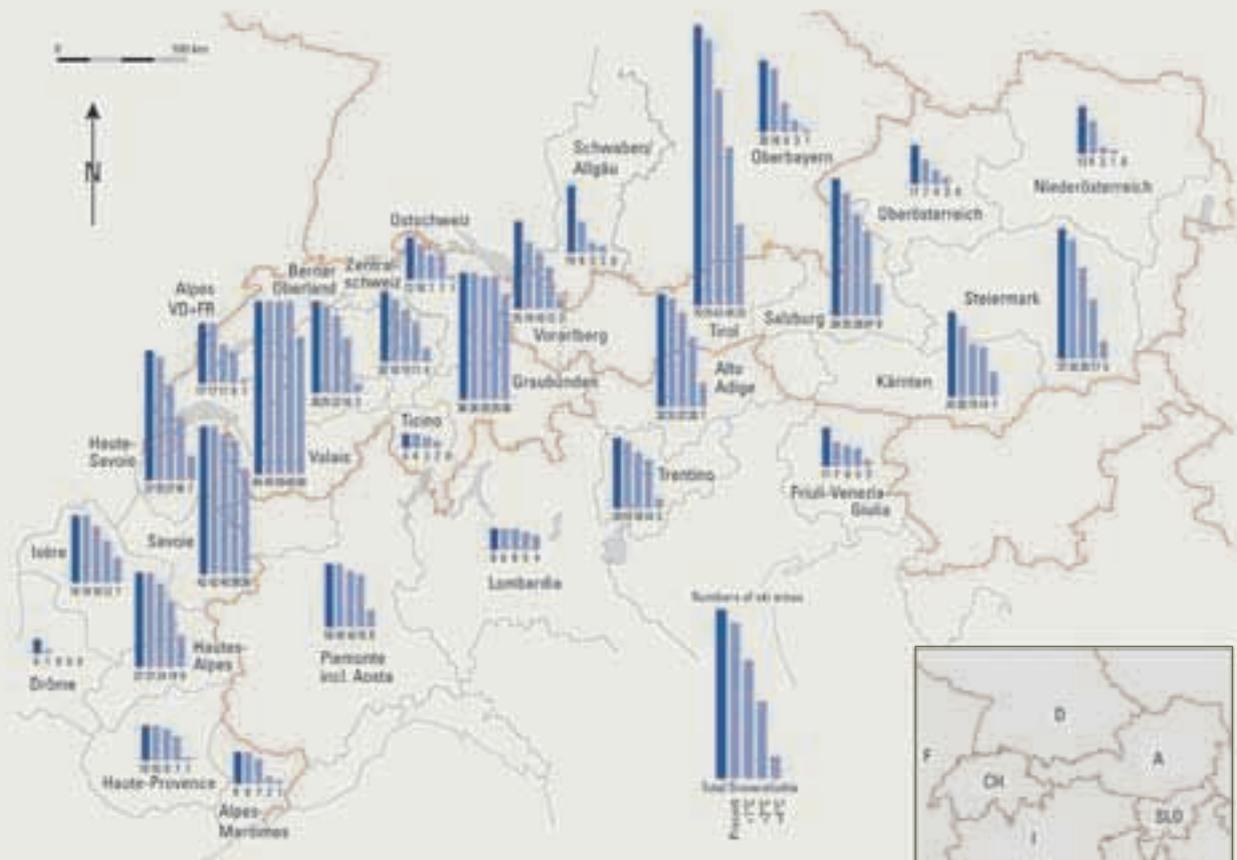
Bei der Interpretation der OECD-Studie müssen folgende Einschränkungen beachtet werden:

- Die angewandte Methodik eignet sich für grossmassstäbliche Vergleiche. Um Aussagen auf einzelbetrieblicher Ebene machen zu können, müssen detaillierte Analysen durchgeführt werden.
- Die Ergebnisse sind wahrscheinlich sowohl zu optimistisch als auch zu pessimistisch. Zu optimistisch, weil die negativen Auswirkungen des Klimawandels auf die natürliche Schneesicherheit grösser ausfallen dürften (Steiger & Abegg 2013). Und zu pessimistisch, weil die technische Beschneigung – heute integraler Bestandteil in den meisten Skigebieten – nicht berücksichtigt wurde.

Fazit: Im nationalen bzw. regionalen Vergleich ist die natürliche Schneesicherheit der Schweizer bzw. Bündner Skigebiete relativ hoch. Die negativen Auswirkungen der Klimaerwärmung auf die natürliche Schneesicherheit fallen entsprechend geringer aus.

Abb. A7: Zahl der natürlich schneesicheren Skigebiete unter heutigen und zukünftigen Klimabedingungen (regionale Ebene).

Quelle: Abegg et al. 2007: 35



Technische Schneesicherheit der Skigebiete

Untersuchungen, in welchen die technische Beschneigung als Anpassungsmassnahme an den Klimawandel berücksichtigt wird, wurden u. a. in Australien (Hennessy et al. 2008), Kanada (Scott et al. 2003, 2007), Neuseeland (Hendrikx & Hreinsson 2012), Österreich (Steiger 2010) und den USA (Scott et al. 2008) durchgeführt. Als Beispiel soll hier eine aktuelle Studie aus Österreich (Steiger & Abegg 2013) dienen. Wichtige Ergebnisse dieser Studie, in der die gegenwärtige und zukünftige natürliche und technische Schneesicherheit von 228 österreichischen Skigebieten untersucht wurde, können wie folgt zusammengefasst werden (vgl. auch Abb. A8):

- In der Referenzperiode (1961–1990) können 78 % bzw. 96 % der Skigebiete als natürlich bzw. technisch schneesicher bezeichnet werden (Indikator: 100-Tage-Regel).
- Bei einer Erwärmung von 2 °C wären noch 37 % bzw. 61 % der Skigebiete natürlich bzw. technisch schneesicher (Indikator: 100-Tage-Regel).
- Von den drei Indikatoren ist der Saisonstart-Indikator am sensibelsten, gefolgt vom Weihnachtsindikator und der 100-Tage-Regel. Mit anderen Worten: je früher in der Saison, desto grösser sind die zu erwartenden negativen Auswirkungen des Klimawandels auf die natürliche und technische Schneesicherheit.

Abb. A8: Technische Schneesicherheit der österreichischen Skigebiete in der Referenzperiode (1961–1990), bei einer Erwärmung von 1 °C (Mitte) und bei einer Erwärmung von 2 °C (unten). Die verwendeten Indikatoren werden wie folgt definiert:

- 100-Tage-Regel: ≥ 30 cm Schnee während 100 Tagen pro Saison
- Weihnachts-Indikator: ≥ 30 cm Schnee zwischen 22. Dez.–4. Jan.
- Saisonstart-Indikator: ≥ 30 cm Schnee am 8. Dez. (Maria Empfängnis – offizieller Saisonstart in vielen Skigebieten)

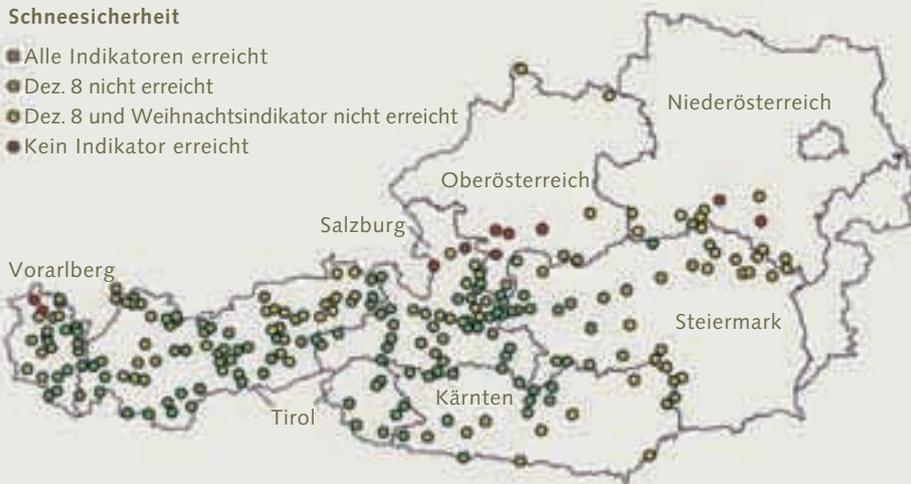
Die Indikatoren müssen jeweils in 7 von 10 Jahren erfüllt sein.

Quelle: nach Steiger & Abegg (2013)

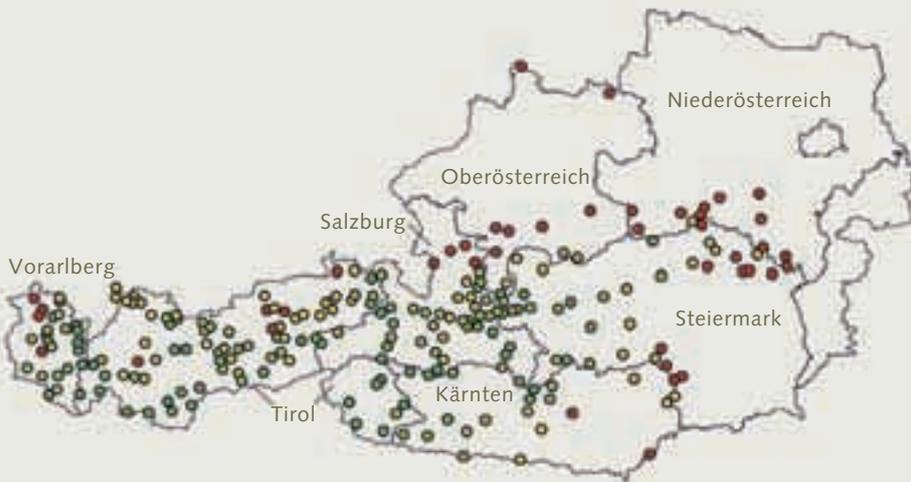
Schneesicherheit

- Alle Indikatoren erreicht
- Dez. 8 nicht erreicht
- Dez. 8 und Weihnachtsindikator nicht erreicht
- Kein Indikator erreicht

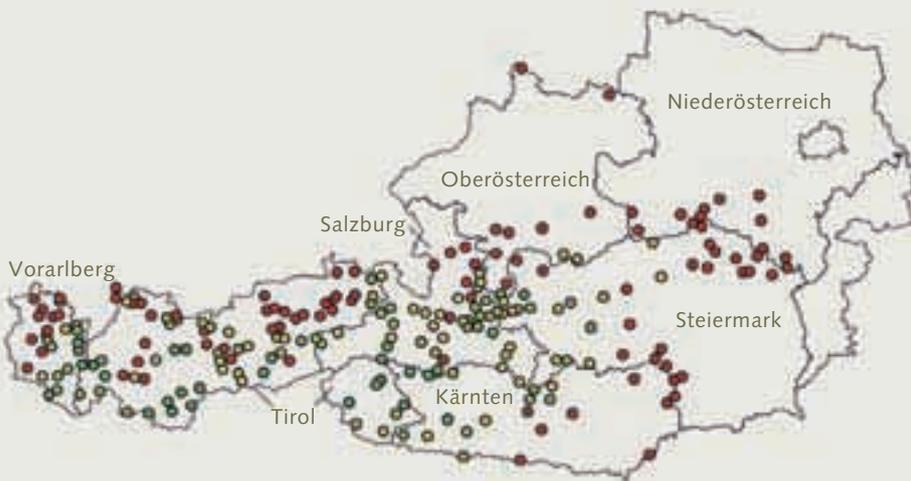
Referenzperiode



Erwärmung 1 °C



Erwärmung 2 °C



Die Studien aus den verschiedenen Ländern können nur beschränkt miteinander verglichen werden – zu unterschiedlich sind die Schneemodelle, die zu Grunde liegenden Emissionsszenarien und Klimamodelle sowie die verwendeten Indikatoren. Ein paar allgemeine Schlüsse lassen sich aber dennoch ziehen:

- Gegenwart: In den meisten Fällen kann die Schneesicherheit mit Hilfe der technischen Beschneigung gewährleistet werden.
- Zukunft: Die klimatischen Voraussetzungen für den Einsatz von Beschneiungsanlagen (heutige Technologie) werden sich verschlechtern. Dort, wo die Beschneiungsanlagen auch in Zukunft eingesetzt werden können, lassen sich die negativen Folgen

der fortschreitenden Erwärmung auf die natürlichen Schneebedingungen zumindest teilweise auffangen. Voraussetzung ist allerdings, dass im Vergleich zu heute mehr beschneit werden kann.

Der Klimawandel wird – wie auch von der OECD-Studie gezeigt – zu einem Rückgang der Zahl der Skigebiete führen. Gleichzeitig kommt es zu einer Konzentration auf die am besten geeigneten Standorte. Mit der technischen Beschneigung können diese Prozesse zwar verzögert, aber nicht abgewendet werden. Tiefer gelegene Skigebiete bzw. Gebiete, die bereits heute unter marginalen Bedingungen operieren (vergleichsweise wenig Naturschnee, schlechte klimatische Voraussetzungen für den effizienten Einsatz von Beschneiungsanlagen) werden besonders gefährdet sein. Stark betroffen – auch in höheren Lagen – sind die Saisonrandzeiten, insbesondere der Saisonauftakt mit den für den Geschäftserfolg so wichtigen Weihnachtsferien. Hier wird es immer schwieriger bzw. aufwendiger werden, Schneesicherheit zu garantieren.

Fazit: Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Schneesicherheit der Bündner Skigebiete werden im zweiten Teil dieses Berichts detailliert untersucht. Eines vorweg: In den meisten Bündner Skigebieten wird die technische Schneesicherheit auch in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts gegeben sein – vorausgesetzt, es wird mehr beschneit.



Schneilanze, © Savognin Bergbahnen AG

Sommertourismus

«Mit der Klimaerwärmung wird es in vielen Ländern unerträglich heiss. Unsere Seen laden dann zum Bade und die Berge zum Geniessen der Bergfrische.»

Dieses Zitat von Schweiz Tourismus (2010) bringt die weit verbreitete Erwartung zum Ausdruck, dass der alpine Sommertourismus vom Klimawandel profitieren könnte. Konkret wird davon ausgegangen, dass ...

- sich die klimatischen Bedingungen für den Sommertourismus in der Schweiz verbessern;
- sich die klimatischen Bedingungen für den Sommertourismus in den Badedestinationen des Mittelmeers verschlechtern;
- und sich die touristische Nachfrage entsprechend verschieben wird.

Im Folgenden werden die ersten beiden Punkte einer kritischen Würdigung unterzogen. Die potentiellen Auswirkungen auf die touristische Nachfrage folgen in Kap. 6 Klimawandel und Nachfrage.



Familie beim Crestasee Flims, © Graubünden Ferien, Chur

Direkte Auswirkungen

Die aktuellen klimatischen Bedingungen stellen nicht unbedingt einen Pluspunkt für den Schweizer Sommertourismus dar. In Zukunft können wir allerdings mit höheren Temperaturen und geringeren Niederschlagsmengen rechnen (vgl. Kap. 1). Dadurch könnte sich die klimatische Eignung für den Sommertourismus verbessern. In diesem Zusammenhang müssen aber auch folgende Punkte beachtet werden:

- Wintertourismus braucht in erster Linie Schnee; der alpine Sommertourismus «schönes Wetter». Während die klimatischen Voraussetzungen für Schnee (auch für den technischen Schnee) klar definiert werden können, ist die Sache im Sommer etwas komplizierter. Hier sind die Verknüpfungen zwischen Klima und Tourismus weniger deutlich; das Angebot ist vielfältiger und entsprechend unterschiedlich sind auch die Anforderungen an Wetter und Klima.
- Die wenigen verfügbaren Studien (z. B. Fleischhaker & Formayer 2007, Matzarakis et al. 2007, Krajasits & Schöner 2008), die tatsächlich auf eine Verbesserung der klimatischen Voraussetzungen für den alpinen Sommertourismus hindeuten, haben explorativen Charakter. Sie werden weder der räumlichen Variabilität des Klimas noch der Vielfalt des Tourismus gerecht und müssen deshalb mit Vorsicht interpretiert werden. Für die Schweiz gibt es noch keine entsprechenden Untersuchungen.
- Aus der Sicht des alpinen Sommertourismus sind höhere Temperaturen willkommen. Wichtiger dürfte aber sein, wie sich die zukünftigen Niederschläge verteilen werden. Sollten Verhältnisse, wie sie im Sommer 2003 geherrscht haben, tatsächlich zur Norm werden, könnte das sehr wohl positiv sein. An dieser Stelle muss allerdings an die Unsicherheiten und den Zeithorizont der Szenarien erinnert werden.

Tab. A2: Entwicklung der Sommertemperaturen (°C) für ausgewählte Bündner Stationen (A1B-Szenario).

Quelle: MeteoSchweiz (2012)

Station	Heute	2035	2060	2085
Chur (556 m)	17,9	19,2	20,5	21,6
Disentis (1197 m)	14,5	15,8	17,1	18,2
Davos (1594 m)	11,4	12,7	14,0	15,1
Samedan (1709 m)	11,1	12,4	14,0	15,2

Indirekte Auswirkungen

Neben den direkten müssen auch die indirekten Auswirkungen berücksichtigt werden. Mit den indirekten Auswirkungen sind die klima-induzierten Umweltveränderungen gemeint: z.B. der Gletscherschwund oder das Auftauen des Permafrosts. Veränderungen im Wasserhaushalt und in der Vegetationszusammensetzung können den Tourismus ebenfalls beeinflussen. Weiter stellt sich die Frage, welche Auswirkungen ein allfälliges Ansteigen des Naturgefahrenrisikos auf den alpinen Sommertourismus hätte. Die naturwissenschaftliche Literatur zu den klima-induzierten Umweltveränderungen füllt ganze Bibliotheken. Die Frage, was diese Veränderungen konkret für den Tourismus bedeuten könnten, bleibt aber weitestgehend unbeantwortet – abgesehen von der pauschalen Einschätzung, dass die klima-induzierten Umweltveränderungen für den Tourismus negativ zu beurteilen sind. Im Folgenden werden die möglichen Auswirkungen des Gletscherschwundes – als klassisches Beispiel einer klima-induzierten Umweltveränderung – detaillierter angeschaut.

Der Gletscherschwund wird weitergehen. Je nach Szenario ist bis zum Ende dieses Jahrhunderts von einem Verlust von 60 bis 80% der heute in der Schweiz vorhandenen Gletscherfläche auszugehen (Linsbauer et al. 2012). Mögliche Auswirkungen aus touristischer Sicht sind:

- Der Gletscherrückgang wird den Charakter der alpinen Hochgebirgslandschaften verändern. Der Zugang zu den Gletschern wird beschwerlicher und der Unterhalt von Attraktionen im «ewigen Eis» (z.B. Gletschergrotte auf dem Titlis) immer aufwendiger. Wo Klimawandel und Gletscherschwund thematisiert werden, können aber auch neue Angebote geschaffen werden (z.B. Gletscherpfad Silvretta und Klimaweg Muottas Muragl).
- Die mit dem Eisrückgang verbundenen Landschaftsveränderungen werden den Alpinismus beeinflussen: gewisse Routen werden schwieriger, andere müssen neu angelegt werden. Probleme können sowohl bei den Übergängen Fels – Eis als auch bei den Zugängen zu den Schutzhütten auftreten. In Kombination mit höheren Sommertemperaturen

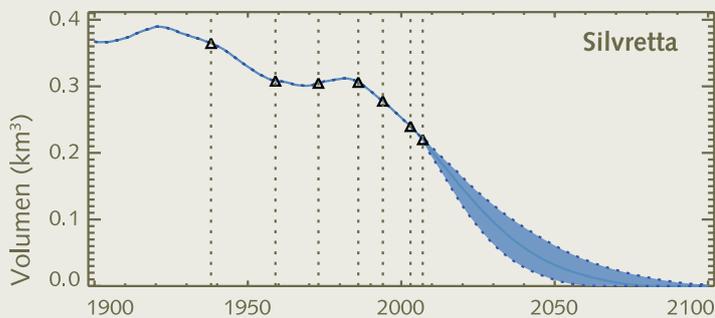
und dem auftauenden Permafrost ist mit mehr Steinschlag zu rechnen (Behm et al. 2006).

- Im Vorfeld abschmelzender Gletscher können sich neue Seen bilden. Dieser Prozess wurde in den letzten Jahren mehrfach beobachtet (z.B. Trift-, Gauli- und Rhonegletscher) und kann zu einer Erhöhung des lokalen Naturgefahrenrisikos führen (z.B. Bergstürze in die Seen mit darauf folgenden Flutwellen). Womöglich stellen diese Seen aber auch eine neue Attraktion für den Tourismus dar.
- Skigebiete, welche den Gletscher in ihren Winterbetrieb integriert haben, müssen mit folgenden Herausforderungen rechnen: fehlender Schnee auf den stark ausgeaperten Gletschern zum Saisonauftakt, schwieriger Übergang von der Bergstation auf die Gletscherpisten, Probleme mit der Verankerung von Anlagen im Eis etc. (Serquet & Thalman 2012).
- Unbekannt ist, wie sich der Gletscherschwund auf die Wahrnehmung der Touristen und das Image der Schweizer Alpen auswirken wird. Aus heutiger Sicht sind mehrheitlich eisfreie Alpen kaum vorstellbar. Wenn es tatsächlich so weit kommen sollte, so die gängige Argumentation, wären die Alpen nur noch halb so attraktiv. Das mag vielleicht für aktuelle Zeitgenossen gelten. Zukünftige Besucher, die heute womöglich noch nicht einmal geboren sind, werden die Landschaft aber vermutlich mit anderen Augen betrachten.

Abb. A9: Die Volumenveränderung (km³) des Silvretta-Gletschers von 1900 bis 2100.

Quelle: BAFU 2012

Bemerkung: In Graubünden, wo 90% der Gletscher kleiner als 1 km² sind, werden in den nächsten Jahrzehnten viele Gletscher ganz verschwinden (Bauder & Funk-Salami 2009).



Weniger gut sichtbar, aber nicht minder bedeutend ist die zukünftige Verbreitung des Permafrosts. Langzeitstudien im Kanton Graubünden (Piz Corvatsch) haben gezeigt, dass der Permafrost sowohl auf die steigenden Temperaturen wie auch auf die Menge und den Zeitpunkt des Schneefalls reagiert – Aussagen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf den Permafrost sind daher schwierig. Mögliche Folgen wurden im Sommer 2003 sichtbar: Die zahlreichen Felsstürze, die von Juni bis August 2003 beobachtet werden konnten, gelten gemeinhin als Anzeichen für die rasche Destabilisierung von steilen Permafrosthängen bei starker Erwärmung. In Kombination mit Starkniederschlägen



Silvretta, Foto: Archiv VAW/ETH Zürich (A. Bauder)

können auch vermehrt Murgänge auftreten. Das erfordert neue Schutzbauten und eine Anpassung der Gefahrenplanung (vgl. Pontresina). Weiter ist von negativen Auswirkungen auf die Stabilität von Bauten im Hochgebirge (Seilbahnanlagen, Lawinerverbauungen etc.) auszugehen (Keller & Wachler 2008).

Wird es am Mittelmeer wirklich zu heiss?

Die World Tourism Organization hat den Mittelmeerraum zum «destination vulnerability hotspot» erklärt (UNWTO/UNEP/WMO 2008). Hier könnte es – so die gängige Auffassung – im Zuge des Klimawandels zu heiss werden. Verschiedene Eignungsuntersuchungen haben nämlich gezeigt, dass sich die klimatische Attraktivität verringern wird (Amelung & Viner 2006, Amelung et al. 2007 etc.). Hinzu kommt, dass vermehrt Hitzewellen, Wasserknappheit und Waldbrände auftreten könnten (Perry 2006). Aber auch hier ist eine gewisse Vorsicht bei der Interpretation der besagten Studien geboten:

- Die klimatische Attraktivität wird mit so genannten Klima-Tourismus-Indikatoren analysiert. Diese Indikatoren beziehen sich in der Regel auf «ideale klimatische Verhältnisse» und «durchschnittliche Touristen». Da sich die klimatischen Präferenzen von Tourist zu Tourist stark unterscheiden (z. B. je nach Alter und Aktivität etc.), machen solche Verallgemeinerungen nur beschränkt Sinn (Scott et al. 2008).
- Im Weiteren stellt sich die Frage, was mit dem Begriff «zu heiss» gemeint ist. Gewisse Orte (z. B. Antalya und Larnaca) werden bereits heute als «zu heiss» taxiert, behaupten sich aber nach wie vor erfolgreich auf dem Markt. Neuere Studien (Moreno 2010, Ruddy & Scott 2010) weisen denn auch darauf hin, dass die Auswirkungen des Klimawandels auf den Mittelmeertourismus komplexer (und vermutlich auch weniger negativ) sein werden wie ursprünglich angenommen.

***Fazit:** Es ist davon auszugehen, dass der Bündner Sommertourismus von einer absoluten (höhere Temperaturen, weniger Niederschlag, längere Saison) und einer relativen Verbesserung (im Vergleich zu den vermehrt hitzegeplagten Ballungszentren im Alpenvorland) der klimatischen Bedingungen profitieren kann. Diese Verbesserung der klimatischen Bedingungen ist aller Voraussicht nach höher zu gewichten wie potentiell negative Auswirkungen der klima-induzierten Umweltveränderungen.*

4 Der Beitrag des Tourismus zum Klimawandel

Die CO₂-Emissionen des globalen Tourismus werden auf 1307 Millionen Tonnen geschätzt (2005). Das entspricht einem Anteil von knapp fünf Prozent am globalen CO₂-Ausstoss. 75 Prozent der touristischen CO₂-Emissionen gehen auf das Konto des Verkehrs (40 % Flugverkehr, 32 % Strassenverkehr, 3 % andere). Der Rest verteilt sich auf die beiden Kategorien Unterkünfte (21 %) sowie Aktivitäten vor Ort (4 %) (UNWTO/ UNEP/WMO 2008). Für den Schweizer Tourismus liegen folgende Angaben vor (Sesartic & Stucki 2007, Perch-Nielsen et al. 2010):

- Die Treibhausgas-Emissionen des Schweizer Tourismus werden auf 2.29 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente geschätzt. Das entspricht einem Anteil von 5.2 % am schweizerischen Treibhausgas-Ausstoss (1998).
- Der Schweizer Tourismus ist sehr «treibhausgas-intensiv»: Die Emissionen pro Franken Wertschöpfung (Gramm CO₂-Äquivalente/CHF) sind rund viermal so hoch wie für die schweizerische Wirtschaft im Mittel (Mittelwert über alle Branchen).
- Die hohe Treibhausgas-Intensität hängt in erster Linie mit dem Luftverkehr zusammen. Der Luftverkehr ist für 80 % der touristischen Treibhausgas-Emissionen verantwortlich und zeichnet sich durch die höchste Treibhausgas-Intensität aller Tourismus-Subsektoren aus.
- 87 % der touristischen Treibhausgas-Emissionen gehen auf das Konto des Verkehrs (ohne motorisierten Individualverkehr). Der Rest verteilt sich auf die Unterkünfte (10 %) und die Aktivitäten (3 %).
- Die obigen Aussagen sind mit zahlreichen Unsicherheiten (z. B. Systemabgrenzung, Datenverfügbarkeit etc.) behaftet und müssen mit Vorsicht interpretiert werden. Allen Studien (auch den hier nicht erwähnten) ist jedoch gemein, dass der Grossteil der touristischen CO₂- bzw. Treibhausgasemissionen dem Verkehr zugeordnet werden kann. Die herausragende Bedeutung des Verkehrs kommt auch in den Abb. A10–A12 zum Ausdruck.

Fazit: Der Tourismus – auch der Bündner Tourismus – ist für bedeutende CO₂- bzw. Treibhausgas-Emissionen verantwortlich. Mit Abstand wichtigste Emissionsquelle ist der touristische Verkehr, insbesondere die An- und Abreise der Gäste.

Abb. A10, Seite 29 oben: Treibhausgas-Emissionen pro Person und Tag für verschiedene Tagesausflüge ab Zürich.

Quelle: nach Zegg et al. 2010 (Stucki & Jungbluth 2010)

Abb. A11, Seite 29 Mitte: Treibhausgas-Emissionen pro Person und Tag für ausgewählte Gästesegmente auf der Lenzerheide.

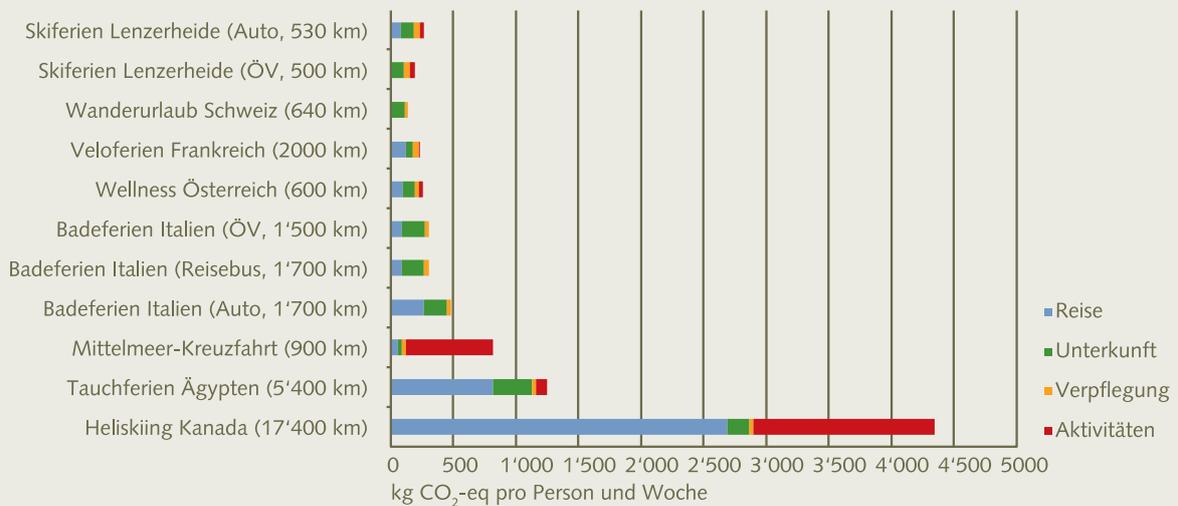
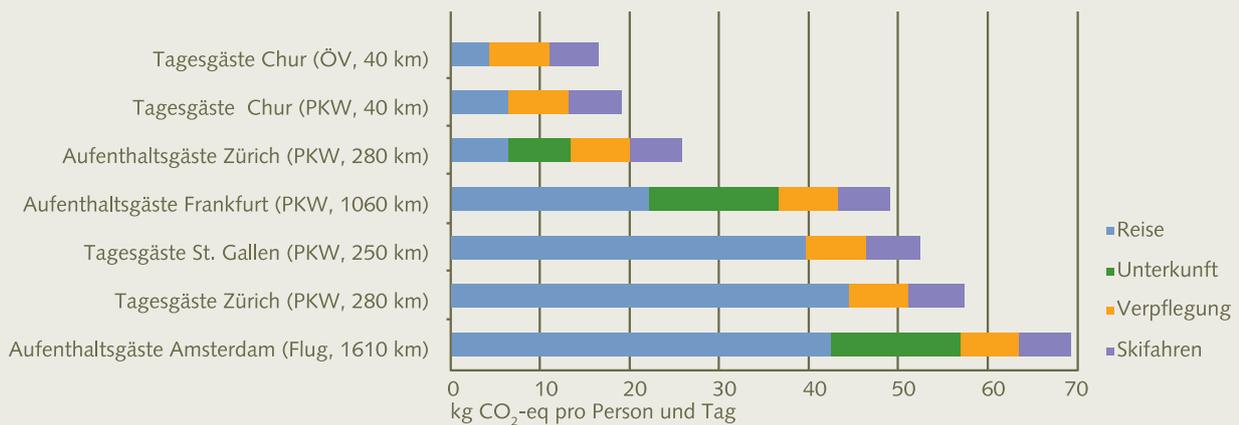
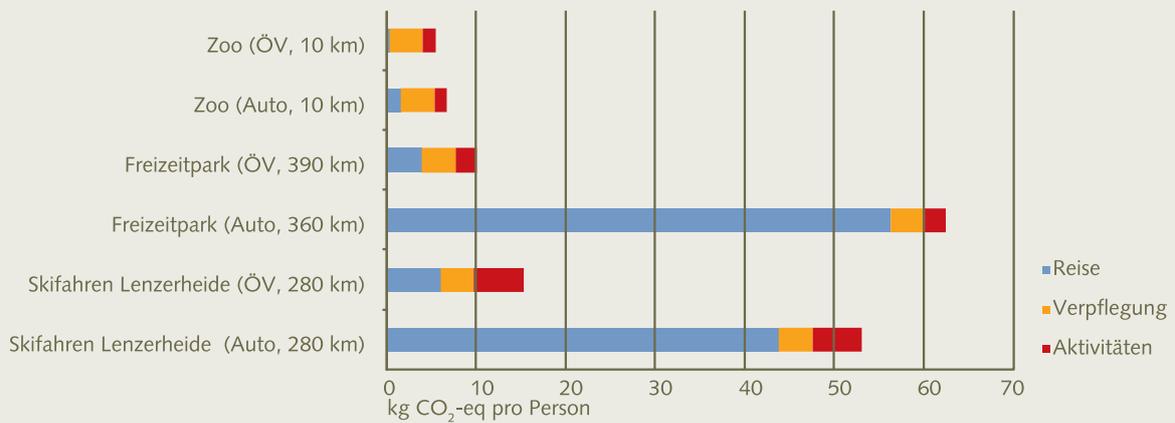
Bemerkung: Je nach Unterkunfts-kategorie (Ferienwohnung, Mittelklassehotel, Luxushotel) fallen unterschiedlich hohe Treibhausgas-Emissionen an.

Quelle: nach Zegg et al. 2010 (Stucki & Jungbluth 2010)

Abb. A12, Seite 29 unten: Treibhausgas-Emissionen pro Person und Woche für verschiedene Ferienarten ab Bern.

Bemerkung: Mit der Kategorie «Aktivitäten» (rot) ist das Skifahren auf der Lenzerheide, das Heliskiing in Kanada, das Tauchen in Ägypten, aber auch die eigentliche Kreuzfahrt auf dem Mittelmeer etc. gemeint. Je nach Unterkunfts-kategorie (Ferienwohnung, Mittelklassehotel, Luxushotel) fallen unterschiedlich hohe Treibhausgas-Emissionen an.

Quelle: nach Zegg et al. 2010 (Stucki & Jungbluth 2010)



5 Anpassungs- und Verminderungsmassnahmen im Tourismus

Anpassungsmassnahmen

Im Folgenden werden ausgewählte Anpassungsmassnahmen im alpinen Tourismus vorgestellt. Die verfügbare Literatur bezieht sich in erster Linie auf die Sicherung des Winter- bzw. Skitourismus (vgl. Abegg et al. 2007 und Scott & McBoyle 2008) – daher auch die thematische Gewichtung der nachfolgenden Ausführungen. Wir unterscheiden zwischen technischen und nicht-technischen Massnahmen. Die Beschneigung wird hier nur kurz abgehandelt – eine ausführliche Diskussion folgt im zweiten Teil dieses Berichts.

Technische Anpassungsmassnahmen

Beschneigung

Mit dem Einsatz von Beschneiungsanlagen werden verschiedene Ziele verfolgt (Steiger & Mayer 2008). Vor dem Hintergrund der zu erwartenden klimatischen Veränderungen geht es in erster Linie um eine Sicherung des Skibetriebs und um eine Aufrechterhaltung der Saisondauer.

Wie die Erfahrungen aus den schneearmen Wintern und die Ergebnisse aus den Modellrechnungen zeigen, ist das Potential der technischen Beschneigung gross. Aber auch sie wird im Zuge der fortschreitenden Erwärmung auf klimatische Grenzen stossen. Hinzu kommt, dass die künftige Schneesicherheit nur gewährleistet werden kann, wenn mehr Schnee auf grösserer Fläche in kürzerer Zeit produziert werden kann. Das bedeutet mehr Beschneiungsanlagen, höherer Ressourceneinsatz und – last but not least – höhere Kosten (Abegg 2012). Für eine ausführliche Diskussion der technischen Beschneigung müssen also neben den klimatischen Grenzen und den ökologischen Auswirkungen auch der Ressourceneinsatz (Wasser und Strom) und die finanziellen Auswirkungen (Investitions- und Betriebskosten, Finanzierung etc.) thematisiert werden. Und schliesslich stellt sich noch die Frage, wie die Touristen einem deutlichen Ausbau der technischen Beschneigung gegenüberstehen würden.



Gletschermühlen Alp Mora bei Trin, © Graubünden Ferien, Chur

Pisten- und Schneemanagement

Ziel dieser Massnahmen ist es, möglichst haushälterisch mit dem vorhandenen Schnee – natürlich oder technisch erzeugt – umzugehen. Dazu zählen eine sorgfältige Pflege der Pisten, eine allfällige Beschattung der Pisten, die Errichtung von Schneezäunen sowie das Anlegen von Schneedepots.

Massnahmen, welche in Zukunft an Bedeutung gewinnen dürften, sind die GPS-gestützte Pistenpräparation sowie das Anlegen von Schneedepots in höher gelegenen Wintersportorten, auf Skipisten und Gletschern. Der Schnee wird mit Folien oder Sägespänen zugedeckt – Ziel ist eine «Übersommerung» des Schnees. Erste Versuche (z. B. in Davos) zeigen, dass ein Teil des Schnees – abhängig von Höhenlage bzw. Abdeckmethode – konserviert und zu Beginn der neuen Saison wieder eingesetzt werden kann. Positiv ist die Strom- (Beschneigung) und Treibstoffersparnis (Pistenfahrzeuge), negativ die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes.

Landschaftseingriffe

Ziel dieser Massnahmen ist es, die für den Skibetrieb erforderliche Mindestschneehöhe – natürlich oder technisch erzeugt – zu reduzieren. Weiters wird die Pistenpräparation erleichtert. Zu den häufigsten Landschaftseingriffen zählen die Trockenlegung von Feuchtgebieten, die Beseitigung von Hindernissen sowie die klein- und grossflächige Planierung von Skipisten.

Landschaftseingriffe, insbesondere grossflächige Planien, führen zu einer Veränderung des Landschaftsbildes, zu einer Verarmung der Vegetation und zu einer Verstärkung der Erosion. In den bayerischen Skigebieten wurde beispielsweise festgestellt, dass 63% aller Erosionsschäden auf modifizierten Pistenabschnitten (= 27% der Pistenfläche) auftreten (Dietmann & Kohler 2005). Grossflächige Planien werden denn auch als besonders schädigende Massnahme bezeichnet (Wipf et al. 2005). Es ist davon auszugehen, dass die Zahl der Landschaftseingriffe – nicht zuletzt auch im Zusammenhang mit dem Ausbau der technischen Beschneigung – zunehmen wird.

Konzentration auf Gunsträume

Ziel dieser Massnahmen ist es, den Skibetrieb auf die am besten geeigneten Standorte zu konzentrieren. Dazu zählen die Vermeidung von süd- bzw. die Bevorzugung von nordexponierten Hängen, die Konzentration auf die höher gelegenen, aber bereits erschlossenen Teile eines Skigebietes sowie die Expansion in bis anhin noch unerschlossene, möglichst hochgelegene Geländekammern inklusive Gletscher.

Die Konzentration auf skitouristische Gunsträume, insbesondere die Konzentration auf die höher gelegenen Teile, ist eine relativ weit verbreitete Strategie. Hierzu müssen folgende Einschränkungen gemacht werden:

- In vielen Skigebieten ist die «Flucht nach oben» gar nicht möglich, weil das zur Verfügung stehende Höhenintervall bereits voll ausgeschöpft wird.
- In höheren Lagen muss mit häufigeren Betriebsunterbrüchen (Wind und Wetter), allenfalls auch mit einer erhöhten Lawinengefahr gerechnet werden.
- Die Hochgebirgsterschliessung ist mit einem grossen technischen und finanziellen Aufwand verbunden. Oftmals stehen die Ausbaupläne auch im Widerspruch zu bestehenden Natur- und Landschaftsschutzbestimmungen.

Die Verbindung von benachbarten Skigebieten, die Erschliessung von unberührten Geländekammern sowie die Planung von neuen Skigebieten sind stark umstritten. Dabei wird auf den stagnierenden Skifahrermarkt verwiesen. Hinzu kommt, dass Neuschliessungen nicht nur unberührte, sondern oftmals auch geschützte Gebiete tangieren.

Eine besondere Rolle spielen die Gletschergebiete. Lange Zeit galten die Gletscher – sommers wie winters – als Schneegaranten. Mittlerweile ist der Gletscherschwund so weit fortgeschritten, dass das in den 1970er und 80er Jahren aufgekommene Sommerskifahren – von einigen wenigen Ausnahmen abgesehen – wieder verschwunden ist. Im Winter zeigt sich ein differenzierteres Bild: Auf der einen Seite können Gletscher, wie die Erfahrungen aus den schneearmen Wintern beweisen, einen Wettbewerbsvorteil darstellen. Auf der anderen Seite wird es immer aufwendiger, den Betrieb auf den schwindenden Eismassen aufrechtzuerhalten. Da immer mehr Flächen eisfrei werden bzw. viele Gletscher über den Sommer vollständig ausapern, braucht es immer mehr Schnee, um den Betrieb im Herbst/Frühwinter aufzunehmen. In der Zwischenzeit sind einige Skigebietsbetreiber dazu übergegangen, die Gletscher zu beschneien – auf dem Pitztaler Gletscher (Österreich) gar mit dem «IDE All Weather Snowmaker», einer temperaturunabhängigen Beschneiungsanlage. Mitunter werden auch Folien und Vliese ausgelegt. Damit soll der Eiszerfall reduziert werden. Die Erfahrungen zeigen, dass dieses Ziel auch erreicht werden kann (Olefs & Fischer 2008) – zumindest vorübergehend, mittelfristig ist eine solche «Pflasterli-Politik» aber keine Lösung.

Nicht-technische Massnahmen

Finanzielle Unterstützung

Ziel dieser Massnahmen ist es, den (Ski-)Betrieb mit öffentlichen Geldern zu unterstützen. Dazu gehören einmalige oder wiederholte Betriebszuschüsse, aber auch die Vermittlung und Vergabe von Darlehen zu günstigen Konditionen sowie die direkte Beteiligung an den Bahnen. Mit den Geldern wird der Betrieb ermöglicht, werden Defizite gedeckt und Erneuerungsanlagen finanziert. Immer öfters fliessen die Gelder in den Ausbau der Beschneiungsanlagen.

Es gibt zahlreiche Beispiele für die finanzielle Unterstützung von Seilbahnunternehmen. In der Regel werden immer wieder die gleichen Argumente für die Einforderung bzw. die Gewährung dieser Unterstützung vorgebracht: Die Bahnen bilden das Rückgrat des touristischen Angebots und sind deshalb von grosser regionalwirtschaftlicher Bedeutung. Problematisch ist, dass es an klaren Kriterien für die Überprüfung dieser Argumente und für die Vergabe von öffentlichen Geldern mangelt (z. B. klarer Nachweis der regionalwirtschaftlichen Bedeutung und der längerfristigen Überlebensfähigkeit – nicht zuletzt auch im Hinblick auf die zu erwartenden klimatischen Veränderungen). In Zukunft dürfte der Ruf nach finanzieller Unterstützung – wenngleich diese Forderung auch in der Branche umstritten ist (Stichwort: Marktverzerrung) – noch lauter werden. Einerseits werden die betroffenen Bahnen noch stärker auf ihre vermeintliche oder tatsächliche regionalwirtschaftliche Bedeutung pochen. Andererseits können sie die Beschneiung zur Grundausstattung einer Winter-sportdestination erklären – mit dem Argument, dass alle, die davon profitieren (Gemeinde, Hotellerie, Einzelhandel etc.) auch dafür aufkommen sollen. Zwei Befragungen von Seilbahnunternehmen liefern die entsprechenden Beispiele:

- 35 % der befragten schweizerischen Seilbahnunternehmen streben eine höhere Kostenbeteiligung durch die Gemeinde und/oder den Kanton an (Abegg et al. 2008).
- 75 bzw. 90 % der befragten österreichischen Seilbahnunternehmen betrachten Subventionen und eine

Kostenbeteiligung durch die Beherbergungsindustrie als zweckmässige Anpassungsmassnahmen (Wolfsegger et al. 2008).

Diversifikation im Wintertourismus

Ziel dieser Massnahmen ist es, die einseitige Abhängigkeit vom Skitourismus zu reduzieren. Zur Diskussion stehen sowohl schneeabhängige (z. B. Winterwandern, Schneeschuhlaufen, Rodeln etc.) als auch schneeunabhängige Angebote (z. B. Gesundheits-, Kultur- und Tagungstourismus).

Positiv stimmt, dass die Zahl der Wintergäste, die weder auf den Loipen noch auf den Skipisten anzufragen sind, steigt. In Frankreich wird der Anteil dieser Leute auf 25 % geschätzt, in Italien sollen es gar 48 % sein (vgl. Abegg et al. 2007). Es gibt also durchaus einen Markt für nicht-pistenbasierte Aktivitäten. Die entsprechenden Angebote (Winterwandern, Schneeschuhlaufen, Rodeln etc.) wurden in den letzten Jahren massiv ausgebaut – nur sind auch sie von Schnee bzw. einer verschneiten Winterlandschaft

abhängig. Ob, wie im Falle des Winterwanderns vorgeschlagen, allein mit dem Argument Nebelfreiheit gepunktet werden kann, ist fraglich.

Ähnliches gilt für die schneeunabhängigen Angebote. Auch hierfür gibt es eine Nachfrage. Häufig stellen diese Angebote aber lediglich eine Ergänzung zum eigentlichen Produkt dar: Das Alleinstellungsmerkmal des alpinen Wintertourismus liegt nicht in Gesundheits- und Kulturangeboten, sondern ist in erster Linie an das Vorhandensein von Schnee und an die damit verbundenen Aktivitäten geknüpft. In diesem Sinne darf das Potential der schneeunabhängigen Produkte nicht überschätzt werden.

Die Suche nach innovativen Alternativprodukten wird weitergehen – sei es als normale Ergänzung zum bestehenden Angebot oder als konkrete Reaktion auf die klimatischen Herausforderungen. Gute Produkte werden ihre Nische finden. Aber bis dato ist keine Alternative in Sicht, welche den Skitourismus als Massenphänomen ersetzen könnte.



Preda-Bergün, © Bergün Filisur Tourismus

Ganzjahrestourismus

Ziel dieser Massnahmen ist es, die Abhängigkeit vom Wintertourismus zu reduzieren. Hier geht es um eine breitere saisonale Abstützung des Tourismus, sprich um eine Stärkung des oftmals etwas vernachlässigten Sommertourismus (inkl. Frühling und insbesondere Herbst).

Es gibt viele gute Gründe für eine breitere saisonale Abstützung des alpinen Tourismus (z. B. bessere Auslastung der kapitalintensiven Infrastruktur). Hinzu kommt, dass der drohende Rückgang des Wintergeschäfts geradezu nach einer Stärkung der Sommer- und Herbstsaison verlangt. Der Klimawandel wird sowohl negative als auch positive Auswirkungen auf den



Mountainbiker Gondelbahn Rinerhorn, © Graubünden Ferien, Chur

alpinen Sommertourismus haben (S. 23 ff.). In Summe dürfte er aber eher profitieren. Zum einen werden die Alpen – trotz Gletscherschwund etc. – eine attraktive Tourismusregion bleiben. Zum anderen dürfte das Nachfragepotential in den umliegenden, zum Teil stark wachsenden und in Zukunft vermehrt hitzegeplagten Regionen aller Voraussicht nach steigen. Das würde zumindest für einen (noch) stärkeren Ausflugs- und Wochenendtourismus sprechen. Dieses Potential gilt es auszunutzen. Gleichzeitig muss sichergestellt werden, dass der zukünftige Ausflugsverkehr nachhaltiger und klimaverträglicher ist. Ob die Alpen auch als Ferienregion profitieren werden, ist zumindest denkbar, zum heutigen Zeitpunkt aber nur schwer abzuschätzen. Das gilt auch für die These «weg vom Mittelmeer – hin zu den Bergen».

Mit obiger Diskussion ist die Frage verknüpft, ob das Sommergeschäft die drohenden Verluste aus dem Wintergeschäft kompensieren kann. Eine mögliche Antwort liefern Müller & Weber (2008) für das Berner Oberland: Die Einnahmen aus dem Wintertourismus werden um knapp 150 Mio. CHF (-22 %) zurückgehen (für 2030 im Vergleich zu 2006). Gleichzeitig dürften die Einnahmen aus dem Sommertourismus um ca. 80 Mio. CHF (+7 %) ansteigen. Unter dem Strich verbleibt ein Minus von 70 Mio. CHF (-4 %).

Ähnlich wie bei der Diversifikation im Wintertourismus werden auch hier die Seilbahnen besonders gefordert sein. Viele Seilbahnen haben in den letzten Jahren das Sommerangebot massiv ausgebaut – mit Erfolg, wie die steigenden Passagierzahlen an verschiedenen Orten zeigen. Für viele Seilbahnunternehmen ist der Sommerbetrieb aber nach wie vor ein Defizitgeschäft, das über die Einnahmen aus dem Winterbetrieb finanziert werden muss. Es gibt mittlerweile aber auch einige Bahnen und Destinationen, welche sich mit Erfolg neu positioniert haben (z.B. Sattel-Hochstuckli/SZ, Stockhorn/BE, Monte Tamaro/TI).

Beispiel Seilbahnen

Untersuchungen aus Österreich (Wolfsegger et al. 2008) und der Schweiz (Abegg et al. 2008) zeigen, dass sich die Seilbahnunternehmen den Risiken, die mit dem Klimawandel verbunden sind, durchaus bewusst sind. Die meisten Seilbahnen gehen beispielsweise von einer weiteren Verschlechterung der natürlichen Schneesicherheit aus. Weit verbreitet ist aber auch die Ansicht, dass die negativen Auswirkungen des Klimawandels mit technischen Anpassungsmassnahmen (v. a. Beschneigung) in engen Grenzen gehalten werden können.

In der Schweiz wurden die Seilbahnunternehmen gefragt, welche Anpassungsmassnahmen in den letzten fünf Jahren umgesetzt wurden (Mehrfachnennungen möglich). Dabei konnten sie aus einer Liste mit 26 Massnahmen auswählen (Tab. A3). Diese Massnahmen können drei verschiedenen Kategorien zugeordnet werden, welche jeweils für eine spezifische strategische Ausrichtung stehen:

- die Sicherung des betroffenen Geschäftsbereichs – im Fall der Seilbahnunternehmen ist das in erster Linie der Skitourismus
- die Expansion über den betroffenen Geschäftsbereich hinaus – zum Beispiel über eine Stärkung des Sommergeschäfts
- die Verringerung/Abwälzung der mit dem Klimawandel verbundenen finanziellen Kosten und Risiken – zum Beispiel über eine Kostenbeteiligung durch die Standortgemeinde

Die Auswertung hat gezeigt, dass die befragten Seilbahnunternehmen mehrere Massnahmen gleichzeitig umsetzen (im Durchschnitt acht Massnahmen). Am häufigsten wurde in den Ausbau der technischen Beschneigung (66 % der Unternehmen), in den Ausbau des Winter- und Sommerwanderns (63 % respektive 62 %) sowie in den Ausbau des Schneeschuhlaufens

(61 %) investiert (vgl. Tab. A3). Die meisten Massnahmen wurden aber nicht – wie man angesichts der herausragenden Bedeutung des Skitourismus vielleicht vermuten würde – im Bereich «Sicherung des betroffenen Geschäftsbereichs» (38 %), sondern in der Kategorie «Expansion über den betroffenen Geschäftsbereich hinaus» umgesetzt (52 %) – wobei hier angemerkt werden muss, dass die Zahl der umgesetzten Massnahmen noch nichts über deren Bedeutung/Stellenwert aussagt (Abegg 2012).

Tab. A3: Anpassungsmassnahmen der Schweizer Seilbahnen (n=112)
Quelle: Abegg 2011

Strategische Ausrichtung	Anpassungsmassnahme	Umsetzung (% Unternehmen)
Sicherung des betroffenen Geschäftsbereichs	Ausbau der technischen Beschneigung	66%
	Landschaftseingriffe zur Reduktion der erforderlichen Schneedecke	46%
	Organisation von Wintersportwettbewerben	45%
	Verbesserung des Pistenunterhalts	30%
	Betrieb mit weniger Schnee	22%
	Alternative Pistenaktivitäten	21%
	Gletscher-/Schneefolien	7%
	Konzentration auf hoch gelegene Gebiete (bereits erschlossen)	7%
Expansion über den betroffenen Geschäftsbereich hinaus	Neuerschließung hoch gelegener Gebiete	6%
	Ausbau Winterwandern	63%
	Ausbau Sommerwandern	62%
	Ausbau Schneeschuhlaufen	51%
	Ausbau Winterrodern	52%
	Themenwanderungen	46%
	Ausbau Gastronomie	38%
	Ausbau Winter-Events (z.B. Konzerte)	37%
	Ausbau Mountainbike-Angebot	36%
	Ausbau Abenteuer- und Fun-Sport	33%
	Ausbau Sommer-Events	29%
Verminderung/Abwälzung der mit dem Klimawandel verbundenen Kosten und Risiken	Bau einer Sommerrodelbahn	9%
	Kooperation mit lokalen Tourismusanbietern	29%
	Kooperation mit anderen Skigebieten	25%
	Fusion mit anderen Skigebieten	16%
	Kostenbeteiligung (Gemeinde)	11%
	Kostenbeteiligung (lokale Tourismusanbieter)	3%
	Wetter-/Schneeversicherung	1%

In Bezug auf ihre Anpassungsstrategie können die Schweizer Seilbahnunternehmen in drei Gruppen unterteilt werden:

- Die erste Gruppe (mehrheitlich kleine und tiefer gelegene Skiliftbetriebe) setzt in erster Linie auf eine Sicherung des Skitourismus (96 % der umgesetzten Massnahmen).
- Die zweite Gruppe (dazu gehören beispielsweise mittelgrosse Bahnen mit einem relativ starken Sommergeschäft) setzt in erster Linie auf Diversifikation (74 % der umgesetzten Massnahmen in der Kategorie Expansion über den betroffenen Geschäftsbereich hinaus).
- Die dritte Gruppe (dazu gehören viele grosse Seilbahnunternehmen) verfolgt eine duale Strategie und setzt sowohl auf eine Sicherung des Skitourismus (39 % der umgesetzten Massnahmen) als auch auf Diversifikation (47 % der umgesetzten Massnahmen).

Mit anderen Worten: unterschiedlich aufgestellte Unternehmen verfolgen unterschiedliche Anpassungsstrategien (Abegg 2011).

Am Beispiel der Schweizer Seilbahnen konnte auch nachgewiesen werden, dass sowohl das Wissen über die möglichen Auswirkungen des Klimawandels (in der subjektiven Einschätzung der Seilbahnunternehmer) als auch die Anpassungsfähigkeit (ausgedrückt in der Höhe des Jahresumsatzes als Annäherung für die in einem Unternehmen zur Verfügung stehenden Ressourcen wie Humankapital und Finanzmittel) positive Auswirkungen auf die Zahl der umgesetzten Anpassungsmassnahmen haben. Die These, dass eine höhere Verletzlichkeit des Unternehmens (ausgedrückt in der Zahl der nicht schneesicheren Winter) mit einer höheren Zahl an umgesetzten Massnahmen einhergeht, konnte dagegen nicht verifiziert werden. Die verletzlichsten Unternehmen zeichnen sich vielmehr dadurch aus, dass sie kaum auf die Auswirkungen des Klimawandels reagieren. Als mögliche Erklärung kann die geringe Anpassungskapazität (z.B. fehlende Ressourcen) herangezogen werden (Hoffmann et al. 2009).

Verminderungsmassnahmen (Klimaschutz)

Allgemeines

Die Klimapolitik wird in erster Linie auf nationaler und internationaler Ebene festgelegt. Der Tourismus kann hier nur beschränkt Einfluss nehmen – potentielle Massnahmen wie eine höhere Besteuerung der fossilen Energieträger werden den Tourismus aber stark beeinflussen (Gössling 2010).

Im Folgenden beschränken wir uns auf die regionale Ebene. Auch aus regionaler Sicht gibt es gute Gründe, sich für einen aktiven Klimaschutz im Tourismus einzusetzen:

- Je geringer die klimatischen Veränderungen ausfallen werden, desto kleiner sind die zu erwartenden negativen Auswirkungen auf den alpinen Tourismus.
- Klimaschutz hat viel mit Energie zu tun. Wer verantwortungsvoller mit (fossiler) Energie umgeht, kann nicht nur CO₂ reduzieren, sondern auch Geld sparen.
- Es ist davon auszugehen, dass der politische und gesellschaftliche Druck, den vergleichsweise CO₂-intensiven Tourismus klimaverträglicher zu machen, steigt.
- Klimaverträglicher Tourismus bietet neue Positionierungsmöglichkeiten und schafft die Grundlage für eine langfristig nachhaltige Tourismusedwicklung.

Aus der Sicht des Klimaschutzes müssten die Destinationen ihre Strategien grundsätzlich überdenken. Klimaverträglicher Tourismus bedeutet in letzter Konsequenz eine klare Bevorzugung (Gössling 2010):

- der nahe gelegenen Quellmärkte,
- der wenig CO₂-intensiven Transportmittel,
- des Aufenthaltstourismus (Erhöhung der durchschnittlichen Aufenthaltsdauer),
- und von wenig CO₂-intensiven Produkten und Dienstleistungen.

Diese «Forderungen» können zwar leicht erhoben, aber nur sehr schwer umgesetzt werden, laufen doch alle gegenwärtigen Trends in die genau gegenteilige Richtung. Das ändert allerdings nichts an der Tatsache, dass man mit den Klimaschutzmassnahmen dort ansetzen sollte, wo am meisten Treibhausgase bzw. CO₂ entstehen – also bei den wichtigsten Emittenten: dem touristischen Verkehr (und dort vor allem bei der An- und Abreise der Gäste) und den Unterkünften (und dort vor allem bei der Raumwärme und dem Warmwasser).

Energiekosten und -effizienz

In vielen touristischen Unternehmen wird die Entwicklung der Energiekosten kritisch verfolgt. Zahlreiche Unternehmer gehen davon aus, dass sowohl die in ihrem Betrieb eingesetzte Energiemenge als auch die Kosten pro Energieeinheit steigen werden – mit dem Resultat, dass der Anteil der Energiekosten an den Betriebskosten (weiter) zunimmt. Mit Energiespar- und Energieeffizienzprogrammen kann auf diese «doppelte Herausforderung» reagiert werden.

In der Schweizer Hotellerie wird das durchschnittliche Einsparpotential mit einer guten Sanierung der Gebäudehülle und der Haustechnik sowie mit dem Einsatz von erneuerbaren Energieträgern, modernen Elektrogeräten und Leuchtmitteln auf rund 50 % geschätzt (Hotelleriesuisse, Bundesamt für Energie & Energie-Agentur der Wirtschaft 2010). Auch bei den Seilbahnen wird von einem Sparpotential von 15 % ausgegangen (Zegg et al. 2010).

In Davos hat man zum Beispiel herausgefunden, dass der CO₂-Ausstoss der Gemeinde allein durch eine Sanierung der Fassaden von Hotels und Kliniken (ohne Dächer und Fenster etc.) um 2,3 % verringert werden könnte (SLF 2006). Im Zusammenhang mit der Wärmeenergie muss auch auf die Problematik der Zweitwohnungen hingewiesen werden. Viele dieser Wohnungen werden schlecht genutzt, aber dennoch permanent beheizt. Auch hierzu ein Beispiel: Der jährliche Heizenergiebedarf der rund 3400 Zweitwohnungen im Goms/Wallis wird auf 30 GWh geschätzt. Die Hälfte fällt in

der nicht belegten Zeit an. Davon könnte ein Drittel eingespart werden, wenn die Wohnungen vermindert beheizt und die Warmwasserboiler ausgeschaltet würden (Ernst Basler + Partner 2009).

Erneuerbare Energien im alpinen Tourismus

Auch in Bezug auf die erneuerbaren Energien (Solar-, Wasser- und Windkraft, Biomasse, Erdwärme) werden die Möglichkeiten nicht ausgeschöpft. Viele Alpenregionen profitieren zum Beispiel von einer überdurchschnittlich hohen Sonneneinstrahlung. Diese Energie kann mit Sonnenkollektoren (Wärme für Heizung und Wasser) und Photovoltaik-Anlagen (Strom) genutzt werden. Damit lässt sich, wie verschiedene Beispiele aus der Hotellerie zeigen (z. B. Hotel Europa in Champfèr), nicht nur fossile Energie und CO₂, sondern auch viel Geld einsparen (Swissolar et al., ohne Jahr). Weitere Beispiele für den Einsatz von erneuerbaren Energien im alpinen Tourismus sind (Auswahl):

- der Solar-Skilift in Tenna
- das Plusenergie-Hotel auf Muottas Muragl
- die Wärmeenergie aus dem See für das Badrutt's Palace in St. Moritz
- die Photovoltaik-Anlagen der Corviglia-Bahn in St. Moritz
- das geplante Sonnenkraftwerk in St. Antönien
- die Doppelnutzung von Speicherseen zur Beschneidung und Stromgewinnung wie in Rauris (Österreich) praktiziert und in Elm (Glarus) geplant

Die im Zuge der angestrebten «Energiewende» geforderte Erhöhung der erneuerbaren Energieproduktion setzt geeignete Flächen voraus und wird auch in touristisch genutzten Räumen sehr kontrovers diskutiert, wie das Beispiel der Windparks zeigt (Abegg & Luthe 2013):

- Windräder sind auf weite Distanz sichtbar und stellen einen beträchtlichen Eingriff in das Landschaftsbild dar. Kritisiert werden neben den Auswirkungen auf die Zugvögel vor allem die Lärmemissionen und die «Verspargelung» der Landschaft.

- Als Erklärung für die negative Haltung gegenüber Windparks wird häufig die umstrittene NIMBY-These (Not In My BackYard) herangezogen: die Leute seien nicht prinzipiell gegen Windparks, wollten nur nicht, dass diese in ihrer unmittelbaren Umgebung gebaut würden.
- Die Einstellungen von Anwohnern, Touristikern und Gästen können sich beträchtlich unterscheiden. Die Touristen sind mehrheitlich positiv eingestellt: sie verbinden Windanlagen mit Modernität, Innovation und Umweltschutz, müssen die Veränderungen im Landschaftsbild aber auch nicht in ihrem eigenen «Backyard» hinnehmen.

Eine Befragung in den beiden österreichischen Skigebieten Salzstiegl und Lachtal (Frühwald 2009) zeigt die hohe Akzeptanz der dortigen Windkraftanlage. Die rund 100 Meter hohe Anlage wurde von 95 % der

befragten Skitouristen bewusst wahrgenommen. Über 90 % der Befragten haben eine gute bis sehr gute Meinung zur Anlage (über 60 % sehr gut). Nur 7,6 % fühlen sich durch die Anlage «belästigt». Auf den Einsatz von Windkraftanlagen generell angesprochen, befürworten knapp 80 % der Befragten einen solchen auch im alpinen Bereich.

Eine weitere Befragung wurde in den vier österreichischen Skigebieten Lech am Arlberg, Schladming, Zell am See und Silvretta Montafon durchgeführt (Pröbstl, Jiricka & Hindinger 2011). Auch hier sind die befragten Skitouristen erneuerbaren Energien gegenüber positiv eingestellt. Gewisse Anlagentypen (z.B. Windparks, Solarkraftanlagen auf der grünen Wiese und grosse Biogasanlagen) werden allerdings deutlich kritischer



Plusenergie-Hotel Muottas Muragl, © Engadin St. Moritz Mountains

bewertet wie andere (z. B. Solaranlagen auf bestehenden Gebäuden, Erdwärme – untiefe Geothermie und kleine Wasserkraftanlagen in Kombination mit Beschneigungsteichen). Im Gegensatz zur ersten werden in der zweiten Studie aber keine konkreten Anlagen untersucht, sondern lediglich allgemeine Einstellungen abgefragt.

Aus touristischer Sicht können erneuerbare Energieanlagen sowohl als Imagefaktor (Positionierungsmerkmal) als auch als «Produkt» definiert werden. Beispiele für einen erlebnisorientierten «Energietourismus» in der Schweiz sind der Energie-Erlebnispfad zwischen dem Mont-Soleil und dem Mont-Crosin, das Erlebnis Energie Entlebuch (www.erlebnisenergie.ch) oder die Wasserkraftanlagen auf der Grimsel und an der Grande Dixence.

Verkehr

Der Verkehr spielt eine Schlüsselrolle im Kampf gegen den Klimawandel. Aus touristischer Sicht müssen folgende Punkte hervorgehoben werden:

- Tourismus «ist» Verkehr.
- In den Alpen werden 84 % der Urlaubsreisen mit dem Pkw unternommen.
- Der touristische Verkehr, insbesondere die An- und Abreise, ist die mit Abstand wichtigste CO₂-Quelle im alpinen Tourismus.

Es wird davon ausgegangen, dass der Freizeit- und Ferienverkehr (Stichworte: mehr Kurzreisen und Tagesausflüge, wachsende Bedeutung des Flugverkehrs) und damit auch die CO₂-Emissionen im alpinen Tourismus weiter zunehmen werden.

In der Verkehrspolitik werden verschiedene Verminderungsmassnahmen diskutiert. Das Spektrum reicht von monetären Instrumenten zur Verteuerung des Kraftfahrzeug-Verkehrs über die Festlegung von technischen Standards und dem Ausbau alternativer Verkehrssysteme bis hin zum Mobilitätsmanagement und der Bewusstseinsbildung. Viele Massnahmen liegen ausserhalb des Einflussbereiches des Tourismus, werden aber – sollten sie tatsächlich umgesetzt werden – den Freizeit- und Reiseverkehr prägen. Andere können direkt im Tourismus umgesetzt werden. Es gibt mittlerweile eine ganze Reihe von Verminderungsmassnahmen im touristischen Verkehr. Interessante Beispiele finden sich auf www.alpsmobility.net und www.klimaaktiv.at (Stichwort Mobilität). Viel versprechend sind integrale Ansätze, welche sanfte Reise- und Ferienangebote kombinieren, also die gesamte Reise- bzw. Mobilitätskette einbeziehen. In diesem Zusammenhang müssen sowohl die Gemeinschaft autofreier Schweizer Tourismusorte (GaST – www.autofrei.ch) als auch die Alpinen Perlen (vgl. www.alpinepearls.com) und hier insbesondere Werfenweng (Österreich) genannt werden.

Es fehlt nicht an Konzepten für ein umweltfreundlicheres Reisen, genauso wenig wie an gut gemeinten Absichtserklärungen von Seiten der Reisenden. Tatsache ist aber, dass sich der Tourismus nach wie vor in eine andere Richtung entwickelt: Nicht weniger, sondern mehr Verkehr und CO₂-Emissionen sind Realität. Die zurzeit umgesetzten Massnahmen sind nicht mehr als der sprichwörtliche Tropfen auf den heissen Stein und werden aller Voraussicht nach nicht einmal ausreichen, um das Wachstum des Freizeit- und Tourismusverkehrs und die damit verbundenen CO₂-Emissionen aufzufangen.

6 Klimawandel und Nachfrage

Allgemeines

Über die potentiellen Auswirkungen des Klimawandels auf die touristische Nachfrage ist vergleichsweise wenig bekannt (Gössling et al. 2012). Vieles ist Spekulation und mit grossen Unsicherheiten behaftet. Ein paar allgemeine Aussagen lassen sich aber trotzdem machen:

- Touristen sind flexibel. Im Falle einer Veränderung der klimatischen Bedingungen können sie z.B. den Zeitpunkt ihrer Reise verschieben. Genauso gut können sie aber auch ihre Aktivitäten ändern oder sich eine neue Destination suchen.
- Reisemotivation und Destinationswahl werden von verschiedenen Faktoren bestimmt. Viele dieser Faktoren – nicht nur die klimatischen Bedingungen selbst, sondern auch die landschaftliche Attraktivität der Destinationen, die Sicherheitslage vor Ort und

die Höhe der Reisekosten – können direkt oder indirekt vom Klimawandel beeinflusst werden. Entsprechend gross ist der potentielle Einfluss des Klimawandels auf das Verhalten der Touristen.

- Wetter und Klima wirken als «Push- und Pullfaktoren» im Tourismus – es müssen also sowohl die klimatischen Bedingungen in den Quell- als auch in den Zielgebieten betrachtet werden. Untersuchungen aus Grossbritannien zeigen beispielsweise, dass das Buchungsverhalten der Briten mit den Niederschlägen korreliert: Bei einem schönen Frühling/Frühsummer bleiben sie eher im eigenen Land, bei einem verregneten Frühling/Frühsummer zieht es sie gegen Süden (Giles & Perry 1998, Agnew & Palutikof 2006).
- Globale Simulationsberechnungen kommen zum Schluss, dass sich die internationalen Reiseströme im Zuge des Klimawandels nach Norden (Nordhemisphäre) bzw. Süden (Südhemisphäre) verlagern. Die



Partnunsee St. Antönien, © Graubünden Ferien, Chur

gemässigten Regionen, die heute das Gros der internationalen Touristen stellen, würden doppelt profitieren, weil ihre eigenen Leute vermehrt zu Hause bzw. in ihren Nachbarländern Urlaub machen würden. Gleichzeitig könnten sie längerfristig mit mehr Gästen aus den wirtschaftlich aufstrebenden, klimatisch aber weniger begünstigten Schwellenländern rechnen (Hamilton et al. 2005, Hamilton & Tol 2007, Hein et al. 2009).

Alpiner Wintertourismus

In Bezug auf den alpinen Wintertourismus können zudem folgende Aussagen gemacht werden:

- Die Aussicht auf sichere Schneeverhältnisse zählt zu den wichtigsten Faktoren bei der Wahl einer Winterdestination.
- Gute Schneeverhältnisse haben – in Kombination mit gutem Wetter – einen positiven Einfluss auf die Zahl der verkauften Skilift-Tickets (Shih et al. 2009). In der Regel besteht eine positive Korrelation zwischen den Schneeverhältnissen und den Logiernächten (Falk 2010) – gute Schneeverhältnisse in tieferen Lagen können aber auch nachteilige Auswirkungen auf die hoch gelegenen Orte haben (Töglhofer et al. 2011). Die viel zitierte «Hinterhof-Hypothese» (Schnee im Unterland begünstigt die Nachfrage nach Skitourismus) ist also differenziert zu betrachten.
- In verschiedenen Ländern wurden Skitouristen gefragt, wie sie reagieren würden, wenn sie sich in Zukunft vermehrt mit schneearmen Wintern konfrontiert sähen (König 1998, Unbehau et al. 2008, Luthe 2009, Pickering et al. 2010). Die Befragung, die im Winter 1996/97 in der Zentralschweiz durchgeführt wurde, ergab folgendes Bild: 41 % der Befragten würden ihrem Skigebiet treu bleiben (ein Viertel davon würde aber weniger häufig Ski fahren); 49 % der Befragten würden in ein schneesichereres Skigebiet wechseln (fast die Hälfte würde aber auch hier

weniger häufig Ski fahren), und der Rest würde das Skifahren ganz aufgeben bzw. hat diese Frage nicht beantwortet (Bürki 2000).

- Bei der obigen Studie stellt sich natürlich die Frage, wie die befragten Touristen den Begriff «schneearmer Winter» interpretiert haben. Eine neuere Untersuchung aus den USA zeigt zudem, dass neben der Qualität der Schneeverhältnisse auch Faktoren wie das Alter, das skifahrerische Können, die Bedeutung des Skifahrens als Freizeitaktivität und die Bindung/Loyalität zu einem bestimmten Ort das zukünftige Verhalten der Skitouristen prägen werden (Dawson et al. 2011).
- Offen bleibt auch die Frage, welche Bedeutung der Klimawandel im Vergleich zu anderen Einflussfaktoren hat. Die Ergebnisse einer österreichischen Studie deuten beispielsweise daraufhin, dass die demographischen Veränderungen (Abnahme der Bevölkerungszahl und Überalterung der Gesellschaft im Quellmarkt Deutschland) in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts einen grösseren Einfluss auf die skitouristische Nachfrage haben könnten. Der Klimawandel dürfte erst in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts zum dominanten Faktor werden (Steiger 2012).

Alpiner Sommertourismus

In Bezug auf den alpinen Sommertourismus können zudem folgende Aussagen gemacht werden:

- Der «Jahrhundertsommer» 2003 hatte einen positiven Einfluss auf die Nachfrage: In der Schweiz ist die Zahl der Tagesausflüge gestiegen (OcCC/ProClim 2007), in Österreich wurden mehr Logiernächte gezählt (Fleischhacker & Formayer 2007). In beiden Ländern hat vor allem die Binnennachfrage positiv reagiert.
- In der Schweiz korrelieren die Temperaturen im Mittelland mit den Übernachtungen im Berggebiet: je höher die Temperaturen im Mittelland, desto mehr Logiernächte im Alpenraum (Serquet & Rebetz 2011).
- In einer Online-Befragung haben viele österreichische Badetouristen angegeben, dass sie sich nach einer Reihe von extrem warmen Sommern im Mittelmeer

durchaus vorstellen könnten, vermehrt im eigenen Land Ferien zu machen: 16 % würden klassische Bergferien in Betracht ziehen, und 28 % würden den Badeurlaub an einem heimischen See verbringen (Fleischhacker et al. 2009).

- Untersuchungen in den Rocky Mountains (Richardson & Loomis 2004, Scott & Jones 2005, Scott et al. 2007) zeigen sowohl einen positiven als auch einen negativen Effekt. Positiv ist die Verbesserung der klimatischen Voraussetzungen für den Tourismus (höhere Sommertemperaturen, weniger Niederschlag, längere Saison); negativ sind die klima-induzierten Umweltveränderungen (z. B. Gletscherschwund, Erhöhung der Waldbrandgefahr). Unter dem Strich soll die Nachfrage zuerst zu-, dann abnehmen.

Fazit: Bei aller Vorsicht, die bei den Aussagen zur zukünftigen Nachfrageentwicklung geboten ist, kann aus klimatischer Sicht von einer tendenziell positiven Entwicklung ausgegangen werden. Im Winter verfügt der Kanton mit einer vergleichsweise hohen Schneesicherheit über einen komparativen Vorteil. Im Sommer dürften vor allem der Tagesausflugs- und Kurzzeittourismus von den klimatischen Veränderungen (mehr Hitze im verstärkten Mittelland, vergleichsweise kühl in den Bergen) profitieren. Hier stünde man allerdings vor der Herausforderung, die An- und Abreise der Gäste klimafreundlicher zu gestalten. Ob es auch mehr Ferientourismus geben wird, womöglich gar von Leuten, die früher Badeurlaub machten, ist zwar denkbar, wird aber sicherlich nicht allein vom Klima entschieden.



Rheinschlucht, © Graubünden Ferien, Chur

Aktuelle und zukünftige Schneesicherheit der Bündner Skigebiete

Teil B

Bruno Abegg^{1,2,3}, Robert Steiger⁴, Roger Walser¹

¹HTW Chur

²Universität Innsbruck

³alpS – Centre for Climate Change Adaptation

⁴MCI Management Center Innsbruck

Chur/Innsbruck

April 2013



Bergbahnen Motta Naluns Scuol-Ftan-Sent AG, © Andrea Badrutt

1 Das Wichtigste in Kürze

- Zurzeit können alle untersuchten Bündner Skigebiete als schneesicher betrachtet werden.
- Im Verlaufe des 21. Jahrhunderts wird sich die natürliche Schneesicherheit (ohne Beschneigung) der Bündner Skigebiete deutlich verschlechtern, vor allem in den Weihnachts- und Neujahrsferien.
- Mit Beschneigung können die negativen Auswirkungen des Klimawandels auf die natürliche Schneesicherheit zu einem grossen Teil aufgefangen werden. In den meisten Bündner Skigebieten ist die technische Schneesicherheit auch in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts gegeben.
- Die technische Schneesicherheit kann allerdings nur gewährleistet werden, wenn deutlich mehr beschneit wird. Das bedeutet mehr Beschneigungsanlagen, höherer Ressourcenbedarf und höhere Kosten. Als kritisch gelten die Wasserverfügbarkeit und die Finanzierung.
- Die Bündner Skigebiete verfügen in Bezug auf die Schneesicherheit über einen komparativen Vorteil. In Graubünden wird die Zahl der technisch schneesicheren Skigebiete später und deutlich weniger stark zurückgehen wie beispielsweise in Tirol.
- Wie für den gesamten alpinen Wintertourismus gilt auch für Graubünden: Mit einer griffigen Klimapolitik (z. B. 2°C-Ziel) könnten die negativen Auswirkungen des Klimawandels auf den schnee-basierten Tourismus deutlich eingeschränkt werden.



2 Vorgehensweise

Schneemodell

Die aktuelle und zukünftige Schneesicherheit der Bündner Skigebiete wird mit dem Modell SkiSim 2.0 berechnet. SkiSim 2.0 besteht aus zwei Teilen: a) einem physikalischen Schneemodell, in dem der natürliche Schneedeckenaufbau und die Schneeschmelze berechnet werden; und b) einem Beschneiungsmodul, das die technische Schneeproduktion steuert.

Das Schneemodell basiert auf der vergleichsweise einfachen Gradtagmethode, d. h. die Schneeschmelze wird ausschliesslich über die mittlere tägliche Lufttemperatur berechnet. Dies bietet den Vorteil, dass die Datenanforderungen relativ gering sind und so eine grössere Anzahl an Klimastationen zur Verfügung steht. Für die Anwendung von SkiSim 2.0 werden tägliche Temperatur- (Minimum- und Maximumtemperaturen) und Niederschlagsdaten benötigt. Mit den gemessenen Schneedaten der Klimastationen (Schneehöhe oder Neuschnee) kann das Modell validiert werden.

Das Beschneiungsmodul, das die technische Schneeproduktion steuert, unterliegt folgenden Rahmenbedingungen:

- Lufttemperatur: -5°C
- Beschneikapazität: 10 cm pro Tag
- Beschneungszeitraum: 1. November–31. März

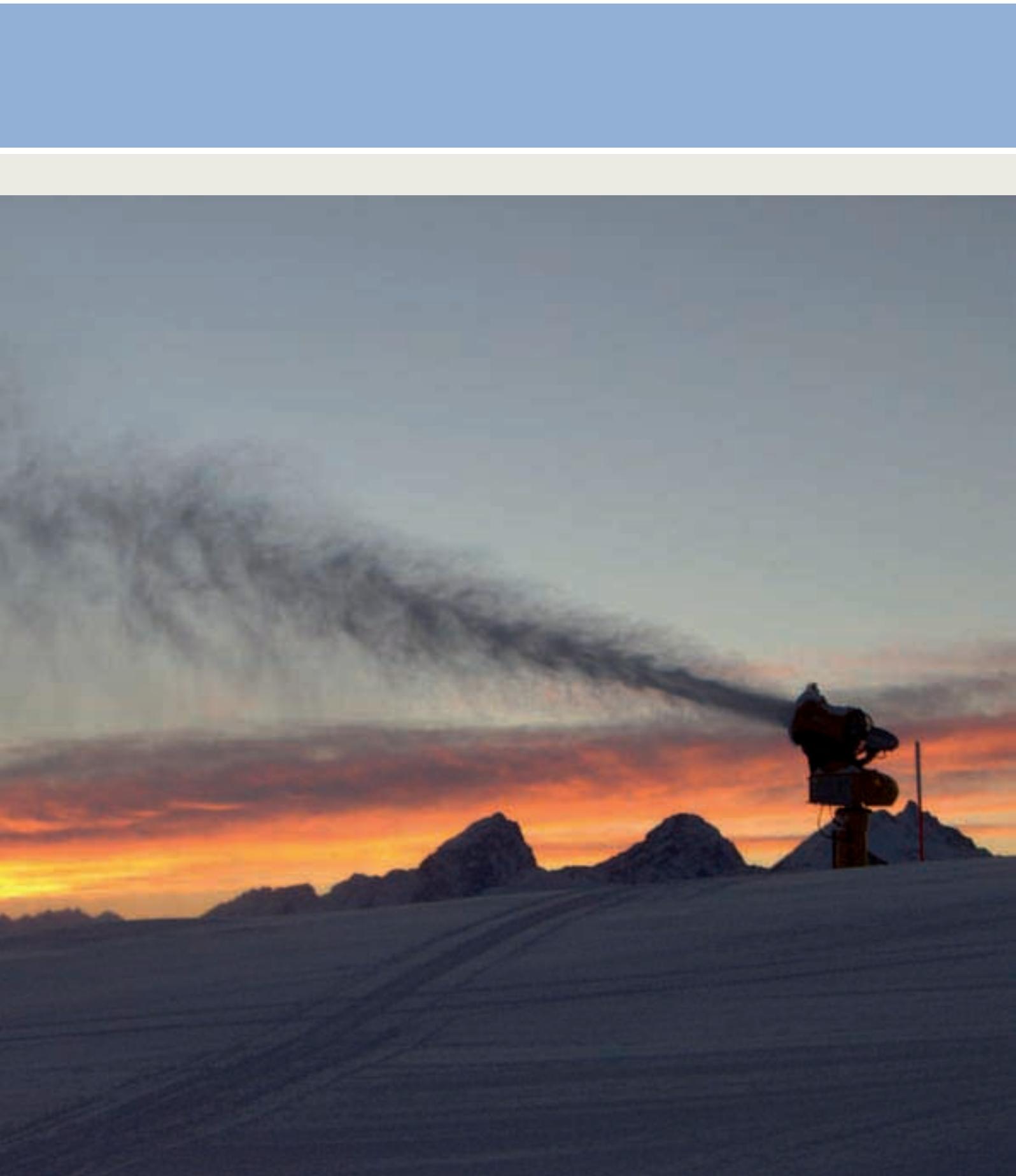
Das Beschneiungsmodul ist so eingestellt, dass der Skibetrieb vom 1. Dezember bis zum 10. April aufrechterhalten werden kann (90% der Winter). Anfangs Winter – ungeachtet der natürlichen Schneevorkommen – erfolgt die Grundbeschneigung; danach wird nur noch beschneit was nötig ist, um das obige Saisonziel (Betrieb bis 10. April) zu erreichen.

SkiSim wurde an der Universität von Waterloo (Kanada) entwickelt und sowohl in Kanada als auch in den USA eingesetzt (Scott et al. 2003, 2007, Dawson & Scott 2013). SkiSim 2.0 ist eine Weiterentwicklung (Universität Innsbruck), wurde bis dato in Österreich, Bayern und Südtirol eingesetzt (Steiger 2010, Steiger & Abegg 2013, Steiger & Stötter 2013), und findet nun erstmals in der Schweiz Anwendung.

Klimastationen

Für die benötigten Temperatur-, Niederschlags- und Schneedaten konnte auf das offizielle Messnetz von MeteoSchweiz zurückgegriffen werden. Eine Liste der verwendeten Klimastationen findet sich im Anhang. Die Zuordnung Klimastation – Skigebiet erfolgte – die regionalen Gegebenheiten berücksichtigend – nach dem Nachbarschaftsprinzip.

Da die Schnee- und Beschneungsverhältnisse auf mittlerer Skigebietshöhe (= Mittelwert zwischen dem höchsten und tiefsten Punkt des Skigebiets) modelliert werden, müssen die bei den Klimastationen gemessenen Niederschlags- und Temperaturwerte auf die entsprechenden Höhen der Skigebiete extrapoliert werden. Der verwendete Niederschlagsgradient entspricht mit $3\%/100\text{ m}$ einem mittleren Wert. Beim Temperaturgradienten wurde zwischen feuchten und trockenen Tagen unterschieden – dadurch können die recht häufig auftretenden Inversionswetterlagen berücksichtigt werden. Der mittlere monatliche Temperaturhöhengradient beträgt $0,39^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ (trockene Tage) bzw. $0,54^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ (feuchte Tage).



Schneeerzeuger Parsenn, © Davos Klosters Bergbahnen AG

Klimaszenarien

Für die vorliegende Analyse wurden die CH2011-Szenarien auf Stationsebene verwendet (CH2011, Fischer et al. 2012). Die CH2011-Szenarien basieren auf drei Emissionsszenarien: zwei Nicht-Interventions-Szenarien (A1B und A2) sowie einem Stabilisierungsszenario (RCP3PD) (vgl. auch Teil A, S. 13):

- A1B: Zunahme der Treibhausgas-Emissionen bis 2050, dann leichte Abnahme.
- A2: Stetige Zunahme der Treibhausgas-Emissionen bis 2100.
- RCP3PD: Emissionen werden bis 2050 um etwa 50 % gesenkt und bis Ende Jahrhundert auf die Werte um 1900 reduziert. Dieses Szenario beschränkt die globale Erwärmung gegenüber dem vorindustriellen Niveau auf 2 °C.

Für die Berechnung der lokalen Klimaszenarien wurden verschiedene Klimamodelle verwendet. Die Output-Daten dieser Klimamodelle können mit einem statistischen Verfahren («downscaling») auf Stationsebene transferiert werden. Auf Stationsebene, d. h. für die Messstationen aus dem Beobachtungsnetz von MeteoSchweiz, stehen folgende Angaben zur Verfügung: tägliche Daten zu den zukünftigen Temperatur- und Niederschlagsveränderungen für drei Zeitfenster (2020–2049, 2045–2074, 2070–2099), die drei oben erwähnten Emissionsszenarien und für die verschiedenen Klimamodelle. Letztere werden für die Schneesicherheits-Berechnungen aber nicht individuell, sondern nur gemittelt einbezogen.

Auswahl der Skigebiete und der Schneesicherheits-Indikatoren

Die Schneesicherheits-Analysen wurden für 34 Skigebiete durchgeführt (Liste im Anhang). Dabei ist folgendes zu beachten:

- Einzelanlagen (z. B. Dorfskilifte) und Kleinstskigebiete werden nicht berücksichtigt, weil diese über Strukturen verfügen, die sich mit den gewählten Indikatoren (v. a. 100-Tage Regel) nicht beurteilen lassen.
- In Orten mit mehreren Skigebieten werden räumlich klar getrennte Skigebiete (z. B. unterschiedliche Tal-seite) separat behandelt (z. B. Davos oder Engadin).

Es wurden zwei Schneesicherheits-Indikatoren verwendet: die 100-Tage Regel (Witmer 1986, Abegg 1996, Bürki 2000) und der Weihnachtsindikator (Scott et al. 2008). Die beiden Indikatoren werden wie folgt definiert (vgl. auch Teil A):

- 100-Tage Regel: Ein Skigebiet gilt als schneesicher, wenn in der Zeitspanne vom 1. Dezember bis zum 15. April an mindestens 100 Tagen ≥ 30 cm Schnee liegen.
- Weihnachtsindikator: Weihnachten/Neujahr sind schneesicher, wenn in der Zeitspanne vom 22. Dezember bis zum 4. Januar mindestens 30 cm Schnee liegen.

Es wird gemeinhin davon ausgegangen, dass die Skigebiete den einen oder anderen schlechteren Winter wegstecken bzw. schlechtere mit besseren Jahren kompensieren können. In diesem Sinne müssen die beiden Indikatoren nicht in jedem Jahr erfüllt sein (s. auch nächstes Kapitel).

3 Resultate

Bei der Interpretation der Abbildungen B1–B9 (folgende Seiten) ist folgendes zu beachten:

- Die Aussagen beziehen sich immer auf die mittlere Höhe der jeweiligen Skigebiete (vgl. Liste der Skigebiete im Anhang).
- In den Abbildungen B1, B3 und B5–B8 (oben) wird nur der Naturschnee berücksichtigt (natürliche Schneesicherheit)
- In den Abbildungen B2, B4 und B5–B8 (unten) wird auch die Beschneigung berücksichtigt (technische Schneesicherheit). Es wird also berechnet, ob die beiden Indikatoren (100-Tage Regel und Weihnachtsindikator) mit Hilfe der Beschneigung (gemäss den oben definierten Rahmenbedingungen: Lufttemperatur -5°C etc.) erfüllt werden können. Ob heute bereits beschneit wird (und wenn ja, wie viel), spielt dabei keine Rolle.

- In den Abbildungen B1–B4 werden verschiedene Schneesicherheits-Kategorien unterschieden (s. Legende): schneesicher in 9 bis 10 Jahren, 7 bis 8 Jahren und < 7 Jahren (aus jeweils 10 Jahren). Als schneesicher gilt, wer die Indikatoren in mindestens 7 von 10 Jahren erfüllt (vgl. auch Abb. B5–B8).



Jugendliche Skifahrer, © Bergbahnen Obersaxen-Mundaun

100-Tage Regel

Die wichtigsten Resultate können wie folgt zusammengefasst werden:

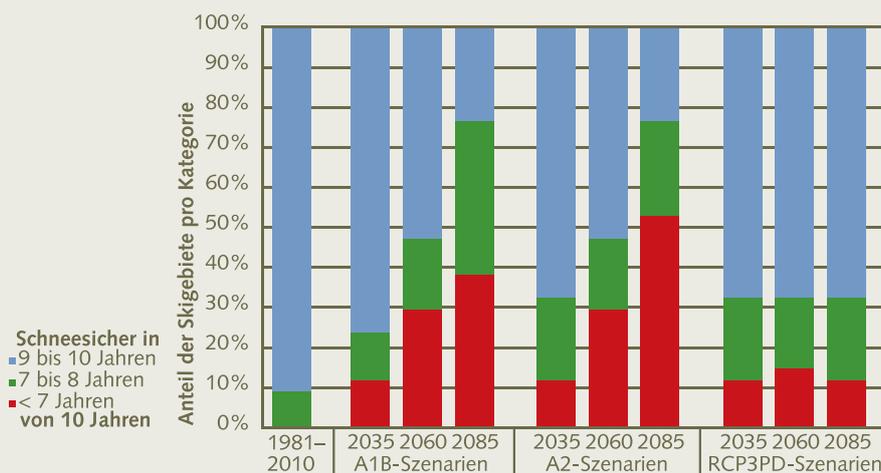
- In der Referenzperiode können alle Skigebiete als schneesicher (100-Tage in mindestens 7 von 10 Jahren erfüllt) bezeichnet werden.
- Ohne Beschneigung (natürliche Schneesicherheit) wird sich die Zahl der schneesicheren Skigebiete reduzieren (vgl. Abb. B1). Die geringsten Änderungen

zeigen sich im RCP3PD-Szenario (Stabilisierung nach 2035), die deutlichsten Änderungen sind im A2-Szenario zu erwarten (beinahe lineare Abnahme bis 2085 – weniger als die Hälfte der Skigebiete wären schneesicher).

- Mit Beschneigung (technische Schneesicherheit) kann die Schneesicherheit grösstenteils sichergestellt werden (vgl. Abb. B2). Deutliche Änderungen sind erst gegen Ende des Jahrhunderts (2085) zu erwarten: sechs (A1B) bzw. acht (A2) Skigebiete wären nicht mehr schneesicher.

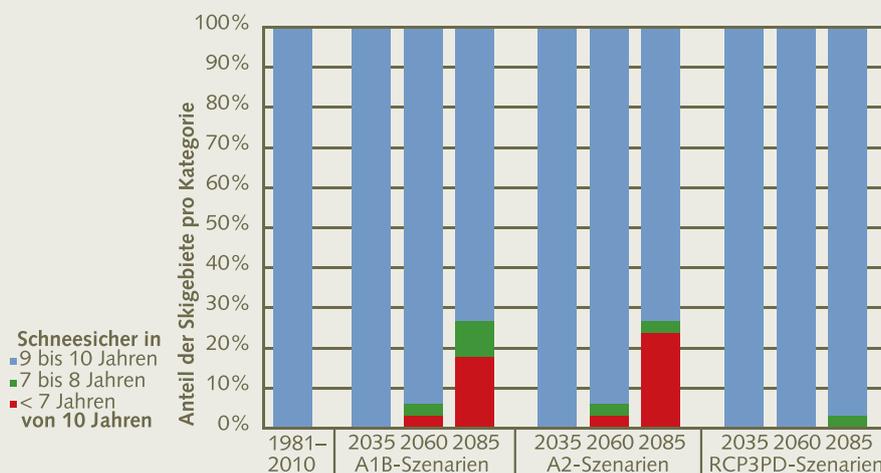
Schneesicherheit ohne Beschneigung

Abb. B1 (100-Tage Regel)



Schneesicherheit mit Beschneigung

Abb. B2 (100-Tage Regel)



Weihnachtsindikator

Die wichtigsten Resultate können wie folgt zusammengefasst werden:

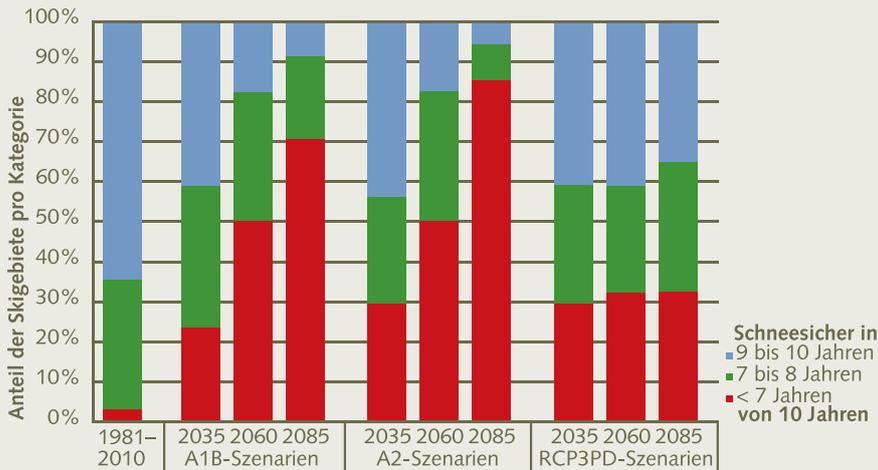
- In der Referenzperiode können fast alle Skigebiete als schneesicher (Weihnachtsindikator in 7 von 10 Jahren erfüllt) bezeichnet werden.
- Ohne Beschneigung (natürliche Schneesicherheit) nimmt die Schneesicherheit rapide ab (vgl. Abb. B3). 2035 wären gut 70% der Skigebiete schneesicher

(alle drei Szenarien), 2060 rund 50 % (A1B und A2) und 2085 nur noch 30 % (A1B) bzw. 15 % (A2).

- Mit Beschneigung (technische Schneesicherheit) kann die Zahl der schneesicheren Skigebiete deutlich erhöht werden (Abb. B4). 2085 wären aber auch mit Beschneigung 26 % (A1B) bzw. 44 % (A2) der Skigebiete nicht mehr schneesicher.

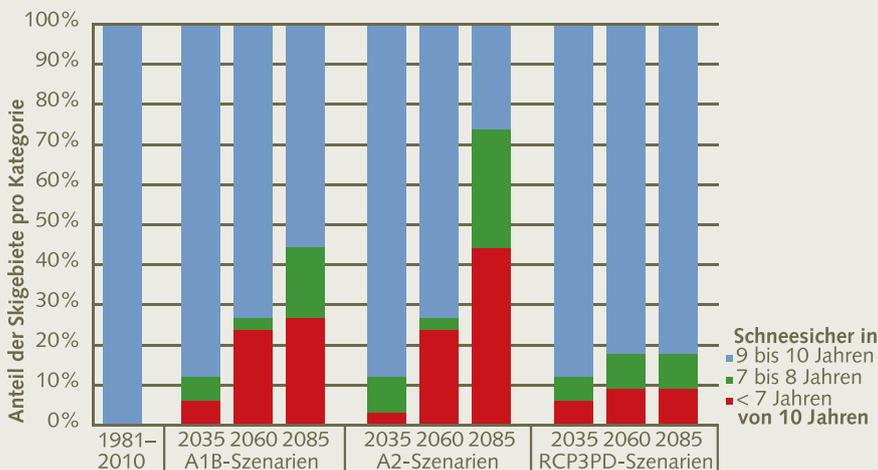
Schneesicherheit ohne Beschneigung

Abb. B3 (Weihnachtsindikator)



Schneesicherheit mit Beschneigung

Abb. B4 (Weihnachtsindikator)

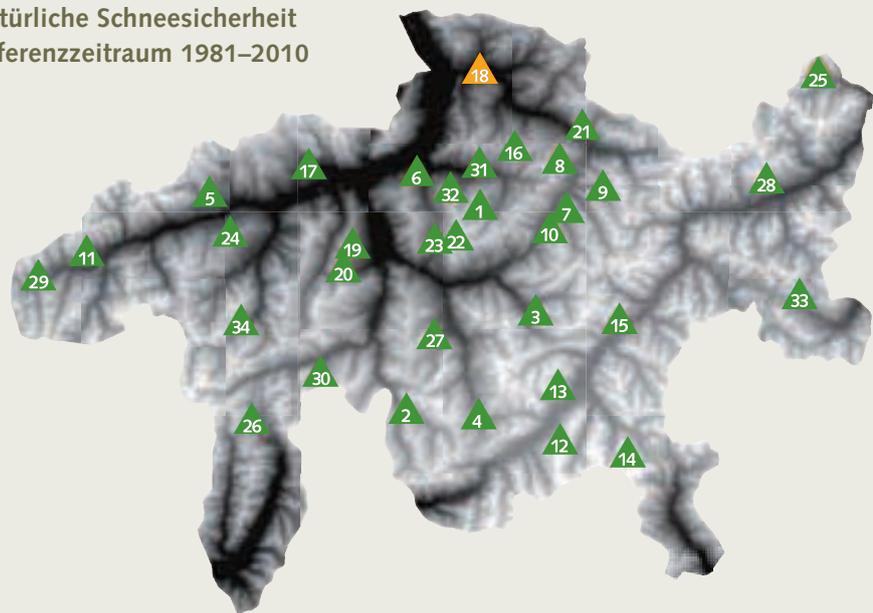


Kombination 100-Tage Regel/Weihnachtsindikator

In den Abb. B5–B8 werden die beiden Indikatoren kombiniert und räumlich dargestellt. Die natürliche (jeweils oben) und die technische (jeweils unten) Schneesicherheit werden sowohl für den Referenzzeitraum als auch für die drei Zeitfenster 2035, 2060 und 2085 (A2 Szenario) abgebildet.

Abb. B5: Natürliche (oben) und technische (unten) Schneesicherheit der Bündner Skigebiete heute. Indikatoren müssen in 7 von 10 Jahren erfüllt sein.

Natürliche Schneesicherheit Referenzzeitraum 1981–2010



Schneesicherheit mit Beschneigung Referenzzeitraum 1981–2010

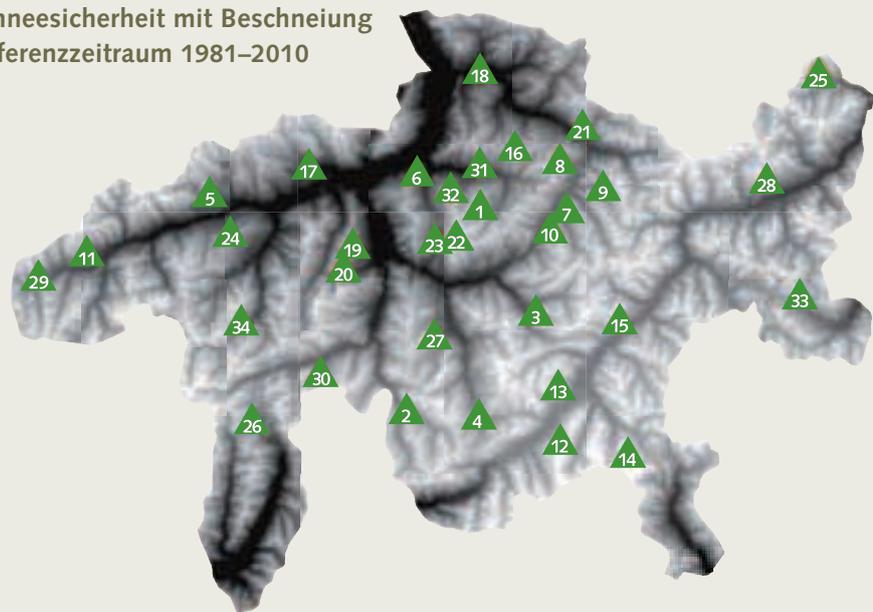
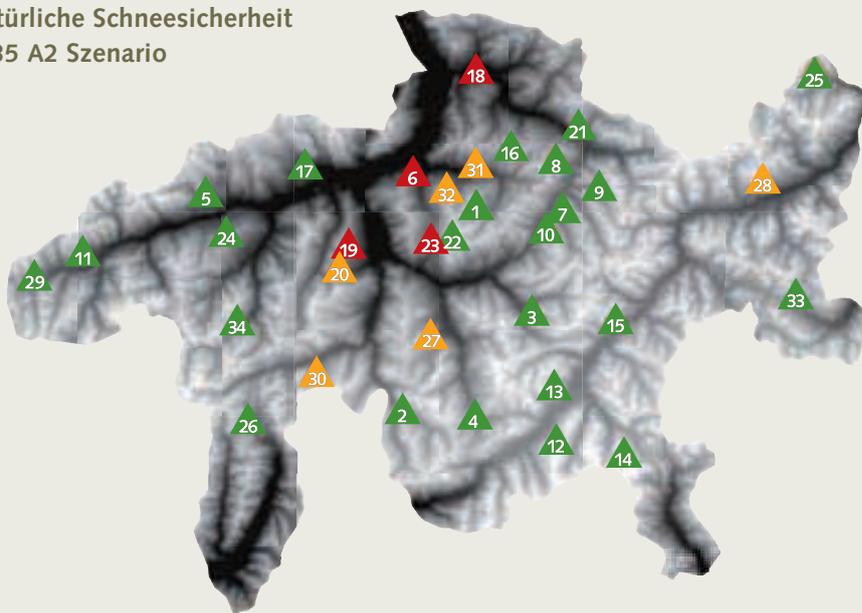


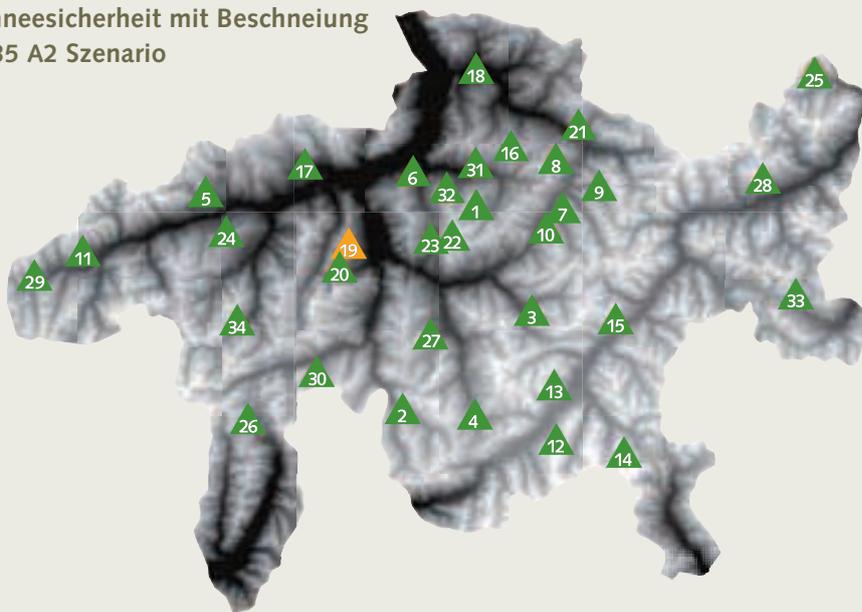
Abb. B6: Natürliche (oben) und technische (unten) Schneesicherheit der Bündner Skigebiete 2035 (A2 Szenario). Indikatoren müssen in 7 von 10 Jahren erfüllt sein.

**Natürliche Schneesicherheit
2035 A2 Szenario**



- 1 Arosa
- 2 Avers
- 3 Bergün
- 4 Bivio
- 5 Brigels, Waltensburg, Andiast
- 6 Chur-Brambrüesch
- 7 Davos-Jakobshorn
- 8 Davos-Parsenn/Gotschna
- 9 Davos-Pischa
- 10 Davos-Rinerhorn
- 11 Disentis
- 12 Engadin-Corvatsch/Furtschellas
- 13 Engadin-Corviglia
- 14 Engadin-Diavolezza/Lagalp
- 15 Engadin-Zuoz
- 16 Fideriser Heuberge
- 17 Flims Laax Falera
- 18 Grüşch-Danusa
- 19 Heinzenberg Sarn
- 20 Heinzenberg Tschappina
- 21 Klosters-Madrisa
- 22 Lenzerheide Ost
- 23 Lenzerheide West
- 24 Obersaxen, Mundaun, Val Lumnezia
- 25 Samnaun
- 26 San Bernardino
- 27 Savognin
- 28 Scuol
- 29 Sedrun
- 30 Splügen
- 31 St. Peter Hochwang
- 32 Tschierschen
- 33 Val Müstair (Minschuns)
- 34 Vals

**Schneesicherheit mit Beschneigung
2035 A2 Szenario**



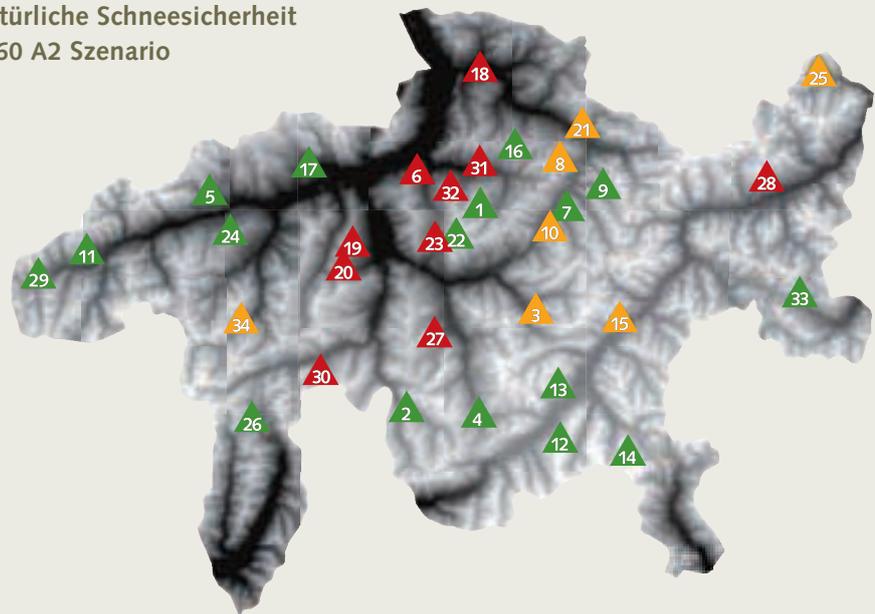
- Schneesicherheits-Regeln**
- ▲ Weihnachten und 100-Tage Regel erfüllt
 - ▲ Nur 100-Tage Regel erfüllt
 - ▲ Keine Regel erfüllt

0 5 10 20 30 40 Kilometer

Kartengrundlage: ASTER
Kartenbearbeitung: Steiger 2013

Abb. B7: Natürliche (oben) und technische (unten) Schneesicherheit der Bündner Skigebiete 2060 (A2 Szenario). Indikatoren müssen in 7 von 10 Jahren erfüllt sein.

Natürliche Schneesicherheit
2060 A2 Szenario



Schneesicherheit mit Beschneigung
2060 A2 Szenario

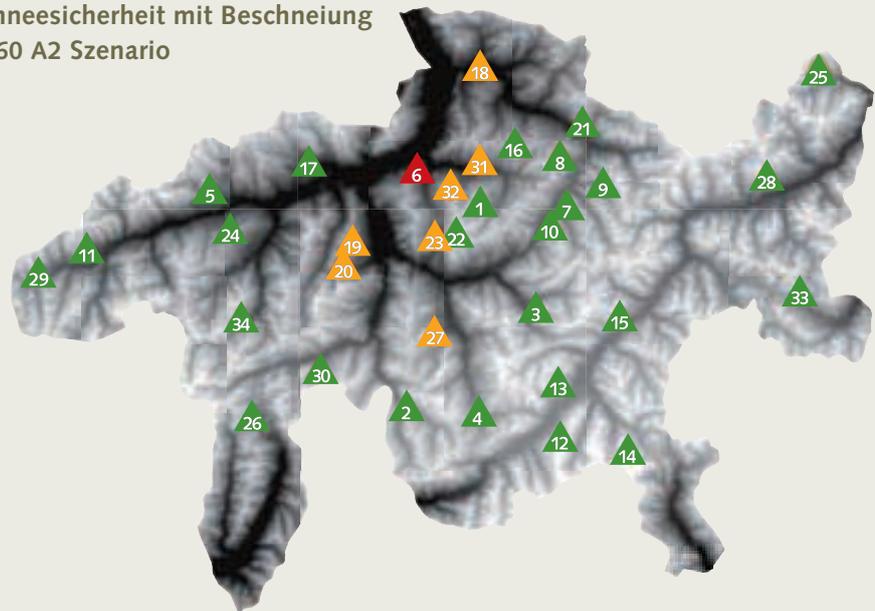
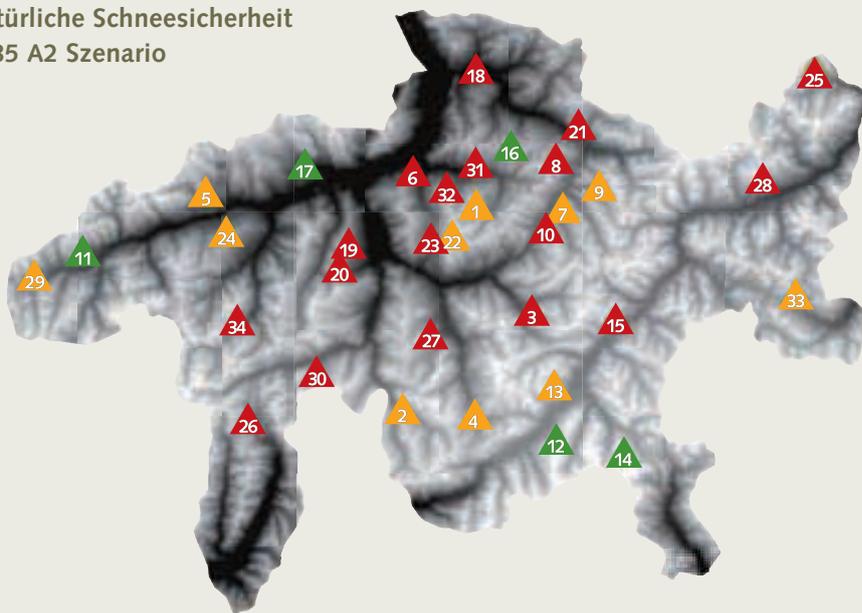
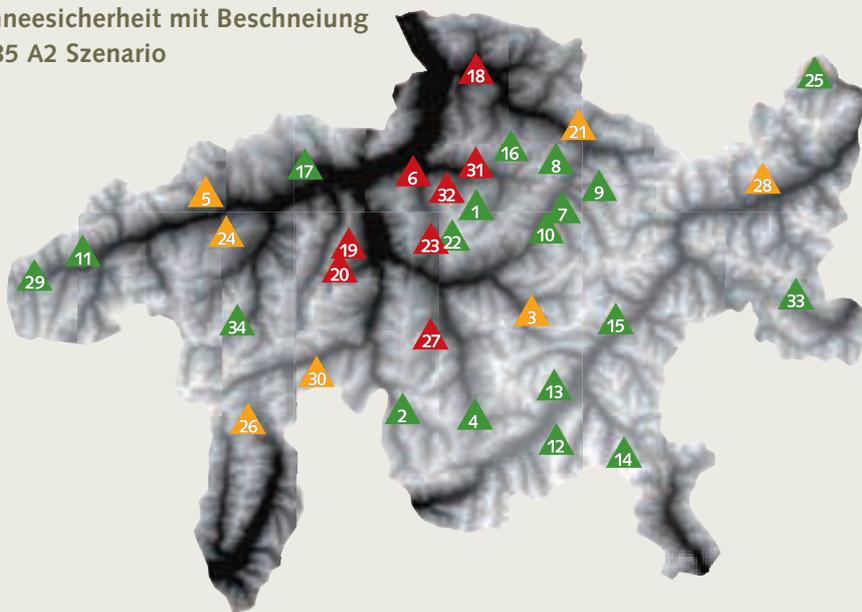


Abb. B8: Natürliche (oben) und technische (unten) Schneesicherheit der Bündner Skigebiete 2085 (A2 Szenario). Indikatoren müssen in 7 von 10 Jahren erfüllt sein.

**Natürliche Schneesicherheit
2085 A2 Szenario**



**Schneesicherheit mit Beschneigung
2085 A2 Szenario**



- 1 Arosa
- 2 Avers
- 3 Bergün
- 4 Bivio
- 5 Brigels, Waltensburg, Andiast
- 6 Chur-Brambrüesch
- 7 Davos-Jakobshorn
- 8 Davos-Parsenn/Gotschna
- 9 Davos-Pischa
- 10 Davos-Rinerhorn
- 11 Disentis
- 12 Engadin-Corvatsch/Furtschellas
- 13 Engadin-Corviglia
- 14 Engadin-Diavolezza/Lagalp
- 15 Engadin-Zuoz
- 16 Fideriser Heuberge
- 17 Flims Laax Falera
- 18 Grüsch-Danusa
- 19 Heinzenberg Sarn
- 20 Heinzenberg Tschappina
- 21 Klosters-Madrisa
- 22 Lenzerheide Ost
- 23 Lenzerheide West
- 24 Obersaxen, Mundaun, Val Lumnezia
- 25 Samnaun
- 26 San Bernardino
- 27 Savognin
- 28 Scuol
- 29 Sedrun
- 30 Splügen
- 31 St. Peter Hochwang
- 32 Tschierschen
- 33 Val Müstair (Minschuns)
- 34 Vals

- Schneesicherheits-Regeln**
- ▲ Weihnachten und 100-Tage Regel erfüllt
 - ▲ Nur 100-Tage Regel erfüllt
 - ▲ Keine Regel erfüllt

0 5 10 20 30 40 Kilometer

Kartengrundlage: ASTER
Kartenbearbeitung: Steiger 2013

Beschneungsaufwand

Die Schneesicherheits-Berechnungen zeigen, wie wichtig die technische Beschneigung ist. Um die technische Schneesicherheit gewährleisten zu können, muss in Zukunft deutlich mehr beschneit werden. Abb. B9 zeigt die Veränderung des Beschneigungsaufwands auf mittlerer Skigebietshöhe. In der Referenzperiode müssen die Bündner Skigebiete im Schnitt 22 cm beschneien.

Dieser Wert wird sich in Zukunft deutlich erhöhen (Ausnahme: RCP3PD-Szenario): auf 46 cm im A1B- bzw. auf 54 cm im A2 Szenario (2085). In Abb. B9 ist nicht nur der Mittelwert, sondern auch die Bandbreite des Beschneigungsaufwands dargestellt. Wenn man die Skigebiete mit dem höchsten Beschneigungsaufwand betrachtet, könnte sich der Beschneigungsaufwand verdrei- bzw. vervierfachen: von heute 39 cm auf 128 cm (A1B) bzw. 152 cm (A2) (2085).

Abb. B9: Veränderung des Beschneigungsaufwands auf mittlerer Skigebietshöhe (in cm).



4 Mögliche Grenzen der technischen Beschneigung

Wie die Analysen zeigen, könnte der Skibetrieb im Kanton Graubünden mit einem Ausbau der technischen Beschneigung über längere Zeit gesichert werden. Das Potential der Beschneigung ist also beträchtlich – im Zuge der fortschreitenden Erwärmung wird aber auch sie auf Grenzen stossen. Dabei geht es weniger um klimatisch-technische Grenzen als vielmehr um den zukünftigen Ressourcenverbrauch und die damit verbundenen Kosten. Hinzu kommt, dass ein weiterer Ausbau der technischen Beschneigung in der Öffentlichkeit kontrovers diskutiert werden dürfte.

Die potentiellen Einschränkungen, die bei einem massiven Ausbau der Beschneigung auftreten können, werden in der Literatur wiederholt aufgezählt, aber nur sehr selten wirklich thematisiert (vgl. Pickering und Buckley 2010, Rixen et al. 2011, Abegg 2012). Mit anderen Worten: Wir wissen ziemlich viel über das technische Potential der Beschneigung, aber nur sehr wenig über das «nachhaltig erschliessbare Potential» – hier verstanden als Schnittmenge zwischen dem ökonomischen, dem ökologischen und dem sozialen Potential (Akzeptanz). Im Folgenden werden die Bereiche Wasser, Energie, Ökologie und Ökonomie etwas eingehender diskutiert.

Wasserbedarf und Wasserverfügbarkeit

Der Wasserbedarf pro Einheit Schnee ist vom Standort, den Witterungsverhältnissen und der Art/Effizienz der eingesetzten Anlagen abhängig. In der Literatur wird häufig von folgenden Richtwerten ausgegangen:

– 1m³ technischer Schnee = 0,4–0,5 m³ Wasser
(400–500 Liter Wasser)

Für die Grundbeschneigung einer Hektare Piste (30 cm) benötigt man also 1200–1500 m³ Wasser (1,2–1,5 Mio. Liter Wasser) – und entsprechend mehr, falls nachbeschneit werden muss.

Der Wasserbedarf ist gross. In Davos macht er 21,5%, in Scuol gar 36,2% des jährlichen kommunalen Wasserverbrauchs aus. Vor diesem Hintergrund ist es nicht weiter verwunderlich, dass die Wasserversorgung eine grosse Herausforderung darstellt (vgl. Bieger et al. 2010). Zur wichtigen Frage, ob in Zukunft genügend Wasser vorhanden sein wird, um den zusätzlichen Bedarf zu decken, gibt es kaum verlässliche Informationen (Vanham et al. 2009). Folgende Entwicklungen scheinen plausibel: Je nach Region (abhängig vom Niederschlagsregime, der Topographie und der Geologie etc.) wird mehr oder weniger Wasser zur Verfügung stehen bzw. werden sich die Probleme, die mit der zusätzlichen Wasserentnahme für die Beschneigung einhergehen, mehr oder weniger stark akzentuieren. In wasserärmeren Gebieten ist davon auszugehen, dass

Tab. B1: Wasserbedarf für die technische Beschneigung in Scuol, Davos und in der Schweiz (in 1000 m³).

Quellen: nach ¹⁾Teich et al. 2007; ²⁾Seilbahnen Schweiz 2008

	Beschneite Fläche (ha)	Wasserbedarf gemäss Richtwerten (in 1000 m ³)	Wasserbedarf gemäss Skigebiete (in 1000 m ³)
Scuol (CH) ¹⁾	144	172,8–216	ca. 200 (2006)
Davos (CH) ¹⁾	301	361,2–451,5	ca. 600 (2006)
Schweiz ²⁾	7'260	8'712–10'890	ca. 18'000 (2007/08)

die Nachfrage das Angebot übersteigen könnte (vgl. Schädler 2009). Konflikte mit anderen Wassernutzern, steigende Wasserpreise und ökologische Probleme (z. B. Restwassermengen) wären vorprogrammiert. Bleibt noch die Frage, wie das Wasser auf die Pisten kommt. Um die Wasserversorgung sicher zu stellen, müssen zusätzliche Speicherseen gebaut werden. Ausserdem braucht es Leitungen, um diese Seen zu füllen bzw. um das Wasser von den Seen zu den Schneeerzeugern zu transportieren.

Energiebedarf

Wie beim Wasser gilt auch für den Strom: Der Verbrauch pro Einheit Schnee ist vom Standort, den Witterungsverhältnissen und der Art/Effizienz der eingesetzten Anlagen abhängig. Teich et al. (2007) gehen von folgenden Richtwerten aus:

– 1 m³ technischer Schnee = 1,5–9 kWh.

Für die Grundbeschneung einer Hektare Piste (30 cm) benötigt man also 5'000–27'000 kWh Strom.

Der Stromverbrauch für die Beschneung ist – in absoluten Werten – beträchtlich. In der Landschaft Davos werden ca. 3,4 GWh/Jahr benötigt – das sind

rund 2,5 % des jährlichen Stromverbrauchs der Gemeinde. Wenn man den Stromverbrauch für die Beschneung mit anderen (touristischen) Aktivitäten vergleicht, relativieren sich die Werte allerdings. Hierzu ein Beispiel: Im Jahr 2006 benötigten die Bergbahnen Motta Naluns rund 2,5 Mio. kWh Strom. Davon gingen 1,2 Mio. kWh auf das Konto der technischen Beschneung. In der gleichen Zeit benötigte das Bad Scuol rund 3 Mio. kWh (Teich et al. 2007).

Die elektrische Energie hat den grössten Anteil an den Gesamtenergiekosten der Schweizer Bergbahnen: im Schnitt rund zwei Drittel. 55 % des Strombedarfs gehen auf das Konto der Transportanlagen, 32 % werden für die technische Beschneung benötigt und der Rest für Restauration und Dienstleistungen (Zegg et al. 2010). Das sind Durchschnittswerte – je nach Struktur des Unternehmens können diese Werte stark variieren. Mit Blick in die Zukunft müssen folgende Aspekte beachtet werden:

- In einer wärmeren Zukunft wird nicht nur mehr, sondern vermutlich auch vermehrt unter schlechteren Bedingungen (= verringerte Effizienz) beschneit werden.
- Wenn mehr beschneit wird, muss auch mehr Wasser bereitgestellt werden. Es braucht also zusätzliche bzw. leistungsfähigere Pumpen. Wichtig ist, über welche



Beschneung Talabfahrt, © Bergbahnen Brigels AG

Distanzen das Wasser transportiert werden muss.
– Es könnten vermehrt neue Technologien (Kälte- und Kryotechnik) eingesetzt werden. Diese sind im Vergleich zu herkömmlichen Anlagen energieintensiver.

All dies deutet auf eine Erhöhung des Stromverbrauchs für die technische Beschneigung hin. Ein Teil davon wird sich mit Effizienzmassnahmen auffangen lassen. Da gibt es durchaus Potential, wie die Entwicklung von NESSy (Neues Energieeffizientes Schneilanzen System) zeigt. Gewisse Optimierungen lassen sich ohne, andere nur mit grösseren Investitionsfolgen realisieren (Lang 2009). Die effizienteste und gleichzeitig kostspieligste Optimierung wäre der Ersatz von bestehenden Beschneigungsanlagen durch neuere und energieeffizientere Modelle.

Ökologische Auswirkungen

Die ökologischen Auswirkungen der technischen Beschneigung werden seit vielen Jahren diskutiert. Die anfänglich sehr emotional geführten Diskussionen haben sich mittlerweile etwas versachlicht – nicht zuletzt, weil die in vergleichsweise grosser Zahl vorliegenden Studien ein komplexes und aber keineswegs nur negatives Bild zeichnen. Wir verzichten hier auf eine detaillierte Analyse und verweisen stattdessen auf die Literatur (z. B. Pröbstl 2006, Badré et al. 2009 und Rixen et al. 2011). Stellvertretend kommen Teich et al. (2007: 133) zum Schluss, «dass ökologische Argumente nicht grundsätzlich gegen den Einsatz von Kunstschnee sprechen, da es nicht nur negative, sondern auch positive Auswirkungen gibt. Entscheidend ist, dass jeder potentielle Eingriff rechtzeitig mit Naturschutzverbänden und -verwaltung abgesprochen werden sollte, um mögliche negative Einflüsse gering zu halten.» In diesem Zusammenhang ist auf die Wegleitung für Beschneigungsanlagen (Amt für Raumentwicklung Graubünden 2008) zu verweisen. Zusätzlich müssen folgende Aspekte bedacht werden:

– Mit dem Ausbau der Beschneigung geht häufig ein Ausbau der Pisten einher. Damit sind Landschaftseingriffe (z. B. Planien) verbunden. Sollte es tatsächlich

zu einer Intensivierung des Skibetriebs in höheren Lagen kommen, werden vermehrt Regionen tangiert, die aus ökologischer Sicht als besonders sensibel eingestuft werden müssen.

- Bei der Frage, ob in Zukunft vermehrt künstliche Nukleationskeime, z. B. Snomax, eingesetzt werden, gehen die Meinungen auseinander. Umstritten bleibt auch, ob diese Keime negative Auswirkungen auf die alpine Umwelt haben.
- Bau und Einsatz von Beschneigungsanlagen stehen im Widerstreit der Interessen. Es ist davon auszugehen, dass die Diskussionen um die bestehenden Regelungen in einer wärmeren Zukunft neu entfacht bzw. wieder intensiviert werden.

Ökonomische Auswirkungen

Die Kosten für die technische Beschneigung sind beträchtlich (vgl. Abegg et al. 2007). Lang (2009) geht beispielsweise von folgenden Eckdaten aus:

- Investitionskosten pro km beschneibare Piste: 750'000–1'000'000 CHF
- Betriebskosten pro km beschneite Piste: 20'000–100'000 CHF/Jahr

Die Investitionskosten sind in erster Linie von der Bodenbeschaffenheit abhängig, die Betriebskosten von der zu produzierenden Menge, den Witterungsverhältnissen, der Wasserverfügbarkeit und der Art/Effizienz der eingesetzten Anlagen.

In einer wärmeren Zukunft muss deutlich mehr Schnee produziert werden (vgl. Abb. B9), um die Schneesicherheit zu gewährleisten. Damit sind hohe Investitionen in zusätzliche Beschneigungsanlagen, in neue Technologien (effizientere, evtl. auch temperatur-unabhängige Anlagen) und in die Sicherstellung der Wasserversorgung (zusätzliche Speicherseen) verbunden.

Die Kosten für den Bau von Speicherseen werden von Lang (2009) wie folgt geschätzt:

- 1,5 bis 2,5 Mio. CHF für Speicherseen mit 30'000 bis 50'000 m³ Volumen
- 3,0 bis 3,5 Mio. CHF für einen Speichersee mit 80'000 m³ Volumen

Bei den Betriebskosten müssen die höheren Volumina und die damit verbundenen Energie- und Wasserkosten berücksichtigt werden. Die Kosten pro Einheit Wasser variieren – abhängig von den Zugriffsrechten – stark. Bei der Energie schlagen vor allem die Kosten für den Wassertransport und den «Gefrier-Prozess» zu Buche. Mit Betriebsoptimierungen und neuen Technologien können Effizienzgewinne erzielt werden. Unter dem Strich werden die Betriebskosten aber steigen: Nicht nur weil deutlich mehr Schnee produziert werden muss,

sondern auch weil die Kosten pro Energie- (steigende Strompreise) und Wassereinheit (zunehmende Knappheit) ansteigen dürften. Daraus lassen sich zwei kritische Fragen ableiten:

- Wer kommt für die Kosten der zusätzlichen Beschneigung auf?
- Lohnt sich der Ausbau der technischen Beschneigung überhaupt?

Bei der Frage nach der Finanzierung müssen die Ertragskraft der Seilbahnunternehmen, die Zahlungsbereitschaft der Skifahrer und alternative Finanzierungsmodelle berücksichtigt werden:

- Die Ertragskraft der Seilbahnunternehmen ist sehr unterschiedlich. Vor allem kleinere und mittlere Unternehmen werden Mühe haben, den Ausbau der technischen Beschneigung aus eigener Kraft zu finanzieren.



Skigebiet Flims Laax Falera, © Mario Matter

- Die höheren Kosten werden sich in höheren Liftpreisen niederschlagen. Hier stellt sich die Frage, ob die Skifahrer bereit sind, mehr für die Lifttickets zu bezahlen. Und wenn ja, wie viel?
- Es gibt verschiedene Bestrebungen in Richtung einer breiteren Verteilung der Kosten. Versuche, andere Anbieter (z.B. die Hotellerie) einzubinden, sind bis dato gescheitert. In vielen Regionen lässt sich aber ein wachsendes Engagement der öffentlichen Hand beobachten.

Bei der Frage, ob sich der Ausbau der technischen Beschneigung für ein Skigebiet lohnt, muss das Kosten-Nutzen-Verhältnis betrachtet werden. Auch hierzu gibt es kaum verlässliche Informationen. Die Erfahrungen aus den schneearmen Wintern deuten auf eine lohnende Investition hin. Mitunter treten aber auch bereits heute Witterungskonstellationen auf, die den wünschgemässen Einsatz der Beschneiungsanlagen verzögern bzw. verunmöglichen (vgl. Winter 2006/07). Konkrete Studien gibt es nur sehr wenige: Pütz et al. (2011) weisen am Beispiel von Davos einen positiven Wertschöpfungseffekt nach, und Gonseth (2008) untersuchte, wie sich die Beschneigung eines zusätzlichen Pistenkilometers auf die Erfolgsrechnung von 60 Schweizer Seilbahnunternehmen ausgewirkt hätte: in 70% der Fälle positiv, in 30% der Fälle negativ (40% wenn nur die tiefer gelegenen Skigebiete berücksichtigt werden).



5 Diskussion

Allgemeines

Die Bündner Skigebiete sind vergleichsweise schneesicher. Ohne Beschneigung wird die Zahl der schneesicheren Skigebiete deutlich zurückgehen – mit Hilfe der technischen Beschneigung können die negativen Auswirkungen der klimatischen Veränderungen auf die natürliche Schneesicherheit aber zu einem grossen Teil aufgefangen werden. Eine deutliche Verschlechterung der technischen Schneesicherheit ist erst in der zweiten Hälfte bzw. gegen Ende des Jahrhunderts zu erwarten.

Die beiden Indikatoren zeigen ein unterschiedliches Bild. Während die 100-Tage Regel vergleichsweise leicht erfüllt werden kann, reagiert der Weihnachtsindikator viel sensibler auf die zu erwartenden klimatischen Veränderungen. Damit bestätigt sich ein bekanntes Phänomen: Die Weihnachts-/Neujahrsperiode ist nicht nur heute weniger schneesicher; sie reagiert auch stärker auf die zukünftigen Veränderungen der klimatischen Rahmenbedingungen.

Aufgrund der gegenwärtigen Entwicklung der globalen CO₂-Emissionen und der schleppenden Klimaschutzverhandlungen muss zurzeit vom negativsten der drei erwähnten Emissionsszenarien (A2) ausgegangen werden. Wie die Resultate aus dem RCP3PD-Szenario



Speichersee Scharmoin, © Lenzerheide Bergbahnen AG

zeigen, wäre jedoch ein griffiger Klimaschutz im ureigensten Interesse der Skigebiete. Könnte die globale Erwärmung auf 2°C gegenüber vorindustrieller Zeit begrenzt werden, wären

- die negativen Auswirkungen auf die natürliche Schneesicherheit deutlich geringer, und müsste
- weniger beschneit werden, um die zukünftige technische Schneesicherheit gewährleisten zu können.

Das technische Potential der Beschneigung in Graubünden ist beträchtlich. Aber mit Technik allein ist es nicht getan – technisch ist vieles möglich, auch Beschneigung bei Plusgraden. Über die letztendlich wohl entscheidenden Punkte Wasserverfügbarkeit und Finanzierbarkeit wissen wir sehr wenig. Und was würde das Ausschöpfen der technischen Möglichkeiten für die Ski fahrenden Gäste bedeuten? Pütz et al. (2011) haben gezeigt, dass die Akzeptanz der Beschneigung gestiegen ist, aber die Frage, wie die Touristen auf eine längerfristige Verschlechterung der natürlichen Schneeverhältnisse (fehlender Schnee in den Herkunftsgebieten, fehlende Winteratmosphäre in den Wintersportdestinationen, längerer Anfahrtsweg in die schneesicheren Gebiete, höhere Liftpreise etc.) reagieren werden, bleibt offen.

Tab. B2: Technisch schneesichere Skigebiete in Graubünden und Tirol (in %).

Graubünden	
Referenzperiode	100 %
+1.21°C (A2 – 2035)	100 %
+2.48°C (A2 – 2060)	97 %
+4.03°C (A2 – 2085)	76 %

Vergleich Graubünden – Tirol

SkiSim 2.0 wurde in verschiedenen Ländern eingesetzt. Die Resultate lassen sich aber nur beschränkt miteinander vergleichen. Für die untenstehende Gegenüberstellung muss Folgendes beachtet werden:

- Das Schneemodell, die Beschneigungsparameter und der gewählte Indikator (hier: 100-Tage Regel) sind identisch.
- In Tirol wird von der alten Referenzperiode (1961–1990), in Graubünden von der neuen Referenzperiode (1981–2010) ausgegangen.
- In Tirol wurden hypothetische Erwärmungsszenarien (+1°C, +2°C etc.) gewählt, in Graubünden wurden lokale Klimaszenarien (Temperatur und Niederschlagsänderungen) verwendet.

Bei aller Vorsicht, die bei der Interpretation der Tabelle angebracht ist, kann davon ausgegangen werden, dass Graubünden über einen komparativen Vorteil verfügt, geht doch die Zahl der technisch schneesicheren Skigebiete später und deutlich weniger stark zurück wie in Tirol.

Tirol	
Referenzperiode	100 %
+1°C	94 %
+2°C	59 %
+4°C	25 %

6 Anhang

Liste der verwendeten Klimastationen (MeteoSchweiz)

Alvaneu-Dorf (1170 m)
Andermatt UR (1442 m)
Arosa (1840 m)
Bernina (2307 m)
Buffalora (1968 m)
Davos (1594 m)
Davos Weissfluhjoch (2690 m)

Elm GL (958 m)
Gütsch ob Andermatt UR (2287 m)
Hinterrhein (1611 m)
Piz Corvatsch (3305 m)
Samedan (1708 m)
San Bernardino (1638 m)
Schiers (651 m)
Scuol (1303 m)
Segl-Maria (1798 m)



Kopf einer Beschneigungslanze, © Bergbahnen Obersaxen AG

Liste der Skigebiete

Name	Tiefster Punkt	Höchster Punkt	Mittlere Höhe	Beschneigung 2012/13
Arosa	1740	2650	2195	X
Avers	1990	2560	2275	
Bergün	1370	2550	1960	X
Bivio	1770	2550	2160	X
Brigels, Waltensburg, Andiast	1100	2420	1760	X
Chur Brambrüesch	1170	2180	1675	
Davos Jakobshorn	1540	2570	2055	X
Davos Parsenn (inkl. Gotschna)	1190	2840	2015	X
Davos Pischa	1800	2480	2140	
Davos Rinerhorn	1470	2490	1980	X
Disentis	1240	2830	2035	
Engadin Corvatsch/Furtschellas	1800	3300	2550	X
Engadin Corviglia	1730	3060	2395	X
Engadin Diavolezza/Lagalp	2100	3010	2555	X
Engadin Zuoz	1750	2460	2105	X
Fideriser Heuberge	1970	2320	2145	
Flims Laax Falera	1100	3020	2060	X
Grüsch-Danusa	630	1780	1205	X
Heinzenberg Sarn	1300	2070	1685	X
Heinzenberg Tschappina	1550	2180	1865	X
Klosters Madrisa	1120	2600	1860	X
Lenzerheide West	1230	2430	1830	X
Lenzerheide Ost	1510	2870	2190	X
Obersaxen, Mundaun, Val Lumnezia	1200	2300	1750	X
Samnaun	1800	2740	2270	X
San Bernardino	1630	2530	2080	
Savognin	1180	2710	1945	X
Scuol	1290	2780	2035	X
Sedrun	1470	2350	1910	X
Splügen	1480	2220	1850	X
St. Peter Hochwang	1520	2280	1900	X
Tschierschen	1350	2400	1875	X
Val Müstair (Minschuns)	2000	2700	2350	X
Vals	1250	2940	2095	X

Literatur (Teil A und B)

- Abegg, B. & Froesch, R. (1994):** Climate change and winter tourism – impact on transport companies in the Swiss canton of Graubünden. In: Beniston, M. (Hrsg.): *Mountain Environments in Changing Climates*. Routledge: London/New York, 328–340.
- Abegg, B. (1996):** Klimaänderung und Tourismus – Klimafolgenforschung am Beispiel des Wintertourismus in den Schweizer Alpen. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich: Zürich.
- Abegg, B., Agrawala, S., Crick, F. & de Montfalcon, A. (2007):** Climate change impacts and adaptation in winter tourism. In: Agrawala, S. (Hrsg.): *Climate Change in the European Alps*. OECD-Publishing: Paris, 25–60.
- Abegg, B., Kolb, M., Sprengel, D. & Hoffmann, V.H. (2008):** Klimawandel aus der Sicht der Schweizer Seilbahnunternehmer. In: Bieger, T. et al. (Hrsg.): *Jahrbuch der Schweizerischen Tourismuswirtschaft 2008*. St. Gallen, 73–83.
- Abegg, B. (2011):** Herausforderung Klimawandel: Anpassungsstrategien der Seilbahnunternehmen. *tw Zeitschrift für Tourismuswissenschaft* 3(2): 195–201.
- Abegg, B. & Steiger, R. (2011):** Will Alpine summer tourism benefit from climate change? A review. In: Borsdorf, A. et al. (Hrsg.): *Managing Alpine Future II, Proceedings of the Innsbruck Conference Nov. 21–23 2011*, Wien, 268–277.
- Abegg, B. (2012):** Natürliche und technische Schneesicherheit in einer wärmeren Zukunft. In: Eidgenössische Forschungsanstalt WSL (Hrsg.): *Alpine Schnee- und Wasserressourcen gestern, heute und morgen*. Forum für Wissen 2012, Davos, 29–35.
- Abegg, B. & Luthe, T. (2013):** Neue Energie für den alpinen Tourismus. In: Bieger, T. et al. (Hrsg.): *Nachhaltigkeit im alpinen Tourismus*. Schweizer Jahrbuch für Tourismus 2012, Ernst Schmidt Verlag: Berlin, 1–11.
- Agnew, M. & Palutikof, J. (2006):** Impact of short-term climate variability in the UK on demand for domestic and international tourism. *Climate Research* 31: 109–120.
- Amelung, B. & Viner, D. (2006):** Mediterranean tourism: exploring the future with the tourism climatic index. *Journal of Sustainable Tourism* 14: 349–366.
- Amelung, B., Nicholls, S. & Viner, D. (2007):** Implications of global climate change for tourism flows and seasonality. *Journal of Travel Research* 45: 285–296.
- Amt für Natur und Umwelt Graubünden (Hrsg.) (2009):** Klima-Wandel: Klimawandel im Kanton Graubünden. Umwelt-Info 01/09, Chur.
- Amt für Raumentwicklung Graubünden (2008):** Wegleitung für Beschneiungsanlagen 2007. Überarbeitete Fassung vom 1. September 2008, Chur.
- Badré, M., Prime, J. & Ribiere, G. (2009):** Neige de Culture. Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, Paris.
- BAFU (Hrsg.) (2012):** Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz – Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder. Erster Teil der Strategie des Bundesrates vom 2. März 2012, Bern.
- BAFU (Hrsg.) (2012):** Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer. Synthesenbericht zum Projekt «Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz» (CCHydro), Umwelt-Wissen Nr. 1217, Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Bauder, A. & Funk-Salami, F. (2009):** Gletscher und Klimawandel in Graubünden. Faktenblatt 14, Amt für Wald Graubünden, Chur.
- Behm, M., Raffener, G. & Schöner, W. (2006):** Auswirkungen der Klima- und Gletscheränderung auf den Alpinismus. Umweltdachverband, Wien.
- Bieger, T., Riklin, T. & Baudenbacher, C. (2010):** 30 Jahre Beschneiung in der Schweiz – eine Bestandsaufnahme. In: Bieger, T. et al. (Hrsg.): *Trends, Instrumente und Strategien im alpinen Tourismus*. Schweizer Jahrbuch für Tourismus 2009, Erich Schmidt Verlag: Berlin, 135–149.
- Bürki, R. (2000):** Klimaänderung und Anpassungsprozesse im Wintertourismus. Publikation der Ostschweizerischen Geographischen Gesellschaft (Heft 6), St. Gallen.

CH2011 (2011): Swiss Climate Change Scenarios CH2011. Published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate and OcCC, Zürich.

Dawson, J., Scott, D. & McBoyle, G. (2009): Analogue analysis of climate change vulnerability in the US Northeast ski tourism. *Climate Research* 39: 1–9.

Dawson, J., Havitz, M. & Scott, D. (2011): Behavioral adaptation of alpine skiers to climate change: examining activity involvement and place loyalty. *Journal of Tourism & Travel Marketing* 28: 388–404.

Dawson, J. & Scott, D. (2013): Managing for climate change in the alpine ski sector. *Tourism Management* 35: 244–254.

Dietmann, T. & Kohler, U. (2005): Skipistenuntersuchung Bayern: Landschaftsökologische Untersuchung in den bayerischen Skigebieten. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.

Ernst Basler + Partner (2009): Das Goms auf dem Weg zur ersten Energieregion der Schweizer Alpen. Integriertes Energiekonzept für die ländliche Regionalentwicklung, Schlussbericht, Zürich.

Falk, M. (2010): A dynamic panel data analysis of snow depth and winter tourism. *Tourism Management* 31: 912–924.

Fischer, A. M., Weigel, A. P., Buser, C. M., Knutti, R., Künsch, H. R., Liniger, M. A., Schär, C. & Appenzeller, C. (2012): Climate change projections for Switzerland based on a Bayesian multi-model approach. *International Journal of Climatology* 32: 2348–2371.

Fleischhacker, V. & Formayer, H. (2007): Die Sensitivität des Sommertourismus in Österreich auf den Klimawandel. StartClim2006.D1, Wien.

Fleischhacker, V., Formayer, H., Seisser, O., Wolf-Eberl, S. & Kromp-Kolb, H. (2009): Auswirkungen des Klimawandels auf das künftige Reiseverhalten im österreichischen Tourismus. Am Beispiel einer repräsentativen Befragung der österreichischen Urlaubsreisenden. Forschungsbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, Familie und Jugend, Wien.

Frühwald, O. (2009): Windenergienutzung in Schigebieten. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 59/2009, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.

Giles, A. & Perry, A. (1998): The use of a temporal analogue to investigate the possible impact of projected global warming on the UK tourist industry. *Tourism Management* 19: 75–80.

Gonseth, C. (2008): Adapting Ski Area Operations to a Warmer Climate in the Swiss Alps through Snow-making Investments and Efficiency Improvements. Lausanne, EPFL (Dissertation).

Gössling, S. (2011): Carbon management in tourism: mitigating the impacts on climate change. Routledge: London/New York.

Gössling, S., Scott, D., Hall, C.M., Ceron, J.-P. & Dubois, G. (2012): Consumer behaviour and demand response of tourists to climate change. *Annals of Tourism Research* 39(1): 36–58.

Hamilton, J., Maddison, D. & Tol, R. (2005): Climate change and international tourism: a simulation study. *Global Environmental Change* 15: 253–266.

Hamilton, J. & Tol, R. (2007): The impact of climate change on tourism in Germany, the UK and Ireland: a simulation study. *Regional Environmental Change* 7: 161–172.

Hein, L., Metzger, M. & Moreno, A. (2009): Potential impacts of climate change on tourism; a case study for Spain. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 1: 170–178.

Hendrikx, J. & Hreinsson, E. (2012): The potential impact of climate change on seasonal snow in New Zealand: part II – industry vulnerability and future snowmaking potential, *Theoretical and Applied Climatology* 110(4): 619–630.

- Hoffmann, V. H., Sprengel, D., Ziegler, A., Kolb, M. & Abegg, B. (2009):** Determinants of corporate adaptation to climate change in winter tourism: an econometric analysis, *Global Environmental Change* 19: 256–264.
- Hotelleriesuisse, Bundesamt für Energie, Energie-Agentur der Wirtschaft (Hrsg.) (2010):** Energiemanagement in der Hotellerie. 3. Auflage, Bern (<http://www.hotelpower.ch>).
- Keller, F. & Wachler, C. (2008):** Klimawandel – Permafrost und Tourismus. In: Bieger, T. et al. (Hrsg.): *Jahrbuch der Schweizerischen Tourismuswirtschaft* 2008. St. Gallen, 51–63.
- 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. *Wirtschaftsgeographie und Raumplanung* Vol. 28, Universität Zürich, Zürich.
- Krajasits, C. & Schöner, W. (2008):** ALSO WIKI – Alpiner Sommertourismus in Österreich und mögliche Wirkungen des Klimawandels. *StartClim2007.F*, Wien.
- Lang, T. (2009):** Energetische Bedeutung der technischen Pistenbeschneigung und Potentiale für Energieoptimierungen. Bern, Bundesamt für Energie, verfügbar auf: www.bfe.admin.ch (Energie Schweiz – Unternehmen).
- Linsbauer, A., Paul, F. & Haeberli, W. (2012):** Grossräumige Modellierung von Schwund Szenarien für alle Schweizer Gletscher. Modellvergleich, Unsicherheiten und eine Analyse bezogen auf Grosseinzugsgebiete. Schlussbericht CCHydro, Ergebnisse vom Teilprojekt CCGLinCH, Zürich.
- Luthe, T. (2009):** Vulnerability to global change and sustainable adaptation of ski tourism. *Outdoor Sports and Environmental Science* Vol. 25, DSHS Köln, Köln.
- Matzarakis, A., Endler, C., Neumcke, R., Koch, E. & Rudel, E. (2007):** Auswirkungen des Klimawandels auf das klimatische Tourismuspotenzial. *StartClim2006.D2*, Wien.
- MeteoSchweiz (2012):** Klimabericht Kanton Graubünden 2012. Fachbericht der MeteoSchweiz Nr. 242, Zürich.
- MeteoSchweiz (2013):** Klimaszenarien Schweiz – eine regionale Übersicht. Fachbericht der Meteo Schweiz Nr. 243, Zürich.
- Müller, HR. & Weber, F. (2008):** Climate change and tourism – scenario analysis for the Bernese Oberland in 2030. *Tourism Review* 56(3): 57–71.
- Moreno, A. (2010):** Mediterranean tourism and climate (change): a survey-based study. *Tourism Planning & Development* 7: 253–265.
- OcCC (2008):** Das Klima ändert – was nun? Der neue UN-Klimabericht (IPCC 2007) und die wichtigsten Ergebnisse aus Sicht der Schweiz. OcCC – Organe consultatif sur les changements climatiques, Bern, 47 pp. ISBN: 978-3-907630-33-4)
- Olefs, M. & Fischer, A. (2008):** Comparative study of technical measures to reduce snow and ice ablation in Alpine glacier ski resorts. *Cold Regions Science and Technology* 52(3): 371–384.
- Perch-Nielsen, S., Sesartic, A. & Stucki, M. (2010):** The greenhouse gas intensity of the tourism sector: The case of Switzerland. *Environmental Science & Policy* 13: 131–140.
- Perry, A. (2006):** Will predicted climate change compromise the sustainability of Mediterranean tourism? *Journal of Sustainable Tourism* 14: 367–375.
- Pickering, C. & Buckley, R. (2010):** Climate Response by the Ski Industry: the Shortcomings of Snow-making for Australian Resorts. *AMBIO* 39: 430–438.
- Pickering, C. M., Castley, J. G. & Burt, M. (2010):** Skiing less often in a warmer world: attitudes of tourists to climate change in an Australian ski resort. *Geographical Research* 48(2): 137–147.
- Pickering, C. (2011):** Changes in demand for tourism with climate change: a case study of visitation patterns to six ski resorts in Australia. *Journal of Sustainable Tourism* 19(6): 767–781.
- Pröbstl, U. (2006):** Kunstschnee und Umwelt. Haupt-Verlag: Bern/Stuttgart/Wien.

- Pröbstl, U., Jiricka, A. & Hindinger, F. (2011):** Renewable energy in winter sports destinations – desired, ignored or rejected? In: Borsdorf, A. et al. (Hrsg.): *Managing Alpine Future II, Proceedings of the Innsbruck Conference Nov. 21–23 2011*, Wien, 309–318.
- Pütz, M., Gallati, D., Kytzia, S., Elsasser, H., Lardelli, C., Teich, M., Waltert, F. & Rixen, C. (2011):** Winter Tourism, Climate Change, and Snowmaking in the Swiss Alps: Tourists' Attitude and Regional Economic Impacts. *Mountain Research and Development* 31(4): 357–362.
- Richardson, R. & Loomis, J. (2004):** Adaptive recreation planning and climate change: a contingent visitation approach. *Ecological Economics* 50: 83–99.
- Rixen, C., Teich, M., Lardelli, C., Gallati, D., Pohl, M., Pütz, M. & Bebi, P. (2011):** Winter Tourism and Climate Change in the Alps: an Assessment of Resource Consumption, Snow Reliability, and Future Snowmaking Potential. *Mountain Research and Development* 31(3): 229–236.
- Rutty, M. & Scott D. (2010):** Will the Mediterranean be “too hot” for tourism? A reassessment. *Tourism Planning & Development* 7: 267–281.
- Schädler, B. (2009):** Umgang mit Unsicherheiten und sich abzeichnenden Konflikten – Beispiel Wassernutzung. Bern, OcCC-Symposium: Anpassung an den Klimawandel (Vortragsmanuskript).
- Schär, C., Vidale, P.L., Lüthi, D., Frei, C., Häberli, C., Liniger, M.A. & Appenzeller, C. (2004):** The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature* 427: 332–336.
- Schweiz Tourismus (Hrsg.) (2008):** 2030: Der Schweizer Tourismus im Klimawandel. Zürich.
- Schweiz Tourismus (Hrsg.) (2010):** Re-inventing Swiss summer. Zürich.
- Scott, D., McBoyle, G. & Mills, B. (2003):** Climate change and the skiing industry in Southern Ontario (Canada): Exploring the importance of snowmaking as a technical Adaptation. *Climate Research* 23: 171–181.
- Scott, D. & Jones, B. (2005):** Climate change & Banff National Park: Implications for tourism and recreation. Report prepared for the Town of Banff, Waterloo.
- Scott, D., Jones, B. & Konopek, J. (2007):** Implications of climate and environmental change for nature-based tourism in the Canadian Rocky Mountains: a case study of Waterton Lakes National Park. *Tourism Management* 28: 570–579.
- Scott, D., McBoyle, G. Minogue, A. (2007):** Climate change and Quebec's ski industry. *Global Environmental Change* 17: 181–190.
- Scott, D., Dawson, J. & Jones, B. (2008):** Climate change vulnerability of the US Northeast winter recreation–tourism sector. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 13: 577–596.
- Scott, D., Gössling, S. & de Freitas, C.R. (2008):** Preferred climates for tourism: case studies from Canada, New Zealand and Sweden. *Climate Research* 38: 61–73.
- Scott, D. & McBoyle, G. (2008):** Climate change adaptation in the ski industry. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12: 1411–1431.
- Scott, D., Gössling, S. & Hall, C.M. (2012):** International tourism and climate change. *WIREs Clim Change* 2012(3): 213–232. doi: 10.1002/wcc.165.
- Seilbahnen Schweiz (2008):** Fakten und Zahlen 2008. Bern.
- Serquet, G. & Rebetez, M. (2011):** Relationship between tourism demand in the Swiss Alps and hot summer air temperatures associated with climate change. *Climatic Change DOI* 10.1007/s10584-010-0012-6.
- Sesartic, A. & Stucki, M. (2007):** How climate efficient is tourism in Switzerland? Diploma Thesis, Department of Environmental Sciences ETH Zürich, Zürich.
- Shih, C., Nicholls, S. & Holecek, D.F. (2009):** Impact of weather on downhill ski lift ticket-sales. *Journal of Travel Research* 47(3): 359–372.
- SLF (2006):** Bilanzierung und Reduktion der CO₂-Emissionen in der Landschaft Davos – eine Machbarkeitsstudie zum Klimaschutz. Davos.

- Staatssekretariat für Wirtschaft SECO (Hrsg.) (2011):** Der Schweizer Tourismus im Klimawandel – Auswirkungen und Anpassungsoptionen. Bern.
- Steiger, R. & Mayer, M. (2008):** Snowmaking and climate change: future options for snow production in Tyrolean ski resorts. *Mountain Research and Development* 28(¾): 292–298.
- Steiger, R. (2010):** The impact of climate change on ski season length and snowmaking requirements in Tyrol, Austria. *Climate Research* 43: 251–262.
- Steiger, R. (2011):** The impact of snow scarcity on ski tourism – an analysis of the record warm season 2006/07 in Tyrol (Austria), *Tourism Review*. 66(3): 4–13.
- Steiger, R. & Trawöger, L. (2011):** Klimawandel und Wintertourismus – Ein Vulnerabilitätsprofil für die Region Tirol. *tw Zeitschrift für Tourismuswissenschaft* 3(2): 151–164.
- Steiger, R. (2012):** Scenarios for skiing tourism in Austria: integrating demographics with an analysis of climate change. *Journal of Sustainable Tourism* 20: 867–882.
- Steiger, R. & Abegg, B. (2013):** The sensitivity of Austrian ski areas to climate change. *Tourism Planning & Development*. DOI: 10.1080/21568316.2013.804431
- Steiger, R. & Stötter, J. (2013):** Climate change impact assessment of ski tourism in Tyrol. *Tourism Geographies* DOI:10.1080/14616688.2012.762539.
- Swissolar, Bundesamt für Umwelt & Hotelleriesuisse (Hrsg.) (ohne Jahr):** Solarenergie in Hotels – Energie solaire dans les hôtels. Zürich.
- Teich, M., Lardelli, C., Bebi, P., Gallati, D., Kytzia, S., Pohl, M., Pütz, M. & Rixen, C. (2007):** Klimawandel und Wintertourismus: Ökonomische und ökologische Auswirkungen von technischer Beschneidung. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL.
- Töglhofer, C., Eigner, F. & Prettenthaler, F. (2011):** Climatic and economic impacts on tourism demand in Austrian ski areas. *Climate Research* 46(1): 1–14.
- Unbehaun, W., Pröbstl, U. & Haider, W. (2008):** Trends in winter sport tourism: Challenges for the future. *Tourism Review* 63(1): 36–47.
- Vanham, D., Fleischhacker E. & Rauch, W. (2009):** Impact of snowmaking on alpine water resources management under present and climate change conditions. *Water Science & Technology* 59: 1793–1801.
- Wipf, S., Rixen, C., Fischer, M., Schmid, B. & Stoeckli, V. (2005):** Effects of ski piste preparation on Alpine vegetation. *Journal of Applied Ecology* 42: 306–316.
- Witmer, U. (1986):** Erfassung, Bearbeitung und Kartierung von Schneedaten in der Schweiz. Bern, Geographica Bernensia (G25).
- Wolfsegger, C., Gösling, S. & Scott, D. (2008):** Climate change risk appraisal in the Austrian ski industry. *Tourism Review International* 12(1): 13–23.
- Zegg, R., Küng, T. & Grossrieder, R. (2010):** Energiemanagement Bergbahnen. SBS Schriften 05_d, Bern/Chur.

Impressum

Herausgeber:

Teil A

Klimawandel und Tourismus – Grundlagen

Amt für Wirtschaft und Tourismus

Qualitätsprogramm Graubünden

Grabenstrasse 1, 7000 Chur

tourismus@awt.gr.ch

www.qualitaet-gr.ch

Teil B

Aktuelle und zukünftige Schneesicherheit
der Bündner Skigebiete

Bergbahnen Graubünden

Geschäftsstelle

Postfach 17, CH-7083 Lantsch/Lenz

info@bergbahnen-graubuenden.ch

www.bbgr.ch

Titelbild: Morteratschgletscher,

©swiss-image.ch/Christof Sonderegger

Grafik: Patrizia Zanola, Zürich

Druck: Südostschweiz Presse und Print AG

Auflage: 1000

Chur, Lantsch/Lenz, Juli 2013



