

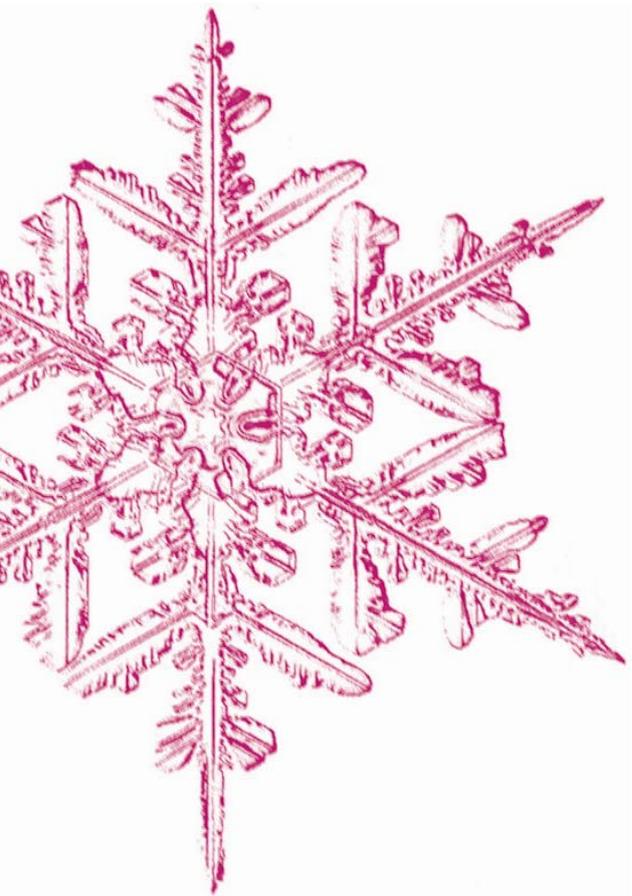
Kurzfassung: Klimasensibilität des Salzburger Wintertourismus nach Bezirken

Die Bedeutung eines
Klimawandels und Strategien
der Anpassung

Meinhard Breiling, Pavel Charamza und
Wolfgang Feilmayr

Langfassung auf Anfrage!

Resultate sind für Wissenschaft und Bildung frei verfügbar! Jede kommerzielle
Verwendung der Resultate durch Dritte ist untersagt und strafbar.



Klimaänderung und Wintertourismus in Österreich und Salzburg

Der Salzburger Wintertourismus wird durch den Klimawandel herausgefordert. Dies nicht erst seit dem warmen Winterhalbjahr 2006/07, sondern seit rund einem Viertel Jahrhundert. Die ökonomische Stellung des Wintertourismus ist durch die Bedrohung nicht abgebrochen, sondern im Gegenteil noch bedeutender geworden. Doch der Mensch muß dort nachhelfen, wo die Natur den Bedürfnissen der Industrie nicht nachkommen kann. Bis ca. 1985 wurden die heutigen Strukturen des Wintertourismus geschaffen, danach wurde angepaßt, konzentriert und verdichtet. Ohne entsprechende Anstrengungen würde die Stellung des Wintertourismus schnell zusammen brechen. Wie lange sich durch Anpassung ein Skitourismus vom heutigen Ausmaß aufrechterhalten läßt, bleibt fraglich und die hier durchgeführten Analysen sollen helfen, eine Antwort zu finden.

Welche Beziehung besteht zwischen Wintertourismus und Klimaänderung? Auf viele Jahre waren die Verantwortlichen im Wintertourismus speziell in Österreich darauf bedacht, diesen Bezug klein zu spielen. Es war dem Image als dem weltweit wichtigsten Wintertourismusland nicht dienlich, die Begriffe Wintertourismus und Klimaänderung in einem Satz zu nennen. Zu wichtig ist der wirtschaftliche Faktor des Wintertourismus. Selbst die Klimaforscher waren sich bis 2007 vor dem 4. IPCC Bericht und 2007 nicht „sicher“, daß eine Klimaänderung stattfindet.

Wie bei kaum einen anderen Wirtschaftszweig besteht ein direkter Zusammenhang Wintertourismus und Schnee. Ohne Schnee gibt es keinen alpinen Wintertourismus. Die regelmäßige Wiederkehr einer temporären Schneedecke ermöglicht den Skisport mit allen Subvarianten. Motor der Entwicklung war ein allgemeiner Wohlstand in Österreich und Europa mit dem Trend zu zwei Ferienreisen. Schnee war vor einigen Jahrzehnten gratis, während er heute mehrere Euros je m³ kosten kann. Skisport und Wintertourismus sind in der Folge wesentlich teurer geworden.

Eine Studie zur „Klimasensibilität österreichischer Bezirke mit besonderer Berücksichtigung des Winterfremdenverkehrs“ betrachtet ganz Österreich und entstand vor dem Hintergrund der Kioto Verhandlungen (Breiling et al. 1997). Der hier vorliegende Bericht zeigt die Entwicklung seit 1997 für das Bundesland Salzburg. Salzburg nimmt hinter Tirol die zweite Stelle der österreichischen Bundesländer in Bezug auf die wirtschaftliche Bedeutung des Wintertourismus ein. Durch den Wintertourismus werden 9% des Salzburger BIP direkt eingespielt. Der Wintertourismus von Salzburg ist mehr als doppelt so bedeutend wie im gesamtösterreichischen Durchschnitt. Durch den Multiplikatoreffekt ist die Wertschöpfung des Wintertourismus in Abhängigkeit vom ökonomischen Rechenmodell sogar noch größer.

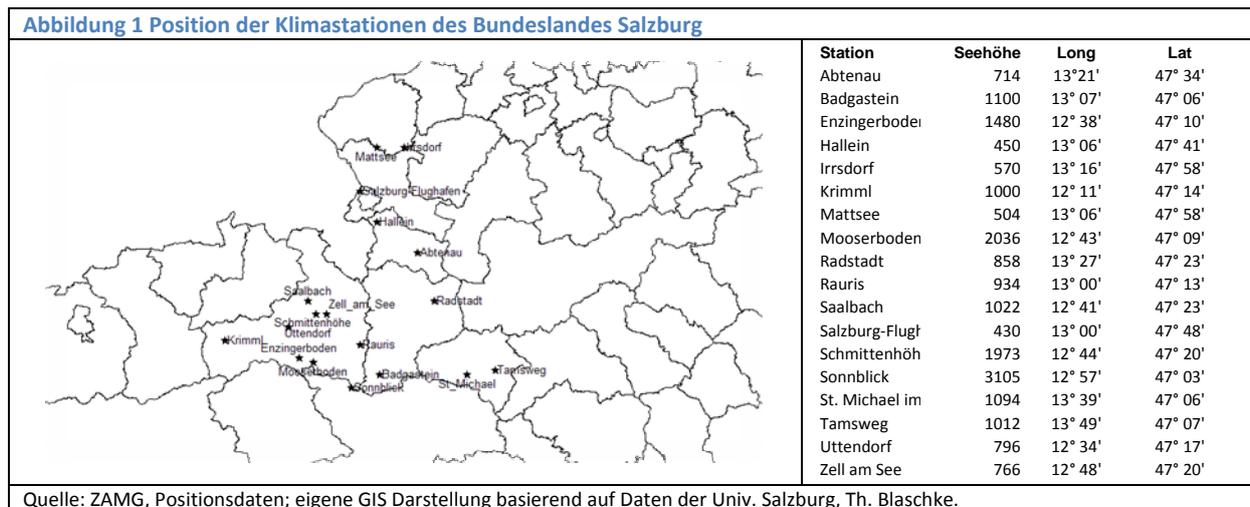
Der Salzburger Wintertourismus ist gleichzeitig Opfer und Promotor der Klimaänderung. Opfer deshalb, weil durch die Erwärmung große Kosten der Anpassung an ein wärmeres Klima entstehen bei gleichzeitigen Einnahmeverlusten. Promoter wegen der Rolle als Emittent von zusätzlichen Treibhausgasen durch Anpassung an eine wärmere Umwelt. Eine weitere Anpassung scheint umweltpolitisch nur unter Beibehaltung bzw. Senkung des derzeitigen Niveaus an CO₂ Emissionen vertretbar. Die Beschneigungstechnik ist verbesserungsbedürftig und kann in vielfacher Weise optimiert werden. Notwendige Ökobilanzen, die ein solches Vorgehen überprüfbar machen, sind noch ausständig.

Die vorliegende Kurzfassung gibt auszugsweise die Ergebnisse der Studie wieder.

Salzburger Bezirke werden differenziert von Klimaänderung betroffen

Klimamodelle rechnen im großen Raster und verwenden tiefliegende Referenzstationen um den Bergen mit ihren speziellen Bedingungen auszuweichen. Die Bergregionen sind im Vergleich zu den Ebenen weniger intensiv untersucht worden. Eine Barriere zur Erforschung bilden auch die extremen Verhältnisse in großen Höhen. Speziell im Winter ist die Situation gefährlich und viele Zusammenhänge in Bezug auf Klima und alpiner Umwelt sind nicht voll ersichtlich.

Abbildung 1 zeigt die 18 Klimastationen, die für unsere Untersuchungen mit Tagesdaten von sechs Klimaparametern, Tagestemperatur, minimale Temperatur, maximale Temperatur, Gesamtschnee, Neuschnee und Tagesniederschlag zur Verfügung standen.



Im Idealfall gingen die Daten bis zum Jahr 1948 zurück und endeten mit dem 30. April 2007. Die Mehrzahl der Stationen hatte je nach Erhebungsparameter Lücken in der Aufzeichnung. Das Bundesland Salzburg besitzt durch die Station Sonnblick eine auch aus internationaler Sicht besonders wertvolle Station, die über 3000m hoch liegt und alle 3 Stunden Aufzeichnungen liefert.

Die Skigebiete des nördlichen Salzburgs sind die Skigebiete der lokalen Bevölkerung, die leicht erreichbar für den Ausflugsverkehr sind. Sie haben wenig Bedeutung für den internationalen Tourismus. Hier im besonderem können sich die Effekte der Erwärmung zeigen und der Rückgang der Möglichkeiten zur Wintersportausübung ist evident. Die internationalen Skigebiete des Salzburger Südens fangen diesen Rückgang wieder auf. Als solches stellte der Klimawandel noch kein essentielles ökonomisches Problem für das Bundesland dar, sondern stimulierte Investitionen in nicht urbanen, ländlichen Bezirken. Der Wintertourismus wurde aus wirtschaftlicher Sicht „höherwertig“, aber ist nicht mehr der lokale Breitensport, der er vor einigen Jahrzehnten war.

Klimawandel und Wintertourismus betreffen nicht alle Salzburger. Denn 62% der Bevölkerung leben unter 600m Seehöhe, 32% zwischen 600m und 1000m und 6% über 1000m Seehöhe. Die wintersportliche Nutzung findet in der Regel wesentlich höher statt. Die überwiegende Anzahl der Winterquartiere liegt dort, wo auch die Wohnbevölkerung lebt. Weniger als 30km² oder 0,4% der Landesfläche liegen über 3000m. Etwa 1% der Fläche liegt höher als 2800m. Eine oft diskutierte Entwicklung von Hochgebirgsregionen ist alleine aufgrund der verfügbaren Fläche problematisch. Zudem ist die Witterung in Hochregionen speziell im tiefen Winter für Touristen riskant und wenig einladend. Von der Landesfläche liegen 6% über 2400m und 18% über 2000m.

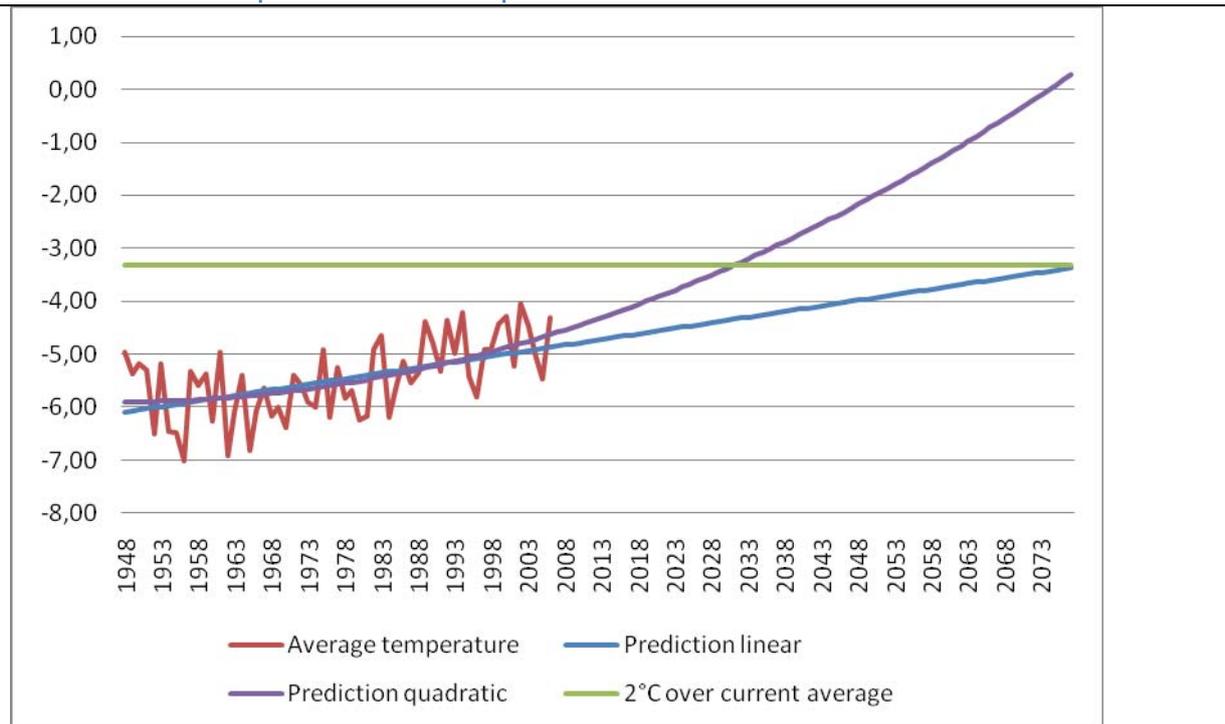
Temperaturentwicklung im Bundesland Salzburg

Man kann die Werte einzelner Stationen in Bezug auf die vorhandenen Zeitreihen interpolieren und mit den Szenarien des IPCC verknüpfen. Dies kann linear geschehen – in diesem Fall nimmt man an, daß die Erwärmung in etwa gleich ist wie im Beobachtungszeitraum 1948 bis 2007 – oder man unterstellt eine beschleunigte Erwärmung aufgrund der erhöhten Treibhausgaskonzentration (quadratisch wachsende Erwärmung). Je nach Station unterschiedlich, ergibt sich ein bestimmtes Datum des Erreichens von 2°C Erwärmung relativ zur Referenzperiode 1970 - 2000. Exemplarisch werden hier die tiefste und höchste Station beschrieben.

Salzburg Flughafen ist die tiefste Station, die uns zur Verfügung stand. Bei Fortsetzung des festgestellten linearen Trends, wird eine Erwärmung von 2°C im Jahr 2055 erreicht sein. Die beschleunigte quadratische Dateninterpolation deutet an, daß diese Erwärmung bereits 2025 erreicht sein wird.

Sonnblick ist die höchste Station, die uns zur Verfügung stand. Bei Anhalten des linearen Trends, wird eine Erwärmung von 2°C im Jahr 2075 erreicht sein. Die beschleunigte quadratische Dateninterpolation deutet an, daß diese Erwärmung bereits 2030 erreicht sein wird.

Abbildung 2 Zeitpunkt der prognostizierten Erwärmung von 2°C (gemäßigtes IPCC Szenario) für die Station Sonnblick 3106m mit linearer und quadratischer Trendinterpolation



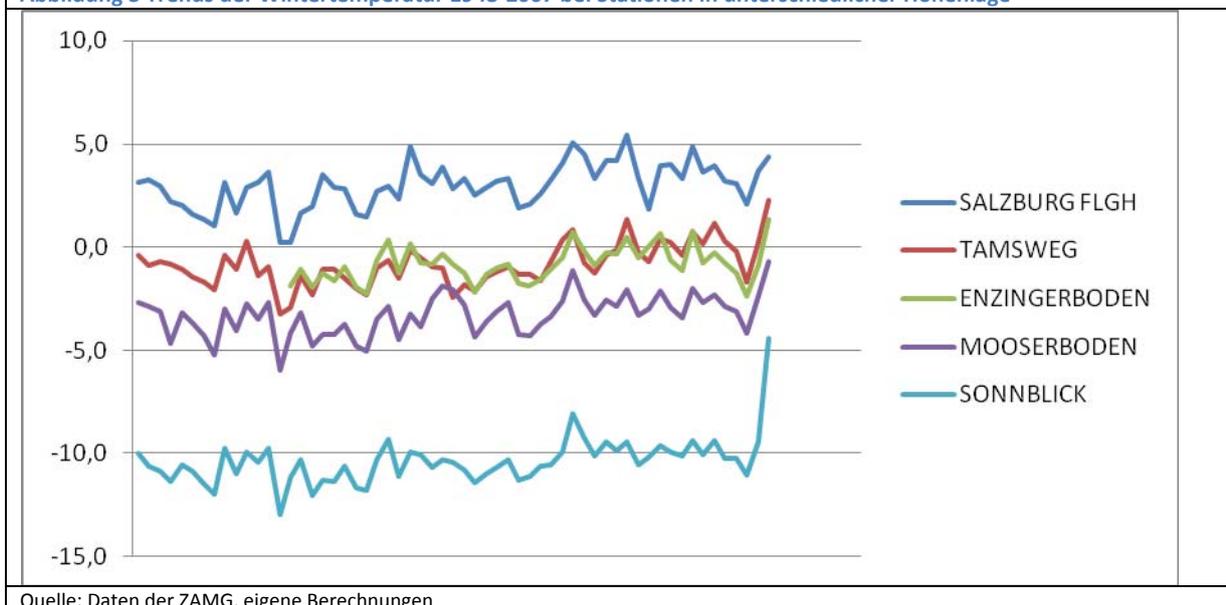
Quelle: Daten der ZAMG, eigene Berechnungen

Selbst wenn wir „nur“ den linearen Trend annehmen, stellen wir fest, daß eine Erwärmung um 2°C in Salzburg wesentlich früher erreicht wird als vom IPCC global angenommen wird. Oder anders ausgedrückt: eine globale Erwärmung von 2°C (respektive 4°C) kann in Bezug auf Salzburg wesentlich stärker ausfallen.

Wintertemperaturentwicklung im Bundesland Salzburg

Der Winter 2006/07 war der wärmste! Zumindest in Lagen über 1000m, nicht jedoch in Salzburg. Der Abstand im Temperaturgefälle zwischen Berg und Tal, höchster und tiefster Station, der im langjährigem Durchschnitt etwa 15°C beträgt war noch nie so schmal wie in der Saison 2006/07, wo die Temperaturdifferenz auf rund 60% des langjährigen Durchschnitts oder 9°C zurückging.

Abbildung 3 Trends der Wintertemperatur 1948-2007 bei Stationen in unterschiedlicher Höhenlage



Das Wintermittel der Gesamtperiode war in Salzburg 3°C, in Tamsweg -0.8°C, in Enzingerboden -0.9°C, in Mooserboden -3,3 und am Sonnblick -10,4°C. Alle Stationen außer Salzburg Flughafen verzeichneten ihr Maximum 2006/07 und ihr Minimum entweder 1961/62 oder 1962/63.

Die 59 gemessenen Wintersaisons schwankten in Salzburg Flughafen mit 5,2°C. Die kälteste Saison war 1962/63 mit 0,2°C, die wärmste 1993/94 mit 5,4°C. Die Saisons 1988/89 mit 5°C, 1973/74 mit 4,9°C, 1999/00 mit 4,9°C und 1989/90 mit 4,5°C waren alle wärmer als die Saison 2006/07, welche mit 4,4°C in Salzburg die fünftwärmste Saison war.

Ebenfalls 59 Saisons wurde in Tamsweg gemessen. Die Werte schwankten mit 6°C zwischen -3,3 in der Saison 1961/62 und 2,3° in der Saison 2006/07. Warme Wintersaisons wurden auch 1993/94 mit 1.4° und 2001/02 mit 1.2° verzeichnet.

Von der Station Enzingerboden waren 45 Saisons ab der Saison 1962/63 verfügbar. Das kälteste Jahr war 2004/05 mit -2,4°C und die wärmste Saison 2006/07 mit 1,3°C und die Schwankungsbreite 3,9°C.

Wiederum 59 Saisons mit Schwankungen bis 5,2°C konnten an der Station Mooserboden gemessen werden. Die kälteste Saison war 1961/62 mit -5,9°C, die wärmste Saison 2006/07 mit -0,7°C. Die zweitwärmste Saison war 1988/89 mit -1,1°C, die drittwärmste 1976/77 mit -1,9°C.

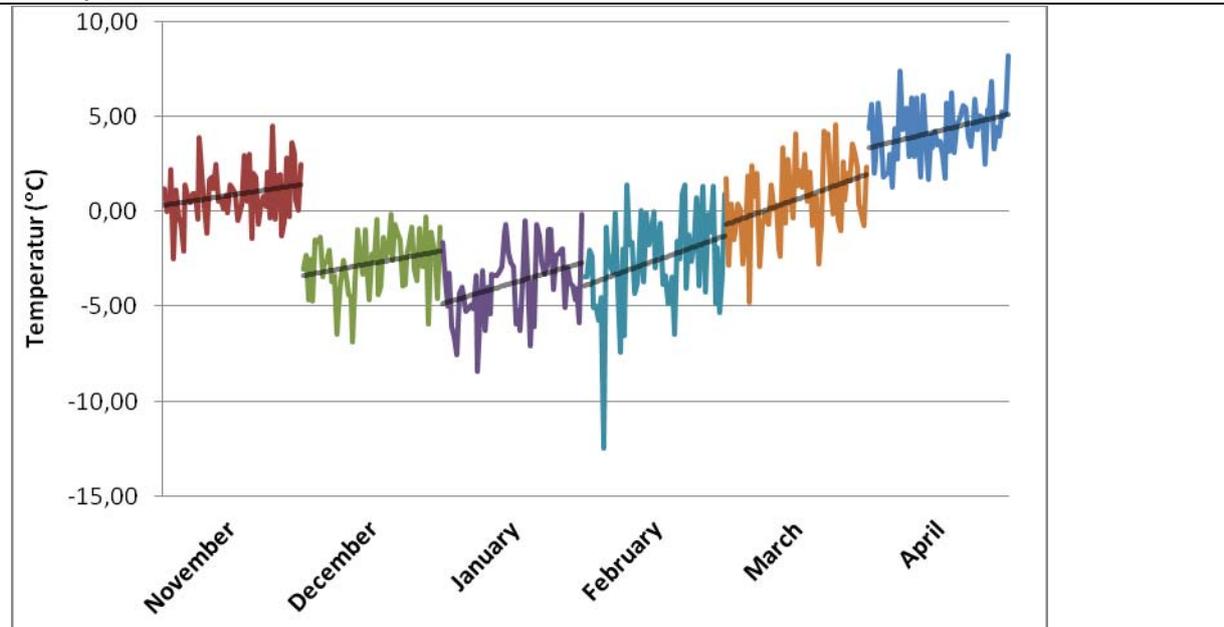
Auch vom Sonnblick, der höchsten Station, stehen 59 Saisons zur Verfügung. Die Schwankungsbreite beträgt hier 8,6°C, die kälteste Saison wurde mit -13°C in der Saison 1961/62 gemessen, die wärmste mit -4,6°C in der Saison 2006/07. Die zweitwärmste Saison wurde 1988/89

mit $-8,1^{\circ}\text{C}$ und der drittwärmste Wert $-8,9^{\circ}\text{C}$ wurde zweimal, 1989/90 und 1971/72 gemessen. Ohne die letzte gemessene Saison, würde die Variation der Saisonen nur $4,9^{\circ}\text{C}$ betragen.

Monatstemperaturen und Entwicklungstrend

Das monatliche Gesamtbild aller Stationen von Salzburg zeigt folgendes Bild der Erwärmung in Wintermonaten.

Abbildung 4 Die Erwärmung im Bundesland Salzburg 1948 – 2007 nach Monaten als Mittel der verfügbaren Werte von 18 Temperaturstationen



Quelle: Daten der ZAMG, eigene Berechnungen

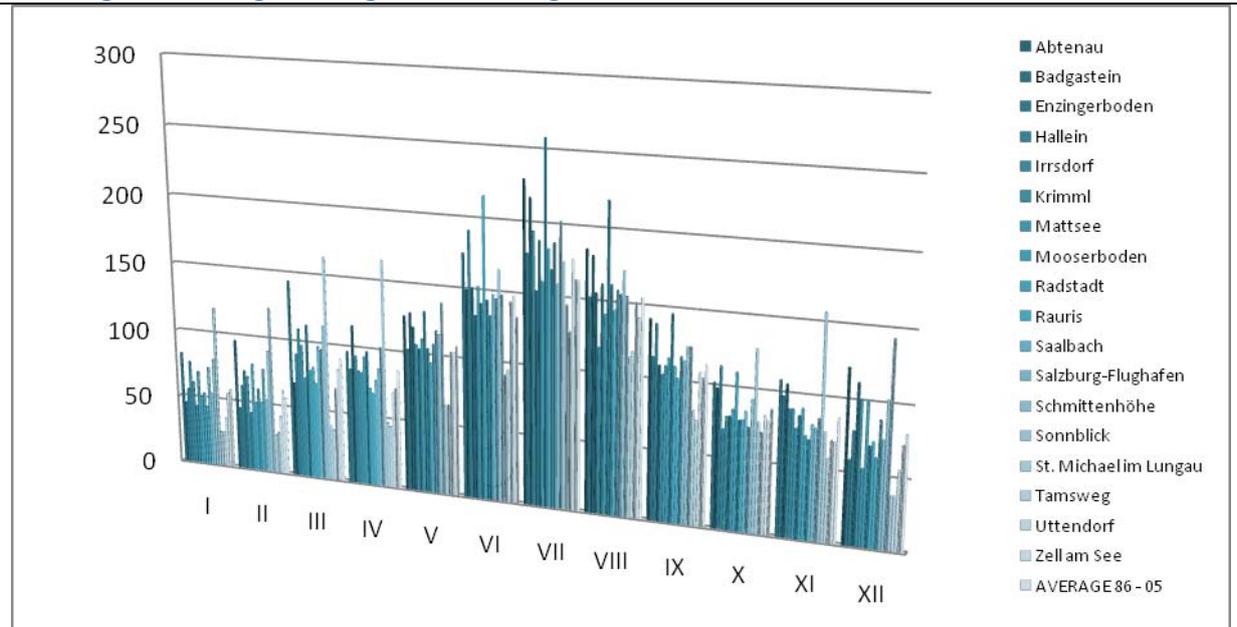
Erwärmung gab es in langjährigem Trend in jedem Monat, nur die Erwärmung war unterschiedlich stark. Am stärksten war die Erwärmung im Februar und März gefolgt von den Monaten Jänner, April und Dezember, während sie im November relativ am schwächsten war.

Die Variabilität ist ebenfalls unterschiedlich. Am stärksten variiert der Februar mit 13°C , gefolgt von März mit 9°C , Jänner mit 8°C , April, Dezember und November mit 7°C Schwankung im Untersuchungszeitraum. Kalte Temperaturen in November und Dezember begünstigen die Wintertourismussaison und natürlichen Schnee. Für die Möglichkeit künstlicher Beschneigung kann man einen den Wert -2°C als Anhaltspunkt heranziehen, für eine sichere Beschneigung den Wert -4°C . Neue Beschneigungstechniken lassen die Möglichkeit der Kunstschneeproduktion mit höheren Lufttemperaturen z.B. 0°C erahnen. Monatswerte sagen für die Möglichkeit der Beschneigung aber zuwenig aus. Kurzzeitige kalte Temperaturen müssen genutzt werden um die Effizienz der Schneeerzeugung zu steigern.

Niederschlagsentwicklung von Salzburg

Die Seehöhe ist ein entscheidendes Kriterium für den Niederschlag und Salzburg kann auf sehr kleinem Raum eine große Höhenvariation – von 430m Seehöhe (Salzburg Flughafen) und 3105m (am Sonnblick, gleichzeitig die höchste ganzjährig betriebene Meßstation Europas) abdecken. Im Mittel liegen alle Stationen auf 1102m Seehöhe.

Abbildung 5 Niederschlagsverteilung in mm in Salzburg 1986 - 2005



Quelle: Tagesdaten der ZAMG aus den genannten Stationen und eigene Darstellung

Bei der Niederschlagsverteilung erkennt man ein Sommermaximum im Juli und August. Die gemittelte Jahressumme für alle Stationen beträgt 1269mm Niederschlag, wovon durchschnittlich 471mm im Winter fallen.

Der Winterniederschlag beträgt in St. Michael und Tamsweg 262mm bzw. 242mm, während auf der Station Sonnblick 868mm Winterniederschlag fallen. Mooserboden auf 2036m Seehöhe hat den höchsten Sommerniederschlag mit 1083mm, gefolgt von Enzingerboden auf 1480m mit 974mm und Abtenau auf 714m Seehöhe mit 962mm Sommerniederschlag. Alle anderen Stationen, darunter auch der Sonnblick mit dem höchsten Jahresniederschlag, variieren zwischen 555mm (Tamsweg, 1012m) und 877mm (Schmittenhöhe, 1973m) Sommerniederschlag.

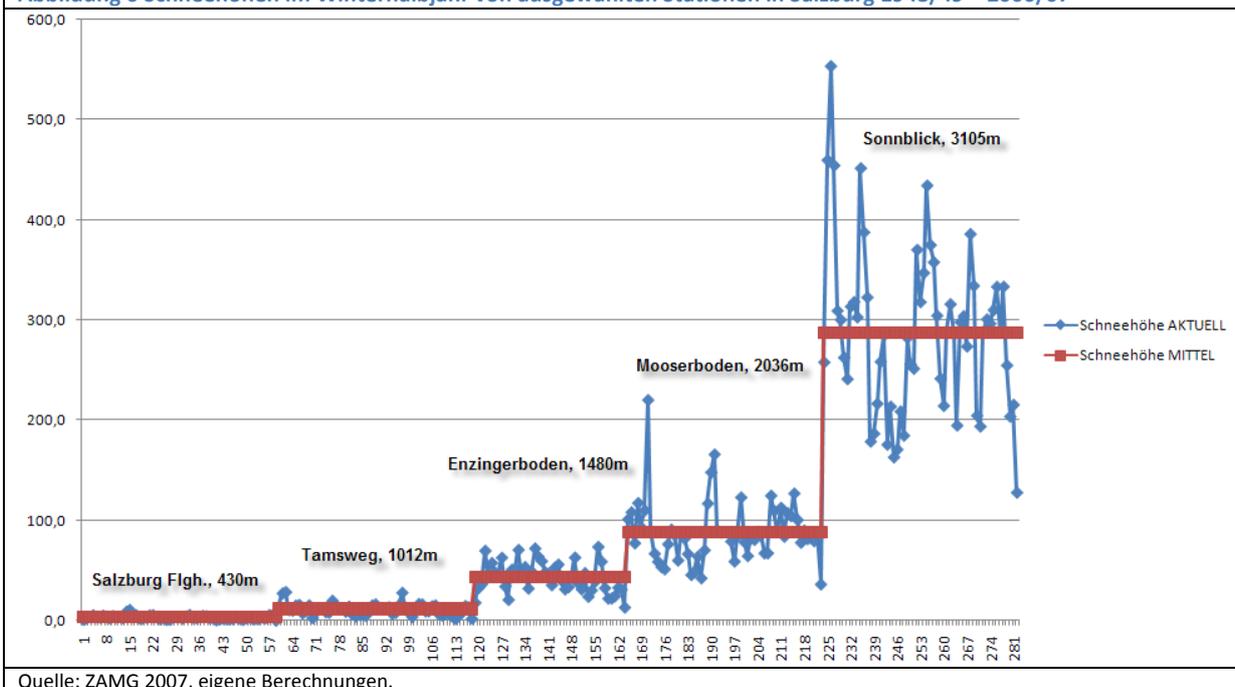
Im Vergleich zur vorangegangenen Periode 1966 bis 1985 hat der Niederschlag in Salzburg um 42mm zugenommen oder 3%. Die Zunahme des Sommerniederschlags war mehr als doppelt so hoch wie jene des Winterniederschlags.

Das Verhältnis Sommer zu Winterniederschlag in Salzburg ist 63% zu 37%. Die Streuung zwischen Winter- und Sommerniederschlag beträgt 50% am Sonnblick bis 29% Winterniederschlag auf der Station Mooserboden. Sommerniederschlag ist entscheidend dafür, ob Niederschlag für Speicherbecken und für künstliche Bewässerung bzw. Beschneigung zur Verfügung steht. Der Winterniederschlag ist eine Maßzahl für die Wahrscheinlichkeit von Naturschnee. Viel Niederschlag im Winter bedeutet auch eine höhere Wahrscheinlichkeit von Schnee für den Wintertourismus.

Schneehöhen in Salzburg

Die durchschnittliche Schneehöhe einer Wintersaison ist abgebildet. Sonnblick 3106m ü. d. M., hatte eine durchschnittlich 288cm dicke Schneedecke während des Winterhalbjahres, Mooserboden 2016m hatte eine 88cm mächtige Schneedecke, Enzingerboden 1480m, eine 43cm dicke Schneedecke, Tamsweg 1012m, 11cm Schneedecke, und Salzburg 430m, 3cm Schneedecke.

Abbildung 6 Schneehöhen im Winterhalbjahr von ausgewählten Stationen in Salzburg 1948/49 – 2006/07

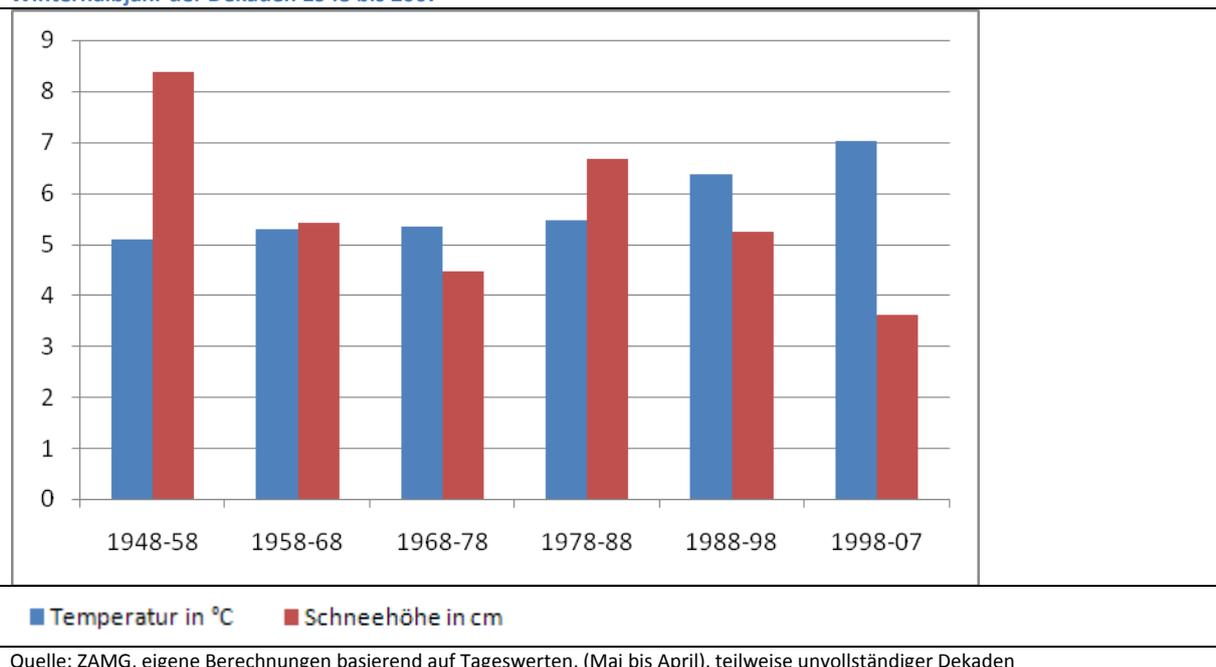


Für vier Stationen brachte der Winter 2006/07 die geringste Schneedecke, lediglich Tamsweg im Lunggau hatte in der Saison 2001/02 die geringste Schneedecke aufzuweisen, die mit 1,6cm Schneehöhe um 17% geringer war als 2006/07. Die geringste Schneedecke am Sonnblick in der Saison 2006/07 mit 127cm war um 28% weniger mächtig als die zweitgeringste Schneehöhe der Beobachtungsreihe in der Saison 1969/70. Mooserboden hatte mit 36cm gleichfalls die geringste Schneehöhe in der Saison 2006/07. Diese war um 17% weniger mächtig als jene der Saison 1970/71, das vorherige Minimum. Das Minimum am Enzingerboden mit 13cm saisonaler Schneedeckenhöhe war um 36% geringer als der bisherige Tiefstwert aus dem Jahr 1961/62 und am Salzburg Flughafen lag praktisch kein Schnee mit 0,1cm und der minimale Wert aus dem Jahr 1988/89 mit 0,4cm wurde eingestellt.

Vergleich der Temperatur mit der Schneehöhe als Dekadenmittel

Es wird ein Dekadenvergleich einer Station, Tamsweg, präsentiert. Hier wurde im Schnitt der 59 jährigen Beobachtungsreihe die höchste Erwärmung im Bezug auf Dekaden registriert. Selbst wenn der prinzipielle Zusammenhang, daß Temperatur und Schneedecke negativ korreliert ist, stimmt, erweist sich im Detail ein differenziertes Bild aufgrund anderer Einflußfaktoren. Bei der Temperatur handelt es sich um Ganzjahreswerte, die Schneedeckenhöhe bezieht sich auf das Winterhalbjahr.

Abbildung Station Tamsweg, 1012m Entwicklung des Durchschnitts der Jahrestemperatur und der Schneehöhe im Winterhalbjahr der Dekaden 1948 bis 2007



Die wärmste Periode 1998-07 war um 1.94°C wärmer als die kälteste Dekade 1948-58, um 1,73°C wärmer als 1958-68, um 1,69°C wärmer als 1968-78, um 1,56°C wärmer als 1978-88 und um 0,65°C wärmer als 1988-98.

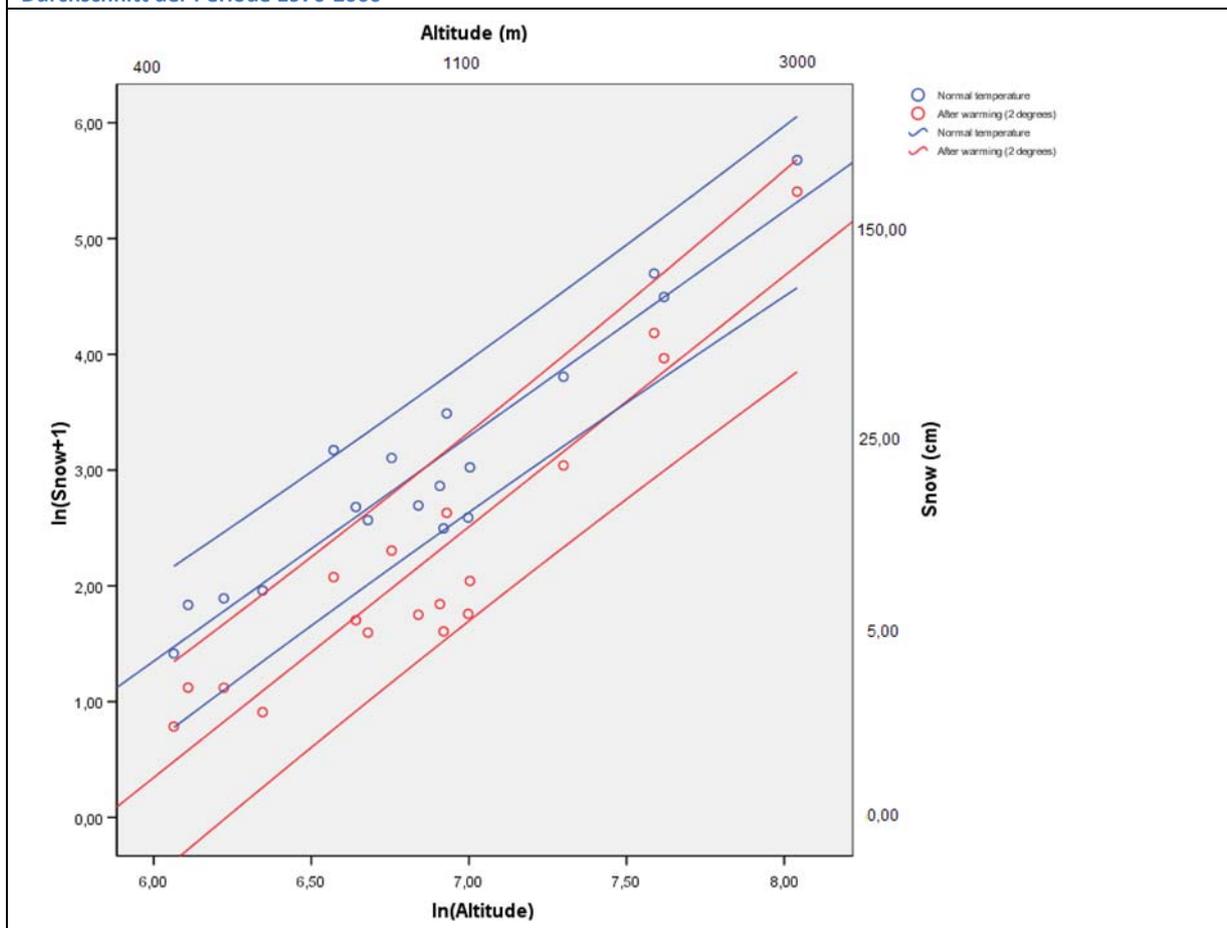
Während die Temperatur kontinuierlich nach oben schritt, variierte die Schneedeckenhöhe mit dem höchsten Wert 8.37cm in der Dekade 1948-58, gefolgt von den Dekade 1978-88 mit 6.67cm, 1958-68 mit 5,42cm, 1988-98 mit 5.24cm, 1968-78 mit 4,47cm und der Periode 1998-07 mit 3.62cm.

Von vier untersuchten Stationen im Zeitraum 1948-2007 hatte Tamsweg auf 1012m mit 1,94°C die höchste Erwärmung, gefolgt von Salzburg Flughafen (430m) mit 1,54°C, Moserboden (2036m) mit 1,31°C und Sonnblick (3106m) mit 1,26°C. Die festgestellte Erwärmung dieser Stationen betrug im Schnitt jeweils mehr als 0.2°C je Dekade.

Schneemodell für Salzburger Klimastationen

Basierend auf Tagesdaten von Temperatur, Niederschlag und Schnee wurde nach einem geeigneten Vorhersagemodell zur Schneedeckensimulation gesucht, welches aufgrund von Niederschlag und Temperatur die Schneedecke berechnet.

Abbildung 7 Änderung des Verhältnis Schneehöhe in cm zu Seehöhe in m bei einer Erwärmung von 2°C relativ zum Durchschnitt der Periode 1970-2000



Quelle: Daten der ZAMG, eigene Berechnungen.

Die horizontale Achse gibt die Seehöhe wieder. Eine Seehöhe von 400m ergibt den Wert 6 (genau 404m) auf der natürlichen Skala des Logarithmus. Die Seehöhe von 1100m ergibt den Wert 7 (genau 1097m) auf der natürlichen Skala des Logarithmus und die Höhe von 3000m entspricht dem Wert 8 (genau 2981m).

Die vertikale Achse gibt die Höhe der Schneedecke in cm wieder. Eine Schneedecke von 3cm ergibt den Wert 1 (genau 1,0986) auf der natürlichen Skala des Logarithmus. Eine von 8cm ergibt den Wert 2 und eine Schneedecke von 21cm ergibt den Wert 3. Eine Schneedecke von 55cm wird durch den Wert 4 repräsentiert.

In Abbildung 7 kann man im Durchschnitt der Periode 1970 bis 2000 eine Schneedecke von 21cm in 1100m finden (blaue Linie). Bei einer Erwärmung um zwei Grad Celsius findet man 21cm Schneehöhe in einer Seehöhe von 1600m (rote Linie).

Anders ausgedrückt: die gewohnte Situation von 1100m werden wir bei zwei Grad Erwärmung in 1600m finden.

Wertschöpfung durch Wintertourismus

Ende 2007 lebten 523.043 Salzburger in den sechs Bezirken. Etwa zwei Drittel der Salzburger Bevölkerung lebt in den Bezirken Salzburg Stadt, Salzburg Land und Hallein auf einem Viertel der Landesfläche. Diese flachen Bezirke mit rund zwei Drittel der Salzburger Bevölkerung sind nur indirekt vom Wintertourismus abhängig. Die drei Gebirgsbezirke mit dem verbleibenden Drittel der Einwohner und drei Viertel der Landesfläche sind extrem klimasensibel und vom Wintertourismus abhängig.

Ein Zehntel des Bruttoregionalprodukt von Salzburg (betrug 2007 den Wert von 17,4 Milliarden Euro wird durch den Wintertourismus erwirtschaftet). Die Einkommen durch Übernachtungsgäste im Winter 2006/07 betrug 1,56 Milliarden Euro. Berücksichtigt man noch die Zahl der Tagesgäste und lokalen Saisonkartengäste kann man im Normalfall weitere 10% hinzufügen und erhält die Gesamtwertschöpfung von 1,72 Milliarden Euro. Für die Wintersaison 2006/07, der wärmsten Winterperiode ist ein Minus von 100 Millionen Euro durch Ausfall an Tagesgästen wahrscheinlich. In Bezug auf die Wintersportbezirke betragen die direkten Einnahmen durch Wintertourismus im Bezirk St. Johann 26%, Zell am See 23% und Tamsweg 13%, während sie im übrigen Salzburg bei 2% lagen.

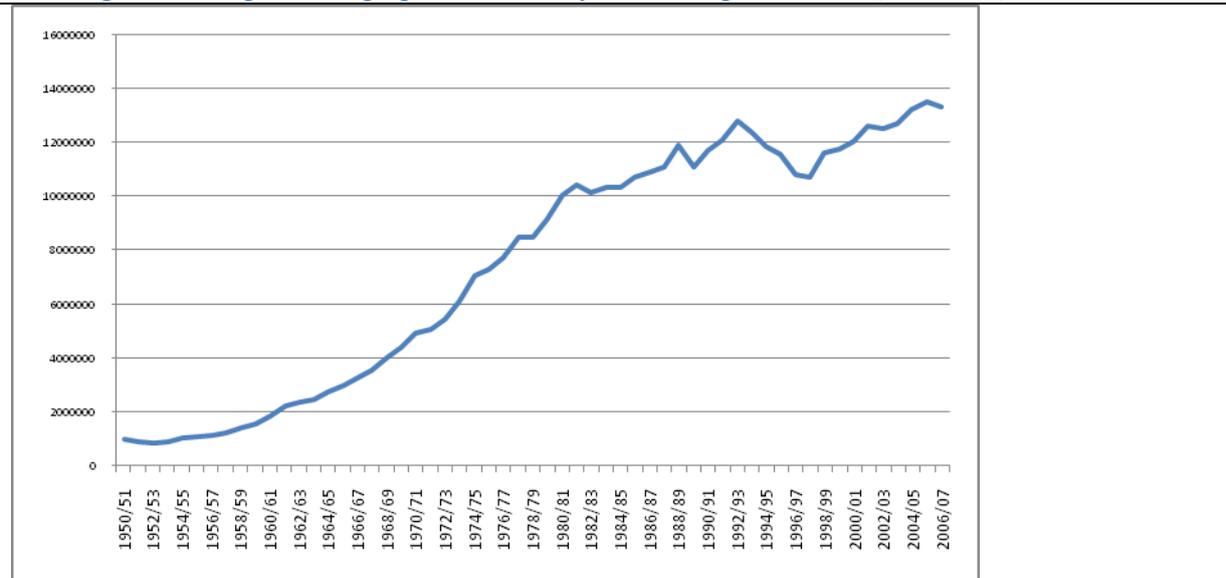
Im Modell „AUTSIM“ des Fachbereichs Stadt-und Regionalforschung der TU Wien werden die gemeindeweisen Baulandpreise durch eine Reihe sozioökonomischer, demografischer und infrastrukturbezogener Variablen erklärt. Wir verwenden dieses Modell um zu zeigen, dass eine Klimaänderung auch weitreichende Folgen auf den Immobilienwert von Salzburg bekommen kann. Eine klimainduzierte Änderung der Winternächtigungen z.B. von minus 5 % Nächtigungen reduziert den Immobilienwert der südlichen Salzburger Bezirke um € 40.319.532.-.

In Kombination mit einer Reduktion der Saisonlänge ergeben die möglichen Verluste durch eine klimainduzierte Veränderung des Wintertourismus eine beachtliche Größe, die entsprechende Investitionen in die Aufrechterhaltung des Wintertourismus plausibel erscheinen lassen.

Nächtigungen nach Salzburger Bezirken

Mit knapp 14 Millionen Nächtigungen ist der Wintertourismus seit langen Jahren ein wesentliches Standbein des Wirtschaftsstandortes Salzburg. Von den Winternächtigungen in Österreich fallen 22.5% auf Salzburg, welches hinter Tirol mit mehr als 40% das stärkste Wintertourismus Land von Österreich ist.

Abbildung 8 Entwicklung der Nächtigungen im Winterhalbjahr in Salzburg Saisonen 1950/51 bis 2006/07



Quelle: Statistik Austria, eigene Darstellung

Anfang der 1950iger Jahre betrug die Anzahl der Nächtigungen erst eine Million Nächtigungen, die Überschreitung der Zehnmillionen fand Anfang der 80iger Jahre statt. Nach einem kleineren Einbruch zu Ende der 90iger Jahre steigt die Zahl der Touristen wieder.

Rund ein Sechstel des österreichischen Wintertourismus findet in den benachbarten Bezirken Zell am See und St. Johann statt. Damit sind die beiden Bezirke die intensivste Wintersportregion von Österreich.

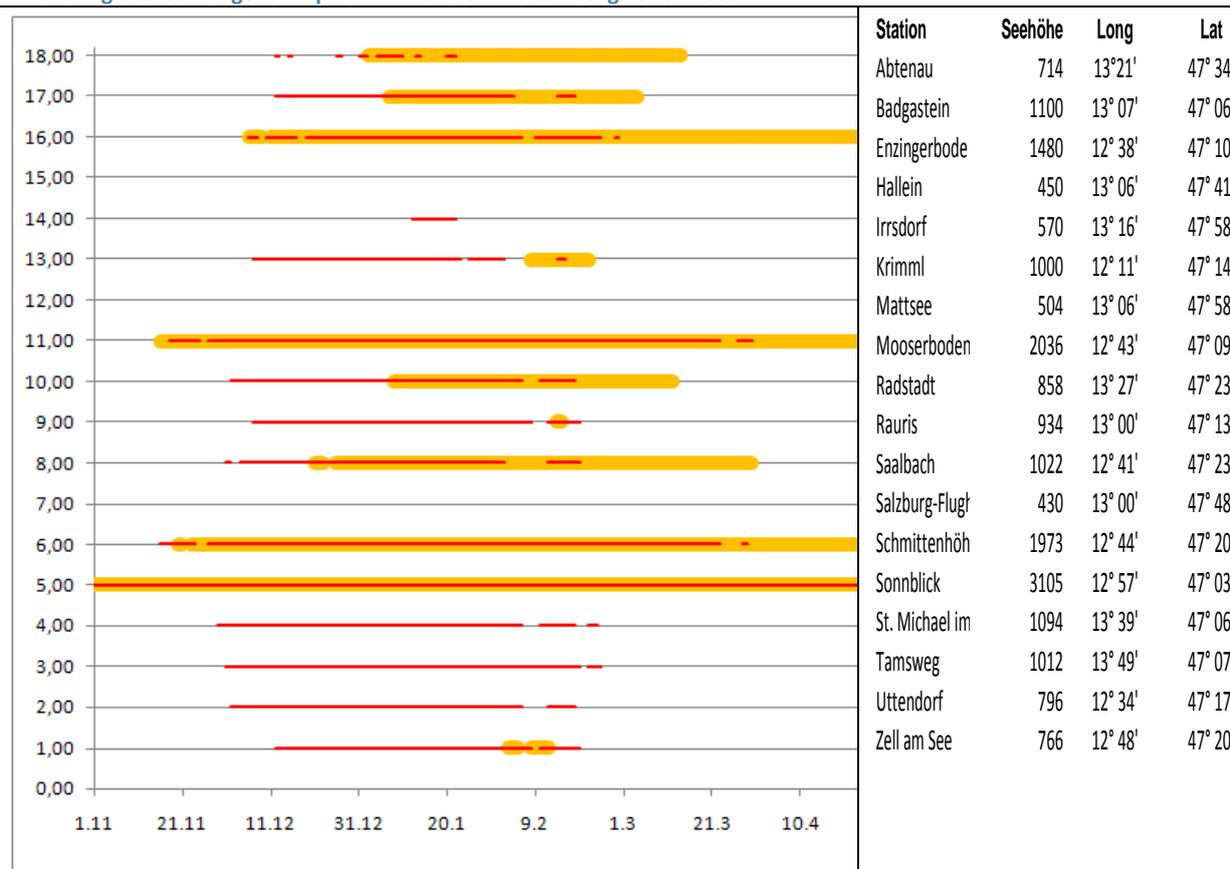
In Salzburg Stadt und Land wurden gemeinsam gut 1,4 Millionen Nächtigungen erzielt. Die Übernachtungen in Salzburg haben nur zu einem geringen Ausmaß mit Wintertourismus zu tun, denn reine Wintersportler ziehen eine Übernachtung direkt im oder beim Skigebiet vor. Der Bezirk Hallein nimmt eine Zwischenstellung zwischen dem urbanen Salzburg und den gebirgigen Bezirken ein. Die Übernachtungen sind von der Spitze im Jahr 1993/94 mit 440.000 auf 350.000 gefallen.

Der Pongau ist mit zuletzt 5,8 Millionen Nächtigungen der intensivste Wintertourismusbezirk von Salzburg. Interessant war auch das „Zwischentief“ von 4,2 Millionen 1997/98 und 1998/99. Der Bezirk Tamsweg hat relativ zu seinen westlichen Nachbarbezirken wenig Touristen und erreichte bis vor kurzem regelmäßig über 800.000 Nächtigungen. Wieso es in den beiden letzten Jahren einen starken Rückgang auf unter 600.000 gab, ist nicht direkt ersichtlich. Eine relativ schwierigere Zugänglichkeit kombiniert mit zwei Extremwintern mit viel und wenig Schnee wäre eine plausible Erklärung, Verschiebungen in der Zuordnung von Skigebieten eine andere. Der Bezirk Zell am See ist – ebenso wie der Bezirk St. Johann - im Bezug auf den Wintertourismus sehr gut plaziert und 5,5 Millionen Nächtigungen und mehr als 40% der Salzburger Winternächtigungen.

Saisonlänge im Wintertourismus

Die Saisonlänge ist ein Zeichen für die Wirtschaftlichkeit von einem Skigebiet. Je länger gute Bedingungen für den Skisport angeboten werden können, desto höher sind auch die Einnahmen im Wintertourismus. Das Maß der festgestellten Erwärmung hat seit den 1980iger Jahren zu einer verstärkten Anpassung der Winterinfrastruktur an ein wärmeres Klima geführt. Besonders der Ausbau von Schneekanonen und Lifte wurde forciert. Andererseits hat manch tiefgelegenes Wintersportgebiet den Betrieb aufgegeben.

Abbildung 9 Saisonlänge für Alpinski im Bundesland Salzburg 1970 - 2000



Saisonlänge Temperatur < -2°C (rot) und Schneehöhe > 30cm (orange)

Quelle: Daten der ZAMG, eigene Berechnungen

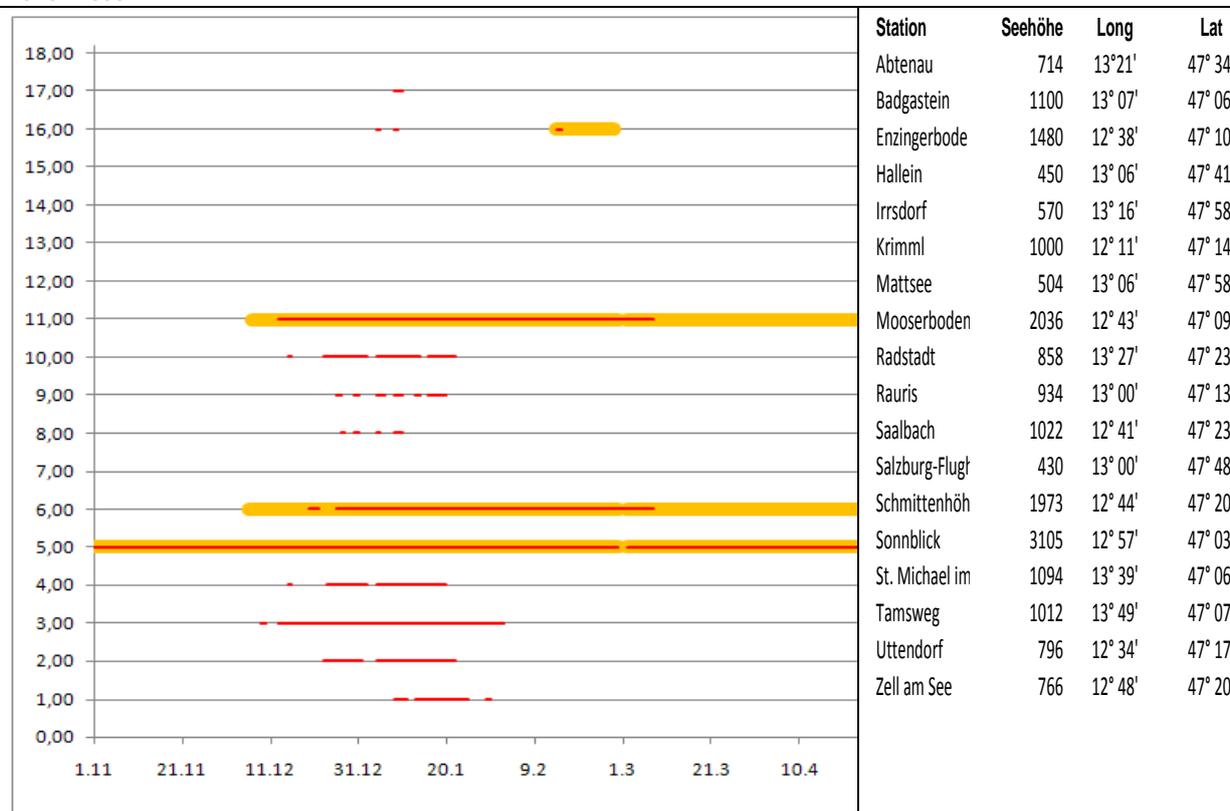
Basierend auf zwei Kriterien, nämlich Temperatur und Schnee haben wir in Abbildung 9 die Saisonlänge definiert. Die orange Linie gibt die Schneebedingungen wieder. Die rote Linie zeigt, inwieweit mit Kunstschnee nachgeholfen werden kann, da die Tagestemperaturen entsprechend tief waren. Für den alpinen Skilauf benötigen wir Tagestemperaturen von minus zwei Grad Celsius oder eine Schneehöhe von 30cm. Zumindest eine dieser Bedingungen muß erreicht sein. Bei entsprechend kalten Temperaturen unter minus zwei Grad Celsius kann künstlich beschneit werden. Bei einer Schneehöhe von 30cm kann auch bei Plusgraden Wintersport betrieben werden.

Wir betrachten nun die Lage der 18 Klimastationen von Salzburg und sehen, daß Sonnblick, Schmittenhöhe, Saalbach, Radstadt, Mooserboden und Enzingerboden mehr als die Hälfte des Winterhalbjahres Saison anbieten können. Abtenau, Badgastein, Krimml, Rauris, St. Michael, Tamsweg, Uttendorf und Zell am See können im zentralen Winter Mitte Dezember bis Ende Februar geeignete Bedingungen anbieten. Im Zeitraum 1970 bis 2000 können alle Stationen über 700m akzeptable Bedingungen für alpinen Skisport anbieten.

Saisonlänge im Wintertourismus bei 2°C Erwärmung

Basierend auf der Periode 1970 bis 2000 haben wir die Verkürzung der Saisonlänge für den Salzburger Wintertourismus bei 2°C Erwärmung errechnet.

Abbildung 10 Wintertourismus Saisonlänge für Alpinski im Bundesland Salzburg bei 2°C Erwärmung relativ zur Periode 1970 - 2000



Saisonlänge Temperatur < -2°C (rot) und Schneehöhe > 30cm (orange)

Quelle: Daten der ZAMG, eigene Berechnungen unter Verwendung des Schneemodell Kapitel 4.

Die Abbildung 10 zeigt, wie sich 2°C Erwärmung auf die Saisonlänge für den alpinsportbasierten Wintertourismus auswirken. Die orange Linie gibt die Schneebedingungen wieder, die speziell bei den tiefliegenden Stationen ungenügend lang sind. Während die drei Stationen über 1900m Mooserboden, Schmittenhöhe und Sonnblick nicht betroffen sind, zeigt die Station Enzingerboden, daß die Situation im Bereich 1500m kritisch geworden ist und schlechter als die Situation der rund 700m tiefer liegenden Stationen Uttendorf und Zell am See in der Periode 1970 bis 2000 geworden ist.

Noch drastischer ist der Saisonrückgang bei den Stationen Badgastein, Radstadt, Rauris und Saalbach, die nur mehr tageweise Tagesmitteltemperaturen von minus zwei Grad erreichen. Besser ist die Lage St. Michael, Tamsweg, Uttendorf und Zell am See, wo zumindest wochenweise Temperaturen von minus zwei Grad Tagestemperatur unterschritten werden.

Vergleicht man die Saisonlänge mit der Interpolation der Temperatur, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass dieses Szenario in Salzburg bereits in 20 Jahren erreicht wird. Es handelt sich nicht um ein langfristiges, sondern für Salzburg um ein mittelfristiges Problem.

Speziell hier wäre man auf die Produktion von Kunstschnee angewiesen, doch man sieht, daß die herkömmliche Technologie, basierend auf den Einsatz bei -2°C nicht ausreichen würde, die Saison zu

retten. Die Verbesserung der Technologie der Kunstschneeproduktion, ein Ausweichen auf höhere Lagen – welches aufgrund fehlender Flächen in den gefragten Höhenlagen schwierig ist - oder die Akzeptanz einer entsprechend kürzeren Saison sind drei Möglichkeiten diesem Problem entgegen zu treten.

Aufstiegshilfen

Die Aufstiegshilfen sind in drei Kategorien unterteilt: Hauptseilbahnen, Kleinseilbahnen, Schlepplifte. In den letzten Jahren gab es hier eine rege Entwicklung, die allerdings seit 2002 nicht mehr dokumentiert wird. Dies ist besonders bedauerlich, da ja gerade in den letzten Jahren hohe Investitionen getätigt wurden und es interessant wäre auch hier quantitativ erheben zu können. Es wird in Zukunft eher schwieriger werden, die Entwicklung im Wintertourismus mit den Investitionen in die Infrastruktur des Wintertourismus zu vergleichen.

Die Anzahl der Seilbahnen ist gestiegen und steigt weiter. Die größeren Hauptseilbahnen liegen im Trend und steigen auf Kosten von Schleppliften und Kleinseilbahnen.

Eine Diplomarbeit der Studienrichtung Raumplanung (Peck 2006) analysierte die Infrastrukturentwicklung im Wintertourismus in Österreich, bezogen auf das Jahrzehnt 1995 bis 2005. In den ersten sechs Jahren des Beobachtungszeitraum konnte in der ersten Kategorie, den Hauptseilbahnen folgende Entwicklung festgestellt werden. Die Zahl der Hauptseilbahnen ist zwischen 1995/96 und 2000/01 um 40% gestiegen. Die Förderleistung an Personen ist gestiegen.

Der Durchschnitt der mittleren Seehöhe der Talstation von Hauptseilbahnen ist in den Bezirken St. Johann und Zell am See um 63m gestiegen. Dies kompensiert teilweise das „Absinken“ von Orten bei einer Erwärmung der Wintertemperatur. Tamsweg und Salzburg haben jeweils drei und Hallein hat zwei Hauptseilbahnen.

Die Anzahl der Kleinseilbahnen ist rückläufig. Die Höhe der Talstation von Kleinseilbahnen ist angestiegen. Lediglich im Bezirk Salzburg ist sie um 67m gesunken. Im Bezirk Tamsweg war der durchschnittliche Anstieg 168m, in St. Johann mit 119m am größten, in Hallein 47m und in Zell am See 40m. Den bei den Hauptseilbahnen angedeuteten Trend, daß sich die Infrastruktur des Wintertourismus in die Höhe bewegt, wird bestätigt.

Die Klimaänderung hat insgesamt eine Modernisierung der Aufstiegshilfen katalysiert. Eine höhere Kapazität hilft den Top Skigebieten in einer unsicher werdenden Klimasituation, den Umsatz auf gleichem Niveau zu halten und Kunstschneepisten intensiver zu nutzen. Parallel zu den Aufstiegshilfen wurden bzw. werden Beschneiungsanlagen installiert. Der Trend geht zu einer Intensivierung der geeigneten Pisten mit Vollbeschneigung bzw. einer Marginalisierung oder Aufgabe der übrigen Abfahrtsflächen.

Kunstschnee

Um einerseits einen Saisonbeginn im Dezember sicher zu stellen und andererseits den Anforderungen an die Pistenpräparierung zu genügen, wurden ab den 1980iger Jahren in Salzburg Beschneiungsanlagen errichtet. Schneemangel infolge hoher Temperaturen oder Wassermangel stellen Wintertourismusbetriebe, besonders die Seilbahnwirtschaft vor große Herausforderungen.

Abbildung 11 Beschneigungstage bei Erwärmung um 2°C relativ zur Periode 1970-2000

Tage <	-2°C	0°C	Station	Seehöhe	Long	Lat
Abtenau	27	47	Abtenau	714	13°21'	47° 34'
Badgastein	37	58	Badgastein	1100	13° 07'	47° 06'
Enzingerboden	49	73	Enzingerbode	1480	12° 38'	47° 10'
Hallein	19	32	Hallein	450	13° 06'	47° 41'
Irrsdorf	26	41	Irrsdorf	570	13° 16'	47° 58'
Krimml	35	56	Krimml	1000	12° 11'	47° 14'
Mattsee	21	35	Mattsee	504	13° 06'	47° 58'
Mooserboden	77	105	Mooserboden	2036	12° 43'	47° 09'
Radstadt	44	64	Radstadt	858	13° 27'	47° 23'
Rauris	41	61	Rauris	934	13° 00'	47° 13'
Saalbach	41	63	Saalbach	1022	12° 41'	47° 23'
Salzburg-Flughafen	21	34	Salzburg-Flugt	430	13° 00'	47° 48'
Schmittenhöhe	75	100	Schmittenhöh	1973	12° 44'	47° 20'
Sonnblick	167	177	Sonnblick	3105	12° 57'	47° 03'
St_Michael	47	67	St. Michael im	1094	13° 39'	47° 06'
Tamsweg	52	71	Tamsweg	1012	13° 49'	47° 07'
Uttendorf	42	62	Uttendorf	796	12° 34'	47° 17'
Zell_am_See	38	57	Zell am See	766	12° 48'	47° 20'

Quelle: Daten ZAMG, eigene Berechnungen

In Österreich können zwei Drittel der Pisten künstlich beschneit werden und die Tendenz nimmt noch weiter zu. Die ökonomischen Auswirkungen der Klimaschwankungen wären ohne Kunstschnee weit größer. Die Grundvoraussetzung für die Produktion von Kunstschnee ist die Temperatur. Der traditionell übliche Wert von -2°C Tageslufttemperatur galt lange als Anhaltspunkt, ob eine Produktion von Kunstschnee stattfinden kann oder nicht. Allerdings erreichen nur mehr vier von 18 Stationen 50 Tage oder mehr mit diesem Wert.

Aufgrund neuer Methoden der Kunstschneeerzeugung mit effizienteren Anlagen kann dieser Wert vielleicht auf 0°C erhöht werden. In diesem Fall würden 13 von 18 Stationen mehr als 50 Tage mit Beschneigungsmöglichkeit aufweisen können.

In etwa balancieren sich die gesteigerten technischen Möglichkeiten und die festgestellte Erwärmung noch aus. Für den Betrachter von außen – die Touristen - hat sich wenig verändert. Die Betreiber spüren aber einen immer stärkeren Anpassungsdruck, dem sie zunehmend schwieriger entgegenwirken können.

Im Bundesland Salzburg (Salzburger Landesregierung 2007) sorgen 98 wasserrechtlich bewilligte Beschneiungsanlagen für Kunstschnee auf 1876 ha beschneiter Pistenfläche (Stand April 2007). Die Salzburger Beschneiungsanlagen haben bis heute ungefähr 200 Millionen Euro an Investitionskosten

verursacht und kosten jährlich rund 20 Millionen Euro an Betriebskosten. Dies entspricht knapp € 100.000 pro ha beschneiter Pistenfläche und etwa € 10.000 jährliche Betriebskosten (die aktuellen Betriebskosten werden wesentlich höher angenommen). Die gegenwertigen Entstehungskosten für Beschneiungsanlagen von 1 ha Piste - oder 1 km Abfahrtsfläche mit 100m Breite beträgt etwa 150.000 Euro. Die durch den Wintertourismus getätigten Einnahmen zeigen, dass selbst ein erhöhter finanzieller Aufwand auf absehbare Zeit vertretbar sein würde, wenn eine Erwärmung nur langsam fortschreitet.

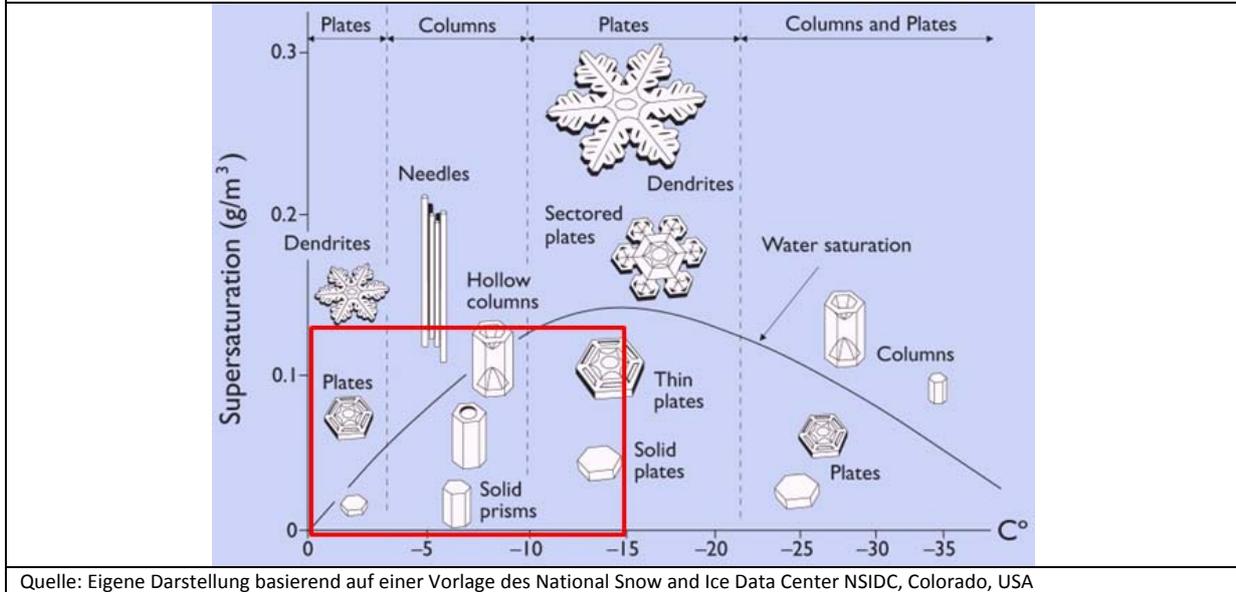
Um die immer kürzer werdenden Kälteperioden optimal nutzen zu können, wird das benötigte Wasser zur Kunstschneeproduktion in Speicherteichen gelagert. Dabei wird - je nach Größe des Speichers - zwischen Tages-, Wochen- und Saisonspeichern unterschieden. Der derzeit größte Speicher im Bundesland Salzburg weist einen Nutzinhalt von mehr als 400.000 m³ auf. Bei einer Vollnutzung würde dieser Speicher eine Million m³ Schnee produzieren, der rund 250ha Pistenfläche beschneien kann.

Im Rahmen der EU Wasserrahmenrichtlinie aus 2000 besteht ein Verschlechterungsverbot für Gewässer, welchem die Betreiber nachkommen müssen. Das Anlegen von Wasserspeichern in hohen Lagen, hält den Energieverbrauch und die daraus resultierenden CO₂ Emissionen nieder. Andererseits sind die Flächen in hohen Lagen begrenzt, ökologisch sensibel und Eingriffe in hohen Lagen prinzipiell bedenklich aufgrund von Störungsanfälligkeit, Wartung und Witterung.

Forschung zu Kunstschnee

Die Abbildung verdeutlicht den Unterschied zwischen Naturschnee und Kunstschnee. Naturschnee hat ein wesentlich breiteres Spektrum im direkten Zusammenspiel mit den äußeren Umgebungsfaktoren. Je nach Außenbedingungen, dem Temperaturgradient Wolken und Boden bzw. Wasserdampfsättigung in der Atmosphäre, gibt es eine Vielzahl möglicher natürlicher Kristallformen.

Abbildung 12 Unterscheidung zwischen natürlichen Schnee (volle Abbildung) und künstlichen Schnee (rotes Rechteck links unten in der Abbildung)



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf einer Vorlage des National Snow and Ice Data Center NSIDC, Colorado, USA

Bei der aktuellen Kunstschnee Produktion gibt es ein limitiertes rotes Spektrum, der produzierte Schnee ist relativ schwer. Die Wärmeisolation ist geringer als bei lockerem, leichtem Schnee.

Neue Entwicklungen der Beschneigungstechnik sind im Kommen und Kunstschnee wird künftig vielleicht billiger und umweltfreundlicher produziert. Der Technik sind aber in jedem Fall Grenzen durch die natürlichen Bedingungen gesetzt. Eine globale Erwärmung kann durch die Entwicklung Technologie basierter Anpassungsmethoden gemildert, aber nicht aufgehalten werden.

Die - unbekannte - Geschwindigkeit der Erwärmung ist ein Hauptunsicherheitsfaktor der Machbarkeit einer Anpassung. Technische Innovationen, die ressourcenschonender große Mengen an Kunstschnee erzeugen können sind dringend notwendig, um den Salzburger Wintertourismus annähernd auf dem heutigen Niveau zu halten.

Die Zukunft des Salzburger Wintertourismus

Trotz widriger natürlicher Umstände durch eine festgestellte Erwärmung ist der schneebasierte Wintertourismus gewachsen. Die Zahl der Einflußfaktoren für erfolgreichen Wintertourismus ist ebenso gewachsen, ebenso seine Empfindlichkeit. Der Aufwand für die Schneeproduktion ist stark gestiegen und wird weiter steigen.

Entscheidend sind die voranschreitende Technik zur Anpassung an wärmere Umweltbedingungen und ein allgemeiner Wohlstand, der es erlaubt, auch weiter in periphere alpine Gebiete investieren zu können. Für Salzburg war und ist der Wintertourismus die bedeutendste Einnahmequelle in nicht urbanen Gebieten. Die Wirtschaft der beiden Bezirke St. Johann und Zell am See ist voll auf den Wintertourismus abgestimmt.

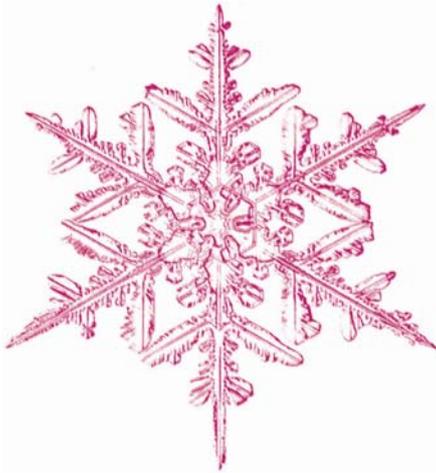
Geht die Entwicklung in den hier prognostizierten Bahnen, wird man noch einige Zeit anpassen können, der Preis der Anpassung wird aber höher werden. Schnee wird immer seltener von alleine fallen, sondern als Kunstschnee gemacht, mit stetig höherem Aufwand für die Betreiber. Die gerade Schwächsten werden aus dem Wintertourismus verdrängt. Im Idealfall kann sich ein Betrieb auf Nischen spezialisieren. Kinder- und Familienwintertourismus etwa haben geringere Anforderungen an die technische Infrastruktur des Wintertourismus.

Die statistischen Grundlagen zur Beobachtung der Tourismusentwicklung in Salzburg und Österreich sind gefährdet. Seit 2001/02 gibt es beispielsweise im Rahmen der Seilbahnstatistik des BMVIT keine bundesweiten Vergleichsdaten mehr wie dies zuvor der Fall war. Es wird empfohlen, diese Statistik zu reaktivieren und zugleich allgemeine Statistiken zu Beschneiungsanlagen öffentlich verfügbar zu machen.

Die Anpassung verursacht die Emission von mehr Treibhausgasen und beschleunigt so auch die weitere Erwärmung. Die Politik wird sich fragen müssen, welche Werte hier vertretbar sind um Glaubwürdigkeit bei den Folgeverhandlungen zu Kioto zu erlangen. Studien über regionale Ökobilanzen, z.B. LCA und LCIA, fehlen für ein abgerundetes Bild.

Neben der erwarteten Entwicklung einer kontinuierlichen Erwärmung muß man zudem annehmen, daß sich die Natur anders verhalten kann als Klimamodelle dies vorhersagen. Denn die Erschließung von höheren Regionen oder das Bauen von Speicherbecken für künstliche Beschneigung wären dann als Anpassungsmaßnahmen weniger zielführend.

Von den vielen möglichen Szenarien einer Schneedeckenänderung wurde hier eines, plus zwei Grad Erwärmung in allen Höhen bei stabilem Niederschlag gerechnet. Es gibt aber eine Vielzahl von weiteren Szenarien, die bei Bedarf erstellt werden können um politische Handlungsspielräume aufzuzeigen.



Kontakt & Anschrift:

DI Dr. Meinhard Breiling

Technik.Tourismus.Landschaft

Interfakultäres Kooperationszentrum der TU Wien

Operngasse 11/4, A-1040 Wien

Tel. +43-1-58801-26114 (direkt)

Tel. +43-1-58801-26140 bzw. 26110 (Sekretariat)

Fax: +43-1-58801-26199

e-mail: meinhard.breiling@tuwien.ac.at

Internet: <http://ttl.tuwien.ac.at>