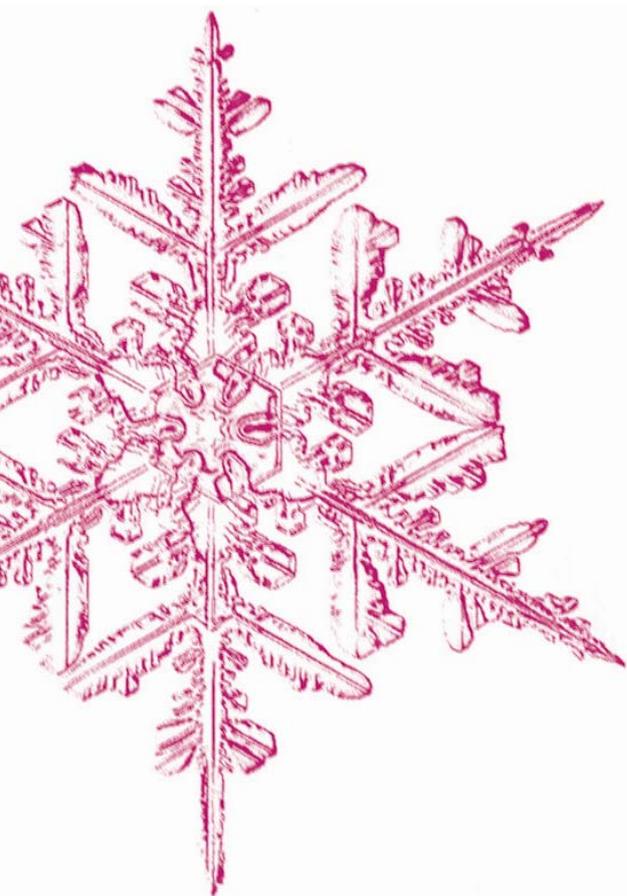




# Klimasensibilität des Salzburger Wintertourismus nach Bezirken

Die Bedeutung eines  
Klimawandels und Strategien  
der Anpassung

Meinhard Breiling, Pavel Charamza und  
Wolfgang Feilmayr





## Vorwort

Klimawandel und Wintertourismus ist seit einem Vierteljahrhundert ein Forschungsthema. Mein persönlicher Zugang zum Thema wurde durch Arbeiten zum Landschaftspflegeplan des Nassfelds im Jahr 1984 eröffnet. International wurde der Zusammenhang auch im Rahmen der IIASA „Future Environment of Europe“ Studie Ende der 80iger thematisiert, die von William Stigliani geleitet wurde. Der FWF finanzierte Anfang der 1990iger Jahre das Projekt P8079SOZ : „Die zukünftige Umwelt und Wirtschaftssituation peripherer alpiner Gebiete“

Anfang der 90iger Jahre gab es eine Zusammenarbeit mit dem Schweizer ProClim Programm, welches von Martin Beniston koordiniert wurde. Die Konferenzen von 1992 in Davos und 1994 in Genf waren dabei richtungsweisend. Kontakt zu Schweizer Forschern Bruno Abegg und Rainer Fröschl geschlossen, die ihrerseits das Thema in der Schweiz publik machten.

Im Jahr 1995 wurde vom österreichischen Wirtschaftsministerium, Abteilung Tourismus, unter Beteiligung des österreichischen Umweltministeriums die Studie „Klimasensibilität österreichischer Bezirke unter besonderer Berücksichtigung des Winterfremdenverkehrs“ in Auftrag gegeben und im August 1997 publiziert. Diese Studie wurde als Vorbereitungen auf die Kioto Konferenz im Dezember 1997 verwendet, die zum Abschluss des Kioto Protokolls führte. Seither ist das Thema Wintertourismus und Klimaänderung auch ein politisches Thema, welches immer wieder erwähnt wurde, jedoch nie zentral war.

In Österreich war das Thema Wintertourismus und Klimaänderung im Gegensatz zu anderen Ländern wie der Schweiz, aber auch Australien, Japan oder Kanada, zu denen in der Folge Forschungskontakte aufgebaut wurden, lange weniger bedeutend trotz weit größerer wirtschaftlicher Abhängigkeit. Kontakte zur Seilbahnwirtschaft, (Ingo Karl, Erik Wolff) oder zur Österreichwerbung (Karl Lukas, Petra Stolba) bestehen zwar seit langem, aber erst durch den Winter 2006/07 mit Rekordtemperaturen und Schneemangel kam das alte Thema geballt in das öffentliche Bewusstsein.

Die Forschungsergebnisse von 1997, waren plötzlich so aktuell wie nie zuvor, wenngleich eine Lücke von mehr als 10 Jahren, nicht überbrückt war. Es war die Initiative von Heidi Reiter, Landtagsabgeordnete von Salzburg, diese Lücke, zumindest für das Bundesland Salzburg, zu schließen. Der Auftrag erging an das 2005 etablierte, interfakultäre Kooperationszentrum TTL Technik.Tourismus.Landschaft der TU Wien (<http://ttl.tuwien.ac.at>). Die Arbeiten zu diesem Bericht überstiegen die ursprünglich veranschlagte Zeit. Wir danken daher dem Verein SnowFuture ([www.breiling.org/snow](http://www.breiling.org/snow)) für die gewährte Unterstützung zu diesem Projekt.

Es freut uns, den Bericht in der vorliegenden Form publizieren zu können.

Wien, am 1. Mai 2008,





# Klimasensibilität des Salzburger Wintertourismus nach Bezirken

Die Bedeutung eines  
Klimawandels und Strategien  
der Anpassung

Meinhard Breiling, Pavel Charamza und  
Wolfgang Feilmayr

Auftragsarbeit an das

Interfakultäre Kooperationszentrums  
Technik.Tourismus.Landschaft der TU Wien  
<http://ttl.tuwien.ac.at>

für die Grüne Fraktion der Salzburger  
Landesregierung

ISBN 3-900804-17-6

Schriftenreihe des Instituts für Städtebau,  
Landschaftsarchitektur und Entwerfen, TU Wien,  
E-260L



## Inhalt

Vorwort .....	3
1 - Einführung .....	9
Ausgangslage Klimaforschung, Klimawandel und Kioto Protokoll .....	11
Klimaänderung und Wintertourismus in Österreich und Salzburg .....	14
Die besondere Situation der Alpen .....	15
Generelle Richtung der Klimaänderung .....	16
Topographie von Salzburg .....	19
<b>Zusammenfassung Einführung</b> .....	22
2 - Temperatur .....	25
Temperaturentwicklung im Bundesland Salzburg .....	27
Wintertemperaturentwicklung im Bundesland Salzburg .....	30
Monatstemperaturen und Entwicklungstrend .....	32
<b>Zusammenfassung Temperatur</b> .....	35
3 - Niederschlag .....	37
Niederschlagsentwicklung von Salzburg .....	39
<b>Zusammenfassung Niederschlag</b> .....	43
4 - Schnee .....	45
Schneebedingungen im Land Salzburg 1948 – 2007 .....	47
Vergleich der Temperatur mit der Schneehöhe als Dekadenmittel nach Monaten bei fünf ausgewählten Stationen .....	49
Schneemodell für Salzburger Klimastationen .....	53
Regionalisierung auf Orte ohne Klimastationen in unterschiedlichen Höhen .....	54
Simulation des Erwärmungsszenarios plus 2°C für das Bundesland Salzburg .....	54
<b>Zusammenfassung Schnee</b> .....	56
5 - Bevölkerung .....	59
Bevölkerung nach Bezirken .....	61
Wertschöpfung .....	62
Auswirkungen einer klimainduzierten Änderung im Wintertourismus .....	63
Klimaänderung und Immobilienpreise .....	64
<b>Zusammenfassung Bevölkerung:</b> .....	66
6 - Nächtigungen .....	69
Nächtigungen nach Salzburger Bezirken .....	71
Saisonlänge im Wintertourismus .....	75
Saisonlänge im Wintertourismus bei 2°C Erwärmung .....	77

<b>Zusammenfassung Nächtigungen:</b> .....	79
<b>7 - Infrastruktur</b> .....	81
Aufstiegshilfen .....	83
Kunstschneeproduktion .....	86
Beschneigungstechnik.....	90
<b>Zusammenfassung Infrastruktur</b> .....	92
<b>8 - Zukunft</b> .....	95
Die Zukunft des Salzburger Wintertourismus .....	97
Quellen .....	99
Abbildungen .....	101
Tabellen .....	103



# 1 - Einführung



## Ausgangslage Klimaforschung, Klimawandel und Kioto Protokoll

Die Klimaforschung begann lokal mit Anders Celsius in Uppsala, Schweden in den 30iger Jahren des 18. Jahrhunderts mit der Entwicklung von relativ einfachen Meßinstrumenten. In den 60iger Jahren des 19. Jahrhunderts wurden die ersten regionalen Meßnetze aufgebaut, wie jenes von Österreich und regionale Vergleiche der Wetter- und Klimaentwicklung wurden möglich. Klimaforschung wird seit mehreren Jahrzehnten international betrieben: 1948 wurde der erste Großcomputer in Europa am schwedischen Rossby Zentrum für die Klimaforschung installiert. Wetter- und Klimavorhersagen wurden seither immer weiter verbessert. Die Richtung in welche sich das Klima bewegt war nicht eindeutig. Parallel zu den „Warming Theories“ gab es bis Ende der 70iger Jahre auch „Cooling Theories“ (Peterson et al. 2008) mit der Annahme, daß sich die Erde durch eine abnehmende Globalstrahlung abkühlen könnte und sich hierdurch eine Bedrohung für die Menschheit ergeben könnte.

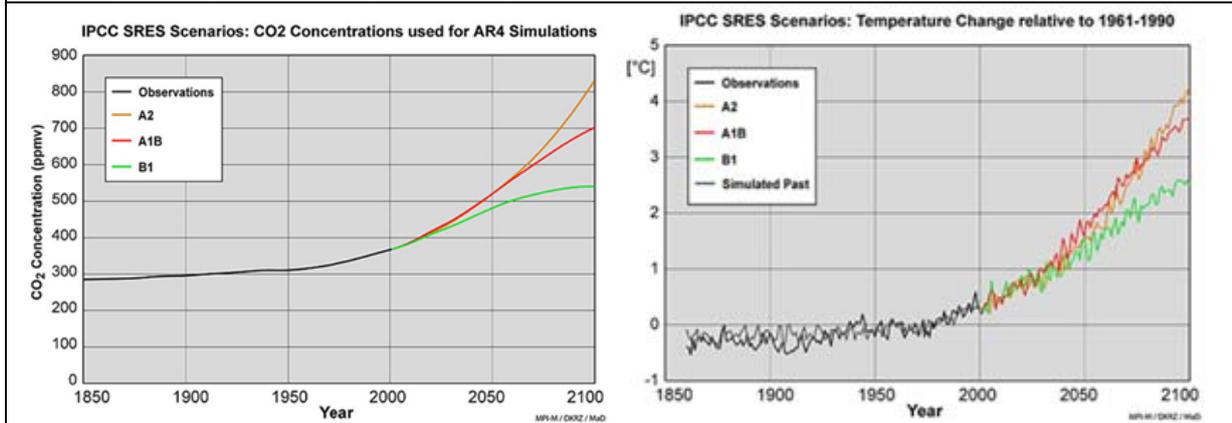
Die Wichtigkeit einer internationalen Klimaforschung wurde erkannt, doch erst in den 70iger Jahren gelang es – nach Überwindung der vor allem politischen Barrieren zur Zusammenarbeit aufgrund der Teilung der Welt in politische Blöcke - ein internationales Klimaprogramm zu etablieren. Das Weltklimaprogramm (WCRP) konnte 1980 etabliert werden (Döös 2007). Dadurch wurden erstmals zeitgleiche globale Meßdaten geliefert, die die heutige Klimaforschung möglich machten.

Klimamodelle sind die besten Hilfsmittel das künftige Klima zu erfassen. Weltweit stehen einige Duzend Klimamodelle zur Verfügung. Die politischen Entscheidungsträger und Forscher des International Panel on Climate Change (IPCC) gehen davon aus, daß durch mehrere bzw. alle Modelle gleichermaßen bestätigte Resultate richtig sind. Gerechnete Werte werden mit beobachteten Werten verifiziert. Der Analyse- und Vorhersagehorizont beträgt jeweils rund 100 Jahre. Die politische Grundannahme lautet, daß der weltweite Energiebedarf und die daraus resultierende Konzentration an CO<sub>2</sub> weiter steigen werden.

In manchen Details bleiben Klimamodelle ungenau, z.B. bei der Analyse von Schnee, wo mit Pauschalannahmen gerechnet wird und der Komplexität der Materie nicht Rechnung getragen wird (Breiling et al. 2007). Ein weiteres Beispiel für Ungenauigkeit sind Wolken und deren Reflexion von Sonnenlicht. Viele Faktoren können nicht oder noch nicht in entsprechender Schärfe dargestellt werden. Zur Beantwortung von Fragen - Wann? Wie stark? Und darauf aufbauend Welche Folgen? Welche Kosten? - bleibt ein erheblicher politischer und ein durch Interessen geleiteter Ermessensspielraum.

Der Zusammenhang Treibhausgase und Erwärmung war nicht unumstritten und bleibt gekoppelt an eine Vielzahl von ökonomischen Interessen. Ein Viertel Jahrhundert war notwendig um das Problem Klimawandel in ein Handlungsprogramm das sogenannte Kioto Protokoll zu transferieren. Die Stationen gehen über die erste UN Umweltkonferenz in Stockholm 1972 - bei der die Etablierung des UN Umweltprogramms UNEP in Nairobi beschlossen wurde – über die erste Klimakonferenz in Genf, 1979, die UN Konferenz von Villach zur Begrenzung von CO<sub>2</sub> und anderen Treibhausgasen, 1985, die Veröffentlichung des Brundtlandberichtes 1987, die Toronto Konferenz 1988, bei der das IPCC etabliert wurde und die 2. UN Umweltkonferenz in Rio de Janeiro, Brasilien (1992) welche die Klimarahmenkonvention hervorbrachte, die zum Kioto Protokoll von 1997 führte. Hier verpflichteten sich die Unterzeichnerstaaten, eine Reduktion der Treibhausgase auf den Stand 1990 bis zum Zeitraum 2008-2012 erreichen zu wollen.

Abbildung 1 Anstieg der Treibhausgase und Temperatur



Quelle: IPCC IAR4 2007

Der „IPCC Special Report of Emissions Scenarios“ unterscheidet vier Familien mit insgesamt 40 Szenarien. Je nach globaler Entwicklung kommt es zu mehr oder weniger Treibhausgasemissionen. Wir gehen einerseits von einer relativ moderaten globalen Erwärmung von 2°C mit rund 1°C Erwärmung in 2050 (Szenario B1), während andererseits (Szenario A2) auch 4°C Erwärmung für 2100 und 1,5°C für 2050 möglich sind.

Das IPCC wurde 1988 von der World Meteorological Organisation (WMO) und dem United Nations Environment Programme (UNEP) eingesetzt. Das IPCC hat die Aufgabe, in regelmäßigen Abständen von fünf bis sechs Jahren den Zustand des Klimasystems und seine Auswirkungen auf die menschlichen Gesellschaftssysteme festzustellen und Möglichkeiten der politischen Gegensteuerung zu benennen. Das IPCC betreibt keine eigene Forschung, sondern bedient sich der veröffentlichten wissenschaftlichen Literatur. Die Berichte werden durch Wissenschaftler erstellt, die im Welt-Klimaforschungsprogramm (WCRP) tätig sind. Mittlerweile wurden vier Berichte 1990, 1995, 2001 und 2007 veröffentlicht. Die ersten beiden Berichte waren maßgeblich für das Zustandekommen des Kioto Protokolls verantwortlich. Die beiden letzten Berichte zeigen, daß das Kioto Protokoll wirkungslos geblieben ist. Unterzeichnerstaaten und Nichtunterzeichnerstaaten werden mehrheitlich die Verpflichtungen bzw. die Ziele des Kioto Protokolls nicht erreichen. Ein Nachfolgeprotokoll soll 2008 in Kopenhagen verhandelt werden und Reduktionen um mehr als 50% bis 2050 anpeilen.

Der 4. Bericht des IPCC (AC4) legte im Frühjahr 2007 die wesentlichen Änderungen im Klimasystem dar: der Kohlendioxid-Gehalt der Luft hat seit 1750 um 35% von 280 ppm auf 379 ppm im Jahr 2005 zugenommen; die Zuwachsrate der letzten 10 Jahre ist die größte seit 50 Jahren; der heutige Wert ist der höchste in den letzten 650.000 Jahren; 78% der Erhöhung gehen auf die Nutzung fossiler Brennstoffe zurück und 22% auf Landnutzungsänderungen, z.B. Rodungen. Andere wichtige Treibhausgase wie z.B. Methan und Lachgas, deren Konzentrationen seit 1750 um 148% bzw. 18 % zugenommen haben, machen zusammen etwa halb soviel Erwärmungspotential aus wie der CO<sub>2</sub>-Anstieg. Die für eine Klimaänderung verantwortliche Änderung der Strahlungsbilanz ist vorwiegend durch Kohlendioxid verursacht, in kleinerem Umfang durch andere Treibhausgase. Änderungen der solaren Einstrahlung haben nur geringen Einfluß und es ist sehr wahrscheinlich, daß die Erwärmung der letzten 50 Jahre wesentlich durch anthropogene Treibhausgase (hauptsächlich Kohlendioxid) verursacht worden ist.

Die Erwärmung des Klimasystems ist ohne jeden Zweifel vorhanden. Die globale Oberflächentemperatur ist im Zeitraum 1906 bis 2005 um +0,74°C gestiegen. Von den letzten 12

Jahren (1995 – 2006) waren elf die wärmsten seit Beginn der Aufzeichnungen. Die Temperaturzunahme der letzten 50 Jahre ist doppelt so hoch wie die der letzten 100 Jahre. Die Arktis hat sich doppelt so stark erwärmt wie die Erwärmung im globalen Mittel. Die Häufigkeit heftiger Niederschläge hat zugenommen. Rekonstruierte Daten aus Baumringdaten deuten darauf hin, daß die Temperaturen der letzten 50 Jahre höher waren als jemals zuvor in den vergangenen 500 Jahren und wahrscheinlich höher als in den vergangenen 1300 Jahren.

Die schneebedeckte Fläche hat seit 1980 um etwa 5% abgenommen. Weltweit schrumpfen die Gletscher und tragen gegenwärtig mit 0.8 mm pro Jahr zum Meeresspiegelanstieg bei. Das Eis über dem Meer der Arktis ist seit 1978 im Jahresmittel um 8% und im Sommer um 22% zurückgegangen. In der Antarktis ist kein Rückgang zu sehen. Die Eisschilde auf Grönland und der Antarktis verlieren gegenwärtig Masse durch Schmelzen. Gletscherabbrüche tragen 0.4 mm pro Jahr zum Meeresspiegelanstieg bei. Die Temperaturen in den oberen Schichten von Permafrostböden haben sich seit 1980 um 3°C erwärmt. Die Ausdehnung des saisonal gefrorenen Bodens hat seit 1900 um 7% abgenommen, im Frühling sogar um 15%. Bis in Tiefen von 3000 m sind die globalen Mittel der Ozeane wärmer geworden. Diese Erwärmung hat zum Anstieg des Meeresspiegels beigetragen. Der Meeresspiegel ist seit 1993 durchschnittlich um etwa 3 mm pro Jahr gestiegen, im 20. Jahrhundert um 17 cm. Davon ist etwas mehr als die Hälfte durch thermische Ausdehnung des wärmeren Ozeans, etwa 25% durch Abschmelzen der Gebirgsgletscher, und etwa 15% durch das Abschmelzen der Eisschilde verursacht.

Je nach Energienutzung soll es zu folgender globalen Erwärmung kommen: 1.8°C (1.1–2.9°C) für das niedrigste und 4.0°C (2.4–6.4°C) für das höchste Szenario. Die größte Erwärmung findet dabei in hohen nördlichen Breiten statt. Für die nächsten 2-3 Jahrzehnte hängt die projizierte Erwärmung nur wenig von den Annahmen über zukünftige Emissionen ab, und selbst bei einem sofortigen Ende aller Emissionen würde durch die Trägheit des Klimasystems ein weiterer Temperaturanstieg bis zu ca. 0.6°C erfolgen.

## Klimaänderung und Wintertourismus in Österreich und Salzburg

Welche Beziehung besteht zwischen Wintertourismus und Klimaänderung? Auf viele Jahre war man speziell in Österreich darauf bedacht, diesen Bezug klein zu spielen. Es war dem Image als dem weltweit wichtigsten Wintertourismusland nicht dienlich, daß diese Begriffe Wintertourismus und Klimaänderung in einem Satz genannt werden. Zu wichtig ist der wirtschaftliche Faktor des Wintertourismus und selbst die Klimaforscher waren sich bis 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. Prägend für die Struktur des heutigen Wintersports in Österreich war eine relativ kurze Periode 1965 bis 1985, in der viele Skigebiete entstanden. Motor der Entwicklung war ein allgemeiner Wohlstand in Österreich und Europa mit dem Trend zu zwei Ferienreisen. Schnee war zu dieser Zeit gratis, während er heute mehrere Euros je m<sup>3</sup> kosten kann. Danach wurde bis dato an ein wärmeres Klima angepaßt. Auslösend für die Anpassung war eine relative Erwärmung um 0,7°C im Winterhalbjahr der Dekade 1985-95 relativ zur Periode 1965-85. Skisport und Wintertourismus sind in der Folge wesentlich teurer geworden.

Bereits vor den Kioto Verhandlungen zur Reduzierung der Treibhausgase wurde eine Studie zur „Klimasensibilität österreichischer Bezirke mit besonderer Berücksichtigung des Winterfremdenverkehrs“ herausgegeben (Breiling et al. 1997). Salzburg nimmt hinter Tirol die zweite Stelle der österreichischen Bundesländer in Bezug auf die wirtschaftliche Bedeutung des Wintertourismus ein. Durch den Wintertourismus werden 7,5% des Salzburger BIP direkt eingespielt. Der Wintertourismus von Salzburg ist im Schnitt doppelt so bedeutend wie im gesamtösterreichischen Durchschnitt. Betrachtet man die einzelnen Bezirke, so erwirtschaftet Salzburg (Stadt und Land zusammengefaßt) 1,88%, Hallein 4,24%, St. Johann 40,91%, Tamsweg 29,19% und Zell am See 36,79% des Bezirkseinkommen direkt aus dem Wintertourismus. Durch den Multiplikatoreffekt ist die Wertschöpfung des Wintertourismus in Abhängigkeit vom ökonomischen Rechenmodell sogar noch größer.

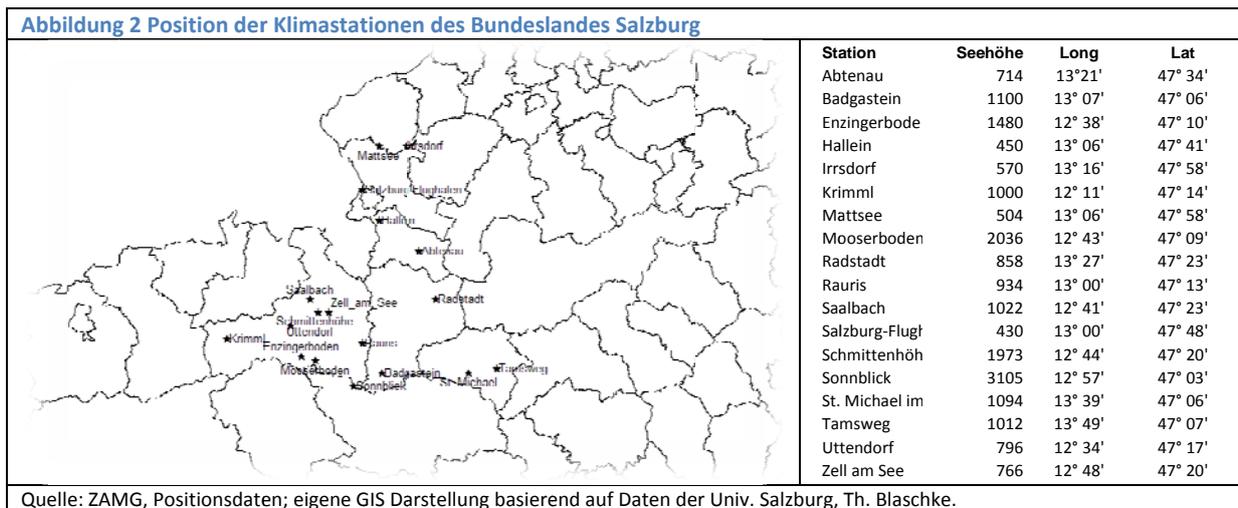
Die Salzburger Tourismuswirtschaft ist gleichzeitig Opfer und Promotor der Klimaänderung. Opfer deshalb, weil durch die Erwärmung große Kosten der Anpassung an ein wärmeres Klima entstehen bei gleichzeitigen Einnahmeverlusten. Promotor wegen der Rolle als Emittent von zusätzlichen Treibhausgasen durch Anpassung an eine wärmere Umwelt. Eine weitere Anpassung scheint umweltpolitisch nur unter Beibehaltung bzw. Senkung des derzeitigen Levels an CO<sub>2</sub> Emissionen vertretbar. Die Beschneigungstechnik kann in vielfacher Weise optimiert werden, der CO<sub>2</sub> Ausstoß pro produzierter Tonne Schnee kann noch weit gesenkt werden, aber notwendige Ökobilanzen, die ein solches Vorgehen überprüfbar machen, sind noch ausständig.

## Die besondere Situation der Alpen

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 alpine Umwelt sind nicht voll ersichtlich.

Abbildung 1.2 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.

Abbildung 2 Position der Klimastationen des Bundeslandes Salzburg



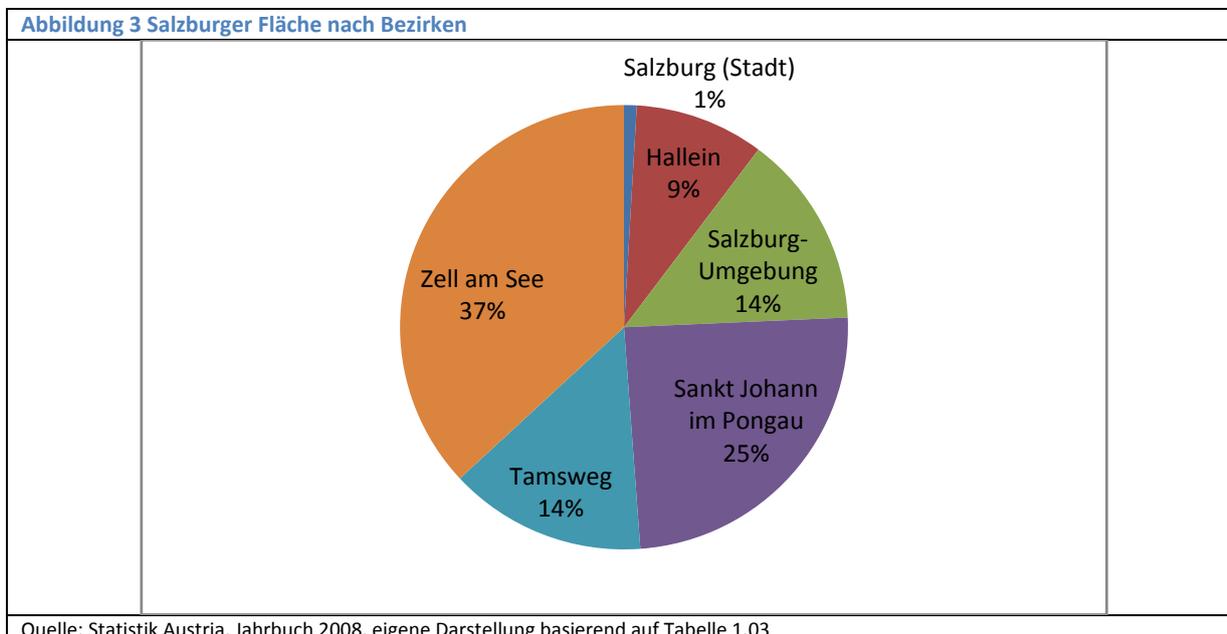
Quelle: ZAMG, Positionsdaten; eigene GIS Darstellung basierend auf Daten der Univ. Salzburg, Th. Blaschke.

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 mehr oder weniger große Lücken in der Aufzeichnung. Das Bundesland Salzburg besitzt durch die Station Sonnblick an der Grenze der Bezirke Zell am See, St. Johann und dem Bundesland Kärnten, eine auch aus internationaler Sicht besonders wertvolle Station, die seit Jahrzehnten drei Stunden Werte von unterschiedlichen klimatischen Parametern liefert. Eine Unterscheidung und Analyse zwischen räumlich sehr nahen Stationen ist möglich. International ist das Meßnetz weit weniger gut gesetzt als in Salzburg. Besonders der Bezirk Zell am See ist mit neun Stationen besonders reich an Meßstationen. Dieser Bezirk ist ein besonders intensiver Wintertourismusbezirk von Österreich.

## Generelle Richtung der Klimaänderung

Das Klima wird maßgeblich von der Topographie und Höhenlage bestimmt. Die erwähnte Meßdichte von 18 Stationen erlaubt es einen differenzierten Ansatz wählen zu können. Kleinräumige Unterschiede werden sichtbar. Salzburg erstreckt sich über eine Fläche von 7154,23 km<sup>2</sup>, die auf sechs Bezirke aufgeteilt wird.

Abbildung 3 Salzburger Fläche nach Bezirken



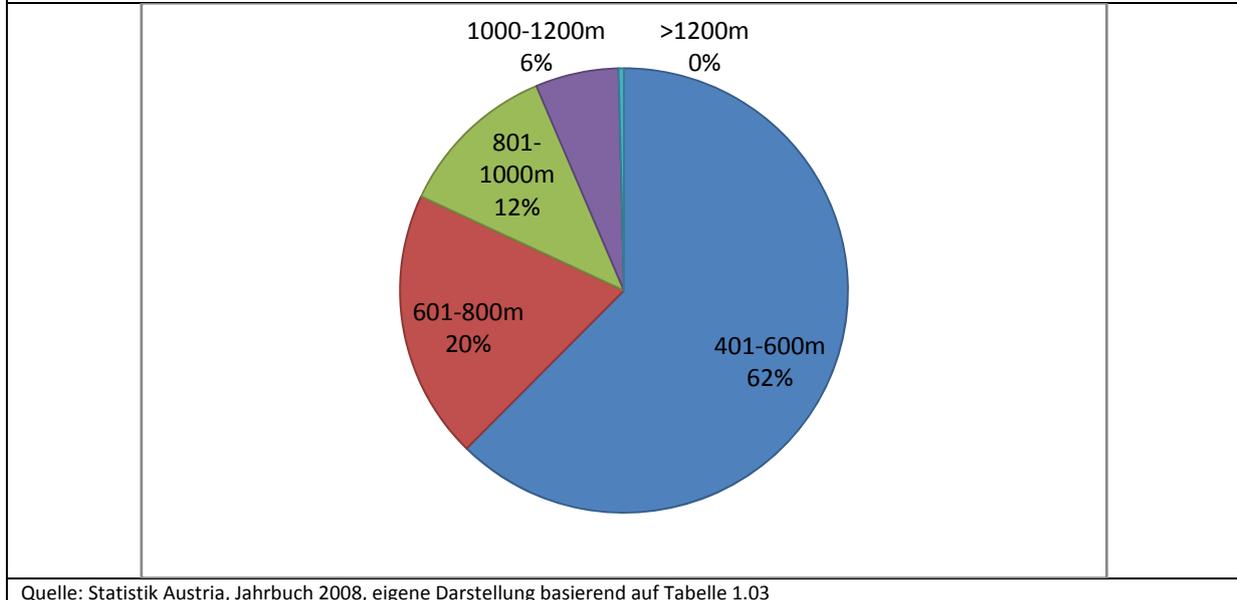
Das zentralere, nördliche Salzburg mit den Bezirken Salzburg Stadt und Salzburg Land (im folgenden zumeist zusammengefaßt als Bezirk Salzburg) und der Bezirk Hallein nimmt 24% der Fläche ein, während das periphere, südliche Salzburg mit den Bezirken St. Johann, Tamsweg und Zell am See 76% der Fläche einnimmt. Im März 2008 lebten 530.731 Menschen in Salzburg, davon zwei Drittel im nördlichen Salzburg und ein Drittel im südlichen Salzburg.

Die Skigebiete des nördlichen Salzburgs sind deshalb vor allem die Skigebiete der lokalen Bevölkerung, die leicht erreichbar für den Ausflugsverkehr sind. Sie haben wenig Bedeutung für den internationalen Tourismus. Hier im besonderen können sich die Effekte der Erwärmung zeigen und der Rückgang der Möglichkeiten zur Wintersportausübung ist evident. Die Skigebiete des Salzburger Südens fangen diesen Rückgang wieder auf, weshalb die internationalen Skigebiete der südlichen Bezirke auch die Skigebiete des lokalen Ausflugsverkehrs geworden sind. Die nördlichen Bezirke fallen mengenmäßig als Anbieter von skisportorientierten Wintertourismus nicht ins Gewicht. Der lokale Rückgang wurde vielfach in anderen Sektoren, vor allem Dienstleistungen, aufgefangen. 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 direkt keineswegs alle Salzburger. Wie an Abbildung 1.4 ablesbar ist, leben von den Salzburgern 62% 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 aber dort, wo auch die Wohnbevölkerung lebt. Ein Ausbleiben des Winters bzw. die Verkürzung der Saison, kann derzeit weitgehend technisch mittels entsprechender Infrastruktur (Kapitel 7) überbrückt werden. Inwieweit es Grenzen der

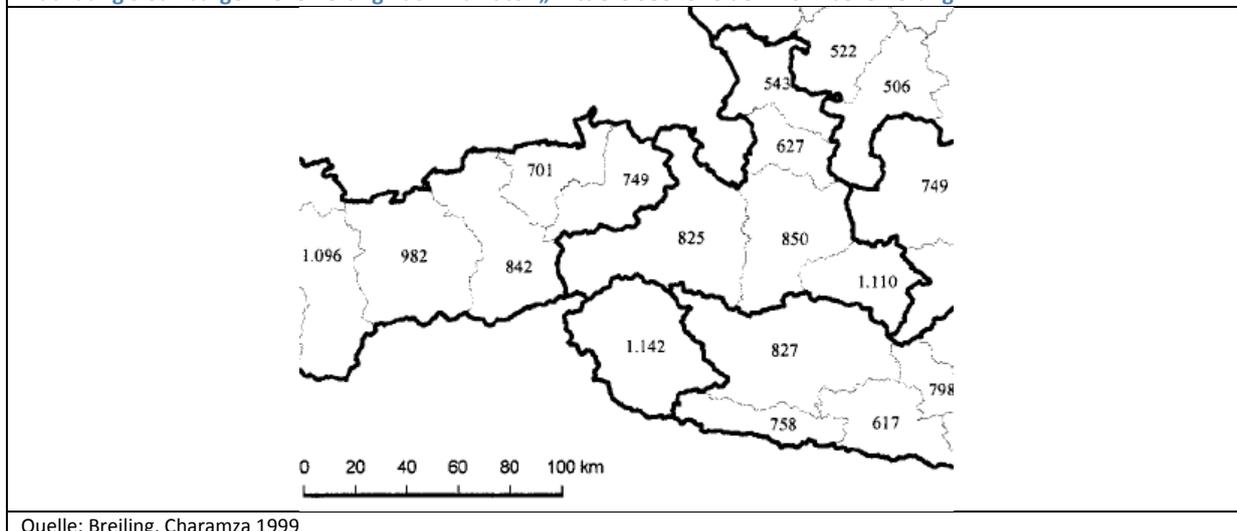
Akzeptanz für das Skifahren in einer nicht weißen Umgebung gibt wurde qualitativ und quantitativ nur ansatzweise diskutiert (z.B. Abegg 1996, Bürki 2000, Teich 2007) und bleibt wohl individuell abhängig von den Skifahrern und Konsumenten des Wintersports.

Abbildung 4 Salzburger Bevölkerung nach Seehöhe



Für die einzelnen österreichischen Bezirke wurde der Indikator „mittlere Seehöhe der Wohnbevölkerung“ (Breiling, Charamza 1999) ermittelt, der die Seehöhe der Wohnorte eines Bezirks gemittelt mit dem jeweiligen Flächenanteil in Bezug setzt.

Abbildung 5 Salzburger Bevölkerung nach Indikator „mittlere Seehöhe der Wohnbevölkerung“

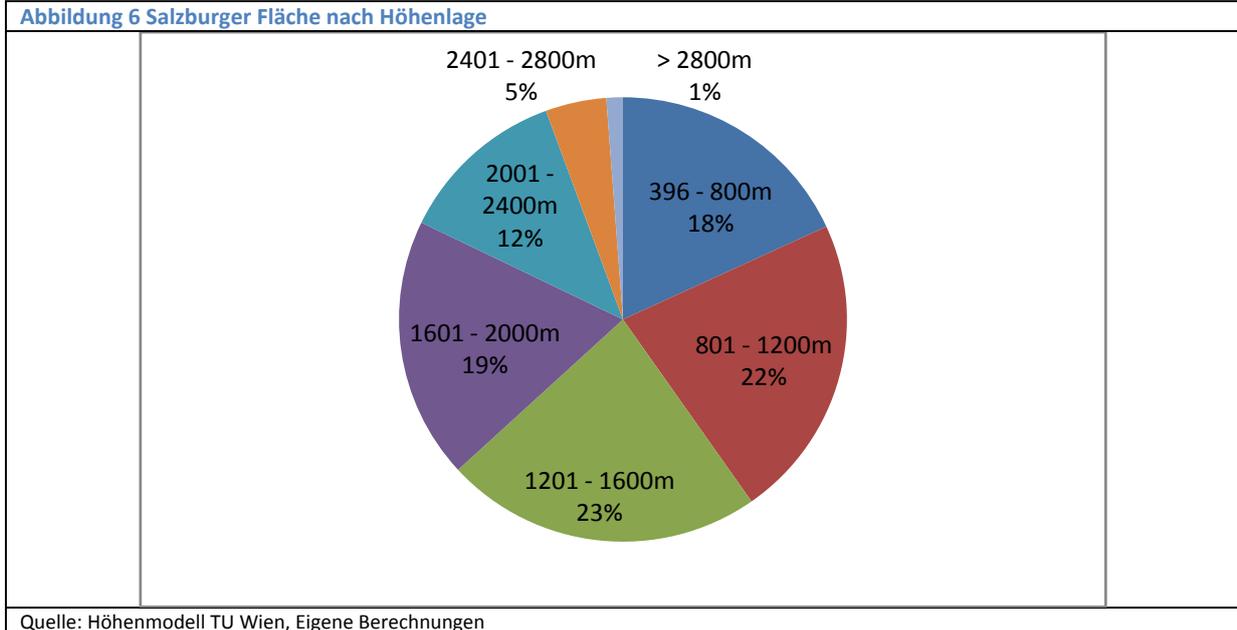


Die mittlere Seehöhe der Wohnbevölkerung von Salzburg beträgt 543m, jene von Hallein 627m, St. Johann 850m, Tamsweg 1110m und Zell am See 825m.

Weniger als 30km<sup>2</sup> 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. Eine daraus ableitbare Herausforderung im Zuge

der künstlichen Beschneigung ist die Anlage von Speicherbecken und das Sammeln von Wasser im darüber liegenden Einzugsgebiet.

Abbildung 6 Salzburger Fläche nach Höhenlage

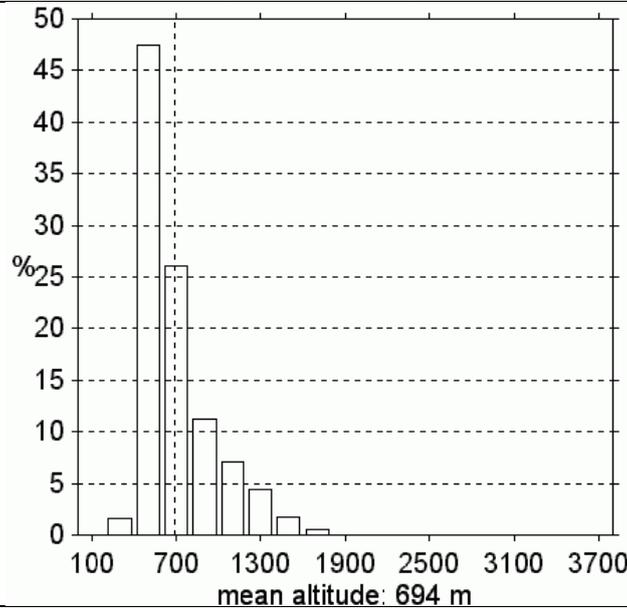


Prinzipiell ist es aus touristischer Sicht für die Beschneigung wünschenswert, Speicherbecken in hohen Lagen vorzufinden bzw. zu bauen. Dies würde Betriebskosten (Pumpkosten, entsprechend kalte Temperaturen) und CO2 Emissionen sparen.

## Topographie von Salzburg

Ein an der TU Wien entwickeltes Höhenmodell (TU Modell, 1990) und eine daraus abgeleitete Ausarbeitung von Charamza (2002) gibt Auskunft über die prozentuale Verteilung von Höhenklassen innerhalb der Salzburger Bezirke. Es wird die physische Durchschnittshöhe je Bezirk berechnet, die sich von der Durchschnittshöhe der ansässigen Wohnbevölkerung stark unterscheidet.

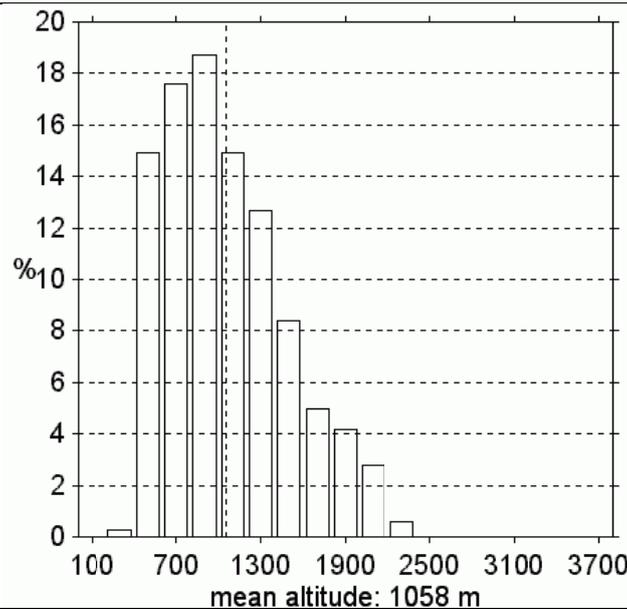
**Abbildung 7 Höhenverhältnisse der Bezirke Salzburg Land und Salzburg Stadt**



Quelle: Höhenmodell TU Wien, eigene Bearbeitung

In Salzburg (Stadt und Land) mit 1070 km<sup>2</sup> und 285.000 Einwohnern liegen weniger als 2% unter 400m Seehöhe, 47% der Fläche zwischen 400m und 600m Seehöhe, 26% zwischen 600m und 800m Seehöhe, 11% zwischen 800m und 1000m, 7% zwischen 1000m und 1200m und die verbleibenden 7% reichen bis in eine Höhe von unter 1800m. Die Durchschnittshöhe beträgt 694m.

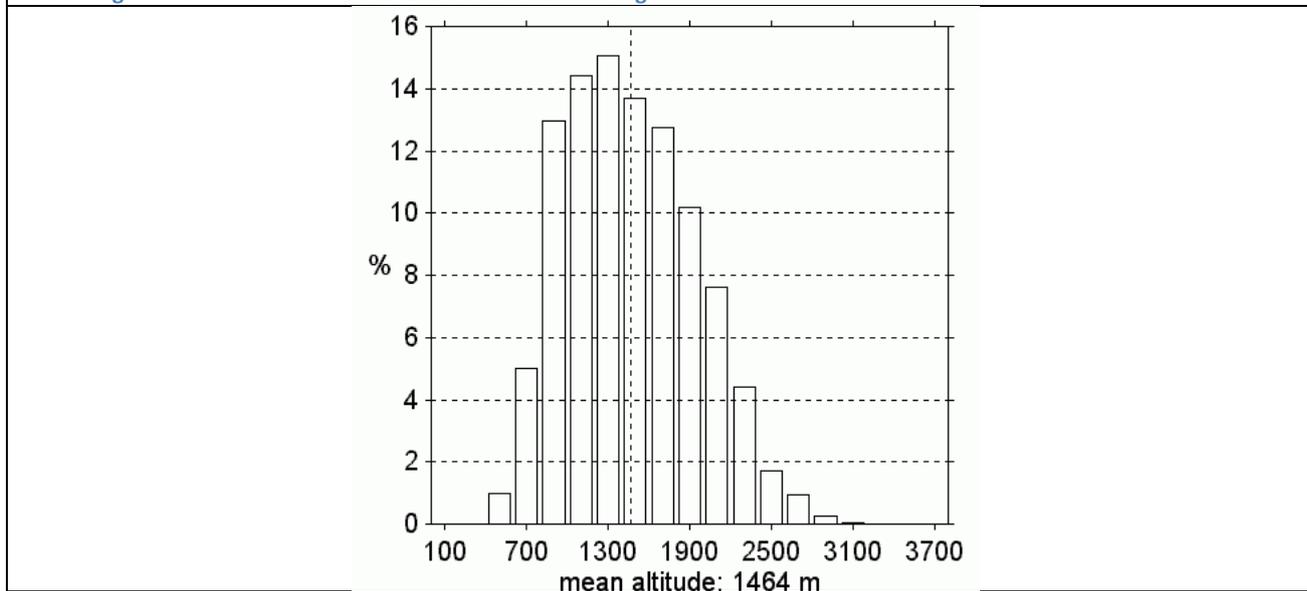
**Abbildung 8 Höhenverhältnisse des Bezirks Hallein**



Quelle: Höhenmodell TU Wien, eigene Bearbeitung

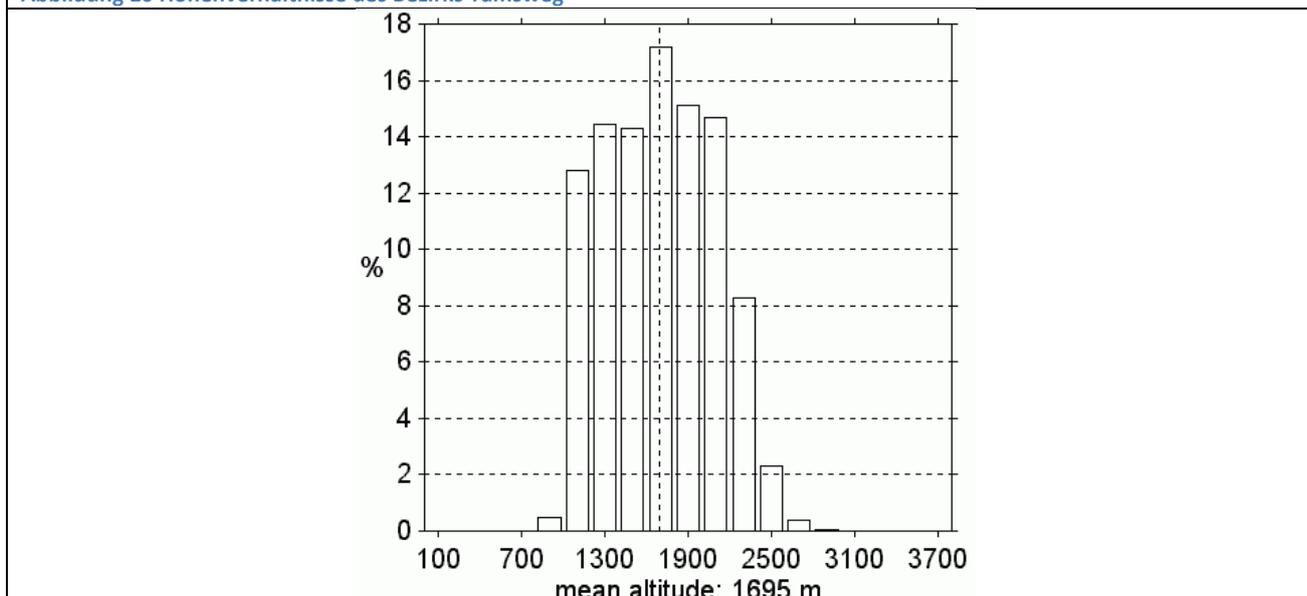
Im Bezirk Hallein mit einer Gesamtfläche von 668,31 km<sup>2</sup> und 54.282 Einwohnern (2001) liegen 15% der Fläche bis 600m. 18% zwischen 600m und 800m, 19% zwischen 800m und 1000m, 15% zwischen 1000m und 1200m, sowie 12% zwischen 1200m und 1400m. 8%, 5%, 4%, 3% und 1% lautet die Verteilung auf die Klassen 1400m bis 2400m.

Abbildung 9 Höhenverhältnisse des Bezirks St. Johann im Pongau



Der Bezirk St. Johann mit einer Fläche von 1.755,37 km<sup>2</sup> und 77.872 Einwohnern (2001) hat eine Durchschnittshöhe von 1464m. 1% der Flächen liegt zwischen 400m und 600m. 5% zwischen 600m und 800m. 13% in 800m bis 1000m, 14% in 1000m bis 1200m, 15% 1200m bis 1400m, 14% in 1400m bis 1600m, 13% in 1600 bis 1800m, 10% in 1800m bis 2000m, 8% in 2000m bis 2200m, 4% in 2200m bis 2400m, 2% in 2400m bis 2600m und 1% zwischen 2600m und 3200m lautet die Verteilung.

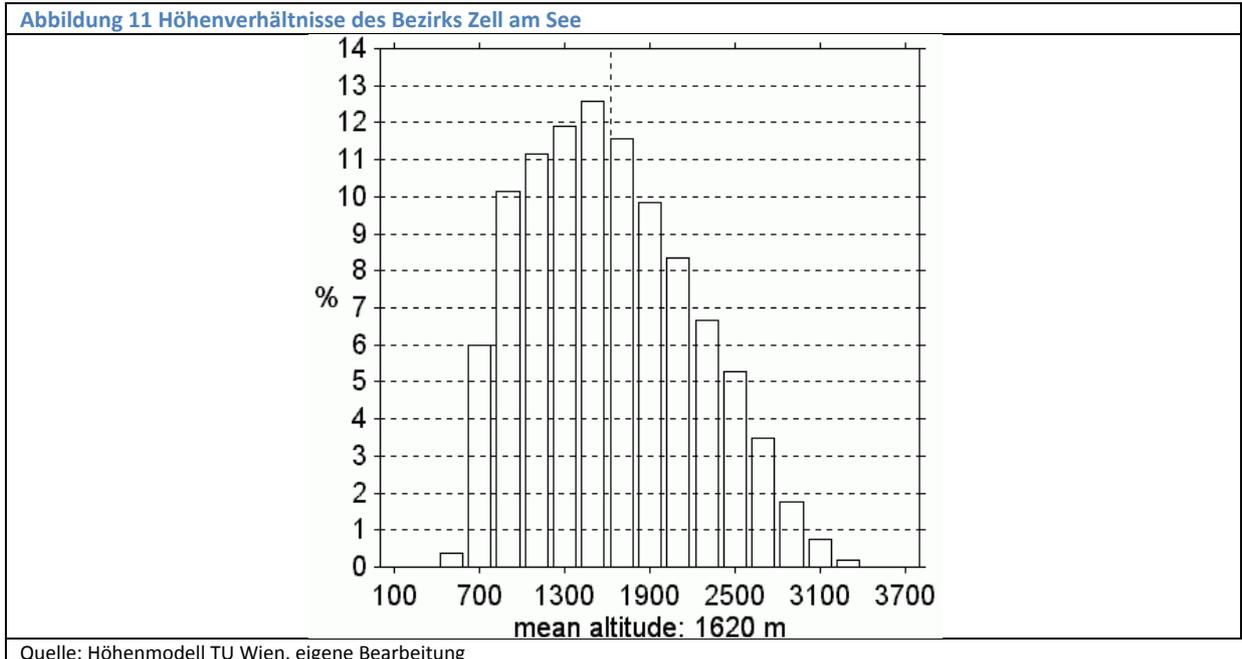
Abbildung 10 Höhenverhältnisse des Bezirks Tamsweg



Der Bezirk Tamsweg 1.019,69 km<sup>2</sup> und 21.283 Einwohnern (2001) hat eine Durchschnittshöhe von 1695m und ist der durchschnittlich höchste Bezirk von Salzburg. Weniger als 1% liegen unter 1000m.

13%, 14%, 14%, 17%, 15%, 15%, 8% lautet die Verteilung der darauf folgenden Höhenklassen im 200m Abstand und etwas mehr als 2% über 2400m.

Abbildung 11 Höhenverhältnisse des Bezirks Zell am See



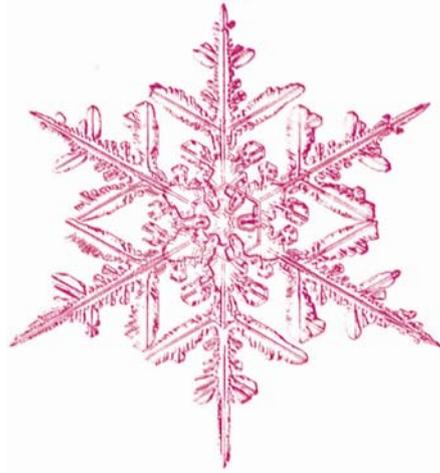
Der Bezirk Zell am See ist mit 2.640,85 km<sup>2</sup> und 84.124 Einwohnern (2001) durchschnittlich 1620m hoch und der zweithöchste Bezirk von Salzburg, wenngleich die absoluten Höhen, die größten im Bundesland sind und über 3200m hinausreichen. Kein weiterer Bezirk erstreckt sich sonst noch über 15 Höhenklassen in 200m Höhenunterschied. 6% reichen bis 800m, 10%, 11%, 12% und 13% reichen in die Klassen bis 1000m, 1200m, 1400m und 1600m. 12%, 10%, 8% und 7% sowie 5%, 3%, 2% und 1% der Flächen schließen an die Klassen bis 3200m an.

Betrachtet man den Durchschnitt des errechneten Indikators „mittlere Seehöhe der Wohnbevölkerung“ und des physischen Mittelwertes, der durch das Höhenmodell errechnet wird, ergeben sich folgende Unterschiede für die einzelnen Bezirke: Salzburg 151m [543m/694m], Hallein 431m [627m/1058m], St. Johann 614m [850m/1464m], Tamsweg 585m [1110m/1695m] und Zell am See 795m [825m/1620m]. Je größer der Höhenunterschied, desto unterschiedlicher können die Bedingungen für den Wintertourismus sein, bzw. desto flexibler kann man reagieren, wenn es in tieferen Lagen keinen oder zu wenig Schnee gibt.

## Zusammenfassung Einführung

- Seit 2007 und dem vierten Klimabericht geht das IPCC davon aus, daß mit Sicherheit eine Klimaänderung stattfindet!
- Die globale Temperatur ist zwischen 1906 und 2005 um 0,74°C gestiegen, in den nächsten drei Jahrzehnten wird ein weiterer Anstieg um 0,6°C erwartet. Die Arktis hat sich doppelt so stark erwärmt. Die schneebedeckte Fläche ist weltweit um ca. 5% zwischen 1980 und 2005 zurückgegangen. Das Abschmelzen der Gebirgsgletscher findet rasant statt.
- Klimamodelle sind die besten Hilfsmittel das künftige Klima zu erfassen. Weltweit stehen einige Duzend Klimamodelle zur Verfügung. Globale Klimamodellierung gibt es aufgrund der Datenverfügbarkeit seit 1980, Meßreihen von europäischen Stationen seit 1860, einfache Klimaaufzeichnungen seit 1730!
- Im Bezug auf die Erfassung von Schnee und der Dynamik von Schnee sind Klimamodelle mangelhaft und verbesserungsbedürftig.
- Offene Fragen der Klimafolgenforschung sind generell: Wann wird ein Ereignis eintreten? Wie stark wird es wirken? Welche Folgen für Mensch, Umwelt und Wirtschaftsgefüge müssen erwartet werden? Welche Kosten entstehen der Gesellschaft bzw. der Gemeinschaft?
- Das Kioto Protokoll ist gescheitert; die Unterzeichnerstaaten und Nichtunterzeichnerstaaten werden die gesetzten Ziele zur Reduktion der Treibhausgase nicht erreichen. Ein Nachfolgeprotokoll für das Jahr 2050 soll Ende 2008 in Kopenhagen verhandelt werden.
  
- Der Zusammenhang Wintertourismus, Schnee, Einkommen ist evident. Eine Erwärmung verändert die gegebene Struktur. Je nach Situation kann es Verlierer oder Gewinner geben.
- Salzburg ist hinter Tirol das wichtigste Wintertourismusland von Österreich. Bis zu 8% des Landeseinkommens stammen direkt aus dem Wintertourismus.
- Salzburg ist ein Opfer der Klimaänderung. Große Kosten der Anpassung entstanden in den letzten Jahrzehnten.
- Salzburg ist ein Promotor der Klimaänderung. Durch Anpassung werden weitere CO<sub>2</sub> Emissionen in den Umlauf gebracht.
- Globale Klimamodelle können nur wenig über die lokale Salzburger Situation aussagen. Salzburg als Gebirgsland weist eine hohe Variabilität auf, denn das Klima wird von Topographie und Höhenlage bestimmt.
- Zur Analyse der Klimasituation in Salzburg wird auf empirische Daten von 18 Stationen während der Periode 1948 bis 2007 zurückgegriffen.
- Skigebiete der nördlichen Bezirke von Salzburg sind aus internationaler Sicht wenig wichtig. Die dortige Bevölkerung lebt nur indirekt vom Tourismus. Die Mehrzahl der Bevölkerung wird vom Problem Klima – Wintertourismus nicht betroffen.
- Skigebiete der südlichen Bezirke von Salzburg sind aus internationaler Sicht sehr wichtig. Die ansässige Bevölkerung lebt fast ausschließlich vom Tourismus. Die Problematik Klima – Wintertourismus ist hier von höchster Priorität.

- Der Salzburger skisportorientierte Wintertourismus hat sich in einer kälteren Periode als heute in den peripheren Bezirken entwickelt. Hier fanden sich entsprechend kalte Bedingungen und relativ großen Höhen.
- Zwei Höhenindikatoren, die mittlere Seehöhe der Wohnbevölkerung und die durchschnittliche physische Höhe über dem Meer werden als Indikatoren für schnee-basierten Wintertourismus herangezogen.
- Die mittlere Seehöhe der Wohnbevölkerung beträgt für Salzburg 543m, Hallein 627m, St. Johann 850m, Tamsweg 1110m und Zell am See 825m.
- Die durchschnittliche physische Höhe aller Punkte des Bezirks beträgt in Salzburg 694m, in Hallein 1058m, St. Johann 1464m, Tamsweg 1695m und Zell am See 1620m
- In Ebenen liegen diese beiden Indikatoren dicht bei einander, in Gebirgen gibt die Differenz dieser Indikatoren eine Maßzahl für die Unterschiedlichkeit der möglichen Schneebedingungen im Bezirk an. Diese Differenz beträgt in Salzburg 151m, in Hallein 431, in St. Johann 614m, in Tamsweg 585m und in Zell am See 795m.
- Salzburg 151m [543m/694m], Hallein 431m [627m/1058m], St. Johann 614m [850m/1464m], Tamsweg 585m [1110m/1695m] und Zell am See 795m [ 825m/1620m].



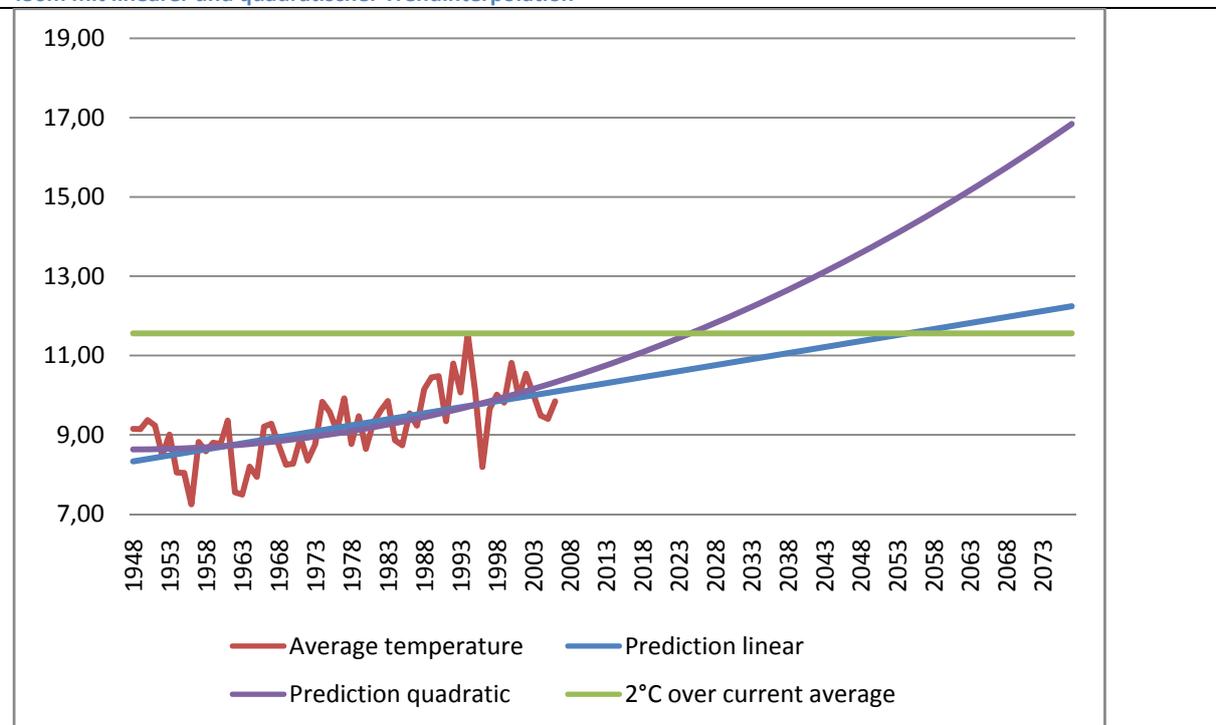
## 2 - Temperatur



## Temperaturentwicklung im Bundesland Salzburg

Man kann die Werte einzelner Stationen in Bezug auf die vorhandenen Zeitreihen in die Zukunft 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 – oder man unterstellt eine beschleunigte Erwärmung aufgrund der erhöhten Treibhausgaskonzentration. In diesem Fall nehmen wir keine linear wachsende Erwärmung, sondern eine quadratisch wachsende Erwärmung an. Je nach Station unterschiedlich, ergibt sich ein bestimmtes Datum des Erreichens von 2°C Erwärmung. Dieses Datum ist für jede Station unterschiedlich. Beispielhaft seien hier zwei Stationen gezeigt. Die gemessenen Werte sind rot dargestellt. Eine Erwärmung von 2°C relativ zum Mittel der 30 Jahr Periode 1970 – 2000 wird durch eine waagrechte Linie (grün) in den Abbildungen 12 und 13 gezeigt. Der lineare Trend (blaue Linie) zeigt eine Erwärmung wie bisher, der quadratische Trend (violette Linie) zeigt eine beschleunigte Erwärmung in Erwartung des Treibhauseffekts.

Abbildung 12 Zeitpunkt der prognostizierten Erwärmung von 2°C (gemäßigtes IPCC Szenario) für die Station Salzburg 430m mit linearer und quadratischer Trendinterpolation

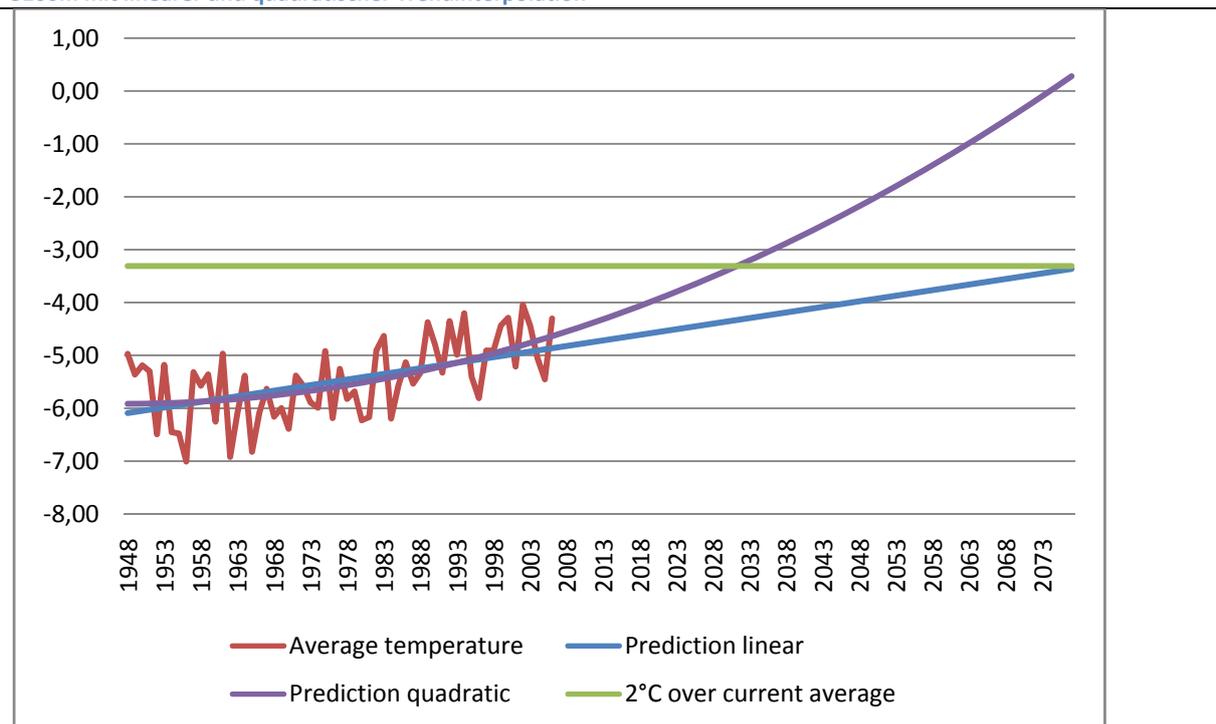


Quelle: Daten der ZAMG, eigene Berechnungen

Salzburg Flughafen ist die niedrigste 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 13 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 oder 4°C kann in Bezug auf Salzburg wesentlich stärker ausfallen. Die Interpolationen für alle Stationen können in den Tabellen 1 und 2 abgelesen werden.

**Tabelle 1 Zeitpunkt der Erwärmung um 1°C, 2°C, 4°C bei linearer Interpolation des Trends 1948-2007**

Station	Seehöhe	Temperatur 70-00	+1°C	+2°C	+4°C
Abtenau	714	8,03	2010,96	2035,66	2085,07
Badgastein	1100	6,39	1370,01	735,53	-533,45
Enzingerboden	1480	4,75	2036,37	2084,79	2181,64
Hallein	450	8,9	2016,28	2052,39	2124,62
Irrsdorf	570	8,21	2014,4	2041,63	2096,09
Krimml	1000	6,73	2018,56	2050,58	2114,61
Mattsee	504	9,14	2012,08	2035,36	2081,91
Mooserboden	2036	1,98	2030,82	2075,2	2163,94
Radstadt	858	6,67	2020,05	2058,04	2134,04
Rauris	934	6,44	2103,95	2230,63	2483,99
Saalbach	1022	6,03	1999,09	2010,24	2032,54
Salzburg-Flughafen	430	9,56	2021,36	2054,31	2120,23
Schmittenhöhe	1973	2,23	2030,82	2080,74	2180,59
Sonnblick	3105	-5,31	2032,28	2079,6	2174,23
St_Michael	1094	5,87	2023,94	2061,17	2135,65
Tamsweg	1012	5,91	2013,8	2045,8	2109,8
Uttendorf	796	6,95	2009,12	2031,09	2075,04
Zell_am_See	766	7,44	2018,99	2054,55	2125,68

Quelle: Daten der ZAMG, eigene Berechnungen

Die Erwärmung erscheint ungleich auf jeder Station. Basis für die Berechnung sind die gemessenen Daten, die aber nur in der Minderzahl über den gesamten Zeitraum 1948-2007 gehen. Auffällig bei der linearen Interpolation ist die negative Richtung bei der Station Badgastein, also eine erwartete Abkühlung, die statistisch nicht signifikant ist. Die Station Rauris erwärmt sich langsam, ein Grad Erwärmung ist erst fürs nächste Jahrhundert prognostiziert. Ansonsten erwärmen sich alle Stationen schneller bzw. wesentlich schneller als unter den globalen IPCC Annahmen.

**Tabelle 2 Zeitpunkt der Erwärmung um 1°C, 2°C, 4°C bei quadratischer Interpolation des Trends 1948-2007**

Station	Seehöhe	Temp 70-00	+1°C	+2°C	+4°C
Abtenau	714	8,03	2005,49	2019,07	2040,48
Badgastein	1100	6,39	2263,37	2398,04	2587,41
Enzingerboden	1480	4,75	2021,96	2043,92	2077,16
Hallein	450	8,9	2004,75	2021,04	2045,87
Irrsdorf	570	8,21	2007,76	2022,58	2045,76
Krimml	1000	6,73	2011,79	2028,46	2054,3
Mattsee	504	9,14	2008,68	2022,34	2044,04
Mooserboden	2036	1,98	2013,4	2031,08	2058,32
Radstadt	858	6,67	2005,76	2020,76	2044,03
Rauris	934	6,44	2029,08	2057,76	2099,73
Saalbach	1022	6,03	1999,23	2007,88	2022,27
Salzburg-Flughafen	430	9,56	2009,96	2024,6	2047,69
Schmittenhöhe	1973	2,23	2010,82	2029,08	2056,84
Sonnblick	3105	-5,31	2013,18	2031,3	2059,08
St_Michael	1094	5,87	2017,23	2037,4	2068,05
Tamsweg	1012	5,91	2004,83	2019,27	2041,76
Uttendorf	796	6,95	2006,44	2019,64	2040,62
Zell_am_See	766	7,44	2007,77	2023,22	2047,2

Quelle: Daten der ZAMG, eigene Berechnungen

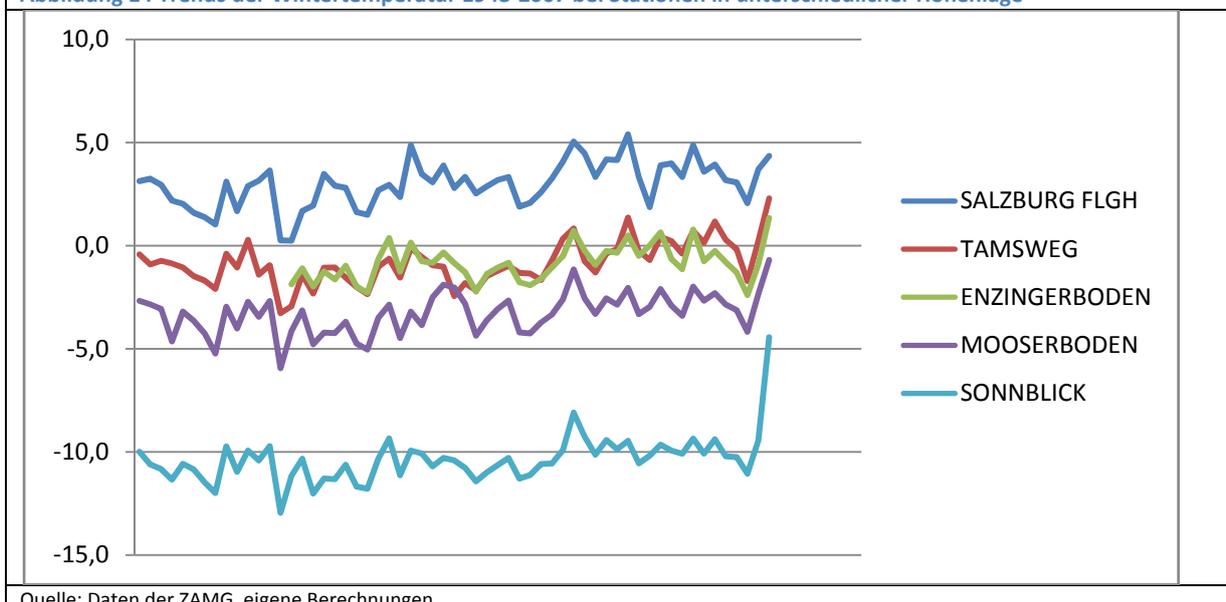
Die quadratische Interpolation zeigt nur mehr einen Erwärmungstrend, der bei 16 der 18 Stationen innerhalb der nächsten Jahrzehnte bis 2080 eine Erwärmung um 4°C annehmen lässt. Bei der Station Badgastein wird die Erwärmung erst in ferner Zukunft erreicht. Die quadratische Interpolation der Werte von Rauris entspricht den globalen Szenarien des IPCC.

Die Station Badgastein hat bei linearer Trendinterpolation als einzige Station einen Abkühlungstrend. Bei quadratischer Trendinterpolation werden die jeweiligen Erwärmungsszenarien sehr spät nach 2263 erreicht. Die Station Saalbach erreicht die Erwärmungsszenarien sowohl bei linearer als auch quadratischer Interpolation zu schnell. Vier Grad Erwärmung werden hier bereits 2033 erreicht. Es wird empfohlen, diese beiden Stationen als Extreme zu betrachten und mit entsprechender Vorsicht zu beurteilen.

## Wintertemperaturentwicklung im Bundesland Salzburg

Der letzte Winter 2006/07 war der wärmste! Zumindest in Lagen über 1000m, nicht jedoch in Salzburg. Der Abstand im Temperaturgefälle zwischen Berg und Tal war noch nie so schmal wie in der Saison 2006/07, wo die Temperaturdifferenz auf rund 60% des langjährigen Durchschnitts zurückging.

Abbildung 14 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°C und der drittwärmste Wert -8,9°C wurde zweimal, 1989/90 und 1971/72 gemessen. Man sieht, ohne die letzte gemessene Saison, würde die Variation der Saisons nur 4,9°C betragen.

Die Wintersaisonen (November bis April) der übrigen Stationen variieren wie folgend:

In Abtenau stehen 38 Saisonen seit 1963/64 bis 2000/01 zur Verfügung. Die Schwankungen betragen 3°C mit dem Minimum 0,2°C von 1969/70 und dem Maximum 3,2°C von 1999/00.

Die Station Badgastein mit 57 Saisonwerten und einer Lücke mit den Saisonen 1993/94 bzw. 1992/93 schwankt mit 3,6°C, zwischen einem Minimalwert 1961/62 von -1,4°C und 2006/07 mit 2,2°C. Der zweitkälteste Wert wurde 2004/05 mit -1,1°C, der zweitwärmste 1973/74 mit 2,0°C festgestellt.

Für 36 Saisonen beginnend 1959/60 und 1995/96 stehen Werte von der Station Hallein zur Verfügung, die innerhalb von 4,5°C variieren. Die kälteste Saison ist 1959/60 mit 0,3°C, die wärmste die Saison 1993/94 mit 4,8°C.

In Irrsdorf konnten 28 Saisonen zwischen 1973/74 bis 2000/01 mit einer Schwankungsbreite von 3,5°C untersucht werden. 1993/94 war die wärmste Saison mit 3,7°C und 2000/01 die kälteste mit 0,2°C.

In Krimml auf 1000m Seehöhe, wurden 44 Saisonen im Zeitraum 1961/62 bis 2006/07 verglichen, wobei eine Lücke 1979/80 bis 1982/83 besteht. Die Variabilität der Saisonen beträgt 4,5°C, die kälteste Saison ist 1961/62 mit -1,6°C, die wärmste 2006/07 mit 2,9°C.

Von der Station Mattsee sind 45 Saisonen mit Start 1961/62 bis 2006/07 analysiert. Die kälteste Saison wurde 1962/63 mit 0,2°C und die wärmste 1993/94 mit 4,8°C registriert. Wie bei der Station Salzburg Flughafen waren die Saisonen 1973/74 und 1999/00 wärmer als die Saison 2006/07.

Die Station Radstadt hat 57 Saisonen ab 1950/51 aufgezeichnet. Der kälteste Wert mit -1,9°C wurde 1969/70 erreicht, der wärmste in der Saison 2006/07 mit 2,9°C. Die Variation betrug 4,8°C.

Eine komplette Reihe von 59 Saisonen existiert von der Station Rauris. Die Saison 1961/62 war mit -2,3°C die kälteste, jene von 2006/07 mit 2,6°C die wärmste. Die Schwankungen betragen 4,9°C.

Von Saalbach wurden 32 Saisonen von 1975/76 bis 2005/06 analysiert. 1979/80 ist mit -1,6°C die kälteste und 1996/97 mit 1,5°C die wärmste Saison, die Schwankungen sind im Bereich 3,1°C.

Von der Station Schmittenhöhe konnten 57 Saisonen analysiert werden. Die zwei fehlenden Saisonen sind 1981/82 und 1982/83. Die wärmste Saison war 2006/07 mit 0,4°C und die kälteste im Jahr im Jahr 1961/62 mit -5,4°C. Die zweitwärmste Saison im Jahr 1988/89 war mit -0,5°C um 0,9°C kälter. Die Variationen betragen 5,8°C.

Werte von der Station St. Michael im Lunggau standen seit 1969/70 zur Verfügung. Die Schwankungsbreite von 39 Saisonen betrug 3,7°C, die kälteste Saison war 1990/91 mit -1,8°C, die wärmste mit 1,9°C in der Saison 2006/07, um 0,8°C wärmer als der bisherige Spitzenreiter, die Saison 2001/02.

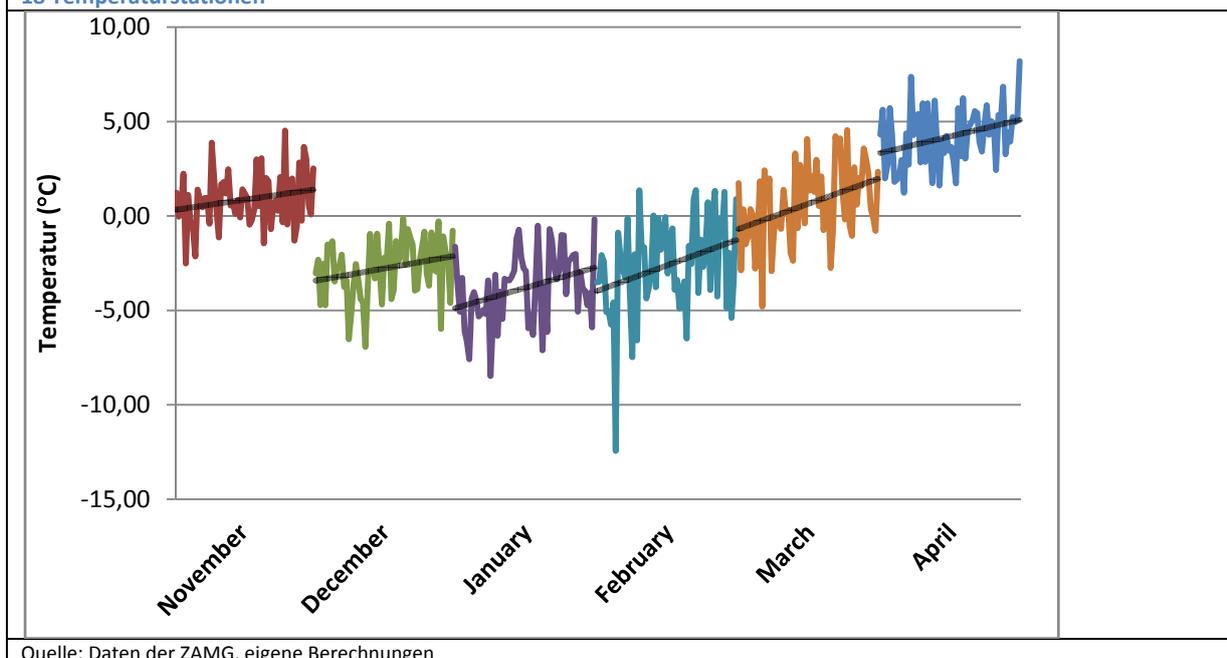
In Uttendorf wurden die Saisonen seit 1961/62 analysiert. Die Saisonen 1965/66 und 2006/07 konnten aufgrund unvollständiger Datensätze nicht ausgewertet werden. Die verbleibenden 46 Saisonen brachten ein Minimum von -1,9°C in der Saison 1961/62 und mit 1,8°C ein Maximum in der Saison 1993/94. Die Schwankungen betragen 3,7°C.

Abgesehen von der Saison 1983/84 und 2006/07 konnten von der Station Zell am See alle Saisonen zwischen 1948/49 und 2005/06 analysiert werden. Die wärmste Saison war jene von 2001/02 mit 2,4°C und die kälteste jene von 1961/62 mit -1,8°C. Die Schwankung betrug 4,4°C.

## Monatstemperaturen und Entwicklungstrend

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

Abbildung 15 Die Erwärmung im Bundesland Salzburg 1948 – 2007 nach Monaten als Mittel der verfügbaren Werte von 18 Temperaturstationen

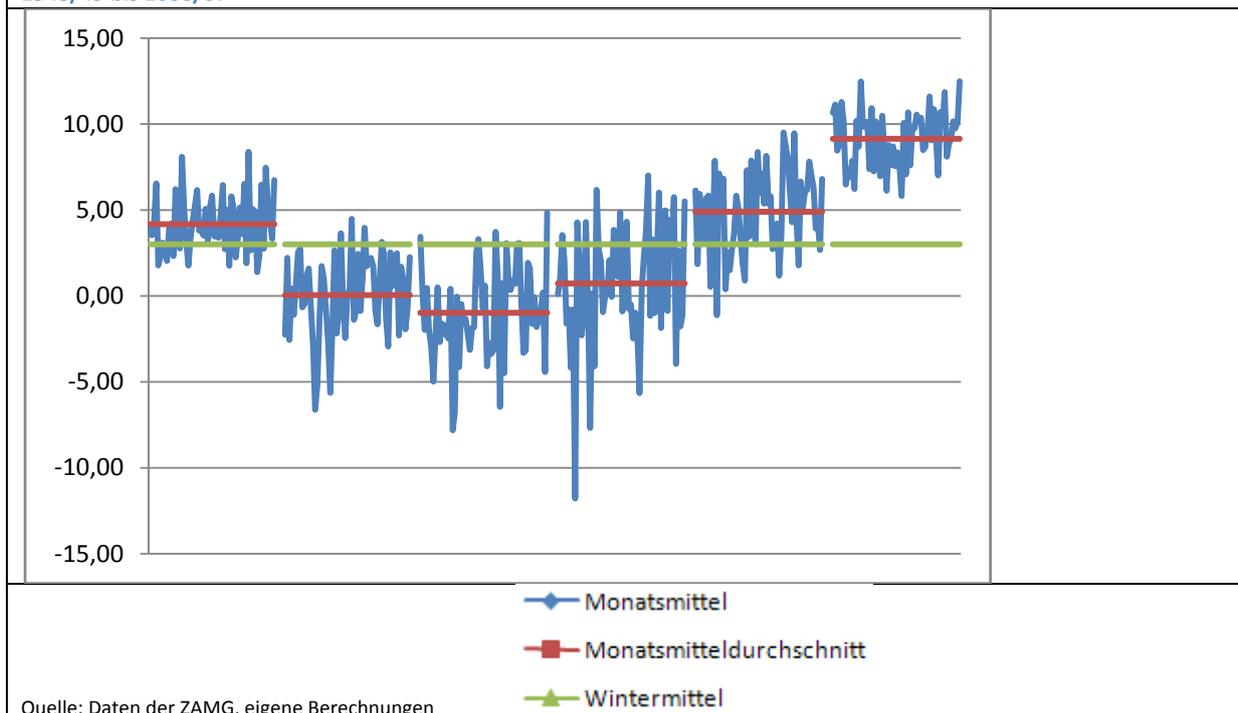


Erwärmung gab es in langjährigem Trend in jedem Monat, nur die Erwärmung war unterschiedlich stark. Am stärksten war die Erwärmung im Februar und März gefolgt von den Monaten Jänner, April und Dezember, während sie im November relativ am schwächsten war.

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 zu wenig aus. Kurzzeitige kalte Temperaturen müssen genutzt werden um die Effizienz der Schneeszeugung zu steigern.

Einfache Temperaturkennzahlen bezogen auf Orte oder Regionen sagen alleine nicht viel aus. Es gilt die Prozesse und Zyklen der Temperaturentwicklung – vor allem auch Extremsituationen - für Betroffene greifbar und planbar zu machen. Die Kenngrößen müssen mit der Wirtschaftsaktivität Wintertourismus in Bezug stehen. Beispielhaft seien die fünf Temperaturstationen aus Abbildung 14 herausgegriffen. Abbildungen 16 bis 19 zeigen wie die Monatswerte (blau) um die Monatsmittel (rot) der Periode variieren und die Monatsmittel (rot) um das Periodenmittel (grün) variieren.

Abbildung 16 Temperaturanalyse der Wintermonate November bis April der Station Salzburg Flughafen, 430m, Saison 1948/49 bis 2006/07



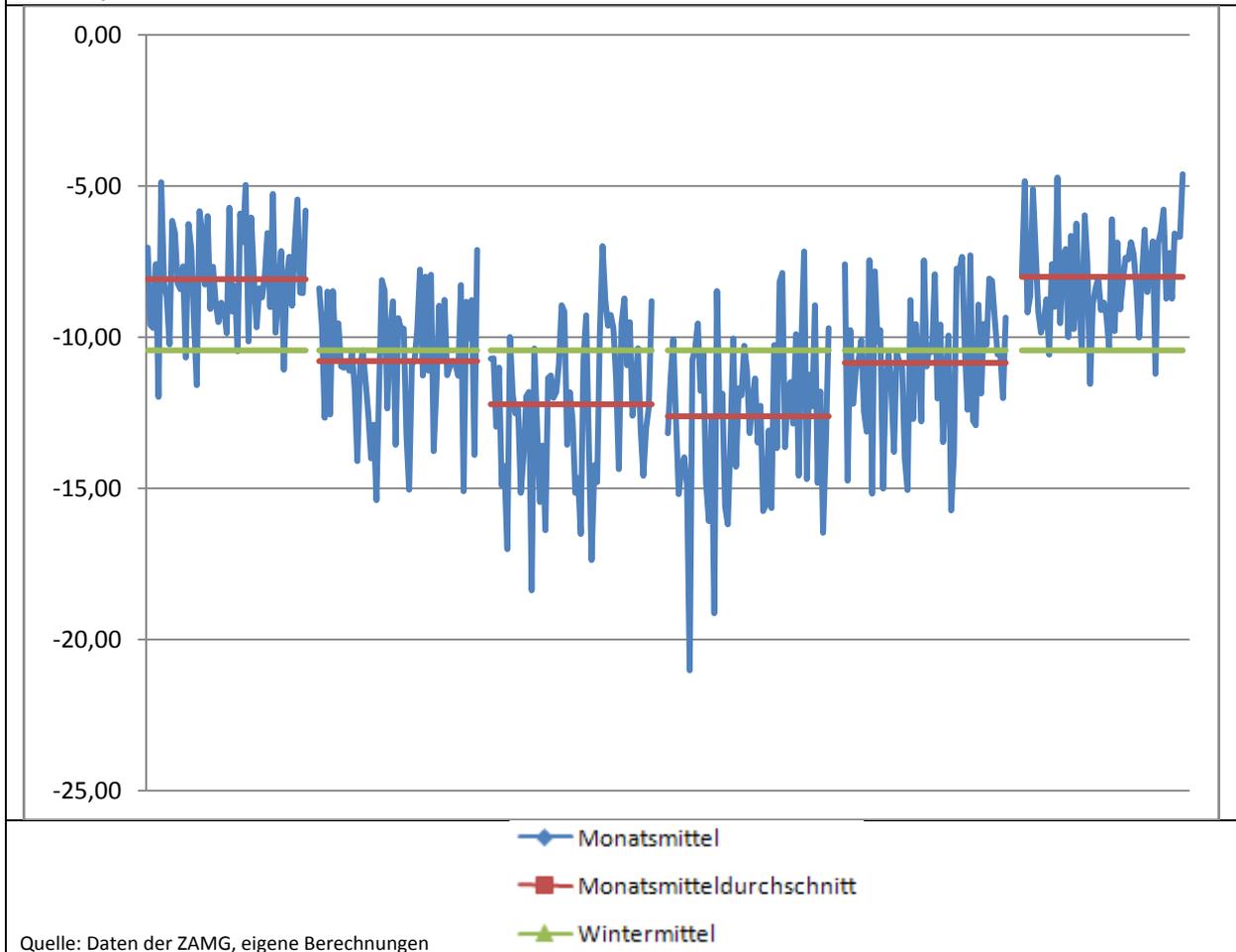
Das langjährige Periodenmittel liegt bei 3°C. Die Monate Dezember, Jänner und Februar sind um 3°C, 3,5°C und 2,5°C kälter, während November, März und April um 1°C, 2°C und 6°C wärmer sind. Der wärmste und kälteste Monat der Periode liegen um 24°C voneinander entfernt. Die größte Monatsvariabilität zeigt der Februar mit 18°C Temperaturunterschied zwischen dem wärmsten und kältesten Februarmonat.

Die Werte der Station Tamsweg, 1012m Seehöhe, hat mit 18°C zwischen wärmsten und kältesten Monat eine geringere Schwankungsbreite als Salzburg, die Temperaturen liegen im Periodenmittel bei -0,8°C und 3,8°C tiefer als jene in Salzburg. Der ungleichste Monat ist Februar mit Schwankungen innerhalb von 9°C.

Die Station Enzingerboden mit einem Periodenmittel von -0,9°C in 1470m Seehöhe, schwankt mit 17°C zwischen wärmsten und kältesten Wintermonat etwas weniger als Tamsweg. Auch hier ist der Februar mit 10°C jener Monat, der am meisten variiert.

Die Station Mooserboden mit -3,3°C im Periodenmittel weist einen Temperaturunterschied von 18°C bei einzelnen Monaten auf und bei den einzelnen Februarwerten einen Unterschied von 15°C.

Abbildung 17 Temperaturanalyse der Wintermonate November bis April der Station Sonnblick, 3105m, Saison 1948/49 bis 2006/07



Das Periodenmittel der Station Sonnblick beträgt  $-10,4^{\circ}\text{C}$ . Der kälteste Monat ist nicht mehr Jänner, sondern Februar mit  $-12,5^{\circ}$  gefolgt von Jänner und den etwa gleich kalten Monaten Dezember und März, die mit ihren Monatsmitteln unter dem Periodenmittel liegen. November und April sind im Periodenmittel jeweils  $2^{\circ}\text{C}$  wärmer als der Periodendurchschnitt. Die einzelnen Monate des Winterhalbjahres schwanken in der Gesamtperiode mit  $17^{\circ}\text{C}$ , die Februarwerte schwanken mit  $13^{\circ}\text{C}$ .

## Zusammenfassung Temperatur

- Die 18 Stationen des Bundeslandes Salzburg an denen Temperatur gemessen wurde lagen in einer Höhenlage von 430m, Flughafen Salzburg und 3106m, Sonnblick. Die zweithöchste Station Mooserboden lag auf 2036m. Die Höhendifferenz der tiefsten und höchsten Station betrug 2676m.
  - Die Jahresdurchschnittstemperatur aller 18 Stationen lag im Mittel der Periode 1970 bis 2000 zwischen 9,56°C in Salzburg Flughafen und – 5,31°C am Sonnblick. Mit Ausnahme der Station Sonnblick hatten alle übrigen 17 Salzburger Stationen ein positives Jahresmittel.
  - Die Referenzszenarien einer Erwärmung waren in Anlehnung an den IPCC Bericht 1°C, 2°C und 4°C. Die Temperaturdaten wurden auf die Erreichbarkeit dieser Werte statistisch untersucht. Die Länge von Zeitreihen und das Miteinbeziehung unterschiedlicher Perioden ist für das Ergebnis entscheidend. Einige Stationen hatten Lücken in der Datenerfassung.
  - Ein Grad Erwärmung bezogen auf den Durchschnitt der Periode 1970 und 2000 kann bei einigen Stationen (Abtenau, Mattsee, Saalbach, Salzburg, Sonnblick) innerhalb der nächsten fünf Jahre (2013) erreicht, bzw. wurde bereits erreicht.
  - Das mittlere Szenario von 2°C Erwärmung wird bei linearer Trendinterpolation der Zeitreihen frühestens im Jahr 2035 (Abtenau und Mattsee) und spätestens 2231 (Rauris) erreicht. Bei quadratischer Trendinterpolation werden diese Werte wesentlich früher erreicht. Im Falle der Station Abtenau bereits im Jahr 2019 und im Jahr 2057 im Falle der Station Rauris.
  - Das Maximalszenario mit 4°C Erwärmung wird bei 16 Stationen und quadratischer Trendinterpolation zwischen 2040 und 2100 erreicht und zwischen 2075 und 2136 bei linearer Trendinterpolation.
- 
- Die touristische Winterperiode Nov.2006/Apr.2007 war die wärmste seit 1948 und stellte eine große Herausforderung an die Skigebiete dar.
  - Der Abstand im Temperaturgefälle zwischen Berg und Tal war noch nie so schmal wie 2006/07 und betrug nur 60% des üblichen langjährigen Temperaturgefälles.
  - Das Wintermittel für die Station Salzburg war mit 3°C das wärmste Mittel und betrug für den Sonnblick -10,4°C als kältestes Wintermittel
  - Die Variation der Wintermittel betrug in Salzburg 5,2°C, in Tamsweg 6°C, in Mooserboden 5,2°C und am Sonnblick 8,6°C. Ohne die Saison 2006/07 würde die Variation der Station Sonnblick nur 5,1°C betragen.
- 
- Jänner ist in Salzburg der kälteste Monat, gefolgt von den Monaten Februar, Dezember, März, November und April.
  - Die Erwärmung war unterschiedlich bezogen auf einzelne Monate. Am stärksten erwärmten sich die Monate Februar und März, danach Jänner und April und relativ am schwächsten war die Erwärmung in den Monaten November und Dezember.
  - Die einzelnen Wintermonate variieren unterschiedlich. Im Mittel der Salzburger Stationen variiert der Februar mit 13°C Unterschied in 59 Jahren am stärksten. Danach folgen März mit 9°C, Jänner 8°C, November, Dezember und April mit jeweils 7°C Schwankung.

- In Salzburg Flughafen schwanken die 354 Wintermonate mit 24°C, die Februarwerte allein mit 18°C. In Tamsweg ist die Schwankungsbreite geringer, nur 18°C und die Februarwerte schwanken mit 9°C. Am Sonnblick schwanken die 354 Wintermonate mit 17°C und die Februarwerte mit 13°C.
- Am Sonnblick ist nicht Jänner der kälteste Monat sondern Februar. Der kälteste Februarmittelwert betrug -21°C.

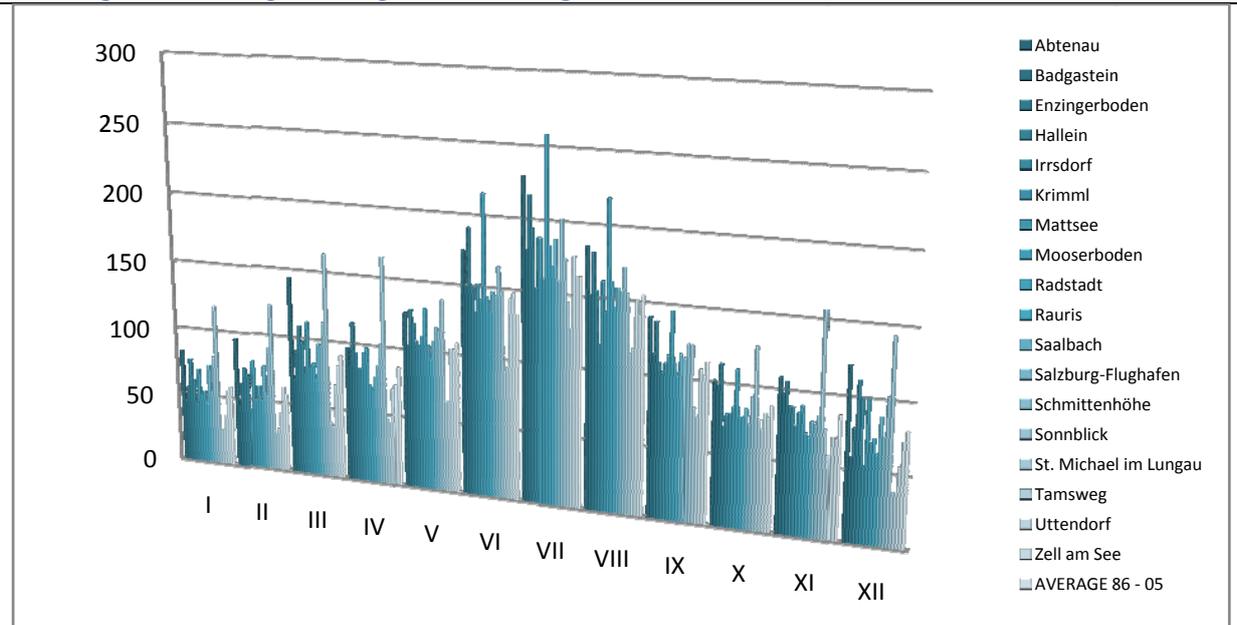
## 3 - Niederschlag



## Niederschlagsentwicklung von Salzburg

Das Bundesland Salzburg besitzt im internationalen Vergleich viele Meßstationen zur Niederschlagsmessung. Von den 18 hier vorgestellten Stationen, waren 15 Stationen immer in Betrieb. Drei Stationen, Abtenau, Irrschen und Hallein waren im genannten Zeitraum nur teilweise verfügbar, nämlich 15 Jahre im Fall von Abtenau und Irrschen und 9 Jahre im Fall von Hallein. 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 18 Niederschlagsverteilung in mm in Salzburg 1986 - 2005



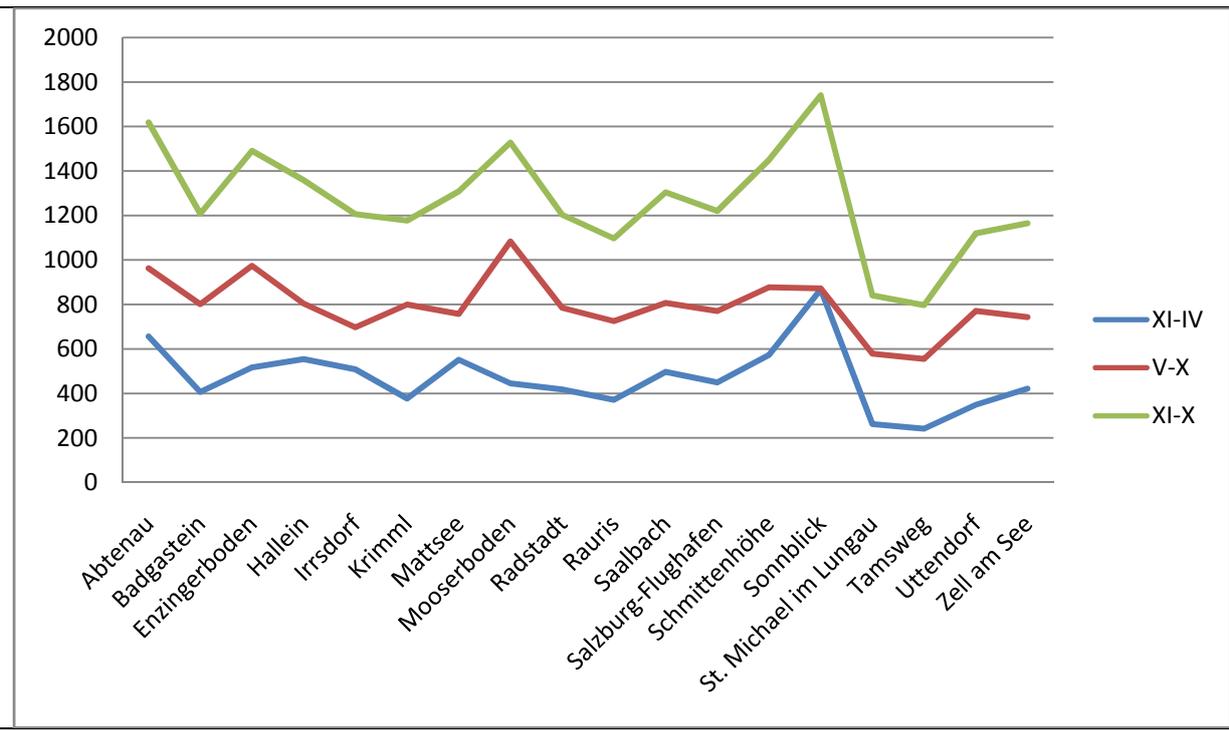
Quelle: Tagesdaten der ZAMG aus den genannten Stationen und eigene Darstellung

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. Generell ist das Verhältnis Sommer zu Winterniederschlag in Salzburg 63% zu 37%, doch die Streuung beträgt 50% Winterniederschlag am Sonnblick bis 29% 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.

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.

Der Blick auf die einzelnen Stationen zeigt, daß die Station Sonnblick als höchste Station auch den meisten Niederschlag bekommt und die Stationen im Lungau, St. Michael und Tamsweg die geringsten Niederschlagssummen von Salzburg messen mit 262mm und 242mm Winterniederschlag.

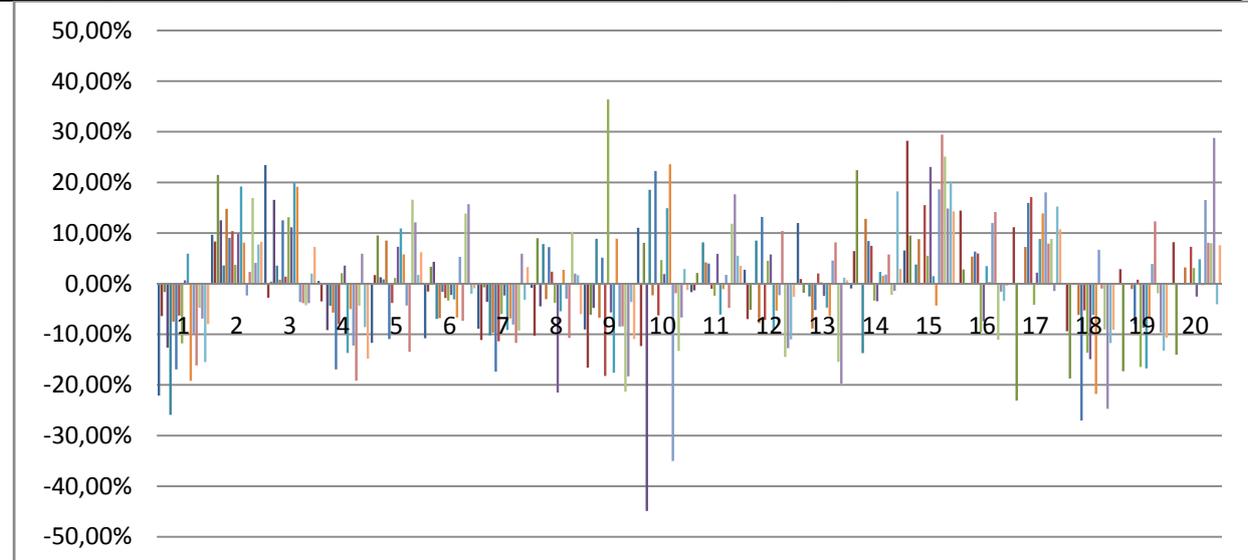
Abbildung 19 Niederschlagsverteilung in mm in Salzburg Sommer und Winterhalbjahr 1985/86 - 2005/06



Quelle: Tagesdaten der ZAMG aus den genannten Stationen, eigene Berechnungen

Der meiste Winterniederschlag fällt auf der Station Sonnblick mit 868mm. 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.

Abbildung 20 Variationen einzelner Stationen um das Jahresmittel des Niederschlags 1986-2005



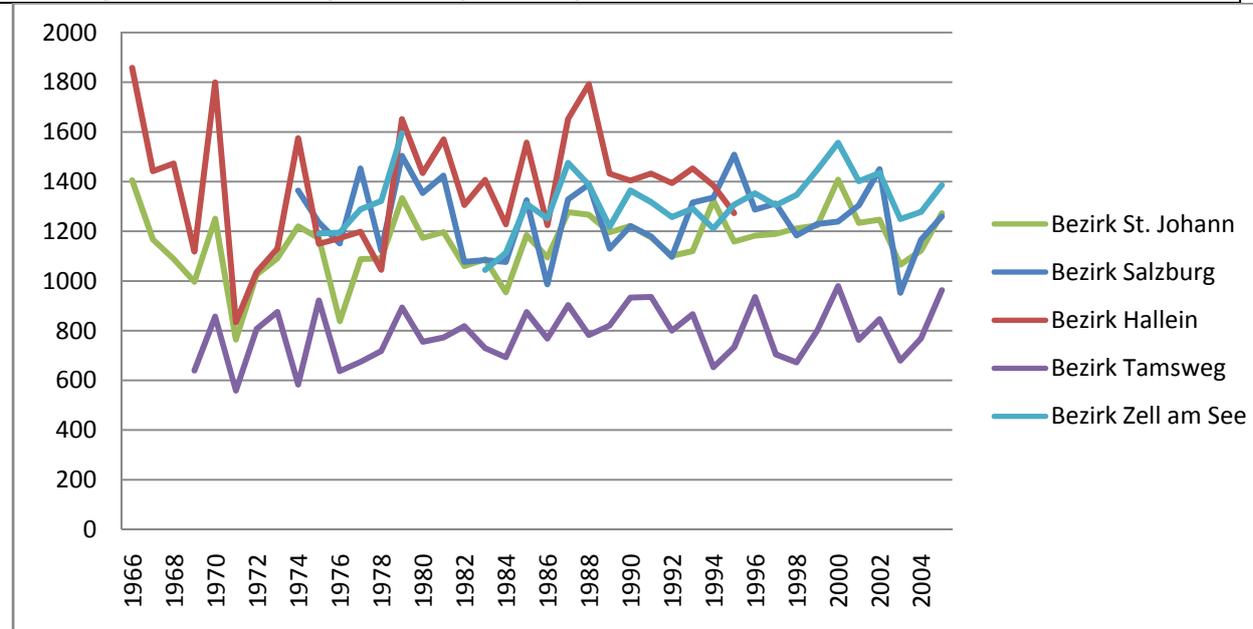
Quelle: Tagesdaten der ZAMG aus den genannten Stationen, eigene Berechnungen

Die Abweichungen einzelner Jahre vom langjährigem Schnitt des Jahresniederschlags können bei einzelnen Stationen in einzelnen Jahren über 40% ausmachen. Für ganz Salzburg weichen einzelne Jahre um maximal 13% vom zwanzig jährigem Mittel ab. Dies läßt darauf schließen, daß der Niederschlag relativ nahe umverteilt wird. Die Variationen werden wesentlich größer, wenn man sich

kürzere Perioden betrachtet. Der Winterniederschlag variiert im Salzburger Mittel um bis zu 35%, während die Variationen des Sommerniederschlags 19% nicht überschreiten. Bezogen auf die einzelnen Stationen von Salzburg sind diese Werte abgeschwächt, der Niederschlag wich in den 20 Jahren um bis zu 70% vom 20 Jahr Mittel ab. Zumeist war dann aber eine der benachbarten Stationen begünstigt und die Variationen des Niederschlags in Salzburg waren dadurch wesentlich geringer.

Betrachtet man einzelne Monate, so ist die Abweichung vom Mittelwert noch größer. Dies führt dazu, daß die Basis für eine allgemeine, natürliche Schneesicherheit trotz vermeintlich verlässlicher Werte des Winterniederschlags nicht immer gegeben ist. Im November wurden 1985 bis 2005 Abweichungen in Bezug auf das Land Salzburg um bis zu 75% festgestellt. Der Dezember streut wesentlich mehr und es wurden 173% Streuung festgestellt, im Jänner betrug dieser Wert sogar 344%, im Februar 158%, im März 105% und im April 115%. Die Schwankungen legen nahe, daß man in der Regel nur mit Wahrscheinlichkeiten rechnen kann und im Bezug auf den Wintersport eine entsprechend große Unsicherheit auf das Vorhandensein einer natürlichen Schneedecke gegeben ist.

Abbildung 21 Jahresniederschlagsentwicklung in Salzburger Bezirken in der Periode 1965 - 2005



Quelle: Tagesdaten der ZAMG aus den genannten Stationen, eigene Berechnungen

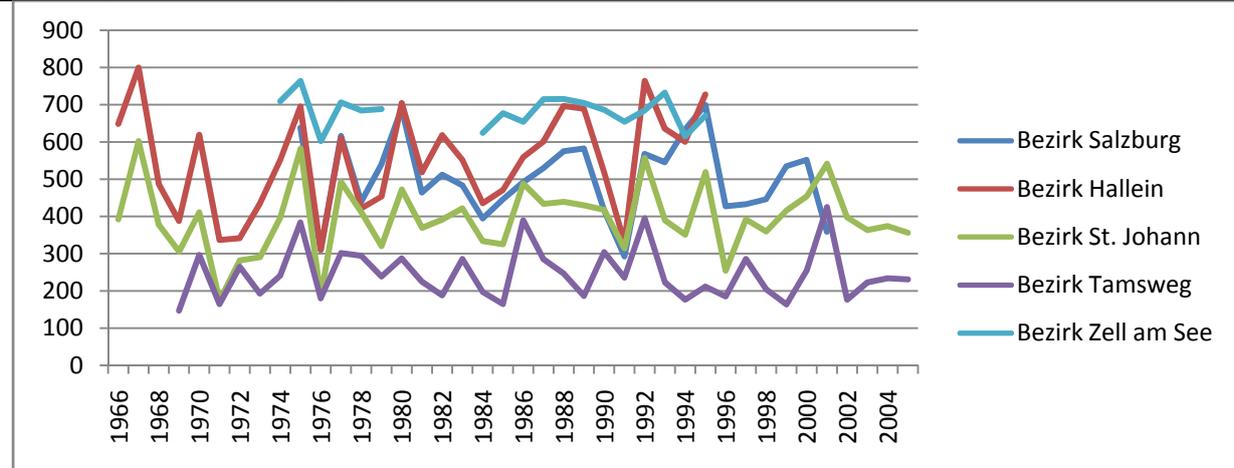
Die 18 Salzburger Stationen standen nur in Ausnahmefällen während der ganzen 40 Jahr Periode zur Verfügung. Die Darstellung konnte aber nur aufgrund der vorhandenen Daten erfolgen. Es wurden immer die gleichen Stationen zur Mittelberechnung verwendet. Sofern Daten nicht von allen Stationen zur Verfügung standen, wurde kein Wert berechnet.

Insgesamt ist der Winterniederschlag in Salzburg in der Periode 1985 bis 2005 um 11mm im Vergleich zur Periode 1965 bis 1985 gestiegen, besonders gestiegen in den Stationen Abtenau, Zell am See, Hallein, Salzburg Flughafen mit jeweils mehr als 50mm und zwischen 47mm und 15mm gestiegen in Sonnblick, Badgastein, Radstadt, Tamsweg, Rauris. Die Stationen Enzingerboden, Mattsee, Mooserboden, Saalbach wiesen hingegen einen Winterniederschlagsrückgang in der Höhe von 36mm oder mehr auf. Alle anderen Stationen schwankten nur leicht.

Für den relativen Bezirksvergleich wurden die Niederschlagsstationen eines jeden Bezirks gemittelt. Im Bezirk Salzburg, der ein Sammelbezirk aus Salzburg Land und Salzburg Stadt ist also den Flachgau

repräsentiert, finden wir drei Stationen, Irrsdorf auf 570m, Mattsee auf 507m und Salzburg Flughafen auf 430m Seehöhe. Im Bezirk Hallein – dem Tennengau gibt es zwei Niederschlagsstationen, Abtenau auf 714m und Hallein 450m Seehöhe. Im Bezirk St. Johann im Pongau befinden sich zwei Meßstationen, Bad Gastein auf 1100m und Radstadt auf 858m. Die Station Sonnblick befindet sich direkt an der Grenze zum zwischen Pongau und Pinzgau, wurde aber hier dem Pinzgau zugerechnet. Im Bezirk Tamsweg, dem Bezirk Lungau finden wir zwei Stationen in St. Michael auf 1094m und in Tamsweg auf 1012m. Im Bezirk Zell am See – dem Pinzgau finden wir die meisten und höchsten Stationen, Enzingerboden, 1480m, Krimml 1000m, Mooserboden 2036m, Rauris 934m, Saalbach 1022m, Schmittenhöhe 1973m, Sonnblick 3105m, Uttendorf 796m und Zell am See 766m.

Abbildung 22 Winterniederschläge nach Bezirken



Quelle: Daten der ZAMG, eigene Berechnungen

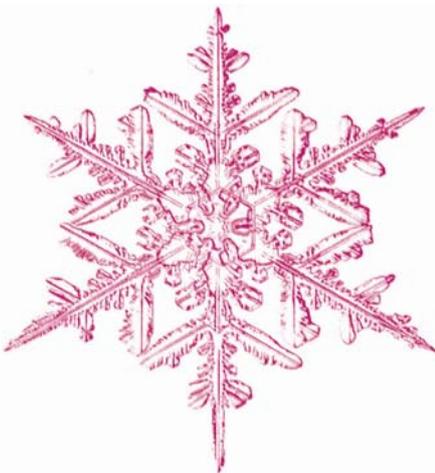
Die Kurve der Winterniederschlagsschwankungen ist ruhiger, je mehr Stationen ihr Mittel bilden, wie im Bezirk Zell am See, dessen Kurve allerdings unterbrochen ist, da relativ oft, eine der neun Stationen nicht operativ war. Wenige Stationen bedeuten auch höhere Schwankungen. In Salzburg kann man praktisch überall auch in schneearmen Wintern mit 200mm Winterniederschlag rechnen, abgesehen von den Bezirken Tamsweg und St. Johann mit zumindest 300mm Winterniederschlag. Im Bezirk Zell am See ist dieser Wert sogar bei 600mm Winterniederschlag und die Bedeutung als Wintersportbezirk wird durch die vorhandenen Niederschlagswerte bestätigt.

## Zusammenfassung Niederschlag

- Es wurden 18 Stationen zwischen 430m und 3106m für die Niederschlagsmessung herangezogen. Die Periode 1966 – 2005 wurde analysiert und in zwei Perioden 1986-2005 und 1966-1985 unterteilt. Die Subperiode 1986-2005 wurde besonders analysiert.
- Für alle Stationen gleichermaßen findet sich ein Sommermaximum des Niederschlages mit Spitzen im Juli, gefolgt von August und Juni.
- Der Durchschnittsniederschlag für Salzburg beträgt 1269mm. Davon fallen 471mm oder 37% im Winter und 798mm bzw. 63% im Sommer.
- Die Station Sonnblick hat mit 50% Sommer- und 50% Winterniederschlag den meisten Winterniederschlag, die Station Mooserboden mit 71% Sommer- und 29% Winterniederschlag, den geringsten Winterwert aufzuweisen.
- Winterniederschlag ist eine Maßzahl die potentielle natürliche Schneehöhe. Sommerniederschlag ist eine Maßzahl über die Wasserversorgung und die Möglichkeit während des Sommers Speicher für die künstliche Beschneigung im Winter anzulegen.
- In der Periode 1986-2005 hat der Niederschlag im Vergleich zur Periode 1966-1985 um 42mm oder 3% zugenommen.
- Der meiste Niederschlag fiel am Sonnblick mit 1760mm, der geringste in Tamsweg mit 800mm.
- Der meiste Winterniederschlag fiel am Sonnblick mit 859mm und der geringste in Tamsweg mit 242mm.
- Der meiste Sommerniederschlag fiel auf der Station Mooserboden mit 1083mm, der geringste in Tamsweg mit 555mm.
- Die Abweichungen des aktuellen zum durchschnittlichen Jahresniederschlag einzelner Stationen können um mehr als 40% variieren. Für gesamt Salzburg betragen die Variationen aber nur 13%.
- Die Abweichungen des aktuellen zum durchschnittlichen Winterhalbjahresniederschlag einzelner Stationen können bis 70% variieren. Für gesamt Salzburg betragen die Variationen aber nur 40%.
- Einzelne Monate können wesentlich stärker variieren: die Variationen für Gesamtsalzburg um den Durchschnitt der 20 Jahr Periode sind November 75%, Dezember 173%, Jänner 344%, Februar 158%, März 105% und April 115%.
- In Salzburg nahm der Winterniederschlag in der Periode 1986-2005 relativ zur gleichlangen Vorperiode um 11mm zu.
- In Salzburg Flughafen, Abtenau, Hallein Zell am See nahm der Winterniederschlag in der Periode 1986-2005 relativ zur gleichlangen Vorperiode um mehr als 50mm zu.
- In Enzingerboden, Mattsee, Mooserboden und Saalbach nahm der Winterniederschlag in der Periode 1986-2005 relativ zur gleichlangen Vorperiode um 36mm oder mehr ab.
- In den übrigen Stationen nahm der Winterniederschlag in der Periode 1986-2005 relativ zur gleichlangen Vorperiode zwischen 15mm und 47mm zu.



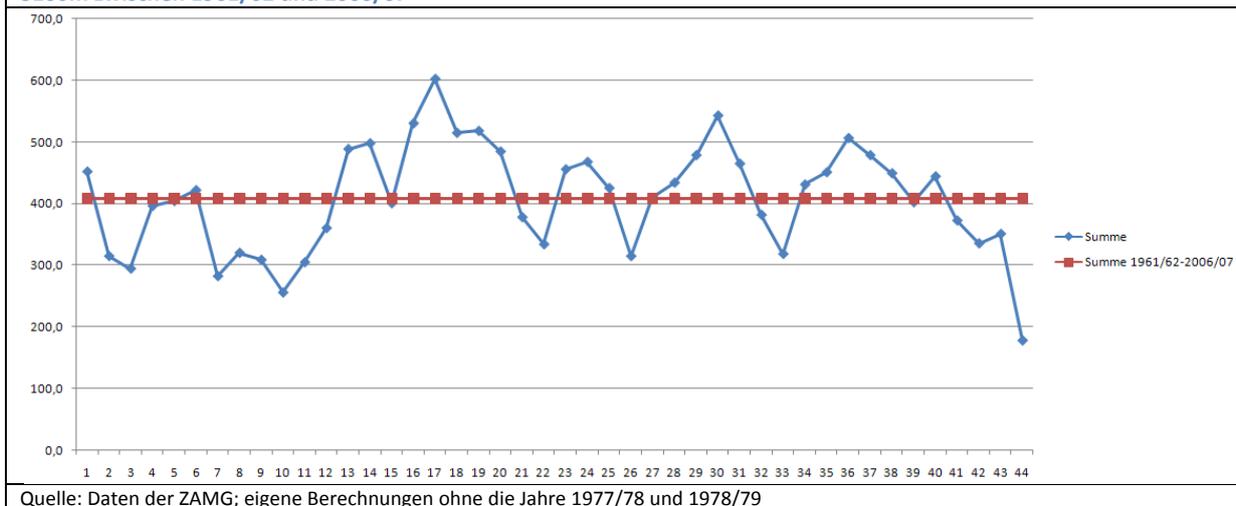
## 4 - Schnee



## Schneebedingungen im Land Salzburg 1948 – 2007

Schnee ist der Hauptfaktor im alpinen Wintertourismus. Er kommt regelmäßig und schwankt spezifisch je nach Höhenlage und geographischer Position. Die Schneedecke steht in direkter Abhängigkeit von Temperatur und Niederschlag. Es waren 18 Stationen mit Schneedaten verfügbar, im Idealfall hatten wir Zugang zu Schneedaten über eine Periode von 59 Jahren. Bei den meisten Stationen war die Verfügbarkeit geringer. Um das allgemeine Bild des Bundeslandes zu beschreiben haben wir auf fünf Stationen in unterschiedlicher Höhenlage mit relativ langer Zeitreihe zurückgegriffen.

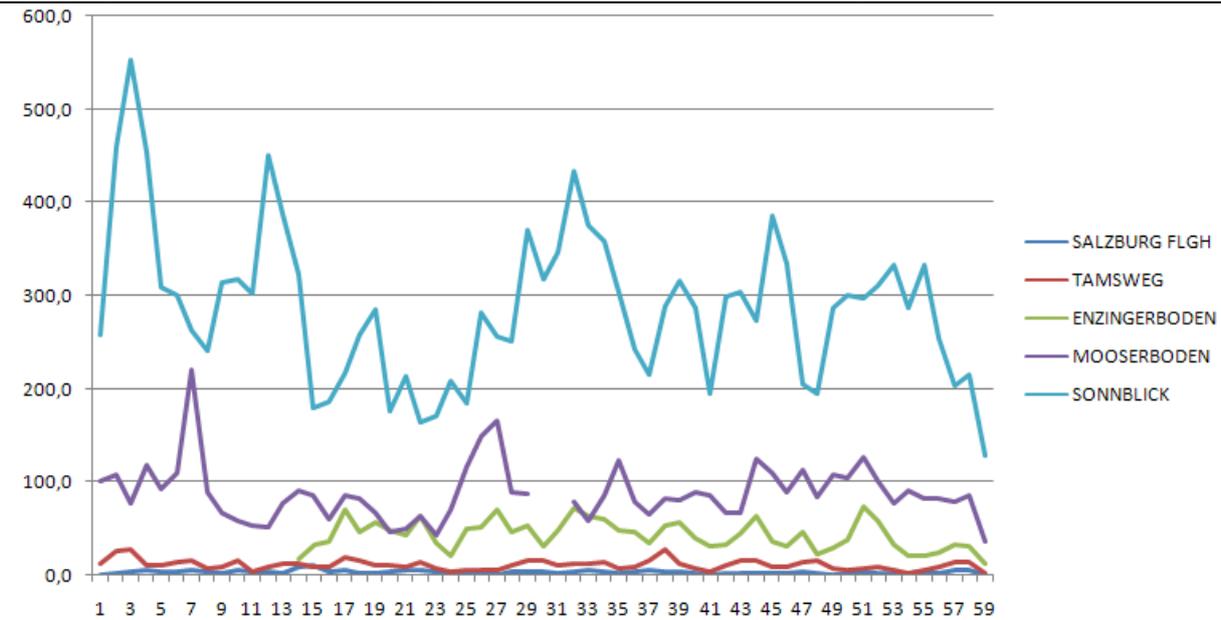
**Abbildung 23 Mittlere Schneesumme des Winterhalbjahres von fünf Salzburger Schneestationen zwischen 430m und 3106m zwischen 1961/62 und 2006/07**



Da die Station Sonnblick inkludiert ist, die alleine für zwei Drittel der Schneesumme verantwortlich ist, bekommt man eine relativ hohe Schneesumme von durchschnittlich 408cm im angegebenen Zeitraum. Es ist kein Zufall, daß der letzte Winter besonders problematisch war, denn er brachte die bei weiten geringste Schneehöhe im langjährigen Durchschnitt. Interessant ist aber auch, daß der schneereiche Winter der Saison 2005/06 ebenfalls unter dem langjährigen Mittel liegt. Der Einfluß der Station Sonnblick ist hierbei sicherlich groß. Die letzten vier Jahre, ab der Saison 2003/04 und extrem in der Saison 2006/07, lagen allesamt unter dem langjährigen Schnitt im Bezug auf die Schneedecke. Schneereiche Perioden waren durchgehend von 1996/97 bis 2002/03. Die Saisonen 1995/96 und 1988/89, weiter 1984/85 waren speziell schneearm, aber immer noch schneereicher als die Periode 1967/68 bis 1971/72. Weiters waren auch die Saisonen 1962/63 und 1963/64 in der Summe der fünf Stationen relativ schneearm.

Abbildung 23 ist eine Zusammenschau und lokale Abweichungen sind möglich. Zur Beschreibung der Abhängigkeit von der Seehöhe haben wir in Abbildung 24 fünf Stationen in unterschiedlicher Seehöhe ausgewählt. Gleichzeitig wurde versucht eine räumliche Streuung zu erreichen. Die Station Tamsweg liegt im Lungau, der weniger Niederschlag erhält als der Pinzgau. Dort finden wir in gleicher Höhenlage Stationen mit mehr Niederschlag und Schneefall. Die Auswahl von fünf Stationen erfolgte aufgrund der Schneecharakterisierung von Salzburg in Abhängigkeit einer spezifischen Höhenlage.

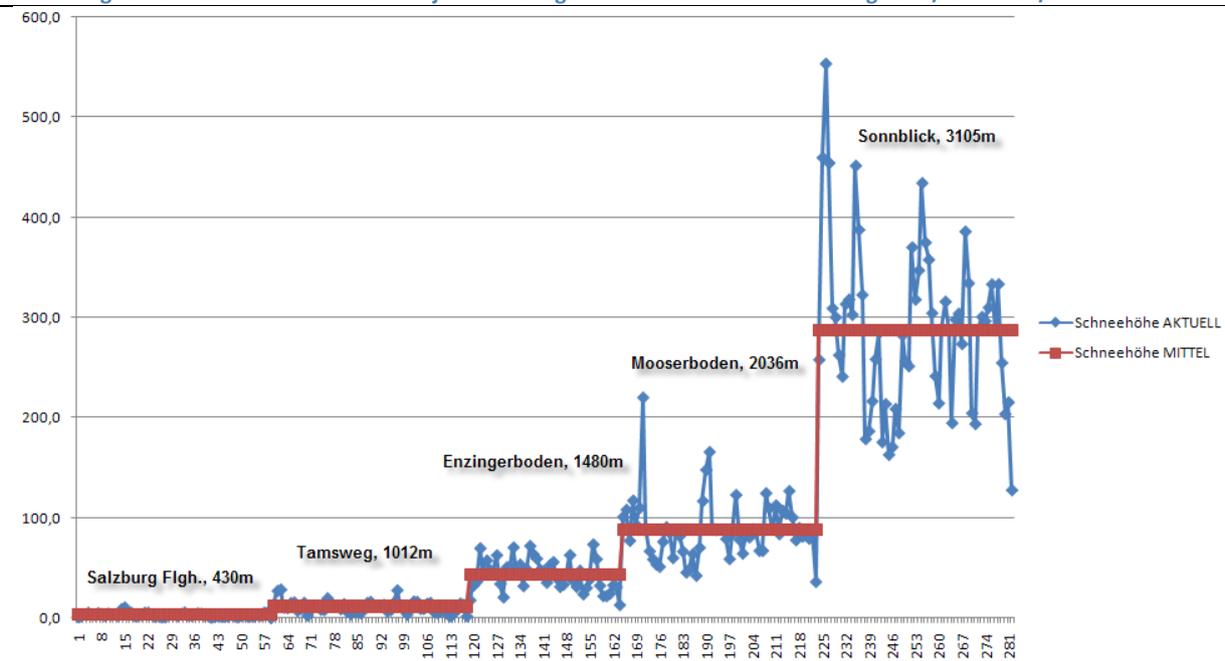
Abbildung 24 Schneehöhen im Winterhalbjahr (XI-IV) 1948/49 bis 2006/07 in Salzburg



Quelle: ZAMG, eigene Berechnungen.

Die durchschnittliche Schneehöhe einer Wintersaison ist abgebildet. Sonnblick 3106m, 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 25 Schneehöhen im Winterhalbjahr von ausgewählten Stationen in Salzburg 1948/49 – 2006/07



Quelle: ZAMG 2007, eigene Berechnungen.

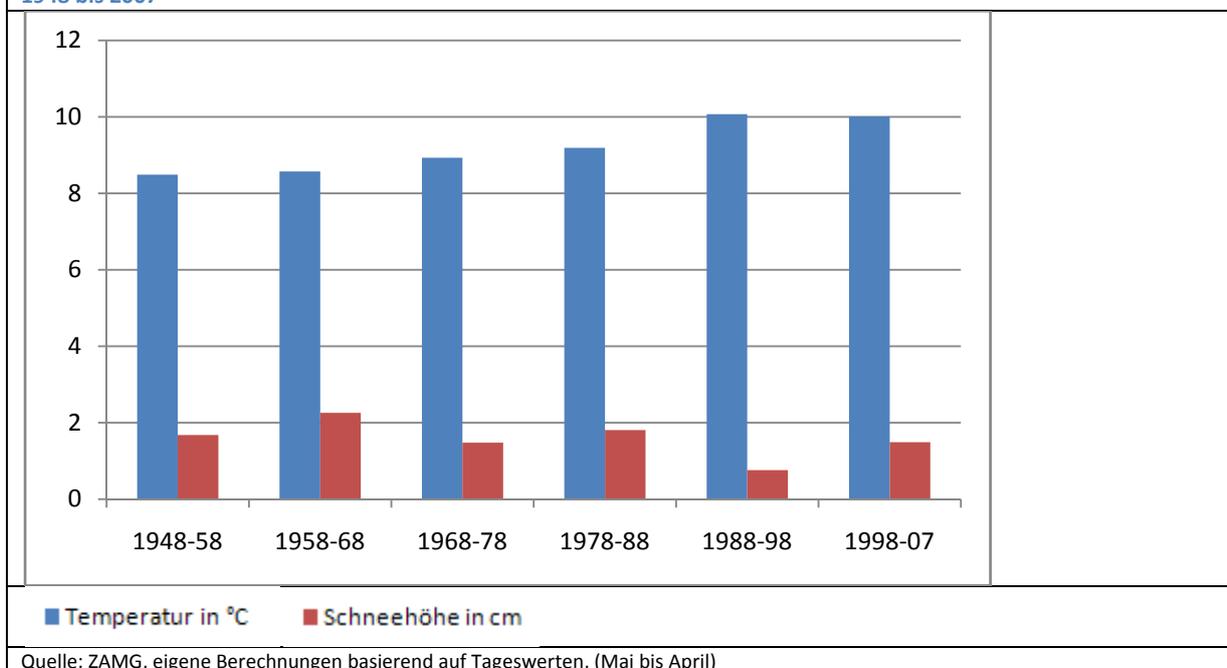
Für vier Stationen brachte der Winter 2006/07 die geringste Schneedecke, lediglich Tamsweg im Lunggau hatte in der Saison 2001/02 die geringste Schneedecke aufzuweisen, die mit 1,6cm Schneehöhe um 17% geringer war als 2006/07. Die geringste Schneedecke am Sonnblick in der Saison 2006/07 mit 127cm war 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 nach Monaten bei fünf ausgewählten Stationen

Es wird ein Dekadenvergleich der zuvor genannten Stationen in unterschiedlichen Höhenlagen gezeigt. Es handelt sich um Ganzjahreswerte. Die Schneedeckenhöhe des Winterhalbjahres ist höher. Gleichzeitig wird die durchschnittliche Temperatur der jeweiligen Dekade gezeigt. Die Schneehöhenentwicklung verlief – entsprechend der unterschiedlichen Seehöhe – differenziert. Selbst wenn der prinzipielle Zusammenhang, daß Temperatur und Schneedecke negativ korreliert ist, stimmt, erweist sich im Detail ein differenziertes Bild aufgrund anderer Einflußfaktoren. Zu jeder Station wird zudem auch die Temperaturentwicklung besprochen.

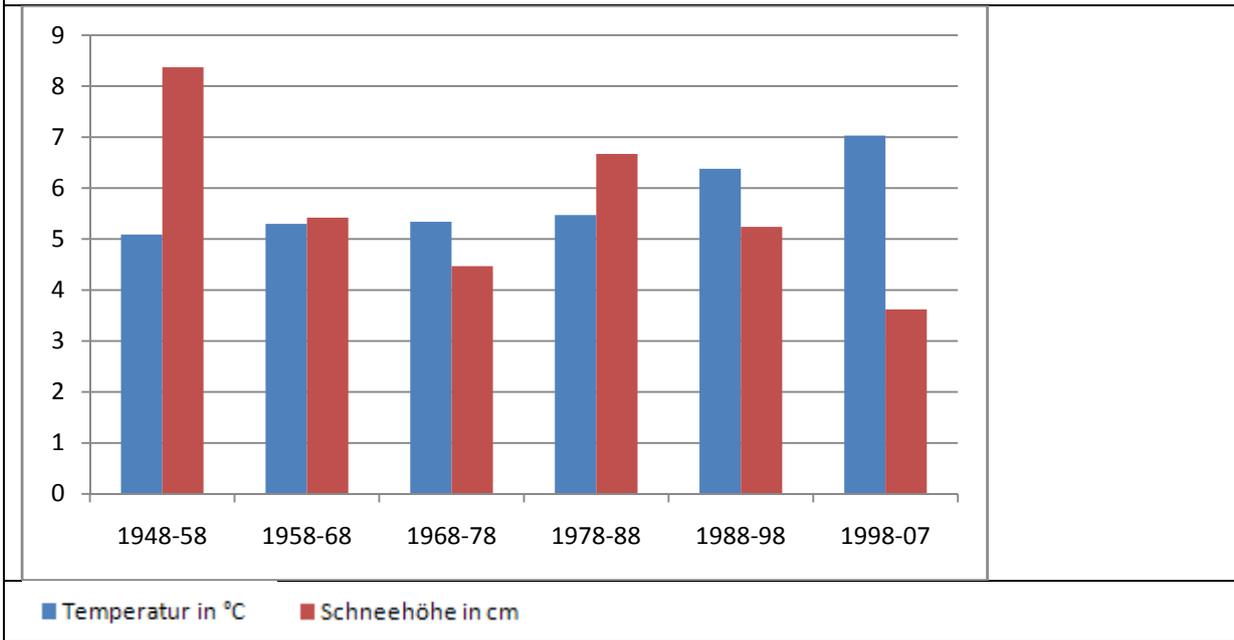
Abbildung 26 Station Salzburg, 430m, Entwicklung des Durchschnitts von Temperatur und Schneehöhe der Dekaden 1948 bis 2007



Die wärmste Dekade war mit 10,07°C die Periode 1988-98, direkt gefolgt von der Periode 1998-07, die nur 0,06° Grad kälter war. Die Periode 1988-07 war damit im Schnitt um jährlich 0,84°C wärmer als die Dekade 1978-88, um 1,11°C wärmer als die Dekade 1968-78, um 1,46°C wärmer als die Dekade 1958-68 und um 1,54°C wärmer als die Dekade 1948-58.

Die Schneedeckenhöhe war am geringsten in der Dekade 1988-98 mit 0,76cm, gefolgt von der Periode 1968-78 mit 1,48cm und 1998-07 mit 1,49cm. 1958-68 war für Salzburg die schneereichste Periode mit 2,26cm, gefolgt von der Periode 1948-58 mit 1,68cm. Interessant ist, daß die gleich warmen Perioden 1988-98 und 1998-07 sich fast um das Doppelte in Bezug auf die Schneehöhe unterscheiden.

**Abbildung 27 Station Tamsweg, 1012m Entwicklung des Durchschnitts von Temperatur und Schneehöhe der Dekaden 1948 bis 2007**

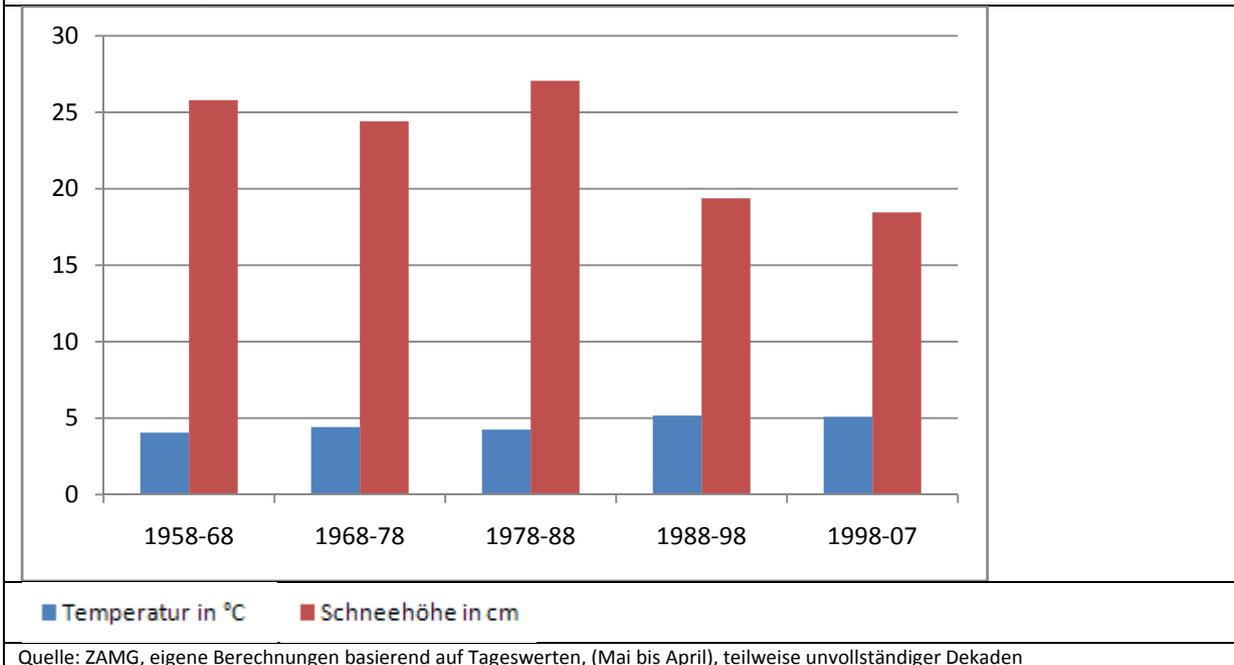


Quelle: ZAMG, eigene Berechnungen basierend auf Tageswerten, (Mai bis April), teilweise unvollständiger Dekaden

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.

**Abbildung 28 Station Enzingerboden, 1480m Entwicklung des Durchschnitts von Temperatur und Schneehöhe der Dekaden 1948 bis 2007**



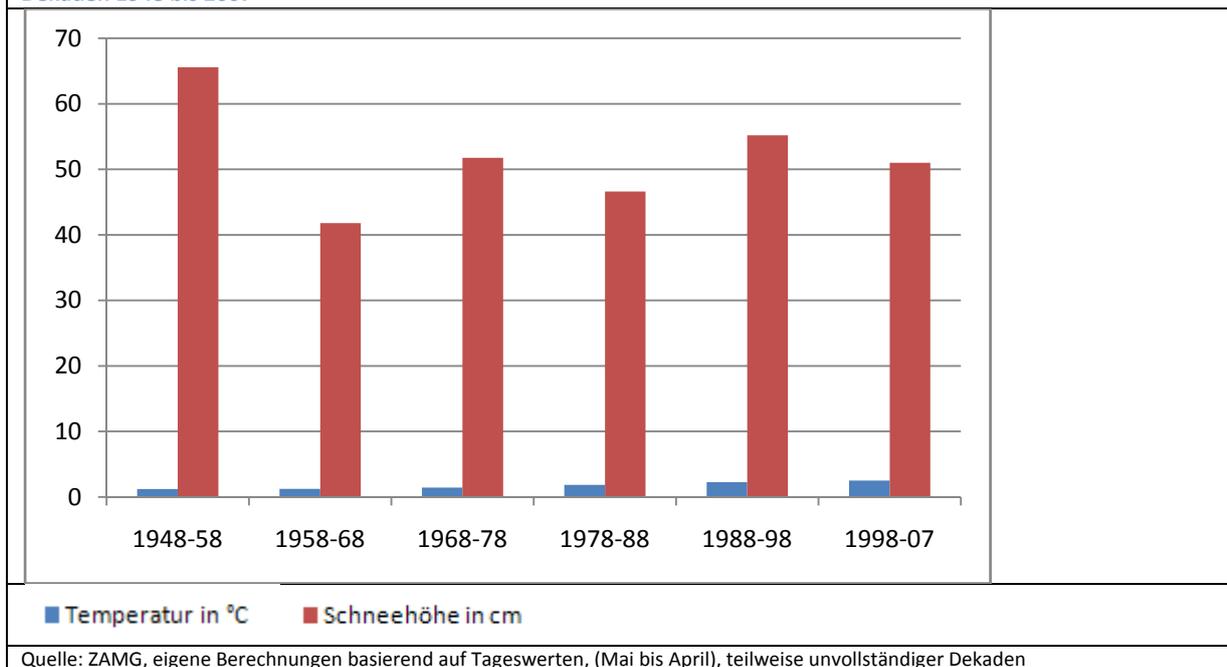
Quelle: ZAMG, eigene Berechnungen basierend auf Tageswerten, (Mai bis April), teilweise unvollständiger Dekaden

Die Station Enzingerboden umfaßt eine Dekade weniger als die übrigen der hier aufgezählten fünf Vergleichsstationen. Die kälteste Dekade 1958-68 mit 4,05°C und wärmste Periode 1988-98 mit

5,17°C unterscheiden sich um 1,12°C. Die zweitwärmste Periode 1998-07 war 0,09°C kälter als die wärmste. Die Dekaden 1978-88 mit 4,25°C und 1968-78 mit 4,42°C waren um 0,92°C und 0,75°C kälter.

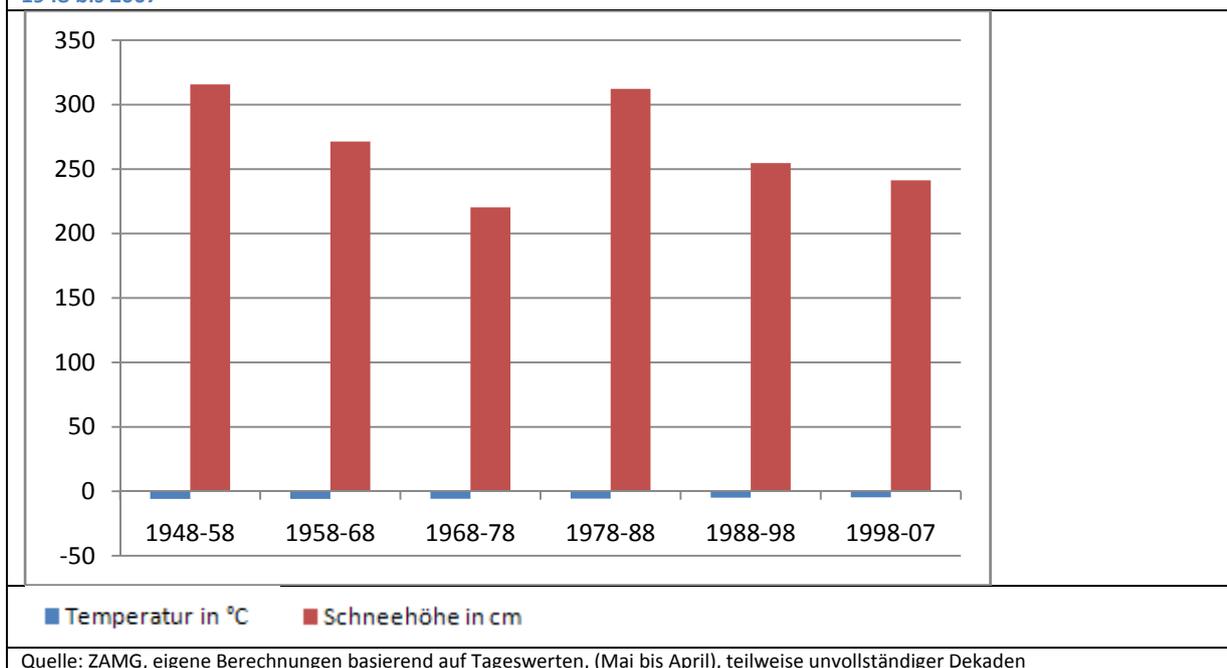
Die größte Schneehöhe wurde in der drittwärmsten Periode 1978-88 mit 27,06cm erzielt, gefolgt von der kältesten Periode mit 25,79cm und der drittkältesten Periode mit 24,4cm. Die wärmste Periode 1988-98 hatte mit 19,37cm eine höhere Schneedecke als die jüngste und zweitwärmste Periode mit 18.45cm.

Abbildung 29 Station Mooserboden, 2036m, Entwicklung des Durchschnitts von Temperatur und Schneehöhe der Dekaden 1948 bis 2007



Die wärmste Periode 1998-07 war um 1,31°C wärmer als die kälteste 1948-58. Die Station Mooserboden erfährt eine kontinuierliche Dekadenerwärmung. Von 0,02°C auf 0,2°C weiter auf 0,42°C, dann weitere 0,42°C und zuletzt 0,25°C auf die jüngste Periode.

Die Schneedecke schwankt zwischen 42cm in der Dekade 1958-68 und 66cm in der Dekade 1948-58. Die Werte der folgenden Abschnitte: 52cm 1968-78, 47cm 1978-88, 55cm 1988-98, 51cm 1998-07.

**Abbildung 30 Station Sonnblick, 3106m, Entwicklung des Durchschnitts von Temperatur und Schneehöhe der Dekaden 1948 bis 2007**

Die vier Dekaden der Periode 1948-88 schwanken innerhalb von  $0,3^{\circ}\text{C}$  mit der kältesten Dekade 1958-68 mit  $-5,92^{\circ}\text{C}$  und der relativ wärmsten 1978-88 mit  $-5,62^{\circ}\text{C}$ . Die zweitwärmste Periode war um  $1,01^{\circ}\text{C}$  und die wärmste Periode 1998-07 war mit  $-4,68^{\circ}\text{C}$  um  $1,26^{\circ}\text{C}$  über der kältesten.

Die mächtigste Schneedecke war in der Dekade 1948-58 mit 316cm knapp gefolgt von Dekade 1978-88 mit 312cm, die geringste in der Dekade 1968-78 mit 220cm gefolgt von der Periode 1998-07 mit 241cm und den Dekaden 1988-98 und 1958-68 mit 255cm und 271cm.

## 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. Die einzelnen Modellschritte, die zur Konstruktion des Algorithmus führten sind hier nicht abgebildet und werden auf Anfrage von den Autoren zur Verfügung gestellt.

$$\widehat{Snow}(t) = \max(0; \beta_1 \widehat{Snow}(t-1) I_{very\ cold} + \beta_2 \widehat{Snow}(t-1) I_{cold} + \beta_3 \widehat{Snow}(t-1) I_{warm} + \beta_4 temp I_{warm} + \beta_5 prec I_{very\ cold} + \beta_6 prec I_{cold} + \beta_7 prec I_{warm}),$$

Das Modell unterscheidet zwischen drei Situationen, warm, kalt und sehr kalt. Es ist ein selbst adaptierendes Modell, negative Werte der Schneedecke können nicht vorkommen. Erwähnenswert ist, daß Prognosewerte und nicht Beobachtungswerte des Vortages verwendet werden, da diese genauere Resultate geben. In Tabelle 3 sind die einzelnen Parameter für jede Klimastation angegeben.

**Tabelle 3 Schätzung der Modellparameter für die Vorhersage einer Schneedecke**

Station	Temp_W	Snow_W	Snow_C	Snow_VC	Prec_W	Prec_C	Prec_VC
Abtenau	-0,153	0,956	0,994	0,992	0,000	0,623	0,637
Badgastein	-0,150	0,963	0,988	0,992	0,000	0,674	0,817
Enzingerboden	-0,211	0,970	1,002	0,978	0,000	0,695	0,846
Hallein	0,000	0,768	0,969	0,997	0,000	0,977	1,144
Irrsdorf	0,000	0,734	1,040	0,981	0,000	0,646	1,184
Krimml	-0,197	0,955	0,993	0,991	0,000	0,759	0,727
Mattsee	-0,191	0,839	0,994	1,000	0,000	0,734	1,041
Mooserboden	0,000	0,963	0,999	0,989	-0,071	0,711	0,668
Radstadt	-0,284	0,960	0,998	0,980	0,000	0,524	0,759
Rauris	-0,031	0,919	1,003	1,003	0,000	0,472	0,483
Saalbach	-0,212	0,965	0,997	0,979	0,000	0,600	0,415
Salzburg-Flughafen	0,000	0,808	0,938	0,999	0,000	0,652	1,005
Schmittenhöhe	-0,333	0,963	0,999	0,983	-0,003	0,667	1,131
Sonnblick	0,000	0,976	1,003	0,996	0,000	-0,090	0,676
St. Michael im Lungau	-0,237	0,935	0,993	0,996	0,000	0,748	0,685
Tamsweg	-0,745	0,979	0,995	0,980	0,000	0,756	0,724
Uttendorf	-0,086	0,948	0,998	0,998	0,000	0,402	0,856
Zell am See	-0,134	0,943	0,978	0,995	0,000	0,781	0,226

Quelle: Daten der ZAMG, eigene Berechnungen, 2007

## Regionalisierung auf Orte ohne Klimastationen in unterschiedlichen Höhen

Durch eine Modellrechnung kann ich die Schneehöhe in jedem Punkt zwischen den Meßstationen in Abhängigkeit von der Höhe berechnen. Hierzu wird in einem weiteren Schritt die Abhängigkeit der Mächtigkeit der Schneedecke von der Seehöhe errechnet. Die Situation ohne Erwärmung aufgrund der gegebenen langjährigen Situation ist in Tabelle 4 wiedergegeben.

**Tabelle 4 Der räumliche Zusammenhang Schneedecke und Seehöhe im Bundesland Salzburg 1970-2000**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.
		B	Std. Error	Beta			
1	(Constant)	-10,311	1,150			-8,962	,000
	ln_alt	1,943	,167	,946		11,624	,000

Quelle: Daten der ZAMG, eigene Berechnungen,

In Abbildung 31 ist die Ausgangssituation der Periode 1970 bis 2000 blau dargestellt, inklusive zweier Parallellinien, die das 95%-Konfidenzintervall repräsentieren.

## Simulation des Erwärmungsszenarios plus 2°C für das Bundesland Salzburg

Mit Hilfe des Modells ist es möglich, jedes beliebige Szenario einer Erwärmung oder Änderung der Niederschlagsmenge und die daraus resultierende Änderung der Schneedecke an Meßstationen zu berechnen. Die vorliegende Modellrechnung ist nur eine unter vielen möglichen Szenarien. Die Situation einer Erwärmung um 2°C relativ zur Periode 1970 – 2000 und unter Annahme eines konstanten Niederschlags ist in Tabelle 5 ersichtlich.

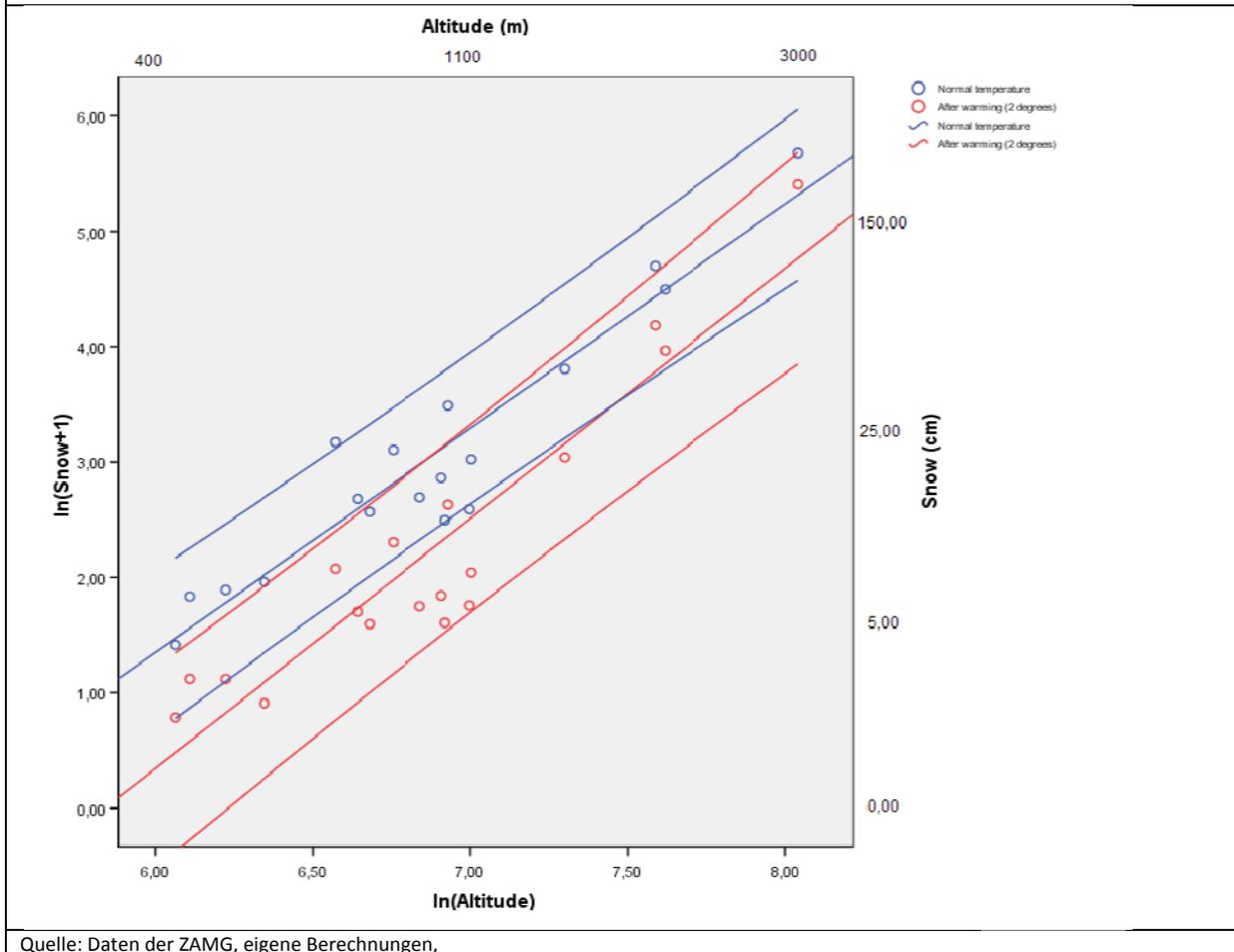
**Tabelle 5 Der räumliche Zusammenhang Schneedecke und Seehöhe im Bundesland Salzburg bei 2°C relativ zur Periode 1970-2000**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.
		B	Std. Error	Beta			
1	(Constant)	-12,658	1,425			-8,884	,000
	ln_alt	2,167	,207	,934		10,467	,000

Quelle: Daten der ZAMG, eigene Berechnungen,

In Abbildung 31 ist die Erwärmungssituation rot dargestellt inklusive des 95%-Konfidenzintervall durch die zwei parallelen roten Linien.

**Abbildung 31 Änderung des Verhältnis Schneehöhe in cm zu Seehöhe in m bei einer Erwärmung von 2°C relativ zum Durchschnitt der Periode 1970-2000**



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).

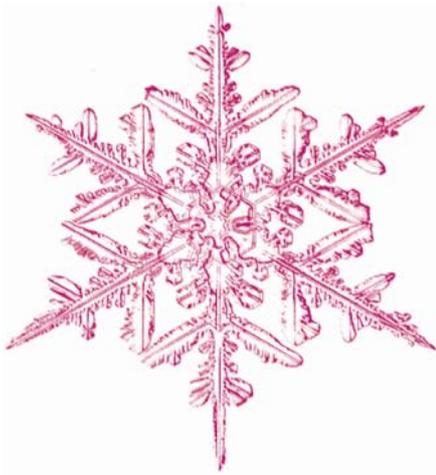
Die vertikale Achse gibt die Höhe der Schneedecke in cm wieder. Eine Schneedecke von 3cm ergibt den Wert 1 (genau 1,0986) auf der natürlichen Skala des Logarithmus. Eine von 8cm ergibt den Wert 2 und eine Schneedecke von 21cm ergibt den Wert 3. Eine Schneedecke von 55cm wird durch den Wert 4 repräsentiert.

Im Beispiel 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).

## Zusammenfassung Schnee

- Schnee ist der (natürliche) Hauptfaktor für die Entstehung und Fortsetzung des alpinen Wintertourismus.
- Schnee ist direkt von der Temperatur und vom Niederschlag abhängig. Dies sind die beiden Hauptfaktoren zur Erklärung der Schneedeckenhöhe.
- Es waren 18 Schneestationen aus Salzburg zur Verfügung. Im Idealfall standen 59 Beobachtungsjahre zur Verfügung.
- Die akkumulierten Winterschneehöhen November bis April wurden im Bezug auf ihre Abweichungen zum Mittel der Periode 1961/62 bis 2007/08 bei fünf Stationen untersucht.
- Salzburg-Flughafen 430m, Tamsweg 1012m, Enzingerboden 1480m, Mooserboden 2036m und Sonnblick 3106m hatten durchgängig Schneedaten verfügbar, eine Station Mooserboden eine Lücke von zwei Jahren.
- Die letzten vier Jahre 2003/04 bis 2006/07 hatten alle eine unterdurchschnittliche Schneedeckenhöhe, wengleich der Winter 2005/06 als Rekordwinter mit Schnee galt und 2006/07 als Problemwinter.
- Der Rückgang an Schneehöhe wird vor allem durch die Station Sonnblick verursacht. Analog zum Rückgang der Gletscher wird der Verlust an Schnee auch durch die Daten dieser Station dokumentiert.
- Es gab bereits zuvor eine Periode mit relativ wenig Schnee, nämlich 1967/68 bis 1971/72, jedoch deutlich über dem Niveau von 2006/07.
- Die durchschnittliche Schneedeckenhöhe am Sonnblick in der Periode 1948/49 bis 2006/07 beträgt 288cm. Die 59 jährige Meßreihe gibt auf Station Sonnblick den Spitzenschneewert mit 550cm im Winterhalbjahr 1950/51 an. Dieser Wert sinkt auf 127cm im Winterhalbjahr 2006/07.
- Die durchschnittliche Schneedeckenhöhe der Station Mooserboden beträgt 88cm, Enzingerboden 43cm, Tamsweg 11cm und Salzburg 3cm. Die geringsten Schneehöhen der Station Mooserboden beträgt 36cm, Enzingerboden 13cm, Tamsweg 1,6cm und Salzburg 0,1cm. In Tamsweg war das Winterhalbjahr 2001/02 das schneeärmste, sonst überall das Winterhalbjahr 2006/07.
- Die Schneehöhen wurden für vier Referenzstationen mit der Temperatur von sechs Dekaden (die letzte Periode ist nur eine Fastdekade mit dem Mittel aus neun Halbjahren) verglichen.
- Die wärmste Dekade in Salzburg Flughafen war 1988-98 mit 10,07°C und der geringsten Schneedeckenhöhe von 0,76cm. Die kälteste Dekade war 1948-58, durchschnittlich 1,46°C kälter als 1988-98. Die größte durchschnittliche Schneehöhe wurde 1958-68 erreicht.
- Die wärmste Periode 1998-2007 in Tamsweg brachte 7°C und war um 1,94°C wärmer als die kälteste Dekade 1948-58. Die geringste Schneedecke mit 3,62cm im Vergleich zu 8,37cm in der Dekade 1948-58.
- Die wärmste Periode in Mooserboden war 1998-2007 mit 1,5°C, danach kommen die Dekaden in absteigender Reihenfolge, jeweils immer kälter als die vorherige. Die Erwärmung insgesamt ist 1,31°C. Die geringste Schneedecke ist mit 42cm die Dekade 1958-68, die mit höchster Schneedecke 1948-58.

- Die Temperatur des Winterhalbjahres unterscheidet sich am Sonnblick zwischen den vier Dekaden 1948-58 bis 1978-88 nur um 0,3°C. Die kälteste Dekade war 1968-78 mit -5,92°C. Die wärmste Periode war 1998-2007 und mit -4,68°C um 1,26°C über der kältesten Dekade. Die mächtigste Schneedecke war zwischen 1948-58 mit durchschnittlich 316cm, die geringste zwischen 1968-78 mit durchschnittlich 220cm. Interessanterweise stellt die letzte Periode 1998-2007 mit 241cm insgesamt nicht die schneeärmste dar.
  
- Es wurde ein detailliertes Schneemodell für Salzburg basierend auf Tagesdaten von Temperatur, Niederschlag und Schnee der Periode 1970 bis 2000 konstruiert. Änderungen von Temperatur oder Niederschlag führen zu Änderungen in der Schneedecke.
- In einem zweiten Schritt wird für jeden Punkt in Salzburg das Verhältnis Schneedecke und Seehöhe berechnet. Basierend auf den wirklichen Stationen bekommen wir für jeden Ort in Salzburg simulierte Schneedeckenhöhen in Abhängigkeit von der Höhe über dem Meer.
- In einem dritten Schritt kann man ein Erwärmungs- bzw. ein Niederschlagsänderungsszenario eingeben. In unserem Fall nahmen wir zwei Grad Erwärmung und gleichbleibenden Niederschlag.
- Die „neue“ Schneedecke wird für das Temperatur und Niederschlag Szenario berechnet. Basierend auf den errechneten Unterschieden der 59 Jahr Periode, liegt die beobachtete Veränderung zwischen wärmster und kältester Periode knapp unter diesem Wert von 2°C Erwärmung.
- Die Schneedecke von besonders warmen Jahren kann ebenso berechnet werden, wie eine unterschiedliche Erwärmung in hohen, mittel hohen und tiefen Lagen. Die Modellsimulationen können nach Bedarf der Praktiker erstellt werden.



# 5 - Bevölkerung



## Bevölkerung nach Bezirken

Ende 2007 lebten 523.043 Salzburger in den sechs Bezirken. Mehr als die Hälfte der Salzburger Bevölkerung nämlich 55% lebte in den Bezirken Salzburg Stadt und Land und auf 15% der Landesfläche. Weitere 10% der Bevölkerung lebten in Hallein. 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 sind dafür fast exklusiv von den Einkünften im Tourismus abhängig.

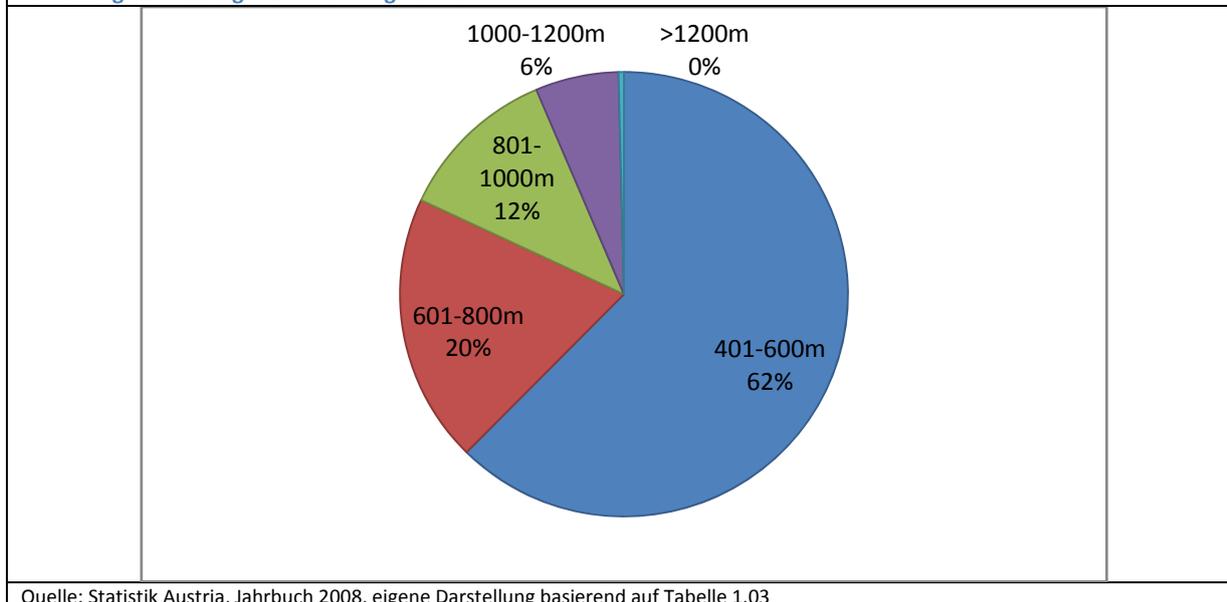
**Tabelle 6 Bevölkerung nach Bezirken von Salzburg**

	Fläche in km <sup>2</sup>	Einwohner	Anteil Bezirk an Landesfläche	Anteil Bezirks an Landeseinwohner
Salzburg S+L	1.070,04	285.482	15%	55%
Hallein	668,31	54.282	9%	10%
St. Johann	1.755,37	77.872	25%	15%
Tamsweg	1.019,69	21.283	14%	4%
Zell am See	2.640,85	84.124	37%	16%

Quelle: Statistik Austria, Jahrbuch 2008, Auszug Tabelle 2.05

Betrachtet man die Seehöhe der ansässigen Wohnbevölkerung, sieht man, daß 62% der Einwohner unter 600m Seehöhe leben und 38% darüber. Die vom Wintertourismus mit Skisport abhängige Bevölkerung ist zur Gänze in diesem höheren Segment ansässig. Je höher der Siedlungsraum liegt, desto vorteilhafter ist dies für die Entwicklung des Wintertourismus. Die Seehöhe alleine ist jedoch kein Garant für das Etablieren einer außerordentlichen Tourismusintensität, denn der im Schnitt am höchsten liegende Bezirk Tamsweg ist touristisch weniger intensiv genutzt als der Nachbarbezirk St. Johann.

**Abbildung 32 Salzburger Bevölkerung nach Seehöhe**



Quelle: Statistik Austria, Jahrbuch 2008, eigene Darstellung basierend auf Tabelle 1.03

## Wertschöpfung

Das Bruttoregionalprodukt von Salzburg betrug 17,4 Milliarden Euro (Statistik Austria, 2008, [www.statistik.at](http://www.statistik.at) ) berechnet. Nimmt man weiter die Wertschöpfung durch Übernachtungen mit 116,7 Euro pro Nacht (<http://www.isr.at/index.cfm/id/18153>), errechnet sich für das Winterhalbjahr 2006/07 der Wert von 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. Die Tagesgäste können aber flexibler auf die Witterung reagieren und wir nehmen an, dass in der wärmsten Winterperiode bis zu zwei Drittel Einbußen im Bereich Tagesgäste zu verzeichnen waren oder ein Minus von 100 Millionen Euro. Für Salzburg insgesamt gilt, dass rund ein Zehntel des Landeseinkommens direkt aus dem Wintertourismus kommt. Bedenkt man die Multiplikator Wirkung, die von einer indirekten Wertschöpfung um ein Vielfaches ausgeht, so erhält man je nach Rechenmodell, sogar ein Drittel bis zur Hälfte des Salzburger volkswirtschaftlichen Einkommens durch den Wintertourismus.

Ein Bruttobezirksprodukt, welches bis 1981 seitens des österreichischen Wirtschaftsforschungsinstituts errechnet wurde existiert nicht mehr. Die Verflechtungen der lokalen Wirtschaft wurden ab diesen Zeitpunkt als zu komplex und überregional betrachtet. Für unsere Überlegungen berechnen wir aber nach wie vor Kennzahlen, die sich auf Bezirke beziehen.

Tabelle 7 Modellrechnung Wertschöpfung des Wintertourismus in Salzburg 2007 nach Bezirken			
	Einkommen WT pro EW 2007	BIP pro Salzburger 2007	WT BIP Anteil 2007
Salzburg (Stadt)	701	33.000	2,12%
Hallein	725	33.000	2,20%
Salzburg-Umgebung	416	33.000	1,26%
Sankt Johann im Pongau	8546	33.000	25,90%
Tamsweg	4390	33.000	13,30%
Zell am See	7497	33.000	22,72%

Quelle: Statistik Austria, Jahrbuch 2008, eigene Berechnungen

In Tabelle 5.2 wurden die Tourismuszahlen von 2007 herangezogen (Kapitel 6) und die durchschnittlichen Tagesausgaben von € 116.- pro Übernachtung und in Relation mit der Einwohnerzahl des Bezirks gesetzt. Die errechnete Zahl wurde mit dem durchschnittlichen BIP pro Einwohner in Bezug gesetzt und der Wintertourismusanteil des BIP berechnet. Da die Einkommen in den städtischen Bezirken höher sind, wird angenommen, daß die Abhängigkeit vom Wintertourismus in den südlichen Bezirken noch höher ist.

## Auswirkungen einer klimainduzierten Änderung im Wintertourismus

Erwärmung kann sich positiv und negativ auf das Einkommen im Wintertourismus auswirken. Die finanzstarken Regionen, die anpassen können, gewinnen vorerst. Andere, die nicht anpassen können, verlieren sofort. Ab einem bestimmten Grad der Erwärmung ist eine Anpassung aber nicht möglich und Erwärmung wirkt sich nur negativ auf das Einkommen im Wintertourismus aus. Größenordnungen eines möglichen Verlustes durch Erwärmung werden in diesem Abschnitt gegeben. Die Zahlen dienen auch als ein Anhaltspunkt für die Kosten einer Anpassung, solange diese möglich bzw. wirtschaftlich tragbar ist.

Es werden 2 Szenarien zu den Auswirkungen einer Änderung der Winterübernachtungen gerechnet. Basis sind Angaben der Österreichischen Seilbahnwirtschaft (Wolf 2007, <http://www.isr.at/index.cfm/id/18153>) zu den Tagesausgaben der Übernachtungsgäste im Winter. Diese belaufen sich auf durchschnittlich € 116 und erzeugen einen Multiplikator Effekt, der von der österreichischen Seilbahnwirtschaft mit dem Faktor 6 beziffert wird. Das Einkommen und der daraus resultierende Rückgang im Einkommen beziehen sich auf die ungefähren Nächtigungszahlen aus 2005 bis 2007 (siehe Kapitel 6 Nächtigungen).

	Nächtigungen 2005 - 2007	Ausgaben je Nacht	Einkommen WT	Klimainduzierte Änderung 5%	Klimainduzierte Änderung 10%
Salzburg (Stadt)	900.000	116	104400000	0	0
Hallein	350.000	116	40600000	0	0
Salzburg-Umgebung	500.000	116	58000000	0	0
Sankt Johann	5.800.000	116	672800000	33640000	67280000
Tamsweg	800.000	116	92800000	4640000	9280000
Zell am See	5.500.000	116	638000000	31900000	63800000
Salzburg	13.850.000		1606600000	70180000	140360000

Quelle: Statistik Austria, Jahrbuch 2008, eigene Berechnungen

Im ersten Fall wird von einer Änderung von 5% ausgegangen. Wir werden im Kapitel 6 sehen, daß ein Rückgang bei zwei Grad Celsius Erwärmung aufgrund einer kürzeren Saison sehr wahrscheinlich ist. Es ist mit einem Rückgang der direkten Einnahmen von 70 Millionen Euro auszugehen. Andererseits können Gunstregionen Touristen aus anderen Regionen aufnehmen und so Verluste kompensieren oder sogar Steigerungen erzielen. Auffallend ist etwa der starke Rückgang im Bezirk Tamsweg während der Nachbarbezirk St. Johann Steigerungen zu verzeichnen hat.

Auch eine klimainduzierte Änderung um 10% ist nicht unwahrscheinlich. Sie wird an den erhobenen Bezirksdaten dokumentiert, wobei es durchaus mehrere Erklärungsursachen geben kann. Bezogen auf das Bundesland Salzburg ergeben sich Änderungen bei den direkten jährlichen Tourismuseinnahmen von € 140 Millionen. Ist der mögliche Verlust über 10% und sind dadurch die Einnahmen entsprechend geringer, versteht man, daß sich auch gewaltige Investitionen in die Beschneigungsinfrastruktur rechtfertigen lassen. Die Kosten für die Infrastruktur von Beschneigungsanlagen werden mit rund € 150.000.- je Hektar veranschlagt oder insgesamt € 750 Millionen für ganz Salzburg wenn eine Totalbeschneigung von 5000 ha Salzburger Pistenfläche angenommen wird. Selbst wenn in der Vergangenheit nur € 10.000.- als jährliche Betriebskosten genannt wurden, sind mögliche Betriebskosten von künftig bis zu € 30.000.- pro ha oder jährlich bis € 150 Millionen absehbar und aufgrund möglicher zweistelliger Verluste auch argumentierbar.

## Klimaänderung und Immobilienpreise

Im Modell „AUTSIM“ des Fachbereichs Stadt- und Regionalforschung der TU Wien (Feilmayr 2004) werden die gemeindeweisen Baulandpreise durch eine Reihe sozioökonomischer, demografischer und infrastrukturbezogener Variablen erklärt. Einen signifikanten Erklärungsgehalt liefern dabei insbesondere die Fremdenübernachtungen in der Winter- und in der Sommersaison.

In der vorliegenden Studie wurden die Erklärungsmodelle getrennt für die südlichen Bergbezirke St. Johann, Tamsweg und Zell am See und den Rest des Bundeslandes Salzburg mit den Bezirken Salzburg Stadt, Salzburg Umgebung und Hallein gerechnet und es ergaben sich folgende Befunde hinsichtlich des Zusammenhangs von Fremdenübernachtungen und Immobilienpreisen:

### Bergbezirke St. Johann, Tamsweg, Zell am See

- Steigen bzw. fallen die Winternächtigungen um 10 % so steigen bzw. fallen die Immobilienpreise (längerfristig) um 2,55 %.
- Steigen bzw. fallen die Sommernächtigungen um 10 % so steigen bzw. fallen die Immobilienpreise (längerfristig) um 2,42 %.
- Steigen bzw. fallen die Winternächtigungen um 5 % so steigen bzw. fallen die Immobilienpreise (längerfristig) um 1,275 %.
- Steigen bzw. fallen die Sommernächtigungen um 5 % so steigen bzw. fallen die Immobilienpreise (längerfristig) um 1,21 %.

### Bezirke Salzburg (Stadt und Land), Hallein

- Steigen bzw. fallen die Sommernächtigungen um 5 % so steigen bzw. fallen die Immobilienpreise (längerfristig) um 0,0305 %.
- Eine Veränderung der Winternächtigungen hat hier keinen signifikanten Einfluss

Um die Werte einer Veränderung im Grundstückswert zu errechnen muß dieser erst berechnet werden. Vorerst wurden für die 6 Bezirke Salzburgs folgende Gebäudezahlen (Quelle: Statistik Austria, 2007, 2008) erhoben: Gebäude mit 1 oder 2 Wohnungen (Einfamilienhäuser, Reihenhäuser) und mehrgeschossige Wohngebäude.

	Einfamilienhäuser	Mehrgesch. Wohnbauten	m <sup>2</sup> Einfamilienhäuser	m <sup>2</sup> Mehrfamilienhäuser	m <sup>2</sup> Efh total	m <sup>2</sup> Mfh total
Salzburg Stadt	10849	6163	500	1000	5424500	6163000
Salzburg Umgebung	29208	3238	500	1000	14604000	3238000
Hallein	10405	1279	500	1000	5202500	1279000
St. Johann im Pongau	12470	2344	500	1000	6235000	2344000
Tamsweg	4908	257	500	1000	2454000	257000
Zell am See	16823	2223	500	1000	8411500	2223000
<b>Gesamt</b>	<b>84663</b>	<b>15504</b>			<b>42331500</b>	<b>15504000</b>

Quelle: Statistik Austria, Jahrbuch 2008, Berechnungen W. Feilmayr

Um zu den Baulandflächen zu gelangen sind vereinfachende Annahmen getroffen worden. Ein Einfamilienhaus besitzt im Durchschnitt 500 m<sup>2</sup> Grundstücksfläche, ein mehrgeschossiges Haus 1000 m<sup>2</sup>.

Aus Tabelle 5.4 kann man die Fläche des Baulandes nach Bezirken ablesen. Insgesamt erhalten wir den Wert von 57.835.500 m<sup>2</sup>. Nimmt man weiter an, dass im Land Salzburg noch ca. 10 % Baulandreserven existieren, so ergibt sich ein geschätztes Ausmaß von Bauland in der Höhe von 63.619.050 m<sup>2</sup>. Bei Vorliegen der aktuellen Flächen könnten die Aussagen noch weiter präzisiert werden.

**Tabelle 10 Modellrechnung Wert des Baulandes in Salzburg nach Bezirken**

Bezirk	m <sup>2</sup> Preis in €	Wert Einfamilien- häuser	Wert Mehrfamilien- häuser	Wert gesamt	10% Immobilienreserven	Wert Bauland
Salzburg Stadt	450	2441025000	2773350000	5214375000	521437500	5735812500
Salzburg Umgebung	200	2920800000	647600000	3568400000	356840000	3925240000
Hallein	115	598287500	147085000	745372500	74537250	819909750
St. Johann im Pongau	135	841725000	316440000	1158165000	115816500	1273981500
Tamsweg	45	110430000	11565000	121995000	12199500	134194500
Zell am See	150	1261725000	333450000	1595175000	159517500	1754692500
<b>Salzburg</b>		<b>8173992500</b>	<b>4229490000</b>	<b>12403482500</b>	<b>1240348250</b>	<b>13643830750</b>

Quelle: Statistik Austria, Jahrbuch 2008, Berechnungen W. Feilmayr

Der gesamte Grundstückswert im Land Salzburg beträgt € 13,6 Milliarden. Der Wert des Baulandes der Bergbezirke St. Johann, Tamsweg und Zell am See beträgt € 3,2, jener des restlichen Salzburg € 10,5 Milliarden. Basierend auf den eingangs beschriebenen Abhängigkeiten (Feilmayr 2007) rechnen wir exemplarisch zwei Szenarien:

(1) durch Klimaveränderung im Winter minus 10 % Nächtigungen; im Sommer plus 5%

$$-3.162.868.500 \times 0,0255 = -80.653.147 + 3.162.868.500 \times 0,0121 = 38.270.709 \text{ (Bergbezirke)} + 10.480.962.250 \times 0,00305 = 31.966.935 \text{ (Rest)} = -10.415.503.-$$

(2) durch Klimaveränderung im Winter minus 5 % Nächtigungen; im Sommer keine Veränderung

$$-3.162.868.500 \times 0,01275 = -40.319.532.-$$

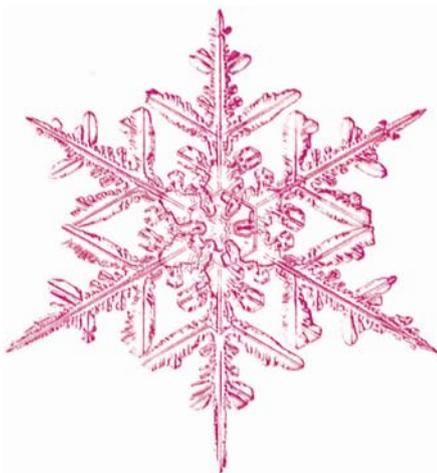
Im ersten Szenario beträgt der Verlust € 10.415.503.- an Grundstücksvermögen, im zweiten Szenario sogar € 40.319.532.-.

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

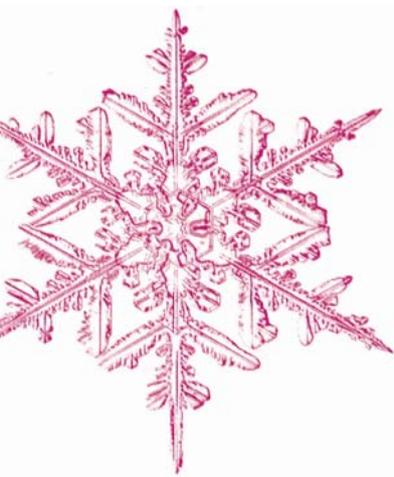
## Zusammenfassung Bevölkerung:

- Ende 2007 lebten 523.000 Salzburger in sechs Bezirken. Zwei Drittel der Einwohner leben auf einem Viertel der Landesfläche in den nicht gebirgigen Bezirken Salzburg Stadt, Salzburg Land (Salzburg) und Hallein. Wintertourismus ist eine Einkommensquelle von vielen.
  - Das verbleibende Drittel der Salzburger lebt auf drei Viertel der Landesfläche in den Bezirken Zell am See, St. Johann und Tamsweg. Zeltweg und St. Johann sind die intensivsten Tourismusbezirke des Wintersports nicht nur von Salzburg, sondern ganz Österreich. Hier ist die komplette Wirtschaft exklusiv vom Wintertourismus abhängig.
  - Die 62% der Einwohner, die unter 600m Seehöhe leben, sind kaum vom Tourismus abhängig.
  - Weitere 32% der Einwohner leben zwischen 600m und 1000m Seehöhe. Die meisten Betten des Wintertourismus findet man in dieser Höhenlage.
  - Nur 6% der Einwohner lebt über 1000m Seehöhe. Hier findet sich die meiste Infrastruktur des Wintertourismus.
- 
- Das volkswirtschaftliche Einkommen des Bundesland Salzburg betrug 2007 den Wert von 17,4 Milliarden Euro.
  - Die Wertschöpfung durch eine Übernachtung wird nach Berechnungen der österreichischen Seilbahnwirtschaft mit € 116,7 angegeben.
  - Insgesamt wurden in Salzburg im Winterhalbjahr 2006/07 der Betrag € 1,56 Milliarden eingenommen. Hinzu kommen weitere 10% durch Tagesgäste und lokale Saisonkarten.
  - Die Bezirke St. Johann (25,9%) und Zell am See (22,72%) nehmen direkt ein Viertel aller Einnahmen durch den Wintertourismus ein.
- 
- Erwärmung wirkt sich positiv oder negativ auf das Einkommen im Wintertourismus aus.
  - Die finanzschwachen Betriebe verlieren, da sie sich eine Anpassung nicht leisten können.
  - Die finanzstarken Betriebe gewinnen, da sie anpassen können. Wird die Erwärmung zu stark und eine Anpassung unmöglich, verlieren auch sie, aber entsprechend zeitverzögert.
  - Pro 5% Rückgang im Tourismus verliert Salzburg € 70 Millionen.
  - Ein theoretischer Rückgang des Wintertourismus von 20% würde € 280 Millionen kosten.
  - Bei 5000ha Skipisten in Salzburg ergibt sich gegenwärtig ein Wert von € 750 Millionen Investitionen in Beschneiungsanlagen für eine Totalbeschneigung. Weiters € 150 Millionen für die jährlichen Betriebskosten zur Kunstschneeproduktion.
  - Die hohen Kosten der Anpassung, sind bei derzeitigen Preisen und bezogen auf eine Zeitspanne von 10 Jahren ökonomisch plausibel.
- 
- TU Modell „AUTSIM“ berechnet Baulandpreise durch sozioökonomische, demographische und infrastrukturbezogene Daten. Nüchternungen beeinflussen die Baulandpreise.
  - Nördliche und südliche Bezirke von Salzburg wurden mit unterschiedlichen Modellparametern gerechnet. Im Süden wirken sich Nüchternungszuwächse oder Rückgänge stärker auf Immobilienpreise aus.

- Exemplarisch werden zwei Szenarien angenommen, Szenario1 ein Rückgang der Winternächtigungen mit 10% und ein Zuwachs der Sommernächtigungen mit 5%, Szenario2 ein Rückgang der Winternächtigungen mit 5%
- Szenario 1 mit einem Rückgang der Winternächtigungen mit 10% und ein Zuwachs der Sommernächtigungen mit 5% bedeutet: einen Verlust von € 10,4 Millionen an Baulandwert.
- Szenario 2 mit einem Rückgang der Winternächtigungen mit 5% bedeutet: einen Verlust von € 40,3 Millionen an Baulandwert.
- In conclusio: eine Erwärmung im Winter beeinflusst die Immobilienpreise des Landes Salzburg.



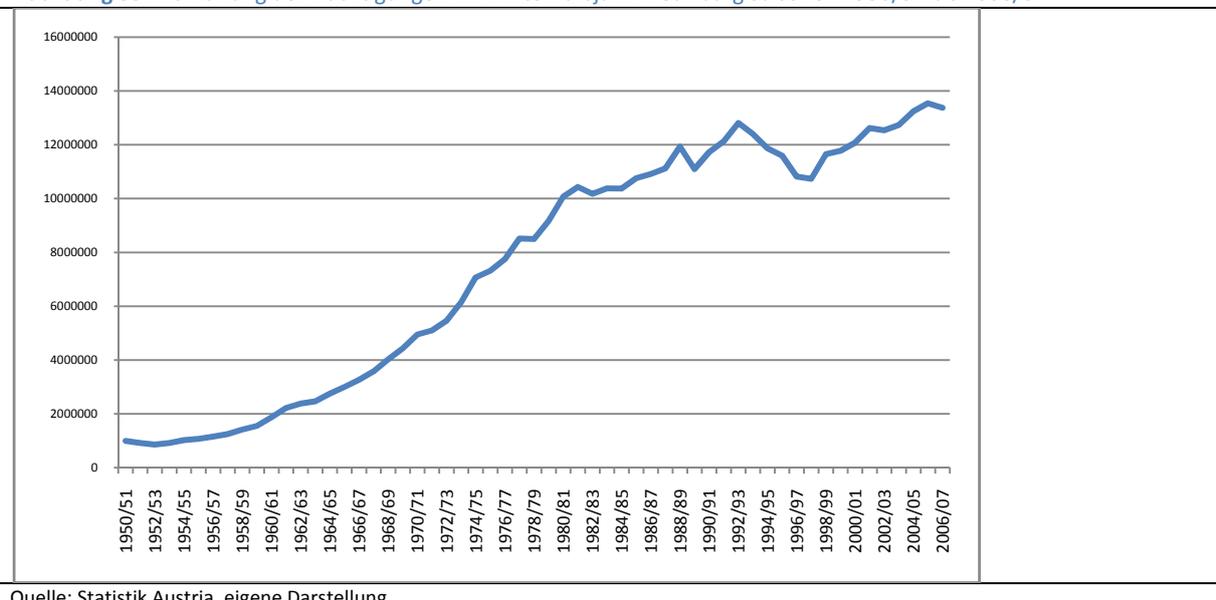
# 6 - Nächtigungen



## 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.

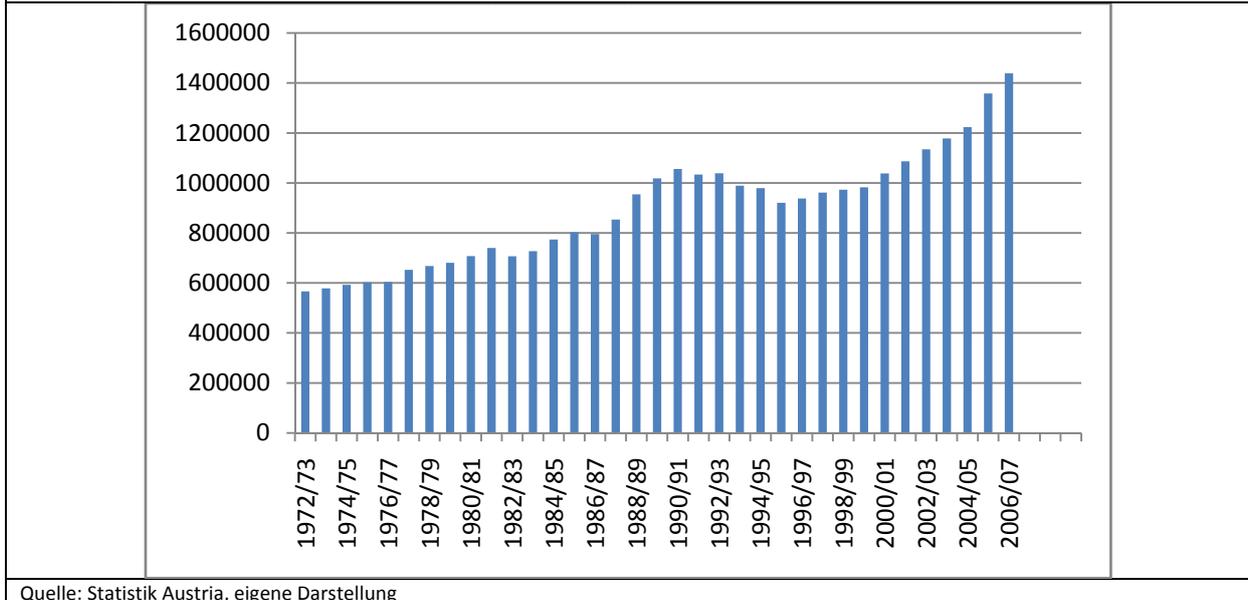
Abbildung 33 Entwicklung der Nächtigungen im Winterhalbjahr in Salzburg Saisonen 1950/51 bis 2006/07



Anfang der 1950iger Jahre betrug die Anzahl der Nächtigungen erst eine Million Nächtigungen, ein Jahrzehnt später hatte sich dieser Wert auf zwei Millionen verdoppelt. Die Viermillionen Grenze wurde bereits Ende der Sechziger Jahre erreicht und Ende der Siebziger Jahre fand mit Überschreitung der Achtmillionen Grenze abermals eine Verdoppelung statt. Anfang der 80iger Jahre wurde dann erstmals die Zehnmillionen Grenze überschritten, die seither immer erreicht worden ist. Nach einem kleineren Einbruch zu Ende der 90iger Jahre steigt die Zahl der Touristen wieder. Immer bedeutender werden auch die Touristen aus den ehemals kommunistischen Ländern, die das Wegfallen von Gästen aus traditionellen Herkunftsländern kompensieren.

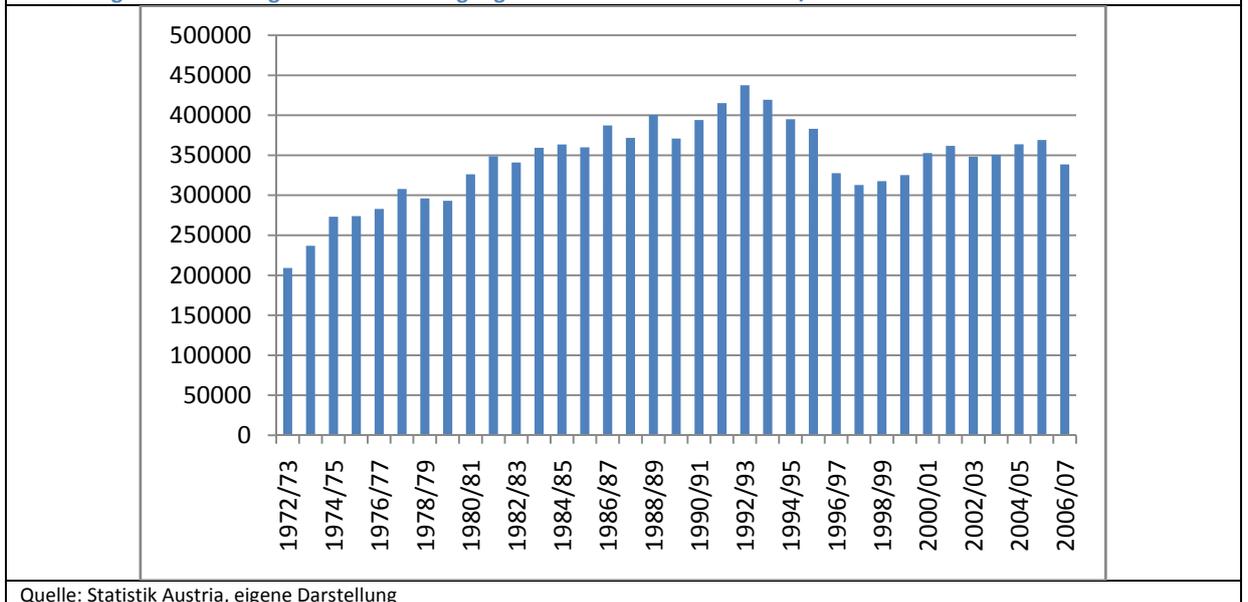
Betrachtet man die einzelnen Bezirke von Salzburg ergibt sich folgendes Bild:

**Abbildung 34** Entwicklung der Winternächtigen in Salzburg (Stadt und Land) seit 1972/73



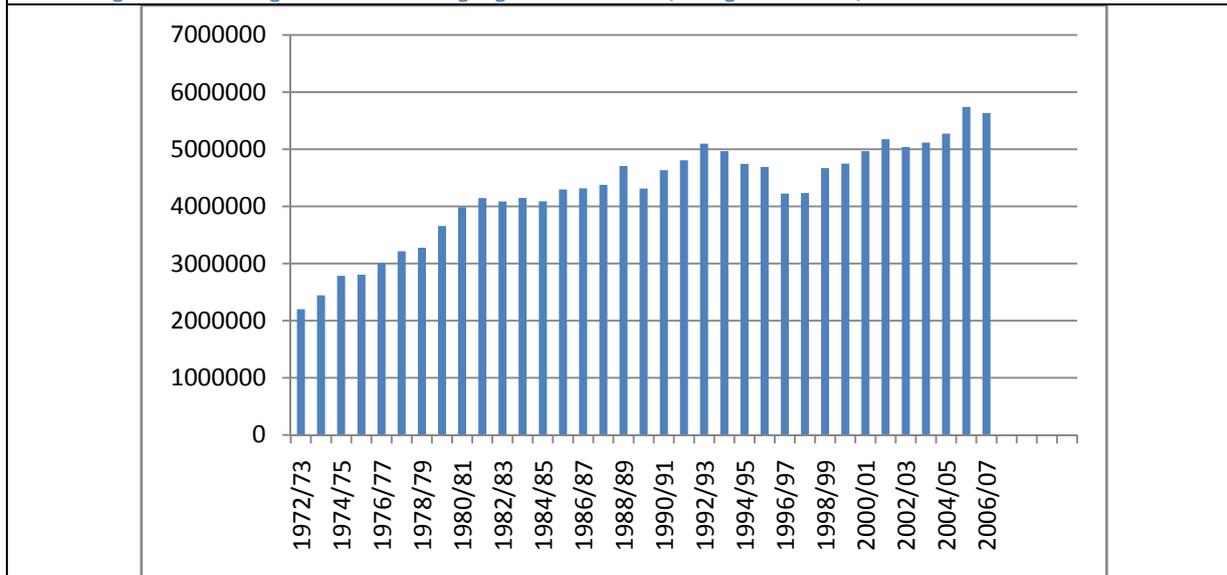
In Salzburg Stadt und Land wurden gemeinsam gut 1,4 Millionen Nächtigungen erzielt. Dies entspricht etwa 10% aller Übernachtungen im Bundesland Salzburg. Die Übernachtungen in Salzburg haben nur zu einem geringen Ausmaß mit Wintertourismus zu tun, denn reine Wintersportler ziehen eine Übernachtung direkt im oder beim Skigebiet vor. Die Tendenz der Übernachtungen ist steigend.

**Abbildung 35** Entwicklung der Winternächtigen im Bezirk Hallein seit 1972/73



Der Bezirk Hallein nimmt eine Zwischenstellung zwischen dem urbanen Salzburg und den gebirgigen Bezirken ein und ist touristisch ein wenig bedeutender Bezirk. Die Übernachtungen sind von der Spitze im Jahr 1993/94 mit 440.000 wieder auf rund 350.000 gefallen und liegen somit unter 3% der Gesamtnächtigen im Bundesland.

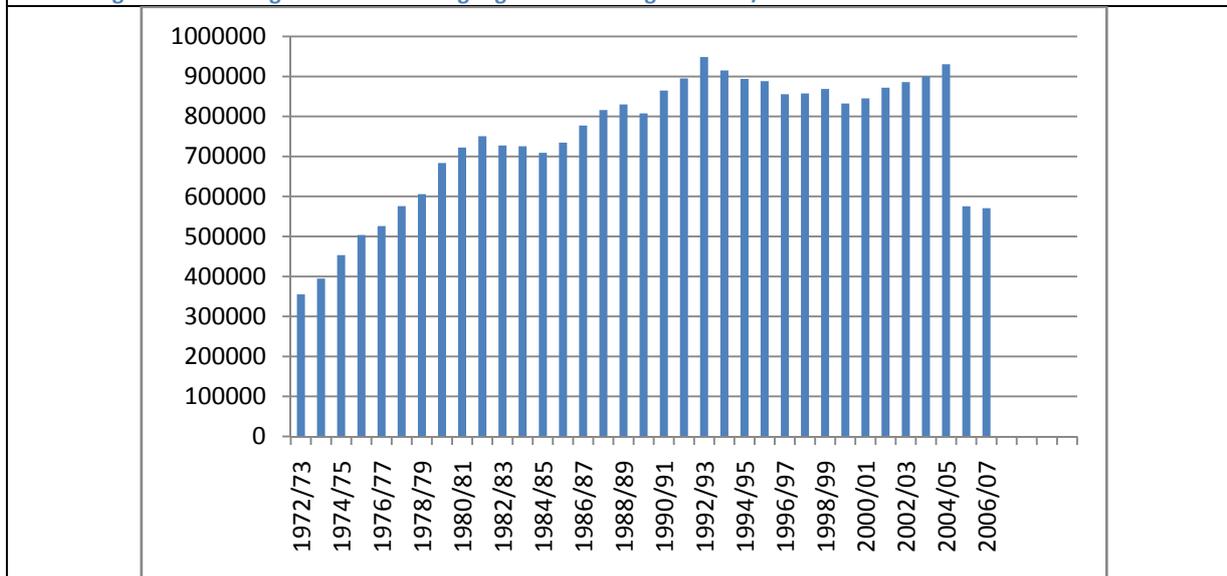
Abbildung 36 Entwicklung der Winternächtigungen in St. Johann / Pongau seit 1972/73



Quelle: Statistik Austria, eigene Darstellung

Der Pongau ist mit zuletzt 5,8 Millionen Nächtigungen der intensivste Wintertourismusbezirk von Salzburg und hat Zell am See, den für lange Zeit intensivsten Wintertourismus Bezirk überholt. Mehr als 40% der Nächtigungen werden im Bezirk St. Johann getätigt. Interessant war auch das „Zwischentief“ von 4,2 Millionen 1997/98 und 1998/99. Gemeinsam mit dem Bezirk Zell am See stellt der Bezirk St. Johann die Kernzone des intensiven, internationalen Wintertourismus von Salzburg dar.

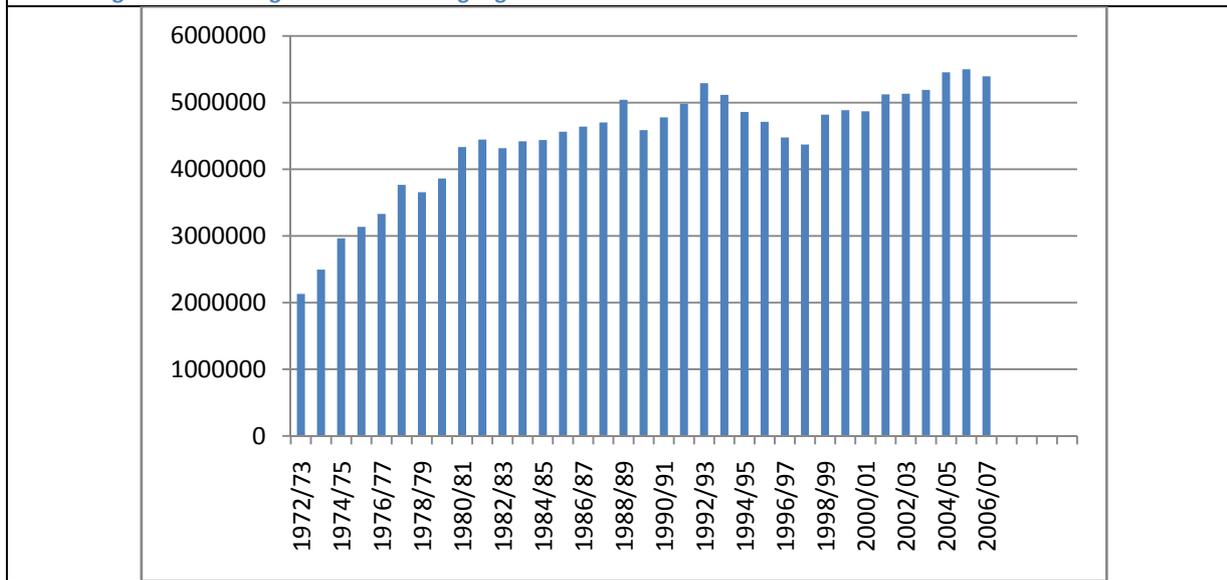
Abbildung 37 Entwicklung der Winternächtigungen in Tamsweg seit 1972/73



Quelle: Statistik Austria, eigene Darstellung

Der Bezirk Tamsweg, der Lungau, hat relativ zu seinen westlichen Nachbarbezirken wenig Touristen und erreichte bis vor kurzem regelmäßig über 800.000 Nächtigungen. Wieso es in den beiden letzten 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. Eine andere Erklärung wäre der relative Verlust durch die starke Anziehungskraft des Nachbarbezirks St. Johann, bzw. dessen leichtere Erreichbarkeit seitens der Hauptmärkte, der diesen Abgang aufgenommen hat. Oder aber eine Neuordnung bzw. Zusammenfassung von Skigebieten, die nun dem Bezirk St. Johann zugerechnet werden.

Abbildung 38 Entwicklung der Winternächtigungen in Zell am See seit 1973



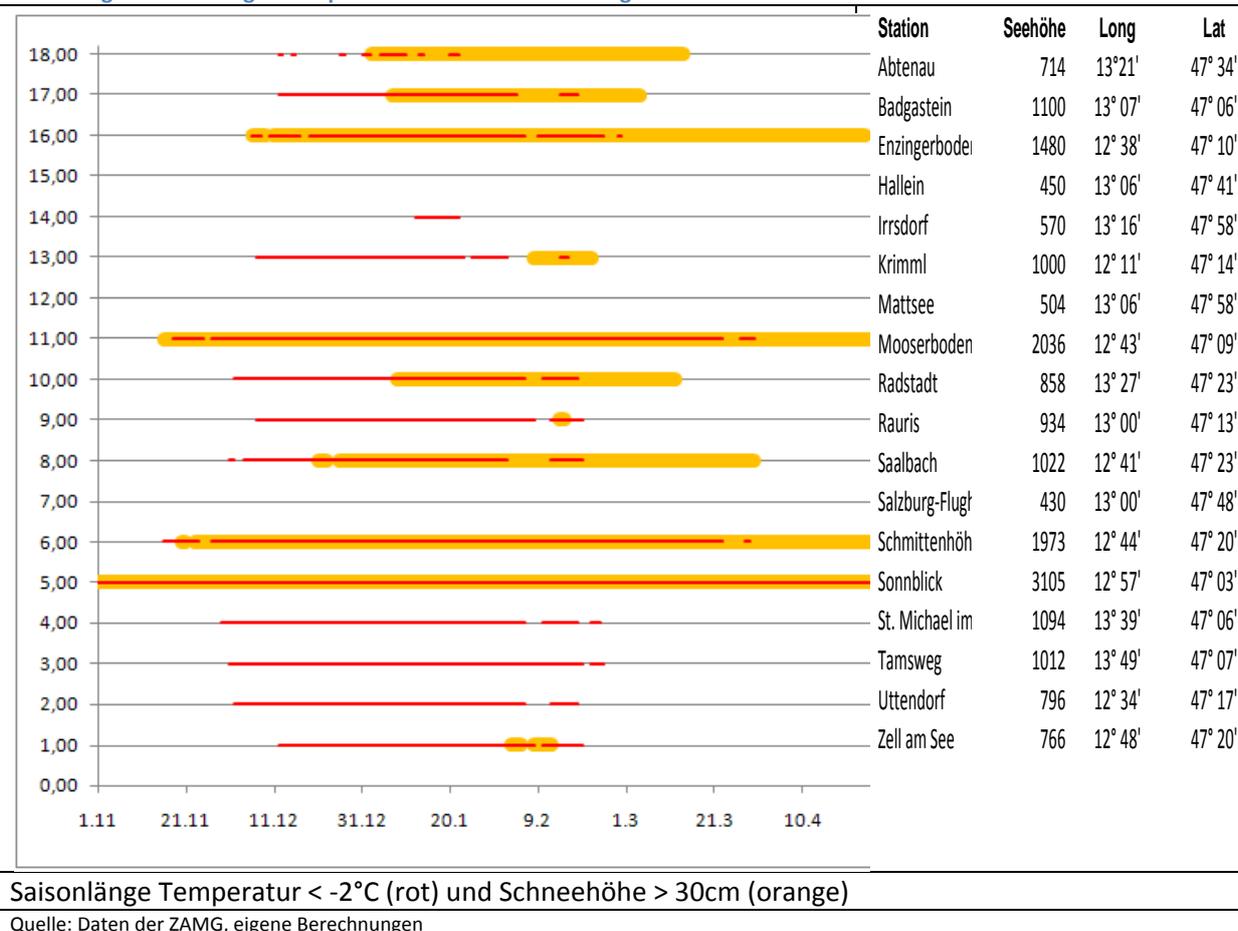
Quelle: Statistik Austria, eigene Darstellung

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 oder 8% der österreichischen Winternächtigungen werden hier erreicht. 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.

## 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. In der Schweiz wurde eine sogenannte „100 Tage Regel“ für den Wintertourismus aufgestellt (Abegg 1996, Bürki 2000), die auch von der OECD (Agrawala, 2007) übernommen wurde und besagt, daß ein wirtschaftlich tragfähiges Skigebiet zumindest 100 Tage Saison haben sollte.

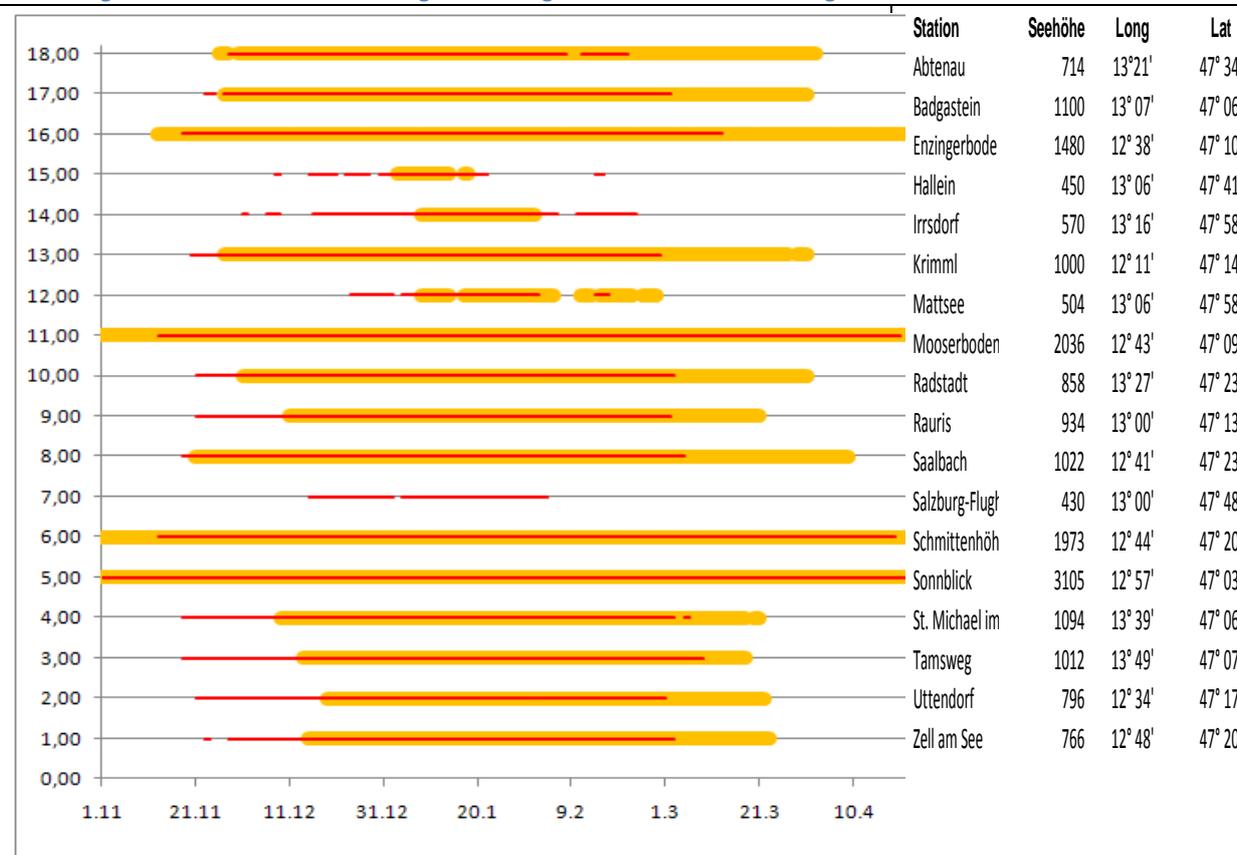
Abbildung 39 Saisonlänge für Alpinski im Bundesland Salzburg 1970 - 2000



Basierend auf zwei Kriterien, nämlich Temperatur und Schnee haben wir in Abbildung 39 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 sechs Stationen, Sonnblick, Schmittenhöhe, Saalbach, Radstadt, Mooserboden und Enzingerboden den Kriterien der 100 Tage Regel gerecht werden, die tiefste entsprechende Station liegt auf 858m.

Die meisten Touristen wohnten aber in Orten, die den Kriterien der 100 Tage Regel für den alpinen Skisport nicht entsprochen haben. Hier empfiehlt es sich weniger strikte Kriterien, etwa Mindestanforderungen für den Skilanglauf und Rodeln anzuwenden.

Abbildung 40 Wintertourismus Saisonlänge für Skilanglauf im Bundesland Salzburg 1970 - 2000



Saisonlänge Temperatur < 0°C (rot) und Schneehöhe > 10cm (orange)

Quelle: Daten der ZAMG, eigene Berechnungen

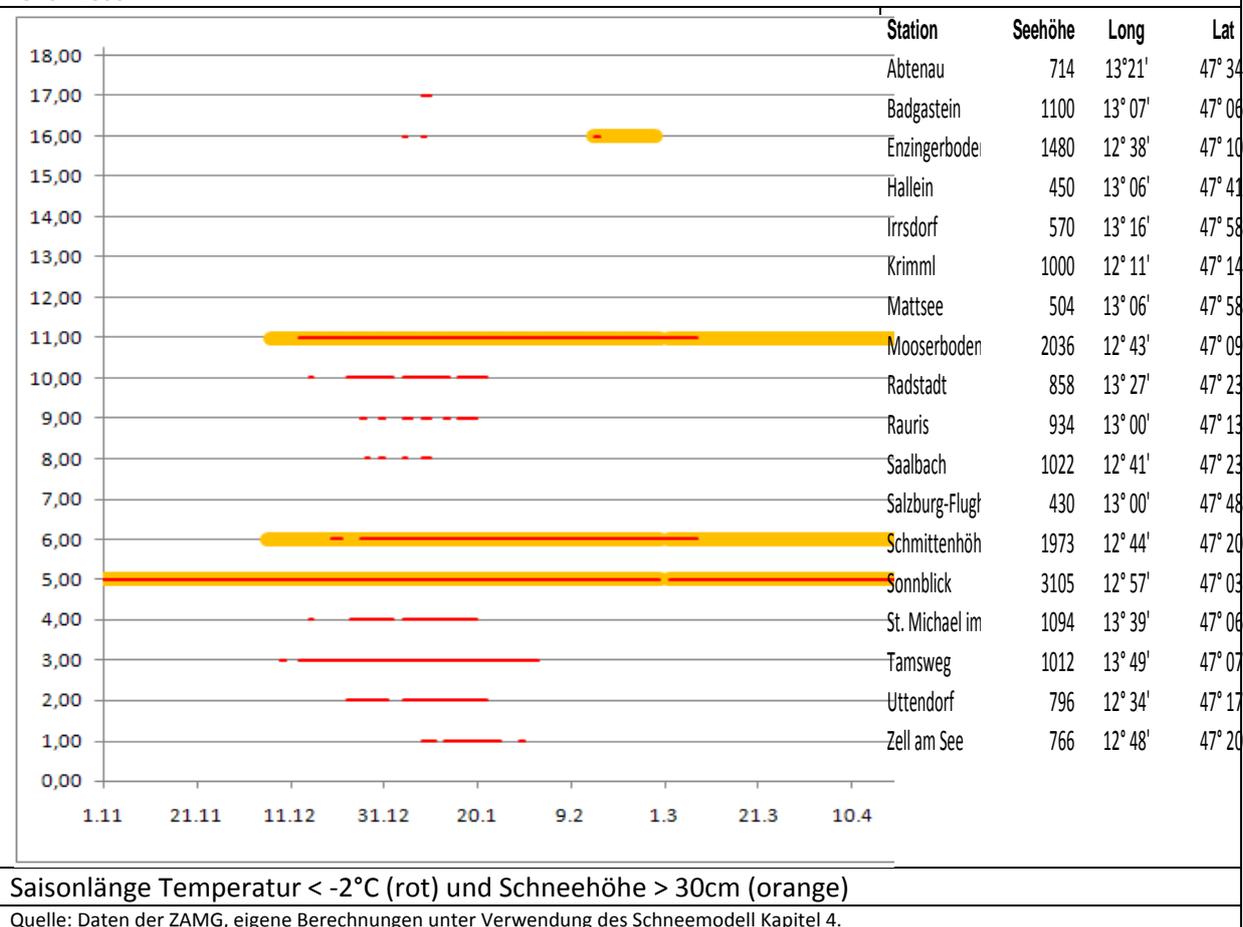
Die Abbildung 40 zeigt, auf welchen Stationen, die Bedingungen für schnee-basierten Wintertourismus wie Skilanglauf und Rodeln gut und entsprechend lang sind. Die orange Linie gibt die Zeit mit Schneelagen über 10cm wieder. Die rote Linie zeigt, inwieweit mit Kunstschnee nachgeholfen werden kann, da die Tagestemperaturen entsprechend tief waren. Hier sieht man, daß wesentlich mehr Stationen, die relativ tief ins Tal gehen schnee-basierten Wintertourismus anbieten können. Hier geht es auch um die Vermittlung des Gefühls von Winter, der über die reine sportliche Betätigung hinausgeht und zum touristischen Gesamterlebnis beiträgt. Neben den zuvor erwähnten sechs Stationen kommen acht weitere hinzu, Abtenau, Badgastein, Krimml, Rauris, St. Michael, Tamsweg, Uttendorf und Zell am See, die den weicheren Kriterien der 100 Tage Regel gerecht werden.

Lediglich vier „Flachlandstationen“, nämlich Salzburg, Irrschen, Mattsee und Hallein kamen auch hier nicht auf 100 Tage Saison. Diese Stationen liegen aber nicht in Tourismusregionen, sondern im Ausflugsgebiet der „urbanen Einwohner“ Salzburgs, die mit weit weniger Saisonlänge auskommen können.

## Saisonlänge im Wintertourismus bei 2°C Erwärmung

Basierend auf der Periode 1970 bis 2000 haben wir die Verkürzung der Saisonlänge für den Salzburger Wintertourismus errechnet.

Abbildung 41 Wintertourismus Saisonlänge für Alpinski im Bundesland Salzburg bei 2°C Erwärmung relativ zur Periode 1970 - 2000

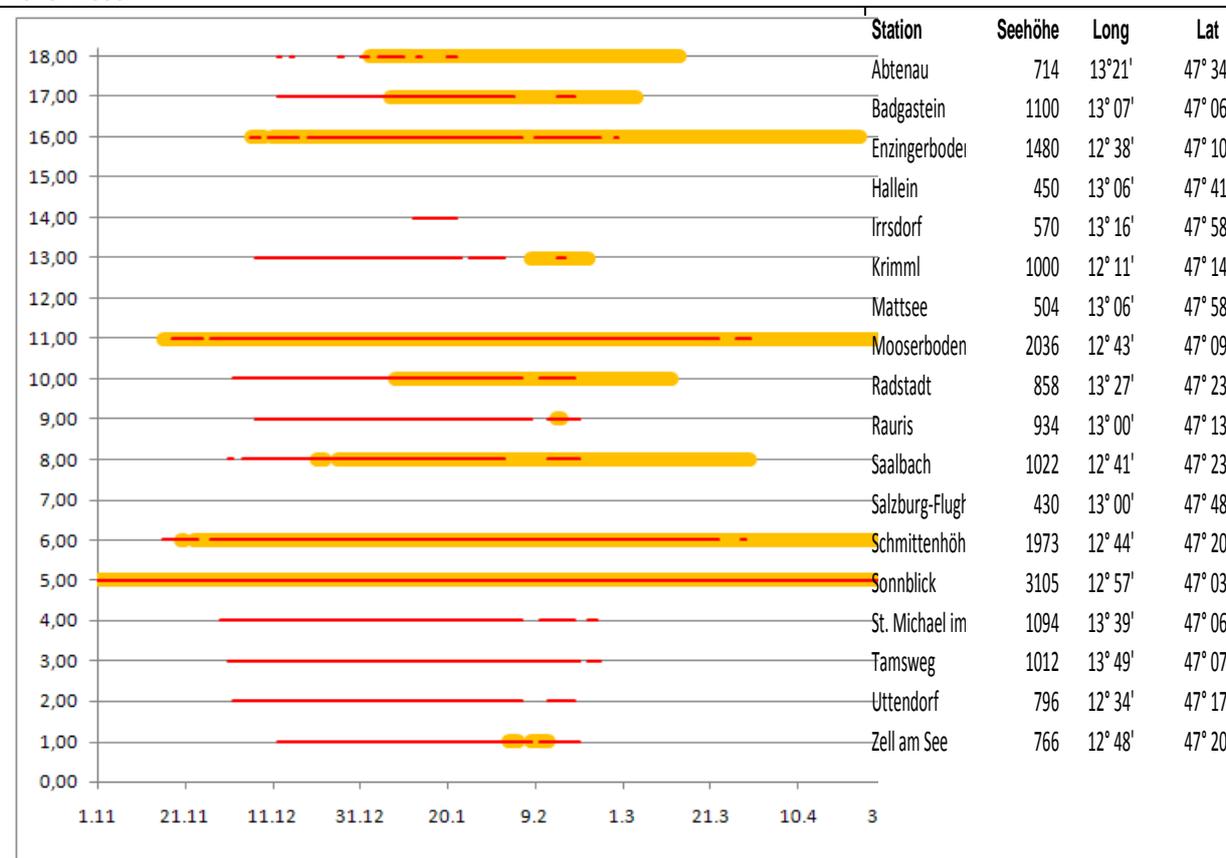


Die Abbildung 41 zeigt, wie sich 2°C Erwärmung auf die Saisonlänge für den alpinskiportbasierten Wintertourismus auswirken. Die orange Linie gibt die Schneebedingungen wieder, die speziell bei den tiefliegenden Stationen ungenügend lang sind. Während die drei Stationen über 1900m Mooserboden, Schmittenhöhe und Sonnblick nicht betroffen sind, zeigt die Station Enzingerboden, 1480m, daß die Situation in Bezug auf Schnee kritisch geworden ist. Noch drastischer ist der Saisonrückgang bei den Stationen Radstadt 858m und Saalbach 1022m. Vergleicht man die Saisonlänge mit der Interpolation der Temperatur in Kapitel 2, so kann man sehen, daß dieses Szenario in Salzburg bereits 2030 erreicht werden kann. Es handelt sich nicht um ein langfristiges, sondern bereits 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 (Kapitel 7) der Kunstschneeproduktion, ein Ausweichen auf höhere Lagen – welches aufgrund fehlender Flächen schwierig ist (Kapitel 1) - oder die Akzeptanz einer entsprechend kürzeren Saison sind drei Möglichkeiten diesem Problem entgegen zu treten.

Eine weitere Möglichkeit wäre die Verlagerung von Alpinski sport hin zu Langlauf und Rodeln. Hier werden entsprechende Saisonlängen auch bei zwei Grad Erwärmung immer noch erreicht. In Salzburg Flughafen, Hallein, Irrsdorf, Mattsee, werden die Werte klar nicht erreicht, in Krimml, Rauris, Uttendorf und Zell am See werden die Werte knapp nicht erreicht. In St. Michael und in Tamsweg liegen die Werte an der Grenze.

Abbildung 42 Wintertourismus Saisonlänge für Skilanglauf im Bundesland Salzburg bei 2°C Erwärmung relativ zur Periode 1970 - 2000



Saisonlänge Temperatur < 0°C (rot) und Schneehöhe > 10cm (orange)

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

Betrachtet man die Eignung für die in Bezug auf die Schneehöhe weniger anspruchsvollen Sportarten, so sieht man, daß eine 100 Tage lange Saison bei Langlauf und Rodeln auch in Lagen unter 1400m erreicht werden kann. Es wäre auch denkbar, daß nur mehr in einer Kernsaison der alpine Skisport praktiziert wird und in der Randsaison, die in Bezug auf Schnee weniger anspruchsvollen Sportarten praktiziert werden. Die Tage einer möglichen Beschneigung sind hier zahlreicher.

## Zusammenfassung Nüchtigungen:

- Der Wintertourismus in Salzburg ist gewachsen. Der extrem warme Winter von 2006/07 hat sich kaum negativ auf die Nüchtigungszahlen ausgewirkt.
- Der extremen Winter der Jahre 2005/06 und 2006/07 haben sich vor allem für den Bezirk Tamsweg negativ ausgewirkt. Dieser Bezirk ist relativ zu den großen Zentren Europas und der Hauptmärkte schwerer erreichbar.
- Ein Sechstel der österreichischen Wintertouristen findet in den benachbarten Bezirken St. Johann und Zell am See statt. Diese Region ist eines der intensivsten, internationalen Zentren des Wintertourismus.
  
- Die Saisonlänge ist ein Indikator für die Wirtschaftlichkeit einer Wintersportregion.
- Seit 1980 gibt es einen verstärkten Ausbau der Wintersportinfrastruktur zur Verlängerung der Saison. Diese Maßnahmen können Erwärmungsprobleme verzögern und unter bestimmten Umständen die Wintersaison verlängern.
- Gemessen wird die Saisonlänge mit Hilfe von Klimastationen und dem Indikatoren Temperatur und Schnee. Die Bezugsperiode ist der Zeitraum 1970 bis 2000. Die Grenzwerte sind  $-2^{\circ}\text{C}$  für die Temperatur und 30cm Schneedecke. Wird zumindest einer dieser Werte erreicht kann man von einer Wintersport Saison sprechen.
- Die Saison endet bei drei Stationen Mooserboden, Schmittenhöhe und Sonnblick im November und endet nach dem 30. April, dem offiziellen Ende des Winterhalbjahres. Alle Stationen liegen über 1900m.
- Die Station Enzingerboden auf 1470m hat von Anfang Dezember bis ca. 20. April Saison,
- Saalbach, 1022m, erfüllt von 1. Dezember bis bis 1. April die Saisonkriterien.
- Etwas kürzer die Saison von Abtenau 714m, Badgastein 1100m, und Radstadt 858m, die ein Kriterium ab ca. 10. Dezember erfüllen und um den 15. März verlieren.
- Krimml, Rauris, St. Michael, Tamsweg, Uttendorf, Zell am See sind allesamt Stationen über 766m bis 1094m Seehöhe erfüllen ein Kriterium bereits um den 1. Dezember und verlieren es bereits Ende Februar. Temperaturinversionen sind für tiefe Temperaturen in tiefen Lagen verantwortlich.
- Die verbleibenden vier Stationen sind tiefliegend, unter 600m, und erfüllen die Kriterien so gut wie nie. Lediglich in Irrsdorf wären 14 Tage Temperatur mäßig geeignet, künstlich zu beschneien.
  
- Eine Erwärmung um  $2^{\circ}\text{C}$  relativ zur Periode 1970 – 2000 bringt je nach Seehöhe entscheidende Saisonverkürzungen.
- Nur die Stationen über 1900m erfüllen die Kriterien 30cm Schneehöhe oder minus zwei Grad Celsius ab dem 11.12. und weiterhin bis Ende April.
- Alle anderen Stationen erfüllen – wenn überhaupt – nur im Jänner die geforderten Kriterien. Die Station Enzingerboden, die auf 1470m liegt, erfüllt das Schneekriterium von 1. bis 20. Februar.



## 7 - Infrastruktur



## 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. Bis 2002 gab es eine Aufzeichnung über die Dynamik in der Wintersportinfrastruktur durch das österreichische Verkehrsministerium und die Eisenbahnstatistik, seitdem ist man in Umstrukturierung. 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.

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:

**Tabelle 11 Hauptseilbahnen in den Salzburger Bezirken, Periode 1995/96 – 2000/01**

	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<b>Salzburg</b>	3	3	3	3	3	3
<b>Hallein</b>	2	2	2	2	2	2
<b>St. Johann</b>	34	40	43	44	54	55
<b>Tamsweg</b>	2	2	2	2	2	3
<b>Zell am See</b>	35	39	42	44	45	47
<b>SALZBURG</b>	76	86	92	95	106	110

Quelle: BMVIT, Seilbahnstatistik, Stefan Peck, 2006

Die Zahl der Hauptseilbahnen ist zwischen 1995/96 und 2000/01 um 40% gestiegen. Die Förderleistung an Personen ist gestiegen.

**Tabelle 12 Mittlere Seehöhe der Talstation von Hauptseilbahnen in m, Salzburger Bezirke, Periode 1995/96 – 2000/01**

	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<b>Salzburg</b>	487	487	487	487	487	487
<b>Hallein</b>	629	629	629	629	629	629
<b>St. Johann</b>	1.278	1.339	1.310	1.325	1.321	1.341
<b>Tamsweg</b>	1.659	1.659	1.659	1.659	1.659	1.480
<b>Zell am See</b>	1.278	1.288	1.318	1.326	1.334	1.341

Quelle: BMVIT, Seilbahnstatistik, Stefan Peck, 2006

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 (siehe Kapitel 4) von 2°C. Der Bau einer dritten Hauptseilbahn hat den hohen Wert von Tamsweg, der sich durch die bisherigen zwei Hauptseilbahnen ergibt, relativiert. Salzburg hat drei und Hallein hat 2 Hauptseilbahnen, die sich im beobachteten Zeitraum nicht geändert haben.

**Tabelle 13 Kleinseilbahnen in den Salzburger Bezirken, Periode 1995/96 – 2001/02**

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
<b>Salzburg</b>	3	3	3	3	3	3	2
<b>Hallein</b>	4	5	5	5	5	8	8
<b>St. Johann</b>	48	49	49	47	44	42	39
<b>Tamsweg</b>	4	4	4	4	4	5	4
<b>Zell am See</b>	39	38	36	34	34	34	35
<b>SALZBURG</b>	98	99	97	93	90	92	88

Quelle: BMVIT, Seilbahnstatistik, Stefan Peck, 2006

Die Anzahl der Kleinseilbahnen ist rückläufig. Oft werden Kleinseilbahnen durch Hauptseilbahnen ersetzt. Es gilt auch eine höhere Kapazität an beförderten Personen pro Stunde zu erreichen und so auf ein generell geändertes Schneeangebot zu reagieren, wo Gunstlagen prinzipiell mehr Personen aufnehmen können, während weniger günstige Wintertourismusgebiete keinen Wintersport mehr anbieten können.

**Tabelle 14 Mittlere Seehöhe der Talstation von Kleinseilbahnen in m, Salzburger Bezirke, Periode 1995/96 – 2001/02**

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
<b>Salzburg</b>	990	990	990	990	988	988	923
<b>Hallein</b>	932	980	980	980	981	979	979
<b>St. Johann</b>	1.264	1.272	1.272	1.302	1.337	1.343	1.383
<b>Tamsweg</b>	1.272	1.272	1.272	1.272	1.272	1.376	1.440
<b>Zell am See</b>	1.438	1.429	1.434	1.486	1.486	1.469	1.478

Quelle: BMVIT, Seilbahnstatistik, Stefan Peck, 2006

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 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.

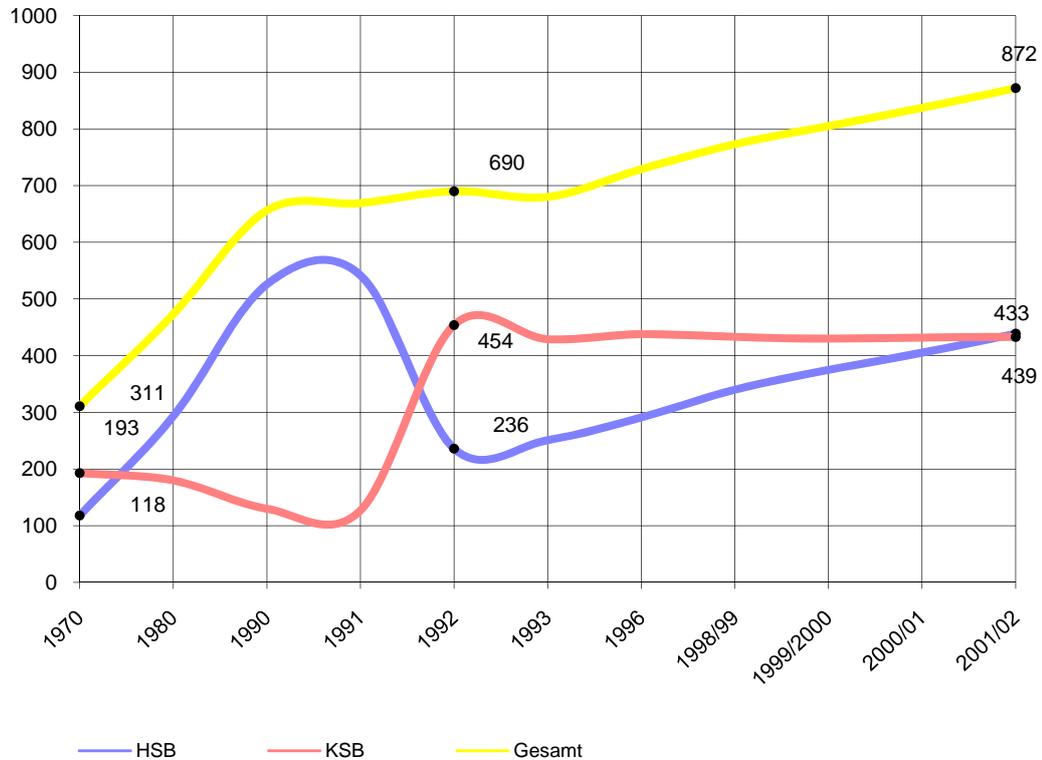
**Tabelle 15 Schlepplifte in den Salzburger Bezirken, Periode 1995/96 – 2001/02**

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
<b>Salzburg</b>	28	28	27	27	27	28	28
<b>Hallein</b>	46	47	47	47	47	45	42
<b>St. Johann</b>	174	177	163	163	145	150	129
<b>Tamsweg</b>	38	37	37	37	35	38	34
<b>Zell am See</b>	199	197	193	193	176	179	174
<b>SALZBURG</b>	485	486	467	467	430	440	407

Quelle: BMVIT, Seilbahnstatistik, Stefan Peck, 2006

Die Anzahl der Schlepplifte nimmt ab. Schlepplifte sind die einfachste Infrastruktur des Wintersports, es werden zumeist geringere Höhenunterschiede überbrückt und sie stellen eine kleinere Investition dar. Schlepplifte reichen in der Regel tiefer hinunter als Kleinseilbahnen und Hauptseilbahnen, selbst wenn dies von der Seilbahnstatistik, die keine Höhen ausweist, nicht ablesbar ist. Der Rückgang der Schlepplifte deutet auf eine Konzentration im Wintertourismus hin bzw. auch eine Aufgabe von tiefliegenden, unrentabel gewordenen Skigebieten. Große Skigebiete ersetzen Schlepplifte durch Seilbahnen, kleinere Skigebiete können sich die Investitionen einer Infrastrukturerneuerung nicht leisten. Diese Skigebiete können aber weniger intensive und vergleichsweise billigere Varianten des Wintertourismus als Nischen besetzen, etwa Wintertourismus für Familien mit Kleinkindern.

Abbildung 43 Entwicklung der Seilbahnen in Österreich 1970 bis 2001/02



Quelle: BMVIT, 2002, Seilbahnstatistik, Stefan Peck, 2006

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

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 der übrigen Abfahrtsflächen.

## Kunstschneeproduktion

Um den Saisonbeginn im Dezember sicher zu stellen und den Anforderungen an die Pistenpräparierung für die heute verwendeten Sportgeräte zu genügen, wurden ab 1980 in Salzburg Beschneigungsanlagen errichtet. Schneemangel infolge hoher Temperaturen oder Wassermangel stellen Wintertourismusbetriebe, vor allen die Seilbahnwirtschaft vor große Herausforderungen. In Österreich können zwei Drittel der Pisten künstlich beschneit werden und die Tendenz nimmt noch weiter zu. Die ökonomischen Auswirkungen der Klimaänderungen wären ohne Kunstschnee weit größer. Die Grundvoraussetzung für die Produktion von Kunstschnee ist die Temperatur. Der traditionell übliche Wert von  $-2^{\circ}\text{C}$  Tageslufttemperatur galt lange als Anhaltspunkt, ob eine Produktion von Kunstschnee stattfinden kann oder nicht. Tabelle 16 zeigt, daß die Anzahl der geeigneten Tage abgenommen hat.

**Tabelle 16** Vergleich der möglichen Beschneigungstage in drei Subperioden während 1948 bis 2007

Tage $< -2^{\circ}\text{C}$	Beschneigungstage			
	1948-2007	1948-1968	1968-1988	1988-2007
Abtenau	47	54	49	40
Badgastein	58	58	60	57
Enzingerboden	73	82	77	67
Hallein	32	41	32	23
Irrsdorf	41	-	44	38
Krimml	56	68	59	50
Mattsee	35	48	35	30
Mooserboden	105	109	110	94
Radstadt	64	69	70	54
Rauris	61	64	64	55
Saalbach	63	-	72	57
Salzburg-Flughafen	34	40	34	27
Schmittenhöhe	100	104	108	89
Sonnblick	177	178	176	176
St_Michael	67	-	68	66
Tamsweg	71	74	77	62
Uttendorf	62	78	63	56
Zell_am_See	57	62	60	48

Quelle: Daten ZAMG, eigene Berechnungen

Aufgrund neuer Methoden der Kunstschneeerzeugung mit effizienteren Anlagen kann dieser Wert auf  $0^{\circ}\text{C}$  erhöht werden.

**Tabelle 17** Vergleich der möglichen Beschneigungstage in drei Subperioden während 1948 bis 2007 bei verbesserter Beschneigungstechnologie

Tage $< 0^{\circ}\text{C}$	Inkl. Beschneigungstage mit Risiko			
	1948-2007	1948-1968	1968-1988	1988-2007
Abtenau	72	86	75	62
Badgastein	84	84	88	81
Enzingerboden	99	106	104	92
Hallein	49	59	49	40
Irrsdorf	63	-	66	59
Krimml	82	91	87	75

<b>Mattsee</b>	53	66	54	47
<b>Mooserboden</b>	129	133	134	121
<b>Radstadt</b>	90	95	93	82
<b>Rauris</b>	85	89	88	79
<b>Saalbach</b>	91	-	100	85
<b>Salzburg-Flughafen</b>	51	59	50	44
<b>Schmittenhöhe</b>	126	130	134	114
<b>Sonnblick</b>	180	181	180	180
<b>St_Michael</b>	90	-	92	88
<b>Tamsweg</b>	93	97	98	85
<b>Uttendorf</b>	85	101	87	78
<b>Zell_am_See</b>	81	87	83	72

Quelle: Daten ZAMG, eigene Berechnungen

In etwa balancieren die gesteigerten technischen Möglichkeiten und die festgestellte Erwärmung aus (Kapitel 2). Für den Betrachter von außen – die Touristen - hat sich wenig verändert. Die Betreiber spüren aber einen starken Anpassungsdruck, dem sie nur zunehmend schwieriger entgegenwirken können.

**Tabelle 18** Beschneigungstage bei Erwärmung um 2°C relativ zur Periode 1970-2000

Tage <	-2°C	0°C
<b>Abtenau</b>	27	47
<b>Badgastein</b>	37	58
<b>Enzingerboden</b>	49	73
<b>Hallein</b>	19	32
<b>Irrsdorf</b>	26	41
<b>Krimml</b>	35	56
<b>Mattsee</b>	21	35
<b>Mooserboden</b>	77	105
<b>Radstadt</b>	44	64
<b>Rauris</b>	41	61
<b>Saalbach</b>	41	63
<b>Salzburg-Flughafen</b>	21	34
<b>Schmittenhöhe</b>	75	100
<b>Sonnblick</b>	167	177
<b>St_Michael</b>	47	67
<b>Tamsweg</b>	52	71
<b>Uttendorf</b>	42	62
<b>Zell_am_See</b>	38	57

Quelle: Daten ZAMG, eigene Berechnungen

In Tabelle 18 sieht man, daß die beschneigungstauglichen Tage bei Erwärmung trotz des angenommenen technischen Fortschritts geringer werden als jene der Perioden 1948 – 1968 und 1968 – 1988 von Tabelle 16.

Güthler (2003) hat die Entwicklung von Kunstschnee und deren Kosten in Deutschland untersucht. Noch im Jahr 1993 nahm man an, daß Investitionskosten und Wasserverfügbarkeit den breiten Einsatz von Beschneiungsanlagen unmöglich machen. Angesichts steigender Schneegrenzen und ebenso steigender Ansprüche der Wintersportler an die Schneesicherheit ihres Urlaubsgebietes investierten immer mehr Wintersportgebiete massiv in die künstliche Beschneigung: 1992/1993 wurden im bayerischen Alpenraum nicht einmal 1 % der Pisten beschneit, im Winter 1999/2000 waren es nach Angaben des Verbands Deutscher Seilbahnen bereits 6,5 %. Häufigstes Argument deutscher Seilbahnunternehmen für die Beschneigung ist, dass in anderen Alpenstaaten intensiver beschneit wird und die Touristen ohne Kunstschnee abwandern. Im Winter 1999/2000 wurden in Österreich 38 %, in Südtirol rund 55 %, in der Skiarena „Dolomiti Super Ski“ sogar 70 % der Pisten künstlich beschneit. Österreich legt die höchsten Steigerungsraten zurück 1992/93 waren es 6 % und sieben Jahre später 38%, in der Saison 2005/06 sind es 54% für Österreich, 68% für Italien, 19% in der Schweiz und 14% in Frankreich.

Nach Berechnungen der CIPRA kostet die Infrastruktur für die Beschneigung von 1 ha Piste - oder 1 km Abfahrtsfläche mit 100m Breite – ca. 136.000 Euro (nach Zahlen von Avcommunication, zitiert nach Güthler 2003). Daten vom Arlberg (Die Zeit, 30.11.2006) resultieren in einem Wert zwischen 2 und 5 Euro für 1 m<sup>3</sup> Schneeproduktion, der 3m<sup>2</sup> Pistenfläche mit knapp über 30cm Schneehöhe beschneit und laufenden Kosten von 10.000 Euro pro Hektar und Saison.

Im Bundesland Salzburg (Salzburger Landesregierung 2007) sorgen 98 wasserrechtlich bewilligte Beschneiungsanlagen für sichere Schneeeverhältnisse auf 1876 ha beschneiter Pistenfläche (Stand April 2007). Von diesen Anlagen befinden sich 41 im Bezirk Zell am See und beschneien 823 ha Schipisten. Im Bezirk St. Johann gibt es 39 Anlagen, die 780 ha Schipisten beschneien. In den Bezirken Tamsweg und in Hallein gibt es je 8 Beschneiungsanlagen und im Bezirk Salzburg Land zwei Beschneiungsanlagen, die gemeinsam 273 ha Pisten beschneien. 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. Dies ist ein aus aktueller Perspektive zu niedrigerer Preis. Aufgrund eines erhöhten Bedarf kann man künftig von einer Obergrenze von 5000 ha beschneibaren Flächen ausgehen. Erschwerend kommt eine Verteuerung der Energie und Wasserpreise und folgende Annahmen scheinen realistischer: die neuen Beschneiungsanlagen im Zuge einer Vollbeschneigung aller Salzburger Pisten werden in der Anschaffung € 150.000.- oder mehr kosten. Die Betriebskosten werden sich in einer wärmeren Umwelt vervielfachen, denn es muß öfter beschneit werden und die Kosten pro Beschneigung steigen sukzessive an. Im nächsten Jahrzehnt müssen bis zu € 30.000 jährliche Betriebskosten pro ha berechnet werden. Die durch den Wintertourismus getätigten Einnahmen zeigen aber (Kapitel 5), daß selbst ein erhöhter finanzieller Aufwand auf absehbare Zeit vertretbar sein wird, sofern eine Erwärmung langsam fortschreitet. Die Herausforderungen liegen vor allem im technischen Bereich, nämlich Kunstschnee ressourcenschonender und billiger zu produzieren.

Um die immer kürzer werdenden Kälteperioden optimal nützen 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 m<sup>3</sup> auf. Bei einer Vollnutzung würde dieser Speicher eine Million m<sup>3</sup> Schnee produzieren, der rund 250ha Pistenfläche beschneien kann. Die Planung einer Beschneiungsanlage ist dem wasserwirtschaftlichen

Planungsorgan im Wege der Arbeitsgruppe "Wasserwirtschaft und Naturschutz" anzuzeigen. Dabei sind die generellen Projektanforderungen mit den Darstellungen im Übersichtslageplan für das gesamte Schigebiet, sowie der Systemplan der Gesamtanlage der wasserwirtschaftlichen Planung und des wasserbautechnischen Sachverständigendienstes zu berücksichtigen.

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 CO<sub>2</sub> Emissionen nieder. Aktuell werden zwischen 1.5 KWh und 9 KWh für die Produktion von 1 m<sup>3</sup> Kunstschnee veranschlagt (CIPRA 2004). Andererseits sind die Flächen in hohen Lagen begrenzt (Kapitel 1) und ökologisch sensibel und Eingriffe in hohen Lagen prinzipiell bedenklich aufgrund von Störungsanfälligkeit, Wartung und Witterung.

Die technische Beschneigung ist mit einem Aufwand an Energie und Wasser verbunden. In einer Schweizer Studie (Teich et al. 2007) wurden deshalb der Wasser- und Stromverbrauch für die technische Beschneigung im Raum Davos analysiert und mit dem regionalen Energie- und Wasserverbrauch sowie dem Ressourcenverbrauch anderer touristischer Aktivitäten verglichen. Der jährliche Energieverbrauch für die Kunstschneeproduktion in den Untersuchungsgebieten beträgt 14'000 - 1.7 Mio. kWh. In Davos macht der Stromverbrauch für die Beschneigung ca. 0.5% des gesamten Energieverbrauchs der Gemeinde aus. Zum Vergleich beläuft sich der Energieverbrauch durch Wohnungen auf 32.5% des Gesamtenergieverbrauchs der Gemeinde Davos. Der Wasserverbrauch durch die Beschneigung ist im Verhältnis zum Energieverbrauch und zum gesamten Trinkwasserverbrauch der untersuchten Gemeinden sowie zu anderen touristischen Aktivitäten beträchtlich (20-35% des gesamten Wasserverbrauchs der Region). Die ökologischen Auswirkungen der technischen Beschneigung zeichnen sich bei Vegetation, Boden, Tieren und Gewässern ab. Die Auswirkungen unterscheiden sich stark nach Region, Höhenlage etc.. Dennoch lassen sich als Grundsätze für Auswirkungen auf die Vegetation ableiten, daß 1) Kunstschnee zwar zum Teil Vegetation und Boden mechanisch schützen kann, die mechanischen Schäden auf Skipisten aber allgemein hoch sind, 2) Kunstschnee Vegetation und Boden vor Frost schützen kann, 3) die späte Ausaperung auf Kunstschneepisten sich auf die Vegetationszusammensetzung auswirkt, 4) Ionen- und Wassereintrag dort unproblematisch sind, wo Wiesen oder Weiden ohnehin landwirtschaftlich gedüngt werden, aber bei nährstoffarmer Vegetation, z.B. Mooren oder Magerrasen zu vermeiden sind, 5) Artendiversität und Produktivität auf beiden Pistenarten (Kunst- und Naturschnee) verringert sind.

In der Schweiz ist der Einsatz von Kunstschnee bei 19% der Pisten relativ gering. Doch auch hier wird im Verweis auf Österreich und Südtirol argumentiert, den Anteil der beschneiten Fläche wesentlich auszuweiten. Im Vergleich zu Österreich mit 950m durchschnittlicher Höhe liegt die Schweiz um 400m höher und Zusätze zur besseren Kristallisation der Eiskristalle auf Basis von abgestorbenen Bakterien a la „Snowmax“ sind erlaubt. Aonofrisei (2008) weist in einem Workshop darauf hin, daß der Zusatz von gewissen Bakterien, pathogene Wirkungen für die Menschen haben können und dieses Feld wenig untersucht ist.

## Beschneigungstechnik

Die Produktion von Kunstschnee simuliert den natürlichen Schneefall. Herkömmliche Verfahren werden vom Boden aus gesteuert: Wasser wird in Düsen von Schnee-Erzeugern zu feinsten Tröpfchen zerstäubt und ausgeschleudert. Damit die Tröpfchen auf der kurzen Flugzeit zwischen Düse und Auftreffen am Boden zu einem Schneekristall ausfrieren können, müssen sie stark unterkühlt werden. Dies geschieht in Salzburg durch einen rein physikalischen Vorgang, denn es dürfen keine chemischen oder biologischen Substanzen verwendet werden und entspricht einem sogenannten „Salzburger Reinheitsgebot für Kunstschnee“ (Salzburger Landesregierung 2007). Die produzierte Kunstschneedecke entspricht einer gesetzten natürlichen Schneedecke mit relativ schwerem Schnee. Bei der Systemwahl wird zwischen dem Hochdrucksystem (Wasser wird mit Druckluft zerstäubt und ausgeschleudert) und dem Niederdrucksystem (Wasser wird über Düsen in den Luftstrom eines Gebläses eingespritzt) unterschieden.

Abbildung 44 Unterscheidung zwischen natürlichem Schnee (volle Abbildung) und künstlichem Schnee (rotes Rechteck links unten in der Abbildung)

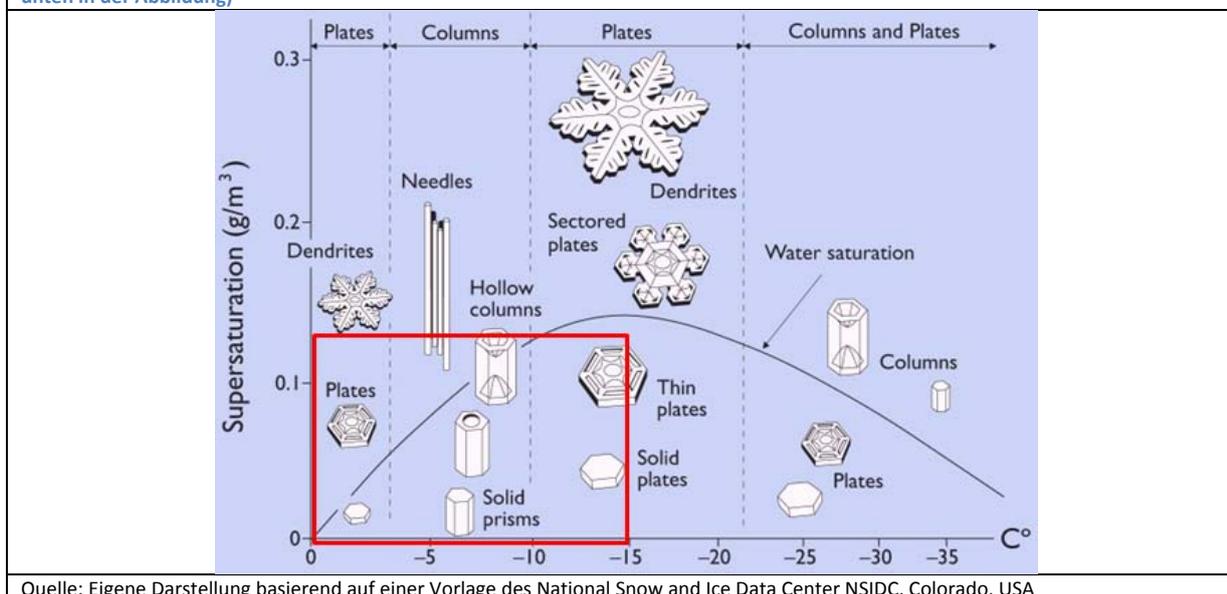


Abbildung 44 zeigt den Unterschied zwischen Naturschnee und Kunstschnee. Naturschnee hat ein wesentlich breiteres Spektrum im direkten Zusammenspiel mit den äußeren Umgebungsfaktoren. Je nach Außenbedingungen, dem Temperaturgradient Wolken und Boden bzw. Wasserdampfsättigung in der Atmosphäre, gibt es eine Vielzahl möglicher natürlicher Kristallformen. Bei der aktuellen Kunstschnee Produktion gibt es ein limitiertes rotes Spektrum, der produzierte Schnee ist relativ schwer. Die Wärmeisolation ist beispielsweise geringer als bei lockerem, leichtem Schnee.

Die Entwicklung von neuen Beschneigungstechnologien zeichnet sich ab, sie sind vorerst alle umstritten. Eine Methode wäre „cloud seeding“ oder das Impfen von Wolken mit Reagenzien und der dadurch erzwungenem Schneefall. Diese Methode ist z.B. in USA, Kanada und Russland für die Bewässerung der Landwirtschaft im Einsatz. Prinzipiell lässt sich diese Methode auch für die Beschneigung anwenden (Shinkevic 2007). Vorteile sind die Kunstschneeproduktion hoch oben in den Wolken und die Vergrößerung des roten Spektrums in Abbildung 44. Hierdurch kann Schnee bedeutend billiger erzeugt werden als am Grund. Auch die CO<sub>2</sub> Bilanz wäre günstiger. Man würde selbst bei Ausweitung der künstlichen Beschneigung weniger Treibhausgase emittieren. Nachteile des „cloud seeding“ wären die Verabreichung eines chemischen Zusatz der eine Beschneigung hervorruft, die Anwendbarkeit nur während bestimmter Wetterbedingungen, die Umleitung der Wolken -

ähnlich wie bei umgeleiteten Flüssen ergibt sich auch hier eine rechtliche Problematik – und die fehlende Tests zur Veranschaulichung dieser Methode.

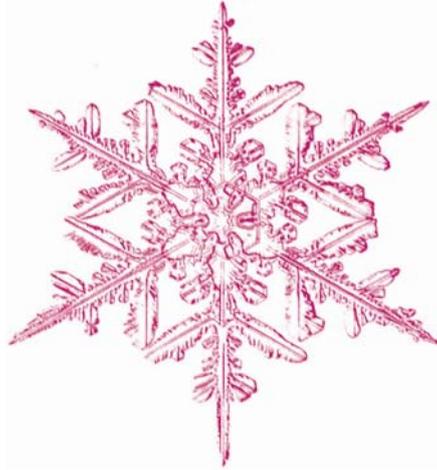
Eine weitere Methode der Schneeproduktion ist der Einsatz von Mikroorganismen – u.U. auch von genetisch modifizierten Mikroorganismen - zur Erhöhung (prinzipiell auch Senkung) des Taupunktes von Schnee. Dieses Phänomen kommt auch natürlich vor, allerdings nur im Bereich von 0,01° C (Aonofrisei 2007). Der Bereich der möglichen Taupunkterhöhung, der aber noch nicht nachgewiesen ist, soll 3°C betragen können. Die Schneestruktur sollte innerhalb des Spektrums der konventionellen Kunstsnee-Produktion (rotes Rechteck) liegen. Vorteile sind auch hier der geringere Ressourcenverbrauch und das spärliche CO<sub>2</sub> Aufkommen. Nachteile sind die gezielte Vermehrung von bestimmten Mikroorganismen und deren Aussetzen in die Natur. Es wird auch auf die möglichen pathogene Wirkung einiger Mikroorganismen und den Konflikt mit der Trinkwasserversorgung hingewiesen (Aonofrisei 2008).

Der heutige Stand der Beschneigungstechnik ist nicht der letzte. Neue Entwicklungen sind im Kommen und Kunstsnee wird künftiger vielleicht billiger produziert. Der Technik sind aber in jedem Fall Grenzen durch die natürlichen Bedingungen gesetzt. Eine Erwärmung kann durch die Entwicklung Technologie basierter Anpassungsmethoden gemildert, aber nicht aufgehalten werden. Die Für und Wider einer Beschneigungstechnologie müssen gegeneinander aufgewogen werden. Eine Technik alleine erscheint zu wenig. Die Bündelung verschiedener Techniken erscheint zielführend, wenn man den Wintersport möglichst lange aufrechterhalten will.

## Zusammenfassung Infrastruktur

- Bis 2002 gab es eine Aufzeichnung der Aufstiegshilfen, Hauptseilbahnen, Kleinseilbahnen und Schlepplifte.
  - Danach gibt es keine Zusammenschau mehr über die Entwicklung der Aufstiegshilfen, obgleich ab 2002 noch viele Anpassungen bei den Aufstiegshilfen stattfanden.
  - Im Zeitraum 1995 bis 2001 alleine ist die Zahl der Hauptseilbahnen von 76 auf 110 oder um 40% gestiegen.
  - Diese Steigerung war am größten im Bezirk St. Johann, von 34 auf 55 Anlagen, und Zell am See, von 35 auf 47 Anlagen.
  - Die Talstation der touristischen Hauptbezirke St. Johann und Zell am See sind im Mittel um 63m gestiegen von zuvor 1278m auf nun 1341m.
  - Die Anzahl der Kleinseilbahnen des Bundeslandes ist im Zeitraum 1995 bis 2001 von 98 auf 88 gesunken. Dies deutet darauf hin, daß Kleinseilbahnen durch Hauptseilbahnen ersetzt wurden.
  - Die Höhe der Talstation von Kleinseilbahnen ist in den Gebirgsbezirken gestiegen, St. Johann 119m und Zell am See 40m.
  - Der Trend bei Hauptseilbahnen wird bei Kleinseilbahnen bestätigt: die Infrastruktur des Wintertourismus bewegt sich in die Höhe.
  - Die Anzahl der Schlepplifte nahm im Bundesland zwischen 1995 und 2001 von 485 Anlagen auf 407 Anlagen ab.
  - Der Rückgang der Schlepplifte deutet auf eine Konzentration im Wintertourismus. Kleine Gebiete werden aufgegeben, große ersetzen ihre Schleppliftenanlagen durch Seilbahnen.
  - Insgesamt hat die Beförderungskapazität zugenommen. Man kann in einem kürzeren Zeitfenster mehr oder gleich viele Personen befördern als zuvor.
- 
- Seit 1980 werden in Salzburg Beschneigungsanlagen errichtet. Ökonomische Auswirkungen von Schneemangel werden hierdurch gelindert.
  - Grundvoraussetzung der Kunstschneeerzeugung ist das Vorhandensein einer ausreichend kalten Temperatur.
  - Der Wert von  $-2^{\circ}\text{C}$  Tagesmitteltemperatur gilt als Anhaltspunkt für eine künstliche Beschneigung.
  - Je nach Höhenlage war die Anzahl der Tage unter  $-2^{\circ}\text{C}$  in der Periode 1948 bis 2007 im Durchschnitt zwischen 32 Tagen in Hallein und 177 Tagen am Sonnblick.
  - Je nach Höhenlage war die Anzahl der Tage unter  $0^{\circ}\text{C}$  in der Periode 1948 bis 2007 im Durchschnitt zwischen 49 Tagen in Hallein und 180 Tagen am Sonnblick.
  - Je nach Höhenlage sinkt die Anzahl der Tage unter  $-2^{\circ}\text{C}$  auf 19 Tage in Hallein und 167 Tage am Sonnblick. Generell lässt sich sagen, je tiefer die Höhenlage desto stärker der Rückgang an möglichen Beschneigungstagen.
  - Zum Entgegenwirken auf Erwärmung gibt es prinzipiell drei Möglichkeiten: den Wintersport nach oben verlegen, effizientere konventionelle Beschneigungsanlagen zu bauen, neue Techniken der Beschneigung zu forcieren.
  - In der Vergangenheit konnte man € 136.000 Investition pro ha beschneiter Piste annehmen. Die jährlichen Betriebskosten betragen € 10.000. Diese Kosten entwickeln sich stark nach oben.
  - In Salzburg gibt es 98 wasserrechtlich bewilligte Beschneigungsanlagen. Diese versorgen eine Fläche von 1876 ha mit Kunstschnee.
  - Im Bezirk Zell am See gibt es 41 Anlagen, im Bezirk St. Johann 39 Anlagen, die 823 bzw. 780 ha Skipiste beschneien. Die verbleibenden 18 Anlagen die 273ha beschneien, verteilen sich auf die übrigen Bezirke.
  - Die Obergrenze für die Fläche mit Kunstschnee wird für Salzburg mit 5000ha angenommen. Dies entspricht einer Totalbeschneigung aller vorhandenen Pisten im Bundesland.
  - Ein zweistelliger Prozentbetrag der Tourismuseinnahmen wird auch künftig für Kunstschnee ausgegeben werden.

- Insgesamt muß Kunstschnee künftig billiger und ressourcenschonender produziert werden als dies heute der Fall ist, um den Wintertourismus möglichst breit und lange zu erhalten.
  - Die Anlage von Wasserspeichern ist ein aktuelles Thema in Salzburg. Niederschlag des Sommers wird genutzt.
  - Der größte Speicher umfasst 400.000m<sup>3</sup> Wasser, aus denen etwa 1.000.000m<sup>3</sup> Schnee entstehen und die derzeit für 250ha ausreichen.
  - Neben Wasser wird Energie für die Schneeproduktion benötigt. Berechnungen zum Energieverbrauch fehlen!
- 
- Kunstschnee, mancherorts auch technischer Schnee genannt, simuliert gesetzten natürlich gefallen Schnee.
  - Herkömmliche Verfahren werden vom Boden aus gesteuert.
  - Das „Salzburger Reinheitsgebot für Kunstschnee“ verbietet den Zusatz von chemischen und biologischen Substanzen.
  - Neue Verfahren, die ressourcenschonender sind, verwenden Zusätze.
  - Beim Verfahren „Cloud seeding“ werden chemische Reagenzien in Wolken geimpft und Schneefall kann erzwungen werden. Der Schnee entspricht in seiner Konsistenz weitergehend dem natürlich gefallenen Schnee. Der Ressourceninput, der bei der bodengesteuerten Beschneigung anfällt, wird minimiert.
  - Bestimmte Mikroorganismen können den Taupunkt von Schnee erhöhen und senken. Dieses Phänomen, welches auch natürlich vorkommt, kann künstlich gesteigert werden. Die theoretische Grenze soll bis 3°C betragen. Nachteile sind die gezielte Vermehrung bestimmter Mikroorganismen, die u.U. auch pathogen sein können.
  - Neue technische Entwicklungen der künstlichen Beschneigung sind im Kommen. Eine Bündelung verschiedener Techniken ist zielführend. Ein Abwägen der Vor- und Nachteile ist notwendig.



## 8 - Zukunft



## Die Zukunft des Salzburger Wintertourismus

Der Salzburger Wintertourismus wird durch den Klimawandel herausgefordert. Dies nicht erst seit dem warmen Winterhalbjahr 2006/07, sondern seit einem Viertel Jahrhundert. Nach 1945 bis etwa 1980 wurden Strukturen des Wintertourismus geschaffen, danach wurde angepaßt, konzentriert und verdichtet. Die Stellung des Wintertourismus ist nach wie vor ungebrochen stark, doch der Mensch muß dort nachhelfen, wo die Natur den Bedürfnissen der Industrie nicht nachkommen kann. Ohne entsprechende Anstrengungen würde die Stellung des Wintertourismus schnell zusammen brechen.

Im Vergleich zur Landwirtschaft, die um 1960 noch mehr als 10% des österreichischen BIP produzierte und danach sukzessive an ökonomischer Bedeutung verlor, konnte der Wintertourismus das allgemeine Wirtschaftswachstum für sein eigenes Wachstum nützen. Trotz widriger natürlicher Umstände durch eine festgestellte Erwärmung ist der schnee-basierte Wintertourismus gewachsen. Die Zahl der Einflußfaktoren im Wintertourismus ist gewachsen.

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 Tourismus abgestimmt.

Geht die Entwicklung in den hier prognostizierten Bahnen, wird man noch einige Zeit anpassen können, der Preis der Anpassung wird aber höher werden. Das System Wintertourismus wird noch klimaempfindlicher werden. Schnee wird immer seltener von alleine fallen, sondern als Kunstschnee gemacht, mit stetig höheren Aufwand für die Betreiber. Die gerade Schwächsten werden aussteigen, sich auf bestimmte Nischen spezialisieren, bzw. aus dem Wintertourismus verdrängt.

Ein starkes Nachlassen der hohen und - durch das Erschließen neuer internationaler Kundenschichten - immer noch steigenden Nachfrage wird bei gleichzeitigem Vorhandensein des Klimaproblems sehr rasch zu einem regionalen Ende des Wintertourismus führen.

Die statistischen Grundlagen zur Beobachtung der Tourismusedwicklung 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. Diese Werte werden das vertretbare Maß der Anpassung bestimmen. Studien über regionale Ökobilanzen (z.B. LCA und LCIA) fehlen für ein abgerundetes Bild. Es wird empfohlen dies bei ehest möglicher Gelegenheit nachzuholen.

Neben der erwarteten Entwicklung einer kontinuierlichen Erwärmung muß man zudem annehmen, daß sich die Natur anders verhalten kann als Klimamodelle dies vorhersagen. Teilweise sind relevante Daten nicht oder nicht ausreichend vorhanden. Hohe Lagen können sich – analog zu den Polargebieten – mehr erwärmen als der Durchschnitt einer Region. Dies würde vor allem für die

Wintertourismusregionen schwerwiegende Folgen haben! Denn die Erschließung von höheren Regionen oder das Bauen von Speicherbecken für künstliche Beschneigung wären dann als Option für Anpassungsmaßnahmen weniger zielführend.

Von den vielen möglichen Szenarien einer Schneedeckenänderung wurde hier nur ein einziges, nämlich plus zwei Grad Erwärmung bei stabilem Niederschlag in allen Höhen gleichermaßen gerechnet. Es gibt aber eine Vielzahl von weiteren Szenarien, die aus Gründen der Übersichtlichkeit hier nicht berechnet worden sind, jedoch bei Bedarf erstellt werden können um politische Handlungsspielräume aufzuzeigen.

## Quellen

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

Agrawala S. (2007). Climate change in the European Alps. Adapting winter tourism and natural hazard management. OECD publication. ISDN 92-64-03168-5.

Aonofrisei F. (2007). Microbial communities of snow and global climate change. Working paper. University of Constanta, Romania.

Aonofrisei F. (2008). Snow – micro-organism: *Mais ou sont les neiges d'antan?* Workshop presentation TU Wien.

Breiling M., P. Charamza, D. Frolov, L. Holko, V. Golubev, V. Khan, Z. Kostka, M. Petrov, M. Petrushina, M. Phillips, V. Popova, K. Rubinstein, U. Schwarz, E. Semakova, A. Shmakin, S. Sokratov, A. Yakovlev, M. Zoloeva, et al. (2007). Snow and landscape: multi-scale and multi-disciplinary aspects of snow cover. ECLAS conference Belgrade, Oct. 2007.

Breiling M., P. Charamza, O. R. Skage (1997). Klimasensibilität österreichischer Bezirke mit besonderer Berücksichtigung des Winterfremdenverkehrs.

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

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2002). Österreichische Seilbahnstatistik <http://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/verkehr/eisenbahn/statistik.html>

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

Charamza P. (2002). Resultate der statistische Auswertung des Höhenmodell von Österreich aus 1991 überschnitten mit Bezirksgrenzen.

CIPRA (2004). Künstliche Beschneigung im Alpenraum – ein Hintergrundbericht.

Die Zeit (2006). Was kostet Schnee? Beitrag vom 30.11.2006.

Döös (2007). My Global Years. Lessons learned in planning a large scale scientific project. <http://doos.misu.su.se/bo/MyGlobalYears.pdf>

FEILMAYR, W. (2004), *Immobilienindizes aus Hedonischen Regressionen*; Seminarberichte der Gesellschaft für Regionalforschung Nr. 47, Wien 2004.

Feilmayr, W. (2007). „WIRTSCHAFTSMAGAZIN GEWINN; Heft 7/8/07, 26. Jahrgang“; Seite 140-155.

Güthler A. (2003). Aufrüstung im alpinen Wintersport. In alpMedia Schriftenreihe / CIPRA Februar 2003. S. 2-15.

Hahn F. (2004). Dossier Kunstschnee. In alpMedia Schriftenreihe / CIPRA Dezember 2004. S. 2-18.

Peck S. (2006). Die Entwicklung der Wintersportinfrastruktur in Österreich von 1995 bis 2005. Eine Untersuchung der Aufstiegshilfen und Beschneiungsanlagen in Österreich vor dem Hintergrund der Klimavariabilität. Diplomarbeit TU Wien, Fakultät f. Architektur und Raumplanung, E260L.

Petersen T.C., W.M. Connolley, J. Fleck (2008). THE MYTH OF THE 1970S GLOBAL COOLING SCIENTIFIC CONSENSUS. In 88<sup>th</sup> Meeting of the American Meteorological Society, New Orleans, Louisiana, January 2008.

Salzburger Landesregierung (2007). Beschneiungsanlagen.

<http://www.salzburg.gv.at/themen/nuw/wassererangelegenheiten/wasser/wassernutzung/beschneiungsanlagen.htm>

Shinkevic A. (2007). Cloud seeding and options for artificial snow making. Working paper. Cloud Physics, Cloud Seeding and Solar Radiation Studies Department, A.I.Voeikov Main Geophysical Observatory, St. Petersburg.

Statistik Austria (2007). Statistisches Jahrbuch Österreichs 2008.

Statistik Austria (2007, 2008). Aktuelle Statistiken zu Fremdenverkehr und Bevölkerungsentwicklung. [http://www.statistik.at/web\\_de/services/datenbank\\_isis/index.html](http://www.statistik.at/web_de/services/datenbank_isis/index.html) (Nutzungsberechtigung TU Wien)

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 Beschneigung. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf. 169 S.

TU Wien, Institut für Geodäsie und Fernerkundung (2002). Höhenmodell von Österreich aus 1991 überschritten mit Bezirksgrenzen. Interner TU Auftrag (Breiling an Mandelburger).

Wolf E. (2007). Österreichs Seilbahnen sind das Zugpferd und der Motor des Wintertourismus. In Internationale Seilbahnrundschau. (<http://www.isr.at/index.cfm/id/18153>)

## Abbildungen

Abbildung 1 Anstieg der Treibhausgase und Temperatur.....	12
Abbildung 2 Position der Klimastationen des Bundeslandes Salzburg .....	15
Abbildung 3 Salzburger Fläche nach Bezirken.....	16
Abbildung 4 Salzburger Bevölkerung nach Seehöhe.....	17
Abbildung 5 Salzburger Bevölkerung nach Indikator „mittlere Seehöhe der Wohnbevölkerung“ .....	17
Abbildung 6 Salzburger Fläche nach Höhenlage .....	18
Abbildung 7 Höhenverhältnisse der Bezirke Salzburg Land und Salzburg Stadt.....	19
Abbildung 8 Höhenverhältnisse des Bezirks Hallein .....	19
Abbildung 9 Höhenverhältnisse des Bezirks St. Johann im Pongau.....	20
Abbildung 10 Höhenverhältnisse des Bezirks Tamsweg .....	20
Abbildung 11 Höhenverhältnisse des Bezirks Zell am See .....	21
Abbildung 12 Zeitpunkt der prognostizierten Erwärmung von 2°C (gemäßigtes IPCC Szenario) für die Station Salzburg 430m mit linearer und quadratischer Trendinterpolation.....	27
Abbildung 13 Zeitpunkt der prognostizierten Erwärmung von 2°C (gemäßigtes IPCC Szenario) für die Station Sonnblick 3106m mit linearer und quadratischer Trendinterpolation.....	28
Abbildung 14 Trends der Wintertemperatur 1948-2007 bei Stationen in unterschiedlicher Höhenlage .....	30
Abbildung 15 Die Erwärmung im Bundesland Salzburg 1948 – 2007 nach Monaten als Mittel der verfügbaren Werte von 18 Temperaturstationen.....	32
Abbildung 16 Temperaturanalyse der Wintermonate November bis April der Station Salzburg Flughafen, 430m, Saison 1948/49 bis 2006/07.....	33
Abbildung 17 Temperaturanalyse der Wintermonate November bis April der Station Sonnblick, 3105m, Saison 1948/49 bis 2006/07.....	34
Abbildung 18 Niederschlagsverteilung in mm in Salzburg 1986 - 2005.....	39
Abbildung 19 Niederschlagsverteilung in mm in Salzburg Sommer und Winterhalbjahr 1985/86 - 2005/06 .....	40
Abbildung 20 Variationen einzelner Stationen um das Jahresmittel des Niederschlags 1986-2005....	40
Abbildung 21 Jahresniederschlagsentwicklung in Salzburger Bezirken in der Periode1965 - 2005.....	41
Abbildung 22 Winterniederschläge nach Bezirken .....	42
Abbildung 23 Mittlere Schneesumme des Winterhalbjahres von fünf Salzburger Schneestationen zwischen 430m und 3106m zwischen 1961/62 und 2006/07.....	47
Abbildung 24 Schneehöhen im Winterhalbjahr (XI-IV) 1948/49 bis 2006/07 in Salzburg.....	48
Abbildung 25 Schneehöhen im Winterhalbjahr von ausgewählten Stationen in Salzburg 1948/49 – 2006/07 .....	48
Abbildung 26 Station Salzburg, 430m, Entwicklung des Durchschnitts von Temperatur und Schneehöhe der Dekaden 1948 bis 2007.....	49
Abbildung 27 Station Tamsweg, 1012m Entwicklung des Durchschnitts von Temperatur und Schneehöhe der Dekaden 1948 bis 2007.....	50
Abbildung 28 Station Enzingerboden, 1480m Entwicklung des Durchschnitts von Temperatur und Schneehöhe der Dekaden 1948 bis 2007.....	50
Abbildung 29 Station Mooserboden, 2036m, Entwicklung des Durchschnitts von Temperatur und Schneehöhe der Dekaden 1948 bis 2007.....	51

Abbildung 30 Station Sonnblick, 3106m, Entwicklung des Durchschnitts von Temperatur und Schneehöhe der Dekaden 1948 bis 2007 .....	52
Abbildung 31 Änderung des Verhältnis Schneehöhe in cm zu Seehöhe in m bei einer Erwärmung von 2°C relativ zum Durchschnitt der Periode 1970-2000.....	55
Abbildung 32 Salzburger Bevölkerung nach Seehöhe.....	61
Abbildung 33 Entwicklung der Nächtigungen im Winterhalbjahr in Salzburg Saisonen 1950/51 bis 2006/07 .....	71
Abbildung 34 Entwicklung der Winternächtigungen in Salzburg (Stadt und Land) seit 1972/73 .....	72
Abbildung 35 Entwicklung der Winternächtigungen im Bezirk Hallein seit 1972/73 .....	72
Abbildung 36 Entwicklung der Winternächtigungen in St. Johann / Pongau seit 1972/73 .....	73
Abbildung 37 Entwicklung der Winternächtigungen in Tamsweg seit 1972/73 .....	73
Abbildung 38 Entwicklung der Winternächtigungen in Zell am See seit 1973.....	74
Abbildung 39 Saisonlänge für Alpinski im Bundesland Salzburg 1970 - 2000.....	75
Abbildung 40 Wintertourismus Saisonlänge für Skilanglauf im Bundesland Salzburg 1970 - 2000 .....	76
Abbildung 41 Wintertourismus Saisonlänge für Alpinski im Bundesland Salzburg bei 2°C Erwärmung relativ zur Periode 1970 - 2000 .....	77
Abbildung 42 Wintertourismus Saisonlänge für Skilanglauf im Bundesland Salzburg bei 2°C Erwärmung relativ zur Periode 1970 - 2000 .....	78
Abbildung 43 Entwicklung der Seilbahnen in Österreich 1970 bis 2001/02 .....	85
Abbildung 44 Unterscheidung zwischen natürlichen Schnee (volle Abbildung) und künstlichen Schnee (rotes Rechteck links unten in der Abbildung) .....	90

## Tabellen

Tabelle 1 Zeitpunkt der Erwärmung um 1°C, 2°C, 4°C bei linearer Interpolation des Trends 1948-2007 .....	28
Tabelle 2 Zeitpunkt der Erwärmung um 1°C, 2°C, 4°C bei quadratischer Interpolation des Trends 1948-2007 .....	29
Tabelle 3 Schätzung der Modellparameter für die Vorhersage einer Schneedecke.....	53
Tabelle 4 Der räumliche Zusammenhang Schneedecke und Seehöhe im Bundesland Salzburg 1970-2000.....	54
Tabelle 5 Der räumliche Zusammenhang Schneedecke und Seehöhe im Bundesland Salzburg bei 2°C relativ zur Periode 1970-2000 .....	54
Tabelle 6 Bevölkerung nach Bezirken von Salzburg .....	61
Tabelle 7 Modellrechnung Wertschöpfung des Wintertourismus in Salzburg 2007 nach Bezirken.....	62
Tabelle 8 Modellrechnung Klima induzierter Rückgang des Wintertourismus in Salzburg nach Bezirken .....	63
Tabelle 9 Modellrechnung Fläche der Immobilien in Salzburg nach Bezirken.....	64
Tabelle 10 Modellrechnung Wert des Baulandes in Salzburg nach Bezirken .....	65
Tabelle 11 Hauptseilbahnen in den Salzburger Bezirken, Periode 1995/96 – 2000/01.....	83
Tabelle 12 Mittlere Seehöhe der Talstation von Hauptseilbahnen in m, Salzburger Bezirke, Periode 1995/96 – 2000/01.....	83
Tabelle 13 Kleinseilbahnen in den Salzburger Bezirken, Periode 1995/96 – 2001/02 .....	84
Tabelle 14 Mittlere Seehöhe der Talstation von Kleinseilbahnen in m, Salzburger Bezirke, Periode 1995/96 – 2001/02.....	84
Tabelle 15 Schlepplifte in den Salzburger Bezirken, Periode 1995/96 – 2001/02 .....	84
Tabelle 16 Vergleich der möglichen Beschneigungstage in drei Subperioden während 1948 bis 2007	86
Tabelle 17 Vergleich der möglichen Beschneigungstage in drei Subperioden während 1948 bis 2007 bei verbesserter Beschneigungstechnologie .....	86
Tabelle 18 Beschneigungstage bei Erwärmung um 2°C relativ zur Periode 1970-2000 .....	87