

ALPENRAUM

TECHNISCHER SCHNEE RIESELT VOM TOURISTISCHEN MACHBARKEITSHIMMEL – Schneesicherheit und technische Beschneieung in westösterreichischen Skidestinationen vor dem Hintergrund klimatischer Wandlungsprozesse¹⁾

Marius MAYER*, Robert STEIGER** und Lisa TRAWÖGER***
München – Birmensdorf, Innsbruck und Hall i.T.

mit 6 Abb. und 2 Tab. im Text

INHALT

<i>Summary</i>	158
<i>Zusammenfassung</i>	158
1 Einführung	158
2 Forschungsstand und methodisches Vorgehen	159
3 Diffusion der Beschneieung als Ergebnis eines komplexen Ursachengeflechts	161
4 Natürliche Schneesicherheit	168
5 Technische Schneesicherheit	171
6 Sensibilität der Betreiber gegenüber der Klimaentwicklung	175
7 Schlussbetrachtung und Ausblick	177
8 Literaturverzeichnis	178

¹⁾ Luisa VOGT, Hubert JOB, Johann STÖTTER und Christian RIXEN sei für Anregungen, Korrekturen, Hinweise sowie Materialien aufs Herzlichste gedankt.

* Dipl.-Geogr. Marius MAYER, Lehrstuhl für Wirtschaftsgeographie, Department für Geographie, Ludwig-Maximilians-Universität München, D-80333 München, Luisenstr. 37; e-mail: mmayer@lmu.de, MariusM2005@aol.com, <http://www.wigeo-muenchen.de> und Eidgenössische Forschungsanstalt Wald, Schnee und Landschaft WSL, Forschungseinheit Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Forschungsgruppe Regionalökonomie und -entwicklung, CH-8903 Birmensdorf, Zürcherstraße 111; <http://www.wsl.ch>

**Mag. Robert STEIGER, Institut für Geographie, Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, A-6020 Innsbruck, Innrain 52; e-mail: robert.steiger@uibk.ac.at, <http://www.uibk.ac.at/geographie/personal/Steiger>

*** Mag. Lisa TRAWÖGER, A-6060 Hall i.T., Glashüttenweg 16; e-mail: lisa.trawoeger@gmx.de

Summary

Snow reliability, snow-making and climate change in West-Austrian ski destinations

Beside the academic discussion the issue climate change and winter tourism has increasingly been given media coverage in recent years. The advance of technical snow production as cost-intensive cure-all is one answer by ski area operators in view of climate change and a stronger pressure of competition. In the academic discussion technical snow-production is often neglected. This paper outlines the development of snow making facilities in Austria and presents the complex reasons for their rapid diffusion. Statements of ski area operators provide a bridge between theory and practice. Current climatic requirements for technical snow production and future conditions in the Tyrol region are assessed by applying a new method.

Zusammenfassung

Das Thema Klimaänderung und Wintertourismus hat neben der wissenschaftlichen Diskussion in den letzten Jahren auch verstärkt in den Medien Einzug gefunden. Eine Antwort der Skigebietsbetreiber ist die Erhöhung der beschneibaren Pistenfläche als kostenintensives Allheilmittel nicht nur gegen Klimawandel, sondern auch gegen stark gestiegenen Konkurrenzdruck. In der wissenschaftlichen Diskussion wird die Beschneigung häufig nicht oder nur unzureichend betrachtet. Die vorliegende Arbeit gibt einen zeitlichen Überblick über die Verbreitung der Beschneiungsanlagen in Österreich und legt die vielschichtigen Gründe für die schnelle Diffusion dar. Aussagen einiger Skigebietsbetreiber, die in mehreren vorangegangenen Studien gesammelt wurden, schlagen eine Brücke von der Theorie zur Praxis. Mit einer neuen Methodik werden die heutigen klimatischen Voraussetzungen zur Beschneigung in Tirol bewertet und eine Abschätzung der künftigen Verhältnisse getroffen.

1 Einführung

„Totgesagte leben länger“, dieses Sprichwort scheint auch für den alpinen Skitourismus zu gelten. In den vergangenen anderthalb Jahrzehnten wurde in einer Vielzahl von Publikationen der Abgesang auf diese wirtschaftlich bedeutende und raumprägende Spielart des Alpentourismus angestimmt, da aufgrund steigender Höhengrenzen der natürlichen Schneesicherheit die zukünftige Rentabilität des Massenskisports für fraglich erachtet wird (vgl. CIPRA 2006).

Offensichtlich erfreut sich der Patient derzeit im Gegenteil sogar durchaus rüstiger Konstitution: Trotz untrüglicher klimatologischer Warnzeichen stimmen die Gästezahlen, die Wintersportbranche investiert für jede neue Saison Beträge im dreistelligen

Millionen-Bereich.²⁾ Seit der Saison 1998/99 sind kontinuierliche Übernachtungszuwächse zu verzeichnen, in jedem der vier Winter zwischen 2001 und 2005 konnten in Tirol neue Rekorde erzielt werden (vgl. LANDESSTATISTIK TIROL 2006).

Für dieses scheinbare Paradoxon gibt es mehrere mögliche Erklärungen: Trotz des Erwärmungstrends sind die Winter seit Anfang der 1990er-Jahre bis dato³⁾ nicht mehr so ungünstig verlaufen wie es die drei mittlerweile berühmten schneearmen Winter 1988/89-1990/91 haben möglich erscheinen lassen.⁴⁾ Der gewichtigere Faktor ist jedoch mit Sicherheit die massiv forcierte Diffusion der technischen Schneeerzeugung. Die harte wirtschaftliche Konkurrenzsituation der Skidestinationen untereinander und allgemeine Tourismus-Trends wie beispielsweise die Translokation der Destination in Richtung der Quellmärkte und der Versuch, gewünschte Merkmalsausprägungen auf der Angebotsseite garantieren zu können (Stichwort: künstliche Erlebniswelten, Skihallen), sind in dieser Hinsicht sicherlich nicht zu vernachlässigen (vgl. Job 2003, S. 365ff.). In der allgemeinen Diskussion wird auch die Tatsache häufig ausgeblendet, dass touristische Investitionszyklen in sehr viel kürzeren Maßstäben ablaufen, als dies bei langfristigen Wandlungsprozessen der klimatischen Bedingungen der Fall ist (vgl. KELLER 2003, S. 192). Mit monokausalen Ansätzen ist der Komplexität der raumzeitlichen Prozesse jedenfalls nicht beizukommen.

2 Forschungsstand und methodisches Vorgehen

Viele Studien der Vergangenheit sind beim Thema Schneeerzeugung von Subjektivität geprägt, so wird beispielsweise die Wirksamkeit der Anlagen angesichts der Erwärmungstendenzen häufig prinzipiell in Frage gestellt, ohne das jedoch detailliert belegen zu können (vgl. SÜDDEUTSCHE ZEITUNG 2006). Der unsachliche Umgang in der fachlichen Diskussion zeigt sich bereits an der Wortwahl, die mit ihrer pejorativen Verwendung kriegerischen Vokabulars („Aufrüstung“, „Kanonen“) einen „Krieg gegen die Natur“ heraufbeschwört (vgl. DOERING & HAMBERGER 1996, GÜTHLER 2003, HAHN 2004). Häufig übersehen wird ein relativierender Vergleich von Beschneiungsanlagen mit anderen touristischen Einrichtungen wie zum Beispiel Hallenbädern, Kunsteisbahnen, etc. die vom Energieverbrauch her ähnlich zweifelhaft, von der Wertschöpfung pro Gast aber als deutlich weniger ertragreich zu beurteilen sind als Beschneiungsanlagen (vgl. VEIT 2002, S. 223).

Notwendig ist also ein objektiverer, kritischer Blick auf die Thematik, der ohne ideologische Scheuklappen sowohl den Stand der touristischen Entwicklung als auch den Verlauf klimatischer Prozesse resümiert und daraus Schlussfolgerungen ableitet.

²⁾ Für die Wintersaison 2007/08 beläuft sich die Summe auf 523 Mio. EUR österreichweit, davon 127 Mio. EUR für Beschneiungsanlagen (vgl. FACHVERBAND DER SEILBAHNEN ÖSTERREICHS 2007).

³⁾ Zur Aktualität des Beitrags vgl. Anmerkung auf S. 180.

⁴⁾ In deutschen Skigebieten mussten 1987/88 Umsatzrückgänge bis zu 50% beklagt werden. 1988/89 wurden teilweise keine 20% der üblichen Winterumsätze erzielt. In derselben Saison wurden in Österreich bei mittelgroßen Unternehmen im Mittel 40%-ige Umsatzeinbußen verbucht (vgl. PRÖBSTL 2006, S. 22).

Diese Schnittstelle zwischen physisch-geographischer „climate change“-Forschung und wirtschaftsgeographischer Tourismusforschung erweist sich als klassische Querschnittsaufgabe für die Geographie.

In Kapitel 3 wird die Ausbreitung der Beschneigungsanlagen in Österreich im Sinne der „Kulturlandschaft als Registrierplatte menschlicher Aktivitäten“ (HARTKE 1962) untersucht. Anhand dieses Diffusionsprozesses lassen sich phänomenologisch klimatische, ökonomische und touristische Entwicklungstendenzen identifizieren, die als Rahmenbedingungen und miteinander verwobene Begründungsfaktoren die empirisch feststellbaren Trends steuernd beeinflussen und entscheidend prägen.

Basierend auf Ergebnissen qualitativer Interviews mit Skigebietsbetreibern offenbart Kapitel 3.3 die aktuelle Bedeutung des „man made snow“ für die Touristiker und den heutzutage überragenden Stellenwert dieser Angebotskomponente für die Destinationen in der Wintersaison. Dies ist umso relevanter, als dass die Tourismusforschung an dieser Stelle offensichtlich beträchtlichen Nachholbedarf aufweist. MÜLLER & MICHEL (2001, S. 15) nennen zwar bei den Qualitätsanforderungen für Bergbahnunternehmen „safety and maintenance of ski runs“ an erster Stelle – von Beschneigung ist aber nicht einmal die Rede. Auch die Studie „Erfolgsfaktoren im Wintertourismus“ des BAK Basel Economics berücksichtigt interessanterweise die technische Schneesicherheit bei ihrer Bewertung der Winterattraktivität in keiner Weise. Man geht vielmehr noch von der althergebrachten Formel „Höhenlage = Schneesicherheit“ aus (vgl. KÄMPF & WEBER 2005, S. 48ff.), die vor allem in den Skigebieten der inneralpinen Trockenzonen relativ gesehen aber nicht zutrifft. KELLER (2003, S. 191ff.) erwähnt zwar die Beschneigung – begründet ihre Diffusion aber hauptsächlich mit klimatischen Schwankungen nach den günstigen Wintern der 1960er- und 1970er-Jahren, was den vielfältigen Erklärungsansätzen nicht gerecht wird. Auch in den zahlreichen Beiträgen von BIEGER et al. (vgl. BIEGER 1999, BIEGER & SCHALLHART 1997) zum Thema Wintertourismus und Bergbahnen spielt die technische Schneeerzeugung nur eine untergeordnete Rolle. Im Gegensatz zu dieser stiefmütterlichen Betrachtung durch die Tourismusforschung haben sich offensichtlich von Anfang an eher die ökologisch orientierten Beschneigungs-Kritiker mit der Thematik auseinandergesetzt,⁵⁾ was nicht unwesentlich zum lange Zeit eindeutig negativen Image des „Kunstschnees“ beigetragen haben dürfte. Die Arbeiten von MEURER⁶⁾ (1988), DOERING & HAMBERGER⁷⁾ (1996) und HAHN (2004) sollen hierfür stellvertretend genannt werden.

Um die häufig abstrakt geführte Klimawandel-Diskussion zu veranschaulichen, stellt Kapitel 4 die Entwicklung der entscheidenden Parameter Höhenlage und Schneesicherheit für die Ausübung des Skisports in den westösterreichischen Bezirken Landeck und Kitzbühel von den 1950er-Jahren bis zur Jahrtausendwende gegenüber.

Vorliegender Artikel versucht die Lücken zwischen der „climate change“-Diskussion (Erwärmungsszenarien) und der Realität touristischer Investitionen zu schließen. In der Vergangenheit wurden die Auswirkungen des Klimawandels auf die Beschneigungsbe-

⁵⁾ Bezeichnenderweise findet sich die Passage über Beschneigung bei BÄTZING (2003, S. 165f.) unter der Überschrift „Ökologische Folgen des Tourismus in den Alpen“.

⁶⁾ MEURER (1988, S. 35) fordert beispielsweise ein sofortiges gesetzliches Beschneigungsverbot.

⁷⁾ DOERING & HAMBERGER (1996, S. 8f.) zählen „Investitionsspirale“ und „Potenzierung der Probleme des Massentourismus“ zu den „indirekten Folgen“ der Beschneigung.

dingungen, wie erwähnt, entweder nur pauschalisiert oder mangels adäquater Methodik nicht untersucht. Diese Lücke versucht die in Kapitel 5 vorgestellte Methode zu füllen. Dies erscheint vor allem deshalb geboten, da bei der Frage der Zukunftsfähigkeit des Skitourismus häufig mit dem Anstieg der Höhengrenzen natürlicher Schneesicherheit argumentiert wird (vgl. ABEGG 1996, BREILING et al. 1997, ELSASSER et al. 2000) – in Zeiten, in denen beispielsweise in Österreich über die Hälfte der Pistenfläche technisch beschneit wird und die natürliche Schneesicherheit – überspitzt ausgedrückt – oftmals lediglich als Winterkulisse schaffendes Beiwerk benötigt wird. Darauf aufbauend erfolgt die Anwendung der vorgestellten Methode, um anhand plausibler Erwärmungsprognosen die zukünftigen Einsatzmöglichkeiten von Beschneiungsanlagen heutiger Bauart abschätzen zu können. Entscheidend hierbei ist die Frage, in welchem Ausmaß sich der zu erwartende Anstieg der Höhengrenze natürlicher Schneesicherheit durch den verstärkten Einsatz von Beschneigungstechnologie auf ökonomisch tragbarem Niveau kompensieren lässt. Um die Relevanz dieser Prognosen zu bekräftigen, thematisiert Kapitel 6 die Sensibilität der Betreiber gegenüber der Klimaentwicklung und lässt Rückschlüsse auf ihr Gewicht in der vielfältig beeinflussten unternehmerischen Entscheidungsfindung zu.

3 Diffusion der Beschneigung als Ergebnis eines komplexen Ursachengeflechts

3.1 Historische Entwicklung der technischen Schneeerzeugung in Österreich

Erstmals praktiziert wurde technische Beschneigung seit den 1950er-Jahren in den USA. Ende der 1960er-/Anfang der 1970er-Jahre wird diese skitouristische Innovation aus Übersee in Österreich adaptiert⁸⁾ (vgl. KUREHA 1995, S. 44). In Anlehnung an die charakteristischen Phaseneinteilungen des alpinen Wintertourismus bei BÄTZING (2003, S. 143ff.) und JOB (2005, S. 119ff.) – zunehmende Bedeutung und Professionalisierung, gleichzeitiger Trend zu Quantität und Qualität, künstliche Angebotselemente – kann die Erweiterung des Beschneigungsspektrums wie folgt systematisiert werden:

- ab Anfang 1970er-Jahre: Vereinzelte Schneeerzeuger an Übungswiesen im Talbereich und an Problemstellen von Talabfahrten
- ab Mitte 1980er-Jahre: Mobile Schneeerzeuger auf kompletten Pisten, anfangs zumeist auf den Talabfahrten, später auch auf Hauptabfahrten im Höhenbereich
- ab Mitte 1990er-Jahre: fest installierte Lanzen- oder Turmkanonen mit größerer Wurfweite und weitgehender Automatisierung decken wesentliche Teile der Pistenfläche ab. Erstmals kann von Beschneiungsanlagen gesprochen werden.
- ab Anfang 2000er-Jahre: das Höhenlagenspektrum der Beschneigung wird sowohl nach oben als auch nach unten ausgeweitet: erstmals werden auch Gletscherflä-

⁸⁾ Laut KUREHA (1995, S. 44) wird an der Hohen Wand Wiese (Wien) schon seit 1967 beschneit. Belegt sind auch die Erstadaptionen der Christlum (1972), von Lech am Arlberg (1973) sowie Zell am See (1974) (vgl. PROBSTL 2006).

chen (>3.000 m) beschneit, ebenso wie extrem tief gelegene Talabfahrten (bis ca. 500 m).

Analog zur Ausweitung des Einsatzgebietes wuchsen die „Feuerwehrspritzen“ der Pionierzeit im Laufe des Diffusionsprozesses zu hochkomplexen Anlagensystemen (vgl. HAHN 2004, S. 4).

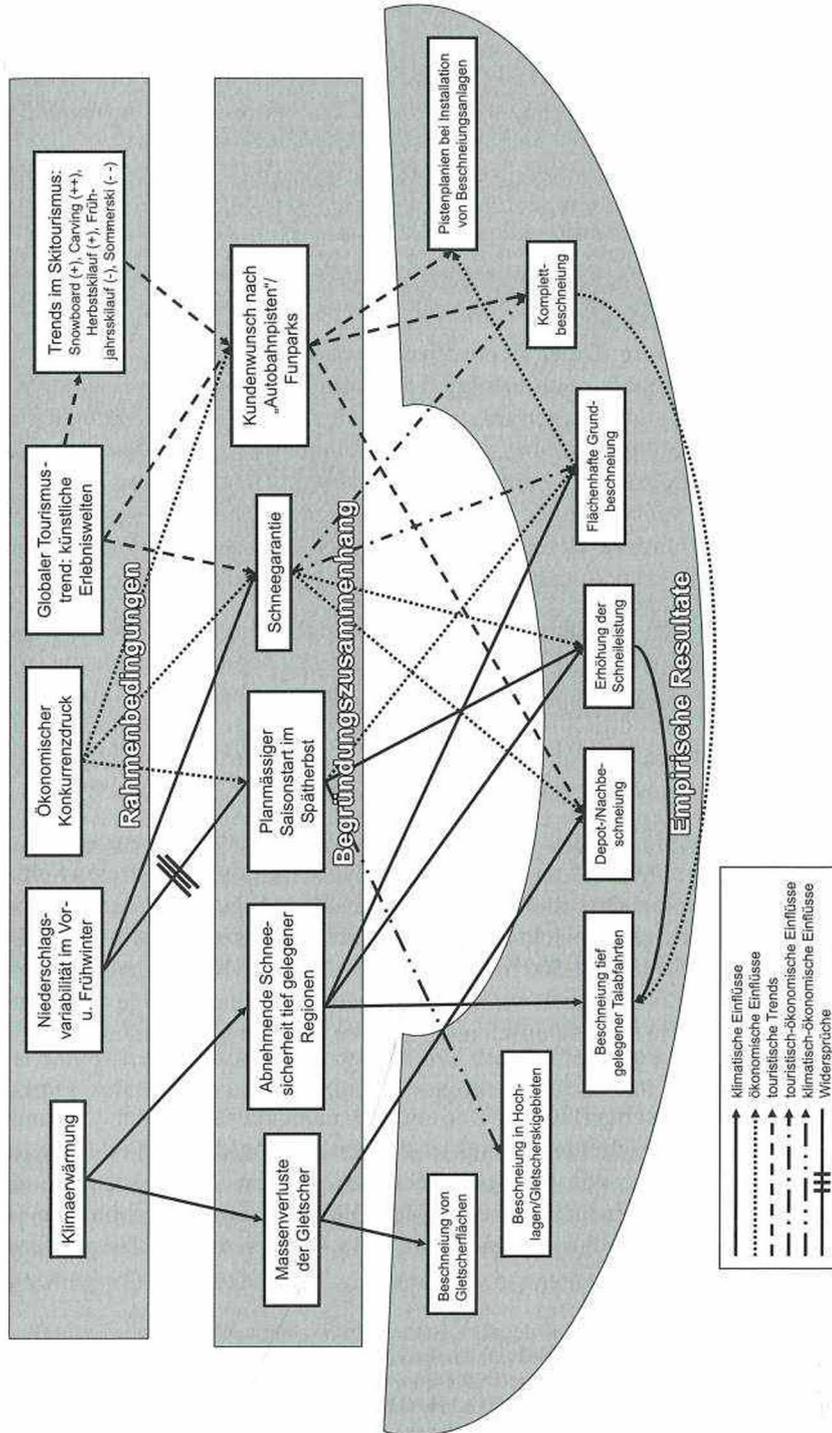
3.2 Empirisch identifizierte Entwicklungstrends und erklärende Variablen

Im Folgenden sollen die wichtigsten Entwicklungstrends und -tendenzen der technischen Beschneigung in Österreich herausgearbeitet werden (vgl. Abb. 1), die sich als empirisch verifizierbare Fakten aus einem weit gefächerten Spektrum an Begründungszusammenhängen und Rahmenbedingungen erklären lassen. Die von PRÖBSTL (2006, S. 18) genannten „dominanten Motive“⁹⁾ für die explosionsartige Ausbreitung der Schneekanonen“ greifen für die Erklärung der heutigen Situation zu kurz, da die Auswirkungen der Klimaerwärmung und der allgemeinen touristischen Trends nicht berücksichtigt werden.

- **Flächenhafte Grundbeschneigung**, definiert als „die erste flächendeckende Beschneigung der Saison, meist ab Mitte November bis Anfang Dezember“ (PRÖBSTL 2006, S. 28) wird inzwischen aus mehreren Gründen in vielen Skigebieten angewandt: Aus betriebswirtschaftlicher Sicht muss der Saisonstart schon weit im Voraus planbar sein (Saisonkräfte, Marketingmaßnahmen, Events ...), die Niederschlagsvariabilität steht einem fix terminierten Auftakt allerdings diametral entgegen. Abnehmende Schneesicherheit tiefer gelegener Höhenregionen ist eine weitere Ursache für die Ausbreitung der Grundbeschneigung, mit welcher ab dem Einsetzen herbstlicher Kälteperioden unabhängig von natürlichem Schneefall begonnen wird. Ziel ist es, sowohl eine tragfähige Grundlage für den Skibetrieb als auch für allfällige Naturschneefälle zu schaffen.
- **Erhöhung der Schneileistung**: In engem Zusammenhang mit der Grundbeschneigung steht die Erhöhung der Schneileistung pro Zeiteinheit zur optimalen Ausnutzung von witterungsmäßig idealen Kälteperioden. Um in einer begrenzten Zeit ein Maximum an Schnee produzieren zu können, werden die Dichte der Schneeerzeuger pro Pistenfläche, die Pumpenleistung und die Wasserreserven erhöht. In vielen Gebieten kann die Grundbeschneigung mittlerweile binnen weniger Tage abgewickelt werden.
- **Komplettbeschneigung** bedeutet, dass annähernd 100% der präparierten Pistenfläche technisch beschneit werden können. Die „driving forces“ dahinter sind der Wunsch von Betreibern und Gästen nach einer möglichst umfassenden, termingerechten

⁹⁾ Dominante Motive für die Ausbreitung der Schneekanonen (vgl. PRÖBSTL 2006, S. 18):

- Sicherung der touristischen Auslastung (d.h. die Tourismusbranche insgesamt)
- Sicherung des Einkommens der Seilbahngesellschaften
- Sicherung des Images von Austragungsorten internationaler Skiwettkämpfe
- Sicherung der Rahmenbedingungen für Training und Ausübung des Spitzensports



Quelle: Eigene Darstellung, Entwurf: M. MAYER

Abb. 1: Bestimmungsfaktoren der Diffusion von Beschneiungsanlagen

Schneegarantie, die wiederum von zwei Hintergrundvariablen geprägt ist: Der Konkurrenzkampf der Skigebiete führt zum häufig als „Wettrüsten“ kritisierten Überbietungswettbewerb, während der globale Tourismustrend zu künstlichen Erlebniswelten die Garantie von Merkmalsausprägungen wie Schnee oder Sonne verlangt (vgl. JOB 2005, S. 128ff.). Deshalb ist eine möglichst umfassende Beschneigung auch für das Marketing und die Imagebildung einer Wintersportdestination unumgänglich. Der Unterschied zur Grundbeschneigung bezieht sich auf das Flächenausmaß: Die Grundbeschneigung kann auf die wichtigsten Hauptabfahrten beschränkt bleiben, während die Komplettbeschneigung nach und nach oder gleichzeitig alle Abfahrten einer solchen unterzieht.

- **Depot-/Nachbeschneigung:** Unter Depot- bzw. Nachbeschneigung versteht man das Anlegen von Schneedepots nach erfolgter Grundbeschneigung zu verschiedenen Zwecken (vgl. Abb. 2). Zum einen trägt man damit den erhöhten Ansprüchen der Gäste an die Pistenqualität Rechnung, indem nach langen neuschneearmen Perioden frischer Schnee aufgetragen wird. Zum anderen dienen Kunstschneedepots in niedrigen Höhenlagen und an Sonnenhängen der Absicherung des Frühjahrsgeschäftes. Für Nach- und Ausbesserungsbeschneigungen wird je nach örtlicher Situation zwischen 50-120% der Grundbeschneigung zusätzlich benötigt (vgl. PRÖBSTL 2006, S. 37).
- **Beschneigung tief gelegener Talabfahrten:** Ganz entgegen dem häufig in der Literatur zitierten Verlagerungstrend der Skigebiete in die schneesichereren Höhenlagen ist im letzten Jahrzehnt ein Trend zur Beschneigung besonders tief gelegener Talabfahrten zu konstatieren. Offensichtlich ist es derzeit noch möglich in drei Wintermonaten dank konzentriertem Einsatz von Kunstschnee auch Talabfahrten bis weit unterhalb von 800 m mit ökonomisch vertretbarem Aufwand befahrbar zu halten.¹⁰⁾
- **Beschneigung in Hochlagen:** Die Beschneigung in Gletscherskigebieten an sich ist kein neuer Trend. Bereits seit Anfang der 1980er-Jahre werden die eisfreien Schuttfelder der Gletschervorfelder im Herbst beschneit. Neu hingegen ist der Trend seit Mitte der 1990er-Jahre, dass auch in reinen Winterskigebieten in eigentlich natürlich schneesichereren Höhenlagen (>1.500 m) wegen eines planbaren Saisonstarts und hoher Angebotsqualität massiv beschneit wird.¹¹⁾ Der vegetationsarme, steinige Untergrund oberhalb von 2.000 m braucht deutlich mehr Schnee für eine gute Pistenqualität als Almwiesen in tieferen Lagen.
- **Beschneigung von Gletscherflächen:** Der einzige, monokausal den Auswirkungen der Klimaerwärmung geschuldete Trend ist die seit Anfang der 2000er-Jahre aufgenommene Beschneigung von Gletscherflächen (vgl. Abb. 2). Die anhaltenden Massenverluste und das Zurückschmelzen der Gletscherzungen bedroht die Geschäftsgrundlage der Gletscherskigebiete, weshalb – neben der mittlerweile stark

¹⁰⁾ Eine besondere Häufung ist im Tiroler Zillertal zu beobachten, wo drei konkurrierende Destinationen angeblich über die „längste beschneite Talabfahrt“ verfügen. Das auf 561 m gelegene Kaltenbach im Mittleren Zillertal hält bezüglich beschneiter Talabfahrt den Tiroler Tiefenrekord.

¹¹⁾ Beispielsweise Ischgl (bis 2.760 m), Ober- und Hochgurgl (bis 3.050 m), Hintertux (bis 2.610 m), Kühtai (Talstation auf 2.000 m).



Abb. 2: Depotbeschneung im Skigebiet Mölltaler Gletscher, Flattach (Foto: MANG, 22. Dez. 2004)

Um den massiven Massenschwund des Wurtenkees zu verlangsamen und mittelfristig das Gletscherskifahren aufrecht zu erhalten, wird der Restgletscher das ganze Jahr über beschneit – sofern es die Temperaturen erlauben. Große Kunstschneedepots sollen die Abschmelzperiode überdauern und einen möglichst frühen Start in die Skisaison im September/Oktober ermöglichen. Errichtet wurden dazu ein Speicherteich mit 160.000 m³ Fassung auf 2.800 m Seehöhe, eine Pumpstation mit ca. 1,3 MW Leistung und 32 neue Hydranten am Gletscher bis auf 3.100 m.

forcierten Vliesvermattung¹²⁾ zur Verringerung der Ablation (vgl. OLEFS & OBLEITNER 2006) – der Abschmelzprozess durch das Aufbringen von technisch erzeugtem Schnee aufgehalten oder zumindest verzögert werden soll.

Hinter dem verstärkten Einsatz von technischer Schneerzeugung steht also ein komplexes Bündel ökonomischer, touristischer und klimatologisch geprägter Erwägungen. Zu den bereits erwähnten Hintergrundvariablen gehören zweifelsohne auch skitouristische Trends wie der Boom von Snowboard und Carving seit Anfang der 1990er- bzw. 2000er-Jahre, die ganz andere Ansprüche an die Pistenqualität und -be-

¹²⁾ Seit Mitte/Ende der 1990er-Jahre werden in Gletscherskigebieten besonders wichtige Flächen (Stützenbefestigungen, Liftzufahrten, Gletscherzungenbereiche, Schneedepots) in den Sommermonaten mit weißem Kunststoffvlies „eingepackt“. Die sehr helle Oberfläche reflektiert mehr Strahlung als bspw. schmutzig-graues Gletschereis, weshalb unterhalb der Vermattung erfahrungsgemäß 1 bis 1,5 m Firnschnee die sommerliche Abschmelzperiode des Gletschers überdauern.

schaffenheit stellen als der klassische Alpinski. Die weiten Schwungraden dieser Sportarten verlangen ein geradezu perfektes Pistenparkett, das sich mit technischer Beschneuerung leichter und zuverlässiger herstellen lässt (vgl. VEIT 2002, S. 219).

Einhergehend mit der Installation von Beschneigungsinfrastruktur verstärkt sich der Trend zur Planierung der Pisten, denn wenn schon teure Investitionen in die Beschneigungstechnologie geleistet werden, dann soll der kostspielige Kunstschnee nicht in Unebenheiten oder Löchern versanden, sondern auf der ebenen Unterlage in möglichst geringer Mächtigkeit die Befahrbarkeit sicherstellen.¹³⁾ Diese Planien stellen zudem die weitaus größere ökologische Belastung dar als der Kunstschnee an sich (vgl. RIXEN, STOECKLI & AMMANN 2003, S. 219ff., WIPF et al. 2005, S. 314f.).

Darüber hinaus bedingt der Konkurrenzkampf unter den Seilbahnunternehmen den Vormarsch der technischen Schneeerzeugung, weil erstens die Unternehmen von meteorologischen Rahmenbedingungen unabhängig werden wollen und zweitens die Skisaison zwecks optimierter Auslastung der fixkostenintensiven High-tech-Beförderungsanlagen vor allem in den Herbst/Frühwinter verlängert werden soll.

3.3 Touristische Bedeutung der Beschneuerung aus Sicht der Skigebietsbetreiber

Welchen Stellenwert die technische Beschneuerung tatsächlich in der Unternehmenspolitik der Skigebietsbetreiber hat, zeigen die Auswertungsergebnisse einer Reihe qualitativer Interviews, die von den Autoren in den Jahren 2002 bis 2005 geführt wurden (vgl. Abb. 3). Aus den Expertengesprächen geht hervor, dass Schneesicherheit das zentrale Kriterium für die Reiseentscheidung bei Wintersportlern darstellt (vgl. MAYER 2006, S. 93f.). Gute Schneeverhältnisse garantieren zwar noch keinen wirtschaftlichen Erfolg eines Skigebietes, ohne ausreichenden Schnee wird aber ein rentabler Skibetrieb kaum möglich sein.

Im touristischen Sinne verstanden, sollte Schneesicherheit heute als Garantie der gewünschten Merkmalsausprägung gesehen werden, die eben mithilfe von technischer Schneeerzeugung bewerkstelligt wird. In Kategorien betriebswirtschaftlicher Risikoreduktion gedacht, verringert die technische Beschneuerung die Abhängigkeit von der relativ geringen Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Eintretens niedriger Temperaturen und ausreichender Niederschläge. Der Kostenaufwand sei laut Betreibern mit einer Versicherungsprämie zu vergleichen (vgl. NEUE ZÜRCHER ZEITUNG 2002). Sobald es kalt genug ist, wird technisch Schnee erzeugt, Naturschnee ist natürlich ebenso willkommen aber teilweise nicht mehr notwendig (vgl. Aussage 1). Ein befragtes Unternehmen erklärt das unter anderem mit der im Laufe der vergangenen vier Jahrzehnte parallel zur Expansion des Wintertourismus extrem gewachsenen Abhängigkeit der Skigebiete und damit der Destinationen vom „weißen Gold“.¹⁴⁾ Aus dieser Warte

¹³⁾ Nach Erfahrungswerten von Beschneigungstechnikern benötigt man jährlich für den Ausgleich von Hangunebenheiten mit Schnee 1,5 €/m³. Eine Beseitigung der Unebenheiten durch Planieren mit einem Bagger kostet etwa 6 €/m³. Eine dauerhafte Planierung amortisiert sich wirtschaftlich gesehen also binnen vier Jahren (vgl. INTERNATIONALE SEILBAHNRUNDSCHAU 2006, S. 47).

¹⁴⁾ In Ischgl beispielsweise entfallen 90,9% der Übernachtungen auf die Wintersaison (vgl. LANDESSTATISTIK TIROL 2007).

Aussage 1:	„Wir wollen uns von einem Faktor unabhängig machen und das ist der Niederschlag an und für sich. Wobei man natürlich sagen kann ‚das nützt gar nichts‘, weil der Klimawandel ja auch darin besteht, dass es wärmer wird, und da hilft die beste Schneeanlage nichts. Da sind wir... Zweckoptimisten. Es gibt zwar diese mittlerweile relativ einhellige Meinung „Erwärmung“, aber es gibt auch Gegenmodelle... Der zweite Faktor, der notwendig ist, die passende Temperatur, von dem können wir uns nicht unabhängig machen. Wenn man das jetzt Wahrscheinlichkeitstheoretisch angeht, gibt es eine gewisse Wahrscheinlichkeit, was den Niederschlag betrifft, was die Kälte betrifft und die Wahrscheinlichkeit, dass beide Komponenten zusammen kommen, also die Überschneidung beider Faktoren und die ist gering. Und zumindest eine der beiden Komponenten wollen wir in den Griff kriegen.“ (UNTERNEHMEN IM TIROLER UNTERLAND)
Aussage 2:	„Fakt ist, dass alle Schnee machen, Fakt ist, dass die Skigebiete immer früher aufsperrten. Vor 25-30 Jahren, da hat man kurz vor Weihnachten aufgesperrt und nicht am 1. Dezember. Trotzdem ist es natürlich wirtschaftlich notwendig das früher zu machen, weil die Anlagen und die Infrastruktur jetzt teurer sind und man versuchen muss, die Saison zu verlängern.“ (HERSTELLER VON LIFTANLAGEN)
Aussage 3:	„Der Gast sucht die Destination mittlerweile nach dem Faktor Schneesicherheit aus... Das ist eine riesige Herausforderung, weil der Gast eine sehr einfache Formel im Kopf hat und die lautet: „Seehöhe ist gleich Schneesicherheit“. Und es ist eine kommunikative Herausforderung, diese simple Formel, die - vordergründig betrachtet - einleuchtet, zu korrigieren.“ (UNTERNEHMEN IM TIROLER UNTERLAND)
Aussage 4:	„[Der Gast] sagt: ‚Wenn ich in ein Skigebiet fahre und es dort Schnee gibt, das ist ja wohl das Mindeste!‘ Das wäre so ähnlich, wie wenn ich ans Meer fahren würde und die rühmen sich damit, dass da Wasser drinnen ist.“ (UNTERNEHMEN IM TIROLER UNTERLAND)
Aussage 5:	„Hochmoderne Anlagen, keine Schneesicherheit - das bringt nichts. Ein neues Auto ohne Reifen sieht vielleicht in der Garage toll aus, bringt aber nicht unbedingt den Effekt, den man haben will, weil es nicht fahren kann. Und genauso kann man ohne Schnee nicht Ski laufen.“ (BETREIBER EINES GLETSCHERSKIGEBIETES)
Aussage 6:	„Die Beschneigung... hat am Rande ein bisschen mit dem Klima zu tun, aber in erster Linie mit der Absicherung der Saison. Auch mit Planbarkeit, dass die Saison im Regelfall Anfang Dezember startet... Von Weihnachten bis Mitte, Ende März will man Skifahren garantieren und dafür braucht man die Beschneigungsanlage... Die Diskussion über den Klimawandel wird natürlich von uns verfolgt und beobachtet. Wir nehmen ihn aber - ich sage es fast abwertend - nicht so ernst, weil sonst dürften wir nicht für die nächsten 20 bis 25 Jahre in neue Anlagen oder Schneeanlagen investieren. Wir sind der Überzeugung, dass man für diesen Zeitraum mit der Beschneigung absolut den Wintersport sichern kann.“ (UNTERNEHMEN IM PINZGAU/SALZBURGER LAND 2005)
Aussage 7:	„Das wäre das Gleiche, wenn man ein Hotel auf den Malediven fragt, ‚Was macht ihr, wenn kein Wasser mehr im Meer ist?‘ Die Strategie, die eine Antwort auf die Frage gibt, ‚was macht ihr, wenn es keinen Schnee mehr gibt?‘, die existiert nicht.“ (UNTERNEHMEN IM TIROLER UNTERLAND 2005)
Aussage 8:	„Jedes Jahr... zum Winterstart... wenn es keinen Schnee hat und es zu allem Überfluss auch noch regnet..., dann haben wir sämtliche Journalisten da, die dann diese Verhältnisse und irgendeinen Schneefleck auf der grünen Wiese filmen und fotografieren und wir das Musterbeispiel... sind, niedrig gelegen und der Tenor lautet ‚wir haben es immer schon gesagt!‘.“ (UNTERNEHMEN IM TIROLER UNTERLAND 2005)
Aussage 9:	„Die Saison ist super angelaufen, genügend Naturschnee und seit Mitte November zum Teil sehr tiefe Temperaturen zum Beschneien unserer Pisten. Klimadiskussion ade?“ (UNTERNEHMEN IM PINZGAU/SALZBURGER LAND Anfang Januar 2006)
Aussage 10:	„Was in 20, 25 Jahren tatsächlich los ist, kann uns heute niemand, auch kein Wissenschaftler genau sagen. Da gibt es Szenarien, lineare Hochrechnungen..., dann gibt es andere Szenarien vom Versiegen des Golfstroms oder vom Abkühlen und Abschmelzen der Pole oder Eiszeit oder was immer. Da wird an sehr vielen Szenarien gearbeitet.“ (UNTERNEHMEN IM PINZGAU/SALZBURGER LAND 2005)
Aussage 11:	„Wenn die [Gletscherzunge] jetzt zurückgehen würde um 150 Hm, dann wäre das nichts Außergewöhnliches, weil die meisten Gletscherzungen auf dieser Höhe enden. Es ist eben eine Besonderheit, dass diese Gletscherzunge so weit nach unten reicht.“ (BETREIBER EINES GLETSCHERSKIGEBIETES 2005)

Quelle: Eigene Erhebungen 2005 und 2006

Abb. 3: Aussagen befragter Unternehmen zu den Themen „Beschneigung“ und „Klimawandel“

erscheint es nur logisch, die Wintersaison mithilfe von Schneeanlagen abzusichern, wie man ja mit fortschreitendem Lebenszyklus die Sommersaison durch den Einbezug witterungsunabhängiger Angebote auf breitere Standbeine zu stellen versucht hat.

Neben der erwähnten Risikovermeidung und dem normalen Professionalisierungsprozess mit fortschreitendem Lebenszyklus der wirtschaftlichen Aktivität spielen auch die in Kapitel 3.2 postulierten betriebswirtschaftlichen Zwangspunkte eine entscheidende Rolle, vor allem die durch frühen Beginn längere Saisondauer zwecks besserer Auslastung der teuren Infrastruktur (vgl. Aussage 2).

Die Mental-Maps der Gäste scheinen noch stark von der rein hypsometrisch orientierten Formel „Höhenlage = Schneesicherheit“ geprägt zu sein, die zu Zeiten flächenhafter Beschneigung noch weniger gilt als früher (vgl. Aussage 3). Die sehr kostenintensiven Investitionen in die technische Schneesicherheit bleiben den Gästen zumeist verborgen und werden auch insofern nur mäßig goutiert, da mit der Buchung eines Winterurlaubs in den Alpen eben ausreichende Schneelage vorausgesetzt wird – sowie Sonnenscheingarantie zum sommerlichen Mittelmeerurlaub gehört (vgl. Aussage 4).

Folglich nimmt sowohl bei den Gästen als auch bei den Betreibern die durch Kunstschneeproduktion gewährleistete Schneesicherheit eine deutlich höhere Priorität ein als innovative Liftanlagen (vgl. Aussage 5). Vieles spricht hingegen dafür, dass zeitgemäße Seilbahninfrastruktur ganz ähnlich der Schneesicherheit einen Basisfaktor im Rahmen des KANO-Modells der Kundenzufriedenheit darstellt (vgl. PECHLANER et al. 2005, S. 107ff.). Etwa in dem Sinne, als dass kaum jemand wegen der Aufstiegs-hilfen eine Destination aufsucht, sehr wohl aber Skigebiete mit unzureichendem Anlagenpark nach negativen Erfahrungen eher gemieden werden (vgl. JOB & MAYER 2005, S. 273). Selbiges dürfte für die Schneesicherheit gelten, mit dem feinen, aber wichtigen Unterschied, dass die Schneesicherheit sehr wohl bei der Wahl der Destination eine gewichtige Rolle spielt und eine Enttäuschung der Kundenerwartungen weniger leicht als beim Seilbahnsektor, zum Beispiel durch die Ankündigung des Ersatzbaus einer veralteten Anlage, wieder wettzumachen sein dürfte.

4 Natürliche Schneesicherheit

4.1 Methodik

Um Aussagen über eine Änderung der Schneesicherheit unter wärmeren Bedingungen treffen zu können, ist eine klare Definition des Begriffs notwendig. In den letzten Jahren hat sich die 100-Tage Regel durchgesetzt: Wenn an 100 Tagen zwischen 1.12.-15.4. die Schneehöhe mindestens 30 cm beträgt (= Wintersporttag), und dies in sieben von zehn Wintern der Fall ist, dann kann von schneesicheren Verhältnissen gesprochen werden (vgl. ABEGG 1996, S. 62). In der Schweiz erfüllen im langjährigen

Mittel Höhenlagen ab 1.200 m die Kriterien, bei einer moderaten Erwärmung um 2°C nur noch Bereiche oberhalb von 1.500 m (vgl. ABEGG 1996). Folgestudien haben gezeigt, dass die Höhengrenzen auch für Österreich (vgl. BREILING et al. 1997) und für den bayerischen Alpenraum (vgl. STEIGER 2007) stimmig sind.

Eine Anwendung des Schneesicherheitsbegriffs auf Skigebiete erfordert eine Analyse der Höhenerstreckung. Durch Berechnung der mittleren Höhe der Tal- und Bergstationen eines jeden Skigebiets kann dieses mit den Prädikaten „schneesicher“ und „nicht schneesicher“ (mittlere Talstation über bzw. unter 1.200 m) versehen werden. Demnach gelten heute ca. 85% der Schweizer Skigebiete als schneesicher, bei einer Erwärmung um 2°C bis zum Jahr 2050 nur noch etwa 63% (vgl. BÜRKI et al. 2003). Im bayerischen Alpenraum gelten nach dieser Definition heute 24% der Skigebiete als schneesicher, bei um 2°C höheren Mitteltemperaturen bietet nur noch ein Skigebiet (Zugspitzplatt) von 41 Schneesicherheit (vgl. STEIGER 2007, S. 68).

4.2 Fallbeispiel 1: Schneesicherheit in den Bezirken Landeck und Kitzbühel

Die Bezirke Landeck und Kitzbühel nehmen in Österreich Top-Positionen bezüglich Pistenflächen und Fremdenverkehrsintensität ein. Ein Hauptgrund für die Untersuchung dieser beiden Bezirke liegt in ihrer unterschiedlichen prognostizierten Klimasensibilität, die sich aus der Kombination wirtschaftliche Bedeutung des Skitourismus und Schneesicherheit ergibt. Kann die im Bezirk Kitzbühel durchschnittlich niedrigere Höhenlage der Skigebiete derzeit durch die dort höheren Niederschläge kompensiert werden, profitiert der niederschlagsärmere Bezirk Landeck von den großen Massenerhebungen des Arlbergs, der Samnaun-Gruppe und der Ötztaler Alpen (vgl. TRAWÖGER 2003, S. 95ff.).

4.2.1 Entwicklung der Schneeverhältnisse 1950–2000

Die abnehmende Zahl der Tage mit Schneebedeckung bzw. Winterdecke – besonders in den letzten Dekaden (vgl. Abb. 4) – lässt den Schluss zu, dass bei anhaltender Erwärmungstendenz mit einer weiteren Verkürzung der Saisondauer insbesondere in tieferen Lagen zu rechnen ist.

Dem entgegen steht seit den 1980er-Jahren eine positive Entwicklung beim Niederschlag (Zahl der Tage mit Neuschnee, Neuschneesummen). Die Klimaszenarien zeigen für den Alpenraum steigende Winterniederschläge bei wärmeren Verhältnissen (vgl. BREILING et al. 1997, S. 88), was aber nur für Lagen oberhalb von 1.500 m als positiv zu betrachten ist, da in tieferen Lagen der Niederschlag immer öfter als Regen denn als Schnee fallen wird. Somit ist davon auszugehen, dass Skigebiete im Bezirk Kitzbühel aufgrund der geringen Höhenlage vermehrt Schneeprobleme zu erwarten haben werden, während im Bezirk Landeck dagegen kurz- bis mittelfristig sogar größere Schneemengen möglich sind.

Parameter	1950er Jahre		1960er Jahre		1970er Jahre		1980er Jahre		1990er Jahre		Tendenz seit 1950	
	LA	KB										
Zahl der Tage mit Schneebedeckung	±	±	+	+	±	+	±	-	-	±	-	-
Zahl der Tage mit Winterdecke	±	±	+	±	+	+	-	±	-	-	-	-
Zahl der Tage mit Neuschnee	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+
Summe der Neuschneehöhen	-	-	+	+	-	±	±	+	+	±	±	-

Verhältnisse über dem langjährigen Durchschnitt
 kein klarer Trend erkennbar
 Verhältnisse unter dem langjährigen Durchschnitt

LA = Bezirk Landeck
 KB = Bezirk Kitzbühel

Quelle: TRAWÖGER 2003 (S. 113)

Abb. 4: Zusammenfassung der Ergebnisse der Analyse der Schneesicherheiten im Untersuchungszeitraum 1950–2000

4.2.2 Höhengrenze der Schneesicherheit

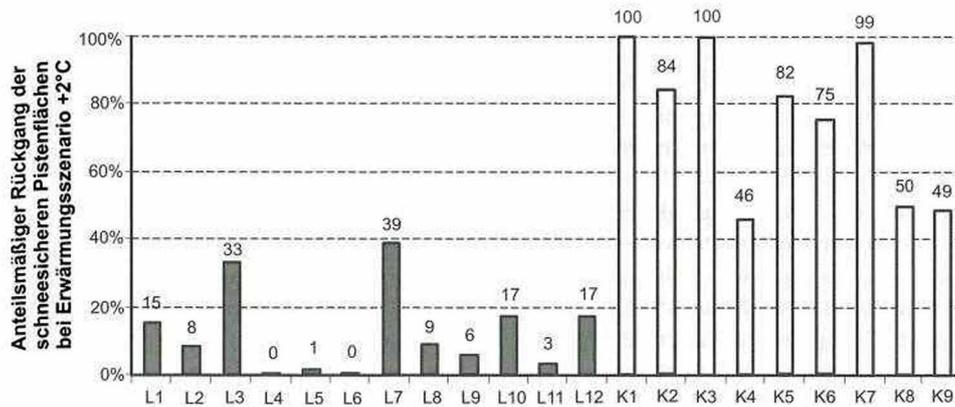
Nach dem Vorbild der Untersuchungen von ABEGG (1996) wurde die höhenbezogene Verteilung der touristischen Transportanlagen für das Untersuchungsgebiet ermittelt. Zusätzlich wurde eine Höhenanalyse der einzelnen Skigebiete durchgeführt, indem der prozentuelle Anteil der Pistenfläche über bzw. unter 1.500 m berechnet wurde. Als Höhengrenzen der Schneesicherheit wurden 1.200 m (gegenwärtig schneesicher), 1.500 m (mittelfristig schneesicher) und 1.800 m (langfristig schneesicher) auf Basis der mittleren Höhe der Talstationen festgelegt (vgl. Tab. 1).

Bezirk	Anzahl der Skigebiete	schneesicher			mittlere Höhe aller	
		gegenwärtig	mittelfristig	langfristig	Talstationen	Bergstationen
Landeck	12	12	9	5	1.791 m	2.111 m
Kitzbühel	9	3	0	0	1.075 m	1.334 m

Quelle: TRAWÖGER 2003 (S. 101), leicht verändert

Tab. 1: Natürliche Schneesicherheit der Skigebiete im Untersuchungsgebiet

Die schon heute mäßige natürliche Schneesicherheit der Skigebiete im Bezirk Kitzbühel lässt den vermehrten Einsatz von technischer Beschneidung aus touristischer Sicht sinnvoll erscheinen. Ohne Beschneidung ist eine Erwärmung zwangsläufig mit einer Reduktion des Pistenangebots unterhalb von 1.500 m verbunden. Die Folgen sind erwartungsgemäß im Bezirk Kitzbühel deutlich gravierender als im Bezirk Landeck (vgl. Abb. 5).



Quelle: TRAWÖGER 2003 (S. 136), leicht verändert

Abb. 5: Reduktion der Pistenfläche im Erwärmungsszenario

(dargestellt ist der Prozentsatz der Pistenfläche, der unterhalb von 1.500 m liegt; L: Bezirk Landeck, K: Bezirk Kitzbühel; die Nummerierung bezieht sich auf die anonymisierten Untersuchungsgebiete)

5 Technische Schneesicherheit

Die in Kapitel 4.1 vorgestellte Definition von Schneesicherheit ist in Zeiten der flächenhaften technischen Beschneigung in vielen Skigebieten nicht mehr zutreffend. Eine frühe Abschätzung der Beschneigungsbedingungen unter wärmeren Verhältnissen gaben BREILING et al. (1997). Ausgegangen wurde in der Analyse von einem Schwellenwert der Monatsmitteltemperatur von -2°C , ab dem eine Beschneigung als möglich erachtet wird.

Bei der Analyse der Temperaturwerte gilt zu beachten, dass die Monatsmittelwerte nur eine relative Wahrscheinlichkeit der Beschneigungstauglichkeit wiedergeben. Ein Monatsmittelwert über -2°C heißt schließlich nicht, dass nicht auch in gewissen Perioden wärmerer Monate beschneit werden kann, da zumindest zeitweise entsprechend tiefe Temperaturen herrschen (vgl. BREILING et al. 1997, S. 88). Um die realen Verhältnisse besser abbilden zu können, ist eine höhere zeitliche Auflösung nötig. Entsprechende Arbeiten wurden in Kanada (SCOTT et al. 2003) und Australien (HENNESSY et al. 2003) durchgeführt, welche mittels komplexer Schneemodelle den Bedarf an Beschneigung und die potenziellen Beschneigungszeiten errechneten. Da diese sehr aufwändige Methode hochauflösende Klimadaten in den Skigebieten voraussetzt und diese Daten für viele Räume oft nicht verfügbar sind, wurde eine Methode entwickelt, die versucht, die Lücke zwischen sehr einfachem (Monatsmitteltemperatur) und sehr aufwändigem Ansatz (komplexe Schneedeckenmodelle) zu schließen (STEIGER 2007, S. 48ff.).

5.1 Methodik

Der technischen Beschneigung sind klimatische Grenzen gesetzt (Minustemperaturen und geringe Luftfeuchtigkeit). Ohne biochemische Zusatzstoffe (welche derzeit in den meisten Alpenstaaten verboten sind) kann Schnee bei durchschnittlicher Luftfeuchte (ca. 60%) ab -3°C bis -4°C produziert werden. Gute Ergebnisse werden erst ab -6°C erreicht (vgl. BREILING et al. 1997, S. 88; RUFFINI 1993, S. 4; STEIGER 2007, S. 49).

Wenn nur Tagesmittelwerte der Temperaturen zur Verfügung stehen, ist es nötig, diese zu den täglichen Minimaltemperaturen in Beziehung zu setzen. Mithilfe der Klimatabellen von FLIRI (1974) konnte für die Monate November bis März ein Wert von -2°C Tagesmittel für -6°C Minimum errechnet werden. Somit eignen sich Tage mit einer Tagesmitteltemperatur unter -2°C zum Beschneien und werden in Folge als *potenzieller Beschneigungstag* bezeichnet.

In einem weiteren Schritt wird die für eine Beschneigung nötige Anzahl an potenziellen Beschneigungstagen pro Monat ermittelt. Eine Beschneigung wird hierbei nur als sinnvoll definiert, wenn sie den Verlust durch Abschmelzen ersetzen kann. Naturschnee wird aus zwei Gründen nicht in die Berechnung miteinbezogen: Zum einen zeigen die Klimaszenarien beim Niederschlag noch keinen ausreichend scharfen Trend (vgl. WANNER et al. 2000, S. 221); zum anderen muss eine Beschneigungsanlage heute aufgrund hoher Investitions- und Betriebskosten für den Betreiber eine Schneegarantie unabhängig von natürlichen Schneefällen bieten können.

Um das Abschmelzen abschätzen zu können, wird die Gradtagmethode angewandt, die vor allem bei Untersuchungen zur Massenbilanz von Gletschern zum Einsatz kommt. Bei diesem Verfahren werden alle positiven Tagesmitteltemperaturen eines Monats addiert und mit einem Gradtagfaktor multipliziert. Dieser Faktor beschreibt, wie viel Wasser (in mm) pro Gradtagwert abfließt. Ein Wert von 2 bis 3 mm Wasseräquivalent pro Gradtag erscheint im Alpenraum für die Wintermonate realistisch (vgl. STEIGER 2007, S. 50). Die Umrechnung des Wasseräquivalents in Schneehöhe erfolgt über die Dichte: Diese beträgt bei präpariertem Kunstschnee im Mittel 523 g/l (vgl. RIXEN, HAEBERLI & STOECKLI 2004, S. 419ff.), somit entsprechen 1 mm Wasseräquivalent 1,91 mm Schneehöhe. Mithilfe dieser Größen kann der Beschneigungsaufwand (in Tagen) für eine beliebige Schneehöhe berechnet werden.¹⁵⁾

Die Mindestschneehöhe für alpinen Skisport beträgt 30 bzw. 50 cm in vegetationsfreiem Gelände (vgl. ABEGG 1996). Da technisch erzeugter Schnee eine höhere Dichte aufweist und somit eine kompaktere Unterlage bietet, sind auf Vegetation nur 20 cm Kunstschnee nötig. Moderne Beschneigungsanlagen brauchen in etwa fünf Tage, um diese Schneemenge zu produzieren (vgl. STEIGER 2007, S. 50). Das bedeutet, dass für die Produktion eines Millimeters technischen Schnees 0,025 Tage benötigt werden. In einer Formel verkürzt, sieht die Berechnung der nötigen Beschneigungstage¹⁶⁾ wie folgt aus (vgl. Abb. 6):

¹⁵⁾ Rechenbeispiel 1: An der Talstation eines Skigebietes beträgt die Summe der positiven Tagesmitteltemperaturen im Februar 35 Gradtage. Bei Annahme des Gradtagfaktors 3 mm schmelzen im Februar 105 mm Wasseräquivalent ab, dies entspricht einer Schneehöhe (präparierter Kunstschnee) von 20 cm: $35 \cdot 3 \text{ mm} = 105 \text{ mm}$. $105 \text{ mm} \cdot 1,91 = 200,55 \text{ mm}$.

¹⁶⁾ Rechenbeispiel 2: Für die oben berechneten 20 cm Schneehöhe werden fünf Beschneigungstage benötigt
Gesamtrechnung: $[(35 \cdot 3) \cdot 1,91] \cdot 0,025 = 5$.

<p>Nötige Anzahl an Beschneigungstagen = $[\text{((Summe Gradtag / Monat) * F)*1,91}] * 0,025$ <p>F = Gradtagfaktor (2 mm bzw. 3 mm)</p> </p>
--

Quelle: STEIGER 2007, S. 50

Abb. 6: Formel zur Berechnung der nötigen Beschneigungstage

Ist nun die Anzahl der *potenziellen* Beschneigungstage eines Monats größer als die *nötige* Anzahl an Beschneigungstagen, so ist der Monat *beschneigungstauglich*. Aufgrund der verwendeten Bandbreite des Gradtagfaktors (vgl. oben) können Monate als gut beschneigungstauglich (gerechnet mit 3 mm Gradtagfaktor) und als bedingt beschneigungstauglich (gerechnet mit 2 mm Gradtagfaktor) definiert werden.

In den bayerischen Alpen können derzeit (30-jähriges Mittel 1961–1990) von Dezember bis Februar alle Höhenbereiche beschneit werden. Bei einer Klimaerwärmung um 2°C wären jedoch 90% der bayerischen Skigebiete selbst mit Beschneigung nicht mehr schneesicher, da die Höhengrenze der technischen Schneesicherheit über 1.500 m liegen würde (vgl. STEIGER 2007, S. 68).

5.2 Fallbeispiel 2: Erfüllung der Beschneigungsbedingungen an drei ausgewählten Tiroler Stationen

Für diese Arbeit wurde die in Kapitel 5.1 vorgestellte Methode auf Tirol übertragen. Hierfür standen drei Klimastationen zur Verfügung (Kufstein 495 m, St. Anton 1.275 m, Patscherkofel 2.247 m). Es wurden die Tagesmittel der Temperatur im Zeitraum 1971–2000 analysiert. Hierbei muss angemerkt werden, dass die dadurch erhaltenen Werte nicht ohne Weiteres auf ganz Tirol übertragen werden können, da lokalklimatische Besonderheiten, wie z.B. überdurchschnittlich viele Föhntage am Patscherkofel oder Inversionswetterlagen in Kufstein die Temperaturwerte maßgeblich beeinflussen.

Derzeit (30-jähriges Mittel 1971–2000) sind von Dezember bis Februar alle Höhenbereiche beschneibar, im November liegt die Station St. Anton im Grenzbereich, der März ist noch knapp beschneigungstauglich. Am Patscherkofel herrschen von November bis März immer ausreichend gute Beschneigungsverhältnisse.

Mit einer Erwärmung um 2°C (Erwartungshorizont 2050) verschlechtern sich die Bedingungen deutlich. In tiefen Lagen ist eine Beschneigung mit heutiger Intensität (5 Beschneigungstage = 20 cm präparierte Schneehöhe) nicht mehr möglich. Auf Höhe der Station St. Anton herrschen von Dezember bis Februar ausreichende Verhältnisse, November und März dagegen sind nicht mehr beschneigungstauglich. Am Patscherkofel sind die Temperaturen nach wie vor von November bis März für eine Beschneigung ausreichend.

Eine Möglichkeit dieser Entwicklung technisch zu begegnen ist, die Schneileistung zu erhöhen, wodurch auch tiefe Lagen theoretisch noch beschneit werden können.

Faktor	Monat	Kufstein (492 m)	St. Anton (1.298 m)	Patscherkofl (2.247 m)
Verringerung der potenziellen Beschneigungstage (die Bandbreite resultiert aus den zwei verwendeten Tagesmitteltemperaturen 0°C und -2°C)	Nov	42-60	31-42	19-30
	Dez	35-43	22-29	17-21
	Jan	33-40	21-30	11-22
	Feb	38-44	27-33	8-16
	Mar	43-53	39-48	13-22
Erforderliche Erhöhung der produzierten Schneemenge	Nov	43	63	87
	Dez	87	126	161
	Jan	97	166	194
	Feb	71	124	142
	Mar	36	61	147
Erhöhung der Beschneigungsintensität (die Bandbreite resultiert aus den zwei verwendeten Gradtagfaktoren 2 mm und 3 mm)	Nov	nicht möglich	137-180	131-167
	Dez	188-230	188-219	215-229
	Jan	192-230	237-279	229-276
	Feb	174-202	208-235	164-188
	Mar	nicht möglich	165-210	185-218

Quelle: Eigene Berechnungen (Angaben in %)

Tab. 2: Änderung der Beschneigungsfaktoren im Zuge einer Klimaerwärmung um 2°C

Dort stehen aber nicht nur weniger Beschneigungstage zur Verfügung, aufgrund der höheren Ablation muss auch mehr Schnee produziert werden (vgl. Tab. 2). Diese zwei Faktoren werden in der *Beschneigungsintensität* berücksichtigt. Die Beschneigungsintensität errechnet sich aus der benötigten Schneemenge pro verfügbarer Schneizeit. Tabelle 2 zeigt die Änderung der Faktoren „Anzahl potenzieller Beschneigungstage“, „erforderliche Schneemenge“ und „erforderliche Erhöhung der Beschneigungsintensität“. Im Mittel ist in den Monaten Dezember bis Februar eine Verdreifung, in mittleren Höhenbereichen (St. Anton) sogar eine Vervierfachung der Leistungsfähigkeit erforderlich. Der Grund für die vergleichsweise geringsten Steigerungswerte in tiefen Lagen ist der dort hohe Ausgangswert (benötigte Schneemenge) bzw. niedrige Ausgangswert in mittleren und hohen Lagen.¹⁷⁾

Nun darf daraus allerdings nicht der Schluss gezogen werden, dass bestehende Beschneigungsanlagen um das drei- bis vierfache erweitert werden müssten, da bei den aktuellen klimatischen Verhältnissen nicht 100% der vorhandenen Tage zur Beschneigung genutzt werden müssen. Nichtsdestotrotz zeigen diese Zahlen, dass die Kosten für

¹⁷⁾ So müssen heute in Kufstein im Januar im Durchschnitt 13-19,5 cm Schnee produziert werden, um die Ablation auszugleichen, in St. Anton 3,8-5,7 cm und am Patscherkofel 1,5-2,3 cm. Diese Werte steigen beim +2°C Szenario auf 25,6-38,4 cm in Kufstein, 9,9-14,9 cm in St. Anton und 4,2-6,3 cm am Patscherkofel.

eine ausreichend gute Pistenqualität in allen Höhenbereichen unter wärmeren Bedingungen eklatant steigen werden und die Frage der Deckung dieser Kosten in Zukunft immer brisanter werden wird. Der Trend zur flächendeckenden Intensivbeschneigung mit den dazu gehörigen Infrastrukturmaßnahmen wird sich weiter fortsetzen und bei entsprechender Bestätigung der Klimaprognosen verstärken.

6 Sensibilität der Betreiber gegenüber der Klimaentwicklung

Zur Analyse der Klima-Sensibilität der von schneearmen Wintern unmittelbar betroffenen Seilbahnunternehmen ist es erforderlich, diese in die Untersuchungen¹⁸⁾ (vgl. Abb. 3) mit einzubeziehen (vgl. TRAWÖGER 2003, S. 136). Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Erfahrungen in schneearmen Wintern:** Wiederholt auftretender Schneemangel verursachte in Tiroler Skiorten in der Vergangenheit bereits beträchtliche wirtschaftliche Probleme (in 58% der Skigebiete im Bezirk Landeck, in 70% der Kitzbüheler Destinationen). Skibetrieb war zwar generell möglich, aber bei schlechterer Pistenqualität. Die restlichen Destinationen profitieren aufgrund ihrer Höhenlage von allgemeiner Schneearmut in der Umgebung und erzielten wegen der stärkeren Nachfrage in diesen Wintern die besten Ergebnisse.
- **Strategien zur Bewältigung der Klimaänderung:** Beschneiungsanlagen gelten als adäquate Adaptionsstrategie, wobei eingestanden wird, dass der Sicherung des Skibetriebs durch Beschneigung klare klimatische Grenzen gesetzt sind (vgl. Aussage 1). Nahezu alle Befragten gehen von künftig steigenden Kosten für die Herstellung der Schneesicherheit aus. Pistenplanien werden ebenfalls als sinnvolle Maßnahme zur Herabsetzung der minimal erforderlichen Schneehöhe erachtet. Hochgebirgserschließung halten im Bezirk Landeck 75% der Betreiber als geeignetes Mittel zur Aufrechterhaltung des Skitourismus unter wärmeren Bedingungen. In den Kitzbüheler Skigebieten kommt die Erschließung höherer Bereiche mangels vertikaler Expansionsmöglichkeiten generell nicht in Frage (vgl. JOB 2005, S. 134f.).
- **Auswirkungen auf Investitionsplanungen:** Kein genereller Einfluss, da die Investitionsplanungen der Bergbahnbetreiber in 20 bis 25-jährigen Zyklen verlaufen und damit in deutlich kürzeren Intervallen als die langfristig möglichen Umstellungen von Klima und Wetterlagen (vgl. KELLER 2003, S. 192; MAYER 2006, S. 77). Die Investitionen in Beschneiungsanlagen haben nicht in erster Linie etwas mit dem Klimawandel zu tun – im Rückblick hätte es immer schon schneearme Winter ge-

¹⁸⁾ Nach dem Vorbild von ABEGG (1996) wurden in den Tiroler Bezirken Landeck und Kitzbühel in der Wintersaison 2002/03 mit allen Geschäftsführern bzw. Betriebsleitern der Bergbahnen Interviews durchgeführt. Auch jüngere Befragungsergebnisse aus der Wintersaison 2005/06 werden berücksichtigt.

geben, denen mit der Beschneieung entsprechend entgegen getreten wird –, sondern mit der Risikoabsicherung der Bergbahngesellschaften und dem Versuch, die von den Gästen gewünschte Pistenqualität garantieren zu können – und sei es nur noch für die nächsten beiden Jahrzehnte (Aussage 6).

- **Alternativen zum Skitourismus:** Die breite Masse kann im Winter derzeit nur mit Schnee angezogen werden. Für 82% der Befragten im Bezirk Landeck bzw. 60% im Bezirk Kitzbühel gibt es in Tirol derzeit keine Alternative zum Skitourismus. Alternativen sind eher im Sinn von Zusatzangeboten zu verstehen denn als Ersatz für schneeabhängige Angebote. “Worst case“-Szenarien werden offensichtlich nicht ausgearbeitet (Aussage 7). Die Betreiber im als klimasensibel eingestuften Bezirk Kitzbühel befassen sich dennoch bereits deutlich stärker mit der Suche nach Alternativprogrammen und neuen Zielgruppen.
- **Konsequenzen des Wegfalls tiefer gelegener Regionen für den Skitourismus:** Es wird ein Konzentrationsprozess auf die höher gelegenen Skigebiete erwartet, deren touristische Tragfähigkeit aber nicht ausreicht, um den Angebotsausfall in tieferen Lagen kompensieren zu können. Auch die Betreiber höher gelegener Skigebiete fürchten einen allgemeinen Imageverlust, falls eine Region als Ganzes nicht mehr als schneesicher gelten sollte (vgl. TRAWÖGER 2003, S. 147). Um auch weiterhin die Möglichkeit zu wohnortnahe Skisport bieten zu können, wird Skihallen in den Ballungsgebieten eine steigende Bedeutung attestiert.
- **Bedeutung des Weihnachtsgeschäftes:** Im Bezirk Landeck entfallen ca. 19% der Übernachtungen und 20% der Erträge auf Weihnachten/Neujahr, im Bezirk Kitzbühel 20% bzw. 25%. Die große Bedeutung der Weihnachtszeit erklärt die Furcht der Betreiber vor negativer Presseberichterstattung im Falle ausbleibender Schneefälle und Kälte in dieser entscheidenden Saisonphase – braune Wiesen, dünne Kunstschneebänder, stehende Liftanlagen und arbeitslose Schneekanonen sind ein Lieblings-Horrorszenario der medialen Bildberichterstattung (Aussage 8).
- **Problembewusstsein:** Die Sensibilität gegenüber dem Thema Klimaerwärmung ist zwar bei der Mehrheit der Betreiber außerordentlich groß, schwankt aber auch mit der jeweiligen Schneesituation innerhalb der Saison (Aussage 9).¹⁹⁾ So scheinen die guten Wintersportbedingungen der Saisonen 2004/05 und 2005/06 bei zumindest einigen Betreibern die Sensibilität wieder etwas reduziert zu haben bzw. dem verbreiteten Zweckoptimismus Vorschub geleistet zu haben. Zur Haltung der Betreiber gehört eine gehörige Portion Fatalismus (Aussage 11), verbunden mit einer Verharmlosung der Situation, die sich in einem pauschalen Zweifel an beinahe jeder Art von wissenschaftlicher Prognose manifestiert (Aussage 10).

¹⁹⁾ In der Wintersaison 2002/03 herrschte bis in den Januar akuter Schneemangel, Saisonstart und Weihnachtsgeschäft konnten nur dank der Beschneieung sichergestellt werden. In der Wintersaison 2005/06, in der neuerliche Erhebungen stattfanden, kamen zeitige Naturschneefälle und ausgebaute Beschneieungsmöglichkeiten zusammen, weshalb die Betreiber optimistischer eingestellt waren.

7 Schlussbetrachtung und Ausblick

Die dargestellte Veränderung der Schneesicherheit und der sich verschlechternden Möglichkeiten zur Beschneigung bescheinigen den Skigebieten mittelfristig keine rosige Zukunft. Nach den schneearmen Wintern 1988/89 bis 1990/91, die vom Witterungsverlauf einen Vorgeschmack auf mögliche künftige Normalverhältnisse gegeben haben, hat die Branche zwar das flächenhaft einsetzbare Produkt „Kunstschnee“ geschaffen, dem die Gäste vertrauen. Somit sind länger anhaltende Nachfrageeinbrüche ausgeblieben. Was ist jedoch, wenn ein weiterer Winter dieser Art zeigt, dass auch der Beschneigung (klimatische) Grenzen gesetzt sind und diese den Vertrauensbonus der Gäste einbüßt?

Wie aufgezeigt, ist die Klimaerwärmung derzeit bei weitem nicht der einzige und erst recht nicht der entscheidende Diffusionstreiber bei der flächenhaften Ausbreitung der Beschneigung in österreichischen Skigebieten. Die harte ökonomische Konkurrenzsituation in einer zunehmend globalisierten Tourismusbranche und die damit einhergehenden touristischen Haupttrends tragen mindestens in gleichem Ausmaß dazu bei, dass in Österreich bereits über 50% der Pistenfläche technisch beschneit werden kann. Garantierte Schneesicherheit auf Knopfdruck ist mehr noch als zeitgemäße Liftanlagen ein entscheidender Erfolgsfaktor im Skitourismus, der von den Kunden aufgrund enorm steigenden Anspruchsniveaus heute vielerorts als touristischer Basisnutzen vorausgesetzt wird.

Die Aussagen der Betreiber bezüglich Klimaänderung sind durchaus nachvollziehbar, wenn man beachtet, dass Versuche winterliche Alternativen zum Skisport anzubieten nur in speziellen Angebotsnischen erfolgreich greifen. Der jahreszeitliche Verlauf der Nachfragekurve zeigt ein Grundproblem des Skitourismus: die Nachfrage ist dann am stärksten, wenn die Schneelage am geringsten oder am unsichersten ist – auf den Gletschern im Herbst, in allen anderen Destinationen zur Weihnachtszeit (vgl. PRÖBSTL 2006, S. 20). Das irrationale Verhalten der Gästemehrheit, die sich in ihrem Bedürfnis nach Skisport nach rein kalendarischen Maßstäben, aber nicht an den klimatischen Fakten orientiert, hat ebenso wie die übergroße Bedeutung des Weihnachts-Geschäfts mit seinen witterungsbedingten Schneelagerisiken stark zur Diffusion der Beschneigung beigetragen.

Möglichkeiten, der Klimaerwärmung technisch entgegenzuwirken, sind in gewissem Umfang vorhanden. Schneezusätze wie „Snowmax®“ erlauben im Grenztemperaturbereich eine bessere Schneequalität und einen höheren Wirkungsgrad der Anlagen. An temperaturunabhängigen Systemen wird intensiv geforscht, teilweise befinden sie sich bereits in der Erprobungsphase (vgl. SEILBAHN INTERNATIONAL 2006) oder kurz vor einer Erstadaption wie beispielsweise der „IDE all-weather Snowmaker“. Die Entwicklung zeigt, dass weiterhin mit technischen Innovationen versucht wird, der Abhängigkeit von Naturfaktoren noch stärker als bisher zu entgehen (vgl. JOB 2005, S. 128ff.) und neben der Abkoppelung von Niederschlägen auch eine Unabhängigkeit von der Umgebungstemperatur zu erlangen. Bereits heute wird jedoch deutlich, dass die mit steigenden Temperaturen einhergehende Beschneigungsintensivierung steigende Preise für den Kunden verursacht – wie übrigens auch der weiter anhaltende Trend zu

immer komfortableren und leistungsstärkeren Liftanlagen (vgl. MAYER 2006, S. 116). Dies könnte dem Skisport das Prädikat „Volkssport“ entziehen und zu einem Nachfragerückgang führen. Das betriebswirtschaftliche Problem, dem sich Skigebiete in Zukunft stellen müssen, wird wohl nicht sein, dass nicht mehr beschneit werden kann, sondern dass die Kosten hierfür aufgrund einer im Gesamten sinkenden Nachfrage und den nötigen Intensivierungen unverhältnismäßig hoch sein werden.

8 Literaturverzeichnis

- ABEGG B. (1996), Klimaänderung und Tourismus. Klimafolgenforschung am Beispiel des Wintertourismus in den Schweizer Alpen. Zürich.
- BÄTZING W. (2003), Die Alpen. München.
- BIEGER T. (1999), Bergbahnen und Skigebiete auf dem Weg vom individualisierten Kleingewerbe zu konsolidierten Großkonzernen? In: BIEGER T., LAESSER Ch. (Hrsg.), Jahrbuch der Schweizerischen Tourismuswirtschaft 1998/99, S. 155–169. St. Gallen.
- BIEGER T., SCHALLHART M. (1997), Dienstleistungsqualität – Konzept, Messung, Maßnahmen am Beispiel der Oberengadiner Bergbahnen. In: KASPAR C. (Hrsg.), Jahrbuch der Schweizerischen Tourismuswirtschaft 1996/97, S. 41–71. St. Gallen.
- BREILING M., CHARAMZA P., SKAGE O. (1997), Klimasensibilität österreichischer Bezirke mit besonderer Berücksichtigung des Wintertourismus. Rapport 1, 1997. Swedish Univ. of Agricultural Sciences, Department of Landscape Planning Alnarp.
- BÜRKI R. et al. (2003), Climate Change – Impacts on the Tourism Industry in Mountain Areas. Proc., 1st Intern. Conf. on Climate Change and Tourism, Djerba, 9–11 April 2003.
- CIPRA (Hrsg.) (2006), Tourismusbranche ohne Fantasie?. In: Cibra Info 80/2006 Klima-Wandel-Alpen. Tourismus und Raumplanung im Wetterstress, S. 7. – http://www.alpmedia.net/pdf/Cibra_Info_80_D.pdf (Abrufdatum: 13.10.2007)
- DOERING A., HAMBERGER S. (1996), Schneekanonen, Aufrüstung gegen die Natur. Arbeitskreis Alpen des Bund Naturschutz in Bayern e.V.
- ELSASSER H., BÜRKI R., ABEGG B. (2000), Klimawandel und Schneesicherheit. In: PGM, 144, 4, S. 34–41.
- FACHVERBAND DER SEILBAHNEN ÖSTERREICHS (2007), Seilbahn-Facts 2007: Die österreichischen Seilbahnen in Zahlen. – <http://www.seilbahnen.at/presse/presseinformation/pr/2007-09-26-seilbahn-facts-2007> (Abrufdatum: 13.10.2007)
- FLIRI F. (1974), Niederschlag und Lufttemperatur im Alpenraum. Innsbruck.
- GÜTHLER A. (2003), Aufrüstung im alpinen Wintersport – ein Hintergrundbericht. – http://www.cipra.org/pdfs/122_de/at_download/file (Abrufdatum: 13.10.2007).
- HAHN F. (2004), Künstliche Beschneigung im Alpenraum – ein Hintergrundbericht. – http://www.alpmedia.net/pdf/Dossier_Kunstschnee_D.pdf (Abrufdatum: 13.10.2007).
- HARTKE W. (1962), Die Bedeutung der geographischen Wissenschaft in der Gegenwart. In: Tagungsberichte u. Abhandlungen des 33. Dt. Geographentages in Köln 1961, S. 113–131. Wiesbaden.
- HENNESSY K., WHETTON P., SMITH I., BATHOLS J., HUTCHINSON M., SHARPLES J. (2003), The impact of climate change on snow conditions in mainland Australia, CSIRO Atmospheric Research, Aspendale.

- INTERNATIONALE SEILBAHNRUNDSCHAU (2006), Schneeerzeugung aus betriebswirtschaftlicher Sicht. In: *ISR*, 3, S. 47.
- JOB H. (2003), Reisestile: Modell des raumzeitlichen Verhaltens von Reisenden. In: *Tourismus Journal*, 7, 3, S. 355–376.
- JOB H. (2005), Die Alpen als Destination. Eine Analyse in vier Dimensionen. In: *Mitt. d. Österr. Geogr. Ges.*, 147, S. 113–138.
- JOB H., MAYER M. (2005), Spatial and Temporal Diffusion Patterns of Innovations in Tourism – the Example of Ropeways and Ski Lifts in the Austrian Alps”. In: KELLER P., BIEGER T. (Hrsg.), *Innovation in Tourism – Creating Customer Value* (= Publ. of the AIEST, 47), S. 261–276. St. Gallen.
- KÄMPF R., WEBER K. (2005), *Erfolgsfaktoren im alpinen Tourismus*. Bern, BAK Basel Economics.
- KELLER P. (2003), Perspektiven der Seilbahnwirtschaft. In: BIEGER T., LAESSER Ch. (Hrsg.), *Jahrbuch der Schweizerischen Tourismuswirtschaft 2002/03*, S. 187–205. St. Gallen.
- KUREHA M. (1995), *Wintersportgebiete in Österreich und Japan*. Innsbruck.
- LANDESSTATISTIK TIROL (2006), – <http://www.tirol.gv.at/themen/zahlen-und-fakten/statistik/tourismus> (Abrufdatum: 13.10.2007)
- LANDESSTATISTIK TIROL (2007), Top-50 Tourismusgemeinden im Tourismusjahr 2006. – http://www.tirol.gv.at/fileadmin/www.tirol.gv.at/themen/zahlen-und-fakten/statistik/downloads/t50_bj2006-2007062108.xls (Abrufdatum: 13.10.2007)
- MAYER M. (2006), *Innovation und Diffusion im Tourismus. Raumzeitliche Muster und wirtschaftliche Bedeutung von Seilbahnanlagen in Westösterreich*. München, Ludwig-Maximilians Univ. München, Inst. f. Wirtschaftsgeogr., unveröff. Dipl.arb.
- MEURER M. (1988), Vergleichende Analysen touristisch bedingter Belastungen des Naturhaushaltes im Südtiroler Grödnertal- und Villnöß-Tal. In: *Geogr. Rundschau*, 40, 10, S. 28–38.
- MÜLLER H., MICHEL J. (2001), Quality Requirements for Aerial Cableways and their Services – the Case of Switzerland. In: *Tourism Review*, 56, 3/4, S. 12–16.
- NEUE ZÜRCHER ZEITUNG (2002), Kunstschnee zur Rettung der Wintersaison, Nr. 30, 6.2.2002, S. 13.
- OLEFS M., OBLEITNER F. (2007), Numerical simulations on artificial reduction of snow and ice ablation. In: *Water Resources Research*, 43, W06405, doi:10.1029/2006WR005065.
- PECHLANER H., FISCHER E., HAMMANN E.-M. (2005), Creating the Valuable Basis of Competitive Advantages of Destinations. In: KELLER P., BIEGER T. (Hrsg.), *Innovation in Tourism – Creating Customer Value* (= Publ. of the AIEST, 47), S. 103–115. St. Gallen.
- PRÖBSTL U. (2006), *Kunstschnee und Umwelt: Entwicklung und Auswirkungen der technischen Beschneigung*. Bern.
- RIXEN C., HAEBERLI W., STOECKLI V. (2004), Ground temperatures under ski pistes with artificial and natural snow. In: *Arctic Antarctic and Alpine Research*, 36, S. 419–427.
- RIXEN C., STOECKLI V., AMMANN W. (2003), Does artificial snow production affect soil and vegetation of ski pistes? A review. In: *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics*, 5, S. 219–230.
- RUFFINI F. (1993), Geregelter Einsatz von Beschneigungsanlagen. In: *Mitt. zum Natur- u. Umweltschutz in Südtirol, Naturschutzblatt* 4, S. 3–9.
- SCOTT D., McBOYLE G., MILLS B. (2003), Climate change and the skiing industry in southern Ontario (Canada). In: *Climate Research*, 23, 2, S. 171–181.
- SEILBAHN INTERNATIONAL (2006), Der Schnee, der aus der Hitze kam. In: *Seilbahn International*. – http://www.seilbahn.net/downloads/si/si_ide.pdf (Abrufdatum: 13.10.2007)
- STEIGER R. (2007), *Klimaänderung und Skigebiete im bayerischen Alpenraum*. Bremen, CT Salzwasser-Verlag.

- SÜDDEUTSCHE ZEITUNG (2006), Bald hat die Schneekanone ausgedient. In: SZ, 22.5.2006, S. 43.
- TRAWÖGER L. (2003), Mögliche Folgen eines Klimawandels für den Skitourismus: vergleichende Untersuchungen in den Bezirken Landeck und Kitzbühel. Innsbruck, Leopold-Franzens Univ. Innsbruck, Inst. für Geographie, unveröff. Dipl.arb.
- VEIT H. (2002), Die Alpen – Geoökologie und Landschaftsentwicklung. Stuttgart.
- WANNER H., GYALISTRAS D., LUTERBACHER J., RICKLI R., SALVISBERG E., SCHMUTZ C. (2000), Klimawandel im Schweizer Alpenraum. Zürich.
- WIPF S., RIXEN C., FISCHER M., SCHMID B., STOECKLI V. (2005), Effects of ski piste preparation on alpine vegetation. In: Journal of Applied Ecology, 42, S. 306–316.

Anmerkung:

Manuskript eingereicht: 30. August 2006; Überarbeitung: 25. Oktober 2006. Der Beitrag wurde am 11. Dezember 2006 zum Druck angenommen, jedoch aus technischen bzw. editorischen Gründen auf den Jahresband 2007 verschoben.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 2007

Band/Volume: [149](#)

Autor(en)/Author(s): Mayer Marius, Steiger Robert, Trawöger Lisa

Artikel/Article: [Alpenraum. Technischer Schnee rieselt vom touristischen Machbarkeitshimmel - Schneesicherheit und technische Beschneigung in westösterreichischen Skidestinationen vor dem Hintergrund klimatischer Wandlungsprozesse 157-180](#)