



Eidg. Institut für  
Schnee- und  
Lawinenforschung SLF

# **Klimawandel und Wintertourismus: Ökonomische und ökologische Auswirkungen von technischer Beschneiung**

Michaela Teich, Corina Lardelli, Peter Bebi, David Gallati, Susanne Kytzia,  
Mandy Pohl, Marco Pütz, Christian Rixen



**Herausgeber**

Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

Das vorliegende Dokument ist der Schlussbericht zum Projekt „Klimawandel und Wintertourismus: Ökonomische und ökologische Auswirkungen von technischer Beschneiung“. Die Studie wurde finanziert durch die MAVA Stiftung für Naturschutz und wurde im Juni 2007 fertig gestellt.

**Projektleitung**

Christian Rixen<sup>1</sup>, rixen@slf.ch

**Arbeitsgruppe**

Peter Bebi<sup>1</sup>, David Gallati<sup>2</sup>, Susanne Kytzia<sup>3</sup>, Corina Lardelli<sup>1</sup>, Mandy Pohl<sup>1</sup>, Marco Pütz<sup>2</sup>, Michaela Teich<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF

Flüelastrasse 11

CH-7620 Davos Dorf

<sup>2</sup> Eidg. Forschungsanstalt für Wald Schnee und Landschaft WSL

Zürcherstrasse 111

CH-8903 Birmensdorf

<sup>3</sup> HSR Hochschule für Technik Rapperswil

Oberseestrasse 10

Postfach 1475

CH-8640 Rapperswil

**Zitierung**

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

© Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf, 2007

Umschlag: Skigebiet Parsenn Davos (Foto: Christian Rixen)

# **Klimawandel und Wintertourismus: Ökonomische und ökologische Auswirkungen von technischer Beschneiung**

Michaela Teich, Corina Lardelli, Peter Bebi, David Gallati, Susanne Kytzia,  
Mandy Pohl, Marco Pütz, Christian Rixen

Herausgeber  
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL,  
Birmensdorf, 2007



Teich, M.; Lardelli, C.; Bebi, P.; Gallati, D.; Kytzia, S.; Pohl, M.; Pütz, M.; Rixen, C., 2007: Climate change and winter tourism: Ecological and economic effects of artificial snow. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf. 169 pp.

---

## Summary

Reliable snow conditions represent a crucial economic prerequisite for the skiing industry. The lack of snow due to low precipitation or high temperatures is an immense challenge for winter sport destinations and especially the mountain railway companies. Artificial snow production is the key adaptation strategy to rising temperatures, enhanced economic competition and increasing requirements of winter tourists. The increase in snowing facilities in the Alps has been dramatic in recent years.

This study „Climate change and winter tourism: Economic and ecological effects of artificial snow production“ aims at analyzing the relevance of snow production for mountain railways, tourism destinations and tourists as well as at demonstrating impacts on the regional economy, resource consumption (water, energy) and the environment. We addressed the following research questions:

- Does artificial snow production contribute to a positive regional economic development of the community of Davos?
- How do tourists in the Swiss Alps perceive the relevance of snow productions for winter tourism?
- What are adaptation strategies of stakeholders (mountain railways, communities) to the experienced and expected changes in climate?
- How much water and energy is needed for the snow production and how does it relate to the regional and the resource consumption of other activities in tourism?
- What are ecological impacts of snow productions and which should be the precautions in the construction of snowing facilities?
- Will artificial snowing be possible under the predicted temperature increase, and will investments into facilities be cost-efficient?

Our investigations were mostly carried out in the three Swiss tourism destinations of Davos, Scuol and Braunwald. These regions represent different types of destinations and different climates in the Alps.

The results of this study add to an objective discussion of the topic “artificial snow” and can be a basis for decision-making in planning and implementing of snowing facilities. They can help with developing of adaptation strategies in the face of climate change.

The main results of the different chapters can be summarized as follows:

In Switzerland, artificial snow can be produced on 19% of the total ski piste area. Austria has already reached 50% while in some areas in the Italian Alps artificial snow can be produced on 100% of the ski runs.

Given the expected climate change, the trend towards extensive snow production will only continue and increase. Regional climate scenarios for Switzerland predict a rise in winter temperatures by +1°C until 2030 and +1.8°C until 2050 (OCC 2007). The snow cover at elevations below 1'300 m a.s.l. has already significantly decreased since 1980. In higher regions, a decrease in average snow depth was observed in early winter (November, December), which is a crucial period for winter sport.

To investigate effects of artificial snow production on the regional economy, we analyzed its added-value for the community of Davos. The analysis is based on an existing regional input-output model for the community of Davos from 2002. The model connects between the added value in different economic sectors and the aggregate demand.

The analysis demonstrated the central role of the tourism sector for the economy of Davos; 40% of the aggregate demand is generated by tourism. Winter tourism contributes 26% to the aggregate income. Mountain railways generate 5% of the total aggregate income.

Our calculations indicate that artificial snow production could prevent losses of up to 10% of the regional aggregate income of the community of Davos in winters with poor snow cover. Therefore, the entire regional economy of Davos profits from snow production that is provided by the mountain railway companies.

Standardised interviews with tourists were made to analyse their criteria when choosing a holiday destination as well as to assess whether tourists perceive snow making as an adaptation strategy towards snow deficiency.

The interviews showed that the tourists' choice of a holiday destination differs largely between the three study regions. Also the acceptance of snow making by tourists varies spatially and seasonally. Winter sport tourists in particular approve snow production as an adaptation strategy, while the majority of guests interviewed in the summer season have a negative attitude about artificial snow. However, there is a general trend towards higher acceptance of snow production compared with previous studies. Reliable snow conditions are important in the choice of a holiday destination but often not the determining factor.

We also interviewed local stakeholders from the mountain railway companies and the local communities about current and future adaptation strategies to climate change and subsequent less reliable snow conditions.

The interviews showed that the stakeholders are conscious about climate change and the resulting consequences. They consider snow making as the key measure to guarantee the ski season and to be able to compete in the skiing industry. However, it is also acknowledged that it will be crucial in the future, to concentrate on regional strength that distinguishes one region from others and to provide a diverse and high-quality range of activities in summer as well as in winter. Guaranteed snow-reliability alone is not enough to compete with other tourist destinations.

Snow making requires energy and water. We analyzed and quantified the use of energy and water for snow production and compared to the regional resource consumption and that of other activities in the tourism sector.

The annual energy consumption for snowmaking in our study areas is between 14'000 and 1.7 Mio. kWh. In Davos, snowmaking represents approximately 0.5% of the entire

energy consumption in the respective community. Housing in the community of Davos, for instance, requires 32.5% of the entire energy budget.

The water consumption for snow making can be considerable and can comprise 20 – 35 % of the amount of the regional water consumption.

Artificial snow production can have ecological impacts on vegetation, soil, animals and aquatic ecosystems. Impacts differ largely between regions, elevation etc. However, for impacts on vegetation it can be concluded that 1) artificial snow can protect vegetation and soil from mechanical disturbance, however, mechanical damage on ski pistes in general is high, 2) artificial snow can protect vegetation and soil from frost that occurs on ski runs with only natural snow, 3) the late snowmelt due to artificial snow can alter the vegetation composition, 4) the input of ions and water through artificial snow is not problematic where meadows and pastures are fertilized by agriculture anyway, but should be avoided on nutrient-poor vegetation such as fens and low-nutrient meadows and 5) species diversity and productivity are decreased on both types of ski pistes (with and without artificial snow).

Furthermore, our studies on vegetation and soil stability indicated that diverse vegetation, site-specific plant species and symbiotic fungi can enhance soil stability and reduce erosion after construction of snowing facilities and ground levelling of ski pistes.

When investing into snowing facilities, it needs to be considered whether snowmaking will be possible under the predicted temperature increase. We used regional climate scenarios to estimate future changes in snow cover and future possibilities of snowmaking. Our results show that snow cover is not reliable anymore (at least 100 days with a snow depth  $\geq 30$  cm from 1 December through 15 April) at the lowest elevation (approx. 1'200 m a.s.l.) of some ski resorts. By 2050 snow reliability will be questionable even at intermediate elevation (approx. 1'500 m a.s.l.). Climate conditions for snowmaking may be insufficient at low elevation by 2030. An alternative to snow production at low elevation is more efficient transportation to high elevation areas of ski resorts.

The three investigated study areas Davos, Scuol and Braunwald differ not only in climate conditions and elevation but also in their tourism activities, the guest mix and their tourism strategies. Given the increasing economic competition and the changing climate, it will be crucial to use the specific regional strengths to provide high-quality summer and winter tourism activities.

Snow production at the high-altitude destinations Davos and Scuol represents a valuable adaptation strategy to enhance winter tourism. Each new snowmaking installation needs to be checked for its economic cost efficiency and potential ecological impacts. To optimize this process, all relevant stakeholder groups, i.e. mountain railway companies, communities, tourism organizations and nature conservation agencies need to collaborate as early as possible in the planning process.

**Keywords:** artificial snow, snow-making, climate change, ski piste, winter tourism, alpine ecosystems, ecology, economy, sustainability



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

---

## Zusammenfassung

Schneesicherheit ist eine wichtige Voraussetzung für den wirtschaftlichen Erfolg des Skitourismus. Schneemangel infolge Trockenheit oder hoher Temperaturen stellen die Wintertourismusdestinationen und vor allem die Bergbahnunternehmen vor grosse Herausforderungen. Als Adoptionsstrategie an wärmer werdende Temperaturen in Folge des Klimawandels, den zunehmenden Konkurrenzdruck unter den Destinationen und die gestiegenen Ansprüche der Touristen wird die Errichtung von Beschneiungsanlagen in den Alpen stark forciert.

Die Studie „Klimawandel und Wintertourismus: Ökonomische und ökologische Auswirkungen von technischer Beschneiung“ setzte sich zum Ziel, die Bedeutung der Beschneiung für die Bergbahnbetreiber, die Tourismusdestination und die Gäste zu analysieren sowie deren Auswirkungen auf die regionale Wirtschaft, die Ressourcen (Energie und Wasser) und die Umwelt aufzuzeigen. Um die komplexen Zusammenhänge der technischen Beschneiung gesamthaft darzustellen, wurden folgende Fragen anhand der drei Schweizer Tourismusregionen Davos, Scuol und Braunwald untersucht:

- Leistet der Einsatz von Kunstschnee einen positiven Beitrag zur regionalen Wirtschaftsentwicklung der Gemeinde Davos?
- Welche Bedeutung hat die technische Beschneiung für den Wintertourismus in den Schweizer Alpen aus Sicht der Gäste?
- Wie verhalten sich Stakeholder der Seilbahnbranche und Gemeindevorsteher in Bezug auf eine Klimaänderung?
- Wie ist das Verhältnis von Wasser- und Stromverbrauch für die technische Beschneiung zum regionalen sowie zum Ressourcenverbrauch anderer touristischer Aktivitäten?
- Mit welchen ökologischen Konsequenzen ist zu rechnen und auf was sollte beim Bau von Beschneiungsanlagen geachtet werden?
- Ist es beim Eintreten der prognostizierten Temperaturerhöhungen noch möglich in den Skigebieten der Untersuchungsgebiete zu beschneien bzw. sind Investitionen in neue Beschneiungsanlagen noch rentabel?

Die Tourismusregionen Davos, Scuol und Braunwald wurden als Fallstudien ausgewählt, da sie verschiedene Destinationstypen und klimatische Standortbedingungen im Alpenraum repräsentieren.

Die Resultate der vorliegenden Studie tragen zur objektiven Betrachtung der Thematik „Technische Beschneiung“ bei und können als Entscheidungsgrundlage für die Planung

und Umsetzung von Beschneiungsanlagen sowie für die Entwicklung alternativer Adoptionsstrategien im Zusammenhang mit der Klimaänderung dienen.

Im folgenden werden die einzelnen Kapitel und Resultate kurz zusammengefasst:

In der Schweiz werden zur Zeit 19% der Skipistenfläche technisch beschneit. In Österreich sind es bereits 50% und in den Italienischen Alpen können einzelne Skigebiete sogar bis zu 100% beschneit werden.

In Anbetracht der zu erwartenden Klimaänderung wird der Trend zur grossflächigen Beschneiung weiter zunehmen. Regionale Klimaszenarien für die Schweiz prognostizieren im Winter mittlere Temperaturerhöhungen um  $+1^{\circ}\text{C}$  bis 2030 und  $+1.8^{\circ}\text{C}$  bis 2050 (OcCC 2007). Die Schneedecke hat in Höhenlagen unterhalb von 1'300 m ü. M. seit 1980 bereits statistisch signifikant abgenommen. In höher gelegenen Regionen ist vor allem eine Abnahme der mittleren Schneehöhe in der für den Skisport wichtigen Frühwinterperiode (November, Dezember) zu beobachten.

Um die regionalwirtschaftlichen Effekte des Kunstschneeeinsatzes für eine Tourismusdestination zu analysieren, wurde für die Gemeinde Davos eine Wertschöpfungsanalyse durchgeführt. Die Analyse baut auf einem bestehenden regionalen Input-Output-Modell für die Landschaft Davos im Jahr 2002 auf. Das Modell bildet den Zusammenhang zwischen der Wertschöpfung in den verschiedenen Branchen und der Endnachfrage ab.

Die Analyse zeigt, dass der Tourismus den zentralen Wirtschaftsfaktor in Davos darstellt; 40% der Endnachfrage werden durch den Tourismus generiert. Der Wintertourismus trägt allein durch die touristische Nachfrage zu 26% des regionalen Volkseinkommens der Gemeinde Davos bei. Die Bergbahnen generieren einen Anteil von 5% am gesamten Davoser Volkseinkommen.

Aus den Berechnungen geht hervor, dass in Davos durch schneearme Winter ohne den Einsatz von Kunstschnee ein Verlust von bis zu 10% des regionalen Volkseinkommens auftreten könnte. Die Analysen zeigen deutlich, dass die gesamte Davoser Wirtschaft von der Kunstschneeproduktion durch die Bergbahnen profitiert.

Mit einer Gästebefragung wurden die Präferenzen der Touristen bei der Wahl ihrer Feriendestination analysiert sowie deren Einstellung gegenüber Schneearmut und der technischen Beschneiung als Anpassungsstrategie erörtert.

Die Befragung hat gezeigt, dass sich die Präferenzen der Gäste bei der Wahl der Feriendestination in den drei Untersuchungsgebieten teilweise stark von einander unterscheiden. Auch die Akzeptanz der technischen Beschneiung variiert örtlich und saisonal. Vor allem Wintersportler sind gegenüber Kunstschnee positiv eingestellt. Im Sommer befragte Gäste lehnen die technische Beschneiung mehrheitlich ab. Allerdings wird die Beschneiung im Vergleich zu früheren Studien generell mehr befürwortet. Die Auswertung hat ebenfalls verdeutlicht, dass Schneesicherheit bei der Wahl einer Feriendestination ein wichtiger, aber nicht der einzige entscheidende Faktor ist.

In Experteninterviews wurden verschiedene lokale Akteure der Seilbahnbranche und der evaluierten Gemeinden zu den gegenwärtigen und zukünftigen Anpassungsstrategien in Bezug auf die Klimaänderung und dem damit einhergehenden Schneemangel befragt.

Die Befragung hat gezeigt, dass den Experten der Klimawandel und die daraus resultierenden Veränderungen bewusst sind. Beschneiungsanlagen werden als entscheidende Massnahme zur Sicherung der Skisaison und zur Aufrechterhaltung der Wettbewerbsfähigkeit sowie als Marketinginstrument im Skitourismus betrachtet. Die Tourismusdestinationen haben jedoch auch erkannt, dass es zukünftig von Bedeutung ist, sich auf die regionalen Stärken zu konzentrieren und im Sommer wie im Winter ein vielfältiges, qua-

litativ hochwertiges Angebot zu präsentieren. Die Garantie der Schneesicherheit allein hilft nicht, um sich im Wettbewerb mit anderen Tourismusorten zu etablieren.

Die technische Beschneiung ist mit einem Aufwand an Energie und Wasser verbunden. In der vorliegenden Studie wurden deshalb der Wasser- und Stromverbrauch für die technische Beschneiung in den Untersuchungsgebieten analysiert und mit dem regionalen Energie- und Wasserverbrauch sowie dem Ressourcenverbrauch anderer touristischer Aktivitäten verglichen. Der jährliche Energieverbrauch für die Kunstschneproduktion in den Untersuchungsgebieten beträgt 14'000 - 1.7 Mio. kWh. In Davos macht der Stromverbrauch für die Beschneiung 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 technische Beschneiung 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 Beschneiung 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 Kunstschnepisten sich auf die Vegetationszusammensetzung auswirkt, 4) Ionen- und Wassereintrag dort unproblematisch sind, wo Wiesen oder Weiden ohnehin landwirtschaftlich gedüngt werden, aber bei nährstoffärmer Vegetation, z.B. Mooren oder Magerrasen zu vermeiden sind, 5) Artendiversität und Produktivität auf beiden Pistenarten (Kunst- und Naturschnee) verringert sind.

Ebenfalls haben aktuelle Untersuchungen zur Bodenstabilität gezeigt, dass eine diverse Vegetation, standortgerechte Pflanzenarten sowie symbiotische Bodenpilze massgeblich zur Bodenstabilität und zur Verringerung von Erosionsschäden nach dem Bau von Beschneiungsanlagen und bei Pistenplanierungen beitragen.

Um die Schneesicherheit kurzfristig zu garantieren, wird oft in umfangreiche Beschneiungssysteme investiert, ohne die zukünftige Entwicklung der Schneedecke und der Beschneibarkeit im Zusammenhang mit einer Klimaänderung in die Überlegungen einzubeziehen. Regionale Klimaszenarien wurden verwendet, um die Entwicklung der Schneedecke sowie die zukünftige Möglichkeit der Beschneiung in den Untersuchungsgebieten zu berechnen.

Aus den Resultaten geht hervor, dass die natürliche Schneesicherheit (mind. 100 Tage mit einer Schneehöhe  $\geq$  30 cm vom 1.12. - 15.04.) bereits heute für einige der untersuchten Skigebiete im Bereich der Talstationen (ca. 1'200 m ü. M.) nicht mehr gegeben ist und bis 2050 unter den prognostizierten Temperaturveränderungen auch in den mittleren Höhenlagen der Skigebiete (ca. 1'500 m ü. M.) nur noch teilweise gewährleistet sein könnte. In Bezug auf die Möglichkeit der technischen Beschneiung könnte die Grundbeschneiung im Frühwinter im Bereich der Talabfahrten bereits 2030 nur noch teilweise realisiert werden. Eine Alternative wäre die Investition in leistungsfähige Zubringeranlagen.

Die Ergebnisse der Studie und die Diskussion der einzelnen Themenkomplexe zeigen, dass sich die drei Untersuchungsgebiete Davos, Scuol und Braunwald nicht nur klima-

tisch und aufgrund ihrer Höhenlage, sondern auch durch ihr touristisches Angebot, ihre Gästestrukturen und ihre Tourismusstrategien deutlich unterscheiden. Im Hinblick auf den zunehmenden Konkurrenzdruck und das sich ändernde Klima gilt es, die regionalen Stärken zu nutzen, um ein vielfältiges, qualitativ hochwertiges Sommer- und Winterangebot zu entwickeln und somit konkurrenzfähig zu bleiben.

Die technische Beschneiung ist für höher gelegene Destinationen wie Davos und Scuol ein möglicher Weg, den Skitourismus im Winter zu fördern. Die wirtschaftlichen Kosten und Nutzen der technischen Beschneiung sowie die ökologischen Auswirkungen sollten bei der Planung von neuen Beschneiungsanlagen sorgfältig geprüft werden. Dabei bedarf es der Zusammenarbeit aller beteiligter Akteure wie Bergbahnen, Gemeinde und Tourismus.

Keywords: Kunstschnee, technische Beschneiung, Klimawandel, Klimaänderung, Skipisten, Wintertourismus, Alpine Ökosysteme, Ökologie, Ökonomie, Nachhaltigkeit

## Vorwort

Das Thema „Kunstschnee“ hat in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich an Bedeutung gewonnen. Was zunächst punktuell begann, hat sich auf vielen Pisten zur Vollbeschneiung ausgeweitet: Nach einem steilen Anstieg in den letzten Jahren werden in der Schweiz aktuell 19% der Pistenfläche technisch beschneit; in anderen Alpenregionen, z.B. in Teilen der Italienischen Alpen sind es bis zu 100%. Diese rasante Entwicklung wirft zahlreiche Fragen auf, u.a. bezüglich der Auswirkungen der technischen Beschneiung auf die Umwelt, den Ressourcenverbrauch, die Wahrnehmung der Touristen und die ökonomischen Rahmenbedingungen.

In den meisten bisherigen Studien wurden die verschiedenen Themengebiete separat untersucht. Die vorliegende Arbeit repräsentiert eine Gesamtdarstellung der komplexen Zusammenhänge der Kunstsneeproduktion. Es wurde erstmals für ausgewählte repräsentative Tourismusregionen eine umfassende Analyse von ökologischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Belangen erstellt, wobei der Aspekt der Klimaänderung eine bedeutende Rolle spielte.

Stellvertretend für viele Wintersportorte in den Alpen wurden die drei Schweizer Tourismusregionen Davos, Scuol und Braunwald als Untersuchungsgebiete ausgewählt, da sie Destinationstypen unterschiedlicher Grösse, Höhenlage, klimatischer sowie ökonomischer Rahmenbedingungen repräsentieren. In Zusammenarbeit mit Bergbahn- und Gemeindevertretern, Tourismusverantwortlichen und Umweltbeauftragten entstand die vorliegende umfassende Studie.

Diese Zusammenstellung von Teilprojekten aus verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen soll vermehrte Transparenz in die Thematik „Technische Beschneiung“ bringen und als Entscheidungsgrundlage bei der Planung und Umsetzung von Beschneiungsanlagen sowie alternativen Adoptionsstrategien an die Folgen des Klimawandels dienen. Es soll hiermit ein Beitrag geleistet werden, damit die zukünftige Planung von Skigebieten und Beschneiungsanlagen auf möglichst sinnvollen ökologischen und ökonomischen Grundlagen beruhen kann.

Die Studie „Klimawandel und Wintertourismus: Ökonomische und ökologische Auswirkungen von technischer Beschneiung“ wurde von der MAVA Stiftung für Naturschutz finanziert.

Dr. Christian Rixen,  
Projektleiter

Davos, den 07. Dezember 2007



# Inhalt

Summary	3
Zusammenfassung	7
Vorwort	11
<b>1 Einleitung</b>	<b>17</b>
1.1 Ziel des Forschungsprojektes	17
1.2 Struktur des vorliegenden Berichts	18
1.3 Klimawandel im Alpenraum und Auswirkungen auf den Wintertourismus	19
1.4 Technische Beschneiung als Adoptionsstrategie	21
1.4.1 Technologie der Schneeproduktion	22
1.4.1.1 Düsentchnik mit Niederdruck	22
1.4.1.2 Düsentchnik mit Hochdruck	22
1.4.1.3 Vor- und Nachteile der Düsentchnik	23
1.4.1.4 Kältetechnik	24
1.4.1.5 Kryotechnik	24
1.4.2 Physikalischer Prozess der Kunstschneeproduktion	24
1.4.3 Eigenschaften des technischen Schnees	25
1.4.4 Zukünftige Entwicklung der Beschneiungssysteme	26
1.5 Ausmass der Beschneiung im Alpenraum	27
<b>2 Charakteristik der Untersuchungsgebiete</b>	<b>29</b>
2.1 Davos	31
2.2 Scuol	32
2.3 Braunwald	34
<b>3 Einfluss der Schneesicherheit auf die regionale Wertschöpfung von Davos</b>	<b>37</b>
3.1 Methoden	37
3.1.1 Welche Impulse gibt der Einsatz von technischem Schnee für die Wirtschaft?	38
3.1.2 Wie wirken diese Impulse auf die Davoser Wirtschaft?	42
3.2 Ergebnisse	43
3.2.1 Veränderung der Endnachfrage	43
3.2.2 Veränderung der Bruttoinvestitionen und der Vorleistungen der Bergbahnen	45
3.2.3 Auswirkungen auf die Davoser Wirtschaft	47
3.2.4 Interpretation der Ergebnisse	49
3.3 Diskussion	51
<b>4 Die Bedeutung technischer Beschneiung für den Wintertourismus in den Schweizer Alpen – Eine Gästebefragung in Davos, Scuol und Braunwald</b>	<b>53</b>
4.1 Methodik	53
4.2 Ergebnisse	54
4.2.1 Wer sind die Gäste in Davos, Scuol und Braunwald?	54
4.2.2 Akzeptanz technischer Beschneiung	57
4.2.2.1 Akzeptanz technischer Beschneiung	58

4.2.2.2	Einflussfaktoren der Akzeptanz technischer Beschneiung	60
4.2.2.3	Akzeptanz der Kosten technischer Beschneiung	61
4.2.3	Attraktivität der Destinationen Davos, Scuol und Braunwald	62
4.2.3.1	Attraktivität von Davos	62
4.2.3.2	Attraktivität von Scuol	63
4.2.3.3	Attraktivität von Braunwald	65
4.2.4	Die Bedeutung von Höhenlage, Schneesicherheit und winterlicher Atmosphäre als Motive bei der Wahl einer Destination	66
4.2.4.1	Höhenlage	66
4.2.4.2	Schneesicherheit	67
4.2.4.3	Winterliche Atmosphäre	67
4.2.5	Aktuelle und zukünftige Nachfrage nach Wintersport	68
4.2.5.1	Aktuelle Nachfrage	68
4.2.5.2	Tendenzen der Nachfrageentwicklung	70
4.2.5.3	Anpassungsmöglichkeiten und Alternativen zum Skisport	72
4.3	Diskussion	73
<b>5</b>	<b>Klimaänderung, Schneearmut und technische Beschneiung – Adoptionsstrategien der Stakeholder</b>	<b>75</b>
5.1	Methoden	75
5.1.1	Vorbereitung der Interviews	75
5.1.2	Durchführung der Interviews	76
5.1.3	Auswertung der Interviews	77
5.2	Ergebnisse	77
5.2.1	Die Klimaänderung und deren Folgen für die Untersuchungsgebiete als Wintersportdestinationen	77
5.2.2	Die Technische Beschneiung aus der Sicht der Experten	79
5.2.3	Finanzierung der technischen Beschneiung	83
5.2.4	Schneeunabhängige Adoptionsstrategien	84
5.2.5	Zusammenarbeit betroffener Akteure bei der Entwicklung von Strategien	86
5.2.6	Der Winter 2006/07	87
5.3	Diskussion	88
<b>6</b>	<b>Ressourcenverbrauch der technischen Beschneiung</b>	<b>93</b>
6.1	Methoden	93
6.2	Ergebnisse	94
6.2.1	Strom- und Wasserverbrauch der technischen Beschneiung	94
6.2.1.1	Skigebiete Parsenn/Gotschna und Jakobshorn (Davos)	95
6.2.1.2	Skigebiet Motta Naluns (Scuol)	96
6.2.1.3	Skigebiet Braunwald	96
6.2.1.4	Die Untersuchungsgebiete im Vergleich	96
6.2.2	Stromverbrauch durch technische Beschneiung im regionalen und nationalen Vergleich	98
6.2.2.1	Gemeinde Davos	98
6.2.2.2	Gemeinde Scuol	100
6.2.2.3	Schweiz	100
6.2.2.4	Gesamter Alpenraum	101

6.2.3	Wasserverbrauch durch technische Beschneiung im regionalen und nationalen Vergleich	101
6.2.3.1	Gemeinde Davos	101
6.2.3.2	Gemeinde Scuol	102
6.2.3.3	Schweiz	102
6.2.3.4	Gesamter Alpenraum	103
6.3	Diskussion	103
6.3.1	Stromverbrauch durch technische Beschneiung	103
6.3.2	Wasserverbrauch durch technische Beschneiung	104
<b>7</b>	<b>Die ökologischen Auswirkungen technischer Beschneiung</b>	<b>105</b>
7.1	Review der ökologischen Auswirkungen der technischen Beschneiung: Der aktuelle Kenntnisstand	105
7.1.1	Vegetation und Boden	105
7.1.1.1	Mechanischer Schutz der Vegetation	106
7.1.1.2	Schutz vor Bodenfrost und veränderte Ausaperung	107
7.1.1.3	Wasser- und Stoffeintrag	110
7.1.1.4	Schneezusätze	110
7.1.1.5	Bedeutung der Vegetation und Begrünungsmassnahmen für den Erosionsschutz	111
7.1.1.6	Hochlagenbegrünung	112
7.1.1.7	Saattmischungen	113
7.1.1.8	Zusatz von Mykorrhizapilzen	114
7.1.2	Tierwelt	114
7.1.3	Eingriff in den Wasserhaushalt	115
7.2	Vegetation und Bodenstabilität	116
7.2.1	Wurzeleigenschaften alpiner Pflanzen	116
7.2.1.1	Methoden Wurzeleigenschaften alpiner Pflanzen	117
7.2.1.2	Ausgrabung der Wurzelsysteme	118
7.2.1.3	Ergebnisse Wurzeleigenschaften alpiner Pflanzen	120
7.2.1.4	Diskussion Wurzeleigenschaften alpiner Pflanzen	122
7.2.2	Einfluss von Mykorrhizapilzen auf die Bodenstabilität von Skipisten	123
7.2.2.1	Methoden Einfluss von Mykorrhizapilzen	124
7.2.2.2	Ergebnisse Einfluss von Mykorrhizapilzen	126
7.2.2.3	Diskussion Einfluss von Mykorrhizapilzen	131
7.2.3	Ausblick	132
7.3	Fazit	132
<b>8</b>	<b>Folgen der Klimaänderung: Schneedecke und Beschneigungspotenzial der Untersuchungsgebiete</b>	<b>135</b>
8.1	Methoden	135
8.1.1	Datengrundlagen	135
8.1.2	Prognostizierte Temperaturrentwicklung in der Schweiz bis 2030 und 2050	137
8.1.3	Analyse der aktuellen Schneedeckensituation	138
8.1.4	Analyse der Entwicklung der Schneedecke bis 2030 und 2050	140
8.1.5	Bestimmung des aktuellen Beschneigungspotentials	140
8.1.6	Bestimmung des Beschneigungspotentials für die Untersuchungsgebiete 2030 und 2050	142
8.1.7	Möglichkeiten und Grenzen der verwendeten Methoden	142

8.2	Ergebnisse	143
8.2.1	Die Schneedeckesituation der Untersuchungsgebiete heute, 2030 und 2050	143
8.2.2	Das Beschneigungspotential der Untersuchungsgebiete heute, 2030 und 2050	145
8.2.3	Das monatliche Beschneigungspotential an ausgewählten Messstationen in den Untersuchungsgebieten Davos und Scuol	147
8.3	Diskussion	148
<b>9</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>	<b>153</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>161</b>
<b>Anhang</b>		<b>169</b>

# 1 Einleitung

*Autoren: Corina Lardelli, Christian Rixen und Michaela Teich*

Schneesicherheit ist eine wichtige Voraussetzung für den wirtschaftlichen Erfolg des Skitourismus. Schneemangel infolge Trockenheit, Wind oder Warmwettereinbrüchen stellt die Wintertourismusdestinationen und vor allem die Bergbahnunternehmen vor grosse Herausforderungen. Diesen begegnen die Skigebiete vermehrt mit der Errichtung von Beschneiungsanlagen zur Kunstschneproduktion. Gemäss Statistiken von „Seilbahnen Schweiz“ werden immer mehr Pisten in den Alpen mit Beschneiungsanlagen ausgerüstet. In der Schweiz werden aktuell 19% der Skipistenfläche beschneit. Die Tendenz ist exponentiell steigend (Hahn 2004). In anderen Alpenländern, z.B. in Österreich sind es aufgrund der geringen Höhenlage der Skigebiete bereits ca. 50%, in Teilen der Italienischen Alpen können bis zu 100% der Pistenfläche technisch beschneit werden.

## 1.1 Ziel des Forschungsprojektes

Die Vor- und Nachteile der technischen Beschneiung werden kontrovers beurteilt (Broggi & Willi 1989). Am Beginn der Bedenken standen Aspekte der Vegetationsveränderungen und damit der Biodiversität der betroffenen Abschnitte. Bei grösseren Anlagen wurden auch Befürchtungen laut, es könne durch die baulichen Eingriffe bei der Errichtung von Beschneiungsanlagen zu Bodenerosion kommen. Ebenfalls wurde der Verbrauch an Wasser und Energie kritisiert. Dann standen Aspekte der Akzeptanz durch Feriengäste im Mittelpunkt der Diskussionen. Später wurden dem Kunstschnee Zusätze beigemischt, um auch bei höheren Temperaturen beschneien zu können. So blieben die Schneekanonen in den letzten drei Jahrzehnten immer im Gespräch und jede noch so kleine Erkenntnis wurde von den Medien aufgegriffen.

In den meisten bisherigen Studien wurden die verschiedenen Themengebiete separat untersucht. Was bis heute fehlt, ist eine Gesamtdarstellung der komplexen Zusammenhänge der Auswirkungen der Kunstschneproduktion:

Bis heute wird der Hauptanteil der Beschneiungskosten von den Bergbahnunternehmen selbst getragen. Je nach Region werden jedoch Beschneiungskonzepte immer häufiger durch Gemeinde, Kanton oder den Bund finanziell unterstützt. Die Deckung der Kosten für Investitionen und Unterhalt der Beschneiungsanlagen ist stark abhängig vom Umsatz der Bergbahnunternehmen und damit von der touristischen Nachfrage. Um die Rentabilität der Beschneiung genauer abschätzen zu können, sind deshalb bessere Kenntnisse über die Rolle der Schneesicherheit für den Tourismus und die Einstellung der Touristen gegenüber beschneiten Pisten nötig. Angesichts der erheblichen Kosten, welche die Beschneiung verursacht, stellt sich die Frage, in welchem Masse diese Investitionen zur regionalen Wertschöpfung in Wintersportorten beitragen, bzw. in welchem Masse eine Verringerung der regionalen Wertschöpfung dank Beschneiung verhindert wird.

Der Verbrauch der Ressourcen Wasser und Energie ist erheblich und wurde für bestehende Beschneiungsanlagen bereits grob abgeschätzt (Hahn 2004). Was fehlt ist eine genaue Analyse des regionalen Ressourcenverbrauchs von Tourismusdestinationen, um den Aufwand an Ressourcen für die Beschneiung im Verhältnis zu anderen regionalen touristischen Aktivitäten darstellen zu können.

Die Auswirkungen auf die Vegetation (Rixen 2002, Rixen et al. 2003, Rixen et al. 2004, Wipf et al. 2005) und das Landschaftsbild (Mosimann 1998) sind teilweise beträchtlich. Von zentraler Frage sind neben den ökologischen Auswirkungen der veränderten Schneebedingungen auch die Folgen der Baumassnahmen, die mit dem Einsatz von Beschneiungsanlagen verbunden sind. Veränderungen der Vegetation und Biodiversität durch Baumassnahmen, Kunstschneeeinsatz und Skibetrieb haben mit grosser Wahrscheinlichkeit Einfluss auf Bodenstabilität und Erosion; ein Zusammenhang, der bisher noch kaum untersucht wurde.

Das Potential der Beschneiung Schweizer Skigebiete als Problemlösung wird in Anbetracht der Klimaänderung zwar häufig in Frage gestellt, wurde jedoch bisher weder umfassend analysiert noch in Modellrechnungen mit einbezogen. Bei bisherigen Abschätzungen (z.B. Abegg et al. 2007) wird lediglich der zu erwartende Anstieg der Schneegrenze auf die Anzahl Skigebiete in der betroffenen Höhenstufe extrapoliert.

Tourismusregionen im Alpenraum unterscheiden sich erheblich in den naturräumlichen wie auch sozioökonomischen Rahmenbedingungen und der Gästestruktur. Um die Rentabilität und Nachhaltigkeit von technischer Beschneiung in verschiedenen Skigebieten abschätzen zu können, müssen eine Vielzahl von ökonomischen, klimatischen und ökologischen Faktoren berücksichtigt werden.

Die Studie „Klimawandel und Wintertourismus: Ökonomische und ökologische Auswirkungen von technischer Beschneiung“ hat zum Ziel, die Bedeutung der Beschneiung für die Bergbahnbetreiber, die Tourismusdestination und die Gäste zu analysieren sowie deren Auswirkungen auf die regionale Wirtschaft, die Ressourcen (Energie und Wasser) und die Umwelt aufzuzeigen.

Die Untersuchungen wurden in den drei Schweizer Tourismusregionen Davos, Scuol und Braunwald durchgeführt. Diese Regionen repräsentieren verschiedene Destinationstypen und klimatische Standortbedingungen im Alpenraum.

## 1.2 Struktur des vorliegenden Berichts

Der Bericht ist in verschiedene Themengebiete gegliedert, welche in den einzelnen Kapiteln disziplinär untersucht werden. Zunächst wird einleitend der aktuelle Stand der Beschneiung (Ausmass, Technologie) zusammengefasst. In den Kapiteln 3, 4 und 5 wird auf ökonomisch und gesellschaftlich relevante Themen eingegangen. Die Kapitel 6, 7 und 8 beinhalten Untersuchungen zum Ressourcenverbrauch durch technische Beschneiung, ökologische Aspekte sowie Überlegungen zu den sich ändernden klimatischen Rahmenbedingungen. Die ökonomischen und gesellschaftlichen Themen sind Inhalt der Kapitel:

- Einfluss der Schneesicherheit auf die regionale Wertschöpfung von Davos
- Die Bedeutung technischer Beschneiung für den Wintertourismus in den Schweizer Alpen – Eine Gästebefragung in Davos, Scuol und Braunwald
- Klimaänderung, Schneearmut und technische Beschneiung - Adoptionsstrategien der Stakeholder

Die naturwissenschaftlichen Themen gliedern sich in die Kapitel:

- Ressourcenverbrauch der technischen Beschneiung
- Die ökologischen Auswirkungen der technischen Beschneiung
- Folgen der Klimaänderung: Schneedecke und Beschneiungspotenzial der Untersuchungsgebiete

Die einzelnen Themen werden am Ende jedes Kapitels diskutiert und in dem abschliessenden Kapitel 9 „Schlussfolgerungen“ gemeinsam erörtert.

### 1.3 Klimawandel im Alpenraum und Auswirkungen auf den Wintertourismus

Der Ausdruck **Klimawandel** wird als Sammelbegriff für alle möglichen Prozesse verwendet, welche Klimaschwankungen<sup>1</sup> oder Klimaänderungen hervorrufen können (IPCC 2007). Der Begriff **Klimaänderung** wird dann benutzt, wenn sich das Klimasystem und die systemcharakteristischen Parameter in eine bestimmte Richtung bewegen (Wanner et al. 2000). Diese Begriffe sind zu Bestandteilen der alltäglichen Kommunikation geworden. Der Klimawandel und die Klimaänderung werden in den Medien zunehmend thematisiert. „Die Katastrophe hat schon begonnen“ titelte die Süddeutsche Zeitung (Schrader 2007) nach dem erscheinen des vierten IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) Assessment Reports „Climate Change 2007“ (IPCC 2007). Die Zahlen sind deutlich:

2005 wurde ein globales Temperaturmaximum beobachtet; 2005 und 1998 waren die wärmsten 2 Jahre seit 1850 (IPCC 2007). Vor allem die Treibhausgase Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O), Ozon (O<sub>3</sub>) und FCKW verändern den Strahlungshaushalt der Erdatmosphäre und führen zur Erwärmung der bodennahen Luftsichten, wo der Klimawandel am deutlichsten erkennbar ist (CIPRA 2006 a). Dort ist die durchschnittliche Temperatur seit 1850 um etwa 0.76°C ( $\pm 0.19^\circ\text{C}$ ) gestiegen, davon um ca. 0.65°C in den letzten 50 Jahren (IPCC 2007). Seit der Industrialisierung ist der Ausstoss an Treibhausgasen, vor allem der CO<sub>2</sub>-Ausstoss, exponentiell angestiegen: um 70% zwischen 1970 und 2004 (24% zwischen 1990 und 2004). „70% der Erderwärmung der letzten 120 Jahren sind menschengemacht.“ (CIPRA 2006 a). Je nachdem, wie sich die Treibhausgasemissionen in Zukunft entwickeln, muss bis 2050 mit einer weiteren globalen Temperaturzunahme um 0.8-2.4°C und bis Ende des 21. Jahrhunderts um 1.4-5.8°C gegenüber 1990 gerechnet werden (IPCC 2007).

*Was bedeutet die globale Entwicklung für die Alpen?*

Die Gebirgsregionen sind besonders empfindliche Systeme, die auf Klimaänderungen sofort reagieren (Wanner et al. 2000). Wie in den letzten Jahrzehnten wird die Klimaänderung in den Alpen auch in Zukunft überproportional stark voranschreiten (Kromp-Kolb & Formayer 2001). In der Schweiz ist im 20. Jahrhundert landesweit eine mittlere Erwärmung von ca. +1.4°C festzustellen. Den grössten Anteil daran hatte das Winterhalbjahr mit einer Erwärmung um +1.5°C (Bader & Bantle 2004; Begert et al. 2005).

<sup>1</sup> Der Begriff Klimaschwankung wird in erster Linie für jene Phänomene benutzt, welche sich in einer klimatologischen Zeitreihe statistisch signifikant in der niederfrequenten Klimavariabilität abbilden (Wanner et al. 2000).

Ein regionales Temperaturszenario für die Schweiz 2050 prognostiziert, gemäss mittlerer Schätzung (Median), einen Temperaturanstieg in der Nordschweiz um  $+1.8^{\circ}\text{C}$  im Winter und  $+2.7^{\circ}\text{C}$  im Sommer. In der Südschweiz beträgt der Anstieg der Durchschnittstemperaturen ca.  $+1.8^{\circ}\text{C}$  im Winter und  $2.8^{\circ}\text{C}$  im Sommer (OcCC 2007; vgl. Kap. 8.1.2). Niederschlagsszenarien ergeben ein sehr ähnliches Bild. Bis 2050 wird auf der Alpennordseite im Winter eine Zunahme von ca. 8% (Alpensüdseite 11%), im Sommer eine Abnahme von ca. 17% (Alpensüdseite 19%) erwartet (OcCC 2007). Folgen der prognostizierten Entwicklungen sind auch Veränderungen der räumlichen und zeitlichen Verteilung von Extremwetterlagen, insbesondere werden Starkniederschläge zunehmen, welche Murgänge, Hangrutschungen und Hochwasserkatastrophen verursachen können (CIPRA 2006 a, OcCC 2007).

*Welche Auswirkungen bzw. Konsequenzen hat dies für den Wintertourismus im Alpenraum?*

Die mit der Klimaänderung einhergehende Abnahme der Schneedecke wird die Attraktivität der Wintersportgebiete stark beeinflussen. Bis ins Jahr 2050 wird die Schneegrenze voraussichtlich um bis zu 350 m ansteigen (OcCC 2007). Die resultierende Zunahme schneearmer Winter, wie der Vergangene 2006/07, wird die Skidestinationen vor neue Herausforderungen und zu lösende Probleme stellen.

Es existieren bereits zahlreiche Studien zur Verletzlichkeit des Wintertourismus durch steigende Durchschnittstemperaturen in Folge des Klimawandels (z.B. Mayer et al. 2007; Scott 2006; Elsasser & Bürki 2002; Kromp-Kolb & Formayer 2001; Flagestad & Hope 2001; Bürki 2000; Bürki, 1998; Abegg 1996). Die kürzlich erschienene OECD Studie „Climate Change in the European Alps“ prognostiziert eine Reduktion des Anteils schneesicherer<sup>2</sup> Skigebiete im Alpenraum von heute 91% auf 30% bei einem Temperaturanstieg um  $4^{\circ}\text{C}$  (Abegg et al. 2007). Deutsche Skigebiete sind dabei am stärksten betroffen. In der Schweiz werden insbesondere Destinationen im Berner Oberland, in der Zentralschweiz, im Waadtland und in Freiburg mit den Folgen einer derartigen Erwärmung konfrontiert.

Einer aktuellen Studie des Forschungsinstituts für Freizeit und Tourismus (FIF) der Universität Bern zufolge, muss im Berner Oberland für den Zeitraum 2006-2030 mit klimabedingten Umsatzeinbussen von ca. 120 Mio. CHF pro Jahr gerechnet werden. Mit geeigneten Anpassungsmassnahmen, z.B. durch den Ausbau des Sommertourismus, könnten diese negativen, ökonomischen Effekte auf jährlich ca. 70 Mio. CHF reduziert werden (Müller & Weber 2007).

Eine Adoptionsstrategie zur Sicherung der Wintersportsaison ist die technische Beschneiung von Skipisten. Sie nimmt für die Skigebiete einen immer wichtigeren Stellenwert ein (z.B. Abegg et al. 2007), nach der Devise (Wolfgang Bosch, Vorstand des Verbandes Deutscher Seilbahnen und Schlepplifte e.V.):

„Without snow – no skiing, without skiing – no competitive winter tourism“.<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Definition: „Die Schneesicherheit eines Gebietes ist gewährleistet, wenn in einer Zeitspanne vom 1. Dezember bis zum 15. April an mindestens 100 Tagen eine für den Skisport ausreichende Schneedecke von mindestens 30 cm (Ski alpin) bzw. 15 cm (Ski nordisch) vorhanden ist.“ (Abegg 1996; vgl. Abb. 44)

<sup>3</sup> Aus Abegg et al. (2007)

## 1.4 Technische Beschneiung als Adoptionsstrategie

Die Entwicklung der technischen Beschneiung begann in den USA, wo bereits in den 50er Jahren insbesondere in den Ressorts an der Ostküste technisch Schnee hergestellt wurde. Im Jahr 1970 wurde dann in Savognin in der Schweiz eine der ersten Beschneiungsanlagen Europas errichtet. Seit Mitte der 80er Jahre kommt die technische Beschneiung im ganzen Alpenraum grossflächig zum Einsatz (Witty 1993). Die Verbreitung der Beschneiungsanlagen in den Alpen hat sich in den letzten zehn Jahren exponentiell entwickelt (siehe Kap. 1.5). Rückblickend lassen sich vier Leitmotive für den Einsatz von Kunstschnne erkennen:

- Kurzfristige betriebswirtschaftliche Risikoabsicherung der Bergbahnunternehmen (Job 2005),
- Sicherung des Images eines Wintersportortes als Gastgeber für internationale Skiwettkämpfe sowie ihrer termingerechten Durchführung (Pröbstl 2006, Fauve et al. 2002),
- Sicherung der Rahmenbedingungen für Training und Ausübung des Spitzensports (Pröbstl 2006, Fauve et al. 2002),
- Vermeidung einzelner Schwachzonen und Gefahrenzonen (Fauve et al. 2002).

Infolge schneearmer Winter, zunehmendem Konkurrenzdrucks und rückläufiger Übernachtungszahlen in den 90er Jahren haben sich die Motive für den Einsatz einer grossflächigen technischen Beschneiung im Alpenraum erweitert:

- Wahrung der nationalen und insbesondere internationalen Wettbewerbsfähigkeit (Mayer et al. 2007, Job 2005, Abegg 1996),
- Sicherung der touristischen Auslastung durch eine „Schneegarantie“ (Pröbstl 2006),
- Sicherstellung eines bestimmten Pistenangebotes (Talabfahrten, Verbindungen) (Fauve et al. 2002),
- Konkurrenzvorteil gegenüber den anderen Skigebieten durch den frühzeitigen Saisonstart mit Hilfe von Kunstschnne (Mayer et al. 2007, SAC 2005),
- Gesteigerte Ansprüche der Touristen und die Anpassung an neue Wintersportgeräte wie Carving-Ski und Snowboard (Mayer et al. 2007).

Hinter technischer Schneerzeugung stehen folglich verschiedene ökonomische, klimatische und touristische Einflussfaktoren, welche den Einsatz von Kunstschnne zukünftig noch verstärken werden (siehe Kap. 3, Kap. 4 und Kap. 8).

### 1.4.1 Technologie der Schneeproduktion

Es werden heute drei verschiedene Systeme zur Schneeproduktion eingesetzt:

- Die Düsentechnik (Hoch- und Niederdruckschneerzeuger, wetterabhängig),
- Die Kältetechnik (Scherbeneisanlage, Wetter unabhängig),
- Die Kryotechnik (Mischung aus Wasser, Luft und einem kryogenen Mittel, Wetter unabhängig).

Im Gegensatz zur Düsentechnik eignen sich Kälte- und Kryotechnik auch für die Produktion von Kunstschnee bei Temperaturen über 0°C. Diese Techniken sind jedoch mit hohen Kosten und einem hohen Energieaufwand verbunden (Fauve et al. 2002). Deshalb kommt meistens die Düsentechnik zum Einsatz, welche für die Kunstschneeproduktion jedoch Lufttemperaturen unter -3°C erfordert. Die Düsentechnik verwendet entweder Hoch- oder Niederdruck. Der Druck bezieht sich auf die Luft, welche das versprühte Wasser kühlt und gefriert.

#### 1.4.1.1 Düsentechnik mit Niederdruck

Dieser Schneeezeugertyp wird auch Ventilatoren-Schneerzeuger genannt, weil der eingebaute Ventilator den Hauptbestandteil des Schneeezeugers darstellt. Der Ventilator bläst Umgebungsluft durch ein grosses Rohr. Am Ende des Rohrs wird Wasser unter Druck durch feine Düsen in den Luftstrahl gesprührt und mit ihm 20 bis 45 m weit weggetragen, bevor das Wasser gefroren zu Boden fällt. Bei manchen Ventilatoren-Schneeezeugern werden Nukleatoren, welche den Gefrierprozess beschleunigen, aus Mischdüsen beigefügt. Dabei wird Wasser mit Druckluft gemischt, um die Bildung von Gefrierkernen zu beschleunigen. Die benötigte Druckluft wird von einem kleinen integrierten Kompressor geliefert und dem Hauptstrahl beigegeben. Die Grösse der Wassertropfen muss den äusseren Witterungsbedingungen wie Temperatur und Luftfeuchtigkeit sowie der Wurfweite angepasst werden, um optimale Eigenschaften des Kunstschnees zu erreichen (Meerkamp van Embden 1999, Fauve et al. 2002).

Für diese Systeme sind neben Wasserleitungen auch grosse Stromkabel zu verlegen, welche die erforderliche Leistung zu den gleichzeitig betriebenen Schneeezeugern übertragen können. Bei den Wasserleitungen zeigt sich oft das Problem, dass durch die erforderlichen Pumpleistungen das Wasser je nach verwendeter Regelungstechnik um einige Grade erwärmt wird. Bei der Entnahme aus Quellen bzw. Trinkwasserleitungen ist die Wassertemperatur oft zu hoch (+6°C bis +8°C). Deshalb wird versucht, die Wassertemperatur beim Eingang in die Beschneiungssysteme zu senken. Die kostspieligste Methode ist in diesem Zusammenhang der Einsatz von Kühltürmen. Eine weitere Alternative stellt der Speichersee dar. Im Speichersee wird die Wasseroberfläche auf natürliche Art und Weise abgekühlt. Durch Belüftung und Umwälzung kann diese Wirkung verstärkt werden (Hahn 2004, Merz 2002).

#### 1.4.1.2 Düsentechnik mit Hochdruck

Bei den Hochdruckschneeezeugern wird unter Druck stehendes Wasser mit grossen Mengen Druckluft durch Düsen gepresst und fein zerstäubt. Durch die rasche Expansionskälte und die erzeugten Turbulenzen gefrieren die feinen Wassertröpfchen zu Schnee.

Die ursprünglichen Druckluftsysteme arbeiteten nur bodennah. Die modernsten Schneerzeiger dieser Art sind die Schneelanzen. Die Lanzen machen sich die Fallhöhe des versprühten Wassers und damit die längere Flugzeit zum Gefrieren des Wassers zu Nutze und brauchen deutlich weniger oder gar keine Druckluft mehr (Fauve et al. 2002). Durch die erhöhte Position sind die Lanzen jedoch windempfindlicher als die bodennahen Systeme.



Abb. 1: Schneerzeugung mit Hochdruck. (M. Fauve, SLF)

#### 1.4.1.3 Vor- und Nachteile der Düsentechnik

Die Entscheidung, welches System am geeignetsten ist, hängt von der Geländebeschaffenheit und den örtlichen mikroklimatischen Gegebenheiten ab. Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Vor- und Nachteile der Hochdruck- und Niederdruckschneerzeiger (Merz 2002, Lutz 2001, Meerkamp van Embden 1999, ÖWAV-Regelblatt für Beschneiung Nr. 210, 1995):

Tab. 1: Vor- und Nachteile der Düsentechnik.

System	Vorteile	Nachteile
Hochdruckschneerzeiger: Spezialfall Lanze	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Halb so viel Energieverbrauch im Vergleich zu Niederdruckschneerzeiger</li> <li>- Geringere Investitionskosten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wind empfindlich</li> </ul>
Niederdruckschneerzeiger	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unempfindlich gegen Wind</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hoher Energieverbrauch bedingt durch den Ventilator</li> </ul>

Aufgrund des wesentlich geringeren Energiebedarfs und der geringeren Investitionskosten haben sich in den letzten Jahren immer mehr die Hochdruckbeschneiungssysteme (Lanzen) durchgesetzt. Ein wichtiger Nachteil dieser Systeme gegenüber der immer noch weit verbreiteten Niederdruckbeschneiungsanlagen ist jedoch die fehlende erzwungene Luftströmung, welche eine zielgerichtete Schneeeablage gewährleistet. Eine effiziente Beschneiung mit Hochdrucksystemen ist deshalb von günstigen Windverhältnissen abhängig.



Abb. 2: Schneerzeugung mit Niederdruck. (M. Fauve, SLF)

#### 1.4.1.4 Kältetechnik

In Scherbeneisanlagen wird mit Kühlkompressoren und Kühlflächen Eis hergestellt. Danach wird das Eis mit einem Brechwerk auf die gewünschte Korngrösse gemahlen und über ein Transportsystem auf die Piste befördert. Mit Brechwerken ist es möglich, Korngrössen von bis zu einem Millimeter zu erhalten. Die Dichte des Schnees aus der Kältetechnik liegt bei 650 bis 750 kg/m<sup>3</sup>. Er ähnelt Firn. Mit diesem System kann man unabhängig von den äusseren Bedingungen technischen Schnee erzeugen (Merz 2002).

#### 1.4.1.5 Kryotechnik

Unter Kryotechnik versteht man Kältetechnik im Bereich sehr tiefer Temperaturen (-100°C und kälter). Die Anwendung dieses Systems ist auch bei Temperaturen über 0°C möglich. Infolge der hohen Investitions- und Energiekosten ist ein flächendeckender Einsatz jedoch nicht rentabel. Bei der Kältetechnik wird das Wasser mit Kryogenen behandelt. Somit gefriert es in kurzer Zeit. Bekannte Kryogene sind zum Beispiel flüssiger Stickstoff (Siedepunkt -195,80°C) und flüssiger Wasserstoff (Siedepunkt -252,882°C). Diese Stoffe sind durch eine besonders tiefe Verdampfungstemperatur gekennzeichnet.

Wenn flüssiger Stickstoff verdampft, entsteht Stickstoffgas mit einer Temperatur von -196°C. Dabei wird der Umgebung Wärme entzogen. Läuft dieser Vorgang in einer Umgebung von Wasser ab, dann kühlt das Wasser zunächst auf 0°C ab und gefriert. Der Prozess geht aufgrund des grossen Temperaturunterschiedes von Wasser und flüssigem Stickstoff sehr rasch vor sich. Im Idealfall kann man mit 1 kg flüssigem Stickstoff etwa 1 kg Wasser von 18°C gefrieren (Merz 2002).

### 1.4.2 Physikalischer Prozess der Kunstschneeproduktion

Im Gegensatz zum Naturschnee entsteht technischer Schnee nicht aus Wasserdampf, sondern aus flüssigem Wasser. Das Prinzip der technischen Beschneiung funktioniert so, dass Wasser unter hohem Druck durch spezielle Düsen mit kleinem Durchmesser in die Umgebung versprührt wird. Der Druckunterschied zwischen Luft- und Wasserdruck beschleunigt das Gemisch auf Geschwindigkeiten über 30 m/s (Fauve et al. 2002). Durch diese Geschwindigkeiten entstehen turbulente Strömungen, in welchen sich kleine Wassertröpfchen bilden. Auf der Flugbahn müssen die zerstäubten Wassertröpfchen gefrieren, bevor sie auf dem Boden auftreffen. Das Gefrieren der Wassertröpfchen erfolgt nur, wenn folgende drei Bedingungen erfüllt sind (Fauve et al. 2002):

- Vorhandensein einer ausgeglichenen thermischen Bilanz: Es muss genug kalt sein, um die gesamte Wassermenge zu gefrieren
- Vorhandensein von genügend Gefrierkeimen: Ohne Gefrierkeime beginnt die Nukleation der Tropfen später
- Vorhandensein einer genügend langen Flugzeit, um den Tropfen zu gefrieren

Wenn die Wassertröpfchen von den Düsen in die kalte Luft versprüht werden, erreichen sie durch Wärmeaustausch schnell eine Temperatur von 0°C, gefrieren jedoch noch nicht. Die Temperatur des flüssigen Wassers kann unter den Schmelzpunkt von 0°C sinken, ohne dass es zu Eis wird (Fauve et al. 2002). Die Umwandlung von flüssigem Wasser zu Eis geschieht erst, wenn im Wasser Gefrierkeime vorhanden sind. Gefrierkeime sind kleine Partikel, die im Wasser schwimmen oder gelöst sind. Jeder Gefrierkeim hat eine bestimmte Nukleationstemperatur. Die in der Natur am häufigsten vorhandenen Gefrierkeime besitzen eine Nukleationstemperatur von -12°C. Kommerzielle Gefrierkeime wie Snowmax bewirken eine höhere Nukleationstemperatur (-3.5 bis -3°C) im Vergleich zu Bachwasser (-9 bis -4°C) (Fauve et al. 2002). Eine hohe Nukleationstemperatur nützt jedoch nichts, wenn die thermische Bilanz nicht ausreicht. Dabei ist nicht nur die Temperatur, sondern auch die Luftfeuchtigkeit von Bedeutung. Je geringer die Luftfeuchtigkeit ist, desto besser kann das Wasser auf der Oberfläche der Wassertröpfchen verdunsten. Durch den Verdunstungsprozess wird der Wassertropfen zusätzlich abgekühlt. Die Temperatur im Zusammenhang mit dem Verdunstungsprozess wird Feuchtkugel- oder Taupunkttemperatur genannt. Die Taupunkttemperatur liegt aufgrund der Verdunstungskälte in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit unterhalb der Lufttemperatur, die von einem trockenen Vergleichsthermometer angezeigt werden würde. Die Temperaturdifferenz ist dabei umso größer, je trockener die umgebende Luft ist.

#### 1.4.3 Eigenschaften des technischen Schnees

Die Eigenschaften des technischen Schnees unterscheiden sich von denjenigen des natürlichen Schnees. Im Gegensatz zum natürlichen Schnee, welcher aus Wasserdampf gefriert, entstehen die Kunstsneekörner durch das Gefrieren eines Wassertropfens von der Hülle in den Kern. Die Kunstsneekörner sind rund und sehr klein (0.1 bis 0.8 mm Durchmesser). Oft platzen die Körner beim Gefrieren des Wassertropfens, weil der Innendruck zu hoch wird. Daraus ergeben sich sehr kleine, scharfe Kornsplitter. Bei der Entstehung von technischem Schnee liegt seine Temperatur immer im Bereich von 0°C (Fauve et al. 2002). Er sintert deshalb schnell und ist dadurch insbesondere bei tiefen Lufttemperaturen viel schneller härter als natürlicher Neuschnee.

Die Dichte von natürlichem Neuschnee liegt zwischen 20 und 300 kg/m<sup>3</sup> mit einem Mittelwert von ungefähr 100 kg/m<sup>3</sup> (Fauve et al. 2002). Die Dichte von frischem Kunstsneekörner weist einen Mittelwert von 400 kg/m<sup>3</sup> auf, die Dichte von präpariertem, natürlichem Schnee hat einen Mittelwert von 480 kg/m<sup>3</sup>.

Dank seiner hohen Widerstandsfähigkeit kann technischer Schnee eine sehr gute Unterlage für den weiteren Aufbau einer Pistenschneedecke sein.

#### 1.4.4 Zukünftige Entwicklung der Beschneiungssysteme

Für die Skigebiete ist die technische Beschneiung insbesondere in den Monaten Oktober, November und Dezember zur Präparierung der Pistenunterlage und zur Sicherung des Weihnachtsgeschäfts von grosser Bedeutung (siehe Kap. 5.2.2). Die Analyse der natürlichen Schneedecke der vergangenen Winter hat gezeigt, dass in Folge der wärmeren Temperaturen eine Abnahme der Schneedeckenhöhe in der Frühwinterperiode auch in Lagen oberhalb von 1'300 m ü. M. zu verzeichnen ist (vgl. Marty 2006; siehe Kap. 8.1.3). Dieser Trend wird zukünftig anhalten (siehe Kap. 8.1.3). Deshalb wird die technische Beschneiung im Frühwinter für die Bergbahnbetreiber zur Existenzfrage (siehe Kap. 5.2.2 und Kap. 8.1.3). Die technische Beschneiung ist bei Umgebungstemperaturen über dem Gefrierpunkt für die Bergbahnunternehmer jedoch eine grosse Herausforderung und endet oft mit einem Misserfolg und mit einem verschwenderischen Umgang mit natürlichen Ressourcen. Der warme Winter 2006/07 hat diese Problematik insbesondere in tiefer gelegenen Skigebieten eindrücklich aufgezeigt (Associated Press 2007, Schmitt 2007).

Die Hersteller der Beschneiungsanlagen werden deshalb vor neue technische Herausforderungen gestellt. Um der Problematik entgegen zu wirken, werden bei der Entwicklung von neuen Anlagen folgende drei wichtige Eigenschaften hervorgehoben (mündliche Aussage SLF 2007):

- Die Beschneiung im Temperaturgrenzbereich muss gewährleistet sein,
- Die Anlage muss über eine hohe Schneikapazität verfügen,
- Die Anlage sollte möglichst energie- und kosteneffizient sein.

Mit einer hohen Schneikapazität kann gewährleistet werden, dass die Grundbeschneiung der Skipisten innerhalb weniger Tagen abgeschlossen ist. Die Bergbahnunternehmen können somit die potentiellen Beschneiungstage gezielter und effizienter ausnutzen (vgl. Kap. 8.3). Solche neuartigen Systeme hätten zudem eine verbesserte Ökobilanz (reduzierter Druckluftverbrauch, Beschneiung ohne chemische Zusätze auch bei höheren Temperaturen) zur Folge, was in Bezug auf die ökologische Verträglichkeit der Beschneiungsanlagen im Skigebiet von Bedeutung ist (vgl. Kap. 7).

In jüngster Vergangenheit werden auch Beschneiungssysteme, welche nach einem ganz neuen Verfahren technischen Schnee bei Plus-Temperaturen erzeugen, entwickelt und angeboten. Diese Technologie basiert dabei auf absolutem Vakuum und wurde bisher für die Entsalzung von Meerwasser zur Produktion von Trinkwasser verwendet (IDE 2006). Wenn Meerwasser in Vakuum gegeben wird, verdampft ein Teil dieses Wassers und wird zu Süßwasser kondensiert. Die Schneeproduktion funktioniert dabei nach dem gleichen Prinzip. Das Süßwasser wird dem Vakuum zugeführt und wiederum verdampft ein Teil; dieser Teil entzieht dem anderen Teil Energie, wobei dieser bis unter den Gefrierpunkt abkühlt und zu Schnee wird. Mit einem auf Luftdruck basierenden Kompressor-System kann der Schnee bis zu einer Distanz von 1.5 km transportiert werden. Nach Aussage der Hersteller zeigen bereits Gletscherskigebiete in Österreich und der Schweiz Interesse an diesen neuartigen Beschneiungssystemen. Diese Systeme sind jedoch mit einem sehr hohen Energieverbrauch verbunden und deshalb weder energie- noch kosteneffizient. Es ist deshalb fraglich, ob sich solche Verfahren für die Schneerzeugung bei Plus-Temperaturen zukünftig durchsetzen werden.

## 1.5 Ausmass der Beschneiung im Alpenraum

Die Schneehabigkeit des Wintertourismus im Alpenraum hat sich in den letzten Jahrzehnten beträchtlich vergrössert (Bürki et al. 2003); die Gewährleistung der Schneesicherheit ist Gegenstand in der Diskussion zur Legitimation von Beschneiungsanlagen (Elsasser et al. 2000). Dabei gilt die Klimaänderung als zentrales Argument für die Errichtung und den Einsatz von Beschneiungsanlagen. Aber heutzutage dient die technische Beschneiung nicht allein zum Überbrücken schneearmer Perioden, sondern ebenfalls zur Qualitätssicherung auf den Skipisten und als Marketinginstrument zur Imagebildung im nationalen und insbesondere internationalen Wettbewerb (vgl. Kap. 5.2.2).

In den Alpen wurde die Errichtung von Beschneiungsanlagen insbesondere nach den schneearmen Wintern Ende der 1980er Jahre stark forciert (vgl. Kap. 1.5; Job 2005; Mathis et al. 2003). Mittlerweile verfügen ca. 90% aller alpinen Skigrossräume über Beschneiungsanlagen (Gerl 2006). Einige Skideestinationen wie Tre Valli in Südtirol und Chamrousse im Département Isère in Frankreich können bereits zu 100% beschneit werden (Hahn 2004).

Die hier vorgestellte Erhebung der beschneiten Pistenfläche aller Alpenstaaten wurde auf Grundlage einer Befragung der nationalen Seilbahnverbände und mit Unterstützung von Literaturrecherchen durchgeführt. In Tab. 2 sind die aktuellen Angaben zum Ausmass der technischen Beschneiung im Alpenraum mit der jeweiligen Datenquelle aufgezeichnet. Die Daten basieren auf unterschiedlichen Erhebungsmethoden und Bezugspériodes.

In der Schweiz können derzeit 19% der Skipistefläche beschneit werden (Seilbahnen Schweiz 2006). Die Verbreitung technischer Beschneiungsanlagen verlief exponentiell steigend; wurden 1990 ca. 1% der Pistenfläche beschneit, so waren es 2000 bereits ca. 7%, 2003 ca. 10% (Hahn 2004; Mathis et al. 2003).

Die grossflächige Beschneiung von Skipisten war 1993 aufgrund einer Gegeninitiative im Kanton Bern noch der Bewilligungspflicht unterstellt. Seit dem war ein sukzessives Aufweichen dieser Regelung zu beobachten (SAC 2005):

- 1995 Beschneiung ganzer Pisten für bedeutende Sportanlässe
- 1998 Aufhebung des Verbots chemischer Zusätze
- 2000 Erlaubnis zur flächendeckenden Beschneiung

Der zu beobachtende Trend, Beschneiungsanlagen grossflächig auszubauen, wird vermutlich auch in den kommenden Jahren anhalten (CIPRA 2006 b). In der Schweiz wurden 2006/07 ca. 20 Mio. CHF in den Neu- und Ausbau von Beschneiungsanlagen investiert; für 2007/08 sind weitere Investitionen in Höhe von ca. 30 Mio. CHF geplant (Seilbahnen Schweiz 2007).

Tab. 2: Ausmass technischer Beschneiung im Alpenraum.

	<b>Pistenfläche</b>	<b>beschneit</b>	<b>in %</b>	<b>Datenquelle</b>
<b>Schweiz</b>	22'300 ha	4'200 ha	19%	Seilbahnen Schweiz (Stand 2006)
<b>Österreich</b>	20'000 ha	10'000 ha	50%	Fachverband der Seilbahnen Österreichs (Stand 2006)
<b>Deutschland (Bayern)</b>	3'700 ha	480 ha	13%	Verband Deutscher Seilbahnen und Schleplifte e.V (Stand 2006)
<b>Italien<sup>4</sup></b> Dolomiti Superski	22'600 ha 1'200	9'000 ha 1'140	40% 95%	Hahn (2004) Verband Deutscher Seilbahnen und Schleplifte e.V. (Stand 2006)
<b>Südtirol</b>	3'780 ha	2'233	59%	Amt für Seilbahnen Autonome Provinz Bozen – Südtirol (Stand 2006)
<b>Valle d'Aosta</b> <b>Friuli Venezia Giulia</b>	1'306 ha 241 ha	647 ha 236 ha	50% 98%	MATTM (2007) MATTM (2007)
<b>Frankreich<sup>5</sup></b>	25'000 ha	4'750 ha	19%	Verband Deutscher Seilbahnen und Schleplifte e.V. (Stand 2006)
<b>Slowenien</b>	1'200 ha	320 ha	27%	Hahn (2004)
<b>Liechtenstein<sup>6</sup></b>	138 ha	60 ha	43%	<a href="http://www.bergbahnen.li/Bergbahnen/LiftanlagenPisten/tabid/189/Default.aspx">http://www.bergbahnen.li/Bergbahnen/LiftanlagenPisten/tabid/189/Default.aspx</a> (11.04.2007)
<b>Gesamter Alpenraum</b>	Ca. 95'000 ha	Ca. 28'500 ha	30%	

<sup>4</sup> Für die italienischen Alpen sind die Beschneiungsdaten für einzelne Provinzen sowie für die Gültigkeitsregion des DolomitiSuperskipasses separat angegeben. Für Italien insgesamt lagen nur Angaben von 2004 vor (Hahn 2004).

<sup>5</sup> Laut Angaben französischer Quellen konnten 2005 4'283 ha (16.2% der damaligen Pistenfläche) der Skipisten in Frankreich technisch beschneit werden (ANMSM/SKI FRANCE, SNTF, ADSP France 2005).

<sup>6</sup> Die Angaben für die Pistenlänge (23 km) und die beschneite Pistenlänge (10 km) lagen in km vor. Für die Umrechnung in ha wurde von einer durchschnittlichen Pistenbreite von 60 m ausgegangen (mündliche Aussage Fauve 2007).

## 2 Charakteristik der Untersuchungsgebiete

*Autorin: Corina Lardelli*

Die Untersuchungen der vorliegenden Studie wurden in den drei Tourismusdestinationen Davos, Scuol und Braunwald durchgeführt. Diese Regionen repräsentieren Destinations- typen unterschiedlicher Grösse, Höhenlage sowie klimatischer Standortbedingen und unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Gästestruktur und Tourismusstrategien.

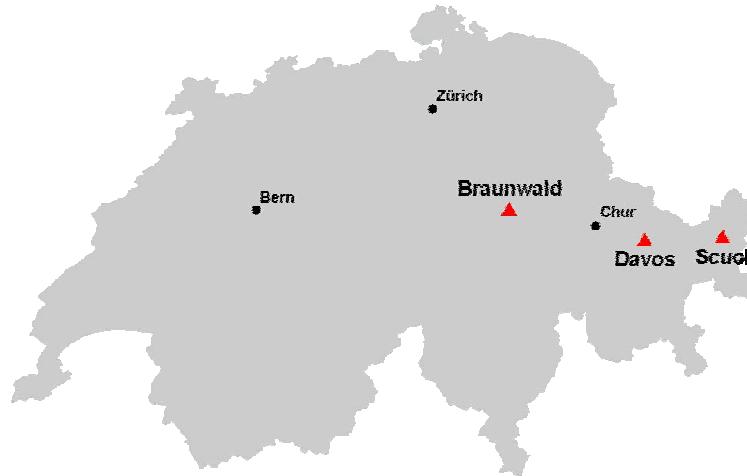


Abb. 3: Die Untersuchungsgebiete Davos, Scuol und Braunwald.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die wichtigsten ökonomischen, klimatischen und touristischen Kennzahlen der drei Untersuchungsgebiete.

Tab. 3: Ökonomische, touristische und klimatische Kennzahlen der Untersuchungsgebiete

<b>Davos</b>	
Kanton	Graubünden
Bezirk	Prättigau/Davos
Höhe	1'560 m ü. M.
Fläche	254 km <sup>2</sup>
Einwohner	12'621
Wirtschaft	Winter- und Sommertourismus: Schneesport, Wandern, Kongress Landwirtschaft Dienstleistungen: Forschung, Gesundheitssektor
Logiernächtezahl:	2.1 Mio. (Jahr 2003/2004); Verhältnis: Winter 60%, Sommer 40% Ferien- und Tagestouristen
Skigebiete (Region Davos)	Parsenn/Gotschna (1'179-2'844 m ü. M.), Jakobshorn (1'540-2'590 m ü. M.), Pischa (1'800 m ü. M. -2'483 m ü. M.), Rinerhorn (1'454-2'490), Madrisa (1'124 m ü. M. - 2'602 m ü. M.)
Pistenkilometer	Total: 284 km; Parsenn/Gotschna: 125 km; Jakobshorn: 56 km
% Anteil der technisch beschneiten Pistenfläche	Parsenn/Gotschna: 20%, Jakobshorn: 45%
Klima	Jahresdurchschnittstemperatur: +2.8°C
<b>Scuol</b>	
Kanton	Graubünden
Bezirk	Inn
Höhe	1'250 m ü. M.
Fläche	144 km <sup>2</sup>
Einwohner	2'400
Wirtschaft	Winter- und Sommertourismus: Schneesport, Wandern, Biken, Wellness Landwirtschaft, Elektrizitätswirtschaft
Logiernächtezahl:	422'678 (Jahr 2005/2006); Verhältnis: Winter 50%, Sommer 50%; Hauptsächlich Ferientouristen
Skigebiet	Motta Naluns (1'250-2'785 m ü. M.)
Pistenkilometer	80 km
% Anteil der technisch beschneiten Pistenfläche	30%
Klima	Jahresdurchschnittstemperatur: +6°C
<b>Braunwald</b>	
Kanton	Glarus
Bezirk	-
Höhe	1'256 m ü. M.
Fläche	10 km <sup>2</sup>
Einwohner	349
Wirtschaft	Winter- und Sommertourismus: Schneesport, Wandern, Klettern Landwirtschaft
Logiernächtezahl:	67'849 (Jahr 2005/2006); Verhältnis: Winter 59%, Sommer 41% Tages- und Ferientouristen
Skigebiet	Braunwald (1'300 -1'904 m ü. M.)
Pistenkilometer	25 km
% Anteil der technisch beschneiten Pistenfläche	3%
Klima	Jahresdurchschnittstemperatur: +5°C

## 2.1 Davos

Die Landschaft Davos ist ein Tourismusort im Nordosten des Kantons Graubünden. Mit einer Fläche von 254 km<sup>2</sup> ist Davos die zweitgrösste Gemeinde der Schweiz. Angesichts der Höhenlage von 1'560 m ü. M. und der Einwohnerzahl von 12'621 gilt Davos als höchstgelegene Stadt in den Alpen. Der Ort Davos teilt sich in die fünf Gemeindefraktionen Davos Dorf, Davos Platz, Frauenkirch, Glaris und Monstein auf.

### *Klima*

Davos liegt im Übergangsbereich von den feuchten nördlichen zu den trockenen Zentralalpen. Die klimatischen Bedingungen können als gemässigt zentralalpin oder kontinental beschrieben werden. Die mittlere jährliche Niederschlagssumme beträgt 1'000 mm und liegt damit unter dem Landesmittel der Schweiz von 1'250 mm (Hydrologischer Atlas der Schweiz 2001). Das obere Landwassertal gehört zusammen mit dem Prättigau noch zur niederschlagsreichen Klimazone der Nordalpen; das untere Landwassertal zählt bereits zum gemässigten kontinentalen, eher trockenen inneralpinen Gebirgsklima. Rund 40% der Niederschläge fallen als Schnee. Das Januarmittel der Temperatur liegt bei -7°C, das Julimittel bei +12°C (Jahresdurchschnitt: +2.8°C, Normperiode 1961 –1990).

### *Wirtschaft*

Die lokale Wirtschaft ist seit 1865, als der Gesundheitstourismus einen Aufschwung erlebte, stark geprägt vom Tourismus. Innerhalb weniger Jahrzehnte entwickelte sich Davos aus zwei kleinen Siedlungen in eine dichtbesiedelte, städtische Gemeinde. Bereits 1910 erreichte die Logiernächtezahl 1 Mio. Als im Jahr 1950 der Wintersport populär wurde, entwickelte sich Davos zu einem erfolgreichen Ferienort und verzeichnete heute über 2 Mio. Logiernächte. Während die Stadt dicht besiedelt ist, behielt die Umgebung von Davos ihren ländlichen Charakter. Die Landwirtschaft spielt heute noch eine wichtige Rolle. Es gibt rund 90 landwirtschaftliche Betriebe, welche hauptsächlich Milch oder Fleisch produzieren.

Neben dem Ferien- und Sporttourismus bildet der eigentliche Kliniksektor nach wie vor eines der wirtschaftlich wichtigen Standbeine von Davos. Die zahlreichen Kliniken des Ortes sind hochspezialisierte Institute für die Therapie von Allergien, Krankheiten und dermatologischen Beschwerden.

Nebst den Kliniken tragen auch die vier international renommierten Forschungsinstitute in Davos massgeblich zur regionalen Wertschöpfung bei. Sowohl die Kliniken wie auch die Forschungsinstitute bieten zahlreiche, ganzjährige Arbeitsplätze, welche einen positiven Einfluss auf die regionale Wertschöpfung von Davos haben (Bebi et al. 2005). Nicht zuletzt wegen der verschiedenen Forschungsaktivitäten konnte sich Davos innerhalb der letzten 35 Jahre auch als Kongress- und Tagungsort etablieren.

### *Tourismus*

Davos verfügt über eine breite Angebotspalette im Tourismusbereich. In der Region Davos/Klosters gibt es fünf verschiedene Skigebiete (Parsenn/Gotschna, Jakobshorn, Rinerhorn, Pischa und Madrisa), welche insgesamt eine Pistenlänge von rund 284 km aufweisen. Das Skigebiet Parsenn/Gotschna (1'179-2'844 m ü. M.) zählt mit 125 km Pistenlänge und 20 Anlagen zu den grossen Skigebieten der Schweiz. Das Skigebiet Jakobshorn (1'540-2'590 m ü. M.) gehört mit rund 56 km Pistenlänge und 10 Anlagen zu den mittelgrossen Skigebieten. Madrisa, Rinerhorn und Pischa sind kleine Skigebiete, welche vor allem bei Familien mit Kindern beliebt sind. Im Skigebiet Parsenn werden

rund 20% der Skipisten beschneit, auf dem Jakobshorn 45%. Auf den Langlaufloipen werden kleine Streckenabschnitte punktuell beschneit.

Nicht nur Skifahrer und Snowboarder kommen auf ihre Kosten. Ebenso stehen Eissportlern, Langläufern und Schlittenfahrern vielfältige Angebote zur Verfügung. Im Sommer kann sich der Gast mit Golf, Wandern, Wassersport auf dem Davosersee oder Mountainbiken vergnügen. Ganzjährig werden Tennis, Squash, Reiten und Gleitschirmfliegen sowie Wellness im Erlebnisbad von Davos angeboten.

Grosse sportliche Anlässe wie der Swiss Alpine Marathon Davos, der Davos Nordic Langlauf Weltcup oder das Eishockeyturnier um den Spengler Cup sind einige Höhepunkte aus dem Veranstaltungsangebot.

Die Logiernächtezahl von Davos betrug im Jahr 2003/2004 insgesamt 2.1 Mio. Die Übernachtungen in Hotels, Ferienwohnungen und Gruppenunterkünften machten dabei rund 90% aus, diejenigen in Kliniken 10%. Die Logiernächtezahl durch den Kongresstourismus beträgt jährlich rund 130'000 (6%). Das Verhältnis der Übernachtungen pro Saison zeigt sich wie folgt: 40% der Übernachtungen finden in der Sommersaison statt, 60% in der Wintersaison (Davos Tourismus 2005).

#### *Kulturelles*

Die ersten architektonischen Spuren reichen in Davos in die Einwanderungszeit der Walser um 1250 zurück. Die entstandenen Hofsiedlungen nach „Walserart“ und die Kirche St. Johann prägen bis heute das Davoser Siedlungsbild insbesondere in den ländlichen Fraktionen.

Ein bedeutender kultureller Anziehungspunkt bildet zu dem das Kirchner Museum, welches 1992 zu Ehren des deutschen Expressionisten Ernst Ludwig Kirchner erbaut wurde. Neben dem Kirchner Museum gibt es fünf weitere Museen für interessierte Besucher. Im Wintersportmuseum ist ein Teil des ersten Skiliftes der Welt vom Bolgenhang in Davos ausgestellt.

## 2.2 Scuol

Scuol liegt auf 1'250 m ü. M. und ist mit rund 2'400 Einwohnern der Hauptort des Unterengadins im Kanton Graubünden. Das Gemeindegebiet weist eine Fläche von 144 km<sup>2</sup> auf. Die offizielle Gemeindesprache ist Rätoromanisch, es wird jedoch auch Schweizerdeutsch gesprochen. Der Ort Scuol teilt sich in ein Oberdorf (Scuol Sura) und ein Unterdorf (Scuol Sot) auf.

#### *Klima*

Das Unterengadin ist für sein sonniges Wetter bekannt und zählt zu den trockensten Regionen der Schweiz. Es gehört zum westlichen Ausläufer der inneralpinen Trockenzone der Ostalpen und ist sowohl gegen Norden von der Silvrettagruppe, als auch gegen Süden durch die Engadiner Dolomiten von Bergketten umgeben. Anders als das Oberengadin, kann das Unterengadin klimatisch nicht zur Alpensüdseite gezählt werden, denn es dominiert im Gegensatz zum südöstlicheren, höher gelegenen Oberengadin der Wettereinfluss aus Nordwesten. Das kontinental geprägte Klima hat trocken-kaltes Wetter im Winter zur Folge, der Niederschlagsschwerpunkt liegt im Sommer. Die mittlere jährliche Niederschlagssumme beträgt 750 mm (Periode 1961 – 1990, Hydrologischer Atlas der Schweiz 2001). Die Temperatur im Winter erreicht bei Strahlungslagen durchaus -20°C oder we-

niger. Der Jahresdurchschnitt der Temperatur liegt bei 6°C (Klimaatlas der Schweiz 1984).

### *Wirtschaft*

Die Region bietet heute vor allem Arbeitsplätze, die direkt oder indirekt vom Tourismus abhängig sind. Insbesondere die Angebote im Bereich Sport und Wellness machen Scuol zu einem attraktiven Ferienort. Daneben spielt die Landwirtschaft und die Elektrizitätswirtschaft eine wichtige Rolle. Die etwas einseitige Wirtschaftsstruktur hat zur Folge, dass verschiedene Berufswünsche nicht abgedeckt werden können und deshalb viele junge Leute abwandern. Die Region ist bestrebt, die bestehenden Wirtschaftsbereiche sowie mögliche Nischen aktiv zu fördern.

Durch die Eröffnung des Vereina Tunnels im Jahr 1999 hat sich die Erreichbarkeit des Unterengadins im Winter wesentlich verbessert. Trotzdem wird das Unterengadin hauptsächlich von Feriengästen aufgesucht; Tagestouristen machen nur einen geringen Anteil aus.

### *Tourismus*

Die Gemeinde Scuol wies im Jahr 2006 eine Logiernächtezahl von 422'678 auf. Rund 45% der Übernachtungen erfolgten in Hotels, 55% in der Parahotellerie. Bemerkenswert ist, dass die Anzahl der Übernachtungen im Sommerhalbjahr gleich hoch ist wie diejenige in der Wintersaison (Scuol-Tourismus 2006).

Im Sommer ist Scuol ein idealer Ausgangspunkt für Wanderer, Mountainbiker und Gleitschirmflieger. Auf der rechten Talseite befindet sich das Wander- und Tourengebiet des Val S-charl mit dem angrenzenden Schweizer Nationalpark, welcher besonders im Sommerhalbjahr zusätzlich Touristen anzieht. Auf dem Inn können sich Wassersportbegeisterte mit Rafting vergnügen. Auch Golf, Tennis, Reiten sowie Trottinett-Abfahrten sind beliebte Aktivitäten im Sommer. Die Bergbahnen Motta Naluns haben zudem für die Mountainbiker eine anspruchsvolle Downhillstrecke ausgebaut. Als sportliche Grossveranstaltung findet jedes Jahr der Nationalpark Bike Marathon statt, welcher nach einer attraktiven Fahrt rund um den Schweizer Nationalpark in Scuol endet.

Im Winter bietet die Region mit dem Skigebiet Motta Naluns (1'250-2'785 m ü. M.) Skifahrern und Snowboardern zahlreiche Abfahrtsmöglichkeiten. Das Skigebiet Motta Naluns zählt mit 80 km präparierten Pisten und 12 Liftanlagen zu den mittelgrossen Skigebieten der Schweiz. Das Beschneiungssystem ist in den letzten Jahren grossflächig erweitert worden. Neben den mit Lanzen vollbeschneiten Talabfahrten, werden noch weitere Pisten durch Lanzensysteme beschneit. Ferner stehen einige Niederdruck-Schneekanonen an neuralgischen Punkten. Die Motta Naluns Bergbahnen zeichnen sich durch ein innovatives Finanzierungsmodell der technischen Beschneiung aus. Diese wird durch Gelder aus dem Bodenerlöskonto der Bürgergemeinde von Scuol und durch die finanzielle Beteiligung der umliegenden Gemeinden bewerkstelligt (vgl. Kap. 5.2.3).

Nebst Skifahren und Snowboarden bietet die Region weitere Wintersportarten wie Airboard, Eissport, Langlauf, Schneeschuhwandern und Skitouren an. Das Igludorf auf Motta Naluns ermöglicht ein ganz spezielles Erlebnis im Schnee.

Scuol befindet sich innerhalb des "Unterengadiner Fensters", einer geologisch bedeutenden Erosionslücke in der sonst gasundurchlässigen Gneis- und Granitschicht. Im Bereich

dieses "Fensters" dringen Gase aus dem Erdinneren nach oben und bilden über 25 Mineralquellen, welche im Umkreis von Scuol-Vulpera-Tarasp als Heilquellen genutzt werden. Die Region hat sich somit zu einem bekannten Gesundheitszentrum entwickelt. Das Wellnessangebot des „Engadin Bad Scuol“ umfasst Bäder- und Saunalandschaften, Massagen und Beratungen im Bereich Fitness und Ernährung.

#### *Kulturelles*

Die Häuser im Unterengadin sind bekannt für die typisch Engadiner Baukunst. Diese Verleihen den Siedlungen einen charakteristischen Charme. In Scuol sind die spätgotische Kirche St. Georg von 1516 und die gut erhaltenen Bürgerhäuser besonders sehenswert. Obwohl Scuol die grösste Gemeinde und Verwaltungszentrale des Unterengadins mit vielen Neubauten ist, finden sich im Unterdorf "Scuol Sot" sehr schöne alte Häuser und ein malerischer Dorfplatz mit einem grossen Brunnen sowie ein historisches Museum. Rund acht Museen in der Region vermitteln den Gästen Einblicke in die Engadiner Kultur.

## **2.3 Braunwald**

Braunwald ist eine kleine politische Gemeinde im Kanton Glarus mit einer Fläche von 10 km<sup>2</sup> und 349 Einwohnern (Stand 2005). Braunwald liegt 1'256 m ü. M. auf einer Sonnenterrasse oberhalb des Linthals und ist ein beliebter naturnaher Ferienort, da es autofrei und nur mit der Braunwaldbahn (einer Standseilbahn) zu erreichen ist. Seit 1907 ist die Braunwaldbahn der wichtigste Zubringer. Diese Standseilbahn ist in erster Linie für den Personentransport vorgesehen, kann aber auch kleine Güter befördern. Seit 2002 wird die Standseilbahn vom Kanton Glarus betrieben.

#### *Klima*

Braunwald liegt in den Glarner Alpen und gehört zur niederschlagsreichen Klimazone der Nordalpen. Die mittlere jährliche Niederschlagssumme beträgt 2000 mm (Hydrologischer Atlas der Schweiz 2001). Dies wirkt sich auch auf die Schneefälle im Winter aus. Der Föhneinfluss ist auf der Alpennordseite im Winter jedoch beträchtlich, was oft zu Wärmeeinbrüchen führt. Das Januarmittel der Temperatur liegt bei -5°C, das Julimittel bei +14°C (Jahresdurchschnitt: +5°C; Klimaatlas der Schweiz 1984).

#### *Wirtschaft*

In Braunwald ist der Tourismus die Haupterwerbsquelle. Im Jahr 2004 wurde die Braunwald-Klausenpass Tourismus AG gegründet; das Marketing und die Administration wurden aus dem Verantwortungsbereich der Bergbahnen ausgegliedert. Ziel der Neugründung ist eine gezieltere und effizientere Vermarktung der gesamten Linthal- und Klausenpassregion. Rund 60% der Fläche in Braunwald werden landwirtschaftlich genutzt (GLKB 1998, S. 2-3). Eine weitere Einnahmequelle für Braunwald bildet die Rehabilitationsklinik, welche auch Zentrum für die medizinische Grundversorgung der einheimischen Bevölkerung und der Touristen ist. Die Klinik umfasst 44 Betten für stationäre Behandlungen im Bereich Rheumatologie, Neurologie, Sportmedizin, Akupunktur, Physio- und Ergotherapie.

#### *Tourismus*

Braunwald bietet den Touristen sowohl im Sommer wie auch im Winter viele Angebote. Die Hauptstrategie des Tourismusortes lautet: Familienfreundlich und autofrei. Braun-

wald zieht mit seinem Angebot sowohl junge, sportliche Leute wie auch Kurgäste und Familien an.

Im Norden Braunwalds befinden sich die Eggstöcke, über die ein dreiteiliger Klettersteig führt. Dieser trägt massgeblich zur Förderung des Sommertourismus bei. Weitere Sommerangebote sind Gleitschirmflüge, Trottinettenvermietung, gekennzeichnete Bikerouten, Klettern und Fischen. Für Familien mit Kinder ist der Zwärg Baartli Weg ein attraktives Wandererlebnis. Während den Sommerferien werden für Kinder viele weitere Aktivitäten in der Natur angeboten.

Im Winter bietet das Skigebiet von Braunwald (1'300-1'904 m ü. M.) für Snowboarder und Skifahrer verschiedene Abfahrtsmöglichkeiten. Braunwald gehört mit 8 Liften und 25 km Pistenlänge zu den kleinen Skigebieten der Schweiz. In Braunwald wird nur punktuell beschneit. Derzeit werden 7 Schneekanonen und 6 Lanzentypen eingesetzt.

Im Jahr 2005 wurde in Braunwald der Betrieb der ältesten Sesselbahn der Schweiz („Gumen-Lift“) eingestellt. Die geplante Neuerschliessung des Gummens verzögerte sich, da die Braunwaldbahnen AG 2005/06 neu strukturiert wurden. Der Abbruch und Neubau ist nun für das Jahr 2007 vorgesehen. Neben den üblichen Vierergondeln sollen auch wieder Zweiersessel in Seitwärtsanordnung verkehren. Damit soll etwas vom Geist der alten Bahn auf die neue Anlage übertragen werden (Braunwald-Klausenpasstourismus 2007).

In Braunwald findet als bekanntes Winterevent das Boarderweekend statt, welches junge Snowboarder und Freerider aus der ganzen Schweiz anzieht. Weitere regionale Anlässe sind zum Beispiel das Freestyle-x-masters, das Hornschlittenrennen sowie der Rivella-Family-Contest.

Die Logiernächtezahl in Braunwald belief sich im Jahr 2005/2006 auf 67'849. Rund 66% der Übernachtungen erfolgen in Hotels, 33% in Ferienwohnungen. Das Verhältnis der Übernachtungen pro Saison zeigt sich wie folgt: 59% der Übernachtungen finden in der Wintersaison statt, 41% in der Sommersaison. Dabei fällt auf, dass das Verhältnis der Hotelübernachtungen mit rund 30% in der Winter- wie auch in der Sommersaison ausgeglichen ist, währenddessen die Zahl der Übernachtungen in Ferienwohnungen vor allem in der Wintersaison hoch ist (Winter: 24%, Sommer: 9%) (Braunwald-Klausenpass Tourismus 2007).

In Braunwald hat der Tagetourismus eine grosse Bedeutung. Braunwald befindet sich im Einzugsgebiet von Zürich. Deshalb ist der Tourismusort auch für Tagesgäste attraktiv. Durch den Schnellzug „GlarnerSprinter“ ist Braunwald von Zürich innerhalb kürzester Zeit bequem erreichbar. Dies hat zur Steigerung des Tagetourismus geführt. Deshalb sind die Umsatzzahlen stark vom Wochenendwetter abhängig.



### 3 Einfluss der Schneesicherheit auf die regionale Wertschöpfung von Davos

*Autorin: Susanne Kytzia*

Die Wertschöpfung ist eine Kenngrösse, mit welcher man den regionalwirtschaftlichen Effekt ausgewählter Massnahmen beschreiben kann, hier den Einsatz von technischem Schnee in der Landschaft Davos. Sie umfasst das ‚Faktoreinkommen‘, das durch diese Massnahme in der Region entsteht, d.h. die Summe von Löhnen und Kapitalerträgen in Unternehmen, die in der Landschaft Davos ansässig sind. Die Summe der Wertschöpfung einer Region, das regionale Volkseinkommen, ist eine Kenngrösse für ihre Wirtschaftskraft. Steigt das regionale Volkseinkommen durch eine bestimmte Massnahme, so leistet diese Massnahme einen positiven Beitrag zur regionalen Wirtschaftsentwicklung.

In diesem Abschnitt wird die Frage untersucht, ob der Einsatz von technischem Schnee einen positiven Beitrag zur Wirtschaftsentwicklung in der Landschaft Davos leistet. Kenngrösse ist dabei die Wertschöpfung der Landschaft Davos, gesamthaft (Volkseinkommen) und unterschieden nach verschiedenen Wirtschaftsbranchen. Die Untersuchung beschränkt sich auf die Landschaft Davos, da wir nur in dieser Region über eine regionale Input-Output-Tabelle verfügen, mit welcher man die Effekte auf die Wertschöpfung fundiert abschätzen kann.

#### 3.1 Methoden

Die Wertschöpfungsstudie baut auf einer bestehenden regionalen Input-Output-Tabelle für die Landschaft Davos im Jahr 2002 auf. Diese Tabelle zeigt die Verflechtungsstruktur innerhalb der Davoser Wirtschaft und bildet die Grundlage für die Formulierung eines statischen Input-Output-Modells. Dieses Modell bildet den Zusammenhang zwischen der Wertschöpfung in den verschiedenen Branchen und der Endnachfrage (Konsum, Exporte, Investitionen) ab.

Wir gehen von der Annahme aus, dass sich durch den Einsatz von technischem Schnee drei mögliche Veränderungen für die Davoser Wirtschaft ergeben:

1. **Veränderung der touristischen Nachfrage:** Der Einsatz von technischem Schnee beeinflusst die Besucherzahlen im Winter und damit die Endnachfrage der Davoser Wirtschaft.
2. **Veränderung der Bruttoinvestitionen:** Der Bau der Anlagen zur Produktion von technischem Schnee wird in einer regionalen Input-Output-Tabelle als Bruttoinvestition betrachtet, d.h. als Teil der Endnachfrage. Er führt zu einer Steigerung der wirtschaftlichen Aktivitäten (z.B. bei der regionalen Bauwirtschaft).
3. **Veränderung der Vorleistungen der Bergbahnen:** Die Nutzung der Anlagen beeinflusst zur Produktion von technischem Schnee die laufenden Ausgaben, die Abschreibungen und die Kapitalkosten der Bergbahnen in Davos, z.B. werden mehr Personen beschäftigt und damit mehr Löhne ausgezahlt. Die Einnahmen der Bergbahnen werden also anders verteilt als vorher.

Im nachfolgenden Abschnitt 3.1.1 wird beschrieben, mit welchen Methoden wir die Grösse dieser drei Effekte abschätzen. Im anschliessenden Abschnitt 3.1.2 wird erklärt, wie wir mit Hilfe des Input-Output-Modells die resultierende Veränderung der Wertschöpfung berechnen.

### **3.1.1 Welche Impulse gibt der Einsatz von technischem Schnee für die Wirtschaft?**

#### *a. Veränderung der touristischen Nachfrage*

Die touristische Nachfrage ergibt sich aus der Besucherfrequenz (Übernachtungszahlen und Zahl der Tagesgäste) sowie der Höhe und der Zusammensetzung der Ausgaben pro Besucher und Tag (Tagesausgaben). Diese Angaben sind in Tab. 4 zusammen gestellt.

**Tagesausgaben:** Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung war es aus Zeitgründen nicht möglich, die Ausgaben der Ski-Touristen in Davos empirisch zu erfassen. Daher greifen wir auf Daten der Ausgabenstrukturen von Touristen in verschiedenen Regionen im Wallis aus Rütter et al. (2001) zurück. Wir gehen also vereinfachend davon aus, dass Ski-Touristen im Oberwallis die gleichen Ausgaben pro Tag tätigen wie Ski-Touristen in Davos.

**Besucherfrequenz:** Daten zu den Besucherfrequenzen werden aus den Ergebnissen des Projektes ALPSCAPE übernommen (Bebi et al. 2005). Diese Daten beziehen sich auf das Jahr 2002 und stammen aus den Statistiken von Davos Tourismus und eigenen Abschätzungen auf der Grundlage von Davos Tourismus (2002).

**Abhängigkeit der Besucherfrequenzen vom Einsatz von technischem Schnee:** Bislang liegen keine empirischen Erhebungen über den Zusammenhang zwischen Kunstschneeeinsatz und Besucherzahlen in Davos vor. Studien in anderen Regionen zeigen, dass die Schneesicherheit grundsätzlich ein wichtiges Kriterium für die Wahl einer Wintersportdestination ist (Legert 2006, Bleuel 2005). Die Ergebnisse des Teilprojekts „Die Bedeutung technischer Beschneiung für den Wintertourismus in den Schweizer Alpen – Eine Gästebefragung in Braunwald, Davos und Scuol“ im Rahmen dieser Studie bestätigen diese Aussage für die Landschaft Davos. Sie erlauben jedoch keine genaue Quantifizierung der Besucherströme, die sich in Abhängigkeit des Kunstschneeeinsatzes ergeben. Aus diesem Grund wird eine ergänzende empirische Untersuchung durchgeführt, in der mit Hilfe eines hedonischen Modells die indirekt geäusserten Präferenzen der Ski-Touristen analysiert werden. Grundlage der Untersuchungen sind Daten der Bergbahnen Davos Klosters über die Anzahl der Skifahrer pro Tag in jedem Ski-Gebiet (zu erklärende Variable) und zusätzliche Datensätze über mögliche Kriterien, die den Entscheid zum Ski-Fahren am jeweiligen Tag bestimmen (erklärende Variablen) wie die Wetter- und Schneeverhältnisse, die Saison (Vor-, Haupt-, Zwischen- oder Nachsaison) und der Wochentag (Wochentag oder Wochenende). Mit Hilfe von multiplen Regressionsanalysen wird dann ein hedonisches Modell formuliert, dass die Varianz der Anzahl Skifahrer pro Tag in Abhängigkeit von Schnee- und Wetterverhältnissen, Saison und Wochentag in jedem Ski-Gebiet in Davos erklärt. Dabei wird untersucht, ob Ski-Gebiete mit Kunstschnee-Einsatz weniger stark von den Schneeverhältnissen beeinflusst werden als Ski-Gebiete ohne Kunstschnee-Einsatz. Dieses Vorgehen ermöglicht es:

- Die Grösse des Einflusses von Kunstsnee quantitativ abzuschätzen,
- Wechselwirkungen mit anderen Einflüssen wie Wetter oder Saison zu berücksichtigen,
- Ein Mengengerüst für die touristische Nachfrage in den verschiedenen Ski-Gebieten zu ermitteln.

Die Modellschätzungen basieren auf Daten für den Zeitraum von November 2001 bis April 2007 des Systems SKIDATA der Bergbahnen Davos Klosters (Ersteintritte), der MeteoSchweiz (Minuten Sonnenschein in Davos Dorf) und des SLF in Davos (Schneehöhe in cm in Davos Dorf).

Tagesausgaben (in Tausend CHF)	Tagesgäste		Übernachtungsgeäste								In Ferienwohnungen		In Gruppenunterkünften	
			In Hotels				4-5 Sterne							
			1-2 Sterne		3 Sterne		Sommer		Winter		Sommer		Winter	
	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter
Übernachtung	-	-	0.0715	0.0175	0.0836	0.0908	0.1960	0.1741	0.0329	0.0410	0.0394	0.0485		
Verpflegung	0.0375	0.0304	0.0283	0.0304	0.0342	0.0347	0.0439	0.0546	0.0221	0.0246	0.0267	0.0186		
Transport	0.0014	0.0011	0.0040	0.0011	0.0055	0.0026	0.0036	0.0044	0.0042	0.0012	0.0032	0.0033		
Bergbahnen	0.0071	0.0098	0.0085	0.0257	0.0084	0.0136	0.0126	0.0287	0.0061	0.0194	0.0048	0.0182		
Sportkurse	0.0017	0.0006	0.0014	0.0029	0.0013	0.0039	0.0014	0.0059	0.0024	0.0041	0.0081	0.0021		
Aus- und Weiter- bildung	0.0002	0.0002	-	-	0.0000	0.0006	-	0.0022	-	0.0001	-	0.0005		
Detailhandel	0.0247	0.0176	0.0100	0.0101	0.0131	0.0115	0.0429	0.0267	0.0151	0.0201	0.0069	0.0062		
Eintritte	0.0028	0.0008	0.0004	0.0002	0.0007	0.0005	0.0002	0.0006	0.0004	0.0003	0.0004	0.0004		
Gesundheit ohne Spital/Arzt	0.0011	0.0006	0.0002	0.0004	0.0006	0.0019	0.0024	0.0003	0.0006	0.0009	0.0004	0.0002		
Mietgeräte	0.0001	0.0008	-	0.0048	0.0004	0.0027	0.0059	0.0075	0.0002	0.0031	0.0000	0.0025		
Anderes	0.0014	0.0027	0.0018	0.0012	0.0063	0.0010	0.0081	0.0017	0.0015	0.0009	0.0017	0.0000		
Summe	0.0779	0.0645	0.1261	0.1485	0.1541	0.1638	0.3170	0.3067	0.0854	0.1154	0.0918	0.1006		
Besucherfrequenz	258000	601000	56000	99000	138000	186000	177000	231000	376000	670000	27000	89000		

Tab. 4: Tagesausgaben und Besucherfrequenzen. Daten für die Tagesausgaben wurden aus (Rütter et al. 2001) für das Oberwallis übernommen. Daten zu den Besucherfrequenzen stammen aus Statistiken von Davos Tourismus (2002) sowie eigenen Abschätzungen auf der Grundlage von (Rütter et al. 2001).

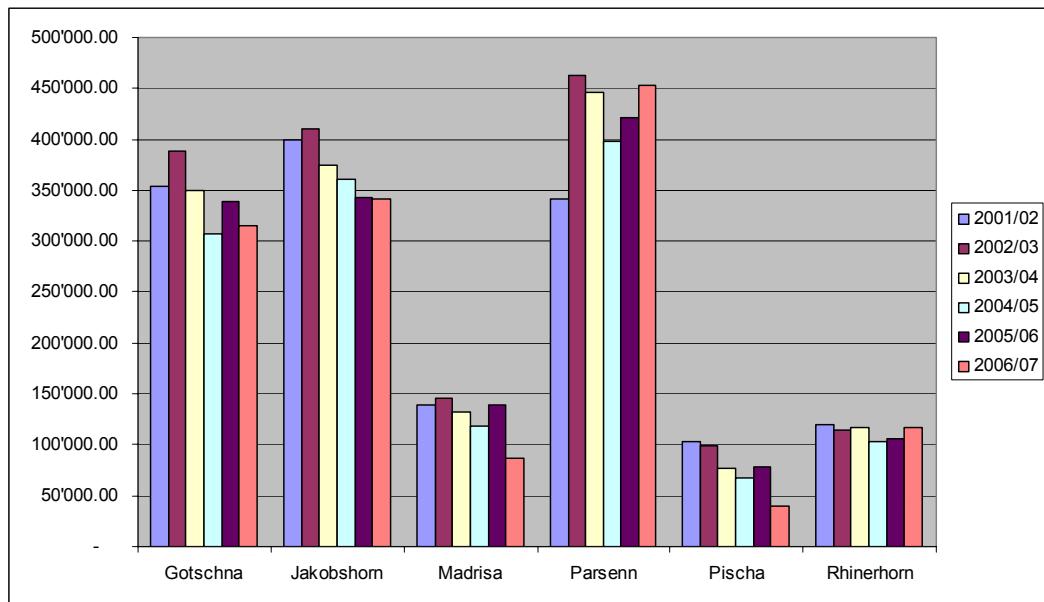


Abb. 4: Anzahl der Ersteintritte in den verschiedenen Ski-Gebieten während des Betrachtungszeitraums (Quelle: SKIDATA System der Bergbahnen Davos-Klosters).

Diese Analysen basieren jedoch auf Daten der Vergangenheit und erlauben weder Aussagen über mögliche Veränderungen der Präferenzen der Ski-Fahrer (z.B. steigende Ansprüche an die Schneeverhältnisse) noch über mögliche Änderungen der Rahmenbedingungen (z.B. weniger Schnee). Aus diesem Grund werden ergänzend verschiedene Szenarien formuliert, die mögliche Effekte des Einsatzes von Kunstschnee abbilden. Die Auswahl der Szenarien stützt sich auf die Ergebnisse anderer Studien zum Einsatz von technischem Schnee in der Schweiz (Bleuel 2005) und die Ergebnisse der anderen Teilprojekte im Rahmen dieses Projektes. Die genaue Definition der Szenarien basiert jedoch auf Annahmen, die nicht empirisch gestützt sind. Die Ergebnisse der Szenariorechnungen stellen daher keine Prognosen dar, sondern sind als ‚Was-wäre-wenn?‘ Überlegungen zu interpretieren, welche die mögliche Größenordnung verschiedener Auswirkungen zeigen. Folgende Szenarien werden gewählt:

- Szenario 1: Kunstschnee ermöglicht Talabfahrten.  
Motivation: Durch den Einsatz von technischem Schnee werden Talabfahrten in den Gebieten Parsenn und Jakobshorn möglich.  
Annahme: Dadurch kann die Anzahl der Ski-Fahrer an Wochenenden in der Vor- und Nachsaison um 30% erhöht werden.
- Szenario 2: Kunstschnee als Qualitätsmerkmal eines Ski-Gebiets.  
Motivation: Kunstschnee wird als Qualitätsmerkmal eines Ski-Gebiets eingestuft, das Schneesicherheit und gute Pisten signalisiert. Ski-Fahrer entscheiden sich für eine Destination, weil diese über Kunstschneeanlagen verfügt, unabhängig von den tatsächlichen Schneeverhältnissen.  
Annahme: Dieser Effekt sichert Davos 10% seiner Besucher in jeder Wintersaison.
- Szenario 3: Kunstschnee sichert das Risiko von schneearmen Wintern ab.  
Motivation: Ohne den Einsatz von technischem Schnee kann in der Zukunft die Situation auftreten, dass man in Davos in der Hochsaison ‚Weihnachten/Neujahr‘ nicht Ski-Fahren kann. Daraus entsteht eine Umsatzeinbusse im betroffenen Jahr

und in den Folgejahren durch den Imageverlust.

Annahme: Diese Situation tritt alle 25 Jahre auf. Der Rückgang der Ski-Touristen beträgt 30% im betroffenen Jahr und nochmals insgesamt 30% in den darauf folgenden fünf Jahren.

### *b. Veränderung der Bruttoinvestitionen und der Vorleistungen der Bergbahnen*

Die Veränderung der Bruttoinvestitionen und der Vorleistungen der Bergbahnen infolge des Einsatzes von Kunstschnee stehen in engem Zusammenhang. Die Bergbahnen tätigen in einem bestimmten Jahr eine Investition in Kunstschneeanlagen, die in den folgenden Jahren Kosten für Betrieb und Unterhalt sowie Kapitalkosten (Zins und Abschreibungen) nach sich zieht. Die Investitionen erscheinen in der Jahresbilanz der Bergbahnen während die Folgekosten in ihrer jährlichen Kostenrechnung ausgewiesen werden. Das regionale Input-Output-Modell entspricht im Konzept einer Kostenrechnung: Es zeigt also nur die Folgekosten. Diese sind relevant für die Davoser Wirtschaft, weil sie die Verteilung der Einnahmen der Bergbahnen bestimmen. Die Bergbahnen können beispielsweise weniger Leistungen in der Davoser Wirtschaft nachfragen, wenn sie mehr Geld für die Abschreibung der Kunstschneeanlagen aufwenden müssen. Die Investition hingegen erscheint im Input-Output-Modell nur als einmaliger Impuls zum Investitionszeitpunkt, der eine zusätzliche Nachfrage nach Leistungen in der Davoser Wirtschaft auslöst (z.B. Planungsdienstleistungen).

Die Informationen über Investitionen und Folgekosten können theoretisch direkt aus der Bilanz und der Kostenrechnung der Bergbahnen entnommen werden. Es hat sich jedoch im Projektverlauf gezeigt, dass die Kostenrechnung der Bergbahnen Davos Klosters die laufenden Kosten für Betrieb und Instandhaltung der Kunstschneeanlagen nicht separat ausweist. Eine Anfrage beim Hersteller der Anlagen blieb ebenfalls erfolglos.

Aus diesem Grund werden die Investitionen und Folgekosten auf der Grundlage der Ergebnisse bestehenden Studien abgeschätzt (Mayer et al. 2007; Hahn 2004; Seilbahnen Schweiz 2004).

#### **3.1.2 Wie wirken diese Impulse auf die Davoser Wirtschaft?**

Die Input-Output-Tabelle für die Landschaft Davos im Jahr 2002 wurde im Rahmen des Projektes ALPSCAPE erstellt (Wegmann & Kytzia 2005). Grundlage dieser Tabelle bildet die regionale Input-Output-Tabelle der Steiermark. Sie wurde mit Hilfe von Daten aus der Landschaft Davos angepasst. Für alle wichtigen Wirtschaftsbranchen wurden Primärdaten verwendet (Interviews oder Branchenstatistiken). Die Daten zum Input und Output von Wirtschaftsbranchen mit geringerer Relevanz wurden nach Massgabe der Beschäftigtenzahlen und Annahmen über ihre Produktivität abgeschätzt.

Diese Tabelle bildet die Grundlage für das Formulieren eines Input-Output-Modells nach Leontief:

$$X = (I - A)^{-1} \cdot Y$$

- wobei:  $X$ : Gesamtaufkommen  
 $I$ : Einheitsmatrix  
 $A$ : Verflechtungsmatrix  
 $Y$ : Endnachfrage

Die Wertschöpfung der Region errechnet man durch Multiplikation des Gesamtaufkommens mit dem Vektor der Wertschöpfungskoeffizienten  $v$ :

$$W = X \cdot v$$

wobei:  $W$ : *Wertschöpfung*

$v$ : *Anteil der Wertschöpfung am Gesamtaufkommen jeder Branche*

Durch den Einsatz von technischem Schnee verändern sich in diesem Modell einerseits die Endnachfrage  $Y$  (touristische Nachfrage und Bruttoinvestitionen) oder die Verflechtungsmatrix  $A$  (Vorleistungen der Bergbahnen). Aus diesen veränderten Größen  $Y^*$  und  $A^*$  kann man das neue Gesamtaufkommen  $X^*$  und damit die neue Wertschöpfung  $W^*$  errechnen. Der Effekt des Einsatzes von Kunstschnne ergibt sich dann aus der Differenz zwischen  $W$  und  $W^*$ .

## 3.2 Ergebnisse

### 3.2.1 Veränderung der Endnachfrage

#### (i) Empirische Evidenz für den Effekt des Einsatzes von technischem Schnee?

Die Analyse der Daten über die tägliche Anzahl der Ski-Fahrer während der letzten sechs Jahre zeigt keinen empirisch nachweisbaren Zusammenhang zwischen dem Einsatz von technischem Schnee und der Anzahl der Ski-Fahrer (vgl. Abb. 4).

Die nachfolgende Tab. 5 zeigt die Ergebnisse der Modellschätzung. Die Varianz der Anzahl Ski-Fahrer pro Tag in einem der fünf Davoser Ski-Gebiete (Parsenn, Gotschna, Jakobshorn, Pischa und Rinerhorn) kann zu ca. 50% erklärt werden durch die erklärenden Variablen Wetter, Schnee, Saison und Wochentag. In den meisten Gebieten hat das Wetter den grössten Einfluss gefolgt von der Saison und dem Wochentag. Die Schneeverhältnisse haben ebenfalls einen signifikanten, wenn auch geringeren Einfluss. Dieser Einfluss ist am geringsten am Jakobshorn, wo bis zu 45% der Pisten beschneit sind. Überraschend jedoch ist der grosse Einfluss der Schneeverhältnisse auf die Ersteintritte im Parsenn-Gebiet, denn dieses Gebiet liegt vergleichsweise hoch und ist ebenfalls zu 20% beschneit.

Für Jakobshorn und Pischa zeigt sich, dass ein alternatives Modell, welches anstelle der Schneeverhältnisse die Unterschiede im Jahresvergleich abbildet, die Varianz noch besser erklärt. Hier sind also die Schwankungen zwischen den Jahren grösser als die Schwankungen infolge unterschiedlicher Schneeverhältnisse.

Aus diesen Ergebnissen wird deutlich, dass die generellen Schneeverhältnisse (hier die Schneehöhe in Davos Dorf) den Entscheid für das Ski-Fahren beeinflussen. Dieser Einfluss ist jedoch in Gebieten mit Einsatz von technischem Schnee (Parsenn und Jakobshorn) nicht höher als in Gebieten ohne Einsatz von technischem Schnee (Gotschna, Pischa und Rinerhorn). Es ist damit nicht gelungen, den Effekt des Einsatzes von technischem Schnee empirisch nachzuweisen.

Tab. 5: Hedonische Modelle für die Anzahl Ski-Fahrer pro Tag in den verschiedenen Davoser Ski-Gebieten. Als signifikant erweisen sich die Variablen ‚Wochentag‘ (als Dummy Variable bezogen auf den Werktag), Saison (jeweils als Dummy Variablen bezogen auf die Hochsaison), Schneehöhe in Davos Dorf (in cm) und Wetter in Davos Dorf (in Sonnenscheinminuten pro Tag). Die Kenngrösse ‚Adjusted R2‘ zeigt das Bestimmtheitsmass des jeweiligen Modells. Die Kenngrösse B zeigt für jede Variable, wie stark sie die zu erklärende Variable (Ersteintritte) beeinflusst. Am Beispiel des Modells für das Ski-Gebiet Parsenn kann man diese Kenngrösse wie folgt interpretieren: Am Wochenende kommen 771.5 Skifahrer mehr als an den Werktagen; während der Vorsaison kommen 1924.19 Skifahrer täglich weniger als während der Hochsaison, während der Zwischensaison sind es 778.3 Ski-Fahrer weniger als während der Hochsaison und während der Nachsaison 1132 Skifahrer weniger als während der Hochsaison; pro cm zusätzlichen Schnee kommen täglich 12.772 Ski-Fahrer mehr und pro Sonnenscheinminute sind es 3.39 zusätzliche Ski-Fahrer. Die Kenngrösse Beta zeigt die relative Bedeutung der erklärenden Variablen. Am Beispiel des Ski-Gebiets Parsenn trägt die Variable ‚Vorsaison‘ (Beta: 0.452) am meisten zur Erklärung der Varianz der Ersteintritte bei, gefolgt vom Wetter (Beta: 0.412). Die restlichen Variablen beeinflussen die Ersteintritte mit einem Beta von 0.2-0.246 deutlich weniger stark.

	Adjusted R2	Konstante	Wochenende im Vergleich zum Wochentag	Saison im Vergleich zur Hauptsaison			Schnee	Wetter		
				Vor						
				Zwischen	Nach					
<b>Parsenn</b>	0.559	1936.156								
	B			771.5	-1924.19	-778.3	-1132	12.772		
<b>Gotschna</b>	0.588	1924								
	B			856.28	-2414.87	-645.95	-1360.63	7.186		
<b>Jakobshorn</b>	0.512	2117.848								
	B			1290.94	-1773.84	-594.3	-1476.7	3.82		
<b>Pischa</b>	0.437	510.9								
	B			378.28	-819	-117.6	-389.1	-1.796		
<b>Rinerhorn</b>	0.477	697.765								
	B			522.1	-900.8	-220.9	-530.7	3.03		
	Beta			0.361	-0.432	-0.157	-0.322	0.144		
								0.194		

#### *(ii) ‚Was-wäre-Wenn?‘ Szenarien zum Effekt des Einsatzes von technischem Schnee*

Aus den allgemein formulierten Annahmen zu den Szenarien in Abschnitt 3.1.1 a. wird mit Hilfe der Daten der Bergbahnen Davos Klosters und den Angaben über die Besucherfrequenzen aus Tab. 4 der resultierende Rückgang der Besucherzahlen abgeschätzt.

Die Daten der Bergbahnen Davos Klosters zeigen, dass jährlich ca. 930'000 Personen in Davos Ski-Fahren gehen. Dies entspricht ca. 50% aller Wintertouristen. Vergleicht man

die durchschnittlichen Ausgaben für die Bergbahnen pro Tag aus Tab. 4 mit den Kosten einer Tageskarte in Davos, so wird diese Zahl ungefähr bestätigt. Wir nehmen daher in der Folge vereinfachend an, dass jeder Ski-Fahrer im Schnitt zu einer Zunahme der Besucherzahl um zwei Personen führt.

In der nachfolgenden Tabelle (Tab. 6) sind die resultierenden Rückgänge der Besucherzahlen in den drei Szenarien aufgeführt. Wir gehen davon aus, dass diese Rückgänge durch den Einsatz von technischem Schnee verhindert werden können.

Aufgrund der vorhandenen Daten gibt es keinerlei Hinweise, dass sich die Struktur der Gäste in Davos in diesen Szenarien verändert. Wir gehen daher von einem konstanten Mix der Gäste gemäss Tab. 4 aus.

Tab. 6: Veränderung der Gästezahlen in den drei ausgewählten Szenarien.

	Szenario 1 <b>Talabfahrten</b>	Szenario 2 <b>Qualitätsmerkmal Kunstsnee</b>	Szenario 3 <b>Risiko schneearmer Winter</b>
Annahmen (siehe Kap. 3.1.1)	-30% Ski-Fahrer in den Gebieten Parsenn und Jakobshorn während der Vor- und Nachsaison	-10% Besucher während der gesamten Wintersaison	-30% Besucher im schneearmen Jahr und 5% Besucher in den folgenden vier Jahren.
Rückgang der Besucherzahlen	160'000 Personen pro Jahr	184'000 Personen pro Jahr	Durchschnittlich 202'400 Personen pro Jahr während fünf Jahren
Gästemix (gemäss Tab. 4)	Unverändert	Unverändert	Unverändert

### 3.2.2 Veränderung der Bruttoinvestitionen und der Vorleistungen der Bergbahnen

Tab. 7 gibt einen Überblick über die Investitionskosten und die Folgekosten der Anlagen zur Produktion von technischem Schnee der Bergbahnen in Davos. Es handelt sich dabei um grobe Abschätzungen auf der Grundlage von Literaturdaten. Die ersten sechs Zeilen zeigen die Annahmen, die letzten fünf Zeilen die Schätzergebnisse.

Insgesamt geben die Bergbahnen in Davos zwischen 7.5 und 8.5 Mio. CHF pro Jahr für die Anlagen zur Produktion von technischem Schnee aus. Diese Kosten bestehen zu ca. 30% aus Betriebskosten und zu ca. 70% aus Kapitalkosten und Abschreibungen. Gesamthaft betragen diese Ausgaben weniger als 20% des Umsatzes der Bergbahnen. Bei diesen Zahlen handelt es sich um eine eher progressive Schätzung. Die Abschreibungsdauer ist mit 20 Jahren sehr kurz gewählt. Die tatsächliche wirtschaftliche Lebensdauer der Anlagen ist teilweise deutlich länger, beispielsweise bei Speicherseen und Wasserleitungen. Gleichzeitig ist ein kalkulatorischer Zinssatz von 10% deutlich über dem mittleren Hypo-

thekarzins der letzten Jahre und entspricht daher eher einem ‚unternehmerischen Denken‘, d.h. er deckt – zumindest teilweise – die Risiken der Investition ab. Bei einem konservativ angesetzten kalkulatorischen Zins von 4% sinken die Gesamtkosten beispielsweise auf 5.1 Mio. CHF (in der Maximalvariante).

Abschreibungsdauer und Kalkulationszinssatz sind jedoch nicht die sensitivsten Parameter dieses einfachen Modells zur Schätzung der Kosten. Die Schätzergebnisse reagieren am sensitivsten auf Variationen des Parameters ‚km beschneite Piste‘ (10% bei einer Variation dieses Parameters um 10%). Betriebs- und Investitionskosten sind weniger sensitiv (5% bei einer Variation dieser Parameter um 10%). Am wenigsten sensitiv reagieren sie auf Variationen des Kalkulationszinssatzes (3% bei einer Variation dieses Parameters um 10%) und Abschreibungsdauer (2% bei einer Variation dieses Parameters um 10%).

Eine Erweiterung der Anlagen zur Produktion von technischem Schnee schlägt in diesem Modell also direkt auf die Kosten der Anlagen durch. Ursache dafür ist, dass wir alle Kosten als variabel ansehen. In der Realität müsste man hingegen zwischen fixen und variablen Kosten unterscheiden. Ein weiterer Kilometer beschneite Piste könnte beispielsweise zu deutlich tieferen Investitionskosten führen, wenn er dazu beitrüge, vorhandene Kapazitäten (z.B. der Speicherseen oder der Mitarbeitenden) besser auszulasten. In diesem Fall würden die Grenzkosten der Produktion von technischem Schnee mit Ausbau der Kapazitäten fallen. Das vorhandene Datenmaterial lässt jedoch keine Analyse der Kostenentwicklung beim Ausbau der Kapazitäten zu. Daher gehen wir vereinfachend von konstanten Grenzkosten aus.

Aufgrund der vorliegenden Daten können keine Aussagen darüber gemacht werden, ob sich die Struktur der Vorleistungen der Bergbahnen durch den Einsatz der Bergbahnen ändert oder nicht. Wir nehmen daher an, dass die Struktur der Vorleistungen sich nicht verändert.

Tab. 7: Investitionskosten und Folgekosten der Anlagen zur Produktion von technischem Schnee in Davos. Die ersten sechs Zeilen der Tabelle zeigen die Annahmen, die der Schätzung zugrunde liegen. Sie basieren auf Angaben aus der Literatur und eigenen Annahmen (zu Zins und Abschreibungsdauern). Die letzten fünf Zeilen zeigen die resultierenden Ergebnisse.

	<b>Total</b>
Km beschneite Piste	50
Investitionskosten pro km in CHF	8'000'000
Betriebskosten pro km und Jahr in CHF (min)	30'000
Betriebskosten pro km und Jahr in CHF (max)	50'000
Abschreibungsdauer	20 Jahre
Kalkulationszinssatz	7%
Betriebskosten pro Jahr in CHF (min)	1'500'000
Betriebskosten pro Jahr in CHF (max)	2'500'000
Kapitalkosten und Abschreibungen pro Jahr in CHF	6'000'000
Gesamtkosten pro Jahr in CHF (min)	7'500'000
Gesamtkosten pro Jahr in CHF (max)	8'500'000

### 3.2.3 Auswirkungen auf die Davoser Wirtschaft

Die Input-Output-Tabelle von Davos im Jahr 2002 zeigt ein regionales Volkseinkommen von 619 Mio. CHF pro Jahr oder ca. 47'500 CHF pro Kopf (vgl. Abb. 5). Davos liegt mit diesem Wert ungefähr im Schweizer Durchschnitt aber deutlich über dem Durchschnitt des Kantons Graubünden. Die Landschaft Davos bot im Jahr 6'420 Vollzeitarbeitsplätze. Ungefähr 2 Mio. Besucher übernachteten im Jahr 2002 in Davos, 62% davon in der Wintersaison. Dazu kamen ca. 900'000 Tagesgäste, 600'000 davon in der Wintersaison.

	Land- und Forstwirtschaft	Gewerbe	Handel	Gastgewerbe	Verkehr und Transporte	Sonstige Dienstleistung	Forschung und Entwicklung	Öffentliche Verwaltung	Gesundheits- und Sozialwes	Touristische Nachfrage	Priv. + öffentl. Konsum	Export/Transfer/Invest.	Gesamtaufkommen
Land- und Forstwirtschaft	0.2	3.7	0.2	0.2	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	1.7	4.0	10.7
Gewerbe	2.0	20.9	4.5	25.5	10.0	5.3	0.8	6.0	5.6	8.7	31.2	70.1	190.7
Handel	0.9	3.0	2.7	36.1	2.7	0.7	0.2	0.2	1.3	20.1	73.6	30.1	171.6
Gastgewerbe	0.0	0.7	0.6	0.7	3.2	0.4	0.1	0.0	0.6	213.4	34.2	0.0	254.0
Verkehr und Transporte	0.2	2.6	0.8	7.1	1.9	0.8	0.1	0.7	0.2	92.1	7.0	10.4	123.7
sonstige Dienstleistungen	2.2	4.8	7.2	24.5	4.2	8.4	2.0	5.4	2.8	18.3	77.6	16.2	173.7
Forschung und Entwicklung, Erbringung von Dienstleistungen für Unternehmen	0.1	5.1	3.7	3.6	1.8	2.9	3.2	1.3	2.2	1.0	3.7	27.3	56.0
Öffentliche Verwaltung	0.6	0.9	0.6	0.6	0.6	2.0	0.1	0.1	0.4	0.8	26.7	4.1	37.6
Gesundheits- und Sozialwesen	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	4.2	14.7	107.2	128.4
<b>Vorleistungen</b>	<b>6.4</b>	<b>41.9</b>	<b>20.2</b>	<b>98.3</b>	<b>24.7</b>	<b>20.6</b>	<b>6.6</b>	<b>13.9</b>	<b>15.1</b>	<b>358.6</b>	<b>270.5</b>	<b>269.6</b>	<b>1'146.3</b>
<b>Wertschöpfung</b>	<b>2.1</b>	<b>83.3</b>	<b>67.7</b>	<b>120.9</b>	<b>71.2</b>	<b>122.5</b>	<b>47.4</b>	<b>15.7</b>	<b>88.4</b>				
<b>Importe</b>	<b>2.3</b>	<b>65.4</b>	<b>83.7</b>	<b>34.8</b>	<b>27.8</b>	<b>30.5</b>	<b>2.0</b>	<b>8.0</b>	<b>25.0</b>				
<b>Gesamtaufkommen</b>	<b>10.7</b>	<b>190.7</b>	<b>171.6</b>	<b>254.0</b>	<b>123.7</b>	<b>173.7</b>	<b>56.0</b>	<b>37.6</b>	<b>128.4</b>				

Abb. 5: Input-Output-Tabelle der Landschaft Davos in Mio. CHF im Jahr 2002 (Quelle: Bebi et al. 2005). Die Bergbahnen erscheinen in der Zeile 'Verkehr und Transporte' zusammen mit anderen Transportdienstleistern in Davos.

Die Bergbahnen Davos Klosters sind ein bedeutendes Unternehmen in Davos mit einem Anteil von 5% am gesamten Volkseinkommen. Die Wirkungen ihrer Aktivitäten auf die Davoser liegen mit einem Multiplikator von 1.22 im Mittel der Davoser Unternehmen. Dieser Wert sagt aus, dass ein Umsatzfranken der Bergbahnen durch Bezüge von Vorleistungen aus der Davoser Wirtschaft das Volkseinkommen in Davos gesamthaft um 1.22 CHF ansteigen lässt. Während Restaurants und Hotels im Schnitt mit 1.47 deutlich grössere Wirkungen auf die Davoser Wirtschaft haben, liegen andere Unternehmen wie beispielsweise der Handel mit 1.13 noch weit unter den Bergbahnen. Die Ursachen für diese relativ tiefen Multiplikatorwerte sind jedoch ganz unterschiedlich. Während der Handel einen grossen Teil seiner Vorleistungen importiert (66% der Gesamtausgaben), fliessen die Ausgaben der Bergbahnen überwiegend in das Faktoreinkommen (66.2% der Gesamtausgaben).

Der Tourismus ist ein zentraler Wirtschaftsfaktor in Davos. Die touristische Nachfrage macht 40% der gesamten Endnachfrage aus. Hinzu kommen die Konsumausgaben der im Tourismus beschäftigten Davoser und die durch den Tourismus ausgelöste Investitionstätigkeit.

Der Wintertourismus trug allein durch die touristische Nachfrage zu 26% des regionalen Volkseinkommens bei; dies entspricht 165 Mio. CHF pro Jahr. Unterscheidet man zusätzlich nach den unterschiedlichen Gästekategorien aus Tab. 4, so zeigen sich grosse Unter-

schiede (siehe Tab. 8). Während der Gast eines 3-4\* Hotels durchschnittlich eine Wertschöpfung von ca. 215 CHF pro Tag hervorruft, liegt dieser Effekt bei Tagestouristen mit ca. 43 CHF deutlich tiefer. Der durchschnittliche Tourist erzeugt eine Wertschöpfung von ca. 88 CHF pro Tag.

Von dieser Steigerung der Wertschöpfung profitiert in erster Linie das Gastgewerbe gefolgt vom Detailhandel, den Bergbahnen und den sonstigen Dienstleistungen. Die Anteile der verschiedenen Branchen an der entstehenden Wertschöpfung sind bei den unterschiedlichen Gästekategorien relativ konstant.

Tab. 8: Wertschöpfung pro Gast und Tag in CHF differenziert nach Wirtschaftssektoren (Zeilen) und Gästetypen (Spalten). Die Werte basieren auf dem Input-Output-Modell auf der Grundlage der Daten aus Tab. 4 (Endnachfrage) und der Input-Output-Tabelle der Landschaft Davos 2002 (vgl. Abb. 5).

Wertschöpfung pro Gast	Gästetypen						
	Ta-ges-gäste	Hotelgäste			FeWo	GU	Durch schnitt
Wirtschaftssektoren		1-2*	3*	4-5*			
Land- und Forstwirtschaft	0.04	0.10	0.12	0.22	0.09	0.07	0.09
Industrie und Gewerbe	2.58	7.29	8.02	14.86	7.30	4.96	6.68
Handel	0.86	2.74	3.32	6.06	1.29	1.83	2.05
Detailhandel	10.74	10.50	10.64	23.89	13.24	6.33	13.02
Gastgewerbe	14.60	48.89	60.14	109.61	28.11	32.21	38.29
Landverkehr ohne Bergbahnen	1.03	1.34	2.43	4.19	1.22	2.72	1.72
Bef. m. Zahnrad- u. Seilbahnen	6.46	17.03	9.05	19.03	12.83	12.04	11.36
sonstige Dienstleistungen	5.21	14.00	16.60	30.64	9.74	9.43	11.75
Unterrichtswesen	0.15	0.05	0.44	1.51	0.06	0.38	0.32
Gesundheits- und Sozialwesen	0.43	0.34	1.37	0.33	0.65	0.17	0.57
Unterhalt, Kultur, Sport	0.95	2.20	3.01	4.55	2.91	1.71	2.40
Summe	43.06	104.49	115.12	214.89	77.44	71.85	88.25

Vor diesem Hintergrund ergeben sich durch den Einsatz von technischem Schnee die in Tab. 9 dargestellten Effekte auf die regionale Wertschöpfung. Diese Werte basieren auf dem Input-Output-Modell und den in Tab. 6 und Tab. 7 dargestellten Annahmen. Für die Bruttoinvestitionen wurde zusätzlich angenommen, dass sich diese auf 10 Jahre verteilen, d.h. jährlich 4 Mio. CHF investiert werden.

Aus diesen Ergebnissen wird deutlich, dass die Veränderung der touristischen Nachfrage einen wesentlich grösseren Effekt auf das regionale Volkseinkommen hat als die Bruttoinvestitionen. Die Effekte der drei Szenarien der Veränderung der Endnachfrage liegen in der gleichen Grössenordnung: bei ca. +3% des regionalen Volkseinkommens. Die Bergbahnen profitieren am stärksten von dem Effekt auf die touristische Nachfrage gefolgt

vom Gastgewerbe. Der relative Effekt auf die Wertschöpfung der Bergbahnen ist jedoch grösser, da die Bergbahnen den grössten Teil ihres Umsatzes – und damit auch der Wertschöpfung – im Wintertourismus erwirtschaften, während beim Gastgewerbe auch der Sommertourismus massgeblich zum Jahresumsatz beiträgt.

Tab. 9: Effekte der verschiedenen Einflüsse des Einsatzes von technischem Schnee auf die regionale Wertschöpfung (Veränderungen in % zum Status Quo). Die Szenarien sind in Tabelle 3 definiert.

	Brutto-investitionen	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
	Talfahrten	Qualitätsmerkmal	Risiko	
Land- und Forstwirtschaft	0.91%	0.7%	0.80%	0.87%
Industrie und Gewerbe	2.41%	1.3%	1.54%	1.70%
Handel	0.10%	1.7%	1.98%	2.18%
Detailhandel	0.01%	2.8%	3.21%	3.53%
Gastgewerbe	0.01%	9.7%	11.15%	12.27%
Landverkehr ohne Bergbahnen	0.30%	5.2%	6.01%	6.61%
Bef. m. Zahnrad- u. Seilbahnen	0.00%	13.4%	15.46%	17.01%
sonstige Dienstleistungen	0.14%	5.3%	6.07%	6.67%
Unterrichtswesen	0.01%	2.0%	2.30%	2.53%
Unterhalt, Kultur, Sport	0.06%	0.6%	0.66%	0.73%
Gesamt	0.35%	2.8%	3.26%	3.58%
Zusätzlich Beschäftigte (in VZÄ)	26	130	150	165

### 3.2.4 Interpretation der Ergebnisse

Der massgebliche Effekt des Einsatzes von technischem Schnee liegt in der Veränderung der touristischen Endnachfrage. Wir wissen heute jedoch noch wenig über seine tatsächliche Grösse. Die vorliegenden Daten zeigen klar, dass die Gesamtschneeverhältnisse einen Einfluss auf den Entscheid der Touristen haben, in Davos Ski-Fahren zu gehen. Es gibt jedoch keine empirische Evidenz dafür, dass ein technisch beschneites Gebiet weniger anfällig ist auf die Auswirkungen von Schwankungen der gesamten Schneeverhältnisse auf diese Entscheidungen. Auch eine detaillierte Analyse der Daten der Wintersaison 2006/07, in der im gesamten Alpenraum wenig Schnee lag, gibt keine Hinweise auf direkte Wirkungen des Kunstschneeeinsatzes. In Davos lag diese Saison im Durchschnitt der letzten Jahre. Lediglich der Januar 2007 zeigt leichte Einbrüche gegenüber dem Vorjahr, die aber wieder kompensiert werden konnten.

Die Szenariorechnungen geben jedoch erste Anhaltspunkte für die mögliche Grösse des Effekts. Sie zeigen, dass unterschiedliche, denkbare Wirkungen des Kunstschneeeinsatzes dazu beitragen, Einbussen in den Davoser Gästezahlen in der Wintersaison zu verhindern. Dies führt für jede der betrachteten Massnahmen zu einer verhinderten Abnahme der Wertschöpfung von ca. 3% und ca. 150 erhaltenden Arbeitsplätzen. Die hier betrachteten Wirkungen (Ermöglichen der Talabfahrt, Qualitätsmerkmal „Kunstschnee“ und Absicherung vor schneearmen Wintern) können natürlich auch kumuliert auftreten. In diesem Fall wären Auswirkungen von bis zu 10% denkbar, d.h. der Kunstschneeeinsatz verhinderte einen Verlust des regionalen Volkseinkommens von 10%. Dies entspricht einem Betrag von 63 Mio. CHF pro Jahr.

Dieser verhinderte Verlust an Wertschöpfung verteilt sich unterschiedlich auf die verschiedenen Wirtschaftssektoren. Hauptprofiteure sind die Bergbahnen und das Davoser Gastgewerbe. Der relative Effekt auf die Bergbahnen ist jedoch am grössten, da diese am stärksten vom Wintertourismus abhängen. In den drei Szenarien zur touristischen Nachfrage beträgt der Effekt auf die durch die Bergbahnen erwirtschaftete Wertschöpfung 13-17%. Betrachtet man diese drei Szenarien wieder kumuliert, so resultiert ein Gesamteffekt von bis zu 45%. Wenn wir davon ausgehen, dass diese drei Szenarien tatsächlich stattfindende Effekte abbilden, dann würde bereits heute der Einsatz von Kunstschnee über 40% des Umsatzes der Bergbahnen sichern. Dies entspräche einem Betrag von 13.5 Mio. CHF im Jahr.

Die Kosten für die Produktion des Kunstsneees betragen ca. 7.5-8.5 Mio. CHF (progressiv abgeschätzt). Diese Kosten sind primär von der Länge der beschneiten Pisten abhängig. Diese Kosten werden heute in Davos ausschliesslich von den Bergbahnen getragen. Es stellt sich hier die Frage, inwiefern ein weiterer Ausbau der Produktion von technischem Schnee in der Zukunft für die Bergbahnen tragbar sein kann. Eine Antwort auf diese Frage hängt von verschiedenen Aspekten ab:

1. **Den zukünftigen Grenzkosten und Grenzerträgen des Einsatzes von technischem Schnee.** Bislang sind wir in der Analyse von konstanten Grenzkosten-/erträgen ausgegangen. Es ist jedoch zu erwarten, dass beide Grössen eher abnehmen. Der nächste Kilometer technisch beschneite Piste auf dem Jakobshorn, wird wahrscheinlich weniger kosten als der erste Kilometer technisch beschneiter Piste in diesem Ski-Gebiet. Er wird aber auch weniger einbringen. Anders kann sich die Situation darstellen, wenn ein neues Gebiet mit Anlagen zur technischen Beschneiung ausgerüstet wird, z.B. das Rinerhorn. Hier werden die Grenzkosten wahrscheinlich wieder höher sein, während die Höhe der Grenzerträge eher ungewiss ist. Eine Interpretation von Kosten und Erträgen im Sinne einer Kosten-Nutzen-Analyse oder auch einer Kostenwirksamkeitsbetrachtung, sollte sich daher auf eine bessere Kenntnis der Kosten – insbesondere aber der Grenzkosten – von Anlagen zur Produktion von technischem Schnee abstützen. Dafür reichen die vorhandenen Informationen nicht aus.
2. **Massnahmen zum Ausgleich des ‚spill-overs‘ des Nutzens der Produktion technischen Schnees auf andere Wirtschaftssektoren in Davos, insbesondere dem Gastgewerbe.** Die Analyse zeigt deutlich, dass die gesamte Davoser Wirtschaft von der Produktion von technischem Schnee durch die Bergbahnen profitiert. Dabei stellen die Ergebnisse unserer Modellrechnungen eher die untere Grenze dieses Nutzens dar, denn die Effekte der Konsumausgaben der im Wintertourismus beschäftigten Personen sind ebenso wenig berücksichtigt, wie die Effekte der Bruttoinvestitionen im Zusammenhang mit dem Wintertourismus. Würden die Bergbahnen die Produktion von technischem Schnee einstellen, so könnte das regionale Volkseinkommen spürbar sinken. Dieser Effekt kann zwar empirisch nicht erhärtet werden, er erscheint jedoch als durchaus plausibel. Dennoch kann aus unserer Analyse nicht geschlossen werden, dass die Produktion von technischem Schnee die kostenwirksamste Massnahme ist, um dem Risiko schneearmer Winter und den erhöhten Ansprüchen der Ski-Fahrer zu begegnen. Dafür ist einerseits die Fragestellung dieser Studie zu stark fokussiert, andererseits reichen die vorhandenen Informationen für eine Kosten-Wirksamkeits-Analyse nicht aus.

### 3.3 Diskussion

In diesem Kapitel wird eine Wertschöpfungsstudie für die Produktion von technischem Schnee in der Landschaft Davos vorgestellt. Sie zeigt, dass:

- die Produktion von technischem Schnee die Wertschöpfung der Region Davos erhält, indem sie den Rückgang der Gäste im Wintersporttourismus verhindert
- die genaue Höhe dieses Effekts nicht bestimmt werden kann. Eine erste Schätzung auf der Grundlage von Szenariorechnungen für das Untersuchungsgebiet zeigt aber seine ungefähre Größenordnung: 20-60 Mio. CHF pro Jahr
- vor allem die Bergbahnen und das Davoser Gastgewerbe von diesem Effekt profitieren. Alle anderen Branchen profitieren in deutlich kleinerem Ausmass

Diese Betrachtung der ökonomischen Auswirkungen der Produktion von technischem Schnee hat jedoch Grenzen: Die Wertschöpfung zeigt – wie auch das Bruttoinlandprodukt (BIP) – nur die Auswirkung einer Massnahme auf das Produktionsvolumen eines Wirtschaftssystems. Die Produktion von technischem Schnee wird damit per se als positiv betrachtet, weil sie das Produktionsvolumen in einem Jahr steigert. Wir betrachten jedoch nicht, ob man das hier investierte Geld nutzbringender hätte einsetzen können, wer die Kosten trägt und wer davon profitiert (Verteilungswirkung) oder ob der Kapitalbestand (z.B. der Bergbahnen) durch diese Produktion in unerwünschter Weise reduziert wird.

Die Ergebnisse einer Wertschöpfungsstudie können daher keinesfalls im Sinne einer „ökonomischen Bewertung“ einer bestimmten Massnahme betrachtet werden. Sie können jedoch eine Grundlage dazu liefern. Die vorliegende Studie liefert folgende Grundlagen für die Beurteilung der wirtschaftlichen Vorziehenswürdigkeit der Produktion von technischem Schnee als mögliche Massnahme zur Förderung der wirtschaftlichen Entwicklung der Landschaft Davos:

- Eine erste Schätzung der Kosten der Produktion von technischem Schnee: 7.5-8.5 Mio. CHF pro Jahr.
- Eine erste Schätzung der Wertschöpfung, die durch einen durchschnittlichen Wintertouristen entsteht: ca. 90 CHF pro Tag.
- Die Anzahl Ski-Fahrer in jedem Ski-Gebiet unterschieden nach Saison und Wochentag/Wochenende.

Zum Durchführen einer Kosten-Nutzen-Analyse fehlt jedoch eine fundierte Analyse des Ursache-Wirkungszusammenhangs zwischen dem Einsatz von technischem Schnee und dem Entscheid eines Wintertouristen für die Destination Davos. Es ist kaum zu erwarten, dass empirische Untersuchungen es in der Zukunft erlauben werden, einen solchen Zusammenhang in einem formalen und empirisch gestützten Modell abzubilden. Daher sollte der hier vorgestellte Ansatz der Szenariorechnung weiter verfolgt werden. Das hier vorgestellte Modell bietet eine Grundlage dafür.

Alternativ zu einer Kosten-Nutzen-Analyse könnte man auch eine Kostenwirksamkeitsbetrachtung durchführen. Hier würde der Einsatz von technischem Schnee als eine mögliche Massnahmen interpretiert, die regionale Wirtschaft in Davos gegen das

Risiko schneearmer Winter und steigender Anforderungen der Wintersportler an die Pistenverhältnisse abzusichern. Auch hier läge der nächste Schritt der Analyse in einer besseren Beschreibung des Zusammenhangs zwischen dem Einsatz von technischem Schnee und dem Entscheid eines Wintertouristen für die Destination Davos, sei es durch Szenarien oder durch Analysen möglicher Ereignisketten („logical trees“). Sind diese vorhanden, liefert das hier vorgestellte Modell die notwendigen Grundlagen für die Bewertung des Risikos und der Wirksamkeit der Massnahmen.

Die grösste Unsicherheit innerhalb des hier vorgestellten Modells liegt beim Abschätzen der Kosten der Produktion von technischem Schnee. Die Analyse liefert lediglich Durchschnittskosten, während die oben genannten Analysen von Grenzkosten ausgehen sollten. Ausserdem sind die Grundlagen der hier verwendeten Daten nicht ausreichend für eine Analyse der Situation im Einzelfall. Die Datenqualität sollte in nachfolgenden Untersuchungen dringend verbessert werden.

## 4 Die Bedeutung technischer Beschneiung für den Wintertourismus in den Schweizer Alpen – Eine Gästebefragung in Davos, Scuol und Braunwald

Autoren: David Gallati und Marco Pütz

Welche Bedeutung hat die technische Beschneiung für den Wintertourismus in den Schweizer Alpen aus Sicht der Gäste? Was macht für sie die Attraktivität einer Destination aus und welche Rolle spielen dabei Schneesicherheit und technische Beschneiung? Diese Fragen werden mit einer standardisierten Befragung von Gästen in Davos, Scuol und Braunwald untersucht. Dabei werden zwei Ziele verfolgt: Zum einen werden die Akzeptanz von und die Einstellungen und Wahrnehmungen zur technischen Beschneiung von Gästen in den drei Destinationen ermittelt. Zum anderen werden die Merkmale identifiziert, welche aus Sicht der Gäste die Attraktivität der drei Destinationen ausmachen. Abschliessend werden mögliche Auswirkungen einer veränderten touristischen Nachfrage in den drei untersuchten Destinationen aufgrund der Klimaerwärmung und des Einsatzes technischer Beschneiung diskutiert.

### 4.1 Methodik

Die Gästebefragung wurde als standardisiertes, mündliches Interview durchgeführt. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, vergleichbare Ergebnisse zu liefern. Außerdem können die Interviews von verschiedenen Personen durchgeführt werden (vgl. Schnell et al. 1999). Die Grundgesamtheit besteht aus allen Gästen, die sich während der jeweiligen Befragungstage in den drei Destinationen aufgehalten haben (keine Einheimische). Daraus wurden zufällig und stichprobenartig Personen befragt. Die Repräsentativität der Stichprobe kann nicht überprüft werden, da die dazu notwendige externe Datenbasis nicht bekannt ist.

Der Fragebogen besteht aus vier Blöcken und wurde für die Befragungstage im Sommer und Winter leicht variiert (siehe Anhang). Im ersten Block wurden verschiedene Angaben zum Ausgangsort, zur Anreise, zur Aufenthaltsdauer und zur Unterkunft abgefragt. Der zweite Block besteht aus Fragen zur Attraktivität der Destination, u.a. mit einer Importance-Performance-Analyse (Tarrant et al. 2002). Hier werden die aufgelisteten Attraktivitätsmerkmale zum einen nach ihrer Wichtigkeit bei der generellen Wahl einer Destination und zum anderen nach der konkreten Zufriedenheit vor Ort mit einer sechsstufigen Skala bewertet. Im dritten Block werden Einstellungen und Wahrnehmungen der Gäste zur technischen Beschneiung abgefragt. Der vierte Block beinhaltet soziodemographische Merkmale der befragten Personen (Alter, Beruf, Einkommen). Die Fragen im Interview wurden teils offen, teils geschlossen gestellt.

Die drei Destinationen Davos, Scuol und Braunwald, in denen die Gästebefragungen durchgeführt wurden, unterscheiden sich zum einen hinsichtlich ihrer klimatischen Verhältnisse (Höhenlage, Niederschlag, Temperatur) und zum anderen durch die Art ihres touristischen Angebotes. Die Befragung wurde im Sommer und Winter durchgeführt, um saisonale Unterschiede des touristischen Angebots und der Gästestruktur zu berücksichtigen. In den drei Destinationen wurden jeweils drei Befragungsblöcke à zwei Tage durchgeführt:

- Sommer: 19./20.08.2006 Braunwald, 25./26.08.2006 Davos, 27./28.08.2006 Scuol
- Winter, Vorsaison: 16./17.12.2006 Davos, 13./14.01.2007 Braunwald/Scuol
- Winter, Hauptsaison: 12./13.02.2007 Braunwald, 14./15.02.2007 Scuol, 16./17.02.2007 Davos

An allen Befragungsorten und –tagen konnte ungefähr die gleiche Anzahl an Interviews geführt werden. An den insgesamt sechs Befragungstagen wurden 791 Gäste in Braunwald, Davos und Scuol befragt. Davon waren 45% Frauen und 55% Männer. Die Altersstruktur der Befragten variiert zwischen den Befragungsorten und –tagen. Inwiefern die Altersstruktur der Befragten repräsentativ für die Gästestruktur der drei Destinationen ist, konnte nicht geklärt werden, weil dazu in der amtlichen Statistik oder bei den lokalen Tourismusorganisationen keine Daten vorhanden sind.

Die Herkunft der Gäste wurde in zehn Kategorien unterschieden: Schweiz (nach Postleitzahl), Deutschland, Benelux-Staaten (B, NL, L), Frankreich, Italien, Österreich, Grossbritannien, USA/Kanada, Asien, Sonstige. Erwartungsgemäss war der Anteil von Gästen aus der Schweiz am höchsten (74%), gefolgt von Deutschland (19%), den Benelux-Staaten (2.3%) und Grossbritannien (1.7%). Diese Anteile entsprechen ungefähr den Zahlen der Schweizer Übernachtungsstatistik. Lediglich die Binnengäste sind etwas überrepräsentiert (vgl. Eidgenössische Finanzkontrolle 2004). Der hohe Anteil Schweizer bei den Befragten liegt zum einen daran, dass sowohl Übernachtungs- als auch Tagesgäste befragt wurden. Letztere stammen grösstenteils aus dem Inland. Zum anderen wurden Interviews nur in Deutsch, Englisch und Französisch geführt, so dass andere Sprachgruppen unberücksichtigt bleiben müssen. Gäste aus China und Japan reisen zudem in grossen Gruppen und kommen daher aus organisatorischen Gründen für Interviews nicht in Frage. Für die Auswertung der Befragung ist eine Differenzierung nach Herkunft nur für Schweizer oder Deutsche Gäste möglich. Die absoluten Fallzahlen für Gäste anderer Herkunft sind für belastbare Aussagen zu gering.

## 4.2 Ergebnisse

### 4.2.1 Wer sind die Gäste in Davos, Scuol und Braunwald?

Die Ergebnisse der Befragung zeigen deutliche räumliche und saisonale Unterschiede. Die unterschiedliche Gästestruktur der drei Destinationen spiegelt sich in den Äusserungen der befragten Gäste wieder. Die Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse und die Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf andere Schweizer Destinationen sind damit allerdings nur bedingt möglich. Ebenso wenig können ein/e typische/r Wintersportler/in oder ein typischer Gast der Schweizer Alpen charakterisiert werden. Vielmehr muss der orts- und saisonspezifische Kontext der Befragungsergebnisse betont und für die Darstellung und Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Gästestrukturen der drei Destinationen skizziert.

In **Davos** wurden während den drei Befragungsblöcken (jeweils zwei Befragungstage) 89, 82 und 90 Gäste befragt. Die Interviews wurden an verschiedenen Standorten in Davos durchgeführt. Die Altersstruktur der befragten Gäste unterscheidet sich zwischen den einzelnen Befragungsblöcken. Während im Sommer ein Grossteil (48%) der Befragten über 60 Jahre alt war, waren im Winter zur Vorsaison 55% und zur Hauptsaison 35% der

Befragten unter 35 Jahre alt. Die im Winter befragten Gäste betreiben zu 90% Wintersport. Der Anteil ausländischer Gäste ist in Davos deutlich höher als in Braunwald und Scuol. Von den im Sommer befragten Gästen kommen 65% aus dem Ausland, davon 80% aus Deutschland. Im Winter beträgt der Anteil ausländischer Gäste 40%. Der tatsächliche Ausländeranteil dürfte in der Gästebefragung unterrepräsentiert sein, weil zahlreiche ausländische Gäste aufgrund sprachlicher oder organisatorischer Probleme (Gruppenreisen) nicht befragt werden konnten.

In Davos reisen 60% der Gäste mit dem eigenen Auto an, in der Winterhauptsaison sogar 75% (vgl. Abb. 6).

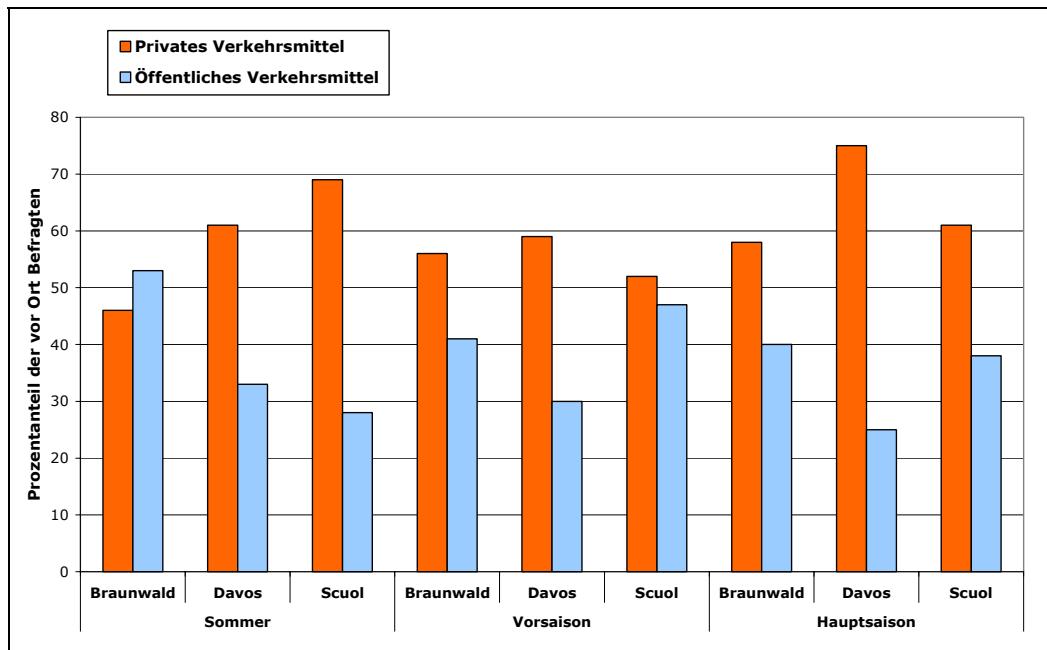


Abb. 6: Anteil der Gäste, die mit dem Privatauto und mit dem ÖV anreisen.

Etwa die Hälfte der befragten Übernachtungsgäste wohnt in Davos in Hotels, 30% nächtigen in einer Ferienwohnung oder in einem Ferienhaus. In der Winterhauptsaison im Februar ist die Parahotellerie mit 50% stärker vertreten als die Hotellerie (40%).

Die wichtigsten Gründe nach Davos zu kommen sind aus Sicht der im Sommer befragten Gäste das Panorama, die gute und frische Bergluft sowie die Wandermöglichkeiten. Dementsprechend sind Wandern, Spazieren, Bergsteigen und Biken die am häufigsten ausgeübten Aktivitäten. Im Winter ist das Skifahren die am häufigsten ausgeübte Aktivität. Entsprechend werden das Skigebiet und die Schneesicherheit am meisten genannt (vgl. Abb. 7).

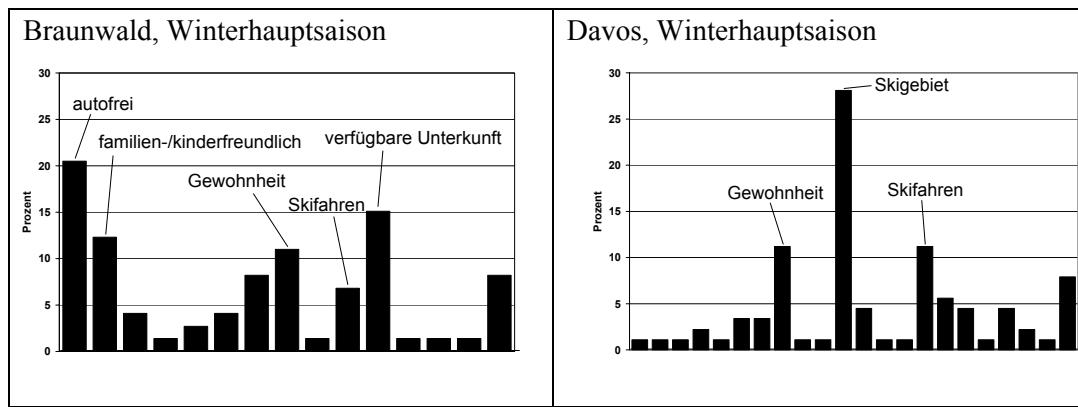


Abb. 7: Die wichtigsten Gründe für die Wahl der Destinationen Braunwald und Davos zur Winterhauptsaison.

Der Aufenthalt in Davos ist für die Gäste vorwiegend an eine spezifische Aktivität gebunden – im Sommer Wandern, im Winter Skifahren. Der Ort selbst ist den Gästen wesentlich weniger wichtig als die gebotenen Aktivitätsmöglichkeiten. Davos wird von vielen Gästen (24%) als wenig attraktiv und laut wahrgenommen. Die Importance-Performance-Analyse zeigt, dass die Gäste mit diesen Punkten in Davos unzufrieden sind. Der Wintergast, insbesondere zur Vorsaison, reist regelmässig an. Die Ansprüche an die Infrastruktur sind hoch und die technische Beschneiung ist akzeptiert, um Schneesicherheit zu gewährleisten. Ausserdem sind Partys und andere Ausgangsmöglichkeiten für die Gäste in Davos wichtig.

In **Scuol** wurden während den drei Befragungsblöcken 93, 68 und 108 Gäste befragt. Die Interviews wurden an verschiedenen Standorten in Scuol durchgeführt. Die Altersstruktur der befragten Gäste unterscheidet sich saisonal kaum. Lediglich der Anteil der über 70-jährigen Gäste ist im Sommer etwas höher und der Anteil der 40- bis 60-jährigen Gäste in der Wintervorsaison etwas niedriger. Der Anteil ausländischer Gäste beträgt im Sommer etwas über 30% und im Winter etwa 20%.

Von den Übernachtungsgästen wohnen im Sommer 58% in Hotels, 27% in Ferienhäusern und Ferienwohnungen und 10% auf dem Campingplatz. Im Winter werden bevorzugt Ferienhäuser und Ferienwohnungen als Unterkunft gewählt, zur Vorsaison 50% und zur Hauptsaison 60%. Ähnliche Werte werden in Braunwald erreicht. Allerdings ist in Braunwald der Anteil der Gäste, die in eigenen Ferienhäusern und Ferienwohnung nächtigen etwa doppelt so hoch wie in Scuol (vgl. Tab. 10).

Tab. 10: Gäste in eigenen Ferienhäusern und Ferienwohnungen.

	<b>Braunwald</b> (Anteil in %)	<b>Davos</b> (Anteil in %)	<b>Scuol</b> (Anteil in %)
Sommer	72	19	10
Winter, Vorsaison	30	29	39
Winter, Hauptsaison	30	30	13
Durchschnitt	44	26	21

Die wichtigsten Gründe nach Scuol zu kommen sind das Wellness-Bad, die guten Möglichkeiten zum Wandern, Biken und Skifahren sowie die Landschaft und die gute Luft des Unterengadins. Viele Gäste kommen regelmässig und geben „Gewohnheit“ als Rei-

semotiv an, so dass Scuol auf ein zuverlässiges Stammpublikum zurückgreifen kann. Über 60% der Wintergäste haben Scuol auch schon im Sommer besucht. Die Importance-Performance-Analyse bestätigt, dass die Landschaft für die Gäste wichtig ist und die Gäste mit der Landschaft zufrieden sind. Neben dem Bad wurde der angrenzende Schweizer Nationalpark von den Gästen häufig als Attraktion genannt. Durch seine Lage im Unterengadin ist Scuol trotz des 1999 eröffneten Vereinatunnels ausserhalb des Bereiches von Tagestouristen. Im Vergleich mit Braunwald (37%) und Davos (21%) machen die Tagestouristen in Scuol mit einem Anteil von 15% einen geringen Anteil aus.

In **Braunwald** wurden während den drei Befragungsblöcken 93, 95 und 73 Gäste befragt. Alle Interviews wurden in der Nähe der Bahnstation durchgeführt. Die Altersstruktur der befragten Gäste unterscheidet sich saisonal nicht. Der Anteil ausländischer Gäste ist zu allen Befragungszeitpunkten gering und mit 14% im Sommer am höchsten. Die meisten Gäste nächtigen in einem Ferienhaus oder in einer Ferienwohnung, gefolgt von Hotels und Gruppenunterkünften (u.a. Berghaus, Jugendherberge oder SAC-Hütte). Dabei nächtigen durchschnittlich 44% der Gäste in eigenen Ferienhäusern oder –wohnungen, im Sommer sogar 72%. Diese Zahlen deuten auf eine grosse Anzahl an Stammgästen in Braunwald hin. In den beiden anderen Destinationen liegen die Eigentumsanteile deutlich niedriger bei durchschnittlich 26% in Davos und 21% in Scuol (vgl. Tab. 10).

Der Anteil an Tagesgästen ist in Braunwald mit 37% deutlich höher als in Davos (21%) oder Scuol (15%). Im Sommer kommen die Gäste zum Wandern und wegen des Klettersteigs nach Braunwald. Im Winter bleiben in der Vorsaison Wandern und Spazieren gegen die Hauptaktivitäten. Erst in der Hauptsaison wird Skifahren und generell der Wintersport wichtiger.

Braunwald zeichnet sich aus Sicht der Gäste dadurch aus, dass der Ort autofrei ist, auf einer südexponierten Terrasse in schöner Landschaft über dem Glarnerland liegt und aus dem Grossraum Zürich und der Nordostschweiz gut erreichbar ist. Als Grund nach Braunwald zu reisen, wird im Winter zusätzlich die Familienfreundlichkeit genannt. Die Ergebnisse der Importance-Performance-Analyse bestätigen, dass die Nähe zu Natur und Landschaft, das Panorama und die Lage auf der Sonnenterrasse wichtig für die Gäste in Braunwald ist und sie mit diesen Faktoren sehr zufrieden sind. Hierbei gibt es keine saisonalen Unterschiede. Die Naturorientierung der Gäste zeigt sich außerdem darin, dass die technische Beschneiung aus Gründen des Umweltschutzes von 51% der Befragten abgelehnt wird. Ruhe und Autofreiheit sind für die Gäste in Braunwald ebenfalls sehr wichtig. Wie sensibel in Braunwald auf Autolärm reagiert wird, zeigt die Tatsache, dass die wenigen mit Diesel betriebenen Taxis und landwirtschaftlichen Fahrzeuge von vielen befragten Gästen kritisiert und sehr negativ wahrgenommen werden. Ruhe ist in jeder Saison wichtig.

#### 4.2.2 Akzeptanz technischer Beschneiung

Schneearme Winter haben in den vergangenen Jahren zu Umsatzeinbussen im Tourismus geführt. Um die Schneesicherheit zu gewährleisten und Investitionen abzusichern, werden Pisten zunehmend technisch beschneit. Es stellt sich allerdings die Frage, inwiefern eine technische Beschneiung von den Gästen erwünscht ist und akzeptiert wird. Hierbei ist zu klären, welche Faktoren die Einstellung der Gäste gegenüber der technischen Beschneiung beeinflussen.

#### 4.2.2.1 Akzeptanz technischer Beschneiung

Im Sommer sind mehr befragte Gäste gegen den vermehrten Einsatz von technischem Schnee in den Alpen als dafür. Die Ablehnung ist in Braunwald mit 46% (35% der Gäste sind dafür) am deutlichsten (vgl. Abb. 8). Als weitere Antwortmöglichkeiten konnten „Der Einsatz von Kunstschnne ist mir egal“ und „Weder noch“ gewählt werden. Als häufigstes Argument der Ablehnung wird der Umweltschutz angegeben, gefolgt von Ressourcenverschwendungen (Wasser, Strom) und der Meinung, dass Eingriffe in die Natur prinzipiell unterlassen werden sollten (vgl. Tab. 11). Eine in diesem Zusammenhang oft erwähnte Aussage lautet: „Wenn es keinen Schnee hat, dann hat es eben keinen“.

Tab. 11: Die am häufigsten genannten Gründe einer negativen Einstellung gegenüber Kunstschnne.

	Davos	Scuol	Braunwald
Lärmemissionen	0%	0%	1.6%
Ressourcenverschwendungen durch enormen Strom- und Wasserverbrauch	19.5	19%	21.1%
Unnötig, da insgesamt geringer Nutzen	0%	0.8%	4%
Einsatz von Kunstschnne als Folge falscher Energiepolitik und hohem Ressourcenverbrauch	0%	1.6%	0%
Unsinn	1%	3.8%	0%
Hohe Kosten	0%	0%	0.9%
Nicht natürlich, künstliches Ambiente	4.3%	2%	7.3%
Schlechte Schneequalität	9.6%	11.7%	3.8%
Natürliche Variabilität soll Angebot bestimmen	7.9%	13.3%	9.2%
Anpassen an natürliche Gegebenheiten durch Alternativen	4%	3.4%	5.1%
Umweltschutz	46.7%	38.3%	35%
Keine langfristige Lösung, „Pflasterlipolitk“	4%	1.6%	7.6%
Negative landschaftliche Eingriffe	2%	3.6%	0%

Die Ergebnisse der Befragung im Winter unterscheiden sich von den Ergebnissen im Sommer. Während in Braunwald nach wie vor der grösste Teil der Befragten gegen den Einsatz von Kunstschnne ist, befürworten in Davos und in Scuol die meisten der Befragten dessen Einsatz. Die höchste Akzeptanz von Kunstschnne wird zur Vorsaison in Scuol erreicht (60% Zustimmung, 27% Ablehnung). Die Zustimmung wird am häufigsten damit begründet, dass Schneesicherheit und Pistenqualität unabhängig von der Witterung und über die ganze Saison hinweg gewährleistet werden sollen (vgl. Tab. 12). Zudem wird die technische Beschneiung in einer Zeit der Klimaerwärmung und der starken ausländischen Konkurrenz als notwendig angesehen. Häufig wurde von den Gästen darauf hingewiesen, dass die technische Beschneiung wichtig für das Überleben des Wintertourismus im jeweiligen Ort ist. Dieses Argument wurde auch dazu verwendet, um sich zwar persönlich von der technischen Beschneiung zu distanzieren, aber gleichzeitig Verständnis für den Einsatz technischer Beschneiung aufzubringen: „Ich bin eigentlich eher dagegen, aber es ist eben für die Region wichtig zum Überleben.“

Tab. 12: Die am häufigsten genannten Gründe einer positiven Einstellung gegenüber Kunstschnne

	<b>Davos</b>	<b>Scuol</b>	<b>Braunwald</b>
Erhöhte Sicherheit durch eine dickere Schneeaufage	2.1%	0.7%	2.5%
Gewährleistung der Schneesicherheit und einer attraktiven Pistenqualität	45.6%	38.1%	29.3%
Ökonomische Notwendigkeit für das Überleben der Region	5.7%	14.9%	25.7%
Notwendigkeit im heutigen Kontext (Klima, Konkurrenz, Anforderungen)	21.3%	14%	11%
Überbrückung gewisser exponierter Stellen	7%	14.6%	9.8%
Schont die Vegetation	0.8%	1.7%	6%
Persönliches Interesse am Skisport	2.9%	4.7%	3.7%
Sicherstellung der Talabfahrt	1.4%	2.7%	1.2%
Zwingt die Leute auf Pisten zu bleiben und schont somit die Natur	0%	0%	1.3%
Keine Alternative: ohne Beschneiung kein Wintersport	1.4%	0.7%	0%
Verlängerung der Saison	6.3%	2%	3.6%
Befürwortung nur unter relativ strikten Bedingungen (nur wo notwendig und ohne Zusätze)	3%	6%	6.1%

Es fällt auf, dass die Antwortmöglichkeiten „Der Einsatz von Kunstschnne ist mir egal“ und „Weder noch“ im Sommer deutlich häufiger genannt wurden als im Winter (max. 14%). In Braunwald sind es 19%, in Scuol 26% und in Davos sogar 34% der im Sommer Befragten, denen „Der Einsatz von Kunstschnne (...) egal“ ist. Viele geben an, sich darüber noch nie Gedanken gemacht zu haben (vgl. Tab. 13).

Tab. 13: Die am häufigsten genannten Gründe einer gleichgültigen Einstellung gegenüber Kunstschnne.

	<b>Davos</b>	<b>Scuol</b>	<b>Braunwald</b>
Art des Schnees spielt keine Rolle, Hauptsache es liegt welcher	19.9%	32.6%	10.8%
Keine persönliche Betroffenheit durch Schneeangebot	44%	13%	27.7%
Notwendigkeit der technischen Beschneiung ist nicht gegeben	0%	7.7%	15.6%
Zwiespältigkeit	14.7%	9.8%	27.8%
Wintersport nur mässig wichtig, Verzicht bei schlechten Verhältnissen	11.5%	15.8%	6%
Keine Meinung	9.9%	26.3%	12.1%

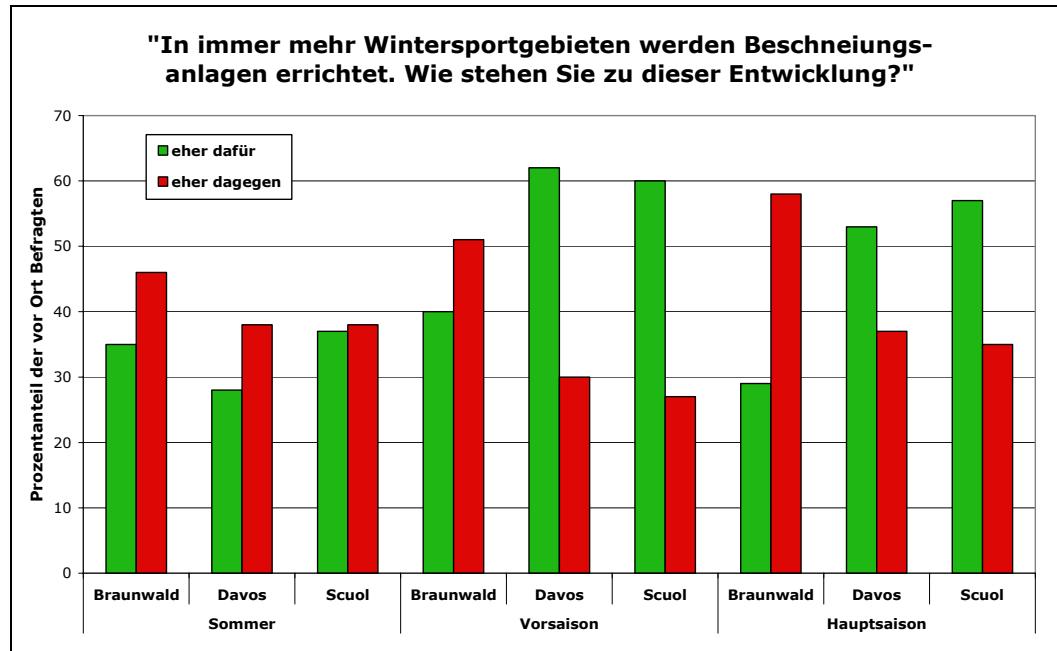


Abb. 8: Positive und negative Einstellungen gegenüber Kunstschnne nach Befragungsort und -tag. (Anmerkung: Auf die Darstellung der sehr geringen Anteile der Antwortmöglichkeiten „Der Einsatz von Kunstschnne ist mir egal“ und „Weder noch“ wird hier verzichtet.)

#### 4.2.2.2 Einflussfaktoren der Akzeptanz technischer Beschneiung

Im vorhergehenden Kapitel wurde dargestellt, dass sich die Akzeptanz technischer Beschneiung örtlich und saisonal unterscheidet. Das ist zum einen auf die unterschiedliche Gästestruktur der drei untersuchten Destinationen zurückzuführen (vgl. 4.2.1). Zum anderen ist denkbar, dass einzelne persönliche Merkmale die Akzeptanz technischer Beschneiung beeinflussen. Die Tab. 14 gibt einen Überblick über verschiedene geprüfte persönliche Merkmale und ihren Einfluss auf die Akzeptanz technischer Beschneiung. Die Diskussion möglicher Einflussfaktoren zeigt, dass die Ausübung von Wintersport, die Regelmässigkeit des Wintersports und das Geschlecht einen Einfluss auf die Akzeptanz haben.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass in der Frage der Akzeptanz technischer Beschneiung kaum fundamentale Positionen vertreten werden. Empirisch lassen sich nicht zwei Lager von Befürworter/innen und Gegner/innen nachweisen. Vielmehr ist die technische Beschneiung heute mehrheitlich akzeptiert – vor allem zur Ausbesserung einzelner Stellen auf der Piste. Ausserdem ist festzuhalten, dass viele Gäste sich zwar gegen eine technische Beschneiung aussprechen, aber dennoch Skisport betreiben und dies häufig auf technischem Schnee tun, ohne sich dessen bewusst zu sein.

Tab. 14: Mögliche Einflussfaktoren auf die Akzeptanz technischer Beschneiung.

Persönliches Merkmal	Einfluss auf Akzeptanz technischer Beschneiung
Geschlecht	Es besteht die Tendenz, dass Männer die technische Beschneiung eher befürworten als Frauen (Eine Korrelation nach Spearman kann nachgewiesen werden, bei allerdings geringer Signifikanz).
Wintersportler/ Nicht-Wintersportler	Es besteht ein Zusammenhang zwischen Wintersportaktivität und positiver Einstellung zur technischen Beschneiung.
Anzahl Skitage pro Jahr	Regelmässig Skisporttreibende befürworten die technische Beschneiung eher als nur sporadisch Aktive. Allerdings ist auch diese Korrelation nur mässig signifikant.
Alter	Kein Einfluss, d.h. die These, dass Jüngere die technische Beschneiung eher befürworten als die Älteren konnte nicht bestätigt werden.
Ferienhausbesitzer/Nicht-Ferienhausbesitzer	Kein Einfluss, d.h. die These, dass Ferienhaus- oder Ferienwohnungsbesitzer/innen ein stärkeres Interesse an Schneesicherheit zur Ausübung des Wintersports haben und somit die technische Beschneiung eher befürworten als andere Gäste konnte nicht bestätigt werden.
Tagesgast/Feriengast	Kein Einfluss, d.h. die These, dass Nächtigungsgäste positiver gegenüber technischer Beschneiung eingestellt sind als Tagesgäste, weil sie weniger flexibel reagieren und z.B. kurzfristig auf die Anreise verzichten könnten, konnte nicht bestätigt werden.
Erstbesucher/Stammgast	Kein Einfluss, d.h. die These, dass Stammgäste die technische Beschneiung eher befürworten als Erstbesucher konnte nicht bestätigt werden.

#### 4.2.2.3 Akzeptanz der Kosten technischer Beschneiung

Die Kosten für die Installation und den Betrieb von technischen Beschneiungsanlagen können zum Teil durch Subventionen von Bund und Kantonen gedeckt werden. Zu einem anderen Teil müssen diese Kosten von den Gästen in den Destinationen getragen werden. In der Studie wurden die Gäste gefragt: „Wären sie bereit, für eine Tageskarte der Bergbahnen etwas mehr zu bezahlen, wenn damit die technische Beschneiung ausgebaut würde?“ Mit dieser Frage sollte nicht die Höhe der Zahlungsbereitschaft für technische Beschneiung ermittelt werden. Vielmehr ging es darum, die grundsätzliche Akzeptanz zusätzlicher, durch die technische Beschneiung verursachter Kosten festzustellen.

Etwa ein Viertel der im Sommer befragten Wintersporttreibenden wäre bereit, zusätzliche Kosten zu tragen. Dabei zeigen sich keine markanten Unterschiede zwischen den einzelnen Destinationen. Zur Wintervorsaison steigt dieser Anteil auf durchschnittlich ein Drittel – mit deutlichen regionalen Unterschieden (Davos 43%, Scuol 30% und Braunwald 22%). In der Winterhauptsaison sind etwa 20% der befragten wintersporttreibenden Gäste bereit, die Kosten technischer Beschneiung zu tragen – ohne regionale Unterschiede.

Betrachtet man in der Analyse nur die Gäste, die sich grundsätzlich für die technische Beschneiung aussprechen, ist auch in dieser Personengruppe keine Mehrheit bereit, die zusätzlichen Kosten zu tragen. Die meisten befragten Gäste erwarten technische Beschneiung als im Preis inbegriffene Serviceleistung.

### 4.2.3 Attraktivität der Destinationen Davos, Scuol und Braunwald

Die Klimaerwärmung kann die Attraktivität der Destinationen beeinträchtigen. So kann zum Beispiel ihre Erreichbarkeit durch zunehmende Unwettergefährdung eingeschränkt werden, die abnehmende Schneesicherheit den Skisport beeinträchtigen oder der Rückzug der Gletscher das Landschaftsbild negativ beeinflussen. Um die Attraktivität der Destinationen zu erhalten, muss das touristische Angebot den veränderten Bedingungen angepasst werden. Gleichzeitig gilt es, die Veränderungen der touristischen Nachfrage zu berücksichtigen und sich z.B. auf einzelne Gästegruppen zu spezialisieren, um sich erfolgreich am Markt positionieren zu können. Die Ergebnisse der Gästebefragung zeigen, dass sich die Befragten in den drei Destinationen deutlich hinsichtlich ihrer Erwartungen und Ansprüchen an den Ferienort unterscheiden. Im Folgenden werden die von den befragten Gästen genannten Attraktivitätsfaktoren der untersuchten Destinationen diskutiert. Anhand der genannten Unzufriedenheiten und Verbesserungsvorschläge wird aufgezeigt, wie die Attraktivität der Destinationen aus Sicht der Nachfragenden gesteigert werden kann.

#### 4.2.3.1 Attraktivität von Davos

In Davos unterscheiden sich die Erwartungen der Gäste und die von ihnen genannten Attraktivitätsfaktoren deutlich im Sommer und im Winter. Dabei ist interessant, dass die Hälfte der in der Winterhauptsaison Befragten noch nie im Sommer in Davos war. In Braunwald waren nur 21% der im Winter Befragten noch nie im Sommer in Braunwald und in Scuol 40%.

In Davos sind im Sommer Wandern (60%) und Spazierengehen (28%) die Hauptaktivitäten der Gäste (vgl. Abb. 9). Dementsprechend nennen jeweils 25% der Befragten die Wandermöglichkeiten und die Berglandschaft als wichtigsten oder zweitwichtigsten Grund nach Davos zu reisen; 17% der Befragten kommen wegen der Höhenlage, dem damit verbundenen Klima und der guten Bergluft nach Davos. Im Winter sind das Skigebiet (28%) und das Skifahren (10%) die am häufigsten genannten Attraktivitätsfaktoren von Davos. Es folgt die Schneesicherheit, die für 6% der in der Winterhauptsaison und für 10% der in der Wintervorsaison befragten Gäste wichtig für die Anreise ist. Bei der geschlossenen Frage ist die Schneesicherheit in der Wintervorsaison für 93% der Befragten und in der Winterhauptsaison für 88% „wichtig“.

Ein Grossteil der Befragten in Davos ist jünger als 30 Jahre alt. Diese Personen möchten nicht nur Skisport treiben, sondern legen grossen Wert auf ein breites Angebot an Après-Ski-Partys und anderen Ausgangsmöglichkeiten. In der Winterhauptsaison geben 10% der Befragten den Besuch von Partys als zweitwichtigsten Grund für die Wahl der Destination an.

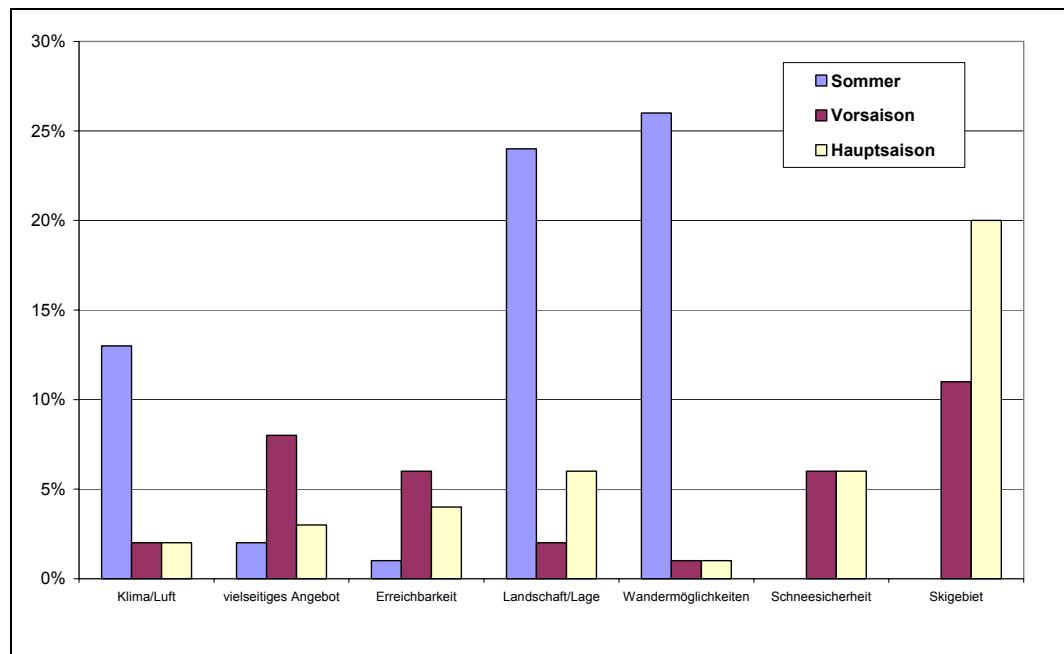


Abb. 9: Die Attraktivitätsfaktoren von Davos. (Anmerkung: Die wichtigsten und zweitwichtigsten Attraktivitätsfaktoren werden nicht getrennt betrachtet. Die in den Interviews genannten Attraktivitätspunkte wurden in 41 Gruppen kategorisiert. Im Sommer können etwa 70% und im Winter knapp 40% der genannten Attraktivitätsfaktoren durch die sechs Gruppen abgebildet werden.)

Kritik wird in Davos am häufigsten am Stadtbild und am Verkehr geäußert. 10% der Befragten finden die Siedlungsstruktur und die Architektur von Davos nicht schön. Ebenso viele der Befragten beschweren sich über die verstopften Strassen und das hohe Verkehrsaufkommen. Ausserdem beschweren sich viele Gäste - vorwiegend jüngere Personen unter 30 Jahren - über die hohen Preise in Davos. Die Importance-Performance-Analyse zeigt, dass den meisten befragten Gästen in Davos unabhängig vom Alter das Preis-/Leistungsverhältnis wichtig ist, sie damit aber nicht zufrieden sind. Zum Teil wird ein autofreier Dorfkern gewünscht. Allerdings reisen die meisten Befragten mit dem Auto an und nur ein knappes Viertel kommt mit dem Zug. Ausserdem wünschen sich 13% der Befragten einen Ausbau der Infrastruktur im Skigebiet.

Die Gewohnheit der Reise ist in Davos – wie in Braunwald und Scuol – ein wichtiger Punkt. Es ist kein Attraktivitätsfaktor im eigentlichen Sinne, wird jedoch zur Wintervorsaison und Winterhauptsaison von jeweils etwa 12% als wichtigster Grund für die Wahl der Destination genannt. Viele Wintersportler reisen regelmässig nach Davos, ohne sich im Voraus mit Alternativen beschäftigt zu haben und sehen Davos als „sicheren Wert“ im Skisport.

#### 4.2.3.2 Attraktivität von Scuol

Die Landschaft des Unterengadins und das Thermalbad sind die am häufigsten genannten Attraktivitätsfaktoren von Scuol (vgl. Abb. 10). Dabei wird das Thermalbad meistens als zweitwichtigster Grund für die Wahl der Destination genannt. Nur wenige Befragten geben das Bad und Wellness als Hauptaktivität ihres Urlaubes an. Bei der Frage nach den unternommenen Aktivitäten wird das Bad jedoch häufiger genannt. Im Sommer haben 57% der Befragten bereits das Bad benutzt, im Winter waren es zur Vorsaison 66% und

zur Hauptsaison 59%. Für 14% der Befragten im Sommer sind die Wandermöglichkeiten und für 23% die Bikerouten die wichtigsten Gründe für den Aufenthalt in Scuol. Im Winter sind das Skigebiet und das Skifahren die wesentlichen Attraktivitätsfaktoren. Das trockene Klima wird nicht als negativ oder als Gefährdung der Schneesicherheit wahrgenommen, sondern vielmehr als Garant für gutes Wetter. Etwa 6% der Befragten geben das Wetter als wichtigsten Grund bei der Entscheidung für Scuol an. Von 14% der Befragten wird das Wandern auch im Winter als Hauptaktivität angegeben. Im Sommer und während der Wintervorsaison wird nicht nur Scuol selbst sondern das gesamte Unterengadin als Attraktivitätsfaktor gesehen. Zudem wurde die Nähe zum Nationalpark als attraktiv empfunden.

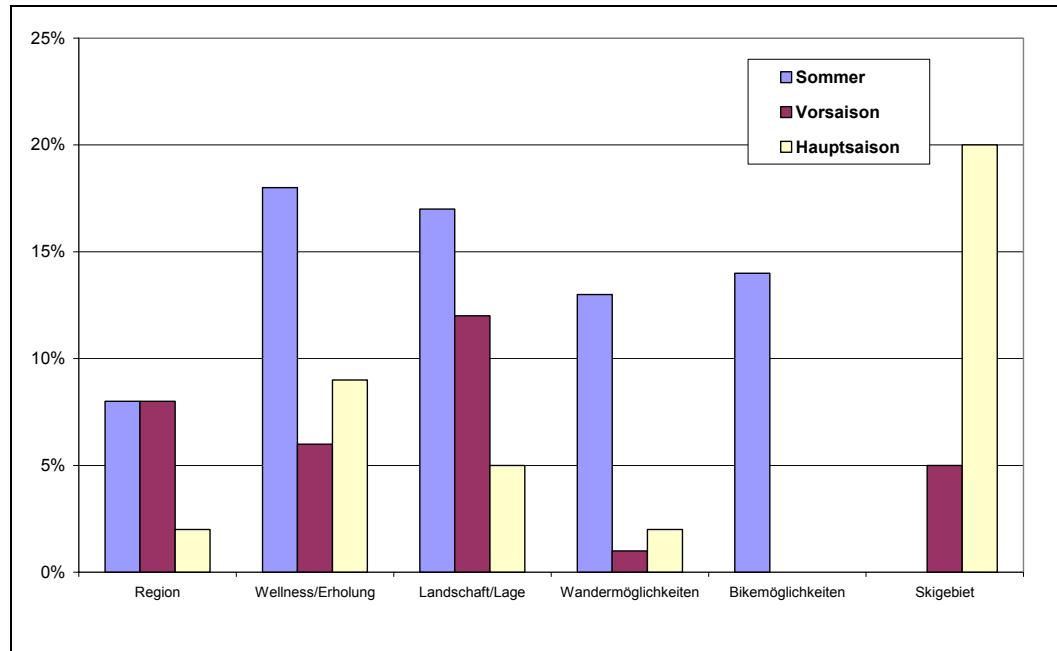


Abb. 10: Die Attraktivitätsfaktoren von Scuol. (Anmerkung: Die wichtigsten und zweitwichtigsten Attraktivitätsfaktoren werden nicht getrennt betrachtet. Die in den Interviews genannten Attraktivitätspunkte wurden in 41 Gruppen kategorisiert. Im Sommer können etwa 70% und im Winter knapp 40% der genannten Attraktivitätsfaktoren durch die sechs Gruppen abgebildet werden.)

Die Kritik in Scuol betrifft das beschränkte Angebot an Attraktionen und an Einkaufsmöglichkeiten. Etwa 20% der im Sommer befragten Gäste wünschen sich ein breiteres Einkaufsangebot und längere Ladenöffnungszeiten. Die im Winter befragten Gäste vermissen Ausgangsmöglichkeiten und Nachtleben in Scuol. Außerdem sollte das Skigebiet vergrössert und die Infrastruktur erweitert werden. 13% der Befragten in der Winterhauptsaison wünschen eine bessere ÖV-Erschliessung von Scuol.

Wie in Braunwald und Davos ist auch in Scuol die Gewohnheit ein wesentliches Element bei der Wahl der Destination. Für 14% der zur Winterhauptsaison befragten Gäste ist das der wichtigste Grund für die Anreise nach Scuol; nur das „Skigebiet“ wurde häufiger genannt (17%). 60% der Personen, die aus Gewohnheit nach Scuol reisen, wohnen in einer Ferienwohnung oder einem Ferienhaus. Davon sind aber nur 25% Besitzer einer Ferienwohnung oder eines Ferienhauses oder haben einen Besitzer im Verwandten- und Bekanntenkreis. Stammgäste zeichnen sich dadurch aus, dass sie zu verschiedenen Jah-

reszeiten anreisen. Die Mehrheit der im Winter befragten Gäste war auch im Sommer schon mindestens einmal in Scuol, viele bereits mehr als zehnmal.

#### 4.2.3.3 Attraktivität von Braunwald

Die Attraktivität von Braunwald wird aus Sicht der Gäste durch die Autofreiheit, die Landschaft und die gute Erreichbarkeit bestimmt. Für 17% der Befragten ist die Autofreiheit des Ortes der wichtigste Grund, für 11% der zweitwichtigste Grund nach Braunwald zu reisen. 12% der Befragten wählen Braunwald aufgrund der Landschaft, der Lage auf der „Sonnenterrasse“ und der „Natur“. Für 10% der Befragten spielt die Erreichbarkeit von Braunwald eine entscheidende Rolle (vgl. Abb. 11) – vor allem für Gäste aus der Region Zürich und den anderen Zentren des Mittellandes. In Braunwald ist der Anteil der Tagesgäste höher als in Davos und Scuol. In der Wintervorsaison sind z.B. in Braunwald ebenso viele Tagesgäste wie Übernachtungsgäste anzutreffen (Davos: 23%, Scuol: 9%). Die verkehrstechnische Erschliessung bei der Anfahrt der Ferienregion ist den Gästen von Braunwald wichtig und sie sind auch sehr zufrieden damit. Das zeigt ein Durchschnittswert von 5 bei der Importance-Performance-Analyse. Etwa 44% der befragten Gäste reisen mit dem Zug an.

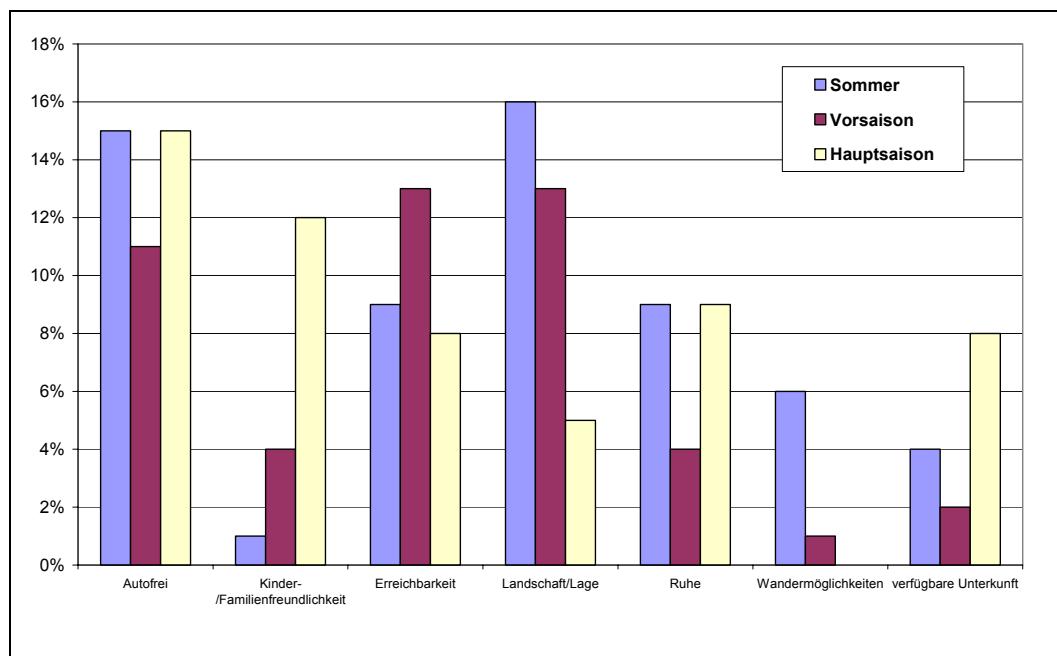


Abb. 11: Die Attraktivitätsfaktoren von Braunwald. (Anmerkung: Die wichtigsten und zweitwichtigsten Attraktivitätsfaktoren werden nicht getrennt betrachtet. Die in den Interviews genannten Attraktivitätspunkte wurden in 41 Gruppen kategorisiert. 50% bis 60% der genannten Attraktivitätsfaktoren können durch die sieben Gruppen abgebildet werden.)

Für die im Sommer befragten Gäste haben zusätzlich zur Autofreiheit, Landschaft und Erreichbarkeit, die vorhandenen Wandermöglichkeiten und die Ruhe einen hohen Stellenwert. Viele Befragte sind im Sommer wegen des Klettersteigs und des Klettergartens an den Eggstöcken angereist. Die Erreichbarkeit der Eggstöcke war im Sommer 2006 sogar erschwert, da der Gumensesellift als Zubringerbahn nicht in Betrieb war.

Ein oft genannter Attraktivitätsfaktor im Winter ist die Kinder- und Familienfreundlichkeit von Braunwald. Die Geschichte von Zwerg Bartli (u.a. Edelsteinspalte, Zwer-

genschloss) bildet einen Erlebnisfaktor für Kinder. Zudem sind die Skipässe im Vergleich mit anderen Destinationen relativ günstig. Viele im Winter befragte Gäste besitzen ein Ferienhaus oder eine Ferienwohnung oder haben zumindest über Bekannte und Verwandte Zugang dazu. In Braunwald ist das Argument einer verfügbaren Unterkunft wichtiger für die Anreise als das Skigebiet. Nur 1.6% reisen wegen des Skigebiets nach Braunwald. Allerdings nennen in der Winterhauptsaison 8% der Befragten das Skifahren als wichtigsten und 11% als zweitwichtigsten Grund der Anreise. Skifahren in Braunwald ist damit eher eine Frage von Landschaft und Ruhe als von einem grossen Skigebiet mit zahlreichen Pisten und Bergbahnen.

Auf die offene Frage nach Möglichkeiten der Attraktivitätssteigerung haben die in Braunwald befragten Gäste am häufigsten die Wiederinbetriebnahme der Gumenbahn, mehr Komfort in den Bergbahnen, eine bessere Verbindung der einzelnen Bahnen untereinander und den Ausbau und die Modernisierung der Infrastruktur im Dorf gewünscht. Es wurde oft bemängelt, dass Braunwald über kein familienfreundliches, öffentlich zugängliches Hallenbad verfügt. Sehr sensibel scheinen die Gäste im autofreien Braunwald auf jeglichen motorisierten Verkehr zu reagieren. So verlangen 7% der Befragten im Sommer eine Verkehrsberuhigung. Als sehr störend werden dabei die dieselbetriebenen Taxi und landwirtschaftlichen Fahrzeuge wahrgenommen. Ebenfalls wurde im Sommer die Gastfreundschaft der Einheimischen und des Servicepersonals bemängelt. Die Attraktivität der Gastronomie wird im Durchschnitt nur als mässig zufriedenstellend angegeben, wäre aber für die Gäste von grosser Wichtigkeit. Im Winter wünschen sich 10% der Befragten einen Ausbau der Infrastruktur im Skigebiet, besonders der Zugang zu den Bergbahnen sollte in Braunwald vereinfacht werden. Schliesslich wurde im Winter 2006/07 der Schneemangel und die fehlende winterliche Atmosphäre als negativ wahrgenommen.

Im Vergleich mit den Destinationen Davos und Scuol weist Braunwald einen hohen Anteil an Gästen auf, die sowohl im Sommer als auch im Winter nach Braunwald kommen. 80% der in der Winterhauptsaison befragten Gäste waren auch schon im Sommer mindestens einmal in Braunwald, der grösste Teil unter ihnen sogar schon über zehn Mal. Die emotionale Bindung an den Ort und die Gewohnheit, regelmässig nach Braunwald zu fahren, sind daher weitere wichtige Attraktivitätsfaktoren.

#### **4.2.4 Die Bedeutung von Höhenlage, Schneesicherheit und winterlicher Atmosphäre als Motive bei der Wahl einer Destination**

##### **4.2.4.1 Höhenlage**

Kunstschnne wird unter anderem für die Sicherstellung von Talabfahrten und zur Gewährleistung des Betriebs in tieferen Lagen eingesetzt. Aus verschiedenen Studien (vgl. Pröbstl, 2006; Studer et al., 1990) ist bekannt, dass beschneite Pisten in sonst schneelosem Terrain bei einer Mehrheit der Skitouristen sehr unbeliebt sind. Zudem wird die Qualität des Kunstschnnees oft bemängelt. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, inwiefern es sich überhaupt lohnt, in tieferen Lagen zu beschneien. Denn auch eine offene Talabfahrt wird an allen drei untersuchten Orten nur von einer Minderheit der befragten Wintersportler als wichtig empfunden. Die einzige Ausnahme stellt Davos zur Vorsaison dar. Viele Skisporttreibende weichen ansonsten den schlechteren Schneeverhältnissen in den tieferen Lagen aus, indem sie mit der Bahn hinunterfahren. Die Auswertung der geschlossen gestellten Frage „Sind Sie der Meinung, dass die technische Beschneiung vorwiegend in tiefere Lagen ausgebaut werden sollte, damit auch in diesen Lagen während

der Wintersaison die Schneesicherheit garantiert werden kann?“ hat folgende Erkenntnis gebracht. Während im Sommer in allen Destinationen noch ein Anteil zwischen 30% und 40% der befragten Skisportler die Meinung vertreten, dass die Schneesicherheit auch in tieferen Lagen mittels Beschneiungsanlagen garantiert werden soll, sinkt dieser Anteil in der Winterbefragung auf etwa 20%.

#### 4.2.4.2 Schneesicherheit

In der Diskussion über die Folgen der Klimaänderung und den Einsatz technischer Beschneiung gilt Schneesicherheit als zentrale Voraussetzung für den Wintertourismus und als wichtiges Element des wintertouristischen Angebots. Dabei stellt sich die Frage, wie relevant die Schneesicherheit bei der Wahl einer Destination aus Sicht der Gäste ist. Bei der geschlossen gestellten Frage nach der Wichtigkeit der Schneesicherheit, geben in der Winterbefragung 89% aller Skisporttreibenden an, dass die Schneesicherheit und gute Schneeverhältnisse wichtig seien. Allerdings ist der Anteil derjenigen, die bei der offenen Frage nach den zwei wichtigsten Gründen für die Destinationswahl die Schneesicherheit angeben verschwindend klein. So ist nur bei einem Anteil von etwa 3% die Schneesicherheit der ausschlaggebende Grund für die Wahl der Destination. Dies wiederum bedeutet aber nicht, dass die Gäste auch anreisen würden, falls kein Schnee vorhanden wäre. Eine zum Wintersport treiben genügende Schneedecke ist auf der Angebotsseite sehr wichtig, wird aber wahrscheinlich von der Nachfrageseite her bis zu einem gewissen Grad als selbstverständlich angeschaut und deswegen nicht explizit erwähnt.

Etwa 30% der Befragten würden nicht mehr anreisen oder in eine andere Destination ausweichen, falls das Schneeangebot für den Wintersport nicht ausreichen sollte. Dies ergab die Auswertung der offenen Frage „Was wäre für Sie eine Alternative zum Wintersport, wenn Sie aufgrund von Schneemangel darauf verzichten müssten?“ Dabei reagieren die Gäste von Davos am elastischsten. Zur Vorsaison geben dort 34% und zur Hauptsaison 44% der befragten Wintersporttreibenden an, dass sie nicht mehr anreisen würden, sondern in andere Skidestinationen ausweichen oder auf die Skiferien verzichten und eine Auslandsreise unternehmen würden, falls die Schneeunterlage für den Skisport nicht reichen sollte. Am unelastischsten reagieren die Gäste in Scuol. Nur 8% zur Wintervorsaison und 29% zur Winterhauptsaison der befragten Wintersportler würden nicht mehr anreisen. Die Mehrheit würde auf alternative „Sommeraktivitäten“ umsteigen, wie z.B. Wandern, Spazieren oder Biken. Auch Wellness ist in Scuol eine beliebte Alternative. Der Anteil an Wintersporttreibenden, die bei Schneemangel nicht mehr anreisen würde, war in allen untersuchten Destinationen in der Hauptsaison am grössten. Folglich ist für diese Gäste die Schneesicherheit am wichtigsten. Wer zu diesem Zeitpunkt Skifahren geht, ist am wenigsten bereit, auf mögliche Alternativen vor Ort umzusteigen. Tendenziell bleiben die Gäste zur Winterhauptsaison am längsten in der Destination, nämlich knapp acht Übernachtungen.

#### 4.2.4.3 Winterliche Atmosphäre

Ausgehend von der Annahme, dass zur Befriedigung der Nachfrageseite nicht nur gute Pistenverhältnisse notwendig sind, sondern dass auch das Erlebnis „Winter“ von grosser Relevanz ist, wurde in den Winterinterviews der Frage nachgegangen, wie wichtig für die Gäste eine winterliche Atmosphäre ist und wie zufrieden sie diesbezüglich vor Ort sind. Auf zwei sechsstufigen Skalen einer sog. Importance-Performance-Analyse mussten die befragten Personen den Punkt „Winterliche Atmosphäre“ zum einen nach der Wichtigkeit des Vorhandenseins einer solchen und zum anderen nach der Zufriedenheit diesbezüglich

zum aktuellen Zeitpunkt vor Ort bewerten. Sowohl in Braunwald als auch in Davos wird das Vorhandensein einer winterlichen Atmosphäre zu beiden Zeitpunkten als wichtig (5 = Durchschnittswert) angegeben. In Scuol ergeben sich die Durchschnittswerte fünf zur Vorsaison und sechs zur Hauptaison. Meist werden auch bei der Beurteilung der Zufriedenheit die gleichen Durchschnittswerte erreicht. Ausnahmen bilden Scuol zur Hauptaison und Braunwald zur Vorsaison. Dort besteht zwischen den Werten der Wichtigkeit und der Zufriedenheit eine Differenz von minus eins. Dies bedeutet, dass der „durchschnittliche“ Gast bezüglich der vorgefundenen winterlichen Atmosphäre enttäuscht ist und seine Anforderungen nicht erfüllt sieht. An beiden Orten herrschte zu jenen Zeitpunkten akuter Schneemangel, so dass weite Teile der Landschaft keine Schneedeckung aufwiesen.

#### 4.2.5 Aktuelle und zukünftige Nachfrage nach Wintersport

In diesem Kapitel soll die heutige sowie eine mögliche zukünftige touristische Nachfrage in den untersuchten Skigebieten anhand der Analyse einiger Punkte aus den Befragungsdaten skizziert werden. Zweites geschieht unter der Annahme, dass sich das Angebot aufgrund des Klimawandels verändern wird. Dabei werden auch mögliche Anpassungsoptionen und Alternativen zum Skisport erläutert.

##### 4.2.5.1 Aktuelle Nachfrage

Um den Ausbau von Beschneiungsanlagen zu rechtfertigen, wird oft mit einer Verlängerung der Wintersportsaison argumentiert. Doch wird dies von den Wintersportlern auch gewünscht? 23% der im Winter Befragten würden das Angebot einer im Herbst eröffneten Skisaison nutzen. Eine verlängerte Saison im Frühling würden sogar 36% begrüssen. Hingegen würden nur 9% der im Sommer befragten Wintersporttreibenden eine verlängerte Saison im Herbst bzw. nur 18% im Frühjahr nutzen. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Destinationen sind relativ gross. Die Gäste von Davos bilden zu allen Jahreszeiten das grösste Nachfragepotenzial. Generell ist die Zustimmung für eine Saisonverlängerung in der Befragung der Vorsaison am höchsten. Dies legt die Vermutung nahe, dass sich zur Vorsaison jene Personen auf der Piste befinden, die den Wintersport am regelmässigsten betreiben und primär deswegen anreisen.

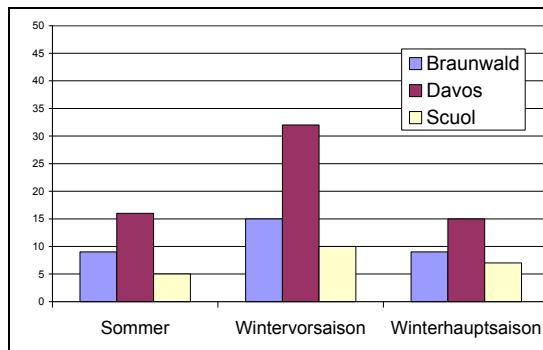


Abb. 12: Anteil der befragten Wintersportler, die das Angebot einer vorzeitig eröffneten Wintersaison im Herbst nutzen würden.

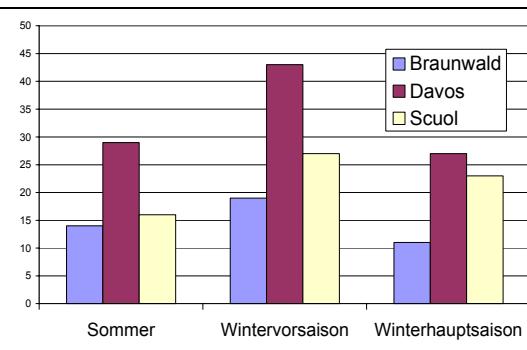


Abb. 13: Anteil der befragten Wintersportler, die das Angebot einer verlängerten Wintersaison im Frühling nutzen würden.

Die Nachfrage nach einer qualitativ hochwertigen Talabfahrt unterscheidet sich an den verschiedenen Orten beträchtlich. Während in Braunwald und Scuol etwa 40% der Skigäste eine offene Talabfahrt erwarten, ist die Klientel von Davos deutlich anspruchsvoller. Für 47% in der Hauptsaison und sogar 70% in der Vorsaison der befragten Wintersportler ist eine geöffnete Talabfahrt von grosser Wichtigkeit. Häufig ist der Einsatz von Kunstschnee zur Sicherung der Talabfahrt unerlässlich. Etwa 20% der befragten Wintersporttreibenden in Braunwald und Scuol befürworten den Ausbau der Beschneiung in tiefere Lagen. In Davos zeigt sich wiederum eine deutliche Differenz zwischen den Befragungen zur Vorsaison (44%) und zur Hauptsaison (24%). Dabei ist nur ein Anteil von 40% derjenigen, für die eine offene Talabfahrt wichtig ist, auch der Meinung, dass die Beschneiung in tieferen Lagen ausgebaut werden sollte. Viele der Befragten lehnen den Ausbau der Beschneiungsinfrastruktur in tieferen Lagen ab, weil sie Bedenken bezüglich der technischen Machbarkeit gegenüber einer solchen Entwicklung haben.

Eine gute Bergbahninfrastruktur ist sowohl im Sommer zu Erreichbarkeit höher gelegener Wandergebiete, als auch im Winter zur Ausübung des Skisports von grosser Wichtigkeit und in allen drei Untersuchungsgebieten ein wesentliches Element der touristischen Nachfrage. Angebote wie z.B. das „Davos Inclusive“, bei dem Übernachtungsgäste in Davos während des Sommers von gratis Bergbahnen profitieren, sind sehr beliebt und können die Nachfrage wesentlich beeinflussen. Die Zufriedenheit mit den Bergbahnen liegt im Sommer in Davos als einzigen Ort über den Erwartungen der Gäste. Kooperationen verschiedener Segmente zu einer Dienstleistungskette sind zunehmend notwendig, um den Erfolg einer Destination nachhaltig zu sichern. Im Gegensatz dazu besteht in Braunwald eine starke Nachfrage nach einem Ausbau der Bergbahnen und deren Angebot. Insbesondere zur Hauptsaison im Winter lag die Zufriedenheit der Gäste diesbezüglich deutlich unter den Erwartungen. Die fehlende Erschliessung des Gumen durch die eingestellte Seilbahn wirkte sich die äusserst negativ aus. Dies könnte längerfristig zu einer Abnahme der Nachfrage führen, sollte die Situation nicht verbessert werden. Im Normalfall steht aber seitens der Nachfrage nicht die Erschliessung durch zusätzliche Bergbahnen im Mittelpunkt, sondern der Komfort beim Transport, die Kapazität und die Leistungsfähigkeit der Transportanlagen. In Davos sind diese Faktoren für 68% der befragten Wintersporttreibenden besonders wichtig. In Braunwald hingegen sind es nur 47%.

In Zusammenhang mit der Klimaerwärmung wird insbesondere für tiefer gelegene Destinationen oft das Schlüsselwort „Diversifikation“ genannt. Neben einer zunehmenden Konzentration auf den Sommertourismus spielt auch der Ausbau schneeeunabhängiger Winterangebote als Alternativen zum Skisport eine wichtige Rolle. Die Nachfrage nach solchen Angeboten ist in allen Destinationen etwa gleich, mit 46% in Davos am geringsten, in Braunwald mit 55% am höchsten. Allerdings besteht auch hier Handlungsbedarf, denn knapp 15% aller Befragten geben bei der offenen Frage nach attraktivitätssteigenden Angeboten und Dienstleistungen den Ausbau der Infrastruktur im Dorf an, wie z.B. ein Hallenbad, Sporthallen, Winterwanderwege etc. Auch in Scuol besteht seitens der Nachfrage ein klares Bedürfnis nach einem Ausbau der Infrastruktur und der Angebote. Dabei steht der Faktor „Vergnügen und Spass“ klar im Vordergrund. Im Sommer wünschen sich 20% der befragten Gäste ein breiteres Shoppingangebot und längere Ladenöffnungszeiten sowie mehr Attraktionen im Dorf. Im Winter fehlt es an einem attraktiven Nachtleben für die jüngeren Gäste. Viele Gäste wünschen zudem eine verbesserte Erschliessung des Dorfes durch öffentliche Verkehrsmittel.

#### 4.2.5.2 Tendenzen der Nachfrageentwicklung

Generell ist eine deutliche Mehrheit der Meinung, dass die Klimaänderung Auswirkungen auf den Skitourismus hat. Im Sommer waren dies 88% der Befragten, im Winter sogar 92%. Zudem glauben 60% der im Sommer Befragten, dass der Skitourismus noch vor dem Jahr 2020 stark von der Klimaänderung betroffen sein wird. Im Winter waren es 64% (vgl. Tab. 15). In Braunwald ist dieser Wert mit einem Anteil von 72% aller Befragten im Winter am höchsten. Braunwald liegt von den drei untersuchten Destinationen am tiefsten und war der Ort mit dem wenigsten Schnee im Winter 2006/07.

Tab. 15: Auswirkungen der Klimaänderungen auf den Skitourismus aus Sicht der Gäste (Mittelwert von allen drei Destinationen).

	Sommerbefragung	Winterbefragung
„Glauben Sie, dass die Klimaänderung einen Einfluss auf den Skitourismus haben wird?“	88% ja	92% ja
„Wann glauben Sie wird der Skitourismus stark davon betroffen sein?“	60% vor 2020	64% vor 2020

Zu allen Zeitpunkten und in allen untersuchten Destinationen ist die Mehrheit der befragten Wintersportler nicht bereit, infolge Investitionen in die technische Beschneiung, für das Bergbahnticket mehr zu bezahlen. Viele Bergbahnen bewegen sich mit ihrem Angebot bereits heute im oberen Preissegment.

Schwierig abzuschätzen ist die Entwicklung der Nachfrage, wenn im Frühwinter kaum Schnee liegt. Laut Rebetez (2006) kann grundsätzlich mit einem höheren Nachfragepotenzial gerechnet werden, wenn schon im November oder Dezember eine Schneedecke vorhanden ist. Fehlt in mehreren aufeinander folgenden Wintern Schnee, werden sich die Gäste zunehmend anderen Ferienzielen und Aktivitäten zuwenden, auch wenn sich der Schnee in der folgenden Saison wieder einstellt.

Eine klare Mehrheit aller Befragten gibt an, dass sie auch anreisen würden, wenn sie auf Grund von Schneemangel auf das Skifahren verzichten müssten. Die zeitliche und örtliche Variabilität ist allerdings gross. In Davos würden über 40% der befragten Wintersportler bei akutem Schneemangel nicht mehr anreisen. Am konstantesten bliebe die Nachfrage in Scuol (-20%). Die in allen Destinationen weitaus am häufigsten genannten Alternativen sind „Sommeraktivitäten“ wie Wandern, Spazieren, Jogging, Biken und Klettern. Am zweithäufigsten wurde Wellness angegeben, welches in der Diskussion um Anpassungsstrategien und Diversifikation des Angebots eine wichtige Rolle spielt. Die aktuell vorhandene Wellness-Infrastruktur ist in den untersuchten Orten sehr unterschiedlich ausgebaut. Weitere häufig erwähnte Alternativen sind Indooraktivitäten, wie z.B. der Besuch von Hallenbädern, Sporthallen oder Museen, und alternative Winteraktivitäten, wie Eislauf, Schlitteln, Schneeschuhlaufen etc. (Abb. 14 und Abb. 15). Diese Aktivitäten sind zwar teilweise an Schnee gebunden, können aber auch bei einer relativ geringen, für den Skisport ungenügenden Schneedecke betrieben werden.

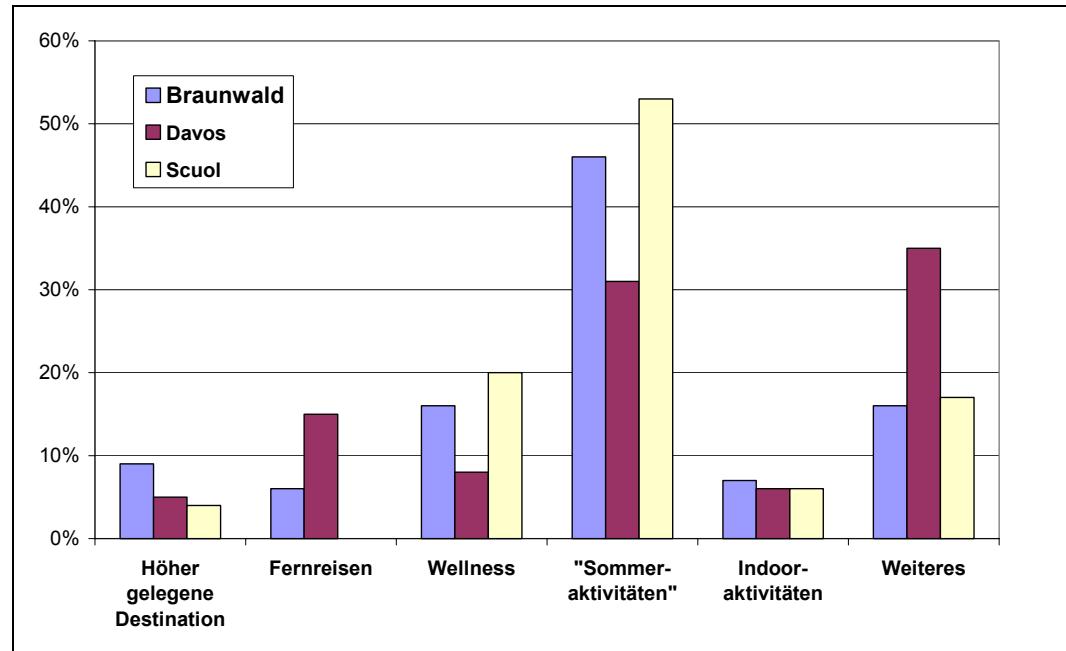


Abb. 14: Die am häufigsten genannten Alternativen zur Vorsaison.

Diejenigen Personen, welche infolge Schneemangel nicht mehr anreisen würden, weichen zu einem grossen Teil in höher gelegene Skidestinationen aus. Dies würde die Nachfrage in diesen Destinationen tendenziell erhöhen. Ob diese Entwicklung langfristig tatsächlich eintritt, ist generell sehr umstritten, da die Nachfrage durch viele weitere Faktoren beeinflusst wird. Insbesondere würde die Nachfrage nach Ferndestinationen und Badeferien im Süden zunehmen. Für knapp 10% der Befragten wäre dies die primäre Reaktion auf Schneemangel im Skigebiet.

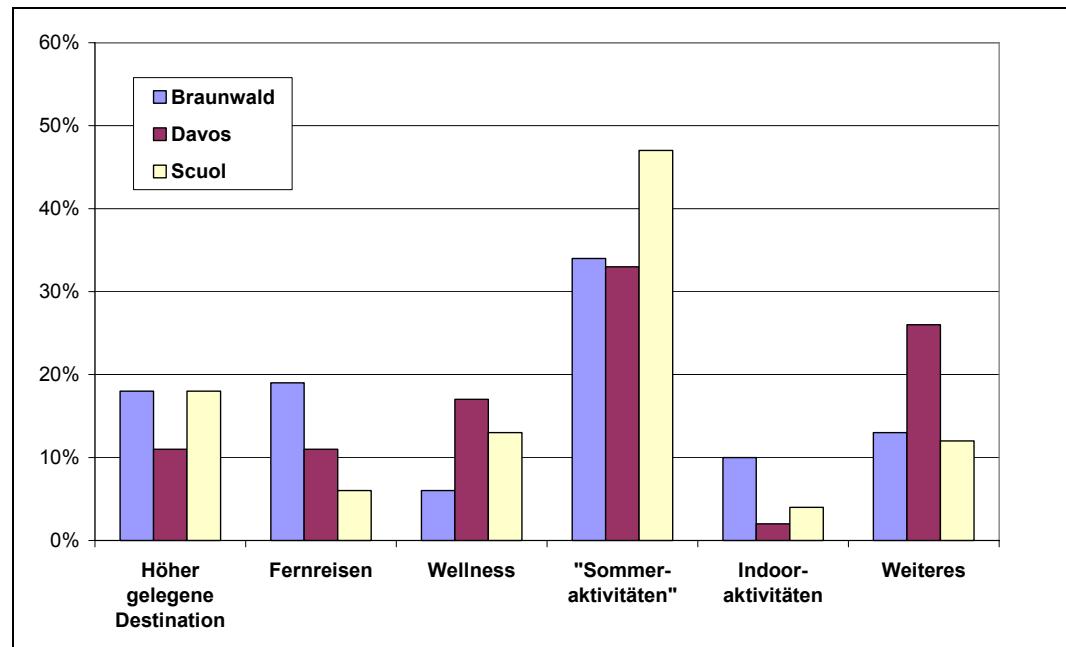


Abb. 15: Die am häufigsten genannten Alternativen zur Hauptsaison.

Am sensibelsten reagieren die Tagesgäste auf Schneemangel. Zwar kann anhand der erhobenen Daten kein signifikanter Unterschied zu den Feriengästen bezüglich deren ge-

nannten Alternativen festgestellt werden, doch laut dem Bundesamt für Statistik konnte die Anzahl der Logiernächte bis im Januar 2007 nur wegen der ausländischen Gäste gehalten werden. Die Binnennachfrage hingegen schwächte sich um 3% ab, was wahrscheinlich auf die ungünstigen Schneeverhältnisse zurückzuführen ist (Medienmitteilung des Bundesamtes für Statistik, 23.03.2007). Tendenziell lässt sich bereits heute feststellen, dass Gäste vermehrt als Tagesgäste Skidestinationen aufsuchen (Seilbahnen Schweiz, 2003, S. 13), denn sie sind nicht wie Feriengäste an fixe Buchungen gebunden und können somit flexibler auf die vorhandenen Schneeverhältnisse reagieren. Eine Ausnahme bilden die relativ immobilen Eigentümer von Ferienwohnungen oder -häusern.

#### 4.2.5.3 Anpassungsmöglichkeiten und Alternativen zum Skisport

Grundsätzlich bestehen aus Sicht der Nachfrageseite folgende Möglichkeiten, auf ein verändertes Angebot (Schneesicherheit) zu reagieren:

**Business as usual und Nutzung eines Alternativprogramms bei Bedarf:** Das Ski fahren wird im gewohnten Rahmen fortgesetzt und die klassische Winterferienwoche gebucht. Dabei ist das Ski fahren ein wichtiger Bestandteil des Aufenthaltes, aber bei ungenügenden Schneeverhältnissen kann auf ein den Bedürfnissen entsprechendes Alternativprogramm ausgewichen werden. Die Faktoren Gewohnheit und Vertrautheit spielen eine wichtige Rolle. Die negativen Effekte infolge von Schneemangel können so reduziert und dem Gast ein attraktiver und befriedigender Urlaub garantiert werden.

**Ausweichen in Destination mit geeigneten klimatischen Bedingungen:** Ein leidenschaftlicher Wintersportler wird sich sehr viel mobiler Verhalten. Für ihn hat das Ski fahren als solches höchste Priorität. Eine Destination wird nach ihrem Angebot ausgewählt. Die Ansprüche an das Schneesportangebot und die Infrastruktur sind hoch. Diese Klientel würde sich auf die hochgelegenen, schneesicheren Destinationen verlagern.

**Nur noch kurzzeitige oder sporadische Ausübung der Aktivität bei guten Bedingungen:** Der Wintersport wird zwar nicht aufgegeben, er wird aber nur noch bei garantiert guten Verhältnissen (gutes Wetter und gute Schneeverhältnisse) ausgeübt. Der Gast entscheidet sich kurzfristig für einen Aufenthalt in einer Skidestination. Wegen der relativ kurzen Aufenthaltsdauer ist es wichtig, dass die Destination im Tagesausflugsbereich der grossen Zentren des Mittellandes liegt. Durch dieses Verhalten können sich bei schönem Wetter in Kombination mit Wochenende oder Feiertagen Nachfrage-Spitzen bei den Seilbahnunternehmen ergeben (Seilbahnen Schweiz 2003). Dies kann sich wiederum negativ auf die Attraktivität einer Destination auswirken, weil sich die Wartezeiten im Skigebiet verlängern und durch zunehmenden Individualverkehr verursachter Lärm und die Abgase als störend empfunden werden.

**Aufgeben der Aktivität:** Abnehmende Schneesicherheit infolge der Klimaerwärmung sowie die vermehrt fehlende Winteratmosphäre im Mittelland wird einige, nicht allzu passionierte Skisportler dazu bewegen, sich gänzlich vom klassischen Wintersport abzuwenden. Das Alternativangebot zum Wintersport ist in den vergangenen Jahren enorm gewachsen. Bedingt durch billige Flüge werden vermehrt auch in der Winterjahreszeit Ferndestinationen für Badeferien aufgesucht. Diese Alternativen bieten meistens ein sehr gutes Preis-/Leistungsverhältnis und sind deswegen auch aus finanziellen Gründen attraktiv. So entsteht die etwas paradoxe Situation, dass für Familien Badeferien im entfernten Ausland billiger sein können als die Skiferien im eigenen Land.

### 4.3 Diskussion

Die Ergebnisse der Gästebefragung zeigen, dass es keine eindeutige Akzeptanz oder Ablehnung technischer Beschneiung gibt. Vergleicht man die Ergebnisse mit älteren Studien ist allerdings eine deutlich zunehmende Akzeptanz der technischen Beschneiung festzustellen (vgl. Studer et al. 1990). Dabei wird nicht mehr nur der punktuelle Einsatz von technischem Schnee sondern auch grossflächige Beschneiung akzeptiert.

Die saisonalen Unterschiede der Akzeptanz technischer Beschneiung sind zumindest zu einem Teil dadurch erklärbar, dass 32% der im Sommer Befragten keinen Wintersport betreiben. Im Winter liegt dieser Anteil nur noch bei 12%. Der Zusammenhang zwischen Wintersportaktivität und einer positiven Einstellung gegenüber technischer Beschneiung kann sowohl im Sommer als auch im Winter statistisch nachgewiesen werden.

Die Akzeptanz technischer Beschneiung unterscheidet sich in den drei untersuchten Destinationen aufgrund ihrer unterschiedlichen Gästestruktur. Während in Davos und Scuol die Ansprüche der Gäste an die Skisportinfrastruktur sehr hoch sind und technische Beschneiung bei der Mehrheit akzeptiert ist, steht in Braunwald nur eine Minderheit dem zunehmenden Einsatz technischer Beschneiungsanlagen positiv gegenüber.

Die Ergebnisse der Gästebefragung geben verschiedene Hinweise zur zukünftigen Entwicklung des Tourismus in den drei untersuchten Destinationen. In **Davos** sind das Skigebiet und ein breites Wintersportangebot sehr wichtige Attraktivitätsfaktoren. Zukünftig wird Davos aufgrund seiner Höhenlage trotz Klimaerwärmung weiter schneesicher bleiben, so dass eine skitouristische Inwertsetzung Davos sinnvoll erscheint. Dazu könnte auch der massvolle Ausbau der technischen Beschneiung gehören. Es ist unklar, wie sich das allgemeine Interesse am Skisport entwickeln wird. Rebetez (2006) geht mittel- bis langfristig von einem nachlassenden breiten Interesse am Skisport aus. In Davos sind die Voraussetzungen gegeben (Infrastruktur, Gastronomie, Outdoor- und Sportartikeleinzelhandel etc.), um Wintersporttrends wie z.B. Snowtubing oder Snowskyde schnell aufzugreifen und spezielle Nischenmärkte zu besetzen. Zur Angebotsverbesserung gehören in Davos vor allem Randbereiche des Tourismus: die bessere Organisation des Verkehrs in Davos, die bessere städtebauliche Integration von Davos Dorf und Davos Platz sowie die Schaffung eines verkehrsfreien Siedlungskerns.

Wie in Davos sind auch in **Scuol** das Skigebiet und der Wintersport wesentliche Attraktivitätsfaktoren. Jedoch ist die Schneesicherheit in Scuol trotz der Höhenlage wegen der geringeren Niederschläge im Unterengadin kritischer zu sehen als in Davos. Gerade das sonnige Klima gehört in Scuol zu den wichtigen Attraktivitätsfaktoren. Ausgehend von dem allgemeinen Trend, dass die Gäste häufiger aber kürzere Ferien verbringen, steht Scuol vor der Herausforderung, dass touristische Angebot zu erweitern. Aus Sicht der Gäste gehören dazu der Ausbau des öffentlichen Verkehrs im Dorf, ein breiteres Einkaufs- und Unterhaltungsangebot und mehr „städtisches“ Leben. Als Tagesausflugsziel kommt Scuol aufgrund der vergleichsweise langen Anreise nur für wenige in Frage.

In **Braunwald** steht der Skitourismus an einem Scheideweg. Soll der Ort als Skidestination weiter existieren, sind Investitionen in Aufstiegsanlagen und grossflächige Beschneiungsanlagen notwendig. Die Mehrzahl der befragten Gäste bemängelt zum einen den Zustand und Komfort der Bergbahnen. Zum anderen wird das Skigebiet als zu klein und zu wenig erschlossen kritisiert. Da das Skigebiet zwischen 1'300 und 1'900 m ü. M. liegt und kaum ausbaufähig ist, ist die Schneesicherheit auch mit grossflächiger techni-

scher Beschneiung zukünftig kaum zu gewährleisten. Zudem würden diese Massnahmen nicht den Gefallen der Gäste, darunter viele Stammgäste, finden. Da die touristische Attraktivität Braunwalds durch die Ruhe und Autofreiheit, die Lage in alpiner Landschaft sowie die sehr gute Erreichbarkeit aus der Nordschweiz unbestritten ist, sollte das touristische Angebot in Braunwald zukünftig weniger auf den Skisport ausgerichtet sein. Alternativen könnten z.B. Schneeschuhlaufen, Langlauf und Schlitteln sein. Ein schneuabhängiges und familienorientiertes Angebot könnte ausserdem Winterwandern, Wellness und ein Schwimmbad umfassen.

Schneesicherheit ist eine wichtige Voraussetzung für den wirtschaftlichen Erfolg des Wintersporttourismus. Fehlt der Schnee witterungsbedingt oder als Folge der globalen Klimaerwärmung, gehen die Umsätze zurück. So mussten die Schweizer Seilbahnen in der Wintersaison 2006/07 einen Umsatrückgang von 5% verbuchen ([www.seilbahnen.org](http://www.seilbahnen.org); Zugriff: 03. Mai 2007). Schneesicherheit ist zwar auch für die Gäste wichtig, allerdings nicht der einzige oder der entscheidende Faktor, der die Attraktivität einer Destination bestimmt oder das zentrale Motiv bei der Wahl der Destination darstellt. Wichtigere Faktoren sind z.B. das Skigebiet, die Landschaft, die Gewohnheit der Reise oder einzelne Aktivitäten. Schneesicherheit wird als selbstverständlicher Teil des touristischen Angebotes verstanden. Erst wenn der Schnee fehlt, beginnen auch Gäste über die Bedeutung der Schneesicherheit für ihr Reiseverhalten nachzudenken. Unabhängig von ihrer Einstellung zur technischen Beschneiung ist den meisten Gästen wahrscheinlich nicht bewusst, dass Schneesicherheit bereits jetzt häufig durch technische Beschneiung garantiert wird.

Mit Hilfe der technischen Beschneiung können Wintersportorte ihre Gästezahlen auch bei schwierigen Schneeverhältnissen halten und Infrastrukturen auslasten. Knapp ein Drittel der befragten wintersporttreibenden Gäste würde bei ungenügenden Schneeverhältnissen nicht mehr anreisen. In allen drei untersuchten Destinationen reagieren die zur Wintersaison befragten Gäste am elastischsten auf einen allfälligen Schneemangel. Für die zukünftige Nachfragerentwicklung ist dieses Ergebnis insofern bedeutend, als fehlende Gäste im traditionell umsatzstarken Februar (u.a. Skiferien in der Schweiz) sich für die einzelnen Wintersportorte besonders negativ auswirken könnten.

## 5 Klimaänderung, Schneearmut und technische Beschneiung - Adoptionsstrategien der Stakeholder

*Autorin: Michaela Teich*

Das Experteninterview als sozialwissenschaftliche Methode ist eine spezifische Form qualitativer Interviews; spezifisch sind das Erkenntnisinteresse und die Befragtengruppe (z.B. Meuser & Nagel 2005). Die Befragten sind dabei in einer Doppelrolle präsent: Als Professionelle bzw. Experten und als Personen, was Konsequenzen für die Interviewsituation und die Gesprächsführung hat (Abels & Behrens 2005).

Im Kontext dieses Projektes wurde das Experteninterview zum einen angewendet, um die Einstellung von verschiedenen Stakeholdern der Seilbahnbranche und von Gemeindevertretern in Bezug auf eine Klimaänderung zu erörtern und sie zu möglichen Anpassungsstrategien zu befragen sowie die Sensibilität der Wintersportdestinationen gegenüber der Klimaentwicklung zu ermitteln. Zum anderen dienten die Expertengespräche als Datenquelle, um wichtige Informationen zu den Beschneiungssystemen der Skigebiete in den Untersuchungsregionen zu erhalten. Im folgenden Kapitel steht das erstgenannte Motiv im Mittelpunkt der Betrachtung.

### 5.1 Methoden

#### 5.1.1 Vorbereitung der Interviews

Vor der Durchführung der Interviews ist abzuklären, wer als Experte einbezogen werden soll und welche Themenbereiche jeweils im Zentrum der Expertengespräche stehen. Basiert auf der Problemstellung und formulierten Forschungsfragen wurden die zentralen Themenbereiche der Expertengespräche festgelegt:

- Klimaänderung und deren Folgen für das Untersuchungsgebiet als Wintersportdestination,
- Einstellung des Interviewpartners gegenüber technischer Beschneiung,
- Beschneiungssystem und Ressourcenverbrauch im untersuchten Skigebiet,
- Finanzierung der technischen Beschneiung,
- Schneearmungs-Adoptionsstrategien an steigende Temperaturen,
- Zusammenarbeit betroffener Akteure.

Aus diesen Themenbereichen wurde ein Leitfaden (Themenkatalog) erstellt, der den Rahmen für die Experteninterviews vorgab. Die Konstruktion des Leitfadens basierte auf Annahmen über Einflussfaktoren, Problembereiche oder Wirkungen, die sich aus bereits vorliegenden Informationen zu den Wintersportdestinationen und Interviewpartnern ergaben. Ausgehend von diesem Themenkatalog unterschied sich der Fokus der einzelnen Gespräche je nach Position des Interviewpartners. Es war also für jedes Interview eine gesonderte Vorbereitung notwendig. Dabei wurden für die einzelnen Themenkomplexe konkrete Fragen entwickelt, die sich jeweils an der Funktion bzw. der Position der Experten richten.

ten orientierten und den aktuellen Kenntnisstand im Projekt berücksichtigten. So lag z.B. der Schwerpunkt in Interviews mit technisch fundierten Experten auf dem Beschneiungssystem; mit Gemeindevertretern wurden Adoptionsstrategien detaillierter besprochen. Folglich entstand ein an das jeweilige Gespräch angepasster Leitfaden mit offen formulierten Fragen und Hypothesen, welche im Rahmen des Interviews den Experten vorgelegt wurden. Dadurch konnten zwischen den unterschiedlichen Akteursgruppen divergierende Interessen oder sich daraus ergebende Konflikte thematisiert und diskutiert werden, ohne das der Expertenstatus des Gesprächspartners in Frage gestellt wurde.

Die Interviewpartner wurden anhand der gewünschten Informationen ausgewählt.

### **5.1.2 Durchführung der Interviews**

Die Interviews wurden zu verschiedenen Zeitpunkten über die Projektlaufzeit verteilt durchgeführt. So konnten Ergebnisse anderer Arbeitsschritte oder neue Fragestellungen, die sich beim Vertiefen in das Projekt ergaben, in die Interviews einbezogen werden. Eine bedeutsame Rolle spielte dabei die schlechte Schneesituation des vergangenen Winters und die Präsenz der Themen Klimawandel und technische Beschneiung in den Medien. Dies sensibilisierte die Bergbahnunternehmen spürbar.

Ein Interview war folgendermassen strukturiert:

1) Einleitung:

- Erklärung des Status der Interviewer
- Kurze Projektbeschreibung: zentrale Fragestellung, Vorstellen der Module, Nennen der Modellregionen, aktueller Projektstand
- Zusammenhang des Expertengesprächs mit dem Gesamtprojekt

2) Interview:

- Gespräch mit dem Interviewpartner zu den festgelegten Themenkomplexen
- Kontrolle der beantworteten Fragen über den Leitfaden

3) Abschluss:

- Offene Fragen
- Eventuell Gespräch im informellen Rahmen

Die Gespräche wurden jeweils mit zwei Interviewern durchgeführt. Dies ermöglichte eine meistens lockere Gesprächsatmosphäre und eine bessere Verfolgung des Gesprächsverlaufs. Ein Interviewer übernahm primär den Fragenpart, der zweite Interviewer achtete auf offene Fragen und wirkte unterstützend. Die Interviews wurden auf Tonband aufgezeichnet und anschliessend transkribiert.

Insgesamt wurden 6 Interviews mit Vertretern der Bergbahnunternehmen und Gemeinden durchgeführt. Die Gespräche dauerten 30 bis 90 Minuten.

### 5.1.3 Auswertung der Interviews

Im Vordergrund der Analyse standen die Erfassung der unterschiedlichen Meinungen und Positionen der Interviewpartner sowie deren Einstellung zu den im Leitfaden benannten Themen- oder Problembereichen. Auf die Auswertung von Betriebswissen wird an dieser Stelle verzichtet. Diese Informationen wurden in anderen Kapiteln des Projektberichtes miteinbezogen und verarbeitet. Im Auswertungsprozess von Experteninterviews sind die jeweiligen Interessen aufzuzeigen und einander gegenüberzustellen. Durch die themenzentrierten Fragestellungen und den iterativen Prozess der Leitfadenerstellung und Informationsgewinnung, die auch andere Informationsquellen als die Experteninterviews einschlossen, wurde der Auswertungsprozess teilweise durch die vorangegangenen Arbeitsschritte unterstützt. Die Vergleichbarkeit der Interviews ist durch den gemeinsam geteilten Kontext der Experten und durch die leitfadenorientierte Interviewführung gegeben. Dabei ging es nicht darum, ein einzelnes Interview so exakt und ausführlich wie möglich zu interpretieren, sondern Problembereiche zu identifizieren, die den einzelnen Fragen des Leitfadens zugeordnet werden können (vgl. Mayer 2006).

Die Auswertung der Experteninterviews orientierte sich an der von Meuser & Nagel (2005) beschriebenen Vorgehensweise und gliederte sich wie folgt:

- Transkription: Grundlage für die Analyse ist die Transkription der auf Tonband protokollierten Interviews.
- Paraphrase: Aufschlüsselung des Textes nach thematischen Einheiten durch textgetreue Wiedergabe in eigenen Worten.
- Überschriften: Thematisches ordnen bzw. zuordnen der paraphrasierten Passagen zu Themen in Form von Überschriften.
- Thematischer Vergleich: Zusammenstellen von Passagen aus verschiedenen Interviews, in denen gleiche oder ähnliche Themen behandelt werden; Vereinheitlichung der Überschriften.
- Soziologische Konzeptualisierung: Gemeinsamkeiten und Differenzen werden unter Berücksichtigung theoretischer Wissensbestände und anderer empirischer Studien in einer wissenschaftlichen Sprache formuliert.
- Theoretische Generalisierung: Einzelne übersetzte Themen werden in ihrem internen Zusammenhang theoretisch geordnet.

Zusätzlich wurden einige wichtige Aussagen der Experten als Zitate übernommen.

## 5.2 Ergebnisse

### 5.2.1 Die Klimaänderung und deren Folgen für die Untersuchungsgebiete als Wintersportdestinationen

Im Verlauf der Interviews wurden die Experten zu Ihrer persönlichen Einstellung zum Thema Klimaerwärmung sowie zu möglichen Folgen für das jeweilige Skigebiet, Adaptionsstrategien und geplanten Gegenmassnahmen befragt.

### *Klimaänderung – ein Thema?*

Die Möglichkeit einer Klimaänderung und insbesondere steigende Durchschnittstemperaturen wird von den Experten divergierend eingeschätzt. Veränderungen fallen den meisten Befragten vor allem während ihrer Freizeitaktivitäten wie Bergsteigen auf. Der signifikante Rückgang der Gletscher ist das markanteste Signal für eine Veränderung. Die mögliche Zunahme von Naturgefahren wie Steinschläge, Stürme und Hangrutschungen beunruhigt die Experten. Jedoch sind zwei der Befragten sehr vorsichtig in der Bewertung von Klimaprognosen oder sogar der Meinung, das sich nichts ändert:

„Dass es wärmer wird, das hat es auch schon früher gegeben. Ich verweise da immer wieder darauf hin, weil man hat schon ganz andere Klima gehabt auch in der Schweiz zu Zeiten wo es noch keine Autos gab. [...] Das ist noch nicht so viele Jahrhunderte her. Und eben deshalb bin ich da auch schon ein klein wenig vorsichtig. Ich kann mir vorstellen, dass die Erwärmung weiter geht und das die Gletscher schwinden und wir darunter leiden werden.“ (Experte Braunwald)

„Ich glaube nicht, dass das Klima immer wärmer wird. Es hat früher schon Winter gegeben, in denen es keinen Schnee hatte. Nur ist man nicht so darauf angewiesen gewesen und es hat da noch nicht das ganze Geschäft dran gehangen. Aber das hat es schon immer gegeben, oder? Aber ich glaube nicht, dass es viel anders wird.“ (Experte Davos)

Die Experten weisen darauf hin, dass Adoptionsstrategien allein nicht genügen, um einer Klimaänderung entgegen zu wirken. Vielmehr müssen auf regionaler und nationaler Ebene präventive Massnahmen ergriffen werden. Insbesondere die Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstosses wird als ganz entscheidende Komponente erachtet. Die Gemeindevertreter sprechen sich ganz klar für die Verantwortung und die Rolle der Gemeinde bei der Förderung innovativer Projekte zum Klimaschutz aus. Die Gemeinde soll eine Vorbildfunktion übernehmen. Aber bis präventive Massnahmen wirken, müssen Adoptionsstrategien erarbeitet werden.

### *Folgen für die Untersuchungsgebiete aus der Sicht der Experten*

Mit der Aufforderung konfrontiert, sich Gedanken über mögliche Folgen einer Klimaänderung und insbesondere steigender Durchschnittstemperaturen im Winter für das jeweilige Skigebiet zu machen, vielen die Antworten der Experten gebietsabhängig unterschiedlich aus.

So rechnet man in Davos längerfristig mit keinen Problemen bezüglich der Schneesicherheit. Man ist sich der komfortablen Stellung aufgrund der Höhenlage bewusst und erwartet keine gravierenden negativen Folgen für die Schneesicherheit der Skigebiete, obwohl der Winter 2006/07 einen Eindruck davon gegeben hat, wie die Winter in Zukunft aussehen könnten:

„Ich habe Respekt davor, aber pessimistisch sein möchte ich nicht, denn das letzte Jahr (2005/06) hat gerade das Gegenteil gezeigt. Das letzte Jahr ist ein kaltes Jahr gewesen.“ (Experte Davos)

„[...] dass in den mittleren Lagen die Schneesicherheit nicht mehr gegeben ist, die Skigebiete sind nicht mehr rentabel und mit der Zeit verschwinden sie sogar. Wenn die Winter so sind, unten zu wenig Schnee, wir können Beschneien und Schneesicherheit garantieren, profitieren wir, so gesehen wie diesen Winter [2006/07].“ (Experte Davos)

Aus den Antworten wird aber auch deutlich, dass Schneesicherheit allein sowie die Möglichkeit der technischen Beschneiung nicht genügen, um das Fortbestehen eines Skigebietes zu sichern. Vielmehr wird dies durch eine Kombination verschiedener Faktoren bestimmt. Einer der Befragten sieht im Zeithorizont von 30-50 Jahren sogar die Möglichkeit, dass die Schneesicherheit auch durch technische Beschneiung in Davos nicht mehr gegeben sein könnte. Wenn diese Situation eintreten sollte, sieht der Experte im Winter keine Alternativen zum Skisport.

In Scuol arbeitet man bewusst mit der Veränderung; man will vorbereitet sein und versucht Strategien zu entwickeln, um einem möglichen Einbruch im Wintergeschäft entgegenzuwirken und neue Gäste zu akquirieren. Durch den Ausbau der Beschneiungsanlagen wird versucht, die Schneesicherheit weiterhin zu gewährleisten.

„[...] wir müssen weiter ausbauen. Das ist die einzige Strategie, um dem entgegen zu wirken. Das einzige was wir machen können. Kämpfen.“ (Experte Scuol)

Aber man ist sich ebenso sicher, dass ein Teil der heutigen Skifahrer sich den Gegebenheiten anpassen wird:

„Ein Teil wird dann umdisponieren und vielleicht andere Reize von der Bergwelt entdecken und sich auf andere Sachen konzentrieren. Aber das wird sicher eine Abnahme geben von der Frequenz. Da bin ich ziemlich überzeugt, dass nicht so viele Leute kommen.“ (Experte Scuol)

Die Bergbahnen in Braunwald werden ebenfalls ihre Strategien entsprechend einer Klimaänderung ausrichten und den Sommertourismus weiterhin fördern. Negative Folgen einer Klimaänderung in Form von zunehmenden Naturgefahren könnten jedoch aus Sicht der Experten Konsequenzen für den Sommertourismus in alpinen Ferienregionen haben.

### 5.2.2 Die Technische Beschneiung aus der Sicht der Experten

In den Interviews wurden die Experten zur Bedeutung der Schneesicherheit, natürlich und künstlich, für die jeweilige Wintersportdestination und daraus resultierend zu ihrer Einstellung gegenüber der technischen Beschneiung befragt. Anhand der Antworten liess sich dieser Themenkomplex in mehrere Subthemen unterteilen, die im Folgenden behandelt werden.

#### *Einstellung der Interviewpartner gegenüber der Beschneiung*

Die Antworten bzw. Meinungen der Befragten stimmten deutlich überein. So empfanden alle Befragten die technische Beschneiung als unerlässliche Massnahme, um zukünftig als Wintersportdestination überleben zu können. Alle untersuchten Wintersportgebiete planen, künftig in Beschneiungsanlagen zu investieren und diese weiter auszubauen, um eine grossflächige Beschneiung und Schneesicherheit gewährleisten zu können. Bei der

Entscheidung der Bergbahnunternehmen hinsichtlich zukünftiger Projekte spielt eine möglichst frühe Saisoneröffnung und die Sicherung des Weihnachtsgeschäftes eine herausragende Rolle. Zur Hochsaison zwischen Weihnachten und Neujahr keine gut präparierten Pisten anbieten zu können, bedeutet für die Skigebiete enorm hohe finanzielle Einbussen. Um dies zu realisieren, bedarf es laut der Experten der Unterstützung durch technische Beschneiung, denn tendenziell fällt im November und Dezember wenig Schnee (vgl. Kap. 8.1.3). Die Unsicherheiten in Bezug auf natürliche Schneefälle im richtigen Moment sind für die Skigebiete zu hoch und werden nicht berücksichtigt. So ist es nach Auskunft der Bergbahnen wichtig, dass vor allem im Frühwinter beschneit werden kann; das Frühjahrsgeschäft hingegen spielt eine untergeordnete Rolle:

„Wenn wir im November und Dezember Schnee wollen, dann müssen wir beschneien.“ (Experte Davos)

„Man muss Schneesicherheit anbieten können. Wir können nicht warten bis der Schnee kommt.“ (Experte Scuol)

„[...] wir haben keine andere Alternative. Wir leben alle vom Tourismus, das ist klar. Und der Wintertourismus ist halt sehr wichtig [...].“ (Experte Scuol)

Lediglich zwei der Befragten äusserten ökologische Bedenken. Diese wurden jedoch an zweite Stelle ihrer Prioritätenrangliste gesetzt. So hatte ein Interviewpartner das Gefühl, dass es bis vor wenigen Jahren nicht so wichtig war, in Beschneiungsanlagen zu investieren. Vor allem fürchtete man mögliche Oppositionen und hielt sich dementsprechend lange zurück. „Skigebiet ohne Beschneiung“ diente sogar als Werbemoment. Heute ist er der Meinung, dass ökologische Konsequenzen akzeptiert werden müssen und dies eine Frage der Prioritätensetzung ist. Ebenso ist die Einstellung der Bürger gegenüber technischer Beschneiung eindeutig positiver als zu Beginn der Einführung in der Schweiz 1970 (vgl. Kap. 4).

Die technische Beschneiung ist für ein Skigebiet unter den heutigen Bedingungen die Voraussetzung, um einen möglichst frühen Saisonstart gewährleisten zu können. Dabei erfüllt Kunstschnne aus der Sicht der Experten unterschiedliche Funktionen (vgl. Abb. 16), die in den nächsten Abschnitten ausführlicher behandelt werden.

#### Funktionen von Kunstschnne aus Sicht der Experten

- Adoptionsstrategie an den Klimawandel
- Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit
- Anpassung an den Konkurrenzdruck
- Frühestmögliche Eröffnung der Wintersaison
- Garantieren von Schneesicherheit
- Steigerung der Pistenqualität
- Anpassung an die gesteigerten Ansprüche der Wintersportler
- Kunstschnne als Marketinginstrument

Abb. 16: Funktionen von Kunstschnne aus Sicht der Experten

### *Schneesicherheit, Konkurrenzkampf und Wettbewerb*

Aus den Expertengesprächen geht eindeutig die grosse Abhängigkeit der Wintersportdestinationen von der Schneesicherheit hervor, um sich im nationalen sowie internationalen Wettbewerb behaupten zu können. An besonderer Bedeutung gewinnt die Funktion von Kunstschnee als Marketinginstrument (vgl. dieses Kapitel):

„Früher hat es auch schneearme Winter gegeben, aber heute hängt viel zuviel am Ganzen.“ (Experte Davos)

„Die Schneesicherheit ist für Davos ein ganz wichtiger Faktor. Ich würde sagen, dass ist fast der Schlüssel.“ (Experte Davos)

Ebenso sind fortwährend Investitionen in modernste Technik von Seilbahn- und Liftanlagen erforderlich, um dem Konkurrenzdruck standhalten zu können und zu überleben. Der Druck für die Skigebiete ist enorm, besonders wenn man vom Wintersport abhängig ist. Dieser Umstand wird von den Experten immer wieder betont:

„Man ist halt ein bisschen unter Druck und wenn man vom Wintertourismus lebt, vor allem auch von Schneetourismus, dann muss man auch in diese Richtung investieren.“ (Experte Scuol)

Sollten die Klimaprognosen eintreten, sehen sich die Davoser Skigebiete eindeutig im Vorteil. Schneesicherheit ist nach Meinung der Befragten in mittleren Lagen zukünftig nicht mehr gewährleistet, sodass Destinationen, die künstlich oder natürlich Schnee garantieren können, eindeutig einen Wettbewerbsvorteil besitzen.

Ein Experte relativiert die Abhängigkeit vom Schnee auf Skipisten allein. Ein genauso bedeutender Faktor wie eine gute Pistenqualität sei die winterliche Landschaft mit verschneiten Bergen und Wäldern.

### *Steigerung der Pistenqualität durch Kunstschnee*

Deutlich herausgestellt wird die qualitätssteigernde Wirkung des Kunstschnees. Die Qualität der Skipisten ist entscheidend für die Zufriedenheit der Gäste und den wirtschaftlichen Erfolg der Bergbahnunternehmen. Die Befragten sind sich einig, dass man heute benötigte Qualitäten nur mit Hilfe von Kunstschnee und einer sorgfältigen Pistenpräparation durch gut geschultes Personal erreicht. Gesteigerte Ansprüche der Gäste an die Pistenqualität und die Entwicklung neuer Trendsportarten und -geräte, im speziellen Carvingski und Snowboard, erfordern Kunstschnee in der Schneedecke einer Skipiste, denn Kunstschnee ist aufgrund seiner Struktur sehr widerstandsfähig, bleibt länger liegen und hält Regenperioden besser stand (vgl. Kap. 1.4.3):

„[...] ein heutiger Skifahrer ist derart anspruchsvoll was die Pisten anbelangt, dass die bestens präpariert und bestens beschneit werden müssen, Punkt. Beschneiung ist, ob man das gut oder schlecht findet, ist heute von entscheidender Wichtigkeit.“ (Experte Davos)

„Und die Qualität... Wenn es auch nur ein bisschen Schnee gibt - mit Kunstschnee machen wir bessere Pisten, sie sind viel besser. Es braucht ein klein bisschen mehr Fräsen, die Maschinen müssen mehr leisten und

wir verbrauchen mehr Diesel. Aber das will der Gast, wir müssen uns nach den Bedürfnissen des Gastes richten.“ (Experte Scuol)

Alle Interviewpartner stellen die gesteigerten Bedürfnisse der Skifahrer besonders heraus. Einer der Befragten beschreibt diese Entwicklung durch einen Vergleich mit früheren Situationen und Handlungsalternativen, wo man andere Ausweichmöglichkeiten wie Ausflüge in benachbarte Seitentäler, Schlitteln o.ä. anbieten konnte, um die Gäste eingermassen zufrieden zu stellen. Heute sieht er derartige Handlungsalternativen als ungenügend an. Ein breites und abwechslungsreiches Angebot im Tourismusort ist notwendig, um den Wintersportler zufrieden zu stellen.

#### *Kunstschnee als Marketinginstrument*

Für die Davoser Skigebiete wird die werbewirksame Funktion von Kunstschnee während des Gesprächs besonders deutlich. Ein früher Saisonstart, welcher nur durch die technische Beschneiung realisiert werden kann, spricht sich herum und zieht nach Ansicht der Experten Wintersportler in die Skigebiete.

Die Befragten in Davos und Scuol sind der Meinung, dass die Gäste vorwiegend in Regionen buchen, welche als schneesicher gelten. Viele informieren sich per Internet über den Saisonstart und den Pistenzustand der Skigebiete. „Kein Schnee“ ist schlechtes Marketing.

#### *Technische Beschneiung in der Zukunft*

In Bezug auf die zukünftige Möglichkeit der Beschneiung, bleiben die Aussagen der Experten eher unbestimmt. Die meisten bewerten diese Problematik eher im Kontext mit weiteren Einflussfaktoren, wie einer eventuellen Veränderung der Nachfrage. Nur einer der Befragten war der Meinung, dass es in Zukunft keine Probleme mit der technischen Beschneiung geben wird. Die folgenden Zitate fassen die geäusserten Gedanken treffend zusammen:

„Ja eben, dass ist die Frage. Wie weit in die Zukunft schauen. Das ist sehr schwierig und das hat nicht nur etwas mit den Schneianlagen zu tun sondern auch mit den Leuten die kommen, mit der Nachfrage usw. Seilbahnen sind ein sehr, sehr grosses Risikogeschäft. Wir sind grossen Trends unterworfen, wir sind Umwelteinflüssen unterworfen, Sicherheit, technischer Sicherheit. Das ist leider so. Ein grosses Risikogeschäft das Ganze.“ (Experte Davos)

„Im Moment kann man sie [die Beschneiungsanlagen] noch benutzen, aber wenn das auch ein Problem wird, dass es nicht einmal genug kalt wird, auch mit Snomax, dann muss man sich wirklich langsam fragen in welche Richtung geht's. Aber dann trifft es alle. Das ist der grosse Vorteil, wenn's alle trifft [...].“ (Experte Scuol)

Nur ein Experte äusserte Bedenken bezüglich der zukünftigen Wasserverfügbarkeit. Er sieht eine Gefahr im Ausbau grossflächiger Beschneiungsanlagen in sehr kleinen Skigebieten.

### 5.2.3 Finanzierung der technischen Beschneiung

Technische Beschneiung ist kostenintensiv; viele Bergbahnunternehmen können diese Kosten zukünftig nicht mehr alleine tragen und sind auf finanzielle Unterstützung angewiesen. Jedoch sollte bei der Planung und beim Ausbau von Beschneiungsanlagen genau überlegt werden, ob diese Investitionen überhaupt noch rentabel sind (vgl. Kap. 3 und Kap. 8).

In Davos werden Ausbau und Unterhalt der Beschneiungsanlagen ausschliesslich durch die Bergbahnen finanziert. Ein Vertreter der Bergbahnen kann sich vorstellen, dass in Zukunft die finanzielle Beteiligung der Gemeinde thematisiert und sich zu einer gemeinsam zu lösenden Frage entwickeln wird. Hingegen sieht ein Gemeindevertreter die Rolle der Gemeinde darin, Verbesserungen der Rahmenbedingungen zu finanzieren. Er schliesst eine generelle Beteiligung der Gemeinde nicht aus, weist jedoch darauf hin, dass dies nur in Form von Aktienanteilen geschehen kann. Solange die Bergbahnen in Davos positive Erträge erwirtschaften, können sie nicht mit einer finanziellen Unterstützung der Gemeinde rechnen. Ein Finanzierungskonzept, wie es in Scuol realisiert wurde (vgl. Abb. 17), ist in Davos aufgrund der besonderen Eigentumsverhältnisse nicht möglich.

Für das Skigebiet Motta Naluns (Scuol) wurde erstmalig ein Modell entwickelt, bei dem sich alle umliegenden Gemeinden finanziell an der Beschneiung der Talabfahrten beteiligen (vgl. Abb. 17). Die Kernkompetenz der Bergbahnen liegt im Bereich der Schneesportgebiete:

„Die Talabfahrt ist eine volkswirtschaftliche Angelegenheit und da müssen uns die Gemeinden unterstützen.“ (Experte Scuol)

Die an der Finanzierung beteiligten Gemeinden haben die grosse Bedeutung des Wintertourismus für die ganze Region erkannt und schliessen auch zukünftige Beteiligungen in Abhängigkeit der Zusammenarbeit der Bergbahnen und der Gemeinden nicht aus, wie ein befragter Gemeindevertreter bestätigen konnte.

In Braunwald wird laut Auskunft der Experten der Neubau von Lift- und Beschneiungsanlagen durch IHG-Darlehen (Investitionshilfe für Berggebiete) und Beteiligungen von Bund und Kanton finanziert.

### Die Technische Beschneiung als Service Public

Ein Modell zur Finanzierung der technischen Beschneiung im Unterengadin.

#### Zahlen und Fakten zum Unterengadin:

- 7'300 EinwohnerInnen
- 10 Gemeinden
- 64 Hotels, 2'500 Betten
- 650 Ferienwohnungen (5'000 Betten)
- ca. 800'000 Logiernächte pro Jahr

Die Gesamtkosten (Investitions- und Unterhaltskosten) für die Beschneiungsanlagen (2000-2010) im Skigebiet Motta Naluns im Unterengadin belaufen sich auf 9.5 Mio. CHF. Diesen Betrag konnten die Bergbahnen Motta Naluns Scuol-Ftan-Sent AG nicht eigenständig tätigen und baten die Gemeinde Scuol um eine Mitfinanzierung der Beschneiung der Talabfahrten. Augrund der regionalwirtschaftlichen Bedeutung der Bergbahnen stimmte die Gemeinde Scuol einer finanziellen Beteiligung mit Geldern aus dem Bodenerlöskonto zu. Das Bodenerlöskonto der Bürgergemeinde Scuol wird aus Gebühren der Bergbahnen für Durchgangsrechte, Restaurant-Pachtzinsen und Dividenden generiert. Bürgergemeinde und politische Gemeinde entscheiden gemeinsam über die Verwendung der Gelder. Diese ist zweckgebunden und darf z.B. „**Für einmalige Beiträge an Kosten von touristischen Anlagen, Einrichtungen und Veranstaltungen, wenn sie von bedeutendem Interesse für den Kur- und Sportort sind.**“ verwendet werden. Nach Zustimmung der Bürgergemeinde konnte 2002 die erste Etappe zur Beschneiung der Talabfahrt nach Scuol finanziert werden. Es wurden 650'000 CHF zur Verfügung gestellt. Als Bedingung für eine finanzielle Beteiligung der Gemeinde Scuol durch Steuergelder an weiteren Etappen der Beschneiungsanlagen, sollten sich die umliegenden Gemeinden ebenfalls integrieren. Alle 10 Unterengadiner Gemeinden stimmten zu und zahlten gemäss einem Verteilschlüssel auf Basis der Logiernächte der Hotels und Parahotellerie im Winter 2001/02 eine einmalige Ausgabe zur technischen Beschneiung der Talabfahrten von insgesamt ca. 2.5 Mio. CHF.

#### Voraussetzungen zur Mitfinanzierung durch die Gemeinden (Parolini 2006):

- Einsicht regionalwirtschaftlicher Bedeutung der Bergbahnen
- Gutes Image der Bergbahnen in der Bevölkerung
- Politischer Wille in Gemeinde und Region
- Beschneiungsanlagen resp. Bergbahndienstleistungen als Service Public

Abb. 17: Die Technische Beschneiung als Service Public: Ein Modell zur Finanzierung der technischen Beschneiung im Unterengadin.

#### 5.2.4 Schneeunabhängige Adoptionsstrategien

Im Interview wurden die Experten zu schneeunabhängigen Adoptionsstrategien im Winter sowie zur Bedeutung des Sommertourismus für die Untersuchungsregionen befragt. Ein Fokus der Gespräche lag dabei im Bereich konkreter Massnahmen, die in den Ferienregionen erarbeitet oder bereits realisiert wurden.

Grundsätzlich versuchen die Tourismusverantwortlichen aller Untersuchungsgebiete Strategien zu entwickeln und konkrete Massnahmen abzuleiten, um den Sommertourismus zu fördern, aber auch schneeunabhängige Alternativen im Winter anzubieten. Die untersuchten Tourismusregionen unterscheiden sich hinsichtlich der Bedeutung des Sommertourismus besonders in Bezug auf die Bergbahnunternehmen.

In Davos hat nach Auskunft der Bergbahnvertreter das Sommertourismus lediglich einen Anteil von maximal 5% am Gesamtumsatz der Bergbahnen. Hier wird versucht, durch kombinierte Angebote wie das „Davos Inclusive“<sup>7</sup> und die Zusammenarbeit verschiedener Akteure, die Benutzung der Bergbahnen durch Übernachtungsgäste während der Sommersaison zu fördern.

Große Potentiale sehen die Davoser Gemeindevertreter in einer Erweiterung der bereits vorhandenen Golfanlagen und im Ausbau des Kongresstourismus. Ebenso wird in neue Angebote wie Reitsport, Ferien auf dem Bauernhof, Mountainbiken oder Inlineskaten investiert. Im Winter werden von den Experten kaum schneunabhängige Alternativen zum Skisport gesehen:

„Für im Winter, jetzt ganz ernsthaft, hab ich keine Ahnung und die Fachleute haben mir auch nicht sagen können, wie man die Berge im Winter nutzen könnte, wenn Null Schnee ist. Vielleicht gibt es etwas, aber es ist mir nicht bekannt.“ (Experte Davos)

In Scuol ist der Sommertourismus für die Gemeinde und die Bergbahnen bedeutender als in anderen Tourismusdestinationen:

„Und wir sind froh, dass wir einen starken Sommer haben. Das ist sehr wichtig.“ (Experte Scuol)

Die Bergbahnen in Scuol haben frühzeitig Massnahmen zum Ausbau des Sommerangebotes eingeleitet und beteiligen sich aktiv an deren Planung und Umsetzung. Ein spezielles „Adventure-Programm“ wurde bereits ausgearbeitet und wird erweitert. Dies umfasst Angebote wie Riverrafing, Downhillbiken, Mountainbiken allgemein und Trottinettvermietung. Ein Konzept für einen Seilpark wurde erarbeitet und wird in diesem Sommer realisiert. Man versucht mit diesem umfangreichen Angebot an verschiedensten Freizeitaktivitäten vor allem Familien anzusprechen, denn:

„Wenn die ganze Familie in den Urlaub fährt, entscheidet nicht mehr allein der Vater wo es hingehört. Nur weil es da schön ist und schöne Natur hat kommen keine Gäste mehr. Die Kinder kommen auch mit und da gibt es Familienkonkurrenz und jeder hat Bedürfnisse, die befriedigt werden müssen.“ (Experte Scuol)

„Den Berg zum Erlebnis machen, das ist das Ziel.“ (Experte Scuol)

Das Sommertourismus lebt nach Ansicht der Experten vom Verkauf von Erlebnissen und einem möglichst breit gefächerten Angebot. Die Scuoler Bergbahnen begeben sich dabei mehr und mehr in den Tourismussektor, denn sie verfügen über die nötigen Ressourcen wie zum Beispiel geschultes und zuverlässiges Personal.

Ebenso profitiert Scuol von der nahen Lage zum Schweizer Nationalpark. Der alljährlich stattfindende Nationalpark-Bikemarathon ist ein bedeutendes Werbemoment für das Un-

---

<sup>7</sup> Die Davos Inclusive Card ermöglicht eine kostenlose Nutzung der Bergbahnen und anderer Freizeitaktivitäten und Leistungen für Sommertouristen, die mindestens eine Nacht in einem kommerziell vermieteten Betrieb (Hotel, Ferienwohnung, Gruppenunterkunft) verbringen.

terengadin und gewinnt von Jahr zu Jahr an Popularität (vgl. Kap. 2.2). Geführte Biketouren im Anschluss an den Marathon werden bereits erfolgreich durchgeführt.

Im Winter werden vor allem für die kleineren Gemeinden im Unterengadin Chancen im „Sanften Tourismus“ gesehen, welcher aber nach Einschätzung der Befragten mit erheblichen finanziellen Einbussen verbunden sein wird. Scuol selber hat ein attraktives Wellnessangebot und mit dem „Bad Scuol“ auch eine anziehende Alternative zum Wintersport.

Für die Bergbahnen in Braunwald sehen die Befragten grosse Potentiale im Sommertourismus und Chancen, den Anteil der Einnahmen am Gesamtumsatz der Bergbahnen im Sommer auf 20 bis 30% zu erhöhen. Es konnten aber noch keine konkreten Auskünfte über bereits vorhandene oder geplante Projekte gegeben werden. Die Interviewten sind der Ansicht, dass längerfristige Strategien auf 25 Jahre eine entscheidende Rolle spielen werden. Braunwald profitiert vor allem von seinem Status als autofreier Kurort, was ihm einen ganz speziellen Charakter verleiht (vgl. Kap. 2.3 und Kap. 4).

### **5.2.5 Zusammenarbeit betroffener Akteure bei der Entwicklung von Strategien**

Die Zusammenarbeit der verschiedenen Interessengruppen wird in Zeiten von Veränderungen und wachsenden Konkurrenzdrucks immer wichtiger, um als Urlaubsregion wettbewerbsfähig zu bleiben und längerfristig überleben zu können.

Ein Gemeindevertreter aus Davos sieht eine wichtige Rolle der Gemeinde darin, den Kontakt zwischen den unterschiedlichen Akteuren herzustellen und dass sie hilft, Kooperationen zu bilden. Die Initiativen für neue Projekte und innovative Massnahmen müssen seiner Ansicht nach aus der Privatwirtschaft kommen; die Gemeinde sollte so wenig wie möglich operativ tätig werden. Er bewertet die Zusammenarbeit zwischen Gemeinde, Bergbahnen, Tourismus sowie anderen Akteuren aus Forschung und dem medizinischen Sektor in Davos als konstruktiv und gut.

Eine andere Form von Kooperationen zeigt sich zwischen den Davoser Bergbahnen und SwissSki. Die Unterstützung des Schweizer Ski-Nationalteams durch die Bergbahnen, indem ausgezeichnete Trainingsbedingungen bereits im November geschaffen werden, fungiert als bedeutsames Marketinginstrument für die Skigebiete.

In Scuol arbeiten die Bergbahnen, die Gemeinde und die Touristiker sehr intensiv zusammen. Alle beteiligten Akteure haben erkannt, dass es Kooperationen bedarf, um sich als Feriendestination im Wettbewerb mit anderen Regionen etablieren zu können. Dabei übernehmen die Bergbahnen vermehrt Kompetenzen aus dem Tourismussektor, werden aktiv, entwickeln eigenständig neue Konzepte und realisieren Massnahmen, von denen die ganze Region profitiert. Im Gegenzug unterstützt die Gemeinde die Vorhaben der Bergbahnen und beteiligt sich an der Finanzierung der Beschneiungsanlagen (vgl. Kap. 5.2.3):

„[...] die Bergbahn ist regionalwirtschaftlicher Bedeutung. Das Sinnbild der Bergbahnen in der Bevölkerung ist wichtig, damit die Bereitschaft oder der politische Wille [zur Unterstützung] überhaupt vorhanden ist. Und ja, in dem Sinne auch erkennen, dass das auch fast wieder ein Service Public ist für unsere touristische Region.“ (Experte Scuol)

Dabei wird darauf geachtet, dass sich die Kompetenzen der Bergbahnen und der Gemeinde auf der operativen Ebene nicht zu stark vermischen.

In Braunwald hat die finanzielle Situation in den letzten Jahren und die Neugründung der Braunwald-Klausenpass Tourismus AG ebenfalls zur Kooperation von Sportbahnen und Tourismusbranche geführt (vgl. Kap. 2.3). Die Befragten sehen in dieser Zusammenarbeit grosse Potentiale, um eine Neuaustrichtung, Positionierung und die Erarbeitung von Strategien für die Ferienregion Braunwald effizient durchführen zu können. Strategische Fehler der Vergangenheit werden versucht durch neue nachfrageorientierte Konzepte und ein an die Klientel angepasstes Angebot auszugleichen. Vor allem werden von den Hoteliers und Ferienwohnungseigentümern Eigeninitiative und der Mut zu Neuem erwartet. Ziel ist es, mit wenig Personalaufwand ein normales bodenständiges Angebot mit einem guten Preis-Leistungsverhältnis aufzubauen.

### 5.2.6 Der Winter 2006/07

In Abhängigkeit vom Interviewzeitpunkt fielen die Antworten auf die Frage zu den aussergewöhnlichen klimatischen Verhältnissen des vergangenen Winters (2006/07) divergierend aus. Zu Beginn des Winters waren die meisten Experten besorgt, einen rechtzeitigen Saisonstart nicht gewährleisten zu können. Ungewöhnlich hohe Temperaturen im Frühwinter machten die technische Beschneiung vielerorts unmöglich. Die erstmalig in diesem Jahr vom Kanton Graubünden erteilte Bewilligung bereits vor dem 1. November beschneien zu können, vorausgesetzt der Boden im beschneiten Gebiet ist zu diesem Zeitpunkt gefroren<sup>8</sup>, konnte z.B. in Scuol aufgrund der warmen Temperaturen nicht ausgenutzt werden.

Ein hochgelegenes Skigebiet wie Davos profitierte von dieser neuen Regelung und nutzte bereits Ende Oktober eine kalte Periode aus, um die Grundbeschneiung zu realisieren. Aus den Gesprächen zeichnet sich eindeutig der Trend ab, zu beschneien wann immer es möglich ist, ohne natürliche Schneefälle in die Überlegungen einzubeziehen.

Davos war ein Gewinner der aussergewöhnlichen Bedingungen. Dank seiner Höhenlage und der grossflächig installierten, modernen Beschneiungsanlagen konnte Davos ab November bis zum Saisonende gute Pistenqualitäten anbieten. Lediglich zu Beginn der Saison war die Anzahl der befahrbaren Pisten reduziert und die gewünschte Pistenbreite konnte noch nicht erreicht werden, aber:

„Und mit [trotz] weniger Pisten konnten wir den Umsatz bewahren und zum Teil noch steigern.“ (Experte Davos)

Als negativ empfanden die Befragten aus Davos die einseitige Berichterstattung der Medien, welche nur über die schlechten Schneebedingungen in den meisten Schweizer Skigebieten informierten:

„Dieser Winter, dass muss man auch noch sagen, die Leute sind zu wenig informiert gewesen über die guten Schneebedingungen hier oben.“ (Experte Davos)

---

<sup>8</sup> Vgl. Jur (2006)

Braunwald spürte die schlechte Situation im Frühwinter vor allem am Rückgang der Tagstouristen.

Alle Interviewten haben die aussergewöhnliche Temperatur- und Schneesituation im vergangenen Winter als besorgniserregend wahrgenommen. Insbesondere wichen die hohen Temperaturen im Frühwinter von den langjährigen Erfahrungen der Experten ab:

„So ein Winter wie jetzt ist schon extrem. Dass es keinen Schnee hat, hat es schon immer gegeben, aber dass es so lange so warm ist, dass hab ich noch nicht erlebt.“ (Experte Davos)

### 5.3 Diskussion

Für die vorliegende Studie wurden im Winter 2006/07 Experteninterviews mit Vertretern der Gemeinden und der Bergbahnen in den Untersuchungsgebieten Davos, Scuol und Braunwald durchgeführt und qualitativ ausgewertet. Angesichts der limitierten Anzahl von Interviews können keine allgemeingültigen Regeln zum Umgang mit der Klimaänderung abgeleitet werden. Jedoch spiegeln die Antworten die speziellen Eigenschaften der drei Modellregionen als Beispiele für ähnliche Tourismusorte wieder. Befragt wurden die Experten zum Beschneiungssystem, ihrer Einstellung zur Klimaänderung, der technischen Beschneiung als Adoptionsstrategie sowie weiteren möglichen oder bereits realisierten Massnahmen, um das Fortbestehen des Untersuchungsgebietes als Tourismusort zu sichern.

Die meisten der Interviewten sind sich den Folgen einer Klimaerwärmung für den Wintertourismus und die Zukunft des jeweiligen Skigebietes bewusst. In ihren Überlegungen zu möglichen Handlungsstrategien und der Planung von Massnahmen arbeiten sie ganz bewusst mit den Gegebenheiten vor Ort. Die Vertreter der Gemeinden und Bergbahnen der drei untersuchten Ferienregionen haben erkannt, dass es von entscheidender Bedeutung ist, sich diesen Voraussetzungen entsprechend zu positionieren und sich auf ändernde Klimabedingungen einzustellen. Dabei wird oft betont, dass dies im Kontext mit anderen Entwicklungen wie zum Beispiel der touristischen Nachfrage geschehen muss. Das Sommerangebot sollte grundsätzlich mehr ausgebaut werden. Dabei gilt es vor allem mit vorhandenen Ressourcen zu arbeiten, gebietsspezifische Gegebenheiten auszunutzen sowie die Gästestruktur der Ferienregion in die Planung von Massnahmen einzubeziehen. Die Zusammenarbeit betroffener Akteure und die Bildung von Kooperationen gewinnen in Zeiten steigenden Konkurrenzdrucks immer mehr an Bedeutung.

Die Errichtung von grossflächigen Beschneiungsanlagen ist für die Bergbahnen die entscheidende Massnahme zur Sicherung der Skisaison und zur Aufrechterhaltung der nationalen sowie internationalen Wettbewerbsfähigkeit als Wintersportdestination. Die technische Beschneiung dient heute nicht allein dem Überbrücken schneearmer Perioden, sondern erfüllt verschiedene Funktionen, wie z.B. die Steigerung der Skipistenqualität oder der Einsatz von Kunstschnne als Marketinginstrument.

Im Winter 1992/1993 führte Abegg (1996) eine schriftliche Umfrage über Schneearmut und Klimaänderung bei den Bündner Verkehrsvereinen durch. Diese Evaluation erfasste die Meinungen von Touristikern aller grösserer Tourismusorte Graubündens und kann nur bedingt mit den speziell auf die drei Untersuchungsgebiete ausgerichteten Ergebnissen der Experteninterviews verglichen werden. Dennoch lassen sich tendenziell Veränderungen der Einstellungen im Tourismussektor Tätiger ableiten. Die Ergebnisse der Befra-

gung von 1992/1993 können stichpunktartig wie folgt zusammengefasst werden (Elsasser et al. 2000; Elsasser & Messerli 2001):

- Keiner der Antwortenden stellte die Möglichkeit einer Klimaänderung prinzipiell in Frage.
- Eine Mehrheit befürwortete den vermehrten Einsatz von Beschneiungsanlagen, aber mit gewissen Einschränkungen – „ja, aber nur partiell“.
- Es wurden kaum Alternativen zum Skitourismus gesehen.
- Strategien und Massnahmen: Ankurbelung der Sommersaison und Förderung von schneeunabhängigen Angeboten auch im Winter.

Ähnlich wie bei der Umfrage 1992/1993 bezweifelte auch in den von uns durchgeführten Experteninterviews keiner der Befragten die Klimaänderung grundsätzlich. Dennoch gingen die Meinungen weit auseinander. Einige Experten äusserten sich eher zurückhaltend und misstrauisch gegenüber zukünftigen Klimaprognosen; andere sehen eindeutige Signale im Abschmelzen der Gletscher, in der Zunahme von Naturgefahren sowie in den deutlich höheren Durchschnittstemperaturen wie sie im letzten Winter (2006/07) zu beobachten waren und sind besorgt um die Zukunft des Wintersports.

Eine Änderung lässt sich auch in der Haltung gegenüber der technischen Beschneiung feststellen. Wurde der vermehrte Einsatz von Beschneiungsanlagen anfangs der 1990er Jahre zwar generell befürwortet, aber vorsichtig auf den partiellen Einsatz hingewiesen, so handhaben die befragten Experten das Thema heute sehr selbstbewusst und nutzen die Garantie der Schneesicherheit durch Kunstschnee aktiv zur Risikoabsicherung und als Marketinginstrument.

In Bezug auf touristische Alternativen zum Wintersport und auf den Ausbau des Sommerangebotes fielen die heutigen Antworten der Experten gebietsabhängig unterschiedlich aus. Die Experten in den tiefergelegenen kleinen Ferienregionen Scuol und Braunwald sehen grosse Potentiale auch für die Bergbahnenunternehmen im Sommertourismus. Dennoch werden die Möglichkeiten laut Einschätzungen der Befragten mit finanziellen Einbussen verbunden sein, sollte der Skitourismus als Einnahmequelle gänzlich wegfallen. Besonders in Scuol haben die Bergbahnen begonnen, sich umzuorientieren, in alternative Tourismusangebote zu investieren und Massnahmen aktiv umzusetzen (vgl. Kap. 5.2.4). Die Verantwortlichen haben erkannt, dass man nicht mehr warten kann, sondern handeln muss. In Davos ist das Wintergeschäft von herausragender Bedeutung für die Bergbahnen. Aufgrund der komfortablen Höhenlage wird Wintersport in Davos auch in nächster Zukunft möglich sein (vgl. Kap. 8). Die Sommersaison wird z.B. durch kombinierte Angebote von Bergbahnen und Gemeinde zunehmend gefördert.

### *Gebietsspezifische Strategien und Empfehlungen*

Differenzen zwischen den Untersuchungsgebieten sind vor allem durch die Grösse, die Lage, die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und die Gästestruktur bedingt (vgl. Kap. 2). Dies wurde während der Interviews von den Befragten immer wieder betont. Stellvertretend für Ferienregionen mit ähnlichen Rahmenbedingungen werden die wichtigsten, sich in den Interviews herauskristallisierenden Punkte im folgenden kurz zusammengefasst.

### *Davos*

Ca. 100 Tage im Jahr ist der Wintersport das Kerngeschäft in Davos; der alpine Skisport ist das wichtigste Segment im Tourismus. Die fünf Skigebiete in und um Davos ziehen, unterstützt durch viele Veranstaltungen wie Musikevents, Snowboardcontests, Skirennen etc., eine breite Klientel an und konnten sich jeweils auf einen bestimmten Kundenkreis konzentrieren. Diese kundorientierte Strategie wird von den Bergbahnen zukünftig intensiviert.

„Die Bergbahnen sind der Motor für die ganze riesige Region.“ (Experte Davos)

Der Sommer hat noch einen unbedeutenden Anteil am Umsatz der Bergbahnen, aber es wird versucht, auch in der Sommersaison zukünftig ein gutes Angebot zu schaffen. Bereits realisierte Kombi-Angebote im Sommer, wie das „Davos Inclusive“ (vgl. Kap. 5.2.4), ziehen neue Gäste an und tragen zur Qualitätssteigerung der Feriendestination und zur Bindung der Gäste an den Tourismusort bei.

Aufgrund seiner Grösse verfügt Davos über verschiedene Standbeine: Ein florierendes Gewerbe, die Landwirtschaft und vier Forschungsinstitute, welche Arbeitsplätze schaffen und Davos als Forschungsstandort international bekannt machen. Der Kongresstourismus als Ergänzung zum Wintertourismus wird durch die geplante Erweiterung des Kongresszentrums weiterhin gefördert und ausgebaut. Die Davoser Experten erachten es als wichtig, sich zu spezialisieren und gleichzeitig zu diversifizieren, sich verschiedene Standbeine zu schaffen und diese zu pflegen.

Die Davoser Experten sehen die Wintersportdestination aufgrund der Höhenlage durch eine Klimaerwärmung nicht primär gefährdet. Sie sind der Meinung, dass die Schneesicherheit mittel- bis längerfristig, natürlich und gegebenenfalls künstlich, garantiert werden kann.

### *Scuol*

Scuol ist aufgrund seiner Lage und Infrastruktur eine Feriendestination und relativ unabhängig vom Tagestourismus. Ein früher Saisonstart bestimmt weit weniger über den wirtschaftlichen Erfolg der Wintersaison wie in Davos. Dennoch ist ein frühestmöglicher Beginn der technischen Beschneiung entscheidend für die Skisportbedingungen und den Erfolg des Weihnachtsgeschäfts im Skigebiet Motta Naluns. Scuol liegt in einem inneralpinen Trockental und gehört zur zweittrockensten Region der Schweiz. Im Frühwinter bildet sich oft einen Kältesee im Tal, welcher wärmere Temperaturen in der Höhe zur Folge hat. Die langanhaltende Inversionswetterlage im November 2006 war nach Auskunft der Experten ein grosses Problem für die Beschneiung des Skigebietes. Mit diesen spezifischen Gegebenheiten arbeiten die Bergbahnen und planen zukünftige Investitionen in Beschneiungsanlagen und den Ausbau der Liftanlagen im Hinblick auf die Bedürfnisse der Feriengäste. Vor allem Familien und Stammgäste werden von dem mittelgrossen Skigebiet angezogen und erwarten ein breites Angebot an Aktivitäten und eine gut ausgebauten Infrastruktur. So wird 2008/09 die alte Zubringerbahn ersetzt sowie ein neuer Sessellift gebaut.

Das Winterangebot als Feriendestination für Familien ist vielfältig: Beschneite Langlaufloipen, Winterwanderwege, Pferdeschlittenfahrten, beschilderte Schneeschuhtouren und

eine gut präparierte Schlittelbahn sowie die Möglichkeit, neue Trendsportarten wie Airboarden auf dafür gekennzeichneten Pisten ausüben zu können, ergänzen das abwechslungsreiche Angebot. Zugleich bietet Scuol ein breites Spektrum schneearmabhängiger Alternativen, wie das Bad Scuol mit einem attraktiven Wellnessangebot.

Ein Problem für eine Erweiterung des Tourismussektors ist die begrenzte Anzahl an Gästebetten. Die Investition in innovative Projekte und die Förderung der Hotellerie sind wichtig bei zukünftigen Planungen und fester Bestandteil der Entwicklungsstrategien. So wird nächstes Jahr der Bau einer Jugendherberge mit 160 Betten durch die Unterstützung der Gemeinde und der Bergbahnen realisiert.

Der Sommertourismus hat in Scuol einen höheren Stellenwert als in anderen Tourismusdestinationen. Die nahe Lage zum Schweizer Nationalpark ist für Scuol von grossem Vorteil (vgl. Kap. 5.2.4). Scuol als mittelgrosse Feriendestination ist eine Gemeinde, welche von seiner geografischen Situation im Sommer profitiert. Die gute Zusammenarbeit aller am Tourismus beteiligter Akteure, die zielstrebig die Umsetzung innovativer Projekte und die Investition in ein umfangreiches Alternativangebot im Winter wie im Sommer werden der Gemeinde Scuol und dem Skigebiet Motta Naluns helfen, sich im Wettbewerb mit anderen Feriendestinationen zu etablieren.

### *Braunwald*

Braunwald liegt im Einzugsgebiet von Zürich und profitiert von einem ausgeprägten Tagstourismus. Das begrenzte Skipistenangebot bestimmt die Strategie: Als autofreier Kurort profitiert Braunwald vor allem von Familien und Kurgästen, welche die kleine Gemeinde als Naherholungsgebiet nutzen.

Mit dem Zwäärg Baartli Weg<sup>9</sup>, Indianerlagern für Kinder, einem Klettergarten, Klettercamps für Jugendliche und vier Klettersteigen unterschiedlicher Schwierigkeitsgrade bietet Braunwald umfangreiche Sommeraktivitäten und hat ideale Voraussetzungen, um sich von anderen Tourismusdestinationen abzuheben. Die Gemeinde muss sich eindeutig positionieren, Eigeninitiativen sind gefragt, damit sich Braunwald als Feriendestination und Naherholungsgebiet für Familien und Kurgäste etablieren kann.

**Fazit:** Die Tourismusorte in den Schweizer Alpen werden bereits mit den Folgen des Klimawandels konfrontiert. Höher gelegene Regionen profitieren momentan von steigenden Durchschnittstemperaturen im Winter. Die Möglichkeit technisch Schneien zu können, wird in Skigebieten wie Davos voraussichtlich bis mind. 2050 gegeben sein (vgl. Kap. 8). Trotzdem wird es für alle Tourismusdestinationen in den Alpen immer wichtiger, sich auf die eigenen Stärken zu konzentrieren, ein an die Nachfrage angepasstes Angebot zu erstellen und mit den spezifischen Gegebenheiten der Region zu arbeiten. Eine Garantie der Schneesicherheit allein hilft nicht, um sich im Wettbewerb mit anderen Tourismusorten zu etablieren.

---

<sup>9</sup> Fünf nachgebaute Originalschauplätze des in Braunwald geschriebenen Märchens können im Sommer von Familien auf einer kleinen Wanderung besucht werden.



## 6 Ressourcenverbrauch der technischen Beschneiung

*Autorin: Corina Lardelli*

Der Strom- und Wasserverbrauch für die technische Beschneiung gibt immer wieder Anlass zu kontroversen Diskussionen (Fogal 2007, Keiser 2007). Bisher wurden in verschiedenen wissenschaftlichen Studien die durchschnittlichen Strom- und Wasserverbrauchswerte der technischen Beschneiung für eine Pistenfläche von einem Hektar abgeschätzt (Mayer et al. 2007; Fachverband der österreichischen Seilbahnen 2006; Hahn 2004; Meerkamp van Embden 1999). Hahn (2004) berechnete die Strom- und Wasserverbrauchswerte der technischen Beschneiung für den gesamten Alpenraum und verglich sie mit dem Ressourcenverbrauch von europäischen Städten und 4-Personenhaushalten. Vergleiche mit dem Wasser- und Energieverbrauch einer Tourismusdestination sowie mit dem Ressourcenverbrauch durch andere touristische Aktivitäten innerhalb einer Destination wurden bisher kaum durchgeführt (Mayer et al. 2007).

Im folgenden Kapitel werden deshalb Wasser- und Stromverbrauch für die Beschneiung der Skigebiete in den drei Untersuchungsregionen Davos, Scuol und Braunwald analysiert und zum Wasser- und Energieverbrauch anderer touristischer Aktivitäten ins Verhältnis gesetzt. Ferner werden die ermittelten Verbrauchswerte für die Beschneiung sowohl mit dem regionalen als auch mit dem nationalen Ressourcenverbrauch verglichen.

### 6.1 Methoden

*Strom- und Wasserverbrauch für die technische Beschneiung der untersuchten Skigebiete*

Für die Analyse des Strom- und Wasserverbrauchs durch die technische Beschneiung wurden verschiedene Datenquellen verwendet. Zum einen wurden Angaben aus der Fachliteratur berücksichtigt, zum anderen dienten die Aussagen der Bergbahnverantwortlichen und der Umweltbeauftragten der Gemeinden zum Strom- und Wasserverbrauch der technischen Beschneiung in den Untersuchungsgebieten als Datengrundlagen. Insbesondere die Angaben zum Stromverbrauch weisen je nach örtlichen Gegebenheiten und Beschneiungssystemen grosse Spannweiten auf. In manchen Skigebieten war es aufgrund fehlender separater Stromzähler schwierig, den Stromverbrauch der Beschneiung vom gesamten Stromverbrauch der Bergbahnen getrennt zu analysieren. Nur die Bergbahnen Motta Naluns in Scuol konnten eine detaillierte Stromabrechnung zur Verfügung stellen. Die Datengrundlagen in den übrigen Untersuchungsgebieten beruhen auf Erfahrungswerten und Schätzungen. Zur Verifikation dieser Daten wurden Angaben aus der Fachliteratur hinzugezogen.

*Vergleich mit dem Ressourcenverbrauch für andere touristische Aktivitäten sowie dem der Gemeinden*

Im nächsten Schritt wurde der Strom- und Wasserverbrauch für die technische Beschneiung der Skigebiete mit den Verbrauchswerten anderer touristischer Angebote in den Un-

tersuchungsregionen sowie mit dem gesamten Energie<sup>10</sup>- und Wasserverbrauch der evaluierten Gemeinden verglichen.

Für die Gemeinde Davos konnte für diesen Vergleich auf die Daten der im Jahr 2006 erstellten detaillierten Energiebilanz zurückgegriffen werden (SLF 2006). Weil die aktuelle Klimaentwicklung verschiedenen klimaaktiven Gasen wie dem CO<sub>2</sub> zugeschrieben wird, wurden im Rahmen der genannten Studie für die Gemeinde Davos nicht nur die Energieverbrauchswerte (Strom, Heizöl, Treibstoffe etc.), sondern auch die damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen analysiert, welche in die nachfolgenden Auswertungen mit einbezogen werden<sup>11</sup>.

In der Gemeinde Scuol wurden Daten zum Strom- und Wasserverbrauch ausgewählter touristischer Aktivitäten vom Kraftwerk EE-Energia Engiadina zur Verfügung gestellt.

Von der Gemeinde Braunwald waren keine Daten zum Ressourcenverbrauch erhältlich.

Abschliessend wurde der Strom- und Wasserverbrauch für die technische Beschneiung gemäss den Angaben der beschneiten Pistenflächen in Kapitel 1.5 und basierend auf den in der Literatur angegebenen Spannweiten für die Schweiz und den Alpenraum berechnet.

## 6.2 Ergebnisse

### 6.2.1 Strom- und Wasserverbrauch der technischen Beschneiung

In der Fachliteratur sind keine exakten Daten zum Strom- und Wasserverbrauch von Beschneiungssystemen zu finden, da die Verbrauchswerte je nach Beschneiungssystem, klimatischen Bedingungen und Standort variieren. In Tab. 16 und Tab. 17 sind die aus der Literatur entnommenen Spannweiten des Strom- und Wasserverbrauchs für die technische Beschneiung unter Berücksichtigung dieser verschiedenen Bedingungen aufgeführt (Mayer et al. 2007, Fachverband der österreichischen Seilbahnen 2006, Hahn 2004, Lutz 2001, Meerkamp van Embden 1999):

Tab. 16: Benötigte Wassermengen für die Erzeugung von technischem Schnee.

	<b>Wassermenge (l)</b>	<b>Wassermenge (m<sup>3</sup>)</b>
1m <sup>3</sup> technischer Schnee	200 – 500	0.2 – 0.5
1 ha technischer Schnee bei 30 cm Schneehöhe	600'000 – 1'500'000	600 – 1'500

Tab. 17: Benötigte Strommengen für die Erzeugung von technischem Schnee.

	<b>Strommenge (kWh)</b>
1m <sup>3</sup> technischer Schnee	1.5 - 9
1 ha technischer Schnee bei 30 cm Schneehöhe	5'000 – 27'000

Im folgenden werden Strom- und Wasserverbrauch für die Beschneiung der Skigebiete in Davos, Scuol und Braunwald analysiert und erläutert.

<sup>10</sup> Unter dem Begriff „Energie“ wird dabei der gesamte Verbrauch von fossilen Brennstoffen und elektrischem Strom verstanden.

<sup>11</sup> Das methodische Vorgehen zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und den gewählten Emissionsfaktoren ist im Detail in der vom SLF verfassten Studie (SLF 2006) beschrieben.

### 6.2.1.1 Skigebiete Parsenn/Gotschna und Jakobshorn (Davos)

Die fünf Skigebiete in der Region Davos/Klosters (Parsenn/Gotschna, Jakobshorn, Rinerhorn, Madrisa, Pisch) weisen insgesamt eine Pistenlänge von 284 km auf (Davos Tourismus 2004). Davon werden rund 17% der Skipisten technisch beschneit.

Das Skigebiet **Parsenn/Gotschna** hat mit 125 km den grössten Pistenanteil. Auf Parsenn/Gotschna werden rund 20% der Pisten technisch beschneit. Bei einer durchschnittlichen Pistenbreite von 60 m entspricht dies einer beschneiten Fläche von 150 ha.

Nach Angaben des Skigebietes werden pro Saison rund 1.7 Mio. kWh Strom für die technische Beschneiung verbraucht (mündliche Aussage 2007, siehe Tab. 19).

Der saisonale Wasserverbrauch beläuft sich gemäss mündlicher Aussage vom Skigebiet auf rund 300'000 m<sup>3</sup> Wasser. Die Wasserversorgung für die technische Beschneiung setzt sich aus folgenden Quellen zusammen:

- Das Fassungsvermögen des Speichersees Totalp beträgt 100'000 m<sup>3</sup>. Die Speisung des Sees erfolgt aus dem natürlichen Einzugsgebiet, aus dem betriebseigenen Trinkwassernetz sowie aus dem Überlauf der Quellen am Rande der Parsennhütte. Die Fülldauer des Sees beträgt ungefähr 85 Tage (Davos Tourismus 2007).

Tab. 18: Speichersee Totalp: Rechnerische Wassermengen in 85 Tagen.

Quelle	Menge
Natürliches Einzugsgebiet (Schneeschmelze, Regen- und Sickerwasser)	17'300 m <sup>3</sup>
Überlauf von fremden Quellen	58'500 m <sup>3</sup>
Betriebseigene Trinkwasserquellen	20'500 m <sup>3</sup>
Total in 85 Tagen	96'300 m <sup>3</sup>

Der See wird pro Saison durchschnittlich knapp 1.3 mal geleert. Dies entspricht einer Wassermenge von 130'000 m<sup>3</sup>. Wenn der See geleert ist, wird er mit Wasser aus dem Davoser See, welches hochgepumpt werden muss, aufgefüllt.

- Mit Wasser aus dem Davoser See wird die Talabfahrt nach Davos und die Piste „Oberer Standard“ zwischen Mittelstation Höhenweg und Weissfluhjoch technisch beschneit.

Im Skigebiet **Jakobshorn** werden 45% (151 ha) der Pistenfläche technisch beschneit. Für die Beschneiung sind 34 Propellermaschinen und 20 Lanzen im Einsatz. Die Grössenordnung der beschneiten Pistenfläche ist in den Skigebieten Jakobshorn und Parsenn/Gotschna mit je ca. 150 ha flächenmässig identisch (siehe Tab. 19). Aufgrund dieser Tatsache ist der saisonale Strom- und Wasserverbrauch für die technische Beschneiung ähnlich. Zum Stromverbrauch der Beschneiungsanlagen auf dem Jakobshorn gibt es keine detaillierten Angaben (siehe Tab. 19). Der Wasserverbrauch beläuft sich auf ca. 300'000 m<sup>3</sup> (mündliche Aussage 2007). Die Wasserversorgung für die technische Beschneiung setzt sich aus folgenden Quellen zusammen:

- Der Speichersee auf dem Jakobshorn fasst rund 50'000 m<sup>3</sup> Wasser. Er wird drei bis vier mal pro Saison geleert. Dies entspricht einem Wasserverbrauch von 150'000 bis 200'000 m<sup>3</sup>. Der See wird zum einen mit Schmelz-, Regen- und Sickerwasser gespeist, zum anderen werden betriebseigene Trinkwasserquellen und Überlaufwasser von fremden Quellen genutzt, um den See zu füllen.

- Ungefähr 100'000 m<sup>3</sup> Wasser werden zusätzlich aus betriebseigenen und fremden Quellen verwendet, um die Talabfahrten zu beschneien.

#### 6.2.1.2 Skigebiet Motta Naluns (Scuol)

Im Skigebiet **Motta Naluns** oberhalb von Scuol stehen rund 130 Lanzen bereit, um 24 der 80 km langen Piste zu beschneien. Hinzu kommen 10 Propellerkanonen für den punktuellen Einsatz. Insgesamt werden 144 ha (30%) des Skigebietes technisch beschneit.

Für die technische Beschneiung werden pro Jahr rund 1.2 Mio. kWh Strom verbraucht (Bergbahnen Motta Naluns 2006). Die Kosten für die technische Beschneiung belaufen sich bei einem Strompreis von 10-11 Rp. pro kWh auf rund 120'000 CHF pro Jahr.

Im Jahr 2003 wurde unterhalb der Bergstation ein Speichersee gebaut, welcher 50'000 m<sup>3</sup> Wasser fasst. Dieser wird zur Hälfte mit eigenem Quellwasser und zur andern Hälfte mit Trinkwasser der Gemeinden Scuol und Sent aufgefüllt. Wenn dieses Trinkwasser nicht zum Füllen des Sees genutzt wird, wird es für die Stromproduktion verwendet (Dieziger 2006). Insgesamt werden durch die technische Beschneiung 200'000 m<sup>3</sup> Wasser pro Saison verbraucht (siehe Tab. 19). Rund 80'000 m<sup>3</sup> werden dabei dem Speichersee entnommen (der Speichersee wird zweimal gefüllt), die restlichen 120'000 m<sup>3</sup> kommen direkt aus den Trinkwasserquellen.

#### 6.2.1.3 Skigebiet Braunwald

Die Pistenlänge im Skigebiet **Braunwald** beträgt 25 km. Bei durchschnittlich 60 m breiten Pisten ergibt dies eine Pistenfläche von rund 150 ha. In Braunwald erfolgt die Beschneiung nur punktuell. Es werden 7 Schneekanonen und 6 Lanzen eingesetzt. Die beschneite Fläche beträgt insgesamt 4.3 ha.

Der Strombedarf für die Beschneiung beläuft sich auf 14'190 – 21'000 kWh (siehe Tab. 19). Zum Wasserverbrauch für die Beschneiung gibt es keine detaillierten Angaben.

#### 6.2.1.4 Die Untersuchungsgebiete im Vergleich

In Tab. 19 werden die saisonalen Strom- und Wasserverbrauchswerte für die technische Beschneiung der Skigebiete in den Untersuchungsgebieten mit den in Tab. 16 und Tab. 17 aufgeführten Spannweiten der Literatur verglichen.

Tab. 19: Strom- und Wasserverbrauchswerte für die Kunstsneeproduktion in den Skigebieten der Untersuchungsgebiete (2006). Der Strom- und Wasserverbrauch für die technische Beschneiung in den einzelnen Untersuchungsgebieten wurde gemäss den Spannweiten in der Literatur auf die beschneite Fläche hochgerechnet und mit den tatsächlichen Verbrauchswerten verglichen.

<b>Berechnete Strom- und Wasserverbrauchswerte für die Kunstsneeproduktion in den Untersuchungsgebieten (Die Berechnung erfolgte mit Hilfe der Spannweiten in der Literatur)</b>						<b>Effektiver Strom- und Wasserverbrauch für die Kunstsneeproduktion in den Untersuchungsgebieten (2006)</b>		
	Pistenlänge (km)	Pistenfläche (ha)	Anteil der beschneiten Pistenfläche (%)	Beschneite Pistenfläche (ha)	Stromverbrauch für die beschneite Pistenfläche, berechnet gemäss Spannweiten in der Literatur (kWh)	Wasserverbrauch für die beschneite Pistenfläche, berechnet gemäss Spannweiten in der Literatur (m <sup>3</sup> )	Stromverbrauch für die beschneite Pistenfläche gemäss Aussagen Skigebiet (kWh)	Wasserverbrauch für die beschneite Pistenfläche gemäss Aussagen Skigebiet (m <sup>3</sup> )
Spannweite gemäss Literatur (siehe Tab. 16 und Tab. 17)				1	5'000 – 27'000	600 - 1500		
Parsenn/Gotschna (Davos/Klosters)	125	750	20	150	750'000-4'000'000	90'000-225'000	Ca. 1'700'000	Ca. 300'000
Jakobshorn (Davos)	56	336	45	151	750'000-4'000'000	90'000-225'000	Keine Angaben	Ca. 300'000
Motta Naluns (Scuol)	80	480	30	144	720'000-3'900'000	86'000-216'000	1'000'000-1'250'000	Ca. 200'000
Braunwald	25	150	2.8	4.3	21'000-116'000	2'600-6'500	Ca. 14'000-26'000	Keine Angaben

Der saisonale Stromverbrauch für die Kunstsneeproduktion in den Untersuchungsgebieten befindet sich im unteren bis mittleren Bereich der in der Literatur angegebenen Spannweiten von 5'000 kWh – 27'000 kWh pro Hektar. Dies hat unter anderem damit zu tun, dass für die Wasserpumpensysteme aufgrund der höher gelegenen Speicherseen weniger Strom aufgewendet werden muss. Die teilweise eingesetzten Lanzensysteme sind zudem energieeffizienter als Propellermaschinen.

Die Werte für den saisonalen Wasserverbrauch in den Untersuchungsgebieten befinden sich im oberen Bereich der in der Literatur angegebenen Spannweiten. Ein Grund dafür ist die Tatsache, dass auf einigen Pisten infolge des steinigen Untergrundes mehr als 30 cm Kunstsneee produziert und deshalb mehr Wasser verbraucht wird.

### 6.2.2 Stromverbrauch durch technische Beschneiung im regionalen und nationalen Vergleich

In diesem Kapitel wird der Stromverbrauch für die technische Beschneiung der untersuchten Skigebiete mit dem Energieverbrauch anderer touristischer Aktivitäten innerhalb der jeweiligen Region verglichen und zum gesamten Energieverbrauch der Gemeinde ins Verhältnis gesetzt. Zudem wird der Stromverbrauch der technischen Beschneiung gemäss den Angaben der beschneiten Pistenflächen in Kapitel 1.5 für die Schweiz und den Alpenraum berechnet.

Für die Gemeinde Braunwald konnte diese Analyse nicht durchgeführt werden, da leider keine detaillierten Angaben zum Energieverbrauch zur Verfügung standen.

#### 6.2.2.1 Gemeinde Davos

Da für diese Untersuchung auf die detaillierte Energiebilanz von Davos 2005 (SLF 2006), zurückgegriffen werden konnte, werden im folgenden nicht nur der Stromverbrauch, sondern auch der Verbrauch weiterer Energieträger (Heizöl, Diesel etc.) und die damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen betrachtet.

Gemäss der Davoser Energiebilanz vom Jahr 2005, welche in Zusammenarbeit mit dem Umweltbeauftragten der Gemeinde entstand, wurden in Davos insgesamt rund 510 Mio. kWh Energie verbraucht (SLF 2006). Davon wurden ca. 26% in Form von Strom genutzt; 70% wurden aus fossilen Energieträgern erzeugt (siehe Tab. 20).

In Tab. 20 sind der Energieverbrauch und die damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen ausgewählter touristischer Aktivitäten im Verhältnis zum gesamten Energieverbrauch der Gemeinde Davos aufgeführt. Die Tabelle zeigt, dass in Davos am meisten Energie für die Produktion von Wärme benötigt wird<sup>12</sup>. Der Energieverbrauch durch Erst- und Zweitwohnungen für die Wärmeerzeugung (Heizen, Warmwasser) hat mit 32% den höchsten Anteil am Gesamtenergieverbrauch der Gemeinde (siehe Tab. 20).

Der Verkehr stellt in der Landschaft Davos die zweit grösste Energieverbrauchergruppe dar, wobei der Personenverkehr im Vergleich zu den schweren Nutzungsfahrzeugen in der Summe dreimal mehr Energie verbraucht.

<sup>12</sup> Die Wärmeerzeugung erfolgt in Davos zu 85% durch Ölfeuerungsanlagen. Die Erst- und Zweitwohnungen verbrauchen mit rund 60% am meisten Heizöl und verursachen somit auch die höchsten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Diese hohen CO<sub>2</sub>-Emissionswerte stehen in engem Zusammenhang mit dem Wärmebedarf. In Davos ist die durchschnittliche Anzahl Heizgradtage aufgrund der kälteren klimatischen Bedingungen um 60-70% höher als im schweizerischen Mittelland.

Tab. 20: Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen für verschiedene ausgewählte touristische Aktivitäten im Vergleich zum gesamten Energieverbrauch der Gemeinde Davos (2005)<sup>13</sup>.

	Energieverbrauch in kWh/Jahr	Anteil am Energieverbrauch in %	CO <sub>2</sub> -Emissionen in t/Jahr	Anteil an CO <sub>2</sub> -Emissionen in %
<b>Gesamter Energieverbrauch von Davos im Jahr 2005</b>	<b>510'563'505</b>	<b>100</b>	<b>109'330</b>	<b>100</b>
<b>Energieverbrauch von ausgewählten touristischen Aktivitäten</b>				
<b>Gastgewerbe/Unterkünfte</b>				
Heizölverbrauch Erst- und Zweitwohnungen	165'994'024	32.5	47'144	43.1
Heizölverbrauch Hotels	45'015'985	8.8	12'785	11.6
Heizölverbrauch Restaurants	5'626'558	1.1	1'598	1.4
<b>Verkehr</b>				
Personenverkehr	47'667'376	9.3	14'181	13
Schwere Nutzungsfahrzeuge	14'353'772	2.8	4'216	3.8
Räthische Bahn: Diesellokomotiven	368'865	0.07	104	0.09
Räthische Bahn: Stromverbrauch	7'442'931	1.4	2	0.001
Flugverkehr (Helikopter)	1'106'542	0.2	336	0.3
<b>Bergbahnen Davos (2006)</b>				
Stromverbrauch Bergbahnen Davos davon: Stromverbrauch für die Beschneiung (Jakobshorn und Parsenn/Gotschna)	12'711'438.24 3'400'000	2.4 0.6	346 92	0.3 0.08
Dieselverbrauch für die Pistenpräparation (Jakobshorn und Parsenn)	4'437'500	0.8	1251	1.1
Heizölverbrauch für Gebäude Bergbahnen Davos	5'985'700	1.17	1700	1.5
<b>Kunsteisbahnen (2006)</b>				
Stromverbrauch für Kühllagen der offenen Kunsteisbahn	283'800	0.05	7	0.006
Stromverbrauch für Kühllagen des Eisstadions	400'000	0.07	10.8	0.009
<b>Hallenbad (2006)</b>				
Stromverbrauch Erlebnisbad Davos	1'159'534	0.2	31	0.02
Heizölverbrauch Erlebnisbad Davos	3'763'800	0.7	1'069	0.9

<sup>13</sup> Da rund 70% der genutzten Energie in Davos aus fossilen Energieträgern erzeugt wird, sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Einwohner in Davos im Vergleich zum gesamtschweizerischen CO<sub>2</sub>-Ausstoss pro Kopf relativ hoch (SLF 2006). Der Stromverbrauch in Davos verursacht im Vergleich zum Verbrauch der fossilen Energieträger wenig CO<sub>2</sub>-Emissionen, weil Davos 69.8% des Stroms aus erneuerbaren Energien (hauptsächlich Wasserkraft) bezieht (SLF 2006). Beim Vergleich der touristischen Angebote fällt der Dieselverbrauch, welcher im Skigebiet Parsenn/Gotschna für die Pistenpräparation aufgewendet wird, und der Heizölverbrauch des Erlebnisbades Davos mit je 1% CO<sub>2</sub>-Emissionen am deutlichsten ins Gewicht.

Der Stromverbrauch der Bergbahnen, inklusive technischer Beschneiung (0.6%), beläuft sich auf 2.4%, derjenige der Kunsteisbahnen und des Erlebnisbades auf weniger als 1% vom Gesamtenergieverbrauch der Gemeinde. Der Dieselverbrauch zur Pistenpräparation im Skigebiet Parsenn/Gotschna hat einen Anteil von 0.8% am Gesamtenergieverbrauch. Das Erlebnisbad Davos trägt für Heizung und Warmwassererzeugung mit 0.7% zum Energieverbrauch von Davos bei (vgl. Tab. 20).

Zusammen haben die in Tab. 20 aufgeführten touristischen Angebote wie Erlebnisbad, Kunsteisbahn und Bergbahnen/Skipisten einen Anteil von 4.2% am gesamten Energieverbrauch der Gemeinde. Der Energieverbrauch für Wohnungen (32.5%), des Verkehrs (13.7%) und der Hotels (8.8%) beläuft sich demgegenüber mit insgesamt 55% auf mehr als die Hälfte.

### 6.2.2.2 Gemeinde Scuol

Die Kraftwerke „EE-Energia Engiadina“ konnten uns folgende Daten zum Stromverbrauch durch touristische Angebote zur Verfügung stellen:

Tab. 21: Stromverbrauch ausgewählter touristischer Angebote in der Gemeinde Scuol (2006).

Zum Diesel- und Heizölverbrauch der Motta Naluns Bergbahnen standen keine Daten zur Verfügung.

	<b>Stromverbrauch in kWh/Jahr</b>
Bergbahnen Motta Naluns	2'520'992
davon: Beschneiung Skigebiet Motta Naluns	1'250'000
Bad Scuol	3'029'753
Curlinghalle	491'512
<b>Total</b>	<b>6'042'257</b>

Von den in Tab. 21 aufgeführten touristischen Angeboten verbraucht das Bad Scuol mit mehr als 3 Mio. kWh/Jahr am meisten Strom (siehe Tab. 21). Bei den Quellen im Bad Scuol handelt es sich um kalte Mineralquellen, deren Wasser erwärmt werden muss. Die Wärmeerzeugung erfolgt dabei mit Erdwärme. Für die innovative Bauweise und die Nutzung erneuerbarer Energien ist das Bad Scuol ausgezeichnet worden (mündliche Aussage EE-Energia Engiadina 2007).

Der Anteil des Stromverbrauchs für die Beschneiung beträgt weniger als die Hälfte des Stromverbrauchs des Bad Scuol. Der Stromverbrauch der Curlinghalle ist mit knapp 500'000 kWh/Jahr am geringsten.

### 6.2.2.3 Schweiz

In der Schweiz wurden im Jahr 2005 rund 57.3 Mrd. kWh Strom verbraucht (Bundesamt für Energie 2005). Der Stromverbrauch für die technische Beschneiung in der Schweiz beläuft sich bei einer beschneiten Fläche von 4'200 ha (siehe Kap. 1.5) gemäss den Spannweiten in der Literatur auf 21 Mio. bis 113.4 Mio. kWh. Somit beträgt der Stromverbrauch durch die technische Beschneiung in der Schweiz 0.03 – 0.15% des gesamten Stromverbrauchs.

#### 6.2.2.4 Gesamter Alpenraum

Im Alpenraum werden gemäss Kapitel 1.5 derzeit ca. 28'500 ha Pistenfläche technisch beschneit. Gemäss den Spannbreiten in der Literatur ergibt sich daraus hochgerechnet einen Stromverbrauch von 142 bis maximal 769 GWh. Dieser Wert entspricht ungefähr einem Prozent des Stromverbrauchs der Schweiz.

#### 6.2.3 Wasserverbrauch durch technische Beschneiung im regionalen und nationalen Vergleich

Im folgenden Kapitel wird der Wasserverbrauch für die Beschneiung der Skigebiete mit dem Wasserverbrauch durch andere touristische Aktivitäten innerhalb der jeweiligen Region verglichen und zum gesamten Wasserverbrauch der Gemeinde ins Verhältnis gesetzt sowie basierend auf den Angaben zu den beschneiten Pistenflächen (vgl. Kap. 1.5) für die Schweiz und den Alpenraum berechnet.

Für die Gemeinde Braunwald standen leider keine detaillierten Angaben zum Wasserverbrauch zur Verfügung.

##### 6.2.3.1 Gemeinde Davos

Das Davoser Trinkwasser besteht aus reinem Quellwasser. Es stammt aus über 200 gefassten Quellen in 9 Quellgebieten. 50 km lange Leitungen transportieren das Wasser von den Quellen bis ins Ortszentrum. Die Quellen liefern einen Maximalertrag von 40'000 m<sup>3</sup> Wasser pro Tag im Sommer und einen Minimalertrag von 14'000 m<sup>3</sup> Wasser pro Tag in den Wintermonaten. Der Wasserverbrauch an Spitzentagen (in der Hochsaison im Winter) beträgt 11'000 m<sup>3</sup>. In der Zwischensaison beträgt der minimale Wasserverbrauch 4'000 m<sup>3</sup>.

In Tab. 22 ist der Trinkwasserverbrauch von Davos insgesamt und von ausgewählten Verbrauchergruppen, für welche die Verbrauchswerte zur Verfügung standen oder abgeschätzt werden konnten, aufgeführt.

Tab. 22: Wasserverbrauch von Davos (Quelle: Gemeinde Davos 2007).

	Wasserverbrauch in m <sup>3</sup> /Jahr	Anteil am Wasserverbrauch in %
<b>Wasserverbrauch von Davos</b>	<b>2'790'000</b>	<b>100</b>
Trinkwasserverbrauch von Davos im Jahr 2006	2'190'000	78.5
<i>Davon ausgewählte Verbrauchergruppen im Jahr 2006:</i>		
- Einwohner (Haushalt)	746'279	26.7
- Ferientouristen (Haushalt)	340'200	12.1
- Kunsteisbahnen in Davos	2'430	0.08
- Erlebnisbad Davos	44'274	1.6
Wasserverbrauch der technischen Beschneiung in Davos (Jakobshorn und Parsenn/Gotschna)	600'000	21.5

Insgesamt ergibt sich für Davos ein Wasserverbrauch von 2'790'000 m<sup>3</sup> Wasser pro Jahr (siehe Tab. 22). Die Davoser Einwohner verbrauchen dabei rund 746'000 m<sup>3</sup> Trinkwasser pro Jahr im Haushalt, die Ferientouristen rund 340'000 m<sup>3</sup>. Für die Kunsteisbahn wird jährlich 2'430 m<sup>3</sup> Trinkwasser benötigt. Das Erlebnisbad verbraucht 44'274 m<sup>3</sup> Trinkwasser pro Jahr.

Die Wasserversorgung für die technische Beschneiung erfolgt durch ein separates Wasserversorgungssystem und ist nicht Teil der Trinkwasserversorgung der Gemeinde (siehe Tab. 22). Das Wasser stammt aus eigenen Quellen der Skigebiete oder aus dem Überlauf von fremden Quellen sowie aus Schneeschmelze, Regen, Sickerwasser und Seewasser. Insgesamt verbrauchen die Skigebiete Parsenn/Gotschna und Jakobshorn für die Beschneiung etwa 600'000 m<sup>3</sup> Wasser pro Jahr. Dies entspricht rund 21% des gesamten Wasserverbrauchs von Davos (siehe Tab. 22).

### 6.2.3.2 Gemeinde Scuol

In Tab. 23 wird der Trinkwasserverbrauch von Scuol mit dem Wasserverbrauch der Beschneiungsanlagen der Motta Naluns Bergbahnen verglichen.

Das Trinkwasser von Scuol stammt aus verschiedenen Trinkwasserquellen im Gemeindegebiet. Insgesamt wurden im Jahr 2006 in Scuol 352'344 m<sup>3</sup> Trinkwasser verbraucht (EE-Energia Engiadina 2007).

Der Wasserverbrauch für die technische Beschneiung in Scuol beträgt rund 200'000 m<sup>3</sup> pro Jahr und zählt wie in Davos nicht zum Trinkwasserverbrauch der Gemeinde (siehe Tab. 23).

Tab. 23: Wasserverbrauch von Scuol (Quelle: EE-Energia Engiadina 2007).

	Wasserverbrauch in m <sup>3</sup> /Jahr	Anteil am Wasserverbrauch in %
<b>Wasserverbrauch von Scuol</b>	<b>552'344</b>	<b>100</b>
Trinkwasserverbrauch von Scuol im Jahr 2006	352'344	63.8
Wasserverbrauch der technischen Beschneiung im Skigebiet Motta Naluns	200'000	36.2

Der Wasserverbrauch für die Beschneiung im Skigebiet Motta Naluns beträgt rund 36% des gesamten Wasserverbrauchs von Scuol. Zu beachten gilt hier jedoch, dass sich die Wasserquellen für die Beschneiung nicht nur auf dem Gemeindegebiet Scuol befinden, sondern auch in den umliegenden Gemeinden. So wird für die Talabfahrt nach Sent auch Wasser von der Gemeinde Sent verwendet.

Interessant wäre in diesem Zusammenhang auch ein Vergleich mit der Bewässerung in der Landwirtschaft, welche ebenfalls Überlaufwasser der Quellen verwendet. Für die vorliegende Studie konnten jedoch keine separaten Wasserverbrauchswerte der Landwirtschaft in Erfahrung gebracht werden.

### 6.2.3.3 Schweiz

In der Schweiz wurden im Jahr 2003 rund 1'085 Mio. m<sup>3</sup> Trinkwasser verbraucht (Bundesamt für Umwelt 2007).

Für die technische Beschneiung werden in der Schweiz bei einer beschneiten Pistenfläche von 4'200 ha ca. 2.5 – 6.3 Mio. m<sup>3</sup> Wasser benötigt. Dies entspricht ungefähr 0.2 bis 0.5% des Trinkwasserverbrauchs in der Schweiz.

#### 6.2.3.4 Gesamter Alpenraum

Im gesamten Alpenraum werden für die technische Beschneiung bei einer beschneiten Pistenfläche von ca. 28'500 ha zwischen 17 bis 43 Mio. m<sup>3</sup> Wasser verbraucht. Dieser Wert entspricht ungefähr 1.5 - 4% des Trinkwasserverbrauchs in der Schweiz.

### 6.3 Diskussion

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden Strom- und Wasserverbrauch für die Beschneiung der Skigebiete in den Untersuchungsregionen Davos, Scuol und Braunwald analysiert. Und mit dem Strom- und Wasserverbrauch durch andere touristische Aktivitäten sowie dem gesamten Ressourcenverbrauch der evaluierten Gemeinden verglichen. Für diese Untersuchung konnte auf verschiedene Datenquellen zurückgegriffen werden, u.a. auf die detaillierte Energiebilanz von Davos 2005 (SLF 2006), sodass die Ausführungen teilweise über den Strom- und Wasserverbrauch hinausgehen konnten.

#### 6.3.1 Stromverbrauch durch technische Beschneiung

Gemäss der Davoser Energiebilanz (SLF 2006) wurden im Jahr 2005 in Davos rund 510 Mio. kWh Energie verbraucht. Diese Analyse zeigte, dass die Wohnungen mit 32.5% den höchsten Anteil am Energieverbrauch haben<sup>14</sup>. Der Stromverbrauch für die technische Beschneiung (Jakobshorn und Parsenn/Gotschna) entspricht ca. 0.5% des gesamten Energieverbrauchs der Gemeinde Davos.

In Scuol ist der Stromverbrauch des Bad Scuol grösser als der gesamte Stromverbrauch (inkl. technischer Beschneiung) der Bergbahnen Motta Naluns.

Energieintensive Alternativen zum Wintersport wie Urlaub für die Gesundheit und kombinierte Fitness- und Wellnessangebote sind zunehmend gefragt und ein Wachstumsmarkt (Hochschule für Wirtschaft Luzern 2006). Um die Energiebilanz im Bereich Wellness-Aktivitäten zu verbessern, müsste der Energieverbrauch ebenfalls reduziert und vermehrt erneuerbare Energien eingesetzt werden. Für das Hallenbad Davos zum Beispiel wurde von der Gemeinde bereits ein Vorschlag ausgearbeitet, welcher zum Ziel hat, die Abwärme der Kunsteisbahn für die Beheizung des Hallenbades zu nutzen.

In den Skigebieten sollte mit energieeffizienteren Beschneiungssystemen (siehe Kap. 1.4.4) eine Verringerung des Stromverbrauchs erreicht werden. Effizientere Systeme sind insbesondere in Anbetracht der Zunahme der technischen Beschneiung und der Beschneiung bei wärmeren Temperaturen von grosser Wichtigkeit, damit der Stromverbrauch nicht massiv ansteigt.

<sup>14</sup> Insgesamt zeigt die Energiebilanz von Davos, dass insbesondere im Bereich Wärmeerzeugung und Verkehr ein besonders hoher Handlungsbedarf besteht, um den Energieverbrauch zu reduzieren. Vor allem bei den Wohngebäuden könnten durch Gebäudesanierungen und den vermehrten Einsatz erneuerbarer Energieträger bis zu 20% der CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden (SLF 2006).

### 6.3.2 Wasserverbrauch durch technische Beschneiung

In Davos entspricht der Wasserverbrauch für die technische Beschneiung rund 20% des gesamten Wasserverbrauchs der Gemeinde.

In Scuol beläuft sich der Wasserverbrauch auf eine Grössenordnung von 36% des regionalen Wasserverbrauchs.

Diese Analyse zeigt deutlich, dass der Wasserverbrauch für die technische Beschneiung der Skipisten im Verhältnis zum regionalen Wasserverbrauch beträchtlich ist. Erwähnte Bedenken bezüglich einer Übernutzung der Gewässer infolge der technischen Beschneiung (Hahn 2004, Lutz 2001) konnten in den Untersuchungsgebieten bisher jedoch nicht bestätigt werden (mündliche Aussage Experten Davos und Scuol 2007). Das Problem des Wasserverbrauchs für die Kunstschneeproduktion stellt sich auf einer hydrologisch kleinräumigen Ebene, da bei der Wasserentnahme für Beschneiungszwecke auf eine ausreichende Restwassermenge zu achten ist (siehe Kap. 7.1.3). Mit dem Gewässerschutzgesetz des Bundes besteht in der Schweiz eine Rechtsgrundlage, um Massnahmen zur Sicherung der Restwassermengen in Fließgewässern zu ergreifen. Erklärtes Ziel des Gewässerschutzes ist es, die Qualität der Gewässer als Lebensraum und als strukturierendes Landschaftselement zu bewahren und falls notwendig wiederherzustellen (Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer 2007). Die Umsetzung dieser Gesetzgebung obliegt den Kantonen und Gemeinden. Diese sind dafür verantwortlich, dass die gesetzlich geforderte Restwassermenge eingehalten wird (siehe Kap. 7.1.3).

Je nach Klimaregion, Gelände und Geologie unterscheiden sich die Niederschlagssummen und die Wasservorräte im Alpenraum beträchtlich. Die Schweizer Alpen weisen mittlere jährliche Niederschlagshöhen von 500 bis 2'500 mm auf. Die inneralpinen Trockengebiete wie zum Beispiel das Rhonetal im Wallis oder das Unterengadin in Graubünden weisen dabei die geringsten Niederschlagsmengen auf, während die Glarner-, Berner- und Tessinalpen die höchsten Niederschlagssummen vorzeigen (Hydrologischer Atlas der Schweiz 2001). Daher muss für jede neue Beschneiungsanlage individuell abgeklärt werden, ob für die Beschneiung genug Wasser vorhanden ist und wie eine ökologisch verträgliche Wassernutzung erfolgen sollte. In Trockenperioden ist eine sorgfältige Analyse und Kontrolle der Wassernutzung nötig, um die gesetzlich erforderliche Restwassermenge einzuhalten (Moritz et al. 2006). Heikel wird die Situation insbesondere dann, wenn das Wasser vom Speichersee für eine allfällige Nachbeschneiung Ende Dezember nicht ausreicht. In solchen Fällen wird der Speichersee oft mit Quellwasser nochmals aufgefüllt, was zur Folge hat, dass die ohnehin geringen Abflüsse der Fließgewässer im Hochwinter noch stärker reduziert werden und die Restwassermenge nicht mehr gewährleistet werden kann.

Eine ökologisch vertretbare Wassernutzung für die technische Beschneiung erfordert ein verantwortungsbewusstes Handeln sowohl seitens der Bergbahnen, wie auch seitens der Energieproduzenten, der Landwirtschaft und der Politik. Denn zukünftig könnte sich der Konflikt in Bezug auf die Nutzung der Gewässer zwischen Energieproduktion, Landwirtschaft und Kunstschneeverzeugung ausweiten. Die Zusammenarbeit aller betroffenen Akteure ist insbesondere in Anbetracht der Zunahme der technischen Beschneiung von grosser Wichtigkeit.

## 7 Die ökologischen Auswirkungen technischer Beschneiung

Autoren: Christian Rixen und Mandy Pohl

Um einen Überblick über die Problematik der ökologischen Auswirkungen technischer Beschneiung zu vermitteln, wird in diesem Kapitel zunächst in Form eines Reviews der aktuelle Kenntnisstand vorgestellt. Hierbei wird vor allem kurz auf Vegetation und Boden, die Tierwelt und den Wasserhaushalt eingegangen. Den Schwerpunkt des Reviews nehmen die zahlreichen neuen Studien der letzten Jahre ein.

Eine zentrale Frage bezüglich der Vegetation ist, inwieweit Pflanzen nach Eingriffen z.B. durch den Bau von Beschneiungsanlagen und Pistenplanierungen den Boden stabilisieren und vor Erosion schützen. Oftmals werden im Rahmen einer intensiveren Pistennutzung nicht nur Beschneiungsanlagen gebaut, sondern Pisten auch grossflächig planiert und verbreitert (z.B. für Carvingpisten). Aus diesem Grund wird in einem zweiten Teil dieses Kapitels detailliert auf aktuelle und laufende Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Vegetation, Durchwurzelung und Bodenstabilität eingegangen.

### 7.1 Review der ökologischen Auswirkungen der technischen Beschneiung: Der aktuelle Kenntnisstand

Zu den kontrovers diskutierten Themen im Zusammenhang mit ökologischen Auswirkungen technischer Beschneiung gehören vor allem Auswirkungen auf Vegetation und Boden, Auswirkungen auf die Tierwelt sowie ökologische Auswirkungen der Wasserentnahme. Im Folgenden soll ein Überblick über die bestehenden Arbeiten zu diesen Themen gegeben werden.

#### 7.1.1 Vegetation und Boden

Vegetation und Boden auf Skipisten sind vor allem beeinträchtigt durch allgemeine Störungen durch Skikanten und Pistenpräparation, durch Baumassnahmen von Pisten und Beschneiungsanlagen sowie durch veränderte Umweltbedingungen in Bezug auf Boden-temperaturen, Wasser- und Stoffeintrag und veränderte Ausaperung (Tab. 24). Die wichtigsten Punkte werden im Folgenden diskutiert.

Tab. 24: Qualitative Zusammenfassung der Reaktionen der Vegetation auf Pistenbenutzung, Kunstschnee und Planierung. Die Spalten Kunstschnee und Planierung beziehen sich auf Reaktionen, die über die Reaktion auf Skipistenbenützung hinausgehen. **↗** = Zunahme, **↘** = Abnahme, fette Pfeile = Signifikanzniveau  $p < 0.05$ , dünne Pfeile = Signifikanzniveau  $p < 0.1$ . \* auf Planien Abnahme, auf unplanierten Pisten Zunahme.

	Einfluss von Pisten gene- rell	Verwendung von Kun- stschnee	Sommerliche Gelände- planierung
Artenzahl	↘	↗↗*	
Diversität (Shannon)	↘	↗↗*	↘
Produktivität	↘		↘
Offene Bodenfläche (%)	↗		↗

### 7.1.1.1 Mechanischer Schutz der Vegetation

Eines der Hauptprobleme auf Skipisten ist sicherlich die Störung und mechanische Beeinträchtigung von Vegetation und Boden durch Pistenpräparation und Skikanten. Eines der gängigen Argumente für die Verwendung von Kunstschnne ist, dass die zusätzliche Schneeaufgabe durch Kunstschnne die Pflanzen auf der Skipiste im Allgemeinen besser schützt als die unter Umständen nur dünne Naturschneeaufgabe (Mosimann 1987). Bei der technischen Pistenpräparation ist vom sogenannten Basisschnne die Rede (Fuhrmann 1996; Fauve et al. 2002). In der Tat zeigten Untersuchungen von Skipisten mit Kunstschnne und Naturschnne in 10 Skigebieten der Schweiz, dass deutlich mehr Schnee auf den Kunstschnneepisten liegt (Rixen et al. 2004; Abb. 18) und dadurch störungsempfindliche Pflanzenarten im Vergleich eher auf Kunstschnneepisten zu finden sind (Wipf et al. 2005). Allerdings wendet Pröbstl (2006) ein, dass diese allgemeine Aussage relativiert werden muss. Der mechanische Schutz durch den Kunstschnne ist in vielen Fällen offenbar doch nicht ausreichend, z.B. wenn durch zu warme Temperaturen keine vollständige Beschneiung möglich ist und die Piste doch wieder zu einem zu frühen Zeitpunkt präpariert wird. Es kann dann trotz der zusätzlichen Schneeaufgabe zu Vegetationsschäden kommen (Kammer 1989). Der Druck auf die Skipisten kann durch den Kunstschnne vor allem zu Beginn der Saison besonders hoch sein: Heutzutage wird vielfach von einem garantierten Saisonstart vor Weihnachten durch technische Beschneiung ausgegangen, weshalb zahlreiche Gäste zu diesem Zeitpunkt in die Skigebiete reisen. Ist nun in Jahren mit zu warmen Temperaturen die Kunstschnneedecke nicht ausreichend, drängen vermutlich dennoch zahlreiche Wintersportler auf die Pisten, was zu Vegetationsschäden führen kann. Vor allem an steilen Pistenpartien reicht auch die Kunstschnnebedeckung oftmals nicht aus, um die Vegetation hinreichend zu schützen, wodurch es zu abrasierten Hangkanten kommen kann (Pröbstl 2006).

Als einen weiteren Vorteil der Beschneiung räumt Pröbstl (2006) ein, dass vermutlich in geringerem Ausmass Schnee neben den Skipisten gesammelt wird, um den Schneemangel auf der Piste auszugleichen. Dadurch würden sich weniger Vegetationsschäden durch Fahrzeuge und Schneeräumungen neben der Piste ergeben.

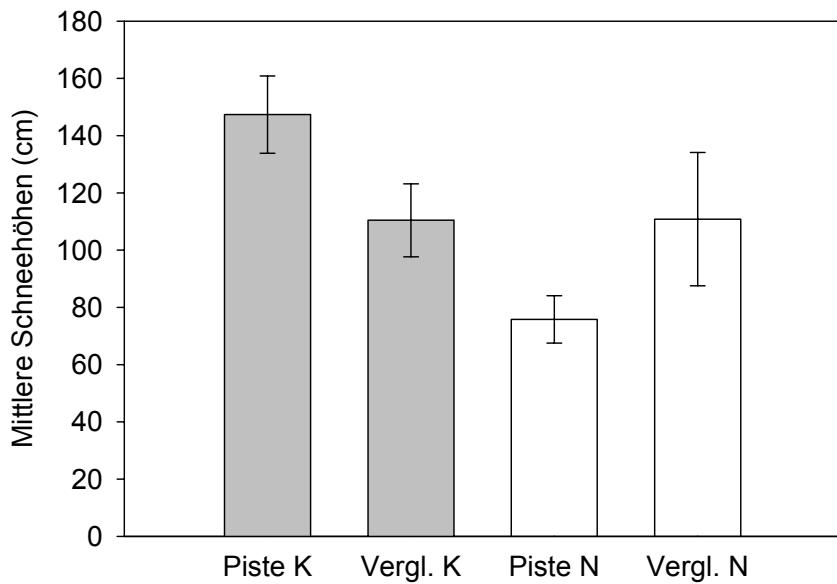


Abb. 18: Mittlere Schneehöhe aus 10 Skigebieten der Schweiz auf Kunst (K)- und Naturschneepisten (N) mit ihren jeweiligen Vergleichsflächen mit ungestörtem Schnee neben der Piste (aus Rixen et al. 2004).



Abb. 19: Alpenrose auf frisch präparierter Skipisten. Nicht immer bedeutet Kunstschnee ausreichenden Schutz vor Pistenfahrzeugen und Skikanten.

#### 7.1.1.2 Schutz vor Bodenfrost und veränderte Ausaperung

Unter einer dicken Schneedecke von mindestens 80 cm ist der Boden im Allgemeinen hinreichend isoliert, so dass sehr ausgeglichene Temperaturen an der Bodenoberfläche von 0°C herrschen (Haeberli 1973, Ausnahme Permafrostböden). Durch die Verdichtung der Schneedecke auf Skipisten ist die Isolationswirkung des Schnees geringer, und es

kann in Abhängigkeit von Höhenlage und Temperaturen zu Bodenfrost kommen (Cernusca et al. 1990). Es ist nun die Frage, wie der Kunstschnee die Temperaturen unter der Schneedecke beeinflusst. Einerseits ist der präparierte Kunstschnee noch dichter als präparierter Naturschnee (Rixen et al. 2004; Abb. 20), was die Isolierung des Bodens herabsetzen würde. Andererseits liegt deutlich mehr Schnee auf Kunstschneeepisten (siehe Abb. 18), was die Isolierung wiederum verbessern würde. Aus den meisten Untersuchungen zeichnet sich ab, dass der letztere Effekt überwiegt (z.B. Cernusca et al. 1992; Lichtenegger 1994; Trockner & Kopeszki 1994; Rixen et al. 2004; Pröbstl 2006). Der dichte Kunstschnee isoliert im Allgemeinen zwar weniger gut als unverdichteter Naturschnee neben der Piste aber deutlich besser als verdichteter Naturschnee auf Skipisten (Abb. 21). In den Böden von Naturschneepisten kommt es daher zum einen zu strengen Bodenfrösten und zum anderen zu starken Temperaturschwankungen. Auf Skipisten mit Kunstschnee sind die Temperaturen zwar relativ ausgeglichen, allerdings bleiben die Böden im Frühjahr auch länger kalt, da die grosse Menge an Schnee im Mittel erst 2-3 Wochen verspätet ausapert.

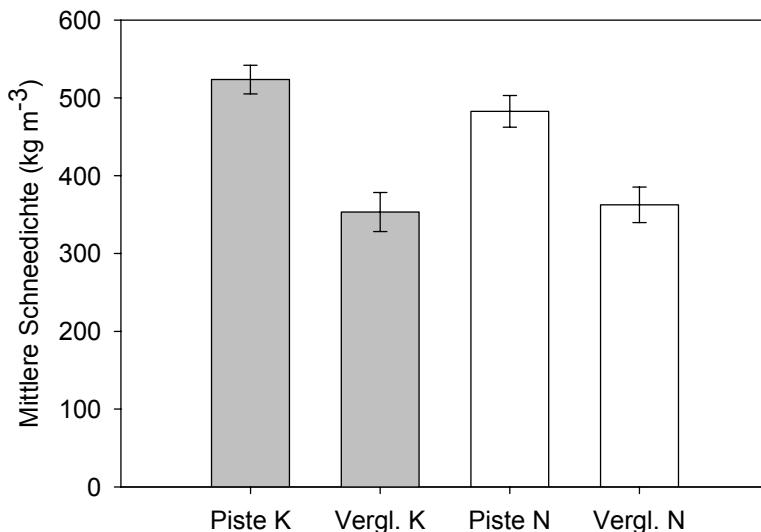


Abb. 20: Mittlere Schneedichte aus 10 Skigebieten der Schweiz auf Kunstu- und Naturschneepisten (N) mit ihren jeweiligen Vergleichsflächen mit ungestörtem Schnee neben der Piste (aus Rixen et al. 2004).

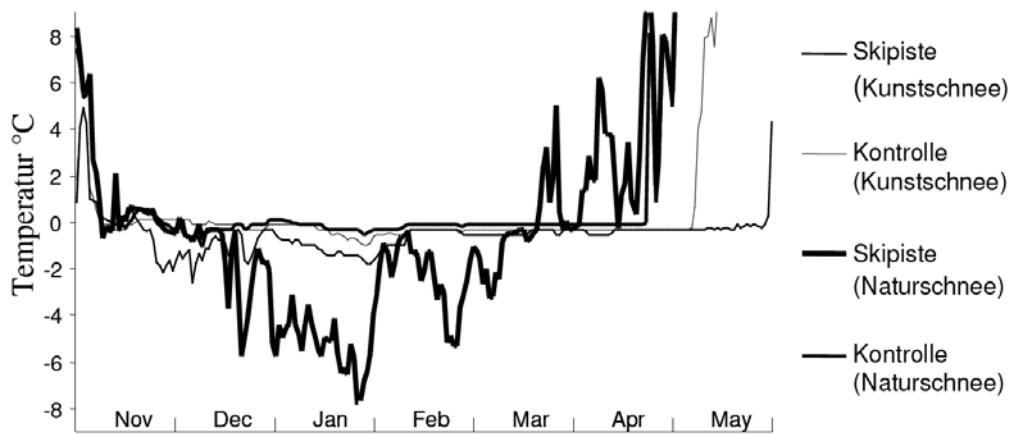


Abb. 21: Tagesmitteltemperaturen der Bodenoberfläche in einem Skigebiet zwischen November 1999 und Mai 2000. Das Einschneidatum war auf allen vier Flächen vergleichbar. Die niedrigsten Temperaturen und grössten Temperaturschwankungen kamen unter den Naturschneepisten vor (aus Rixen et al. 2004).

Die Vegetation reagiert auf die veränderten Temperaturen sowohl auf den Skipisten mit Naturschnee wie auf denen mit Kunstschnnee. Die starken winterlichen Temperaturschwankungen auf den Skipisten mit Naturschnee entsprechen denen von natürlicherweise schneearmen Standorten, sogenannten Windheiden. In der Tat finden sich typische Pflanzenarten von Windheiden häufiger auf Skipisten mit Naturschnee (Wipf et al. 2002; 2005). Umgekehrt finden sich auf Skipisten mit Kunstschnnee eher alpine Pflanzenarten von Standorten mit mächtiger und langer Schneedeckung, sogenannten Schneetälchen. Die Soldanelle ist z.B. eine charakteristische Schneetälchenart.



Abb. 22: Verspätete Ausaperung auf Kunstschnepiste in Davos. Kunstschnepisten apern 2-3 Wochen später aus als Flächen mit Naturschnee.

Auf beiden Skipistenarten gehen früh blühende Arten zurück und spät blühende nehmen zu. Dies liegt vermutlich daran, dass ihre zeitliche ökologische Nische eingeschränkt wird: Auf Kunstsneepisten durch die späte Ausaperung und auf Natursneepisten vermutlich durch eine verzögerte Entwicklung wegen der Bodenfröste (Baiderin 1982).

Die meisten der genannten Aussagen beziehen sich auf Höhen über 1600 m ü. M. mit entsprechend harschem Klima und kurzer Vegetationsperiode. Pröbstl (2006) hebt hervor, dass in geringeren Höhen die relative Bedeutung des Faktors Schnee abnimmt, wodurch auch die Einflüsse des Kunstsnees z.B. durch späte Ausaperung abnehmen. Sie geht davon aus, dass in geringeren Höhen z.B. nicht mit nennenswerter Ertragsreduktion auf Nutzwiesen und –weiden zu rechnen ist.

#### 7.1.1.3 Wasser- und Stoffeintrag

Durch die Kunstsneeproduktion kann auf Skipisten im Mittel die doppelte Schneemenge liegen, was einen 8fachen Ioneneintrag bewirkt, wobei die Schwankungen natürlich beträchtlich sind (Rixen et al. 2003; 2004b). Als möglicherweise problematisch angesehen werden zwei Punkte: 1) Der zusätzliche Wasser- und Ioneneintrag könnte die Artenzusammensetzung der Pflanzen verändern. 2) Der zusätzliche Wasserabfluss könnte die oberflächliche Bodenerosion verstärken.

Bezüglich der Artenzusammensetzung wurde grundsätzlich gefunden, dass in der Tat Zeigerarten für trockenen und mageren Boden über diverse Pflanzengesellschaften hinweg bei technischer Beschneiung abnehmen (Kammer 2002; Wipf et al. 2005). Es wurde bisher allerdings noch nicht gezeigt, dass sich die Artenzusammensetzung im Speziellen auf Magerrasen verändert (Untersuchung der Kandahar-Abfahrt von Pröbstl 2006). In basenarmen Mooren gibt es Hinweise auf Vegetationsveränderungen durch Veränderungen des pH-Wertes (Kohler 2000). Trotz gewisser Unsicherheiten, wie sich die Vegetationszusammensetzung über längere Zeit exakt verändert, deuten die bisherigen Studien darauf hin, dass in nährstoffarmen Biotopen ein Nährstoffeintrag durch Kunstsneee problematisch sein kann. Aus diesem Grund sind Moore von nationaler und regionaler Bedeutung in der Schweiz bereits geschützt und sind beim Bau von Beschneiungsanlagen besonders zu berücksichtigen (Broggi et al. 1992-2002). Auch weitere Biotope wie z.B. Magerrasen sind nach Artikel 18 des Bundesgesetzes über den Natur- und Heimatschutz besonders zu schützen (Schwörer et al. 2007).

Die oberflächliche Bodenerosion kann durch den zusätzlichen Schmelzwassereintrag aus Kunstsneee leicht erhöht sein. Pröbstl (2006) beruft sich auf Angaben des Bayerischen Geologischen Landesamtes (1997), dass ein 55% höherer Schmelzwassereintrag die Erosion um 15% erhöhen kann. Dies bedeutet, dass zumindest an vegetationsarmen Orten (Vegetationsbedeckung 0 bis 40%) der Abtrag von Feinmaterial durch Kunstsneee erhöht sein kann. Auf Böden mit nahezu geschlossener Vegetation ist der Bodenabtrag allerdings zu vernachlässigen (3-4% des Abtrages von offenen Böden).

#### 7.1.1.4 Schneezusätze

Für zahlreiche Diskussionen hat in den vergangenen Jahren die Verwendung von Schneezusätzen geführt. Dabei gilt es grundsätzlich zwei verschiedene Zusatztypen zu unterscheiden: Die Eiskeime und den Schneezement. Erstere dienen dazu, die Kristallisation des Wassers bei der Kunstsneeproduktion zu fördern und somit die Schneeproduktion

bei höheren Temperaturen zu ermöglichen. Letztere dienen dazu, bei zu warmen Temperaturen die aufgeweichte Schneeoberfläche der Skipiste zu härten.

Die Funktionsweise der Eiskeime beruht darauf, dass für die Kristallisation von Wasser Nukleationskerne nötig sind. Destilliertes Wasser kann bis auf  $-40^{\circ}\text{C}$  heruntergekühlt werden, ohne dass es gefriert. Bei Beschneiung ohne Zusätze sind im Allgemeinen Temperaturen von  $-4$  bis  $-7^{\circ}\text{C}$  nötig, damit die Wassertröpfchen beim Herunterfallen gefrieren. Zugesetzte Eiskeime ermöglichen die Beschneiung bei ca.  $-2^{\circ}\text{C}$ . Umstritten sind die Eiskeime, weil sie aus Bakterien hergestellt werden, die potentiell Pflanzenkrankheiten verursachen können. Die Bakterien werden nach der Produktion zwar abgetötet, dennoch sind die Auswirkungen des Materials in die alpine Umwelt weitgehend unklar. Zwar wurden bei Labortests mit hohen Konzentrationen der Eiskeime Wuchsreaktionen alpiner Pflanzenarten festgestellt (Rixen et al. 2003), teils wuchsfördernd, teils verringernd, aber Langzeitwirkungen der geringen Konzentrationen, die bei der Beschneiung eingesetzt werden, sind unbekannt. Die Gesetzgebung bezüglich von Zusätzen in den Alpen ist unterschiedlich. Während in einigen Schweizer Kantonen die Zusätze inzwischen toleriert sind, sind sie z.B. in Österreich und Deutschland noch verboten.

Beim Einsatz von Schneezement macht man sich die Eigenschaft gewisser Salze zunutze, dass die Lösung in Wasser endotherm ist und der Umgebung Wärme entzogen wird. Die Umgebungstemperatur kann dabei auf  $-15^{\circ}\text{C}$  abgekühlt werden, wodurch nasser Schnee gefriert. Schneezement wird vor allem bei Skirennen eingesetzt, um gleichmässige, harte Schneebedingungen zu erreichen. Kritisiert wurde der Einsatz von Schneezement, weil zum Teil Salze verwendet wurden, die auch als Kunstdünger in der Landwirtschaft Verwendung finden (z.B. Ammoniumnitrat oder Harnstoff). Die verwendeten Konzentrationen überstiegen zum Teil diejenigen einer landwirtschaftlichen Volldüngung. Zur Zeit untersucht das SLF in einer parallelen Studie, in welchem Ausmass und in welchen Mengen Schneezement ausgebracht wird und was mögliche Auswirkungen für die Umwelt sind (SLF: Chemische Pistenpräparation – Ein Grundlagenbericht).

#### 7.1.1.5 Bedeutung der Vegetation und Begrünungsmassnahmen für den Erosionsschutz

Die zahlreichen Untersuchungen über Auswirkungen technischer Beschneiung auf die Vegetation zeigen, dass die Störung und Verletzung der Vegetation und damit eine mögliche Verringerung des Erosionsschutzes eine wichtige Rolle spielen (Rixen et al. 2003; Wipf et al. 2005). Die technische Beschneiung kann die Vegetation zwar verändern, nimmt aber häufig neben anderen gravierenden Massnahmen wie Planierungen oder Bauarbeiten nur eine modifizierende Rolle ein. Aus diesem Grund soll im Folgenden auf die grundlegende Bedeutung der Vegetation für den Erosionsschutz auf Skipisten eingegangen werden. Wie bereits angedeutet, stellte Pröbstl (2006) zusammen, bei welchem Prozentsatz Vegetationsbedeckung mit welcher Erosion zu rechnen ist: Bei einer Vegetationsbedeckung von 40% kann der Bodenabtrag im Vergleich zu unbedecktem Boden auf 35-40% reduziert werden. Bei einer Bedeckung von 60% beträgt der Abtrag nur noch 20-25% und bei geschlossener Pflanzendecke 3-4%.

Genauere Untersuchungen über die Bedeutung bestimmter Pflanzenarten für die Bodenstabilität stehen allerdings noch aus bzw. sind Gegenstand dieser Studie (siehe Kapitel 7.2). Insbesondere die funktionelle Bedeutung der Biodiversität ist Gegenstand vieler Diskussionen (siehe <http://gmba.unibas.ch/index/index.htm>). Es gilt z.B. zu testen, inwieweit eine artenreiche Pflanzengemeinschaft besser in der Lage ist, den Boden zu stabilisieren als eine artenarme (Abb. 23). In einer jüngeren Studie wurde der Zusammen-

hang der Skipistennutzung auf die Durchwurzelung des Bodens und die daraus resultierende Bodenaggregatstabilität untersucht (Barni et al. 2007). Es zeigte sich, dass die Durchwurzelung auf den meisten Skipisten auch 12 Jahre nach einer Planierung und Wiederbegrünung noch deutlich geringer war als auf Kontrollflächen neben den Pisten. Die Aggregatstabilität des Bodens hängt in starkem Masse von der Durchwurzelung ab – folglich war auch die Bodenstabilität auf den Skipisten geringer als auf den Kontrollflächen.

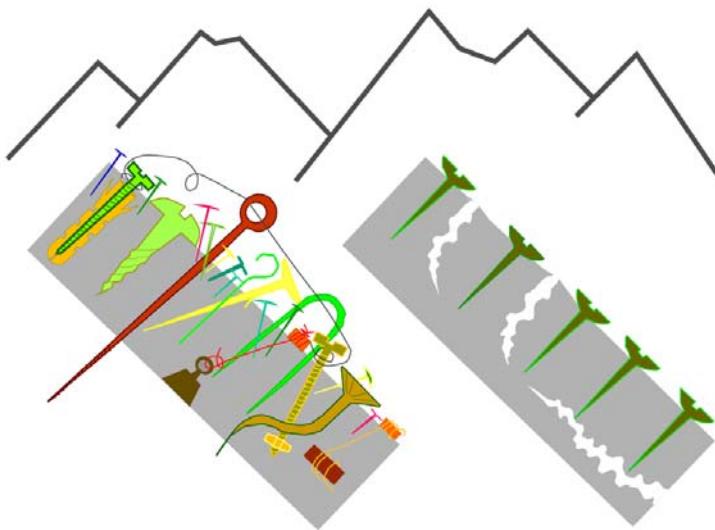


Abb. 23: Die Theorie, dass artenreiche Pflanzengemeinschaften den Boden besser stabilisieren können als artenarme, ist bisher kaum getestet worden (aus <http://gmba.unibas.ch/index/index.htm>).

#### 7.1.1.6 Hochlagenbegrünung

Seit Jahrzehnten gibt es Bemühungen, den Boden auf Skipisten durch Begrünungsmassnahmen zu stabilisieren, auch unter widrigen Umständen in grossen Höhen, z.B. nach Planierungen und Bauarbeiten im Rahmen der Installation von Beschneiungsanlagen (Abb. 24; Cernusca 1984; Grabherr 1977; Urbanska et al. 1999; 1997; Jacot 1999).

Der aktuelle Wissensstand zur Begrünung ist in Krautzer et al. (2006) zusammengefasst. Grundsätzlich gilt, dass in der alpinen Stufe oberhalb der Waldgrenze Begrünungen vornehmlich in vom Menschen beeinflussten Pflanzengesellschaften wie z.B. Weiderasen möglich sind. Als praktisch nicht begrünbar gelten natürliche alpine Rasen wie Krummseggenrasen, Polsterseggenrasen oder Windheidegesellschaften von Graten und Berggipfeln. Wenn eine Fläche begrünt werden soll, sollte Oberboden möglichst abgetragen und wieder aufgebracht werden, da vorhandener Mutterboden die Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Wiederbegrünung ist. Ausserdem enthält der lokale Boden am ehesten Pflanzensamen und andere lebende Pflanzenteile, die für eben diesen Standort typisch und an ihn angepasst sind. Auch wichtige Mikroben und Mykorrhizapilze sind im Oberboden vorhanden, die nach neueren Erkenntnissen Mykorrhizapilze einen erheblichen Einfluss auf eine Stabilisierung nach Eingriffen haben können (z.B. Graf & Gerber 1997, siehe auch Kapitel 7.2.2 „Einfluss von Mykorrhizapilzen auf die Bodenstabilität“). In steilen Flächen ist eine Bedeckung des Bodens mit Mulch oder Textilien vonnöten, um ober-

flächliche Bodenerosion zu verhindern. Um ein schnelles Anwachsen der Pflanzen zu fördern, ist im Allgemeinen eine einmalige moderate Düngung sinnvoll. Es sollten Langzeitdünger in nicht zu grossen Mengen verwendet werden, da bei zu starker Düngung die überirdische Biomasse auf Kosten der unterirdischen gefördert wird. Wenn die Vegetation nach der Begrünung mehr als 10% Stickstoff bindende Leguminosen enthält, ist praktisch der gesamte N-Bedarf der Vegetation gedeckt (Jacot et al. 2000).



Abb. 24: Begrünte Fläche auf Munt da San Murezzan in St. Moritz. Links unmittelbar nach der Saat (2001) und rechts zwei Jahre nach der Wiederbegrünung (2003).

#### 7.1.1.7 Saatmischungen

Inzwischen sind diverse standortgerechte Saatgutmischungen auf dem Markt, welche allerdings mit höheren Kosten verbunden sind als herkömmliche Tiefland-Mischungen (Tab. 25). Die herkömmlichen Produkte erzielen oft nicht die erwünschte Langzeitwirkung bei der Begrünung, da die Tieflandpflanzen höhere Düngung und mehr Pflege benötigen und sich in der Höhe nicht generativ fortpflanzen, so dass nach dem Absterben der Erstbegrünung oftmals kaum Erosionsschutz mehr gegeben ist. Standortgerechte Alpin-saatmischungen hingegen führen zu einer Vegetationsdecke, in der die Pflanzenarten sich fortpflanzen und somit noch offenen Boden besiedeln können. Solche Rasen sind sehr robust gegenüber Folgenutzungen durch Tourismus oder Landwirtschaft (Krautzer et al. 2006).

Tab. 25: Auswahl von Pflanzenarten die häufig und mit Erfolg in Hochlagensaatmischungen eingesetzt werden (aus Krautzer et al. 2006).

Hauptkomponenten	
<i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>alpestris</i>	Alpen-Wundklee
<i>Avenella flexuosa</i>	Draht-Schmiele
<i>Deschampsia cespitosa</i>	Rasen-Schmiele
<i>Festuca nigrescens</i>	Horst-Schwingel
<i>Phleum rhaeticum</i>	Rhätisches Alpen-Lieschgras
<i>Poa alpina</i>	Alpen-Rispengras
<i>Trifolium pratense</i> ssp. <i>nivale</i>	Schnee-Klee
Nebenkomponenten	
<i>Achillea millefolium</i> agg.	Schafgarbe
<i>Agrostis capillaris</i>	Rotes Straussgras
<i>Agrostis stolonifera</i>	Kriechendes Straussgras
<i>Festuca rubra</i>	Rot-Schwingel
<i>Leontodon hispidus</i>	Gewöhnlicher Löwenzahn
<i>Lotus corniculatus</i>	Hornklee
<i>Trifolium repens</i>	Weiss-Klee

#### 7.1.1.8 Zusatz von Mykorrhizapilzen

Eine neue Entwicklung bei der Begrünung ist der Zusatz von Mykorrhizapilzen zum Saatgut. Mykorrhizapilze stabilisieren nicht nur mit ihren Pilzhyphen den Boden, sondern fördern gleichzeitig das Wurzelwachstum der Pflanzen, mit denen sie in Symbiose leben. Nach bisherigen Untersuchungen verdrängen die eingebrachten Pilzen keine der ursprünglichen Arten, sondern werden im Lauf der Zeit von ihnen ersetzt, so dass diese Begrünungsmethode als standortgerecht angesehen werden kann.

Die heutzutage gängigsten Begrünungsmethoden bedienen sich verschiedenster Saattechniken, z.B. Trocken-, Mulch- oder Nasssaat, Einbringung von Pflanzenmaterial, z.B. Sodenhäcksel, Rasenziegel oder Einzelpflanzen, oder einer Kombination aus Soden und Saat (Krautzer et al. 2006).

#### 7.1.2 Tierwelt

Beeinträchtigungen der Tierwelt äussern sich zum einen direkt auf Skipisten auf z.B. Bodenlebewesen und zum anderen auch im Randbereich und weiteren Umfeld der Skipisten durch Habitatsveränderungen und Störungen.

Untersuchungen der Bodenlebewelt beinhalten z.B. Laufkäfer, Spinnentiere und Springschwänze (Hammelbacher & Mühlenberg 1986; Trockner & Kopeszki 1994). Vergleichbar mit den meisten Vegetationsuntersuchungen wurden oftmals verringerte Abundanz und Diversität bei Tiergemeinschaften festgestellt, wobei in einigen Fällen der Effekt der Pistenplanierung und des Kunstschnees nicht klar getrennt werden kann. Bei Kleinsäugern wurde eine Artenverschiebung auf Skipisten gefunden, jedoch keine grundsätzliche Abnahme der Diversität (Hadley & Wilson 2004).

Die Habitateigenschaften von Skipisten wurden in einer jüngeren ornithologischen Studie gezeigt (Laiolo & Rolando 2005). Am Rand von Pisten, die durch Wälder führten, wurden weniger Vogelarten gefunden als im angrenzenden Wald. Dies stand im Gegensatz zu anderen Waldrandflächen, die nicht an Pisten grenzten. Dort waren Artenzahlen eher erhöht, da zusätzlich zu Waldarten auch Arten von Offenlandschaften zu finden waren. Im Unterschied zu den aufgelockerten Waldrändern vieler Nutzungslandschaften, fanden die Autoren auf den Skipisten lineare und wenig strukturierte Waldränder an den Skipisten, worauf sie die geringe Vogeldiversität zurückführten.

Störungen durch den Skibetrieb auf Wildtiere wie Rauhfusshühner (Auer-, Birk und Alpenschneehuhn) wurden in einigen Studien festgestellt (Thiel et al. 2005; Watson & Moss 2004; Zeitler 2006; Thiel et al. 2006). Es wird befürchtet, dass die akustische Störung in Skigebieten durch die nächtliche Beschneiung noch zunimmt, wenngleich zum Teil auch Gewöhnung von Tieren an die Störungen festgestellt wurden (für eine Zusammenfassung siehe Pröbstl 2006). In vielen Fällen wurden langfristige Beeinträchtigungen der pistennahen Populationen gefunden (Watson & Moss 2004). Bei seltenen und bedrohten Arten wie dem Auerhuhn können die Störungen den Fortbestand von Populationen gefährden.

### 7.1.3 Eingriff in den Wasserhaushalt

Das Wasser für die Beschneiung wird vor allem aus natürlichen Seen, künstlich angelegten Speicherbecken, Fliessgewässern und dem Grundwasser entnommen (siehe auch Kapitel 6). Der resultierende Eingriff in den Wasserhaushalt besteht vor allem darin, dass Gewässern Wasser zu einer Jahreszeit entzogen wird, in der die Pegel ohnehin niedrig sind. Bei der Schneeschmelze fliessen dann umso grössere Wassermengen aus dem Skigebiet ab (siehe Kapitel Wasser- und Stoffeintrag). Um Gewässer vor dem Austrocknen zu schützen, greift z.B. die Verordnung zu Restwassermengen im Gewässerschutzgesetz der Schweiz (Die Bundesverordnung der Schweizer Eidgenossenschaft 1991). Als Richtlinie für Fliessgewässer kann gelten, dass nicht mehr als 10% des Abflusses (basierend auf dem Mittel des Niedrigwassers über mehrere Jahre) entnommen werden sollten (Pröbstl 2006). In der Schweiz sieht das Gewässerschutzgesetz (Art. 30) vor, dass zusammen mit anderen Entnahmen einem Fliessgewässer höchstens 20% der Abflussmenge Q347 und nicht mehr als 1000 1/s entnommen werden darf<sup>15</sup>. Zweifel bestehen nach wie vor, ob die gesetzlich vorgeschriebene Restwassermengen für die Gewässer ausreichend sind und ob die bestehenden Gesetze hinreichend eingehalten werden (Hahn 2004).

Jüngsten Diskussionen zufolge ist unklar, welche Wassermengen bei der technischen Beschneiung durch Verdunstung verloren gehen (Keiser 2007). Schätzungen aus den französischen Alpen ergaben, dass 30-50% des Wassers an der Schneelanze, durch Sublimation und aus nicht gefrorenen Speicherseen durch Verdunstung verloren gehen (De Jong mündlich). Diese sind zur Zeit Gegenstand kontroverser Diskussionen. In trockenen Gebieten Frankreichs sei lokal die Trinkwasserversorgung von technischer Beschneiung betroffen (Röhrlich 2007). Gängige Meinung seitens der Beschneiungstechnologie ist, dass maximal 10% der Wassermenge bei sehr kalten Bedingungen verdunsten kann (Rhyner, SLF, mündlich).

<sup>15</sup> Abflussmenge Q347: Abflussmenge, die gemittelt über zehn Jahre, durchschnittlich während 347 Tagen des Jahres erreicht oder überschritten wird und die durch Stauung, Entnahme oder Zuleitung von Wasser nicht wesentlich beeinflusst ist.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass der Eingriff in den Wasserhaushalt lokaler Bedeutung ist und darauf geachtet werden muss, dass die Wasserentnahme keine benachbarten Moore, Gewässer oder das Grundwasser negativ beeinflusst. Pröbstl (2006) hebt hervor, dass der Bau von Speicherseen eine sinnvolle Massnahme sein kann, um die Wasserentnahme aus natürlichen Gewässern zu minimieren, sofern nicht in die lokale Hydrologie (z.B. von Mooren) eingegriffen wird (siehe auch Moritz et al. 2006).

## 7.2 Vegetation und Bodenstabilität

In diesem Teilkapitel werden zwei Studien vorgestellt, die den Zusammenhang zwischen Vegetation, Durchwurzelung und Bodenstabilität nachgehen. Dieses Problem ist von grosser Relevanz weil der Vegetation nach Eingriffen z.B. durch den Bau von Beschneiungsanlagen eine zentrale Bedeutung bei der Stabilisierung des Boden und beim Erosionsschutz zukommt. Der Bau von Beschneiungsanlagen ist oft nur ein Teil einer allgemeinen Intensivierungstendenz, die z.B. auch grossflächige Planierungen von Skipisten beinhaltet (Abb. 25). Aus diesem Grund geht dieses Teilkapitel über die Beschneiungsproblematik hinaus und beschäftigt sich mit Begrünung und Bodenstabilität. Die Untersuchungsgebiete liegen aus historischen Gründen nicht in den drei bisher behandelten Gebieten (siehe unten).



Abb. 25: Skipistenplanierung am Jakobshorn (30-35 Jahre alt). Auch in jüngerer Zeit werden im Rahmen intensiverer Pistennutzung und Pistenverbreiterung immer noch Flächen in grosser Höhe planiert.

### 7.2.1 Wurzeleigenschaften alpiner Pflanzen

Der Einsatz von Kunstschnne erhöht die Nährstoffzufuhr auf Skipisten und verändert damit die Artenzusammensetzung. Auf planierten Skipisten sind die Folgen negativ, denn Kunstschnne apert später aus verkürzt dadurch die Vegetationszeit und führt zu einer verringerten Biodiversität (Wipf et al. 2005). Eine diverse Pflanzendecke mit unterschiedlichen Wuchsformen und einer hohen Durchwurzelung des Bodens ist jedoch für den Erosionsschutz von zentraler Bedeutung (z.B. Gyssels & Poesen 2003; De Baets et al. 2007). Diverse Wuchsformen verringern das Abschwemmen von Feinerde, welche durch die zusätzlich aufgebrachte Wassermenge bei der technischen Beschneiung um 15% zunehmen kann (Pröbstl 2006). Obwohl der Einfluss von Kunstschnne auf das

nehmen kann (Pröbstl 2006). Obwohl der Einfluss von Kunstschnne auf das Pflanzenwachstum in zahlreichen Studien untersucht wurde (Delarze 1994; Rixen 2002; Rixen et al. 2003; Wipf et al. 2005), ist bisher nur wenig über die unterirdische Diversität und die Wurzelsysteme alpiner Pflanzen auf gestörten Flächen, wie z.B. auf Skipisten bekannt. Die Pflanzenarten können in sich in ihrer Wurzelarchitektur und –tiefe unterscheiden und in Kombination einen entscheidenden Beitrag zum Erosionsschutz leisten. Ziel der folgenden Untersuchung war es daher, die Wurzelsysteme von 13 alpinen Pflanzenarten einer Skipistenplanie zu untersuchen und ihre Durchwurzelung zu beschreiben. Aufgrund des geringen Deckungsgrades auf einer Skipistenplanie ist die Konkurrenz zwischen den Arten noch gering und sie können sich ungehindert entfalten. Die Ausbildung der Wurzelsysteme kann daher besonders gut untersucht werden.

#### 7.2.1.1 Methoden Wurzeigenschaften alpiner Pflanzen

##### *Die Untersuchungsfläche*

Die Untersuchungsfläche liegt auf einer planierten Skipiste (46°26'N, 9°50'Ø) im Gebiet des Piz Corvatsch im Oberengadin, Kanton Graubünden, Schweiz (Abb. 26). Geologisch gehört das Gebiet zur Unterostalpinen Decke, deren Festgestein aus Granodiorit und Kalzit-Marmor besteht (Burga et al. 2004). Der Oberboden besteht grösstenteils aus grobkörnigen granodioritischem Felsgestein und sandigem Lehm ( $1.27 \pm 0.23 \text{ g/cm}^3$ ).

Das Klima ist trocken-kontinental, wobei die durchschnittliche Jahrestemperatur  $-4^\circ\text{C}$  und der durchschnittliche Jahresniederschlag 1'077 mm beträgt (Station Piz Corvatsch, 3'303 m ü. M.).

Die Skipiste wurde ca. 1980 auf alpinen Krummseggenrasen angelegt und wurde bis zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht technisch beschneit. Sie liegt an einem Nordwest-Hang des Murtèl und hat eine Hangneigung von  $25^\circ$ . Die Skipiste ist durch eine geringe Pflanzendeckung (25%) gekennzeichnet.

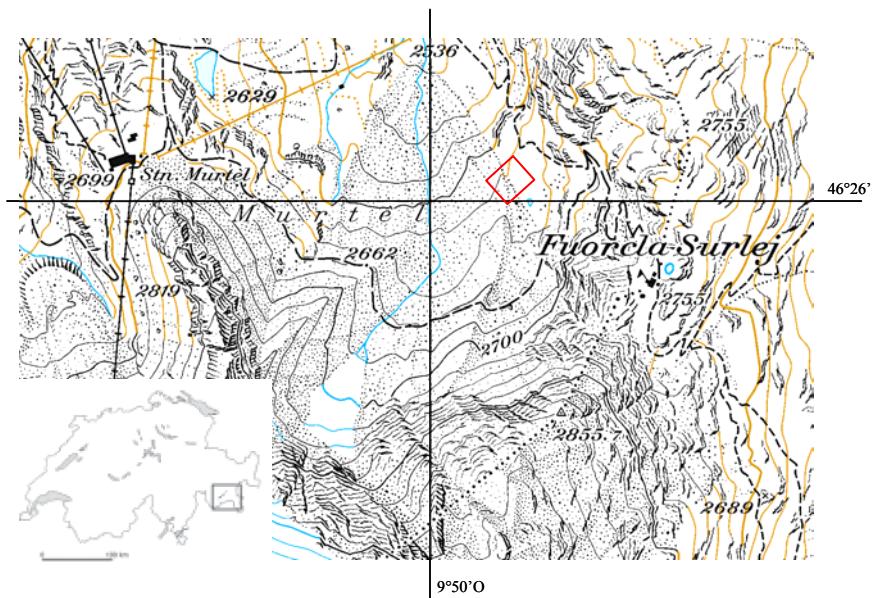


Abb. 26: Lage der Untersuchungsfläche auf der planierten Skipiste am Murtèl.

### 7.2.1.2 Ausgrabung der Wurzelsysteme

Wir untersuchten die Wurzeleigenschaften von 13 Pflanzenarten verschiedener funktioneller Gruppen (Gräser, Kräuter und Sträucher), die auf der planierten Skipiste wuchsen (Tab. 26:). Von August bis September 2006 gruben wir die kompletten Wurzelsysteme von insgesamt 62 Pflanzen (mindestens zwei Exemplare pro Art) aus (Böhm 1979). Mit Hilfe eines Messer wurden zuerst die horizontalen Wurzeln freigelegt. Durch den locker und trockenen Boden konnten Wurzeln bis zu einer Tiefe von 80 cm ausgegraben werden. Tieferen Wurzeln, die nicht erreicht werden konnten, wurden abgetrennt. Die freigelegten Wurzelsysteme wurden im Anschluss auf ihre maximale Wurzeltiefe und horizontale Ausdehnung vermessen. Die oberirdische Biomasse wurde am Wurzelansatz abgeschnitten, ihr Frischgewicht mit einer Feldwaage bestimmt und bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Die Wurzelsysteme wurden in verschliessbaren Plastikbeuteln in einer 15%igen Ethanollösung bei 4°C aufbewahrt. Wurzelverluste waren von der Wurzelstruktur abhängig und für Wurzelsysteme mit vielen feinen und fragilen Wurzeln am höchsten (Gräser).

#### *Bestimmung der Wurzelparameter*

Im Labor wurden die Wurzelsysteme vorsichtig ausgewaschen, in einer Wasserschale auf einem optischen Flachbett-Scanner ausgebreitet und gescannt. Mit dem Programm WinRhizo® (Regent instruments Inc., Quebec, Canada) wurden der mittlere Wurzeldurchmesser (d) und die totale Wurzellänge bestimmt (Tab. 26). Die totale Wurzellänge der einzelnen Pflanzenarten wurde in vier Durchmesserklassen verteilt; sehr fein:  $d \leq 0.5$  mm, fein:  $0.5 < d \leq 2.0$  mm, mittel:  $2.0 < d \leq 5.0$  mm und gross:  $5.0 < d \leq 10.0$  mm. Eine Altersbestimmung ist für ca. sechs Pflanzenarten möglich (Tab. 26) und wird zur Zeit nach der in Schweingruber & Poschlod (2005) beschriebenen Methode durchgeführt.

Tab. 26: Eigenschaften von 13 Pflanzenarten der planierten Skipiste am Murtèl (N: Anzahl der ausgegrabenen Pflanzen, A (a): Altersbestimmung nach (Schweingruber & Poschlod 2005) möglich, H (cm): durchschnittliche Pflanzenhöhe, L<sub>max</sub> (cm): maximale Wurzeltiefe, d<sub>BV</sub> (cm): durchschnittliche Wurzelausdehnung im Boden, d (mm): durchschnittlicher Wurzeldurchmesser, L<sub>tot</sub> (cm): totale Wurzellänge, für die mit – gekennzeichneten Felder war eine Datenermittlung nicht möglich.

Pflanzenart	Familie	Funktionelle Gruppe	N	A (a)	H (cm)	L <sub>max</sub> (cm)	d <sub>BV</sub> (cm)	d (mm)	L <sub>tot</sub> (cm)
<i>Arabis caerulea</i> All.	Brassicaceae	Kraut	5	x	8.2 ± 2.1	24	0 ± 0	2.4 ± 0.6	30.9 ± 10.8
<i>Campanula scheuchzeri</i> Vill.	Campanulaceae	Kraut	5	x	10.0 ± 1.2	25	70.0 ± 20.1	1.4 ± 0.2	592.9 ± 256.3
<i>Geum reptans</i> L.	Rosaceae	Kraut	2	-	8.5 ± 0.7	82	12.0 ± 16.4	2.3 ± 0.3	159.1 ± 8.4
<i>Leucanthemopsis alpina</i> (L.) Heywood	Asteraceae	Kraut	5	x	5.4 ± 2.3	18	10.3 ± 2	1.0 ± 0.1	262.1 ± 49.1
<i>Luzula alpinopilosa</i> (Chaix) Breistr.	Juncaceae	Gras	5	-	18.0 ± 1.9	-	-	0.9 ± 0.0	1428.8 ± 843.0
<i>Luzula spicata</i> (L.) DC.	Juncaceae	Gras	5	-	11.6 ± 1.5	-	-	0.9 ± 0.0	1538.2 ± 848.9
<i>Poa alpina</i> L.	Poaceae	Gras	5	-	26.1 ± 9.0	-	-	0.8 ± 0.3	488.9 ± 249.8
<i>Ranunculus glacialis</i> L.	Ranunculaceae	Kraut	5	x	7.6 ± 3.9	22	44.8 ± 45.5	1.0 ± 0.1	231.9 ± 41.3
<i>Salix breviserrata</i> Floderus	Salicaceae	Strauch	5	-	7.5 ± 2.5	15	96.8 ± 25.5	1.2 ± 0.1	366.1 ± 112.9
<i>Salix herbacea</i> L.	Salicaceae	Strauch	5	x	2.2 ± 0.8	18	63.6 ± 32.1	1.3 ± 0.1	343.8 ± 70.7
<i>Trifolium badium</i> Schreb.	Fabaceae	Kraut	5	x	13.4 ± 3.2	20	38.4 ± 11.1	0.7 ± 0.0	320.5 ± 112.5
<i>Trisetum spicatum</i> (L.) Richter	Poaceae	Gras	5	-	12.6 ± 1.7	17	38.8 ± 7.4	0.9 ± 0.0	951.4 ± 1254.1
<i>Veronica alpina</i> L.	Scrophulariaceae	Kraut	5	-	8.8 ± 2.8	10	56.8 ± 37.1	0.5 ± 0.0	331.7 ± 48.4

### 7.2.1.3 Ergebnisse Wurzeleigenschaften alpiner Pflanzen

In Tab. 26 sind die Eigenschaften der 13 untersuchten Pflanzenarten zusammengefasst. Die Pflanzenarten unterschieden sich in ihrer Wurzelmorphologie und wurden entsprechend ihrer funktionellen Gruppe in Kräuter, Gräser und Sträucher eingeteilt.

Die Pflanzen hatten geringe Wuchshöhen von  $2.2 \pm 0.8$  bis  $26.0 \pm 0.9$  cm, zeigten sich aber bezüglich ihres Wurzelwachstums deutlich diverser (Abb. 27). Die maximalen Wurzeltiefen der verschiedenen Arten reichten von  $7.2 \pm 2.2$  cm bis  $20.5 \pm 5.2$  cm und waren für die Kriechende Nelkenwurz (*Geum reptans*) mit  $70.8 \pm 15.2$  cm am höchsten. Die Hainsimsen *Luzula alpinopilosa* und *L. spicata* sowie der Ährige Grannenhafer (*Trisetum spicatum*) bildeten mit  $1428.8 \pm 843.0$  cm,  $1538.2 \pm 848.9$  cm und  $951.4 \pm 1254.1$  cm die längsten Wurzeln, zeigten aber hohe Varianzen in der Wurzellänge (Abb. 27).

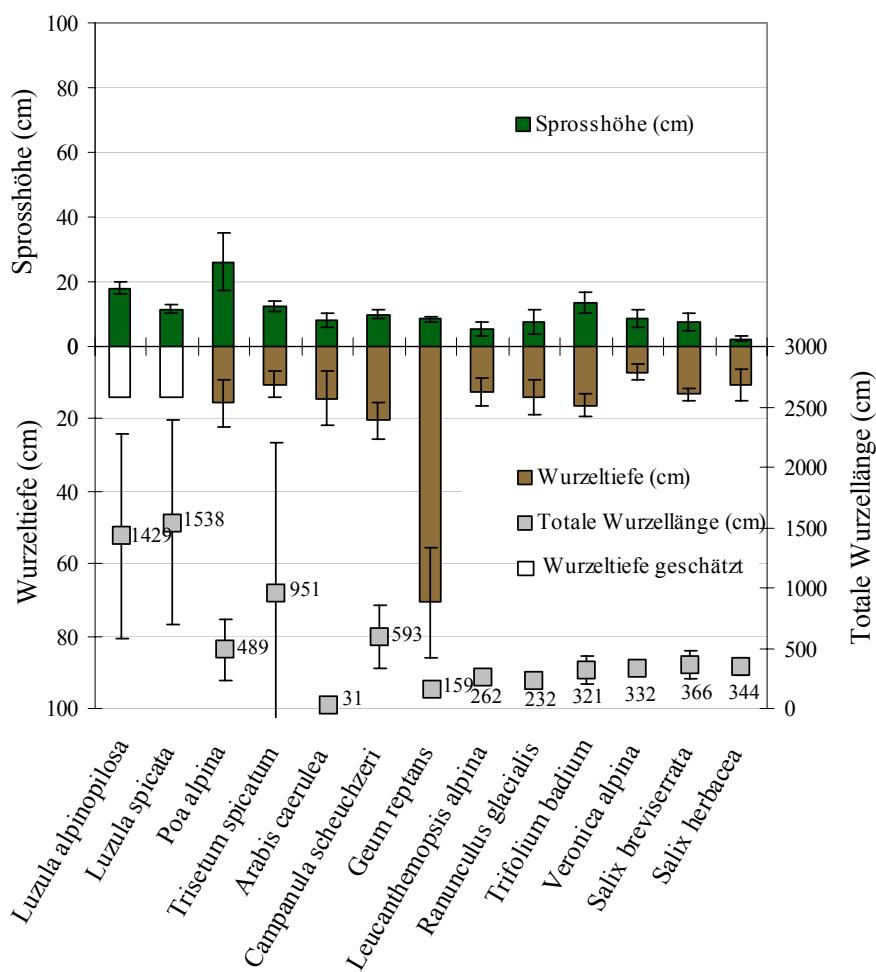


Abb. 27: Sprosshöhe, Wurzeltiefe und totale Wurzellänge (cm) der 13 untersuchten Pflanzenarten.

Die Gräser *Luzula alpinopilosa* und *L. spicata* wurden aufgrund der vielen Feinwurzeln mit einer Schaufel ausgegraben und ihre maximale Wurzeltiefe geschätzt.

Flachgründig wurzelnde Arten wie z.B. der Alpen-Ehrenpreis (*Veronica alpina*) ( $7.2 \pm 2.2$  cm) erreichten dennoch hohe Gesamtwurzellängen ( $331.7 \pm 48.4$  cm) und hohe horizontale Wurzelausdehnungen ( $71.0 \pm 22.2$  cm) (Abb. 28). Die Kurzzähnige Weide (*Salix breviserrata*) erreichte mit  $96.8 \pm 25.5$  cm die höchste horizontale Wurzelausdehnung.

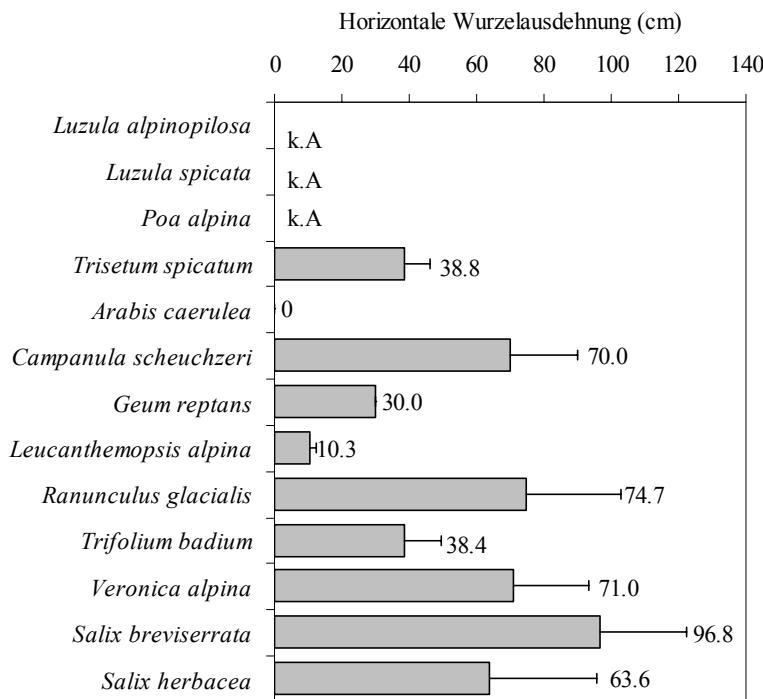


Abb. 28: Horizontale Wurzelausdehnung (cm) der 13 untersuchten Pflanzenarten. (k.A.: keine Angabe.)

Elf Pflanzenarten unterschieden sich signifikant in der horizontalen Wurzelausdehnung (Tab. 27). Diese Unterschiede waren zwischen der Blau-Gänsekresse (*Arabis caerulea*) und der Krautweide (*Salix herbacea*), der Alpenmargerite (*Leucanthemopsis alpina*) und der Krautweide höchst signifikant ( $p < 0,001$ ).

Tab. 27: Signifikanz der Unterschiede in der horizontalen Wurzelausdehnung zwischen 10 Pflanzenarten (ANOVA, paarweise Mittelwertvergleiche mit dem Tukey-HSD Test,  $p < 0,05$ ). Für die Gräser *Poa alpina*, *Luzula alpinopilosa* und *L. spicata* fehlten die Daten.

Pflanzenart	<i>Arabis</i>	<i>Campanula</i>	<i>Geum</i>	<i>Leucanth</i>	<i>Ranunc</i>	<i>Salixbre</i>	<i>Salixherb</i>	<i>Trifolium</i>	<i>Trisetum</i>	<i>Veronica</i>
<i>Arabis caerulea</i>	-	0.003	ns	ns	ns	0.008	0.000	ns	ns	0.027
<i>Campanula scheuchzeri</i>	0.003	-	ns	0.019	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Geum reptans</i>	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Leucanthemopsis alpina</i>	ns	0.019	ns	-	ns	0.052	0.000	ns	ns	ns
<i>Ranunculus glacialis</i>	ns	ns	ns	ns	-	ns	0.057	ns	ns	ns
<i>Salix breviserrata</i>	0.008	ns	ns	0.052	ns	-	ns	ns	ns	ns
<i>Salix herbacea</i>	0.000	ns	ns	0.000	0.057	ns	-	0.021	0.022	ns
<i>Trifolium badium</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.021	-	ns	ns
<i>Trisetum spicatum</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.022	ns	-	ns
<i>Veronica alpina</i>	0.027	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-

Um einen Eindruck über die Verteilung der totalen Wurzellänge der einzelnen Pflanzenarten und ihrer Wurzeldurchmesser zu erhalten, wurde die totale Wurzellänge in vier Durchmesserklassen verteilt (sehr fein:  $d \leq 0.5$  mm, fein:  $0.5 < d \leq 2.0$  mm, mittel:  $2.0 < d \leq 5.0$  mm und gross:  $5.0 < d \leq 10.0$  mm) (Abb. 29). Die meisten Pflanzen hatten ihre längsten Wurzeln in feinen Durchmesserklassen ( $0.5 < d \leq 2.0$  cm), nur Kräuter mit Pfahlwurzeln wie z.B. die Blau-Gänsekresse (*Arabis caerulea*) und die Kriechende Nelkenwurz (*Geum reptans*) hatten deutlich längere Wurzeln in höheren Durchmesserklassen ( $2 < d \leq 5$  cm).

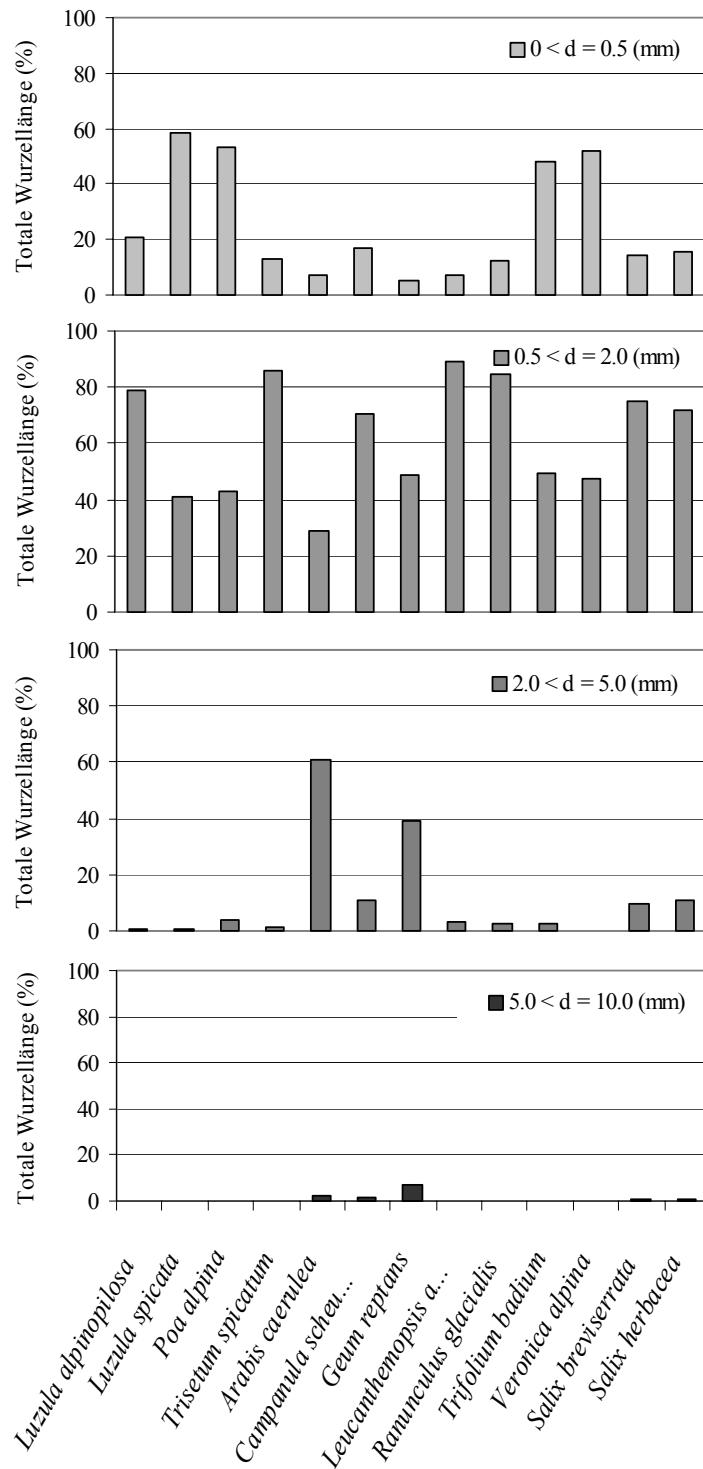


Abb. 29: Verteilung der totalen Wurzellänge (%) der 13 untersuchten Pflanzenarten in vier Wurzeldurchmesserklassen.

#### 7.2.1.4 Diskussion Wurzeleigenschaften alpiner Pflanzen

Obwohl die Wurzeleigenschaften alpiner Pflanzen für eine standortgerechte Wiederbegrünung und den Erosionsschutz von Skipisten von zentraler Bedeutung sind, konzentrierten sich die meisten Untersuchungen auf das oberirdische Pflanzenwachstum (z.B. Urbanska 1997; Van Ommeren 2001; Gros et al. 2004) oder auf die Bewurzelung von Pflanzen in natürlichen, ungestörten Lebensräumen (Kutschera & Sobotik 1997; Po-

lomski & Kuhn 1998). Untersuchungen an Wurzelsystemen alpiner Pflanzen in steilem und zudem anthropogen beeinflusstem Gelände, wie z.B. durch die Installation von Beschneiungsanlagen, fanden unserer Kenntnis nach nicht statt. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es daher, die Wurzeleigenschaften von 13 alpinen Pflanzen einer planierten Skipiste zu erfassen.

Die 13 alpinen Pflanzenarten bildeten unterschiedliche Wurzelsysteme und -typen aus. Die Kriechende Nelkenwurz (*Geum reptans*), ein pfahlartig wurzelndes Kraut, erreichte hohe Wurzeltiefen und somit eine tiefe Verankerung im Boden, dagegen war die horizontale Wurzelausdehnung eher gering. Die typische Silikatschuttpflanze erhält durch ihre kriechenden Ausläufer und die Bildung neuer Rosetten zusätzlichen Halt im Boden. Flachgründig wurzelnde Arten (< 20cm) wie z.B. der Alpen-Ehrenpreis (*Veronica alpina*) und die Krautweide (*Salix herbacea*) durchwurzelten den Boden dagegen vor allem horizontal und sind somit in der Lage die häufigen Niederschläge aufzufangen und effizient zu nutzen (Polomski & Kuhn 1998). Die Hainsimsen (*Luzula alpinopilosa* und *L. spicata*) und der Ährige Grannenhafer (*Trisetum spicatum*) bildeten sehr feine Wurzeln ( $0 < d \leq 0.5$  cm), während die verbleibenden Arten stärkere Wurzeln bildeten ( $0.5 < d \leq 2.0$  cm). Diese Unterschiede in Wurzellänge, -ausdehnung und –durchmesser, d.h. eine hohe Wurzeldiversität der Pflanzenarten, sind für eine vielfältige Durchwurzelung des Bodens und eine Nährstoffgewinnung in verschiedenen Tiefen von Bedeutung (De Kroon & Visser 2003; Gregory 2006). Zudem haben die Wurzeln auf die Stabilität des Bodens einen positiven Einfluss. Wurzeln binden Bodenpartikel zu Makroaggregaten ( $>250$  µm) und scheiden u.a. Polysaccharide aus, die wiederum für die Bildung von Mikroaggregaten ( $<250$  µm) verantwortlich sind (z. B. Tisdall & Oades 1982; Scott 1998). Ferner haben verschiedene Wurzeltypen unterschiedliche Symbiosen mit Mykorrhizapilzen, die zusätzlich zum Bindungsprozess des Bodens beitragen (Miller & Jastrow 1990). Gerade nach dem Bau von Beschneiungsanlagen oder dem Ausbau von Skipisten zur Erhöhung der Pistenkapazität für Skifahrer entsteht vegetationsfreier Boden, der nur langsam durch Pflanzen wiederbesiedelt wird und besonders erosionsgefährdet ist. Durch eine rasche Wiederbegrünung mit standortgerechten Pflanzen, die sich durch diverse Wurzelsysteme gut im Boden verankern können, sollte der Boden vor Auswaschungen und Verarmung geschützt werden. Durch den weiteren Ausbau von Beschneiungsanlagen bleibt diese Problematik immer noch aktuell.

### 7.2.2 Einfluss von Mykorrhizapilzen auf die Bodenstabilität von Skipisten

Mit zunehmender Seehöhe wird eine Begrünung von Skipisten nach baulichen Eingriffen, wie z.B. den Bau von Seilbahnen oder Beschneiungsanlagen, immer schwieriger. Eine Begrünung ist zudem nur in Höhenlagen sinnvoll, innerhalb derer sich die Arten noch reproduzieren können (zwischen 2'300 und 2'400 m ü. M.) (Krautzer et al. 2006a). Durch die Beimischung von symbiotischen Bodenpilzen zur Saat, werden der Pflanze die wichtigen Symbiosepartner geliefert, die durch ihre 10-15 mal dünneren Pilzhyphen ein größeres Spektrum an Bodenporen und damit Nährstoffreserven erschliessen können. Im Austausch gegen Nährstoffe und Wasser bezieht der Pilz Photosyntheseprodukte von der Pflanze. Darüber hinaus sind sie am Aufbau einer stabilen Bodenstruktur beteiligt (Frei et al. 2003), zum einen durch mechanisches Zusammenfügen kleinster Bodenpartikel zu Mikroaggregaten und zum anderen durch „Verkleben“ mittels ausgeschiedener Stoffwechselprodukte (Rillig & Mumme 2006). Das Ziel des folgenden Versuches war es, den Einfluss von arbuskulären Mykorrhizapilzen (AMP) der Gattung *Glomus* auf die Vegetationsentwicklung und die Stabilität einer wiederbegrünten Skipiste zu untersuchen.

### 7.2.2.1 Methoden Einfluss von Mykorrhizapilzen

#### Die Untersuchungsfläche

Die Untersuchungsfläche „Munt da San Murezzan“ ( $46^{\circ}30'N$ ,  $9^{\circ}48'W$ ) liegt auf 2'700 m ü. M. auf einem wiederbegrünten Skipistenabschnitt am Piz Nair, Oberengadin, Kanton Graubünden, Schweiz (Abb. 30). Die Untersuchungsfläche liegt an einem Südwest Hang und hat eine Hangneigung von 5 bis 10°. Die Fläche entstand im Hinblick auf die Ski WM 2003, als im gesamten Skigebiet St. Moritz neue Beschneiungsanlagen gebaut wurden. Die Vegetation und Bodenstruktur wurden durch die Bauarbeiten zerstört. Durch eine rasche Wiederbegrünung sollte der Boden stabilisiert und vor Erosion geschützt werden (Abb. 24).

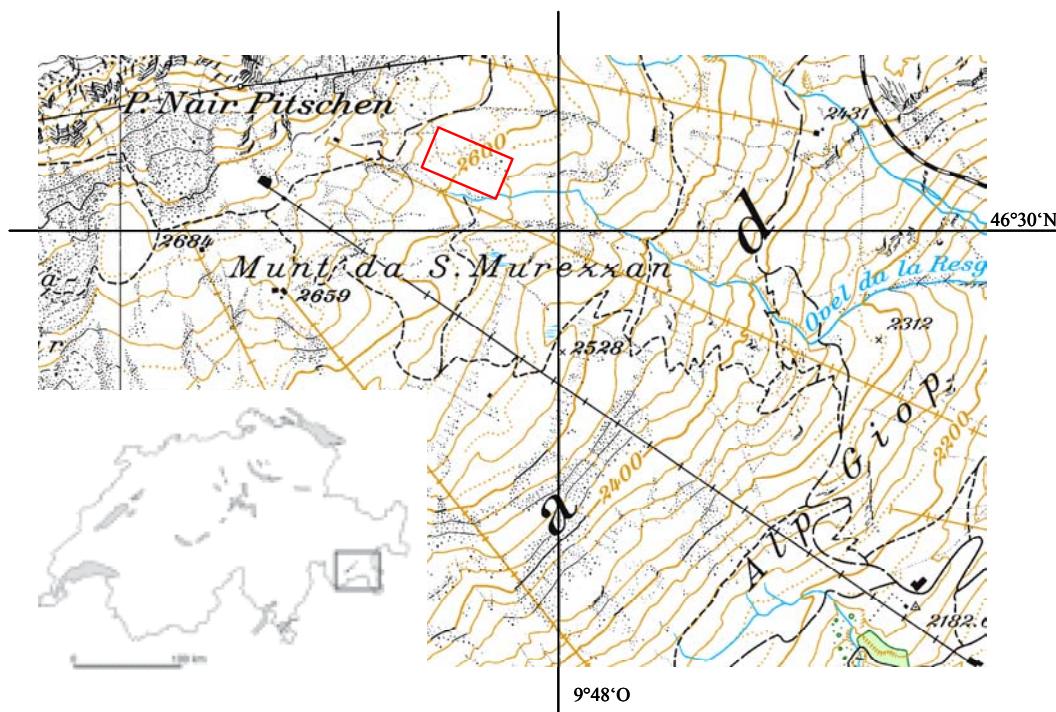


Abb. 30: Untersuchungsfläche auf „Munt da San Murezzan“.

Fünf Prüfverfahren wurden in sechs Blöcken (Wiederholungen) angelegt (Abb. 31). Im Jahr 2001 wurden in jedem der fünf Prüfverfahren  $10-15 \text{ g/m}^2$  einer Samenmischung aus standortangepassten Gräsern und Kräutern,  $40 \text{ g/m}^2$  Zellulose und  $5 \text{ g/m}^2$  organischer Haftkleber ausgebracht. In Tab. 28 sind die Nährstoffgehalte der einzelnen Prüfverfahren aufgeführt. Die Verfahren MykoVamp und MykoVerde enthielten zusätzlich die AMP *Glomus etunicatum*, *G. fasciculatum* and *G. intraradices*.



Abb. 31: Anlage der Prüfverfahren in fünf Blöcken und Lage der Bodenproben.

Tab. 28: Nährstoffgehalte der fünf Prüfverfahren. (k.A. keine Angaben)

Prüfverfahren	Kontrolle	MykoVamp	MykoVerde	ProvideVerde	Hydrogel
Penicillium Pilz (g/kg)	-	-	21.0	25.0	-
Org. Nährstoffträger (g/kg)	-	-	824.0	920.0	-
Mykorrhiza Inokulum (g/kg)	-	-	155.0	-	-
Stickstoff (g/m <sup>2</sup> )	-	0.04	3.20	3.90	2.00
Phosphor g/m <sup>2</sup> )	-	0.04	1.68	1.95	1.60
Kalium (g/m <sup>2</sup> )	-	0.76	1.04	1.13	2.20

#### Entnahme der Bodenproben

Im Oktober 2006 wurden insgesamt 60 Bodenproben mit einem Stechzylinder (5x25 cm) entnommen. Pro Prüfverfahren wurden 2-3 Bodenproben auf einem vorher festgelegten Raster entnommen (Abb. 31). In den Stechzylinder wurde ein Plastikrohr eingeführt, welches die spätere Entnahme der Bodenproben erleichterte. Das Einschlagen erfolgte mit einem Vorschlaghammer senkrecht zur Hangneigung. Wenn grosse Steine das Einschlagen behinderten, wurde die Probenahme abgebrochen. Die Proben wurden in senkrechter Lage bis zur Verarbeitung bei 3 bis 5°C gelagert. Vor der Entnahme der Bodenproben wurde der Deckungsgrad auf der Fläche des Stechzylinders bestimmt.

*Bestimmung der Aggregatstabilität* nach Frei et al. (2003)

Die Aggregatstabilität wurde von A. Rädisch im Rahmen seiner Diplomarbeit an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden bestimmt (Raedisch 2007). Vor der Bestimmung der Aggregatstabilität wurden die Proben aus dem Plastikrohr entnommen und bei 10 cm in zwei Stücke gebrochen. Die zwei Teilproben (0-10 cm und 10-20 cm) wurden vermessen und gewogen. Die Teilproben wurden in einen Plastikbehälter auf eine Siebkolonne der Maschenweite 20, 10 und 0.2 mm gestellt. Ein Metallzylinder (8x11.5 cm) auf dem obersten Sieb (20 mm) stabilisierte die Probe (Abb. 32). Der Plastikbehälter wurde für fünf Minuten bis zur oberen Kante des Metalzylinders mit Wasser gefüllt. Nach dem Ablassen des Wassers wurden die Bodenfraktionen auf den einzelnen Sieben von Wurzeln befreit und bei 105°C getrocknet. Die Wurzeln wurden in 20%iger Ethanolösung bei 5°C für die spätere Bestimmung der Wurzellänge aufbewahrt. Die Aggregatstabilität wurde aus dem Verhältnis des Trockengewichtes der Bodenfraktion auf dem 20 mm Sieb und dem Trockengewicht der gesamten Bodenprobe berechnet.



Abb. 32: Versuchsaufbau zur Bestimmung der Aggregatstabilität. Der Plastikbehälter wird für fünf Minuten mit Wasser gefüllt und die zerfallenden Bodenpartikel werden auf den Sieben von 20, 10 und 0.2 mm Maschenweite aufgefangen.

*Datenauswertung*

Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS (Version 15.0 für Windows). In den Kapiteln werden die F- Werte als Mass für die Stärke des Zusammenhangs und p als Mass für die Signifikanz der Unterschiede angegeben. Die Freiheitsgrade df beziehen sich auf das gesamte Modell.

Die Signifikanzniveaus wurden wie folgt festgelegt:

- $p < 0.05$  entspricht einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%
- $p < 0.01$  entspricht einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1%
- $p < 0.001$  entspricht einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.1%

Der paarweise Mittelwertvergleich erfolgte mit dem Tukey-HSD Test mit einem Signifikanzniveau von  $p < 0.05$ .

### 7.2.2.2 Ergebnisse Einfluss von Mykorrhizapilzen

*Deckungsgrad*

Auf der Versuchsfläche entwickelte sich mit MykoVerde bereits in der ersten Vegetationsperiode nach der Saat ein hoher Deckungsgrad von 87% (Abb. 33; Meyer 2007). Im Laufe der fünf Vegetationsperioden wurde im fünften Jahr nach der Saat in allen Prüfverfahren ein Rückgang des Deckungsgrades (statistisch nicht signifikant) beobachtet. Die

Vegetationsentwicklung erfolgte mit Hydrogel und ProvideVerde deutlich langsamer als bei MykoVerde. Die Ergebnisse zeigen auch, dass die Pflanzenentwicklung mit dem Mykorrhiza-Inokulum (MykoVamp) allein nur langsam erfolgt.

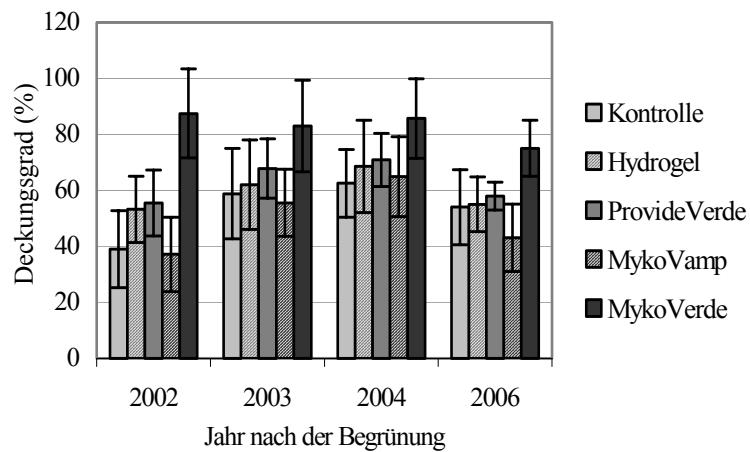


Abb. 33: Deckungsgrad der Vegetation (%) in vier Prüfverfahren und vier Jahren nach der Begründung (nach Meyer 2007).

Der Deckungsgrad und die Wurzellängen im Stechzylinder der Bodenproben unterschieden sich nicht signifikant zwischen der unbehandelten Kontrollfläche und den Prüfverfahren (Abb. 34). Der Deckungsgrad im Stechzylinder war jedoch mit 44% und 56% in den Prüfverfahren MykoVerde und ProvideVerde deutlich höher, als in den anderen Prüfverfahren. Die höchsten Wurzellängen wurden ebenso in den Prüfverfahren ProvideVerde und MykoVerde gemessen.

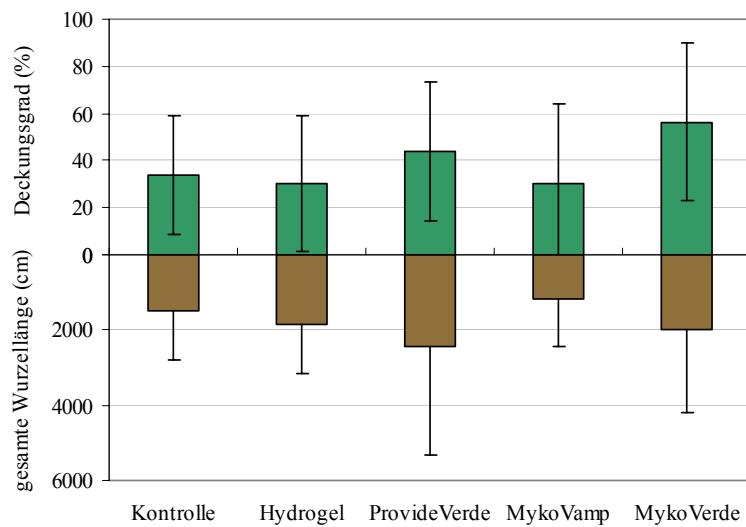


Abb. 34: Deckungsgrad (%) und gesamte Wurzellänge in der Kontrollfläche und den Flächen mit den vier Saatmischungen im Jahr 2006. Mittelwerte und Standardabweichungen (n=12).

Die Aggregatstabilität unterschied sich in keinem Prüfverfahren signifikant von der Kontrolle (Tab. 29). In dem Prüfverfahren MykoVerde wurde mit 63% die höchste Aggregatstabilität in einer Bodentiefe von 0-10 cm erreicht (Abb. 35). Mit 57% war sie ebenso in einer Bodentiefe von 10-20 cm am höchsten. Die Aggregatstabilität unterschied sich in den Bodentiefen 0-10 cm und 10-20 cm der einzelnen Prüfverfahren nicht signifikant.

Die Aggregatstabilität war, mit Ausnahme des Prüfverfahrens ProvideVerde, in einer Bodentiefe von 0-10 cm durchschnittlich höher, als in einer Bodentiefe von 10-20 cm. Die Streuung der Werte war mit dem Prüfverfahren MykoVamp am höchsten.

Tab. 29: ANOVA-Tabelle mit der Aggregatstabilität als abhängige Variable und dem Block und dem Prüfverfahren als feste Faktoren.

	df	F	p
Tiefe: 0-10 cm			
Block	4	1.40	0.26
Prüfverfahren	4	0.71	0.59
Block * Prüfverfahren	16	0.85	0.62
Tiefe: 10-20 cm			
Block	4	0.33	0.85
Prüfverfahren	4	0.47	0.76
Block * Prüfverfahren	14	0.64	0.80

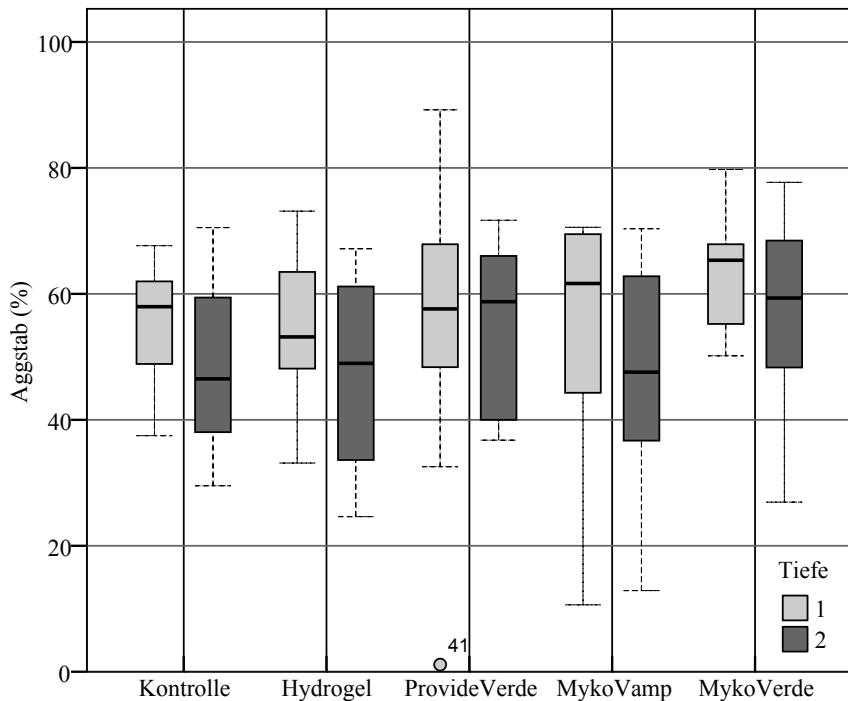


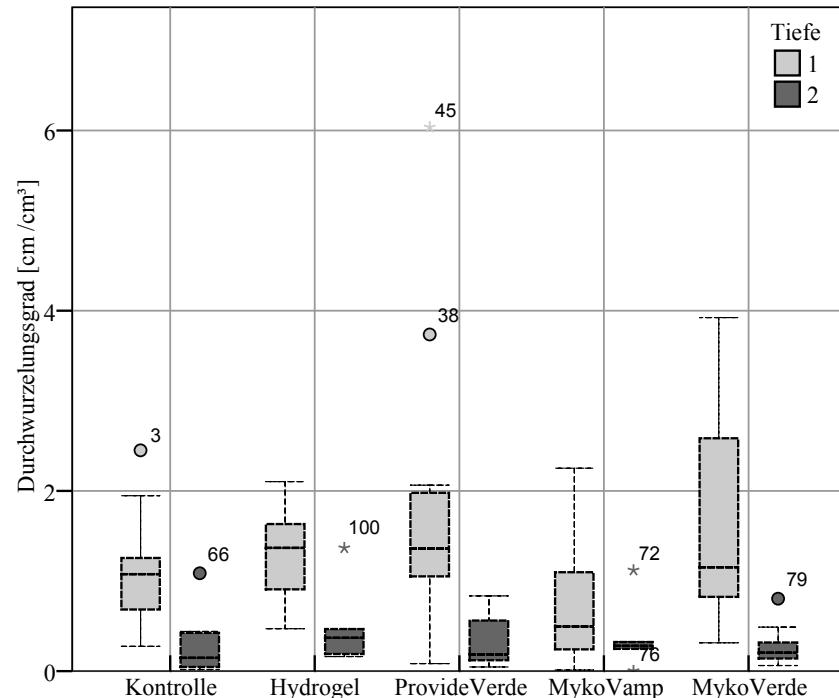
Abb. 35: Aggregatstabilität (%) der Prüfverfahren in einer Bodentiefe von 0-10 cm (Tiefe 1: hellgrau) und 10-20 cm (Tiefe 2: dunkel). (Mittelwerte, Standardabweichungen, Minimum- und Maximumwerte und Ausreißer).

Der Durchwurzelungsgrad in der unbehandelten Kontrollfläche und in den Prüfverfahren unterschied sich signifikant in einer Bodentiefe von 0-10 cm (Tab. 30). Der Durchwurzelungsgrad war mit 1.81 und 1.65 cm/cm<sup>3</sup> in den Prüfverfahren ProvideVerde und MykoVerde am höchsten und mit 0.74 cm/cm<sup>3</sup> in dem Prüfverfahren MykoVamp am geringsten (Abb. 36). Der Durchwurzelungsgrad war in einer Bodentiefe von 0-10 cm generell höher als in einer Tiefe von 10-20 cm.

Tab. 30: ANOVA-Tabelle mit dem Durchwurzelungsgrad als abhängige Variable und dem Block und dem Prüfverfahren als feste Faktoren.

	df	F	p
Tiefe: 0-10 cm			
Block	4	3.70	0.01
Prüfverfahren	4	2.73	0.04
Block * Prüfverfahren	16	1.10	0.39
Tiefe: 10-20 cm			
Block	4	2.16	0.11
Prüfverfahren	4	0.27	0.89
Block * Prüfverfahren	14	1.84	0.11

Es wurde ein signifikanter Blockeffekt beim Durchwurzelungsgrad festgestellt. In Block 5 war der Durchwurzelungsgrad in jedem Prüfverfahren deutlich geringer, als in den Blöcken 1 bis 4.

Abb. 36: Durchwurzelungsgrad [cm/cm<sup>3</sup>] der Prüfverfahren in einer Bodentiefe von 0-10 cm (Tiefe 1: hellgrau) und 10-20 cm (Tiefe 2: dunkel).

Die Bodendichte in der Kontrolle und in den Prüfverfahren unterschied sich nicht signifikant (Tab. 31). Die durchschnittliche Bodendichte war mit 1.47 g/cm<sup>3</sup> im Prüfverfahren Hydrogel am geringsten und mit 1.57 g/cm<sup>3</sup> im Prüfverfahren MykoVerde am höchsten (Abb. 37).

Tab. 31: ANOVA-Tabelle mit der Dichte als abhängige Variable und dem Block und dem Prüfverfahren als feste Faktoren.

	df	F	Signifikanz
Tiefe: 0-10 cm			
Block	4	7.23	0.00
Prüfverfahren	4	0.72	0.58
Block * Prüfverfahren	16	1.04	0.44
Tiefe: 10-20 cm			
Block	4	6.23	0.00
Prüfverfahren	4	1.32	0.30
Block * Prüfverfahren	14	1.40	0.26

Die Bodendichte unterschied sich in einer Tiefe von 0-10 cm und 10-20 cm signifikant zwischen den Blöcken (Abb. 37). In einer Tiefe von 0-10 cm lag die Bodendichte im Block 1 tiefer, als in den Blöcken 2 bis 4, außer im Prüfverfahren ProvideVerde unterschied sie sich nicht von den anderen Blöcken. In einer Tiefe von 10-20 cm war die Bodendichte im Block 5 höher, als in den anderen Blöcken.

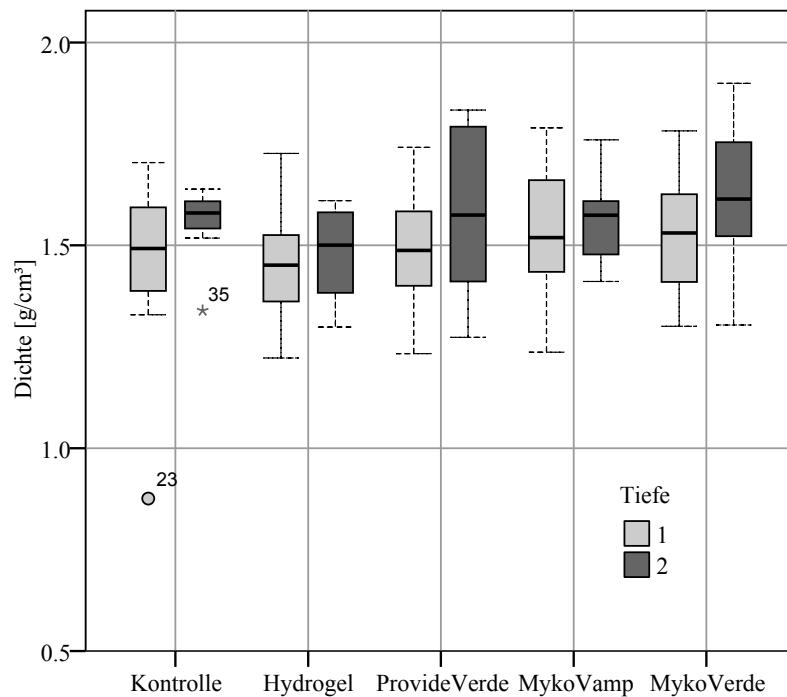


Abb. 37: Dichte (g/cm<sup>3</sup>) der Probeflächen in 0-10cm (Tiefe 1: hellgrau) und 10-20cm (Tiefe 2: dunkel) Bodentiefe.

Die Abb. 38 verdeutlicht, dass der Durchwurzelungsgrad des Bodens signifikant die Aggregatstabilität beeinflusst.

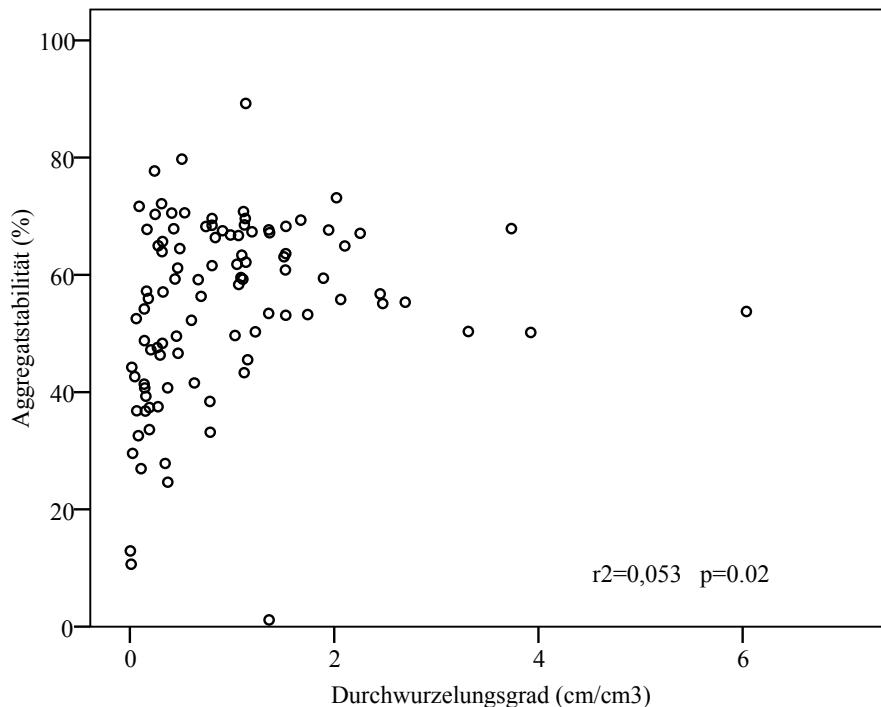


Abb. 38: Zusammenhang zwischen dem Durchwurzelungsgrad ( $\text{cm}/\text{cm}^3$ ) und der Aggregatstabilität in 98 Bodenproben. Lineare Regression mit der Aggregatstabilität als abhängige Variable und dem Durchwurzelungsgrad als unabhängige Variable.

#### 7.2.2.3 Diskussion Einfluss von Mykorrhizapilzen

Bei einer Zerstörung naturnaher Rasengesellschaften, wie sie durch die Intensivierung des Wintersportes und dem damit verbundenen Ausbau der Skipisten und Beschneiungsanlagen erfolgt, erhöht sich der Oberflächenabfluss auf Skipisten um 60-80% (Veit 2002). Im Extremfall können sich aus Planierungen für Skipisten sogar Murkatastrophen entwickeln, wie es z.B. mehrfach im Olympiaskigebiet Axamer Lizum in Tirol geschah. Entscheidend für den oberflächlichen Wasserabfluss und die Stabilität des Bodens gegen Erosion ist neben dem Deckungsgrad der Vegetation auch die Durchwurzelung. Durch die Beimischung von Mykorrhizapilzen zur Saat, werden den Pflanzen wichtige Symbiosepartner geliefert, die bereits ein Jahr nach der Saat zur Entwicklung einer stabilen Pflanzendecke führen. Mit 85% lag der Deckungsgrad in dem Prüfverfahren MykoVerde ein Jahr nach der Saat signifikant höher, als in den Prüfverfahren ProvideVerde und Hydrogel ohne Mykorrhizapilze. Damit wurde der für den Erosionsschutz notwendige Deckungsgrad von 60% überschritten. Mit dem Einsatz von Mykorrhizapilzen allein (MykoVamp), erfolgte die Bildung einer stabilen Pflanzendecke zu langsam und eine kombinierte Anwendung mit höheren Nährstoffgaben (MykoVerde) beschleunigte deutlich die Begrünung gestörter Flächen.

Die Aggregatstabilität wurde durch die Beimischung vom Mykorrhizapilzen in unserem Versuch nicht beeinflusst. Dennoch wurde sie durch den Durchwurzelungsgrad des Bodens verstärkt. Eine hohe Wurzelmasse und -länge sowie Pilzhyphen wirken sich positiv auf die Bildung von Makroaggregaten aus, die in Kombination mit weiteren bodenbildenden Prozessen eine stabile Bodenmatrix und Porenstruktur bilden (Tisdall & Oades 1982; Miller & Jastrow 1990). Die ausgebrachten Mykorrhizapilze förderten wahrscheinlich die gesamte Mykorrhizaflora und übernahmen die Pionierkolonisation, die eine

nachhaltige Sukzession mit lokalen Mykorrhizapilzen ermöglichte und das Pflanzenwachstum förderte (Meyer 2007).

Die fortschreitende Vegetationsentwicklung auf der Untersuchungsfläche schützt den Boden weiterhin vor Erosion, indem sie mit ihrer oberflächigen Biomasse die Aufprallwirkung der Regentropfen vermindert und mit der unterirdischen Wurzelmasse den Boden stabilisiert. Feinwurzeln und Wurzelhaare, Pilzhyphen und Mikroflora durchwachsen den Boden und binden lose organische und mineralische Teilchen. Der Boden wird durch das Wurzelwerk mechanisch und durch das Ausscheiden von Stoffwechselprodukten chemisch verfestigt (Tisdall & Oades 1982; Miller & Jastrow 1990; Scott 1998). Durch das Binden der Bodenpartikel in stabile Aggregate werden Poren verschiedener Grösse gebildet, die für das weitere Pflanzenwachstum und die Bodenstabilität wichtig sind. Die fortschreitenden Vegetationsentwicklung auf der Untersuchungsfläche wird zu einer Zunahme der feinen Bodenfraktionen, des Gehaltes an organischer Substanz und der Sporen-Abundanz arbuskulärer Mykorrhizapilze beitragen und somit die Bodenbildung fördern und die Bodenbindung erhöhen (Miller & Jastrow 1990).

### 7.2.3 Ausblick

#### *Bedeutung der Biodiversität für den Erosionsschutz*

Die Auswirkungen technischer Beschneiung auf die Vegetation wurden in zahlreichen Studien untersucht (Rixen et al. 2003, Wipf et al. 2005) und deuteten auf eine mögliche Verringerung des Erosionsschutzes hin. Neben der technische Beschneiung haben andere Massnahmen wie Planierungen oder Bauarbeiten jedoch gravierendere Folgen für die Vegetation. Durch genauere Untersuchungen soll nun die Bedeutung der Biodiversität für die Bodenstabilität erforscht werden. Durch Beregungsversuche und Bodenaggregatstabilitätstests soll getestet werden, ob artenreiche Pflanzengemeinschaften den Boden besser stabilisieren können als artenarme (siehe Abb. 23). Es werden Stechzylinderproben (5x25 cm) in Probequadraten auf vier Skipistentypen (Naturschnee, Kunstschnne, planiert und unpaniert) und auf benachbarten Flächen neben der Skipiste entnommen und auf ihre Durchwurzelung und Wasserstabilität der Aggregate untersucht. Der Oberflächenabfluss wird auf denselben Probequadraten ermittelt und mit dem Deckungsgrad der Vegetation, der Bodenart sowie der Hangneigung in Beziehung gesetzt.

## 7.3 Fazit

Die ökologischen Auswirkungen der technischen Beschneiung auf die Umwelt sind naturgemäß komplex und unterscheiden sich stark nach Region, Höhenlage etc. Dennoch lassen sich aus der Vielzahl der Studien einige allgemeine Grundsätze ableiten. Die wichtigsten Auswirkungen der technischen Beschneiung auf die Vegetation können in folgenden Punkten zusammengefasst werden:

- Der Mechanische Schutz von Vegetation und Boden durch Kunstschnne ist zum Teil gegeben, aber mechanische Schäden sind doch auf Skipisten allgemein hoch.
- Schutz vor Frost von Vegetation und Boden durch Kunstschnne ist zum Teil gegeben.
- Die späte Ausaperung auf Kunstschnneepisten wirkt sich auf die Zusammensetzung von Pflanzenarten aus.

- Der Eintrag von Ionen und Wasser ist dort unproblematisch, wo Wiesen oder Weiden ohnehin landwirtschaftlich gedüngt werden, aber zu vermeiden bei nährstoffreicher Vegetation, z.B. Mooren oder Magerrasen.
- Artendiversität und Produktivität sind auf beiden Pistenarten (Kunst- und Naturschnee) verringert.

Eine zentrale Schlussfolgerung ist, dass die Kunstschneproblematik nicht isoliert betrachtet werden sollte. Oft ist die intensivere Nutzung von Skigebiete nicht nur mit dem Ausbau von Beschneiungsanlagen verbunden, sondern mit dem Ausbau und der Verbreiterung von Skipisten. Es gilt daher bei der Wiederbegrünung nach Eingriffen, sei es Installation von Beschneiungsanlagen oder Pistenplanierung, die folgenden Schlussfolgerungen zu beachten:

- Eine diverse Vegetation und standortgerechte Pflanzenarten sind massgeblich für Bodenstabilität und Verhinderung von Erosion.
- Bei Baumassnahmen und Wiederbegrünungen im alpinen Raum ist darauf zu achten, dass standortgerechtes Saatgut verwendet wird.
- Nach neuesten Erkenntnissen können Mykorrhizapilze einen entscheidenden Beitrag zur Bodenstabilität leisten.

Die Tierwelt im Umfeld von Skigebieten ist vor allem beeinträchtigt durch Habitatveränderungen und Störung. Negative Auswirkungen durch Störungen wurden z.B. bei Rauhfusshühnern (Auerhuhn, Birkhuhn, Schneehuhn) beobachtet. Bei einigen Tierarten ist aber auch eine Gewöhnung an die Störungen zu erwarten.

Bei der Wasserverfügbarkeit für die Kunstschneproduktion können lokal Engpässe auftreten. In solchen Fällen ist darauf zu achten, dass die Mindestwassermenge im Gewässer erhalten bleibt, um negative Auswirkungen auf Ökosysteme und Grundwasser zu verhindern.

Zusammenfassend muss gesagt werden, dass ökologische Argumente nicht grundsätzlich gegen den Einsatz von Kunstschnee sprechen, da es nicht nur negative, sondern auch positive Auswirkungen gibt. Entscheidend ist, dass jeder potentielle Eingriff rechtzeitig mit Naturschutzverbänden und -verwaltung abgesprochen werden sollte, um mögliche negative Einflüsse gering zu halten. Sensible Vegetation, mögliche Störung seltener Tierpopulationen und eventuelle Engpässe bei der Wasserversorgung sollten in jedem Einzelfall geprüft werden. Bei unvermeidlichen Baumassnahmen sollte nach modernsten Massstäben begrünt werden.

Eine konstante Kontrolle eingehaltener ökologischer Standards nach Eingriffen könnte durch die Zertifizierung der Skigebiete und die Entwicklung von Skipisten-Labels bewerkstelligt werden. Solche Gütesiegel sowie die selbstständige ökologische Aufwertung durch ein sog. Auditing wie in ProNatura (2003) vorgestellt, sind geeignete Wege, um negative ökologische Auswirkungen transparent darzulegen, zu verringern bzw. weitestgehend zu verhindern.



## 8 Folgen der Klimaänderung: Schneedecke und Beschneiungspotenzial der Untersuchungsgebiete

*Autorin: Michaela Teich*

Die technische Beschneiung als eine Adoptionsstrategie an steigende Durchschnittstemperaturen im Winter nimmt einen immer wichtigeren Stellenwert im Wettbewerb der Skidestinationen ein (vgl. Kap. 5.2.2; Abegg 1996). Um die Schneesicherheit kurzfristig zu garantieren, wird oft in umfangreiche Beschneiungssysteme investiert, ohne die zukünftige Entwicklung der Schneedecke und der Beschneibarkeit im Zusammenhang mit einer Klimaänderung in die Überlegungen einzubeziehen.

Untersuchungen zur Bestimmung des zukünftigen Beschneiungspotentials wurden für verschiedene Wintersportdestinationen bereits durchgeführt. Mittels komplexer Schneemodelle berechneten Scott et al. (2003 & 2006) den Bedarf an Beschneiung und die potentiellen Beschneizeiten für Skigebiete in Kanada unter verschiedenen Klimaszenarien und zogen Schlussfolgerungen zu ökonomischen Konsequenzen für die Skigebiete. Mayer et al. (2007) bestimmten die technische Schneesicherheit mit Hilfe der sog. Gradtagmethode und quantifizierten diese durch den Vergleich potentiell möglicher mit zukünftig nötigen Beschneiungstagen. Schneider & Schönbein (2006) konzipierten ein Verfahren zur Abschätzung der Schneesicherheit und der Beschneibarkeit von Wintersportgebieten in deutschen Mittelgebirgen mit Hilfe der Betrachtung der klimatologischen Rahmenbedingungen für die Beschneiung in ihrer räumlichen und zeitlichen Verteilung.

In der folgenden Analyse wird die aktuelle Situation und die Entwicklung der Schneedecke sowie die derzeitige und zukünftige Möglichkeit der technischen Beschneiung in den drei ausgewählten Modellregionen unter den für die Schweiz bis 2030 und 2050 prognostizierten Temperaturänderungen (Frei 2004) berechnet. Das angewandte Verfahren zur Bestimmung des zukünftigen Beschneiungspotentials in den Untersuchungsgebieten orientiert sich weitgehend an der von Schneider & Schönbein (2006) entwickelten Methode. Für die Anwendung auf Wintersportdestinationen in den Alpen wurde das Verfahren modifiziert und an die spezifischen Gegebenheiten angepasst.

### 8.1 Methoden

#### 8.1.1 Datengrundlagen

Die Datengrundlagen für die Berechnungen bilden nach Tagesmittelwerten von Lufttemperatur (T), relativer Luftfeuchte (RH) und Schneehöhe (HS) aufgelöste Datensätze ausgewählter Messstationen der automatischen Messnetze ANETZ und ENET bzw. des konventionellen KLIMA-Netzes der MeteoSchweiz. Zusätzlich wurde auf Schneedaten aus der nationalen Schnee- und Lawinendatenbank des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) zugegriffen. In Tab. 32 sind alle Messstationen mit Koordinaten, Höhenlage sowie die jeweils verwendeten Parameter aufgelistet.

Der gewählte Untersuchungszeitraum vom 01. November bis 15. April wird durch die Länge der Wintersportsaison eingegrenzt. Als Referenzperiode wurden die Winter 1982

bis 2006 gewählt. Für diesen Zeitraum lagen zum einen vollständige Datensätze aller benötigter Parameter der einzelnen Messstationen vor. Zum anderen werden durch die Mittelung der Daten zur Bestimmung der Ist-Situation als Grundlage für die Berechnungen Trends abgebildet, aber auch die schlechte Schneedeckensituation am Ende der 1980er Jahre nicht überbewertet (Beniston 1997; Laternser & Schneebeli 2003).

Tab. 32: Messstationen der automatischen Messnetze ANETZ und ENET von MeteoSchweiz sowie Messstationen der nationalen Schnee- und Lawinendatenbank (VG/MS<sup>16</sup>) des SLF in den Untersuchungsgebieten.

Untersuchungsgebiet	Messnetz	Stationsname	Abk.	Kilometer Koordinaten	Höhe m ü. M	Parameter
<b>Davos</b>	VG	Davos Fluelastr.	5DF	783800/187400	1'560	HS
	MS	Matta Frauenkirch	5MA	779590/182210	1'655	HS
	VG	Weissfluhjoch	5WJ	780845/189230	2'540	HS
	MS	Klosters RhB	5KR	786190/193800	1'195	HS
	ANETZ	Davos-Dorf	DAV	783580/187480	1'590	T, RH, HS
	ANETZ	Weissfluhjoch	WFJ	780600/189630	2'690	T, RH
		Stillberg <sup>17</sup>			2'090	T, RH, HS
<b>Scuol</b>	VG	Ftan	7FA	813640/186150	1'710	HS
	VG	Motta Naluns	7MT	816140/188280	2'150	HS
	ANETZ	Scuol	SCU	817130/186400	1'298	T, RH, HS
	ANETZ	Samedan-Flugplatz	SAM	787150/156040	1'705	T, RH, HS
	ANETZ	Corvatsch	COV	783160/143525	3'315	T, RH
	ENET	Naluns-Schlivera <sup>18</sup>	NAS	815380/189020	2'400	T, RH
<b>Braunwald</b>	VG	Stoos	2ST	694040/203320	1'280	HS
	VG	Braunwald	3BR	718000/199725	1'310	HS
	ANETZ	Glarus	GLA	723770/210540	517	T, RH
	KLIMA	Elm	ELM	732400/198475	965	T, RH, HS

<sup>16</sup> VG: Vergleichsstation; MS: Messstelle

<sup>17</sup> Auf der Versuchsfäche Stillberg der WSL werden seit 1975 meteorologische Messungen mit einer automatischen Klimastation durchgeführt.

<sup>18</sup> Messungen von T und RH ab 2004

### 8.1.2 Prognostizierte Temperaturentwicklung in der Schweiz bis 2030 und 2050

Als Grundlage für die Analyse der Entwicklung von Schneedecke und Beschneiungspotential bis 2030 und 2050 wurde ein regionales Temperaturszenario für die Schweiz verwendet (Frei 2004). Dieses wurde durch eine Kombination verschiedener globaler und regionaler Klimamodelle berechnet<sup>19</sup>. Die Berechnungsgrundlagen sind ausführlich in OcCC (2007) und Frei (2004) beschrieben.

Die berechneten Temperaturszenarien auf der Alpennord- und Alpensüdseite in den Jahren 2030, 2050 und 2070 sind in der Abb. 39 dargestellt. Die Grafik verdeutlicht den exponentiell steigenden Temperaturtrend und die immer schneller fortschreitenden klimatischen Veränderungen in der Schweiz (OcCC 2007).

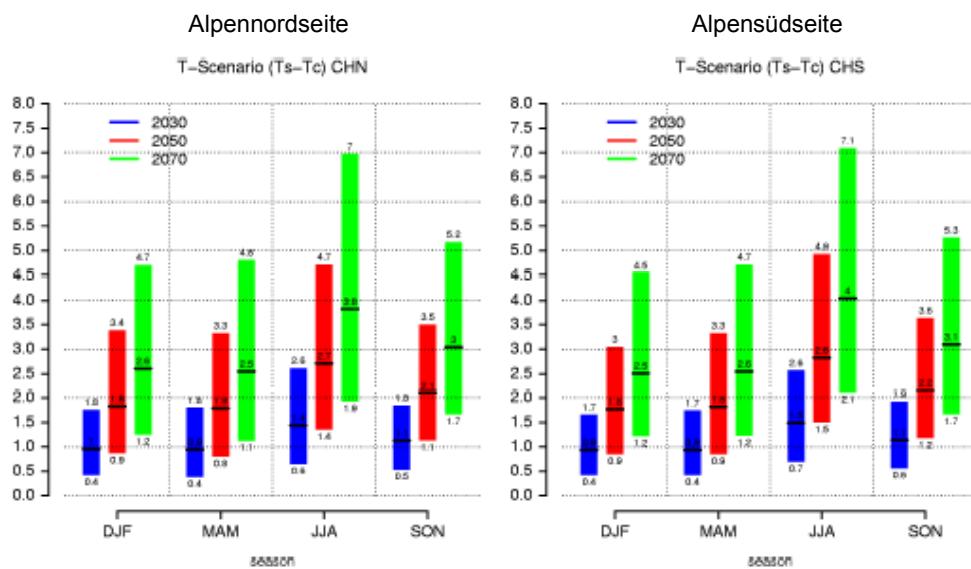


Abb. 39: Relative Änderung der mittleren Temperatur im Winter (DJF), Frühling (MAM), Sommer (JJA) und Herbst (SON) auf der Alpennord- und der Alpensüdseite in den Jahren 2030, 2050 und 2070 gegenüber 1990. Die horizontale Linie zeigt die jeweils mittlere Schätzung (Median). Mit einer 95%igen Wahrscheinlichkeit wird die Erwärmung innerhalb der Balken verlaufen (aus Frei 2004).

Die Grundlagen für die folgenden Analysen, d.h. die prognostizierten Temperaturentwicklungen bis 2030 und 2050 sind in Tab. 33 zusammengestellt. Die Erwärmung auf der Alpennord- und Alpensüdseite verläuft annähernd gleich. Für die Übergangsjahreszeiten ist die Erwärmung vergleichbar mit derjenigen im Winter (Frei 2004), infolgedessen wurde die Temperaturentwicklung in den Monaten Dezember, Januar und Februar (DJF) für die Analyse der Entwicklung von Schneedecke und Beschneiungspotential herangezogen.

<sup>19</sup> Die Unsicherheiten bezüglich des physikalischen Verständnisses (Modellunsicherheiten) wurden aus der Streuung der Resultate von 16 verschiedenen Modell-Kombinationen für Europa abgeleitet. Dabei wurden zwei mittlere IPCC Emissionsszenarien (SRES A2 und B2), vier globale und acht regionale Klimamodelle jeweils unterschiedlich kombiniert (OcCC 2007).

Tab. 33: Temperaturentwicklung im Winter (Dez-Feb) auf der Alpennordseite 2030 und 2050 in [°C] Mit einer 95%igen Wahrscheinlichkeit wird die Erwärmung innerhalb der angegebene Spannweite verlaufen. Der Median beschreibt die mittlere Schätzung (Frei 2004).

T-Szenario	Wahrscheinlichkeiten		
	0.025 (Min)	0.5 (Median)	0.975 (Max)
2030	+0.4°C	+1°C	+1.8°C
2050	+0.9°C	+1.8°C	+3.4°C

### 8.1.3 Analyse der aktuellen Schneedeckensituation

Die Schneedecke der Alpen ist höchst variabel (Beniston 1997; Scherrer et al. 2004). Die jährlichen Schwankungen der mittleren Schneehöhe, hier beispielhaft dargestellt anhand des Datensatzes für den Untersuchungszeitraum 1982-2006 der SLF Messstation Weissfluhjoch (5WJ), sind gross (vgl. Abb. 40). Dennoch ist seit Mitte der 80er Jahre eine statistisch signifikante Abnahme der Schneedecke in Höhenlagen unterhalb 1'300 m ü. M. zu beobachten (Beniston 1997; Laternser & Schneebeli 2003; Scherrer et al. 2004). In höher gelegenen Regionen ist vor allem eine Abnahme der mittleren Schneehöhe in der für den Skisport wichtigen Frühwinterperiode (November, Dezember) zu verzeichnen (vgl. Abb. 41; Marty 2006; Föhn 1990). Für die Skigebietsbetreiber wird die Möglichkeit, Skipisten möglichst früh Einschneien zu können, zur Existenzfrage (vgl. Kap. 5.2.2).

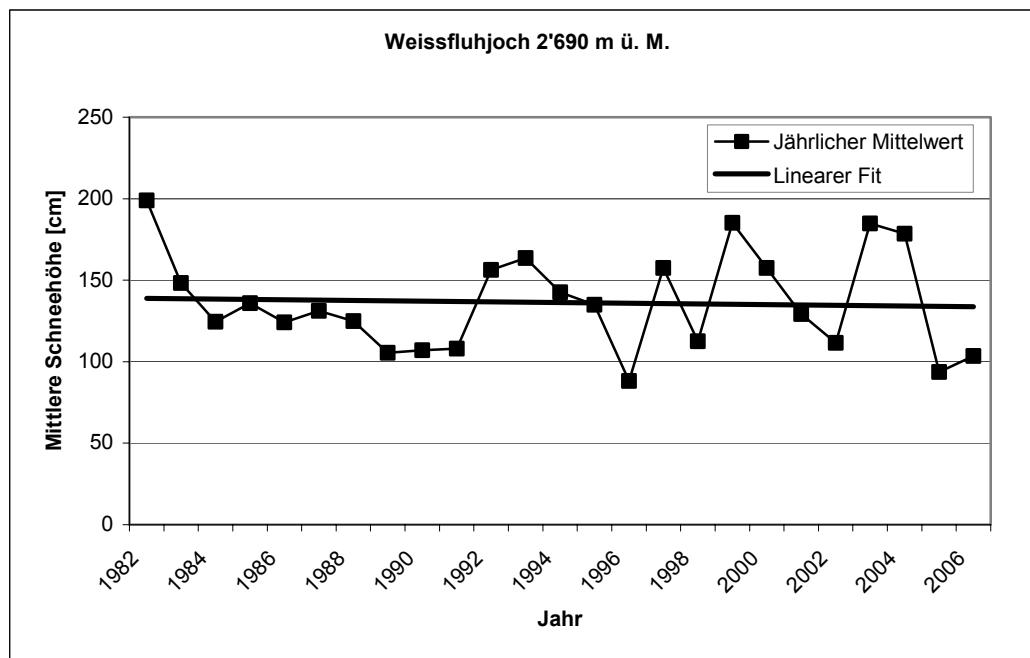


Abb. 40: Mittlere Schneehöhe pro Untersuchungszeitraum (01. November – 15. April) gemessen an der SLF- Messstation Weissfluhjoch von 1982 bis 2006.

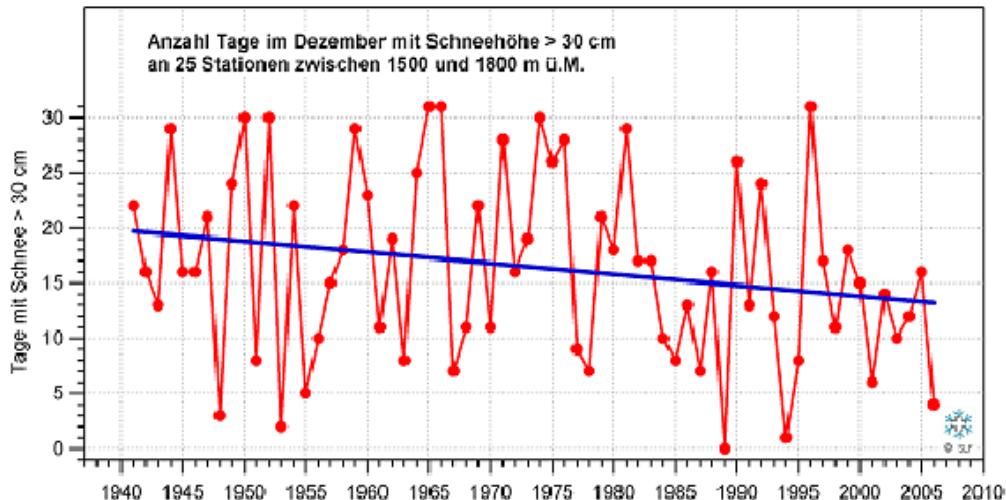


Abb. 41: Gemittelte Anzahl Tage im Dezember mit einer Schneehöhe > 30 cm an 25 Stationen zwischen 1'500 und 1'800 m ü.M. im Laufe der letzten 65 Jahre. (aus Marty 2006)

Die Analyse und Darstellung der Ist-Situation als Anzahl der Schneetage (SD) im Untersuchungszeitraum (01. November - 15. April) gibt Auskunft über die derzeitig herrschenden Wintersportbedingungen in den Untersuchungsgebieten. Ein Schneetag charakterisiert einen Tag, welcher eine für den alpinen Skisport benötigte Schneehöhe von  $HS \geq 30$  cm (Elsasser et al. 2000; Abegg 1996) aufweist. Die Anzahl der Tage, die diese Bedingung erfüllen, wurde für jede Messstation in den Untersuchungsgebieten ausgezählt und über den genannten Zeitraum gemittelt. Die Mittelwerte der Stationen jeder Untersuchungsregion wurden in einer linearen Regression gegen die Stationshöhe ausgewertet.

Die lineare Abhängigkeit der Anzahl der Schneetage (SD) von der Höhenlage (h) der Messstation in den Untersuchungsgebieten (i) bzw. der damit einhergehenden Temperatur kann durch die folgende Formel beschrieben werden:

$$SD_i = \beta_{i1}h + \beta_{i2} \quad (1)$$

wobei:  $\beta_{i1}$  und  $\beta_{i2}$ ...Regressionskoeffizienten

In Tab. 34 sind die Ergebnisse der Regressionsanalyse für die Untersuchungsgebiete zusammengefasst.

Tab. 34: Höhengradienten der Anzahl der Tage mit einer Schneehöhe  $\geq 30$  cm der Untersuchungsgebiete.

Untersuchungsgebiet	Anzahl der Schneetage in Abhängigkeit von der Geländehöhe (h)
<b>Davos</b>	SD = 0.0503 h + 23.993
<b>Scuol</b>	SD = 0.092 h - 71.563
<b>Braunwald</b>	SD = 0.1372 h - 71.259

### 8.1.4 Analyse der Entwicklung der Schneedecke bis 2030 und 2050

Um die Sensitivität der Schneedecke und damit eine mögliche Änderung der Anzahl an Schneetagen pro °C Temperaturänderung abschätzen zu können, wurde die mittlere Anzahl an Schneetagen (SD) der Messstationen einer linearen Regression gegen die mittlere Lufttemperatur ( $T_{Saison}$ ) für den Untersuchungszeitraum (01. November – 15. April) der Jahre 1982-2006 unterzogen:

$$SD_i = \beta_{i3} T_{Saison} + \beta_{i4} \quad (2)$$

wobei:  $\beta_{i3}$  und  $\beta_{i4}$ ...Regressionskoeffizienten

Die Steigung ( $\beta_{i3}$ ) der Regressionsgleichung (Gleichung 2) beschreibt den daraus resultierenden Trendmittelwert für jedes Untersuchungsgebiet (i). Dieser kann an die Gleichung 1 zur Beschreibung des Ist-Zustandes mit der zu erwartenden Temperaturzunahme ( $\Delta T$ ) angefügt werden:

$$SD_i = \beta_{i1} h + \beta_{i2} - \beta_{i3} \cdot \Delta T \quad (3)$$

Die für die Untersuchungsgebiete ermittelten Regressionsgleichungen zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen der Anzahl der Schneetage und der Veränderung der mittleren Lufttemperatur sind in Tab. 35 aufgeführt<sup>20</sup>.

Tab. 35: Anzahl der Schneetage (SD) in Abhängigkeit von T und veränderte Anzahl Schneetage (SD) in Abhängigkeit von der Geländehöhe (h) und der Temperaturänderung ( $\Delta T$ ) in den Untersuchungsgebieten Davos und Scuol.

Untersuchungsgebiet	Anzahl SD in Abhängigkeit von $T_{Saison}$	Veränderte Anzahl SD in Abhängigkeit von h und $\Delta T$
<b>Davos</b>	$SD = -8.4398 T_{Saison} + 97.226$	$SD = 0.0503 h + 23.993 - 8.4398 \Delta T$
<b>Scuol</b>	$SD = -8.3325 T_{Saison} + 36.579$	$SD = 0.092 h - 71.563 - 8.3325 \Delta T$

### 8.1.5 Bestimmung des aktuellen Beschneiungspotentials

Die Taupunkttemperatur ( $T_d$ ) ist der für die technische Beschneiung relevante meteorologische Parameter. Sie beschreibt eine Kombination aus Lufttemperatur (T) und relativer Luftfeuchtigkeit (RH) und entspricht der Temperatur, die ein Thermometer anzeigt, dessen Quecksilberkugel mit Wasser befeuchtet wird (vgl. Kap. 1.4.2). Moderne Schneerzeuge sind mit Meteostationen ausgerüstet, welche fortwährend aktuelle Werte der herrschenden Taupunkttemperatur liefern. Beim Unterschreiten der programmierten Grenzwerte kann umgehend mit der Beschneiung begonnen werden. Die optimale Taupunkttemperatur ist abhängig vom verwendeten Beschneiungssystem und der erwünschten Schneequalität.

<sup>20</sup> Für die Untersuchungsregion Braunwald war die Analyse der zukünftigen Schneedeckenentwicklung aufgrund fehlender Daten nicht möglich. Für die Meteostation GLA lagen keine konstanten Schneehöhenmessungen für den Untersuchungszeitraum vor.

Derzeit vermögen die meisten Beschneiungsanlagen ohne kristallisationsfördernde Zusätze ab einer Taupunkttemperatur von ca. -4°C (Eugster 2005; Schneider & Schönbein 2006) und gleichzeitig herrschenden Lufttemperaturen von  $\leq -3^\circ\text{C}$  (Hahn 2004; Gerl 2006; Pröbstl 2006) Schnee unter vertretbaren wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu erzeugen. Die maximale Schneileistung erreichen die Schneeerzeuger bei einer Taupunkttemperatur unter  $-12^\circ\text{C}$  (vgl. Kap. 1.4.2).

Die Taupunkttemperatur ( $T_d$ ) kann nach folgender Gleichung berechnet werden (Eugster 2005):

$$T_d = \frac{\frac{b}{a} - 1}{0.4343 \cdot \ln \frac{e}{6.107}} \quad (4)$$

wobei:  $e$ ...aktueller Dampfdruck

$a$  und  $b$ ...Koeffizienten der Magnusformel

bei Sättigung über Wasser unterhalb des Gefrierpunktes  $a = 7.6$  und  $b = 240.7$

Die Werte für den Dampfdruck ( $e$ ) lassen sich aus

$$e = e_{\text{sat}} \frac{RH}{100\%} \quad (5)$$

wobei:  $e_{\text{sat}}$ ...Sättigungsdampfdruck

$RH$ ...relative Luftfeuchtigkeit

herleiten (Eugster 2005). Der Sättigungsdampfdruck ( $e_{\text{sat}}$ ) ist eine Funktion der Temperatur ( $T$ ) und kann mit Hilfe der empirischen Magnusformel

$$e_{\text{sat}} = 6.107 \cdot 10^{\frac{a \cdot T}{b + T}} \quad (6)$$

wobei:  $a$  und  $b$ ...Koeffizienten der Magnusformel

bei Sättigung über Wasser unterhalb des Gefrierpunktes  $a = 7.6$  und  $b = 240.7$

bestimmt werden (Eugster 2005).

Zur Bestimmung des aktuellen Beschneiungspotentials der Untersuchungsgebiete wurde für jede verwendete Messstation die Taupunkttemperatur aus den Tagesmittelwerten von relativer Luftfeuchte (RH) und Lufttemperatur (T) für den Untersuchungszeitraum und die Referenzperiode (1982-2006) bestimmt und die Tage herausgefiltert, an denen die für die Beschneiung wirtschaftlich sinnvollen Grenzwerte für die Taupunkttemperatur ( $-4^\circ\text{C}$ ) und die Lufttemperatur als Tagesmittelwert ( $-3^\circ\text{C}$ ) unterschritten wurden. Ein Tag, welcher die genannten Bedingungen erfüllt, umfasst 24 h und wird im Folgenden als potentieller Beschneiungstag ( $D_{\text{PB}}$ ) bezeichnet. Die Anzahl der potentiellen Beschneiungstage ( $D_{\text{PB}}$ ) wurde für jede Messstation für die Referenzperiode gemittelt und einer Regression gegen die Stationshöhen unterzogen (vgl. Gleichung 1). In Tab. 36 sind die so erhaltenen Regressionsgleichungen aufgeführt.

Tab. 36: Höhengradienten der Anzahl der Tage, an denen derzeit in den Untersuchungsgebieten eine technische Beschneiung möglich ist.

Untersuchungsgebiet	Anzahl der potentiellen Beschneiungstage ( $D_{PB}$ ) in Abhängigkeit von der Geländehöhe (h)
<b>Davos</b>	$D_{PB} = 0.0532 h - 18.156$
<b>Scuol</b>	$D_{PB} = 0.0441 h + 12.248$
<b>Braunwald</b>	$D_{PB} = 0.0388 h + 1.8809$

### 8.1.6 Bestimmung des Beschneiungspotentials für die Untersuchungsgebiete 2030 und 2050

Aufgrund der Temperaturabhängigkeit des Beschneiungspotentials konnte mit Hilfe des in Kap. 8.1.3 beschriebenen Vorgehens die Verringerung der Anzahl von Tagen, an denen eine Beschneiung möglich ist, für die in Tab. 33 zusammengefassten Temperaturszenarien abgeschätzt werden.

Dazu wurde die spezifische Temperaturerhöhung der Taupunktemperatur nach Gleichung 4 mit den erhöhten Lufttemperaturen (vgl. Tab. 33) berechnet und die veränderte Anzahl potentieller Beschneiungstage ( $D_{PB}$ ) in Abhängigkeit von Taupunktemperatur ( $T_d \leq -4^\circ\text{C}$ ) und Lufttemperatur ( $T \leq -3^\circ\text{C}$ ) nach dem in Kap. 8.1.3 erläuterten Verfahren herausgefiltert und ausgezählt, für jede Messstation für die Referenzperiode gemittelt und erneut einer Regression gegen die Stationshöhen unterzogen (vgl. Gleichung 1). Die ermittelten Regressionsgleichungen sind in Tab. 37 dargestellt.

Tab. 37: Höhengradienten der Anzahl der Tage, an denen eine technische Beschneiung möglich ist ( $D_{PB}$ ), unter Temperaturszenarien für 2030 (Min:  $+0.4^\circ\text{C}$ ; Median:  $+1^\circ\text{C}$ ; Max:  $+1.8^\circ\text{C}$ ) und 2050 (Min:  $+0.9^\circ\text{C}$ ; Median:  $+1.8^\circ\text{C}$ ; Max:  $+3.4^\circ\text{C}$ ).

Untersuchungsgebiet	Veränderung der Anzahl der potentiellen Beschneiungstage ( $D_{PB}$ ) in Abhängigkeit von der Lufttemperatur (T) und der Geländehöhe (h)		
	T-Szenario	2030	2050
<b>Davos</b>	Min	$D_{PB} = 0.054 h - 24.909$	$D_{PB} = 0.0539 h - 30.475$
	Median	$D_{PB} = 0.0543 h - 32.518$	$D_{PB} = 0.0528 h - 39.525$
	Max	$D_{PB} = 0.0528 h - 39.525$	$D_{PB} = 0.0489 h - 49.448$
<b>Scuol</b>	Min	$D_{PB} = 0.0464 h + 5.8404$	$D_{PB} = 0.0476 h - 1.2888$
	Median	$D_{PB} = 0.0479 h - 3.0376$	$D_{PB} = 0.0485 h - 11.606$
	Max	$D_{PB} = 0.0485 h - 11.606$	$D_{PB} = 0.0472 h - 24.398$
<b>Braunwald</b>	Min	$D_{PB} = 0.0374 h + 0.0076$	$D_{PB} = 0.0348 h - 1.5449$
	Median	$D_{PB} = 0.0339 h - 1.5613$	$D_{PB} = 0.0299 h - 3.6613$
	Max	$D_{PB} = 0.0299 h - 3.6613$	$D_{PB} = 0.0208 h - 4.632$

### 8.1.7 Möglichkeiten und Grenzen der verwendeten Methoden

Die durchgeführten Berechnungen basieren auf Datensätzen einiger weniger Klimastationen und müssen als eine erste Abschätzung zur zukünftigen Entwicklung der Schneedecke und des Beschneiungspotentials in den Untersuchungsgebieten gewertet werden. Die

verwendeten Methoden sind sehr einfache Rechenmodelle und basieren auf der Evaluation vergangener Klimadaten.

Die Analysen beruhen auf folgenden Annahmen:

- Aufgrund der starken Abhängigkeit der Schneedecke von der Höhenstufe (Kromb-Kolb & Formayer 2001; Beniston et al. 2003) sind Trends der Schneehöhe ein typisches Zeichen für Temperaturverschiebungen und Veränderungen des Niederschlages (Scherrer et al. 2004). Untersuchungen zu Abhängigkeiten von Temperatur, Niederschlag und Schneehöhe haben gezeigt, dass Variationen der Schneehöhe hauptsächlich durch Temperaturveränderungen bestimmt werden; es konnten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Schneehöhe und Niederschlag allein nachgewiesen werden (Scherrer et al. 2004). Dieser Zusammenhang wurde in der Analyse der Schneedecke genutzt, um aufbauend auf der Darstellung des Ist-Zustandes (vgl. Kap. 8.1.3) Trends zur Veränderung der für den alpinen Skisport geeigneten Anzahl von Tagen in Abhängigkeit von der Temperatur herleiten zu können (vgl. Kap. 8.1.4).
- Schneehöhtrends mit dieser Vorgehensweise abzuleiten impliziert, dass die durch Klimaerwärmung verursachten zukünftigen Veränderungen der Schneedecke unabhängig von der Geländehöhe geschehen, was nur in einer ersten Abschätzung gültig sein kann (Schneider & Schönbein 2006).
- Zur Berechnung des zukünftigen Beschneiungspotentials (vgl. Kap. 8.1.6) wurde die relative Luftfeuchtigkeit unverändert belassen, obwohl mit steigender Lufttemperatur infolge einer Klimaänderung ein tendenzieller Rückgang zu erwarten ist. Dieser liegt laut Schneider & Schönbein (2006) weit unterhalb der Signifikanzschwelle und kann deshalb vernachlässigt werden.
- Durch Addieren der prognostizierten Temperaturerhöhungen für die Schweiz bis 2030 und 2050 zu den Tagesmitteltemperaturen einer Referenzperiode ist es möglich, Aussagen über denkbare Entwicklungen der Schneedecke und des Beschneiungspotentials in den Untersuchungsgebieten abzuleiten. Dies ist eine häufig praktizierte Vorgehensweise zur groben Abschätzung hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels. Sie liefert hinreichend gute Ergebnisse für erste Einschätzungen (Kromb-Kolb & Formayer 2001).

## 8.2 Ergebnisse

### 8.2.1 Die Schneedeckesituation der Untersuchungsgebiete heute, 2030 und 2050

Die aktuelle Schneedeckensituation ist für die Talstationen, die Bergstationen sowie die mittleren Höhen der in den Untersuchungsgebieten lokalisierten Skigebiete in Tab. 38 zusammengefasst. Des weiteren in Tab. 38 aufgeführt sind die veränderten Anzahlen an Schneetagen, basierend auf den in Tab. 33 aufgezeigten prognostizierten regionalen Temperaturerhöhungen bis 2030 und 2050.

Tab. 38: Aktuelle und veränderte Anzahl der Schneetage (HS  $\geq$  30 cm) für die Talstation, die Bergstation sowie die mittlere Höhe der in den Untersuchungsgebieten lokalisierten Skigebiete für die prognostizierten Temperaturerhöhungen bis 2030 (Min: +0.4°C; Median: +1°C; Max: +1.8°C) und 2050 (Min: +0.9°C; Median: +1.8°C; Max: +3.4°C).

Skigebiet	Höhe in m ü. M.											
	Talstation			Mittlere Höhe			Bergstation					
	Heute	2030	2050	Heute	2030	2050	Heute	2030	2050	Median (Min - Max)	Median (Min - Max)	Median (Min - Max)
T-Szenario	Median (Min - Max)	Median (Min - Max)	Median (Min - Max)	Median (Min - Max)	Median (Min - Max)	Median (Min - Max)	Median (Min - Max)	Median (Min - Max)	Median (Min - Max)	Median (Min - Max)	Median (Min - Max)	Median (Min - Max)
<b>Parsenn/Gotschna (Davos/Klosters)</b>	1'179 m ü. M. 83	75 (80-68)	68 (76-55)	2'012 m ü. M. 125	117 (122-110)	110 (118-97)	2'844 m ü. M. 167	159 (164-152)	152 (159-138)			
<b>Jakobshorn (Davos)</b>	1'540 m ü. M. 101	93 (98-86)	86 (94-73)	2'065 m ü. M. 128	119 (124-113)	113 (120-99)	2'590 m ü. M. 154	146 (151-139)	139 (147-126)			
<b>Motta Naluns (Scuol)</b>	1'250 m ü. M. 43	35 (40-28)	28 (36-15)	2'018 m ü. M. 114	106 (111-99)	99 (107-86)	2'785 m ü. M. 185	176 (181-170)	170 (177-156)			
<b>Braunwald</b>	1'256 m ü. M. 101			1'581 m ü. M. 146			1'905 m ü. M. 190					

Besonders im Bereich der Talstationen wird eine Abnahme der Anzahl an Schneetagen deutlich (vgl. Abb. 42).

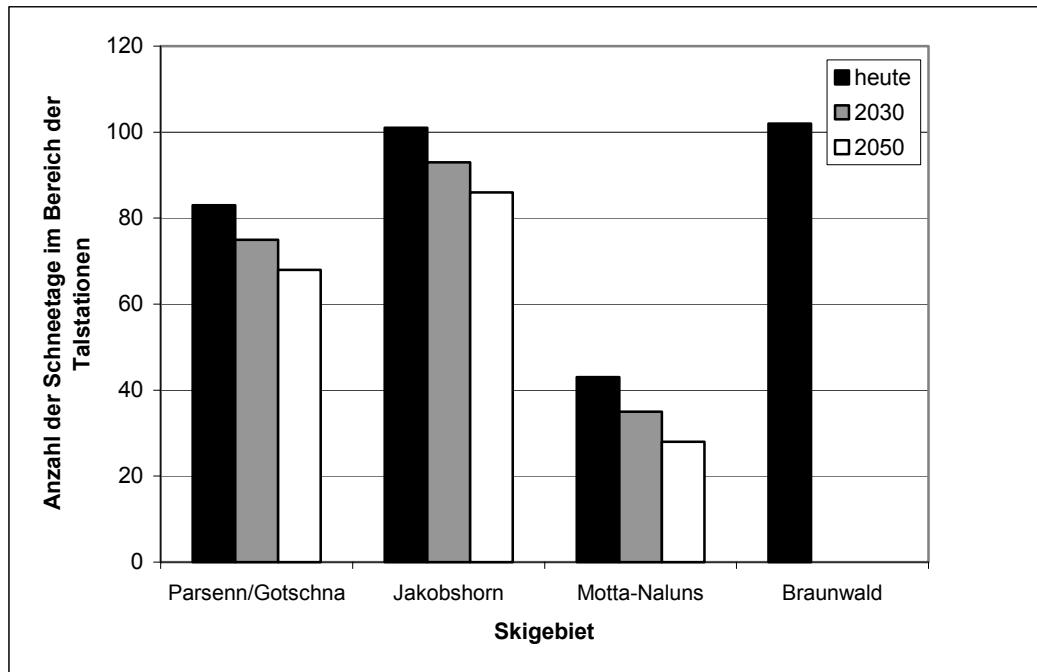


Abb. 42: Anzahl der Schneetage im Bereich der Talstationen der Skigebiete in den Untersuchungsregionen heute, 2030 (Median +1°C) und 2050 (Median +1.8°C).

### 8.2.2 Das Beschneiungspotential der Untersuchungsgebiete heute, 2030 und 2050

Aufgrund der Temperaturabhängigkeit der technischen Beschneiung konnte die aktuelle Beschneiungssituation als Anzahl der für die technische Beschneiung möglichen Tage in Abhängigkeit von der Höhenstufe bestimmt werden. Die Anzahl potentieller Beschneiungstage ist in Tab. 39 für die Tal- und Bergstationen sowie dem Mittel beider Stationen für die Skigebiete der Untersuchungsregionen dargestellt. Durch Addieren der prognostizierten Temperaturerhöhungen für die Schweiz bis 2030 und 2050 zu den Tagesmitteltemperaturen der Referenzperiode ist es möglich, Aussagen über denkbare Entwicklungen des zukünftigen Beschneiungspotentials in den Untersuchungsgebieten abzuleiten. Die höhenabhängigen Werte sind für 2030 und 2050 ebenfalls in Tab. 39 aufgeführt.

Tab. 39: Aktuelle und veränderte Anzahl der potentiellen Beschneiungstage ( $T_d \leq -4^\circ\text{C}$ ;  $T \leq -3^\circ\text{C}$ ) für die Talstation, die Bergstation sowie die mittlere Höhe der in den Untersuchungsgebieten lokalisierten Skigebiete für die prognostizierten Temperaturerhöhungen bis 2030 (Min:  $+0.4^\circ\text{C}$ ; Median:  $+1^\circ\text{C}$ ; Max:  $+1.8^\circ\text{C}$ ) und 2050 (Min:  $+0.9^\circ\text{C}$ ; Median:  $+1.8^\circ\text{C}$ ; Max:  $+3.4^\circ\text{C}$ ).

Skigebiet	Höhe in m ü. M.											
	Talstation			Mittlere Höhe			Bergstation					
	Heute	2030	2050	Heute	2030	2050	Heute	2030	2050	Median (Min - Max)	Median (Min - Max)	Median (Min - Max)
T-Szenario	Heute	Median (Min - Max)	Median (Min - Max)	Heute	Median (Min - Max)	Median (Min - Max)	Heute	Median (Min - Max)				
<b>Parsenn/Gotschna (Davos/Klosters)</b>	1'179 m ü. M.			2'012 m ü. M.			2'844 m ü. M.					
	45	32 (39-23)	23 (33-8)	89	77 (84-67)	67 (78-49)	133	122 (129-111)	111 (123-90)			
<b>Jakobshorn (Davos)</b>	1'540 m ü. M.			2'065 m ü. M.			2'590 m ü. M.					
	64	51 (58-42)	42 (53-26)	98	80 (87-70)	70 (81-51)	120	108 (115-97)	97 (109-77)			
<b>Motta Naluns (Scuol)</b>	1'250 m ü. M.			2'018 m ü. M.			2'785 m ü. M.					
	67	57 (64-49)	49 (58-35)	101	94 (99-86)	86 (95-71)	135	130 (135-123)	123 (131-107)			
<b>Braunwald</b>	1'256 m ü. M.			1'581 m ü. M.			1'905 m ü. M.					
	51	41 (47-34)	34 (42-21)	63	52 (59-44)	44 (53-28)	76	63 (71-53)	53 (65-35)			

Zu Vergleichszwecken sind die potentiellen Beschneiungstage im Bereich der Talstationen der in den Untersuchungsregionen lokalisierten Skigebiete in Abb. 43 separat dargestellt.

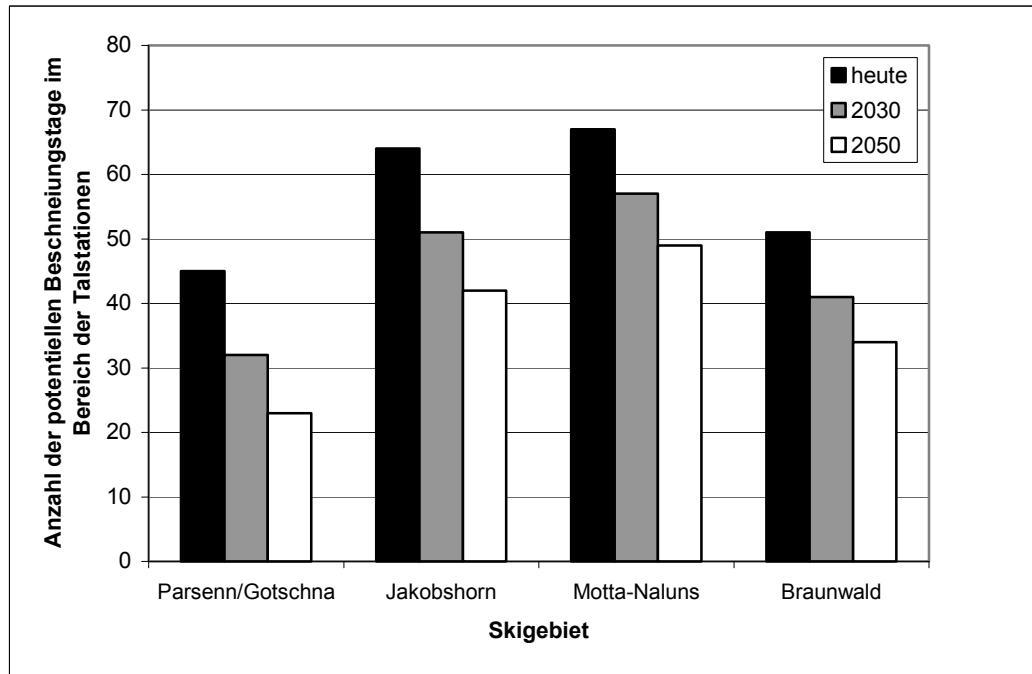


Abb. 43: Anzahl der potentiellen Beschneiungstage im Bereich der Talstationen der Skigebiete in den Untersuchungsregionen heute, 2030 (Median  $+1^{\circ}\text{C}$ ) und 2050 (Median  $+1.8^{\circ}\text{C}$ ).

### 8.2.3 Das monatliche Beschneiungspotential an ausgewählten Messstationen in den Untersuchungsgebieten Davos und Scuol

Um die Folgen einer Klimaerwärmung für die Grundbeschneiung und die Sicherung des Weihnachtsgeschäfts aufzuzeigen, wurde für die MeteoSchweiz Stationen Scuol (SCU) und Davos-Dorf (DAV) sowie für die WSL-Klimastation Stillberg (STB) die Entwicklung des Beschneiungspotentials bis 2030 und 2050 in einer monatlichen Auflösung berechnet (vgl. Kap. 8.1.6). Die ausgewählten Stationen sind in Höhenlagen der Talstationen sowie der mittleren Höhen der Skigebiete in den Untersuchungsregionen lokalisiert. Anhand der monatlichen Anzahl an möglichen Beschneiungstagen zeigt sich eine Verringerung des Beschneiungspotentials in den so wichtigen Monaten November und Dezember infolge der prognostizierten Klimaänderung (vgl. Tab. 40).

Tab. 40: Monatliche Anzahl der potentiellen Beschneiungstage ( $T_d \leq -4^\circ\text{C}$ ;  $T \leq -3^\circ\text{C}$ ) für die Messstationen Scuol (SCU), Davos-Dorf (DAV) und Stillberg (STB) für die prognostizierten Temperaturerhöhungen bis 2030 (Min:  $+0.4^\circ\text{C}$ ; Median:  $+1^\circ\text{C}$ ; Max:  $+1.8^\circ\text{C}$ ) und 2050 (Min:  $+0.9^\circ\text{C}$ ; Median:  $+1.8^\circ\text{C}$ ; Max:  $+3.4^\circ\text{C}$ ).

heute	2030			2050			
	Min	Median	Max	Min	Median	Max	
<b>SCU 1'298 m ü.M.</b>							
November	6	6	5	4	5	4	2
Dezember	16	14	13	11	13	11	7
Januar	19	18	16	13	16	13	9
Februar	13	12	11	10	11	10	7
März	5	4	4	3	4	3	1
<b>DAV 1'594 m ü.M.</b>							
November	9	8	7	5	7	5	3
Dezember	15	15	13	11	14	11	8
Januar	20	18	17	14	17	14	9
Februar	17	15	14	12	14	12	9
März	10	9	8	7	9	7	4
<b>STB 2'090 m ü. M</b>							
November	10	9	9	8	9	6	5
Dezember	15	14	13	11	13	10	9
Januar	18	17	15	13	14	12	9
Februar	18	17	16	14	14	13	11
März	14	14	13	11	13	10	8

### 8.3 Diskussion

Schneearme Winter sind kein neues Phänomen. Die natürliche Variabilität der Schneedecke führt zwangsläufig zu guten schneereichen und schlechten schneearmen Wintern (Bürki 2000). Tendenziell lässt sich die Schneesicherheit über bestimmte Schneehöhen und klar festgelegte Zeitperioden definieren (Abegg 1996). So hat sich in den letzten Jahren die sog. 100-Tage-Regel zur Beschreibung der natürlichen Schneesicherheit eines Skigebietes durchgesetzt (vgl. Abb. 44). Aus den Erfahrungen in schweizerischen Skigebieten liess sich ableiten, dass in rund 7 von 10 Wintern die Schneesicherheit gewährleistet sein muss, um das längerfristige Überleben eines Skigebietes sicherzustellen (Elsasser et al. 2000).

#### Die 100-Tage-Regel

„Die Schneesicherheit eines Gebietes ist gewährleistet, wenn in einer Zeitspanne vom 1. Dezember bis zum 15. April an mindestens 100 Tagen eine für den Skisport ausreichende Schneedecke von mindestens 30 cm (Ski alpin) bzw. 15 cm (Ski nordisch) vorhanden ist.“

Abb. 44: Definition der Schneesicherheit (Abegg 1996).

Zur Bestimmung der natürlichen Schneesicherheit der Skigebiete in den Modellregionen wurden Schneedaten ausgewählter Messstationen der Winter 1982-2006 analysiert und in Abhängigkeit von der Höhenlage räumliche modelliert. Laut der vorgestellten Definition ist bereits heute die natürliche Schneesicherheit im Bereich der Talstationen der Skigebiete Parsenn/Gotschna (Davos/Klosters) mit durchschnittlich 83 Tagen und Motta Naluns (Scuol) mit ca. 43 Tagen nicht mehr gewährleistet. Aus den Ergebnissen (vgl. Tab. 38) wird ersichtlich, dass nicht nur die Höhenlage der Skigebiete, sondern auch die unterschiedlichen regionalklimatischen Verhältnisse der Untersuchungsgebiete (vgl. Kap. 2) die natürliche Schneesicherheit bestimmen. Eine differenzierte Betrachtung ist notwendig, um die Schneesicherheit eines Skigebietes zu beurteilen. Die sehr niederschlagsarme Region um Scuol kann im Bereich der Talstation (1'250 m ü. M.) durchschnittlich auf 43 Tage mit  $HS \geq 30$  cm verweisen; Braunwald liegt in einer niederschlagsreichen Klimaregion und weist in ähnlicher Höhenlage (Talstation: 1'256 m ü. M.) mit durchschnittlich 101 Schneetagen bisher sehr gute natürliche Wintersportbedingungen auf (vgl. Tab. 38).

Im Falle der prognostizierten Temperaturveränderungen bis 2030 und 2050 (vgl. Tab. 33) gelten alle Skigebiete der Modellregionen im Bereich der Talstationen laut Definition als nicht schneesicher; die für den alpinen Wintersport benötigte Schneehöhe von 30 cm wird an den obligaten 100 Tagen nicht mehr überschritten (vgl. Tab. 38). Sollte eine Erwärmung von  $+3.4^{\circ}\text{C}$  bis 2050 eintreten, muss auch im Bereich der mittleren Höhenlagen der Skigebiete mit dem Verlust der natürlichen Schneessicherheit laut Definition gerechnet werden.

Studien zur Schneesicherheit schweizerischer Skigebiete (Abegg 1996; Bürki 2000) sowie von Skigebieten im gesamten Alpenraum (Abegg et al. 2007) teilen die Wintersportdestinationen aufgrund ihrer mittleren Höhenlage in schneesicher und nicht schneesicher ein. Demnach gelten heute 97% der Schweizer Skigebiete als schneesicher. Bei einer vertikalen Verschiebung der Höhengrenze der Schneesicherheit durch die Folgen der Klimaerwärmung von 1'200 m ü. M auf 1'600 bis 2'000 m ü. M., wie sie bis ins Jahr 2050 erwartet wird, wären noch 79% der Skigebiete schneesicher (Abegg et al. 2007). Die hier durchgeführten Berechnungen sowie weitere Studien (Bürki 2000; Scott et al. 2003; Scott et al. 2006) haben gezeigt, dass eine differenzierte Betrachtung notwendig ist, um die regionalen Klimaunterschiede in der Beurteilung der Schneesicherheit eines Skigebietes zu berücksichtigen.

#### *Welche Konsequenzen hätte die aufgezeigte Entwicklung für die Skigebiete?*

Ohne technische Beschneiung können bereits heute in einigen der untersuchten Skigebiete keine optimalen Wintersportbedingungen angeboten werden. Insbesondere im Bereich der Talstationen kann ein reibungsloser Skibetrieb ohne Kunstschnee nicht gewährleistet werden. Zugleich hat sich im Rahmen dieser Studie gezeigt, dass Kunstschnee heute verschiedene Funktionen erfüllt und nicht nur zum Überbrücken schneearmer Perioden eingesetzt wird (vgl. Kap. 5.2.2). Die Möglichkeit technisch Beschneien zu können, wird für die Skigebiete zur Existenzfrage. Aber wie wird sich das Beschneiungspotential infolge prognostizierter steigender Durchschnittstemperaturen im Winter zukünftig entwickeln?

#### *Wird eine ausreichende Beschneiung zur Garantie der Schneesicherheit und zur Sicherung des Wintersports im Skigebiet noch möglich sein?*

Das Beschneiungspotential der Skigebiete wird unter den prognostizierten Temperaturentwicklungen bis 2030 und 2050 deutlich geringer (vgl. Tab. 39). Die regionalen Unter-

schiede werden in dieser Analyse ebenfalls offensichtlich; hingegen blieben lokale Einflussfaktoren wie Kleinklima, Relief und Exposition weitgehend unberücksichtigt. Das Skigebiet Motta Naluns im Unterengadin wird wegen des kontinental geprägten Klimas (vgl. Kap. 2.2) auch mit zunehmenden Durchschnittstemperaturen zukünftig ausreichend beschneien können. Hingegen muss im Skigebiet Parsenn/Gotschna im Bereich der Talstation in Klosters mit einer deutlichen Abnahme der Anzahl an potentiellen Beschneiungstagen gerechnet werden (vgl. Tab. 39).

Pröbstl (2006) rechnet für die Grund- und Nachbeschneiung (HS = 50 cm) einer 7 ha grossen Fläche mit einer Schneekanone bei  $-4^{\circ}\text{C}$  ca. 40 erforderliche Beschneiungstage. Wird die selbe Fläche mit 4 Schneekanonen beschneit, werden noch ca. 10 Tage benötigt. Unter den Temperaturszenarien bis 2030 und 2050 wird die Anzahl an potentiellen Beschneiungstagen im Bereich der Talstationen der untersuchten Skigebiete stark dezimiert (vgl. Abb. 43). Geht man von der Annahme aus, dass ca. 40 Beschneiungstage pro Saison notwendig sind, um einen durchgehenden Skibetrieb beim Ausbleiben ausreichend natürlicher Schneefälle zu gewährleisten, so ist dies im Bereich der Talstationen der untersuchten Skigebiete unter dem Maximalszenario ( $+1.8^{\circ}\text{C}$ ) bis 2030 nur noch für die Skigebiete Jakobshorn (Davos) und Motta Naluns (Scuol) möglich. In mittleren Höhenlagen kann weiterhin in allen Skigebieten beschneit werden. Bis 2050 (Maximalszenario  $+3.4^{\circ}\text{C}$ ) kann in keinem der Skigebiete im Bereich der Talstationen ausreichend beschneit werden. Bei einem Temperaturanstieg um  $3.4^{\circ}\text{C}$  ist eine technische Beschneiung auf der Höhe der Talstation Parsenn/Gotschna in Klosters (1'179 m ü. M) selbst mit einer erhöhten Anzahl an Schneekanonen (mind. 10 benötigte potentielle Beschneiungstage, vgl. Pröbstl 2006) infolge der Reduktion auf 8 Tage nicht mehr sinnvoll.

#### *Kann die Grundbeschneiung in den Skigebieten zukünftig durchgeführt werden?*

Die derzeitig am häufigsten angewendete Definition der natürlichen Schneesicherheit, die sog. 100-Tage-Regel (vgl. Abb. 44), geht von einer Schneedecke  $\geq 30$  cm an mindestens 100 Tagen zwischen dem 01. Dezember und dem 15. April aus. Dies umfasst einen Zeitraum von 136 Tagen. Dabei ist die Wahrscheinlichkeit, dass die 36 Tage mit einer geringeren Schneehöhe im Frühwinter auftreten, am höchsten und wird aufgrund der Klimaänderung noch grösser. Die Analyse der natürlichen Schneedecke vergangener Winter hat gezeigt, dass in Folge der wärmeren Temperaturen eine Abnahme der Schneedeckenhöhe in der Frühwinterperiode auch in Lagen oberhalb von 1'300 m ü. M. zu verzeichnen ist (vgl. Kap. 8.1.3; Marty 2006).

Für die Skigebiete sind das Weihnachtsgeschäft und einwandfreie Pistenverhältnisse im Dezember jedoch von grosser Wichtigkeit (vgl. Kap. 5). In Anbetracht der aufgezeichneten Entwicklungen ist es für die Bergbahnbetreiber von herausragender Bedeutung, die Grundbeschneiung der Skipisten vor der Saisoneröffnung Anfang bis Mitte Dezember abschliessen zu können (vgl. Kap. 5.2.2). Um die Veränderung der Anzahl potentieller Beschneiungstage mit zunehmenden Durchschnittstemperaturen im November und Dezember darzustellen, wurden diese für drei Messstationen in einer monatlichen Auflösung bestimmt (vgl. Kap. 8.2.3). Nach Aussagen von Vertretern der Bergbahnunternehmen in den Untersuchungsregionen werden ca. 100 h für die Grundbeschneiung einer Skipiste benötigt. Ähnliche Angaben finden sich bei Mayer et al. (2007) und Pröbstl (2006). Sie gehen davon aus, dass ca. 5 Tage benötigt werden, um eine Schneehöhe von 20 cm zu erzeugen. In Skigebieten mit besonders steinigem Untergrund verlängert sich dementsprechend die Anzahl nötiger Beschneiungstage.

Unter den heutigen Klimabedingungen ist die Grundbeschneiung von Skipisten im Bereich der evaluierten Messstationen Scuol (SCU, 1'298 m ü. M.), Davos-Dorf (DAV, 1'594 m ü. M.) und Stillberg (STB, 2'090 m ü. M.) bis Mitte Dezember durchführbar (vgl. Tab. 40). Die Anzahl potentieller Beschneiungstage im November und Dezember verringert sich deutlich unter den prognostizierten Temperaturveränderungen bis 2030 und 2050. So kann die Grundbeschneiung im Bereich der Messstationen SCU und DAV bis Anfang Dezember bereits 2030 kaum noch gewährleistet werden. Denn unter dem Maximalszenario (+1.8°C) verringert sich die Anzahl potentieller Beschneiungstage im November an den Messstationen auf 4 (SCU) bzw. 5 (DAV) Tage. Auf der Höhe der Station STB muss bis 2050 mit deutlichen Einschränkungen gerechnet werden. Hier dezimiert sich die Anzahl potentieller Beschneiungstage unter dem Maximalszenario (+3.4°C) ebenfalls auf 5 Tage. Verglichen mit der Anzahl von mind. 5 benötigten Beschneiungstagen zur Durchführung der Grundbeschneiung, könnte diese möglicherweise in gleichen Höhenlagen (ca. 2'000 m ü. M.) und bei ähnlichen klimatischen Gegebenheiten bis zum Saisonstart nicht mehr gewährleistet werden. Auch bei der Beurteilung dieser Ergebnisse spielen regionalklimatische Bedingungen eine Rolle; wenn man z.B. bedenkt, dass die Messstation Scuol in einer kontinental geprägten und damit kälteren Klimaregion lokalisiert ist.

Bei der Interpretation der Ergebnisse der durchgeführten Berechnungen gilt es ferner zu bedenken, dass das Beschneiungspotential ebenfalls ganz wesentlich durch mikroklimatische Gegebenheiten beeinflusst wird (vgl. Merz 2002), die in diese Analyse nicht einbezogen wurden.

Die Hersteller von Beschneiungsanlagen werden aufgrund der aufgezeigten Entwicklungen des Beschneiungspotentials vor neue technische Herausforderungen gestellt. Neue energie- und kosteneffiziente Beschneiungsanlagen, welche im Grenztemperaturbereich ausreichend beschneien können, sind bereits Gegenstand der Forschung (vgl. Kap. 1.4.4).

**Fazit:** Die natürliche Schneesicherheit (laut Definition: vgl. Abb. 44) in den Untersuchungsregionen ist bereits heute für einige Skigebiete im Bereich der Talstationen nicht mehr gegeben und wird bis 2050 unter den prognostizierten Temperaturveränderungen auch in den mittleren Höhenlagen der Skigebiete nur noch teilweise gewährleistet sein. Die technische Beschneiung zur Sicherung der Wintersportsaison ist von herausragender Bedeutung, aber die Möglichkeit, unter veränderten Klimabedingungen weiterhin Beschneien zu können, ist fraglich. Besonders ein Abschluss der Grundbeschneiung bis Mitte Dezember könnte im Bereich der Talabfahrten bereits 2030 nur teilweise realisiert werden. Bei der Planung von Projekten zum Bau neuer Bergbahnen und Beschneiungsanlagen sollten neben wichtigen sozial- und wirtschaftsgeographischen Aspekten vor allem die regionalklimatischen Gegebenheiten und die vertikale Ausdehnung des Skigebietes berücksichtigt werden.



## 9 Schlussfolgerungen

Infolge der Klimaänderung steigt die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten schneearmer Winter, wie der Vergangene von 2006/07. Regionale Klimaszenarien prognostizieren für die Schweiz bis 2050 einen Anstieg der Temperatur im Winter um 1.8°C gegenüber 1990; in mittleren Höhenlagen werden Niederschläge häufiger in Form von Regen statt Schnee fallen. Die Folgen sind Schneemangel und eine Abnahme der Schneehöhe, wie für Höhenlagen unterhalb von 1'300 m ü. M. seit 1980 bereits nachgewiesen werden konnte. In höher gelegenen Regionen ist vor allem eine Abnahme der mittleren Schneehöhe in der für den Skisport wichtigen Frühwinterperiode (November, Dezember) zu beobachten.

Schneesicherheit ist eine wichtige Voraussetzung für den wirtschaftlichen Erfolg des Skitourismus. Fehlt Schnee infolge Trockenheit oder hoher Temperaturen, stehen die Wintertourismusdestinationen und vor allem die Bergbahnunternehmen vor grossen Herausforderungen.

Die Tourismusorte in den Schweizer Alpen werden bereits mit den Folgen des Klimawandels konfrontiert. Optimale Anpassungsstrategien beinhalten nebst einer Minimierung der zu erwartenden Schäden, gleichzeitig eine Maximierung der sich daraus ergebenden Chancen.

Als eine der wichtigsten Adoptionsstrategien an den Temperaturanstieg in Folge des Klimawandels wurde und wird die Errichtung von Beschneiungsanlagen in den Alpen stark forciert. Dabei dient die technische Beschneiung nicht mehr nur zur kurzfristigen betriebswirtschaftlichen Risikoabsicherung, sondern wird auch eingesetzt, um die Skipistenqualität zu sichern oder das Marketing sowie die Imagebildung im nationalen und internationalen Wettbewerb zu unterstützen. In der Schweiz werden aktuell 19% der Skipisten technisch beschneit – mit steigender Tendenz. Angesichts dieser Entwicklung wird es zunehmend wichtiger, die verschiedenen möglichen Auswirkungen technischer Beschneiung zu analysieren.

Die vorliegende Studie gibt eine Gesamtdarstellung der komplexen Zusammenhänge der technischen Beschneiung durch die Bearbeitung verschiedener disziplinärer Teilprojekte. Die Untersuchungen wurden in den drei Schweizer Tourismusdestinationen Davos, Scuol und Braunwald durchgeführt. Die Resultate tragen zur objektiven Betrachtung der Thematik „Technische Beschneiung“ bei und können als Entscheidungsgrundlagen für die Planung und Umsetzung von Beschneiungsanlagen sowie für die Entwicklung alternativer Adoptionsstrategien dienen.

Die **Analyse der regionalen Wertschöpfung** verdeutlicht die Relevanz des Skisports für die Gemeinde Davos. Der Wintertourismus trägt allein durch die touristische Nachfrage zu 26% des regionalen Volkseinkommens bei. Einen grossen Einfluss auf den Entscheid der Touristen, in Davos Ski zu fahren, haben die Gesamtschneeverhältnisse. Der massgebliche Effekt des Einsatzes von Kunstschnee liegt in der Verhinderung von Einbussen in den Gästezahlen während der Wintersaison. Allerdings ist der Beitrag der technischen Beschneiung schwierig zu quantifizieren. Unsere Szenarienrechnungen deuten aber darauf hin, dass durch Kunstschneeeinsatz zur Sicherung der Talabfahrten sowie zur Gewährleistung der Pistenqualität und zur Absicherung vor schneearmen Wintern ein Verlust von bis zu 10% des regionalen Volkseinkommens der Gemeinde Davos verhindert werden könnte. Dies entspricht einem Geldbetrag von ca. 60 Mio. CHF pro Jahr. Dabei sind die Hauptprofiteure die Bergbahnen und das Davoser Gastgewerbe. Ers-

tere sichern sich unter den Annahmen der gerechneten Szenarien bereits heute über 40% (ca. 13.5 Mio. CHF pro Jahr) ihres Umsatz durch den Einsatz von Kunstschnne. Unklar hingegen ist, wie viel Beschneiung sich wirklich positiv auf die Wirtschaftsentwicklung auswirkt und wie viel Wertschöpfung durch die Investition in alternative Winter- und Sommerangebote generiert würde. Das heisst, dass der Strukturwandel durch vermehrten Kunstschnneeeinsatz und den Ausbau von Beschneiungsanlagen verlangsamt oder durch alternative Massnahmen beschleunigt werden kann. Grundsätzlich zeigen unsere Analysen jedoch, dass die gesamte Davoser Wirtschaft von der Kunstschnneeproduktion durch die Bergbahnen profitiert.

Vor diesem ökonomischen Hintergrund betrachtet, müsste in einer Region wie Davos die Beteiligung weiterer Profiteure nebst den Bergbahnen bei der Finanzierung von Beschneiungsanlagen geprüft werden. Ob und in welchem Umfang eine solche Beteiligung gerechtfertigt wäre, ist aber abhängig von verschiedenen Aspekten, wie den zukünftigen Grenzkosten und Grenzerträgen des Einsatzes von Kunstschnne sowie dem empirischen Nachweis des tatsächlichen positiven Effekts der technischen Beschneiung auf die Wirtschaftsentwicklung der Gemeinde. Zur Beantwortung dieser Fragen sind genauere Analysen (Kosten-Nutzen- und Kosten-Wirksamkeits-Analysen) auf der Basis besserer Datengrundlagen nötig, denn Kunstschnne sollte dort eingesetzt werden, wo die Grenzkosten niedrig sind bzw. der Grenznutzen hoch ist. Dies könnte in Skigebieten der Fall sein, wo bereits Beschneiungsanlagen existieren und von den vorhandenen Kapazitäten profitiert wird. In Scuol kann die Beschneiung der Talabfahrten bereits heute nicht allein von den Bergbahnen finanziert werden und erfolgt mit der Unterstützung aller profitierender Gemeinden.

Die Ergebnisse der **Gästebefragung** zeigen, dass die technische Beschneiung zunehmend akzeptiert wird. Bei vergleichbaren Studien in den 1990er Jahren war die Akzeptanz von technischem Schnee – auch bei Wintersporttreibenden – deutlich geringer. Beschneiungsanlagen gehören zunehmend zum Erscheinungsbild eines Skigebietes. Anscheinend steigt die Akzeptanz mit der Gewohnheit. Diese These wurde hier nicht weiter untersucht. Ausserdem macht die Gästebefragung deutlich, dass die technische Beschneiung in den drei untersuchten Destinationen und saisonal unterschiedlich akzeptiert wird. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass die Akzeptanz technischer Beschneiung von der Gästestruktur (Alter, Aktivitäten, Lebensstile etc.) einer Destination bestimmt wird und diese regionale und saisonale Unterschiede aufweist. Dies äussert sich z.B. darin, dass im Winter befragte Gäste gegenüber Kunstschnne überwiegend positiv eingestellt sind; hingegen wurde die technische Beschneiung in der Sommerbefragung mehrheitlich abgelehnt. Kunstschnne wird eingesetzt, um Schneesicherheit garantieren zu können. Schneesicherheit gilt bei den BefürworterInnen technischer Beschneiung als Voraussetzung für erfolgreichen Wintertourismus. Allerdings denken die Gäste nicht so monokausal. Aus ihrer Sicht ist die Schneesicherheit bedeutend bei der Wahl einer Destination, aber nicht entscheidend. Sie wird als selbstverständlicher Bestandteil des touristischen Angebotes wahrgenommen. Etwa 30% der Gäste würden nicht mehr anreisen, falls die Schneebedingungen für den Skisport ungenügend wären. Dabei ist den meisten Gästen wahrscheinlich nicht bewusst, dass Schneesicherheit häufig nur durch technische Beschneiung garantiert werden kann. Wichtiger für die Wahl der Destination sind andere Faktoren, wie etwa die Grösse und die Anzahl der Pisten im Skigebiet, die Landschaft und die Gewohnheit der Reise.

Die Tourismusorte wissen oftmals zu wenig über ihre Gästestruktur. Eine einseitige Konzentration auf den Wintertourismus entspricht selbst in Destinationen wie Davos nicht vordergründig den Bedürfnissen der Gäste. Dabei ist es bedeutend, diese in den Handlungsstrategien der Tourismusverantwortlichen zu integrieren und ein an die Nach-

frage angepasstes Angebot zu erstellen, um sich im Wettbewerb mit anderen Destinationen zu etablieren. Des weiteren können bisher nicht angesprochene Gäste durch eine gezielte Veränderung des touristischen Angebots akquiriert werden. Kleine Tourismusorte wie Braunwald sind prädestiniert zur Besetzung von Nischen und zur Spezialisierung bzw. Konzentration auf ein bestimmtes Klientel (z.B. „gehobener Ökotourismus“). So können sie sich von anderen Destinationen abheben und ein Fortbestehen des Tourismussektors garantieren.

Entscheidend ist die Frage, ob in den **Handlungsstrategien der Tourismusverantwortlichen** der Destinationen die regional bedingten Stärken und Schwächen integriert sind. Unsere Untersuchungen haben gezeigt, dass sich die beteiligten Akteure der Klimaänderung und den möglichen Folgen für den Skitourismus in der Region bewusst sind. In den Destinationen Davos und Scuol sind die Strategien der Bergbahnbetreiber eindeutig auf die Erhaltung und Förderung des Skisports ausgerichtet. Der Ausbau der Beschneiungsanlagen ist in diesen beiden Orten die wichtigste Adoptionsstrategie zur Sicherung des Wintertourismus und zur Aufrechterhaltung der Wettbewerbsfähigkeit. In Braunwald dagegen stehen schneeeunabhängige Alternativangebote bereits jetzt im Vordergrund der Strategie.

Aber auch Destinationen wie Davos und Scuol, mit einem momentan hohen Potential im Skitourismus, müssen gegenwärtig noch stärkere Akzente im Ganzjahrestourismus setzen, damit bei Fortschreiten der Klimaerwärmung Krisen vermieden werden können. Vor dem Hintergrund der erwarteten Klimaänderung müssen deshalb zusätzliche Investitionen in schneeeunabhängige Alternativangebote und insbesondere der Ausbau des Sommertourismus bedeutende Bestandteile der Gesamtstrategie darstellen. Zur Umsetzung aller Adoptionsstrategien gewinnen die Zusammenarbeit und Kooperationen unter allen beteiligten Akteuren zunehmend an Bedeutung. Dabei genügt es nicht, nur Fragen nach der Sicherung des Schneesportes und dem Ausmass der technischen Beschneiung in der Region zu diskutieren. Vielmehr sollte ein nachfrageangepasstes Angebot für den Winter- und Sommertourismus im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung ausgearbeitet, von verschiedenen Akteuren in der Region unterstützt und gemeinsam umgesetzt werden.

**Ressourcenverbrauch und –verfügbarkeit** (Energie und Wasser) spielen neben der touristischen Nachfrage und der regionalen Wirtschaftsentwicklung eine wichtige Rolle bei Überlegungen zu Investitionen zum Ausbau von Beschneiungsanlagen. Die technische Beschneiung ist mit einem Aufwand an Energie und Wasser verbunden. Der jährliche Energieverbrauch für die Kunstschneproduktion in den Untersuchungsgebieten beträgt 14'000 - 1.7 Mio. kWh. Unsere Analysen haben gezeigt, dass der Stromverbrauch für die technische Beschneiung in Davos ca. 0.5% des gesamten Energieverbrauchs der Gemeinde darstellt. Zum Vergleich beläuft sich der Energieverbrauch für Wohnungen auf 32.5% des Gesamtenergieverbrauchs der Gemeinde Davos. Der Wasserverbrauch durch die technische Beschneiung ist im Verhältnis zum Energieverbrauch und zum gesamten Trinkwasserverbrauch der untersuchten Gemeinden sowie zu anderen touristischen Aktivitäten beträchtlich. Er macht bis zu 35% des regionalen Wasserverbrauch aus.

Die Entwicklung und der Einsatz energiesparender Beschneiungssysteme ist insbesondere bei einer zukünftigen Ausdehnung der Beschneiung wichtig, um den Energieverbrauch stabil zu halten.

Um Probleme auf hydrologisch kleinräumiger Ebene zu vermeiden und zukünftige Nutzungskonflikte zwischen Energieproduzenten, Landwirtschaft und Bergbahnunternehmen weitestgehend auszuschliessen, ist es besonders wichtig, vor der Genehmigung von Beschneiungsanlagen den regionalen Wasserhaushalt zu überprüfen. Es sollte für

jedes Skigebiet ein ökologisch vertretbares Wassernutzungskonzept ausgearbeitet und umgesetzt werden. Dabei bedarf es der Zusammenarbeit aller beteiligter Akteure.

Die **ökologischen Auswirkungen** der technischen Beschneiung auf die Umwelt unterscheiden sich stark nach Region, Höhenlage etc.. Dennoch lassen sich als Grundsätze für Auswirkungen auf die Vegetation ableiten, dass 1) Kunstschnne zwar zum Teil Vegetation und Boden mechanisch schützen kann, aber die mechanischen Schäden auf Skipisten allgemein hoch sind, 2) Kunstschnne Vegetation und Boden vor Frost schützen kann, 3) die späte Ausaperung auf Kunstschnneepisten 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 Naturschnne) verringert sind. Eine zentrale Schlussfolgerung ist, dass die Kunstschnneeproblematik nicht isoliert betrachtet werden sollte. Oft ist die Intensivierung der Nutzung von Skigebieten nicht nur mit dem Ausbau der Beschneiungsanlagen verbunden, sondern ebenfalls mit dem Ausbau und der Verbreiterung von Skipisten. Es gilt daher bei der Wiederbegrünung nach Eingriffen, sei es die Installation von Beschneiungsanlagen oder Pistenplanierungen, den Zusammenhang zwischen Vegetation und Bodenstabilität explizit zu beachten. Die vorgestellten aktuellen Untersuchungen zur Bodenstabilität haben gezeigt, dass eine diverse Vegetation, standortgerechte Pflanzenarten sowie symbiotische Bodenpilze massgeblich zur Bodenstabilität und zur Verringerung von Erosionsschäden beitragen.

Ökologische Argumente sprechen nicht grundsätzlich gegen den Einsatz von Kunstschnne, da es nicht nur negative, sondern auch positive Auswirkungen gibt. Entscheidend ist, dass jeder potentielle Eingriff rechtzeitig mit Naturschutzverbänden und -verwaltung abgesprochen werden sollte, um mögliche negative Einflüsse gering zu halten. Sensible Vegetation, mögliche Störung seltener Tierpopulationen und eventuelle Engpässe bei der Wasserversorgung sollten in jedem Einzelfall geprüft werden. Bei unvermeidlichen Baumassnahmen sollte nach modernsten Massstäben begrünt werden.

Generell stellt sich die Frage, wie sich die **Klimaerwärmung auf die Schneedecke und das Beschneigungspotential** auswirkt, d.h. ob die technische Beschneiung beim Eintreten der prognostizierten Temperaturerhöhungen noch möglich ist und Investitionen in technische Beschneiungsanlagen als Adoptionsstrategie an die Klimaänderung zur Aufrechterhaltung des Skitourismus noch rentabel sein können. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass bereits heute ohne technische Beschneiung im Bereich der Talabfahrten einzelner Skigebiete keine optimalen Wintersportbedingungen angeboten werden könnten. Heute kann die Beschneiung in den Untersuchungsgebieten noch in ausreichendem Umfang durchgeführt werden. Allerdings verringert sich das Beschneigungspotential deutlich unter den prognostizierten Temperaturerhöhungen bis 2030 (+0.4-1.8°C) bzw. 2050 (+0.9-3.4°C). Besonders im Bereich der Talabfahrten unterhalb von 1'500 m. ü. M. könnte die erforderliche Grundbeschneiung bis zum Beginn der Hauptsaison zu Weihnachten teilweise nicht mehr gewährleistet werden.

Die Analysen bestätigen die Abhängigkeit des Beschneigungspotentials von den regionalklimatischen Gegebenheiten. In den Skigebieten sollte deshalb vor der Errichtung von Beschneiungsanlagen genau geprüft werden, ob die Investition gerechtfertigt ist oder ob nicht alternative Investitionen z.B. in den Bau von leistungsstarken Zubringeranlagen oder in alternative Sommer- und Winterangebote getätigter werden sollten.

Die Ergebnisse der Studie und die Diskussion der einzelnen Themenkomplexe zeigen die Bedeutung der **zeitlichen und räumlichen Differenzierung**. Die lokalen und regionalen

Rahmenbedingungen haben einen grossen Einfluss auf die Ergebnisse der Studie und sind gleichzeitig eine wichtige Grundlage für die Ableitung von Handlungsempfehlungen. So unterscheiden sich die drei Untersuchungsregionen Davos, Scuol und Braunwald nicht nur hinsichtlich ihrer naturräumlichen Voraussetzungen (Höhenlage, Klima etc.), sondern auch durch ihr touristisches Angebot, ihre Gästestrukturen und ihre Tourismusstrategien. Zukünftig gilt es, die regionalen Stärken auszunützen und Nischen zu besetzen, um ein vielfältiges, qualitativ hochwertiges Sommer- und Winterangebot zu entwickeln und sich so von anderen Destinationen abzuheben.

**Davos** ist aufgrund seiner Grösse und komfortablen Höhenlage prädestiniert zur Aufrechterhaltung des Skisports. Auch unter den prognostizierten Temperaturerhöhungen wird eine effiziente Beschneiung in den nächsten Jahrzehnten noch weitestgehend möglich sein. Die Skigebiete und ein breites Wintersportangebot sind die wichtigsten Attraktivitätsfaktoren der Wintertouristen für die Wahl der Destination Davos. Ein massvoller Ausbau der technischen Beschneiung sowie die Förderung schneeeunabhängiger Alternativen können zur Erhaltung des Wintertourismus beitragen. Aber wie wird sich das allgemeine Interesse am Skisport entwickeln? Wird es in Folge Schneemangels im Unterland geringer? Was hätte dies für Folgen für „Premium Skigebiete“ wie Davos? Würde der Strukturwandel durch eine übergewichtige Konzentration auf den Wintertourismus gebremst werden? Für Destinationen wie Davos ist es wichtig, die Balance zwischen Sommer- und Wintertourismus herzustellen. Ein weiteres Engagement im Skitourismus ist empfehlenswert, aber nicht explizit. Es ist sinnvoll eine ganzjährig gleichmässigere Auslastung anzustreben und dies durch ein breites und attraktives Winter- und Sommerangebot zu bewerkstelligen. Dabei bedarf es der Zusammenarbeit aller beteiligter Akteure wie Bergbahnen, Gemeinde und Tourismusverantwortliche.

Auch für die Wintertouristen in **Scuol** sind das Skigebiet und der Wintersport wesentliche Attraktivitätsfaktoren. Aufgrund der regionalklimatischen Bedingungen wird es auch zukünftig möglich sein im Skigebiet zu beschneien, sodass Scuol weiterhin als Skisportdestination aktiv sein kann. Aufgrund seiner Lage und Infrastruktur ist Scuol allerdings eine Feriendestination, welche von Tagestouristen selten besucht wird. Es stellt sich daher die Frage, welche Konsequenzen der allgemeine Trend „häufiger, aber kürzer in die Ferien zu fahren“ für den Tourismusort hätte. Scuol sollte sein touristisches Angebot weiterhin ausbauen, um sich von anderen Destinationen abzuheben. Aus Sicht der Gäste gehören dazu auch der Ausbau des öffentlichen Verkehrs im Dorf sowie ein breiteres Einkaufs- und Unterhaltungsangebot. Geradezu beispielhaft für eine gute Zusammenarbeit haben die beteiligten Akteure bereits begonnen, ein vielseitiges, familienorientiertes ganzjähriges Angebot umzusetzen. Der attraktive Wellnessbereich und die günstige Lage zum Schweizer Nationalpark sind die Stärken der Region. Die zielstrebige Umsetzung innovativer Projekte und die Investition in ein umfangreiches Alternativangebot im Winter wie im Sommer werden der Gemeinde Scuol und dem Skigebiet Motta Naluns helfen, sich im Wettbewerb mit anderen Feriendestinationen zu etablieren.

Die Destination **Braunwald** verfügt im Gegensatz zu Davos und Scuol nur über ein begrenztes Skipistenangebot. Der autofreie Kurort liegt im Einzugsgebiet von Zürich und profitiert vor allem von Familien und Kurgästen, welche die kleine Gemeinde als Naherholungsgebiet nutzen. Die technische Beschneiung wird aufgrund der Höhenlage in Zukunft nur eingeschränkt möglich sein. Ebenso steht im Gegensatz zu Davos und Scuol in Braunwald nur eine Minderheit der Gäste dem zunehmenden Einsatz technischer Beschneiung positiv gegenüber. Massnahmen zur Erweiterung des Skigebietes und zum Ausbau der technischen Beschneiung würden die touristische Attraktivität negativ beein-

flussen, denn die Ruhe und Autofreiheit, die Lage in alpiner Landschaft sowie die sehr gute Erreichbarkeit aus der Nordschweiz sind die wichtigsten Attraktivitätsfaktoren der Destination. Es stellt sich deshalb die Frage: Soll Braunwald weiterhin im Skisportsektor aktiv sein? Die Bergbahnen sind ein wichtiger Zubringer und Ausgangspunkt für Klettersteige und Wanderungen im Sommer. Die befragten Gäste kritisierten den Zustand der Bergbahnen. Die Sanierung und Erhaltung dieser Infrastruktur ist deshalb bedeutend.

Das zukünftige touristische Angebot in Braunwald sollte sich weniger am Skisport orientieren, sondern „sanfte“ Alternativen im Winter, wie z.B. Schneeschuhlaufen, Langlauf, Schlitteln und Winterwandern oder ein Schwimmbad umfassen. Umfangreiche Sommeraktivitäten sind notwendig, um sich von anderen Tourismusdestinationen abzuheben. Kleine Tourismusorte wie Braunwald müssen sich eindeutig positionieren, ihre Stärken erkennen und fördern, damit sie sich als Destinationen für ein ganz bestimmtes Klientel etablieren können.

Die vorliegende Studie repräsentiert eine Gesamtdarstellung der komplexen Zusammenhänge der Kunstschneproduktion, wobei auch der Aspekt des Klimawandels berücksichtigt wird. Diese umfassende Analyse der ökologischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Belange der technischen Beschneiung zeigt zusätzlich zukünftigen Forschungsbedarf auf. Insbesondere vor dem Hintergrund der Klimaänderung und steigenden Durchschnittstemperaturen im Winter werden in den kommenden Jahren verschiedene Themenbereiche im Zusammenhang mit Skipistennutzung und technischer Beschneiung an Aktualität gewinnen. So werden zum einen die ökonomischen und regionalwirtschaftlichen Effekte in alpinen Tourismusdestinationen und zum anderen die ökologischen Auswirkungen beim Ausbau von Skigebieten zu diskutieren sein.

In wirtschaftlichen Themenbereichen stellt sich insbesondere die Frage nach einer tatsächlichen ökonomischen Bewertung der technischen Beschneiung im Sinne einer Kosten-Nutzen- bzw. Kosten-Wirksamkeits-Analyse. Dabei sollte untersucht werden, inwiefern ein weiterer Ausbau von Beschneiungsanlagen zukünftig von den Bergbahnen allein finanziert werden kann. Die Interpretation von Kosten und Erträgen im Sinne einer Kosten-Nutzen- oder einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse, sollte sich auf eine bessere Kenntnis der Kosten – insbesondere der Grenzkosten – von Anlagen zur Produktion von Kunstschnee abstützen. Ferner bedarf es detaillierterer Untersuchungen, ob die Produktion von technischem Schnee die kostenwirksamste Massnahme zur betriebswirtschaftlichen Risikoabsicherung gegen schneearme Winter ist.

Ökologischer Forschungsbedarf besteht vor allem bezüglich des Ausbaus der Skigebiete in hochalpines Gelände. Zum einen wird das Ausmass der technischen Beschneiung weiterhin stark zunehmen, zum anderen ist zu erwarten, dass aus klimatischen Gründen vermehrt Pisten in hochalpinem Gelände gebaut oder ausgebaut werden. Genau diese Regionen reagieren jedoch äusserst empfindlich auf Störungen. Wiederbegrünungen von hochalpinen Rasen gelten nach bisherigen Massstäben als nicht oder nur sehr schwer durchführbar. Es gilt daher, die sensibelsten alpinen Regionen zu schützen, bzw. dort, wo Eingriffe nicht zu vermeiden sind, Erosionsschäden durch angemessene Begrünungsmaßnahmen zu verhindern.

In Anbetracht des zunehmenden Kunstschneeeinsatzes und den damit verbundenen ökologischen Bedenken seitens der Gäste einer Wintersportdestination, wäre die Zertifizierung und die Entwicklung von Skipisten-Labels eine Möglichkeit zur Kontrolle. Das Label ist dabei eine Auszeichnung für Skipisten, welche überdurchschnittliche ökologisch-

oder sozialverträgliche Anforderungen erfüllt und damit das Image und den Status des zertifizierten Skigebietes erhöht. Mit Hilfe von Labels könnten der zunehmende Druck auf die Umwelt infolge der technischen Beschneiung sowie die Nutzungskonflikte im Zusammenhang mit dem Wasserverbrauch besser kontrolliert und gesteuert werden. Eine wichtige Grundlage für die Entwicklung von solchen Labels wäre die Erarbeitung einer Checkliste für den optimalen Kunstschieneeinsatz nach ökologisch verträglichen Kriterien.

Bei der Diskussion und Ausarbeitung von Adoptionsstrategien an eine Klimaänderung sollten Mitigationsstrategien nicht vernachlässigt werden. Eine Bekämpfung der Ursachen ist langfristig die einzige Lösung, dem Klimawandel und den negativen Effekten auf den Wintertourismus entgegen zu wirken.



## 10 Literaturverzeichnis

- ABEGG, B. (1996): Klimaänderung und Tourismus – Klimafolgenforschung am Beispiel des Wintertourismus in den Schweizer Alpen. Schlussbericht NFP 31. Zürich.
- ABEGG, B., AGRAWALA, S., CRICK, F., DE MONTFALCON, A. (2007): Climate change impacts and adaptation in winter tourism. In: OECD (2007): Climate Change in the European Alps: 25-60.
- ABELS, G., BEHRENS, M. (2005): ExpertInnen-Interviews in der Politikwissenschaft – Geschlechtertheoretische und politikfeldanalytische Reflexion einer Methode. In: Bogner, A., Littig, B., Menz, W. (Hrsg.) (2005): Das Experteninterview – Theorie, Methode, Anwendung 2. Auflage. Wiesbaden: 278 S.: 173-190.
- ANMSM/SKI France, SNTF, ADSP FRANCE (2005): Neige de culture Comment l'eau devient crystal le temps d'un hiver?
- ASSOCIATED PRESS (2007): Kommt der Winter noch? In: Die Südostschweiz, Ausgabe Graubünden, 16.01.2007.
- BADER, S., BANTLE, H. (2004): Das Schweizer Klima im Trend Temperatur- und Niederschlagsentwicklung 1864-2001. Meteo Schweiz Veröffentlichung, 68.
- BAIDERIN, V. V. (1982): Winter recreation and subnival plant development. In: Soviet Journal of Ecology, 13: 287-291.
- BARNI, E., FREPPAZ, M., SINISCALCO, C. (2007): Interactions between vegetation, roots, and soil stability in restored high-altitude SKI runs in the Alps. In: Arctic Antarctic and Alpine Research, 39: 25-33.
- BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (1997): Schriftwechsel zur Erweiterung der Beschneiungsanlagen im Gebiet Hausberg - Krenzeke Osterfelder in Garmisch-Patenkirchen. München.
- BEBI, P., GRÊT-REGAMEY, A., KYTZIA, S., LARDELLI, C., LUNDSTRÖM, C., WALZ, A. (2005): Simulation und Bewertung von Zukunftsszenarien Alpiner Regionen am Beispiel der Landschaft Davos. SLF/WSL Davos.
- BEBI, P., KYTZIA, S., LUNDSTRÖM, C., WALZ, A., GRÊT-REGAMEY, A., LARDELLI, C. (2005): NFP48 ALPSCAPE-Schlussbericht. SLF Davos.
- BEGERT, M., SCHLEGEL, T., KIRCHHOFER, W. (2005): Homogeneous Temperature and Precipitation Series of Switzerland from 1864 to 2000. In: International Journal of Climatology, 25: 65-80.
- BENISTON, M. (1997): Variations of snow depth and duration in the Swiss Alps over the last 50 years: Links to changes in large-scale climatic forcings. In: Climatic Change, 36: 281-300.
- BENISTON, M., KELLER, F., GOYETTE, S. (2003): Snow pack in the Swiss Alps under changing climatic conditions: an empirical approach for climate impacts studies. In: Theoretical and Applied Climatology, 74: 19-31.
- BLEUEL, S. (2005): Klimawandel und Zukunft des schneeartigigen Wintersports. Untersuchung zu den Strategien ausgewählter Schweizer Wintersportgebiete. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Bern. 2005.
- BÖHM, W. (1979): Methods of studying root systems. Springer-Verlag, Berlin.
- BROGGI, M. F., WILLI, G. (1989): Beschneiungsanlagen im Widerstreit der Interessen. CIPRA Kleine Schriften 3: 47.

- BROGGI, M.F.; WILLI, G.; STAUB, R. (1992-2002): Kap. 6.1.2 Skipisten, Loipen, Be- schneiungsanlagen und Moorschutz. In: BAFU (Hrsg.) (1992-2002): Handbuch Moor- schutz in der Schweiz, Bd. 2.
- BUNDESAMT FÜR ENERGIE (2005): Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2005. Schweiz.
- BUNDESAMT FÜR UMWELT (2007): Produktion und Verbrauch von Trinkwasser. <http://www.bafu.admin.ch/wassernutzung/02792/02796/02798/index.html?lang=de>.
- BUNDESGESETZ ÜBER DEN SCHUTZ DER GEWÄSSER (2007). Schweiz.
- BURGA, C.A., FRAUENFELDER, R., RUFFET, J., HOELZLE, M., KAAB, A. (2004): Vegeta- tion on Alpine rock glacier surfaces: a contribution to abundance and dynamics on ex- treme plant habitats. In: Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 199: 505-515.
- BÜRKI, R. (1998): Klimaänderung und Skitourismus – Wie wirkt sich eine Klimaände- rung auf die skitouristische Nachfrage aus? In: Geographica Helvetica, 4: 155-161.
- BÜRKI, R. (2000): Klimaänderung und Anpassungsprozesse im Wintertourismus. Publi- kation der Ostschweizerischen Geographischen Gesellschaft, Neue Folge, 6. St. Gallen.
- BÜRKI, R., ELSASSER, H., ABEGG, B. (2003): Climate Change - Impacts on the Tourism Industry in Mountain Areas. 1st International Conference on Climate Change and Tourism, Dierba, 9-11 April 2003.
- CERNUSCA, A., ANGERER, C., NEWESLY, C., TAPPEINER, U. (1992): Auswirkungen von Schneekanonen auf alpine Ökosysteme - Ergebnisse eines internationalen For- schungsprojektes. In: Umwelt und Tourismus (eds. Gnaiger, E., Kautzky, J.), Reihe des Umweltforums Innsbruck: 177-199.
- CERNUSCA, A., ANGERER, H., NEWESLY, C., TAPPEINER, U. (1990): Ökologische Aus- wirkungen von Kunstschnee - eine Kausalanalyse der Belastungsfaktoren. In: Ver- handlungen der Gesellschaft für Ökologie, 19: 746-757.
- CIPRA (2006 a): Zum Vortrag von Prof. Dr. Wolfgang Seiler „Morgen entscheidet sich heut – Auswirkungen des Klimawandels auf den Alpenraum. In: Klima – Wandel – Alpen Tourismus und Raumplanung im Wetterstress. CIPRA Tagungsband 23: 29-35.
- CIPRA (2006 b): Wintertourismus im Wandel. In: CIPRA INFO, 81.
- DAVOS TOURISMUS (2002): Jahresbericht 2001/2002.
- DE BAETS, S., POESEN, J., KNAPEN, A., GALINDO, P. (2007): Impact of root architecture on the erosion-reducing potential of roots during concentrated flow. Earth Surface Processes and Landforms, 9999, n/a.
- DE KROON, H., VISSER, E.J.W. (2003): Root ecology. Springer, Berlin.
- DELARZE, R. (1994): Vegetation dynamics on the artificially sown ski runs of Crans- Montana (Valais, Switzerland) - Altitude effects. In: Botanica Helvetica, 104: 3-16.
- DIEZIGER, J. (2006): Schnee von heute. In: Strom forz'electrica, 4: 4-5.
- EIDGENÖSSISCHE FINANZKONTROLLE (2004): Schweiz Tourismus – Evaluation der Er- folgsbewertung, der Zusammenarbeit und der Zufriedenheit. Bern.
- ELSASSER, H., BÜRKI, R., (2002): Climate change as a threat to tourism in the Alps. In: Climate Research, 20: 253-257.
- ELSASSER, H., BÜRKI, R., ABEGG, B. (2000): Klimawandel und Schneesicherheit. In: Petermanns Geographische Mitteilungen, 144 (4): 34-41.
- ELSASSER, H., MESSERLI, P. (2001): The Vulnerability of the Snow Industry in the Swiss Alps. In: Mountain Research and Development, 21 (4): 335-339.

- EUGSTER, W. (2005): Geländeklimatologie und Mikrometeorologie - Skript Sommersemester 2005, Geografisches Institut Universität Bern.
- FACHVERBAND DER ÖSTERREICHISCHEN SEILBAHNEN (2006): 23'000 Hektar Pistenfläche. URL: <http://www.seilbahnen.at/winter/beschneiung/bestandsaufnahme/pistenflaeche>.
- FAUVE, M., RHYNER, H., SCHNEEBELI, M., (2002): Pistenpräparation und Pistenpflege. Das Handbuch für den Praktiker. SLF Davos 2002.
- FLAGESTAD, A., HOPE, C.A. (2001): Strategic success in winter sports destinations: A sustainable value creation perspective. In: *Tourism Management*, 22: 445-561.
- FOGAL, S. (2007): Schnee ist weg, was bleibt? In: *Berner Zeitung BZ*, 23.05.2007.
- FÖHN, P. (1990): Schnee und Lawinen. In: Internationale Fachtagung über Schnee, Eis und Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre. Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich, 108: 33-48.
- FREI, C. (2004): Die Klimazukunft der Schweiz – Eine probabilistische Projektion. URL: [www.oecc.ch/Products/CH2050/CH2050-Scenarien.pdf](http://www.oecc.ch/Products/CH2050/CH2050-Scenarien.pdf).
- FREI, M., BOLL, A., GRAF, F., HEINIMANN, H.R., SPRINGMANN, S. (2003): Quantification of the influence of vegetation on soil stability. In: *Proceedings of the International Conference on Slope Engineering* (eds. Lee CF & Tham LG). Department of Civil Engineering, University of Hong Kong, Hong Kong, China: 872-877.
- FUHRMANN, H. (1996): Basisschnee - Einführung in die Nivologie. VSI, Salzburg.
- GERL, B. (2006): Lautstark rieselt der Schnee. In: *Spektrum der Wissenschaft*, 11: 52-53.
- GLKB - GLARNER KANTONALBANK (1998): Kanton Glarus in Zahlen. Ausgabe 1998.
- GRABHERR, G. (1977): Primärproduktion und Ertrag auf einer begrünten Schiabfahrt und im Unterwuchs eines Blaugras-Föhrenwaldes (Achenkirch, Tirol). In: *Alpine Umweltprobleme. Ergebnisse des Forschungsprojekts Achenkirch. Teil I: Ökologische Veränderungen durch das Anlegen von Schiabfahrten an Waldhängen* (ed. Cernusca A). Erich Schmidt Verlag, Berlin: 70-77.
- GRAF, F., GERBER, W. (1997): Der Einfluss von Mykorrhizapilzen auf die Bodenstruktur und deren Bedeutung für den Lebendverbau. In: *Schweizerische Zeitschrift für Forstwissenschaften*, 148: 863-886.
- GREGORY, P.J. (2006): Plant roots : growth, activity and interaction with soils. Blackwell, Oxford.
- GROS, R., MONROZIER, L.J., BARTOLI, F., CHOTTE, J.L., FAIVRE, P. (2004): Relationships between soil physico-chemical properties and microbial activity along a restoration chronosequence of alpine grasslands following ski run construction. In: *Applied Soil Ecology*, 27: 7-22.
- GYSELLES, G., POESEN, J. (2003): The Importance of Plant Root Characteristics in Controlling Concentrated Flow Erosion Rates. In: *Earth Surface Processes and Landforms*, 28: 371-384.
- HADLEY, G.L., WILSON, K.R. (2004): Patterns of density and survival in small mammals in ski runs and adjacent forest patches. In: *Journal of Wildlife Management*, 68: 288-298.
- HAEBERLI, W. (1973): Die Basistemperatur der winterlichen Schneedecke als möglicher Indikator für die Verbreitung von Permafrost in den Alpen. In: *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 9: 221-227.
- HAHN, F. (2004): Künstliche Beschneiung im Alpenraum. Hintergrundbericht der CIPRA-International. CIPRA.

- HAMMELBACHER, K., MÜHLENBERG, M. (1986): Laufkäfer- (Carabidae) und Weberschneckenarten (Opiliones) als Bioindikatoren für Skibelastung auf Almflächen. In: Natur Landsch., 61: 463-466.
- HINTERSTOISSER, H. (1997): Richtlinien für die Errichtung und den Betrieb von Beschneiungsanlagen im Land Salzburg. In: Naturschutz-Beiträge. Nr. 12, Amt d. Salzburger Landesregierung, Naturschutzreferat, Salzburg.
- HOCHSCHULE FÜR WIRTSCHAFT HSW LUZERN (2006): Rentabilität und Kundenzufriedenheit in Wellnesshotels. Medienmitteilung 8. November 2006.
- HYDROLOGISCHER ATLAS DER SCHWEIZ (2001): Landeshydrologie und Geologie. Bern.
- IDE (2006): Der Schnee, der aus der Hitze kam. URL: [www.ide-snowmaker.com](http://www.ide-snowmaker.com).
- IPCC (Hg.) (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- JACOT, K. (1999): Wiederbegrünung in Höhenlagen: Möglichkeiten und Grenzen. In: Mitteilungen der Schweiz. Ges. für Pflanzenbauwissenschaften, 15: 3.
- JACOT, K.A., LÜSCHER, A., NÖSBERGER, J., HARTWIG, U.A. (2000): Symbiotic N2 fixation of various legume species along an altitudinal gradient in the Swiss Alps. In: Soil Biology and Biochemistry, 32: 1043-1052.
- JOB, H. (2005): Österreich - Die Alpen als Destination - Eine Analyse in vier Dimensionen. In: Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, 147: 113-138.
- JUR, M.-C. (2006): Schneien, wenns am meisten bringt. In: Engadiner Post, 24.08.2006.
- KAMMER, P. (1989): Auswirkungen von Kunstschnne auf subalpine Rasenvegetation. In: Systematisch-geobotanisches Institut, Universität Bern, Bern: 180.
- KAMMER, P.M. (2002): Floristic changes in subalpine grasslands after 22 years of artificial snowing. In: Journal for Nature Conservation, 10: 109-123.
- KEISER, A. (2007): Schneekanonen – ein löchriger Wasserkreislauf. In: Swiss Info, 20. April 2007.
- KLIMAATLAS DER SCHWEIZ (1984). Bundesamt für Landestopographie. 1982 – 2000.
- KOHLER, U. (2000): Vegetationskundliche Untersuchungen auf beschneiten Flächen. Vortrag im Rahmen der Fachtagung des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz zum Thema "Technische Beschneiung und Umwelt".
- KRAUTZER, B., WITTMANN, H., PERATONER, G., GRAISS, W., PARTL, C., PARENTE, G., VENERUS, S., RIXEN, C., STREIT, M. (2006): Standortgerechte Hochlagenbegrünung im Alpenraum – der aktuelle Stand der Technik. Federal Research and Education Centre (HBLFA) Raumberg-Gumpenstein, Irdning.
- KROMP-KOLB, H., FORMAYER, H. (2001): Klimaänderung und mögliche Auswirkungen auf den Wintertourismus in Salzburg. Universität für Bodenkultur Wien.
- KUTSCHERA, L., SOBOTIK, M. (1997): Bewurzelung von Pflanzen in den verschiedenen Lebensräumen. Landesmuseum, Linz.
- LAIOLO, P., ROLANDO, A. (2005): Forest bird diversity and ski-runs: a case of negative edge effect. In: Animal Conservation, 8: 9-16.
- LATERNSER, M., SCHNEEBELI, M. (2003): Long-Term Snow Climate trends of the Swiss Alps (1931-99). In: International Journal of Climatology, 23: 733-750.

- LEGERET, B. (2006): Touristische Ausstattung und Abonnementspreise. Diplomarbeit Studiengang Bauingenieurwesen. ETH Zürich. Februar 2006.
- LICHTENEGGER, E. (1994): Beschneiung und Vegetation, Klagenfurt.
- LUTZ, G. (2001): Beschneiungsanlagen in Bayern – Stand der Beschneiung, potentielle ökologische Risiken. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Tätigkeitsbericht 2000.
- MARTY, C. (2006): Wo bleibt der Schnee von gestern? In: Newsletter Naturgefahren, 3 (2006), Eidgenössisches Institut für Schnee und Lawinenforschung, SLF. URL: <http://www.slf.ch/newsletter/Archivliste.html>.
- MATHIS, P.; SIEGRIST, D.; KESSLER, R. (2003): Neue Skigebiete in der Schweiz? Planungsstand und Finanzierung von touristischen Neuerschliessungen unter besonderer Berücksichtigung der Kantone. Zürich, Bristol-Stiftung; Bern, Stuttgart, Wien, Haupt: 83 S.
- MATTM (2007): Impacts of Climate Change on the winter tourism in the Italian Alps. Italian ministry for the Environment, Land and Sea MATTM, WP 7, Activity 1: Basic analysis and assessment of the impacts of climate change on spatial development and economic key sectors in the Alpine Space. Unveröffentlichter Bericht.
- MAYER, H.O. (2006): 5. Qualitative Befragung - Das Leitfadeninterview. In: Interview und schriftliche Befragung (eds. Mayer, H.O), R. Oldenbourgverlag, München Wien: 36-56.
- MAYER, M., STEIGER, R., TRAGWÖGER, L. (2007): Technischer Schnee rieselt vom touristischen Machbarkeitshimmel - Schneesicherheit und technische Beschneiung in westösterreichischen Skidestinationen vor dem Hintergrund klimatischer Wandlungsprozesse. In: Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, 149 Jg. (Jahresband), Wien 2007, im Druck.
- MEERKAMP VAN EMBDEN, IAN C. (1999): Künstliche Beschneiung im Alpenraum. Schriftenreihe Alpenforum 2: „Leben in den Alpen – Chancen einer sozialverträglichen Zukunft“.
- MERZ, R. (2002): Studie technischer Schnee. Diplomarbeit. Schulen für, Technik Informatik, Wirtschaft IBZ.
- METEO SCHWEIZ, (2007): Extrem warmer Winter. URL: <http://www.meteoschweiz.ch/web/de/wetter/wetterereignisse/winter0607.html>. (Zugriff: 24.03.2007)
- MEUSER, M., NAGEL, U. (2005): ExpertInneninterviews – vielfach erprobt, wenig bedacht – Ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion. In: Bogner, A., Littig, B., Menz, W. (Hrsg.) (2005): Das Experteninterview – Theorie, Methode, Anwendung 2. Auflage. Wiesbaden: 71-93.
- MEYER, J. (2007): Ansaat von Rohböden in alpinen Zonen unter Verwendung von Mykorrhizapilzen. Otto Hauenstein AG, Rafz.
- MILLER, R.M., JASTROW, J.D. (1990): Hierarchy of root and mycorrhizal fungal interactions with soil aggregation. In: Soil Biology and Biochemistry, 22: 579-584.
- MORITZ, C., BÜHLER, S., KLENKHART, C., TRAVISAN, A., (2006): INTERREG IIIB-Projekt Lebensraumvernetzung. Optimierung der Betriebsweisen der Wasserentnahmen für Beschneiungsanlagen am Lech. Arge Limnologie 2006.
- MOSIMANN, T. (1987): Schneeanlagen in der Schweiz, aktueller Stand - Umwelteinflüsse - Empfehlungen. In: Materialien zur Physiogeographie, 10: 112.

- MOSIMANN, T. (1998): Beschneiungsanlagen in der Schweiz. Weitere Entwicklung - Umweltverträglichkeit und Folgerungen für die Prüfung und Bewilligung von Beschneiungsanlagen. Studie im Auftrag des Schweizerischen Verbandes der Seilbahnunternehmungen, Bubendorf und Hannover.
- MÜLLER, H., WEBER, F. (2007): Klimaänderung und Tourismus - Szenarienanalyse für das Berner Oberland 2030. URL: [http://www.fif.unibe.ch/Flyer\\_22%201%202007\\_def.pdf](http://www.fif.unibe.ch/Flyer_22%201%202007_def.pdf). (Zugriff: 12.06.2007)
- NEU, U. (2003): Wintertourismus: Können die Folgen der Klimaerwärmung mit Investitionen kompensiert werden? Climate-Press von ProClim 15.
- OCCC, PROCLIM- (Hrsg.) (2007): Klimaänderung und die Schweiz 2050 – Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft.
- OECD (Hrsg.) (2007): Climate Change in the European Alps.
- PAROLINI, J.D. (2006): Das "Bodenerlöskonto" der Gemeinde: Wie die Unterengadiner die Beschneiungsanlagen der Bergbahnen mitfinanzieren. Präsentation Ischgl, 27.März 2006.
- POLOMSKI, J., KUHN, N. (1998): Wurzelsysteme. Haupt, Birmensdorf - Bern.
- PRO NATURA – PRO SKI (2003): Auditing in Skigebieten – Leitfaden zur ökologischen Aufwertung.
- PRÖBSTL, U. (2006): Kunstschnee und Umwelt – Entwicklung und Auswirkungen der technischen Beschneiung. Bern.
- RAEDISCH, A. (2007): Renaturierung in Hochlagen der Schweizer Alpen: Einfluss von Mykorrhiza auf die Bodenstabilität und Durchwurzelung. In: Fachbereich Landbau/ Landespflege, Hochschule für Technik und Wirtschaft, Dresden.
- REBETEZ, M. (2006): Helvetien im Treibhaus – der weltweite Klimawandel und seine Auswirkungen auf die Schweiz. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt-Verlag.
- RILLIG, M.C., MUMMEY, D.L. (2006): Mycorrhizas and soil structure. In: New Phytologist, 171: 41-53.
- RIXEN, C. (2002): Artificial snow and snow additives on ski pistes: interactions between snow cover, soil and vegetation. PhD thesis. University of Zurich.
- RIXEN, C., CASTELLER, A., SCHWEINGRUBER, F.H., STOECKLI, V. (2004a): Age analysis helps to estimate plant performance on ski pistes. In: Botanica Helvetica, 114: 127-138.
- RIXEN, C., HAEBERLI, W., STOECKLI, V. (2004b): Ground temperatures under ski pistes with artificial and natural snow. In: Arctic Antarctic and Alpine Research, 36: 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: 219-230.
- RÖHRLICH, D. (2007): Auf künstlichem Weiß in den Abgrund. In: Deutschlandfunk.
- RÜTTER, H., BERWERT, A., RÜTTER-FISCHERBACHER, U., LANDOLT, M. (2001): Der Tourismus im Wallis-Wertschöpfung. Visp: Rütter und Partner.
- SAC (2005): Erschliessung der Alpen. SAC Arbeitspapier.
- SCHERRER, S.C., APPENZELLER, C., LATERNER, M. (2004): Trends in Swiss Alpine snow days: The role of local- and large-scale climate variability. In: Geophysical Research Letters, 31.

- SCHMITT, S. (2007): Schneechaos im März – längst vergessen. In: Spiegel online, 08.01.2007. URL: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,458430,00.html>.
- SCHNEIDER, C., SCHÖNBEIN, J. (2006): Klimatologische Analyse der Schneesicherheit und Beschneibarkeit von Wintersportgebieten in deutschen Mittelgebirgen. Schriftenreihe Natursport und Ökologie, 19.
- SCHNELL, R., HILL, P.B., ESSER, E. (1999): Methoden der empirischen Sozialforschung. München: R. Oldenbourg Verlag.
- SCHRADER, C. (2007): Die Katastrophe hat schon begonnen – Forscher belegen mit drastischen zahlen, wie genau sie den globalen Wandel vorhersagen können. In: Süddeutsche Zeitung Nr. 28, 3./4. Februar 2007: 2.
- SCHWEINGRUBER, F.H., POSCHLOD, P. (2005): Growth rings in herbs and shrubs: life span, age determination and stem anatomy. In: Forest snow and landscape research, Haupt, Bern: 195-415.
- SCHWÖRER, C.; RHYNER, H.; RIXEN, C.; SCHNEEBELI, M.; ITEN, B. (2007): Chemische Pistenpräparation – Grundlagenbericht.
- SCOTT, D. (2006): Global Environmental Change and Mountain Tourism. In: Gossling, S., M. Hall (eds): Tourism and Global Environmental Change. Routledge, London: 54-75.
- SCOTT, D., McBOYLE, G., MILLS, B. (2003): Climate change and the skiing industry in southern Ontario (Canada): exploring the importance of snowmaking as a technical adaptation. In: Climate Research, 23: 171-181.
- SCOTT, D., McBOYLE, G., MINOGUE, A. (2006): Climate change and Quebec's ski industry. In: Global Environmental Change. in Press.
- SCOTT, N. (1998): Soil aggregation and organic matter mineralization in forests and grasslands: plant species effects. In: Soil Sci Soc Am J, 62: 1081-1089.
- SEILBAHNEN SCHWEIZ (2003): Schweizer Seilbahnen - Wohin? Bern.
- SEILBAHNEN SCHWEIZ (2004): Seilbahnen der Schweiz – Fakten und Zahlen.
- SEILBAHNEN SCHWEIZ (2007): Minus 5 Prozent (Medienmitteilung). URL: [http://www.seilbahnen.org/MM\\_10042007\\_Winter.html](http://www.seilbahnen.org/MM_10042007_Winter.html). (Zugriff: 03.05.2007)
- SLF (2006): Bilanzierung und Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Landschaft Davos. Eine Machbarkeitsstudie zum Klimaschutz. Schlussbericht zum KTI-Projekt Nr. 7984.1. Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos.
- STUDER, N., CHRISTOFFEL, J. (1990): Beschneiungsanlagen und künstlich erzeugter Schnee im Urteil von Skifahrern und Kur- und Verkehrs direktoren. Lizentiatsarbeit, Forschungsinstitut für Freizeit und Tourismus, Universität Bern.
- TARRANT, M.A., SMITH, E.K. (2002): The use of a modified importance-performance framework to examine visitor satisfaction with attributes of outdoor recreation settings. In: Managing Leisure, 7: 69-82.
- THIEL, D., JENNI, L., JENNI-EIERMANN, S. (2006): How susceptible are Capercaillie to human disturbance? In: Journal of Ornithology, 147: 261-261.
- THIEL, D., JENNI-EIERMANN, S., PALME, R. (2005): Measuring corticosterone metabolites in droppings of capercaillies (*Tetrao urogallus*). In: Bird Hormones and Bird Migrations: Analyzing Hormones in Droppings and Egg Yolks and Assessing Adaptations in Long-Distance Migration: 96-108.
- TISDALL, J.M., OADES, J.M. (1982): Organic-Matter and Water-Stable Aggregates in Soils. In: Journal of Soil Science, 33: 141-163.

- TROCKNER, V., KOPESZKI, H. (1994): Auswirkungen der künstlichen Beschneiung auf Bodenverdichtung, Bodentemperatur, Ernteertrag und Collembolenfauna von Pistenböden. In: Verh. Ges. f. Ökologie, 23: 283-276.
- URBANSKA, K.M. (1997): Restoration ecology research above the timberline: Colonization of safety islands on a machine-graded alpine ski run. In: Biodiversity and Conservation, 6: 1655-1670.
- URBANSKA, K.M., FATTORINI, M., THIELE, K., PFLUGSHAUPT, K. (1999): Seed rain on alpine ski runs in Switzerland. In: Botanica Helvetica, 109: 199-216.
- VAN OMMEREN, R.J. (2001): Species composition on reclaimed ski runs compared with unseeded areas. In: Journal of Range Management, 54: 307-311.
- VEIT, H. (2002): Die Alpen : Geoökologie und Landschaftsentwicklung. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- WANNER, H., GYALISTRAS, D., LUTERBACHER, J., RICKLI, R., SALVISBERG, E., SCHMUTZ, C. (2000): Klimawandel im Schweizer Alpenraum. (NFP 31 Schlussbericht). Zürich: vdf, Hochsch.-Verl. ETH.
- WATSON, A., MOSS, R. (2004): Impacts of ski-development on ptarmigan (*Lagopus mutus*) at Cairn Gorm, Scotland. In: Biological Conservation, 116: 267-275.
- WEGMANN, M., KYTZIA, S. (2005): Input-Output-Table for Davos, 2002. Internal Report. Chair for Regional Resource Management.
- 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: 306-316.
- WIPF, S., RIXEN, C., FREPPAZ, M., STOECKLI, V. (2002): Ski piste vegetation under artificial and natural snow: patterns in multivariate analysis. In: Interdisciplinary Mountain Research (eds. Bottarin R & Tappeiner U). Blackwell, Stelvio National Park, Italy: 170-179.
- WITTY, S. (1993): Beschneiungsanlagen. In: Naturschutz-Info Heft 3/93, München: 17-21.
- ZEITLER, A. (2006): Birkwild und Wintertourismus. In: 12. Österreichische Jägertagung, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, A-8952 Irdning.

## **Anhang**

# Touristische Präferenzen und Verhalten in Wintersportdestinationen

(Winterbefragung)

Eine Umfrage der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)  
und der Universität Zürich



## Einleitende Informationen für die Befragten:

- Die WSL führt eine Studie zur Bedeutung von technischer Beschneiung für den Wintertourismus sowie zu touristischen Präferenzen in Wintersportdestinationen in der Schweiz durch. Zu diesem Zweck findet momentan eine Befragung von Gästen hier in der Region statt.
- Dürften wir Sie bitten, sich ca. 10 Minuten Zeit zu nehmen und an dieser Befragung teilzunehmen?
- Selbstverständlich werden alle Antworten absolut anonym behandelt.
- Falls der Befragte seinen Hauptwohnsitz am Befragungsort (Braunwald, Davos oder Scuol) hat, kann die Befragung leider nicht durchgeführt werden.
- Es kann **nur eine Person** befragt werden

**Bitte für jedes Interview ausfüllen (erst nach einer vollständig abgeschlossenen Befragung!):**

**Interview Nr.:** .....

**Witterung:** 1  wolkenlos

**Interviewer:** .....

2  heiter

**Standort:** .....

3  bewölkt

**Datum:** .....

4  bedeckt

5  Niederschläge

**Wochentag:** .....

**Uhrzeit:** .....

**Einschätzung Verlässlichkeit / Qualität der Antworten:** 1  hoch 2  mittel 3  gering

**Geschlecht der befragten Person:** 1  m 2  w

**Kommentare und Anmerkungen der befragten Person** (bezieht sich auf Aussagen der befragten Pers.):

**Sonstige Bemerkungen zum Interview:** (Auffälligkeiten, Besonderheiten, ...)

## 1 Zunächst haben wir einige Fragen zu Ihrem momentanen Aufenthalt in Braunwald/ Davos/ Scuol.

### a) Was ist der Ausgangsort Ihres heutigen Besuches hier in Braunwald/ Davos/ Scuol? (keine Einheimischen!)

- 1 Ferienunterkunft in Braunwald/ Davos/ Scuol
- 2 Ferienort ausserhalb von Braunwald/ Davos/ Scuol
- 3 Hauptwohnsitz ausserhalb von Braunwald/ Davos/ Scuol

### b) Mit welchem Verkehrsmittel sind Sie angereist?

- 1 Auto, Motorrad
- 2 Bahn, Postauto
- 3 Car, Reisebus
- 4 Velo
- 5 Sonstiges: .....

### c) Sind Sie Tagesgäst oder haben Sie die Nacht auf heute als Feriengäst in Braunwald/ Davos/ Scuol verbracht, oder werden Sie heute hier als Guest übernachten? (Achtung: keine Personen mit Hauptwohnsitz in Braunwald/ Davos/ Scuol)

- 1 Übernachtungsgäst → Anzahl Übernachtungen: .....
- 2 Tagesgäst → Tagesgäste in Braunwald/ Davos/ Scuol weiter zu Frage 2

### d) Übernachtungsgäste in Braunwald/ Davos/ Scuol: In welcher Unterkunft übernachten Sie?

- 1 Hotel, Gasthof, Pension
- 2 Ferienwohnung/-haus → 2a  Miete 2b  Eigentum 2c  Freunde/Familie
- 3 Gruppenunterkunft, Berghaus, Jugendherberge, SAC-Hütte
- 4 Camping
- 5 Bauernhof, Alp
- 6 Freunde, Verwandte
- 7 Sonstiges: .....
- 8 Keine Angabe

## 2 Einige Fragen zur Attraktivität von Braunwald/ Davos/ Scuol (nicht für Lokale)

### a) Welches sind die zwei wichtigsten Gründe, dass Sie für Ihre Ferien/ Ihren Tagesausflug hier her nach Braunwald/ Davos/ Scuol gekommen sind?

1. ....
2. ....

### b) Wie oft waren Sie schon in Braunwald/ Davos/ Scuol?

- 1 das erste Mal
- 2 2-5mal
- 3 6-10mal
- 4 > 10mal

**c) Waren Sie auch schon im Sommer in Braunwald/ Davos/ Scuol?**

1  ja

6  nein, noch nie

2  einmal

3  2-5mal

4  6-10mal

5  >10mal

**d) Welchen Freizeitaktivitäten gehen Sie generell hier in Braunwald/ Davos/ Scuol nach?**  
(Mehrfachnennung möglich!)

1  Wandern, Trekking (bergauf- u. -ab)

10  Reiten

2  Spazieren (im Talbodenbereich)

11  Gleitschirmfliegen

3  Bergsteigen, Hochtouren

12  Wintersport

4  Joggen, Nordic Walking

13  Besuch von Monumenten, Museen oder  
speziellen Orten

5  Klettern

14  Sonstiges

6  Velo fahren/Tourenbiken/Rennvelo

.....

7  Mountainbiken (Naturstrassen/Gelände)

.....

8  Naturexkursionen

.....

9  Baden

**e) Welches ist Ihre Hauptaktivität, der Sie in diesen Ferien nachgehen? Nummer: .....**

**f) Was sollte Ihrer Meinung nach in dieser Destination zusätzlich noch geboten werden, um sie attraktiver zu machen? Welche zusätzlichen Dienstleistung werde gewünscht?.....**

.....  
.....  
.....

**g) Wie wichtig sind für Sie folgende Punkte bei die Wahl des Ferienortes und wie steht es diesbezüglich mit Ihrer individuellen Zufriedenheit vor Ort? (Bogen an befragte Person zum selber ausfüllen abgeben!)**

→ siehe Rückseite!

# Fragebogen für Touristen

Autor: David Gallati

Wie wichtig sind für Sie generell folgende Punkte bei der Wahl des Ferienortes?

1 2 3 4 5 6

absolut wichtig = 6

Wie zufrieden sind Sie mit folgenden Punkten vor Ort?

1 2 3 4 5 6

absolut zufrieden = 6

1  2  3  4  5  6

Verkehrstechnische Erschliessung der Ferienregion (Erreichbarkeit)

1  2  3  4  5  6

weiss nicht

keine Angabe

Winterliche Atmosphäre

Erschliessung durch Bergbahnen vor Ort

Gut ausgebauten und unterhaltene Wege

Sportanlagen wie Funparks, Kletter-Steige, Sportplätze/-hallen etc.

Angebote aus Wellness, Gesundheit und Erholung

Kulturelle Anlässe und Einrichtung vor Ort

Architektonische Sehenswürdigkeiten und Baudenkmäler

Attraktive Landschaft

Attraktive Gastronomie (Restaurants, Bars etc.)

Attraktive Übernachtungsmöglichkeiten

Ruhe, wenig Lärm

Freundliches Dienstleistungspersonal

Gutes Preis-/Leistungsverhältnis

**3**

Im Folgenden haben wir einige Fragen zum Wintertourismus und Wintersport sowie der damit verbundenen Infrastruktur hier in Braunwald/ Davos/ Scuol.

a) In immer mehr Wintersportgebieten der Alpen werden Beschneiungsanlagen errichtet. Wie stehen Sie zu dieser Entwicklung? (nur eine Nennung möglich!) Bitte begründen Sie!

- 1 Ich bin eher für den Einsatz von Kunstschnne.
- 2 Ich bin eher gegen den Einsatz von Kunstschnne.
- 3 Der Einsatz von Kunstschnne ist mir egal.
- 4 Weder noch

→ Begründung:.....

b) Betreiben Sie Wintersport?

- 1 ja       2 nein → direkt weiter mit Frage 3h ) !

c) Nehmen Sie Stellung zu folgenden Aussagen (Auswahl zwischen „Stimme zu“, „Stimme nicht zu“, „Weiss nicht“).

1. Falls die Wintersaison im Herbst durch künstliche Beschneiung vorzeitig eröffnet werden könnte, würde ich dieses Angebot nutzen.
2. Falls die Wintersaison im Frühling durch künstliche Beschneiung verlängert werden könnte, würde ich dieses Angebot nutzen.
3. Die künstliche Beschneiung sollte vorwiegend in tieferen Lagen ausgebaut werden, damit auch in diesen Lagen während der Wintersaison die Schneesicherheit garantiert werden kann.
4. Ich wäre bereit, für eine Tageskarte der Bergbahnen etwas mehr zu bezahlen, wenn damit die künstliche Beschneiung ausgebaut würde.

	1	2	3	4
1 Stimme zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Stimme nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Weiss nicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

d) Wie häufig treiben Sie Wintersport durchschnittlich pro Jahr?

- 1 1 Tag       2 2-5 Tage       3 6-10 Tage       4 > 10 Tage

e) Mit welchen Sportgeräten? (Mehrfachnennung möglich!)

- 1 Alpin Ski       2 Langlaufski       3 Snowboard  
 4 Schneeschuhe       5 Skitourenskis       6 Weiteres.....

f) Wie wichtig sind für sie...?

1. breite, planierte Pisten.....
2. schnelle Lifte.....
3. Schneesicherheit/ Schneeverhältnisse.....
4. offene Talabfahrt.....
5. künstlich beschneite Pisten.....
6. schneeeunabhängige Angebote (z.B. Tennishalle).....

Wichtig	unwichtig	weiss nicht
1	2	3
1	2	3
1	2	3
1	2	3
1	2	3
1	2	3
1	2	3

g) Was wäre für Sie eine Alternative zum Wintersport, wenn Sie auf Grund von Schneemangel hier in Braunwald/ Davos/ Scuol oder in ihrem bevorzugten Skigebiet darauf verzichten müssten?.....

.....

h) Glauben Sie, dass eine Klimaänderung Auswirkungen auf den Skitourismus hat?

1  ja

2  nein

3  weiss nicht

↓  
Warum nicht?

- 1  ich glaube nicht an eine Klimaänderung
- 2  ich glaube nicht, dass die Klimaänderung den Skitourismus beeinflussen wird
- 3  Weiss nicht
- 4  andere Gründe.....

Wann glauben Sie, wird der Skitourismus stark von der Klimaänderung betroffen werden?

- 1  vor dem Jahr 2020
- 2  vor dem Jahr 2050
- 3  vor dem Jahr 2100
- 4  weiss nicht

#### 4 Zum Schluss möchten wir Sie noch um einige Angaben zu Ihrer Person bitten.

a) Wo wohnen Sie (Hauptwohnsitz)? 1  CH → PLZ:..... 2  Anderes Land: .....

b) Wie alt sind Sie? ..... Jahre

c) Welcher Berufsgruppe gehören Sie an?

- 1  Arbeiter/in
- 2  Landwirt/in (selbstständig)
- 3  Angestellte/r oder Beamte/r
- 4  Angestellte/r oder Beamte/r in leitender Position

- 5  Selbständigerwerbend
- 6  Hausfrau/Hausmann
- 7  Nicht berufstätig
- 8  Rentner/in

- 9  Schüler, Student, Lehrling
- 10  Sonstiges
- 11  Keine Angabe

d) Wie viele Personen leben in Ihrem Haushalt?

Anzahl Erwachsene ..... Anzahl Kinder .....

e) Um mehr darüber zu erfahren, welches Gästesegment bezüglich Einkommen diesen Urlaubsort besucht, würden wir gerne etwas über das durchschnittliche monatliche Haushalts-Netto-Einkommen wissen.

Wenn Sie das monatliche Netto-Einkommen\* von allen Personen in Ihrem Haushalt zusammenzählen, liegt das gesamte Netto-Haushaltseinkommen dann unter oder über 5000 Franken?

1  < 5000 Franken

> 5000 Franken



Liegt es zwischen 5000 und 10 000 Franken? 2  5000 - 10 000 Franken  
Oder ist es grösser als 10 000 Franken? 3  > 10 000 Franken

**Ausländische Gäste:** Angaben in entsprechender Währung machen und Währung notieren, Franken streichen

\* Das Netto-Einkommen ist die Summe aller persönlicher Einkommen, die Ihrem Haushalt nach AHF/IV/ALV-Abzug und nach Abzug der beruflichen Vorsorge, aber vor Steuern, zu Verfügung stehen.

**HERZLICHEN DANK FÜR IHRE MITARBEIT !!**

# Touristische Präferenzen und Verhalten in Wintersportdestinationen

(Sommerbefragung)

Eine Umfrage der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)  
und der Universität Zürich



## Einleitende Informationen für die Befragten:

- Die WSL führt eine Studie zur Bedeutung von technischer Beschneiung für den Wintertourismus sowie zu touristischen Präferenzen in Wintersportdestinationen in der Schweiz durch. Zu diesem Zweck findet momentan eine Befragung von Gästen hier in der Region statt.
- Dürften wir Sie bitten, sich ca. 10 Minuten Zeit zu nehmen, und an dieser Befragung teilzunehmen?
- Selbstverständlich werden alle Antworten absolut anonym behandelt.
- Falls der Befragte seinen Hauptwohnsitz am Befragungsort (Braunwald, Davos oder Scuol) hat, kann die Befragung leider nicht durchgeführt werden.
- Es kann **nur eine Person** befragt werden

**Bitte für jedes Interview ausfüllen (erst nach einer vollständig abgeschlossenen Befragung!):**

**Interview Nr.:** .....

**Witterung:** 1  wolkenlos

**Interviewer:** .....

2  heiter

**Standort:** .....

3  bewölkt

**Datum:** .....

4  bedeckt

5  Niederschläge

**Wochentag:** .....

**Uhrzeit:** .....

**Einschätzung Verlässlichkeit / Qualität der Antworten:** 1  hoch 2  mittel 3  gering

**Geschlecht der befragten Person:** 1  m 2  w

**Kommentare und Anmerkungen der befragten Person:**

**Sonstige Bemerkungen zum Interview:** (Auffälligkeiten, Besonderheiten, ...)

## 1 Zunächst haben wir einige Fragen zu Ihrem momentanen Aufenthalt in Braunwald/ Davos/ Scuol.

### a) Was ist der Ausgangsort Ihres heutigen Besuches hier in Braunwald/ Davos/ Scuol? (keine Einheimischen!)

- 1 Ferienunterkunft in Braunwald/ Davos/ Scuol
- 2 Ferienort ausserhalb von Braunwald/ Davos/ Scuol
- 3 Hauptwohnsitz ausserhalb von Braunwald/ Davos/ Scuol

### b) Mit welchem Verkehrsmittel sind Sie angereist?

- 1 Auto, Motorrad
- 2 Bahn, Postauto
- 3 Car, Reisebus
- 4 Velo
- 5 Sonstiges: .....

### c) Sind Sie Tagesgäst oder haben Sie die Nacht auf heute als Feriengäst in Braunwald/ Davos/ Scuol verbracht, oder werden Sie heute hier als Guest übernachten? (Achtung: keine Personen mit Hauptwohnsitz in Braunwald/ Davos/ Scuol)

- 1 Übernachtungsgäst → Anzahl Übernachtungen: .....
- 2 Tagesgäst → Tagesgäste in Braunwald/ Davos/ Scuol weiter zu Frage 2

### d) Übernachtungsgäste in Braunwald/ Davos/ Scuol: In welcher Unterkunft übernachten Sie?

- 1 Hotel, Gasthof, Pension
- 2 Ferienwohnung/-haus → 2a  Miete 2b  Eigentum 2c  Freunde/Familie
- 3 Gruppenunterkunft, Berghaus, Jugendherberge, SAC-Hütte
- 4 Camping
- 5 Bauernhof, Alp
- 6 Freunde, Verwandte
- 7 Sonstiges: .....
- 8 Keine Angabe

## 2 Einige Fragen zur Attraktivität von Braunwald/ Davos/ Scuol (nicht für Lokale)

### a) Welches sind die zwei wichtigsten Gründe, dass Sie für Ihre Ferien/ Ihren Tagesausflug hier her nach Braunwald/ Davos/ Scuol gekommen sind?

1. .....
2. .....

### b) Wie oft waren Sie schon in Braunwald/ Davos/ Scuol?

- 1 das erste Mal
- 2 2-5mal
- 3 6-10mal
- 4 > 10mal

**c) Waren Sie auch schon im Winter in Braunwald/ Davos/ Scuol?**

- 1  ja  
2  einmal  
3  2-5mal  
4  6-10mal  
5  >10mal

- 6  nein, noch nie

Sind Sie im Winter regelmässig in anderen Wintersportorten?

- 7  ja  
8  nein

**d) Welchen Freizeitaktivitäten gehen Sie generell hier in Braunwald/ Davos/ Scuol nach?**  
(Mehrfachnennung möglich!)

- 1  Wandern, Trekking (bergauf- u. -ab)  
2  Spazieren (im Talbodenbereich)  
3  Bergsteigen, Hochtouren  
4  Joggen, Nordic Walking  
5  Klettern  
6  Velo fahren/Tourenbiken/Rennvelo  
7  Mountainbiken (Naturstrassen/Gelände)  
8  Naturexkursionen  
9  Baden

- 10  Reiten  
11  Gleitschirmfliegen  
12  Wintersport  
13  Besuch von Monumenten, Museen oder speziellen Orten  
14  Sonstiges

.....  
.....  
.....

**e) Welches ist Ihre Hauptaktivität, der Sie in diesen Ferien nachgehen?** Nummer: .....

**f) Was sollte Ihrer Meinung nach in dieser Destination zusätzlich noch geboten werden, um sie attraktiver zu machen?** .....

.....  
.....  
.....

**g) Wie wichtig sind für Sie folgende Punkte bei die Wahl des Ferienortes und wie steht es diesbezüglich mit Ihrer individuellen Zufriedenheit vor Ort? (Bogen an befragte Person zum selber ausfüllen abgeben!)**

→ siehe Rückseite!

# Fragebogen für Touristen

Autor: David Gallati

Wie wichtig sind für Sie generell folgende Punkte bei der Wahl des Ferienortes?

1 2 3 4 5 6  
absolut wichtig = 6

Wie zufrieden sind Sie mit folgenden Punkten vor Ort?

1 2 3 4 5 6  
absolut zufrieden = 6

			weiss	nicht	keine Angabe
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<b>Verkehrstechnische Erschliessung der Ferienregion</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<b>Kurzer Anfahrtsweg von zu Hause</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<b>Erschliessung durch Bergbahnen vor Ort</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<b>Gut ausgebauten und unterhaltene Wege</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<b>Sportanlagen wie Funparks, Kletter-Steige, Sportplätze/-hallen etc.</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<b>Angebote aus Wellness, Gesundheit und Erholung</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<b>Kulturelle Anlässe und Einrichtung vor Ort</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<b>Architektonische Sehenswürdigkeiten und Baudenkmäler</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<b>Attraktive Landschaft</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<b>Attraktive Gastronomie (Restaurants, Bars etc.)</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<b>Attraktive Übernachtungsmöglichkeiten</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<b>Ruhe, wenig Lärm</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<b>Gutes Preis-/Leistungsverhältnis</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**3**

Im Folgenden haben wir einige Fragen zum Wintertourismus und Wintersport sowie der damit verbundenen Infrastruktur hier in Braunwald/ Davos/ Scuol.

a) Welche der drei folgenden Aussagen trifft auf Sie zu? (nur eine Nennung möglich!) Bitte begründen Sie.

- 1 Ich bin für den Einsatz von Kunstschnee.
- 2 Ich bin gegen den Einsatz von Kunstschnee.
- 3 Der Einsatz von Kunstschnee ist mir egal.

→ **Begründung:**.....  
.....

b) Betreiben Sie Wintersport?

1 ja       2 nein → **direkt weiter mit Frage 3 g !**

c) Nehmen Sie Stellung zu folgenden Aussagen (Auswahl zwischen „Stimme zu“, „Stimme nicht zu“, „Weiss nicht“).

1. Falls die Wintersaison im Herbst durch künstliche Beschneiung vorzeitig eröffnet werden könnte, würde ich dieses Angebot nutzen.
2. Falls die Wintersaison im Frühling durch künstliche Beschneiung verlängert werden könnte, würde ich dieses Angebot nutzen.
3. Die künstliche Beschneiung sollte vorwiegend in tieferen Lagen ausgebaut werden, damit auch in diesen Lagen während der Wintersaison die Schneesicherheit garantiert werden kann.
4. Ich wäre bereit, für eine Tageskarte der Bergbahnen etwas mehr zu bezahlen, wenn damit die künstliche Beschneiung ausgebaut würde.

	1	2	3	4
1 Stimme zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Stimme nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Weiss nicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

d) Wie häufig treiben Sie Wintersport durchschnittlich pro Jahr?

1 1 Tag       2 2-5 Tage       3 6-10 Tage       4 > 10 Tage

e) Mit welchen Sportgeräten? (Mehrfachnennung möglich!)

- 1 Alpin Ski
- 2 Langlaufski
- 3 Snowboard
- 4 Schneeschuhe
- 5 Skitourenskis
- 6 Weiteres.....

f) Was wäre für Sie eine Alternative zum Wintersport, wenn Sie auf Grund von Schneemangel hier in Braunwald/ Davos/ Scuol bzw. in ihrem bevorzugten Skigebiet darauf verzichten müssten?

.....

**g) Glauben Sie, dass eine Klimaänderung Auswirkungen auf den Skitourismus hat?**

1  ja

2  nein

3  weiss nicht

**Warum nicht?**

- 1  ich glaube nicht an eine Klimaänderung
- 2  ich glaube nicht, dass die Klimaänderung den Skitourismus beeinflussen wird
- 3  Weiss nicht
- 4  andere Gründe.....

**Wann glauben Sie, wird der Skitourismus stark von der Klimaänderung betroffen werden?**

1  vor dem Jahr 2020

2  vor dem Jahr 2050

3  vor dem Jahr 2100

4  weiss nicht

**4 Zum Schluss möchten wir Sie noch um einige Angaben zu Ihrer Person bitten.**

**a) Wo wohnen Sie (Hauptwohnsitz)?** 1  CH → PLZ: ..... 2  Anderes Land: .....

**b) Wie alt sind Sie?** ..... Jahre

**c) Welcher Berufsgruppe gehören Sie an?**

- 1  Arbeiter/in
- 2  Landwirt/in (selbstständig)
- 3  Angestellte/r oder Beamte/r
- 4  Angestellte/r oder Beamte/r in leitender Position
- 5  Selbständigerwerbend
- 6  Schüler, Student, Lehrling, in Ausbildung

- 7  Hausfrau/Hausmann
- 8  Nicht berufstätig
- 9  Rentner/in
- 10  Sonstiges
- 11  Keine Angabe

**d) Wie viele Personen leben in Ihrem Haushalt?**

Anzahl Erwachsene ..... Anzahl Kinder .....

**e) Um mehr darüber zu erfahren, welches Gästesegment bezüglich Einkommen diesen Urlaubsort besucht, würden wir gerne etwas über das durchschnittliche monatliche Haushalts-Netto-Einkommen wissen.**

**Wenn Sie das monatliche Netto-Einkommen\* von allen Personen in Ihrem Haushalt zusammenzählen, liegt das gesamte Netto-Haushaltseinkommen dann unter oder über 5000 Franken?**

1  < 5000 Franken

> 5000 Franken

→ **Liegt es zwischen 5000 und 10 000 Franken? 2  5000 - 10 000 Franken**  
**Oder ist es grösser als 10 000 Franken? 3  > 10 000 Franken**

**Ausländische Gäste:** Angaben in entsprechender Währung machen und Währung notieren, Franken streichen

\* Das Netto-Einkommen ist die Summe aller persönlicher Einkommen, die Ihrem Haushalt nach AHF/IV/ALV-Abzug und nach Abzug der beruflichen Vorsorge, aber vor Steuern, zu Verfügung stehen.

**HERZLICHEN DANK FÜR IHRE MITARBEIT !!**