



Eidg. Institut für
Schnee- und
Lawinenforschung SLF

Klimawandel und Wintertourismus: Ökonomische und ökologische Auswirkungen von technischer Beschneung

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 die Kurzfassung des Schlussberichts zum Projekt „Klimawandel und Wintertourismus: Ökonomische und ökologische Auswirkungen von technischer Beschneigung“. Die Studie wurde finanziert durch die MAVA Stiftung für Naturschutz und wurde im Juni 2007 fertig gestellt.

Projektleitung

Christian Rixen¹, rixen@slf.ch

Arbeitsgruppe

Peter Bebi¹, David Gallati², Susanne Kytzia³, Corina Lardelli¹, Mandy Pohl¹, Marco Pütz², Michaela Teich¹

¹ Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF

Flüelastrasse 11

CH-7620 Davos Dorf

² Eidg. Forschungsanstalt für Wald Schnee und Landschaft WSL

Zürcherstrasse 111

CH-8903 Birmensdorf

³ 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 Beschneigung. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf. 169 S.

Den vollständigen Bericht finden Sie im Internet unter URL:

http://www.wsl.ch/forschung/forschungsprojekte/klimawandel_wintertourismus

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

Umschlag: Skigebiet Parsenn Davos (Foto: Christian Rixen)

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 $+1^{\circ}\text{C}$ until 2030 and $+1.8^{\circ}\text{C}$ until 2050 (OcCC 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 ≥ 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

Vorwort

Das Thema „Kunstschnee“ hat in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich an Bedeutung gewonnen. Was zunächst punktuell begann, hat sich auf vielen Pisten zur Vollbeschneigung 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 Beschneigung 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 Kunstschneeproduktion. 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 Beschneigung“ bringen und als Entscheidungsgrundlage bei der Planung und Umsetzung von Beschneiungsanlagen sowie alternativen Adaptionstrategien 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 Beschneigung“ wurde von der MAVA Stiftung für Naturschutz finanziert.

Dr. Christian Rixen,
Projektleiter

Davos, den 07. Dezember 2007

Inhalt

Summary	3
Vorwort	5
1 Einleitung	9
2 Die Untersuchungsgebiete	11
3 Einfluss der Schneesicherheit auf die regionale Wertschöpfung von Davos	13
4 Die Bedeutung technischer Beschneiung für den Wintertourismus in den Schweizer Alpen – Eine Gästebefragung in Davos, Scuol und Braunwald	15
5 Klimaänderung, Schneearmut und technische Beschneiung – Adaptionstrategien der Stakeholder	17
6 Ressourcenverbrauch der technischen Beschneiung	19
7 Die ökologischen Auswirkungen technischer Beschneiung	21
8 Folgen der Klimaänderung: Schneedecke und Beschneigungspotenzial der Untersuchungsgebiete	23
9 Schlussfolgerungen	25
Referenzen	33

1 Einleitung

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 Adaptionstrategie 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.

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 Beschneigung weiter zunehmen. Regionale Klimaszenarien für die Schweiz prognostizieren im Winter mittlere Temperaturerhöhungen um +1°C bis 2030 und +1.8°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 die Wintersportdestinationen wichtigen Frühwinterperiode (November, Dezember) zu beobachten.

Die Studie „Klimawandel und Wintertourismus: Ökonomische und ökologische Auswirkungen von technischer Beschneigung“ setzte sich zum Ziel, die Bedeutung der Beschneigung 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 Beschneigung 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 Beschneigung für den Wintertourismus in den Schweizer Alpen aus Sicht der Gäste?
- Wie verhalten sich Stakeholder der Seilbahnbranche und Gemeindevertreter in Bezug auf eine Klimaänderung?
- Wie ist das Verhältnis von Wasser- und Stromverbrauch für die technische Beschneigung 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 Resultate der vorliegenden Studie tragen zur objektiven Betrachtung der Thematik „Technische Beschneigung“ bei und können als Entscheidungsgrundlage für die Planung und Umsetzung von Beschneiungsanlagen sowie für die Entwicklung alternativer Adaptionstrategien im Zusammenhang mit der Klimaänderung dienen.

2 Die Untersuchungsgebiete

Die Untersuchungen der vorliegenden Studie wurden in den drei Tourismusdestinationen Davos, Scuol und Braunwald durchgeführt. Diese Regionen repräsentieren verschiedene Destinationstypen und unterscheiden sich durch ihre klimatischen Standortbedingungen:

Davos	
Kanton	Graubünden
Bezirk	Prättigau/Davos
Höhe	1'560 m ü. M.
Fläche	254 km ²
Einwohner	12'621
Wirtschaft	Winter- und Sommertourismus: Schneesport, Wandern, Kongress Landwirtschaft
Logiernächtezahl:	2.1 Mio. (Jahr 2003/2004); Verhältnis: Winter 60%, Sommer 40%
Skigebiete (Region Davos)	Parsenn/Gotschna (1'179-2'844 m ü. M.), Jakobshorn (1'540-2'590 m ü. M.), Pischha (1'800 m ü. M. -2'483 m ü. M.), Rinerhorn (1'454-2'490),
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
Scuol	
Kanton	Graubünden
Bezirk	Inn
Höhe	1'250 m ü. M.
Fläche	144 km ²
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
Braunwald	
Kanton	Glarus
Bezirk	-
Höhe	1'256 m ü. M.
Fläche	10 km ²
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

3 Einfluss der Schneesicherheit auf die regionale Wertschöpfung von Davos

Autorin: Susanne Kytzia

Die Produktion von technischem Schnee dient dazu, die Qualität der Skipisten zu verbessern und damit die Attraktivität von Wintersportdestinationen zu erhöhen. Sie trägt somit zu der Wertschöpfung bei, die in diesen Destinationen erwirtschaftet wird. Über die Höhe dieses Beitrags in der Schweiz und seine Verteilung auf die verschiedenen Branchen einer Region liegen jedoch bislang keine Untersuchungen vor. Diese Lücke wird im vorliegenden Projekt geschlossen.

Zu diesem Zweck wird die Ausgangsfrage in drei Teilfragen unterteilt, die mit verschiedenen Methoden beantwortet werden. Erstens wird mit Hilfe von hedonischen Schätzungen und Szenarioanalysen untersucht wie der Einsatz von technischem Schnee die Nachfrage der Wintersportler beeinflusst. Zweitens wird auf der Basis von Literaturstudien abgeschätzt, welche Effekte sich durch die Produktion von technischem Schnee auf die Struktur der regionsinternen Leistungsbezüge der Bergbahnen ergeben. Zum Dritten wird auf der Grundlage eines regionalen Input-Output-Modells der Effekt der beiden Nachfrageänderungen (der Touristen wie der Bergbahnen) auf die regionale Wertschöpfung abgeschätzt. Die Untersuchungen basieren auf empirischen Erhebungen in der Landschaft Davos. Die Untersuchung bleibt auf die Landschaft Davos beschränkt, da im Rahmen dieses Projektes keine Ausweitung der Datenerhebung auf Scuol und Braunwald möglich war. Das zugrundeliegende Vorgehen kann jedoch auch auf andere Regionen übertragen werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Nachfrage der Wintersportler von den allgemeinen Schneeverhältnissen in Davos beeinflusst wird. Ein direkter Effekt des Einsatzes von technischem Schnee kann hingegen nicht nachgewiesen werden.

Ergänzende Szenarioanalysen zeigen, dass technischer Schnee einen möglichen Rückgang der Wintersportler von 200'000 bis 600'000 Übernachtungen oder Tagesbesuchen pro Jahr verhindert. Diese Analysen basieren jedoch nicht auf empirisch abgestützten Befunden, sondern auf Annahmen.

Die regionsinternen Leistungsbezüge der Bergbahnen werden insbesondere durch die Investitionen der Bergbahnen in Anlagen zur Produktion von technischem Schnee beeinflusst (durchschnittlich ca. 4 Mio. CHF pro Jahr in den letzten 10 Jahren). Die vorliegenden Daten erlauben jedoch keine Rückschlüsse auf eine Veränderung der laufenden Bezüge der Bergbahnen von anderen Davoser Unternehmen.

Bezogen auf die Wertschöpfung der Landschaft Davos zeigt sich ein potenzieller Beitrag des Einsatzes von technischem Schnee in Höhe von 3-10% des regionalen Volkseinkommens. Dies entspricht einem Betrag von circa 20 bis 60 Mio. CHF pro Jahr. Der Effekt auf die Nachfrage der Wintersportler ist dabei entscheidend. Die Bergbahnen und das Gastgewerbe profitieren am stärksten von diesem Effekt. Ein Vergleich mit Schätzungen der laufenden Kosten der Produktion von technischem Schnee in Höhe von circa 7.5 Mio. CHF pro Jahr zeigt, dass angesichts der grossen Spannweite möglicher Wertschöpfungsgewinne derzeit kaum sinnvolle Aussagen über die Kostenwirksamkeit dieser Massnahme möglich sind.

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

Autoren: David Gallati und Marco Pütz

Bei der Abschätzung der Rentabilität und Nachhaltigkeit der sehr kostenintensiven Beschneigungsanlagen stellt sich die Frage der Bedeutung der technischen Beschneigung für den Wintertourismus aus Sicht der Gäste sowie der Wichtigkeit der Schneesicherheit für die Attraktivität einer Destination. Diese Fragestellung wurde empirisch mit einer standardisierten mündlichen Befragung der Gäste in den drei Destinationen Davos, Scuol und Braunwald untersucht. Die Ergebnisse der Befragung zeigen deutliche räumliche und saisonale Unterschiede.

Während in Davos und Scuol die Ansprüche der Gäste an die Skisportinfrastruktur sehr hoch sind und die technische Beschneigung zumindest im Winter bei der Mehrheit akzeptiert ist, steht in Braunwald nur eine Minderheit dem zunehmenden Einsatz technischer Beschneigungsanlagen positiv gegenüber. Allerdings wird die Beschneigung im Vergleich zu früheren Studien generell mehr befürwortet. Schneesicherheit ist zwar für die Gäste wichtig, allerdings nicht der einzige oder entscheidende Faktor, der die Attraktivität einer Destination bestimmt oder das zentrale Motiv bei der Wahl der Destination darstellt. Weitere wichtige Faktoren sind z.B. die Attraktivität des Skigebiets und der Landschaft, die Gewohnheit der Anreise oder einzelne ortspezifische Aktivitäten. Die Schneesicherheit, welche oftmals nur durch den Einsatz von Kunstschnee gegeben ist, wird als selbstverständlicher Bestandteil des touristischen Angebotes wahrgenommen.

Die meisten Gäste sind sich durchaus bewusst, dass die Klimaänderung Auswirkungen auf den Skitourismus haben wird. Über die Hälfte der Befragten rechnen mit starken Auswirkungen noch vor dem Jahre 2020.

Die zukünftige Nachfrage ist zum einen von den sich ändernden klimatischen Bedingungen und zum anderen von sich ständig weiterentwickelnden Bedürfnissen und gesellschaftlichen Entwicklungen abhängig. Der Anstieg der Höhengrenze schneesicherer Gebiete bedingt ein Ausweichen in die höher gelegenen Skigebiete.

5 Klimaänderung, Schneearmut und technische Beschneigung - Adaptionstrategien der Stakeholder

Autorin: Michaela Teich

Für die vorliegende Studie wurden im Winter 2006/07 Experteninterviews mit Vertretern der Gemeinden und der Bergbahnen in den Untersuchungsgebieten 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 Beschneigungssystem, ihrer Einstellung zur Klimaänderung, der technischen Beschneigung als Adaptionstrategie sowie weiteren möglichen oder bereits realisierten Massnahmen, um das Fortbestehen des Untersuchungsgebietes als Tourismusort zu sichern.

Die Auswertung der Interviews hat gezeigt, dass sich die beteiligten Akteure der möglichen Folgen einer Klimaänderung für den Wintertourismus und die Zukunft des jeweiligen Skigebietes bewusst sind. 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 haben erkannt, dass es von entscheidender Bedeutung ist, sich diesen Voraussetzungen entsprechend zu positionieren und sich auf ändernde Klimabedingungen einzustellen. Dabei wurde oft betont, dass dies im Kontext mit anderen Entwicklungen wie zum Beispiel der touristischen Nachfrage geschehen muss. Dem entsprechend gewinnen die Zusammenarbeit betroffener Akteure und die Bildung von Kooperationen 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 Beschneigung dient heute nicht allein dem Überbrücken schneearmer Perioden, sondern erfüllt verschiedene Funktionen, wie z.B. die Steigerung der Skipistenqualität oder der Einsatz von Kunstschnee als Marketinginstrument.

Differenzen zwischen den Untersuchungsgebieten sind vor allem durch die Grösse, die Lage, die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und die Gästestruktur bedingt. In Bezug auf touristische Alternativen zum Wintersport und auf den Ausbau des Sommerangebotes fielen die Antworten der Experten gebietsabhängig unterschiedlich aus. Die Experten in den tiefergelegenen kleineren Ferienregionen Scuol und Braunwald sehen grosse Potentiale für die Bergbahnunternehmen im Sommertourismus. Dennoch werden die Möglichkeiten laut Einschätzungen der Befragten mit erheblichen finanziellen Einbussen verbunden sein, sollte der Skitourismus als Einnahmequelle gänzlich wegfallen. 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. Die Sommersaison wird z.B. durch kombinierte Angebote von Bergbahnen und Gemeinde zunehmend gefördert.

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 Beschneien zu können, wird in Skigebieten wie Davos voraussichtlich bis mind. 2050 gegeben sein. 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.

6 Ressourcenverbrauch der technischen Beschneigung

Autorin: Corina Lardelli

Die technische Beschneigung ist mit einem Aufwand an Energie und Wasser verbunden und gibt immer wieder Anlass zu kontroversen Diskussionen. In der vorliegenden Studie wurden deshalb Strom- und Wasserverbrauch für die Beschneigung der Skigebiete in den drei Untersuchungsregionen Davos, Scuol und Braunwald analysiert und zum Energie¹- und Wasserverbrauch anderer touristischer Aktivitäten ins Verhältnis gesetzt. Ferner wurden die ermittelten Verbrauchswerte für die Beschneigung sowohl mit dem regionalen als auch mit dem nationalen Ressourcenverbrauch verglichen.

Strom- und Wasserverbrauch durch technische Beschneigung

Die Strom- und Wasserverbrauchswerte für die technische Beschneigung variieren in Abhängigkeit vom Beschneigungssystem, den klimatischen Bedingungen und dem Standort. Für die Erzeugung von 1 m³ Schnee werden gemäss Literaturangaben durchschnittlich zwischen 1.5 – 9 kWh Strom und 0.2 – 0.5 m³ Wasser benötigt. Für die Beschneigung einer Pistenfläche von 1 ha mit 30 cm Schneehöhe ergibt sich ein Stromverbrauch von 5'000 – 27'000 kWh und ein Wasserverbrauch von 600 – 1'500 m³.

Strom- und Wasserverbrauch der technischen Beschneigung in den Untersuchungsgebieten

Der Stromverbrauch der Skigebiete Parsenn/Gotschna (beschneite Pistenfläche: 150 ha) und Jakobshorn (beschneite Pistenfläche: 151 ha) in Davos sowie des Skigebietes Motta Naluns (beschneite Pistenfläche 144 ha) in Scuol beläuft sich auf ca. 1 - 1.7 Mio. kWh pro Jahr. Der Wasserverbrauch beträgt zwischen 200'000 – 300'000 m³ pro Jahr. Für das Skigebiet Braunwald (beschneite Pistenfläche: 4 ha) standen zum Wasserverbrauch keine Daten zur Verfügung. Der Stromverbrauch beläuft sich auf 14'000 kWh pro Jahr.

Stromverbrauch der technischen Beschneigung im regionalen Vergleich

Tab. 1: Energieverbrauchswerte der Davoser Bergbahnen im Vergleich zum gesamten Energieverbrauch der Gemeinde Davos (Davos 2006).

	Energieverbrauch in kWh/Jahr	Anteil am Energieverbrauch in %
Energieverbrauch von Davos im Jahr 2005	510'563'505	100
Bergbahnen Davos		
Stromverbrauch insgesamt	12'711'438.24	2.4
davon: Stromverbrauch für die Beschneigung auf Parsenn/Gotschna	1'700'000	0.3
Dieserverbrauch für die Pistenpräparation auf Parsenn/Gotschna	4'437'500	0.8
Erlebnisbad Davos		
Stromverbrauch	1'159'534	0.2
Heizölverbrauch	3'763'800	0.7

¹ Unter dem Begriff „Energie“ wird dabei der gesamte Verbrauch von fossilen Brennstoffen und elektrischem Strom verstanden.

Gemäss der Davoser Energiebilanz (SLF 2006) wurden im Jahr 2005 in Davos rund 510 Mio. kWh Energie verbraucht. Der Energieverbrauch durch Erst- und Zweitwohnungen für die Wärmeerzeugung (Heizen, Warmwasser) hat dabei mit 32% den höchsten Anteil am Gesamtenergieverbrauch der Gemeinde. Der Stromverbrauch für die technische Beschneigung im Skigebiet Parsenn/Gotschna entspricht 0.3 % des gesamten Energieverbrauchs der Gemeinde Davos. Das Erlebnisbad verbraucht drei mal mehr Energie als das Skigebiet Parsenn/Gotschna für die Beschneigung (vgl. Tab. 1).

Wasserverbrauch der technischen Beschneigung im regionalen Vergleich

Der Wasserverbrauch durch die technische Beschneigung ist im Vergleich zum Energieverbrauch und zum gesamten Trinkwasserverbrauch der untersuchten Gemeinden sowie zu anderen touristischen Aktivitäten beträchtlich (bis zu 30% im Verhältnis zum regionalen Trinkwasserverbrauch).

Fazit

In den Skigebieten sollte mit energieeffizienteren Beschneigungssystemen eine Verringerung des Stromverbrauchs erreicht werden. Effizientere Systeme sind insbesondere in Anbetracht der Zunahme der technischen Beschneigung und der Beschneigung bei wärmeren Temperaturen von grosser Wichtigkeit, damit der Stromverbrauch nicht massiv ansteigt. 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.

Das Problem des Wasserverbrauchs für die Kunstschneeproduktion stellt sich auf einer hydrologisch kleinräumigen Ebene, da bei der Wasserentnahme für Beschneigungszwecke auf eine ausreichende Restwassermenge zu achten ist. Eine ökologisch vertretbare Wassernutzung für die technische Beschneigung erfordert daher 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 ausweiten. Die Zusammenarbeit aller betroffener Akteure ist insbesondere in Anbetracht der Zunahme der technischen Beschneigung von grosser Wichtigkeit.

7 Die ökologischen Auswirkungen technischer Beschneigung

Autoren: Christian Rixen und Mandy Pohl

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

- Der Mechanische Schutz von Vegetation und Boden durch Kunstschnee ist zum Teil gegeben, aber mechanische Schäden sind auf Skipisten allgemein hoch.
- Schutz von Vegetation und Boden vor Frost durch Kunstschnee ist zum Teil gegeben.
- Die späte Ausaperung auf Kunstschneepisten 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 nährstoffarmer Vegetation, z.B. Mooren oder Magerrasen.
- Artendiversität und Produktivität sind auf beiden Pistenarten (Kunst- und Naturschnee) verringert.

Eine zentrale Schlussfolgerung ist, dass die Kunstschneeproblematik nicht isoliert betrachtet werden sollte. Oft ist die intensivere Nutzung von Skigebieten 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 die Installation von Beschneiungsanlagen oder Pistenplanierungen, 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 Störungen. 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 Kunstschneeproduktion können lokal Engpässe auftreten. In solchen Fällen ist darauf zu achten, dass die Mindestrestwassermenge 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.

8 Folgen der Klimaänderung: Schneedecke und Beschneigungspotenzial der Untersuchungsgebiete

Autorin: Michaela Teich

Um die Schneesicherheit kurzfristig zu garantieren, wird oft in umfangreiche Beschneigungssysteme investiert, ohne die zukünftige Entwicklung der Schneedecke und der Beschneibarkeit im Zusammenhang mit einer Klimaänderung in die Überlegungen einzubeziehen. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden die aktuelle Situation und die Entwicklung der Schneedecke sowie die derzeitige und zukünftige Möglichkeit der technischen Beschneigung in den drei ausgewählten Modellregionen unter den für die Schweiz bis 2030 und 2050 prognostizierten Temperaturänderungen im Winterhalbjahr berechnet (vgl. Frei 2004). Das angewandte Verfahren zur Bestimmung des zukünftigen Beschneigungspotentials orientiert sich weitgehend an einer von Schneider & Schönbein (2006) entwickelten Methode, welche auf der Analyse der klimatologischen Rahmenbedingungen für die Beschneigung in ihrer räumlichen und zeitlichen Verteilung basiert. Das Ergebnis ist eine Abschätzung der Anzahl der Tage pro Skisaison, in denen im Mittel die klimatischen Voraussetzungen zur Erzeugung technischen Schnees gegeben sind. 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 räumlich modelliert.

Zur Beschreibung der natürlichen Schneesicherheit eines Skigebietes hat sich in den letzten Jahren die sog. 100-Tage-Regel durchgesetzt. Diese definiert ein Skigebiet als schneesicher, wenn in einer Zeitspanne vom 1.12. bis zum 15.04. an mindestens 100 Tagen eine für den Skisport ausreichende Schneedecke von mindestens 30 cm (Ski alpin) vorhanden ist (Abegg 1996).

Laut dieser Definition ist bereits heute die natürliche Schneesicherheit im Bereich der Talstationen der Skigebiete Parsenn/Gotschna (Davos/Klosters; Talstation: 1'179 m ü. M.) mit durchschnittlich 83 Tagen und Motta Naluns (Scuol; Talstation: 1'250 m ü. M.) mit ca. 43 Tagen nicht mehr gewährleistet. Aus den Ergebnissen wird ersichtlich, dass nicht nur die Höhenlage der Skigebiete, sondern auch die unterschiedlichen klimatischen Verhältnisse der Untersuchungsgebiete die natürliche Schneesicherheit bestimmen. Im Vergleich zur niederschlagsarmen Klimaregion um Scuol weist Braunwald in ähnlicher Höhenlage (Talstation: 1'256 m ü. M.) mit durchschnittlich 102 Schneetagen bisher sehr gute natürliche Wintersportbedingungen auf.

Im Falle der prognostizierten Temperaturveränderungen bis 2030 und 2050 gelten alle Skigebiete der Modellregionen im Bereich der Talstationen als nicht schneesicher. Sollte eine Erwärmung von +3.4°C (Maximalszenario) bis 2050 eintreten, muss auch im Bereich der mittleren Höhenlagen mit dem Verlust der natürlichen Schneesicherheit gerechnet werden.

Die Analyse der natürlichen Schneesicherheit hat gezeigt, dass bereits heute ohne technische Beschneigung in einigen der untersuchten Skigebiete keine optimalen Wintersportbedingungen angeboten werden können. Insbesondere im Bereich der Talstationen kann ein reibungsloser Skibetrieb ohne Kunstschnee nicht gewährleistet werden. Die Möglichkeit technisch Beschneien zu können, wird für die Skigebiete zur Existenzfrage. Aber wie wird sich das Beschneigungspotential infolge prognostizierter steigender Durchschnitts-

temperaturen im Winter zukünftig entwickeln? Kann die Grundbeschneigung der Skipisten vor der Saisonöffnung Anfang bis Mitte Dezember abgeschlossen werden?

Unter den Temperaturszenarien bis 2030 und 2050 wird die Anzahl an potentiellen Beschneigungstagen im Bereich der Talstationen der untersuchten Skigebiete stark dezimiert. Geht man von der Annahme aus, dass ca. 40 Beschneigungstage 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°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°C) kann in keinem der Skigebiete im Bereich der Talstationen ausreichend beschneit werden. Bei einem Temperaturanstieg um 3.4°C ist eine technische Beschneigung 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 Beschneigungstage) infolge der Reduktion auf 8 Tage nicht mehr sinnvoll.

Um die Veränderung der Anzahl potentieller Beschneigungstage mit zunehmenden Durchschnittstemperaturen im November und Dezember darzustellen, wurden diese für drei Messstationen in einer monatlichen Auflösung bestimmt. Nach Aussagen von Vertretern der Bergbahnunternehmen und Literaturangaben werden ca. 5 Tage für die Grundbeschneigung einer Skipiste benötigt.

Unter den heutigen Klimabedingungen ist die Grundbeschneigung 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. Die Anzahl potentieller Beschneigungstage im November und Dezember verringert sich deutlich unter den prognostizierten Temperaturveränderungen bis 2030 und 2050. So kann die Grundbeschneigung 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 Beschneigungstage 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 Beschneigungstage unter dem Maximalszenario (+3.4°C) ebenfalls auf 5 Tage. Verglichen mit der Anzahl von mind. 5 benötigten Beschneigungstagen zur Durchführung der Grundbeschneigung, könnte diese möglicherweise in gleichen Höhenlagen (ca. 2'000 m ü. M.) und bei ähnlichen klimatischen Gegebenheiten bis zum Saisonstart nicht mehr gewährleistet werden.

Fazit: Bei der Planung von Projekten zum Bau neuer Bergbahnen und Beschneigungsanlagen 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 Adaptionstrategien an den Temperaturanstieg in Folge des Klimawandels wurde und wird die Errichtung von Beschneiungsanlagen in den Alpen stark forciert. Dabei dient die technische Beschneigung 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 Beschneigung zu analysieren.

Die vorliegende Studie gibt eine Gesamtdarstellung der komplexen Zusammenhänge der technischen Beschneigung 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 Beschneigung“ bei und können als Entscheidungsgrundlagen für die Planung und Umsetzung von Beschneiungsanlagen sowie für die Entwicklung alternativer Adaptionstrategien 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 Beschneigung 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 Kunstschnee. Unklar hingegen ist, wie viel Beschneigung 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 Kunstschneeeinsatz 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 Kunstschneeproduktion 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 Kunstschnee sowie dem empirischen Nachweis des tatsächlichen positiven Effekts der technischen Beschneigung 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 Kunstschnee 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 Beschneigung der Talabfahrten bereits heute nicht allein von den Bergbahnen finanziert werden und erfolgt mit der Unterstützung aller profitierender Gemeinden.

Die Ergebnisse der **Gästabefragung** zeigen, dass die technische Beschneigung 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 Gästabefragung deutlich, dass die technische Beschneigung in den drei untersuchten Destinationen und saisonal unterschiedlich akzeptiert wird. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass die Akzeptanz technischer Beschneigung 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 Kunstschnee überwiegend positiv eingestellt sind; hingegen wurde die technische Beschneigung in der Sommerbefragung mehrheitlich abgelehnt. Kunstschnee wird eingesetzt, um Schneesicherheit garantieren zu können. Schneesicherheit gilt bei den BefürworterInnen technischer Beschneigung 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 Beschneigung 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 Adaptionstrategie zur Sicherung des Wintertourismus und zur Aufrechterhaltung der Wettbewerbsfähigkeit. In Braunwald dagegen stehen schneeunabhängige 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 schneeunabhängige Alternativangebote und insbesondere der Ausbau des Sommertourismus bedeutende Bestandteile der Gesamtstrategie darstellen. Zur Umsetzung aller Adaptionstrategien 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 Beschneigung 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 Beschneigung ist mit einem Aufwand an Energie und Wasser verbunden. Der jährliche Energieverbrauch für die Kunstschneeproduktion in den Untersuchungsgebieten beträgt 14'000 - 1.7 Mio. kWh. Unsere Analysen haben gezeigt, dass der Stromverbrauch für die technische Beschneigung 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 Beschneigung 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 Wasserverbrauchs aus.

Die Entwicklung und der Einsatz energiesparender Beschneigungssysteme ist insbesondere bei einer zukünftigen Ausdehnung der Beschneigung 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 Beschneigung auf die Umwelt 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, aber die mechanischen Schäden auf Skipisten allgemein hoch sind, 2) Kunstschnee Vegetation und Boden vor Frost schützen kann, 3) die späte Ausaperung auf Kunstschneepisten sich auf die Vegetationszusammensetzung auswirkt, 4) Ionen- und Wassereintrag dort unproblematisch sind, wo Wiesen oder Weiden ohnehin landwirtschaftlich gedüngt werden, aber bei nährstoffarmer Vegetation, z.B. Mooren oder Magerrasen zu vermeiden sind, 5) Artendiversität und Produktivität auf beiden Pistenarten (Kunst- und Naturschnee) verringert sind. Eine zentrale Schlussfolgerung ist, dass die Kunstschneeproblematik 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 Kunstschnee, 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 Beschneigung beim Eintreten der prognostizierten Temperaturenerhöhungen noch möglich ist und Investitionen in technische Beschneiungsanlagen als Adaptionsstrategie an die Klimaänderung zur Aufrechterhaltung des Skitourismus noch rentabel sein können. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass bereits heute ohne technische Beschneigung im Bereich der Talabfahrten einzelner Skigebiete keine optimalen Wintersportbedingungen angeboten werden könnten. Heute kann die Beschneigung 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 Grundbeschneigung 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 getätigt 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 Beschneigung 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 Beschneigung sowie die Förderung schneeunabhängiger 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 gleichmässiger 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 Beschneigung 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 Beschneigung positiv gegenüber. Massnahmen zur Erweiterung des Skigebietes und zum Ausbau der technischen Beschneigung 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 Kunstschneeproduktion, wobei auch der Aspekt des Klimawandels berücksichtigt wird. Diese umfassende Analyse der ökologischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Belange der technischen Beschneigung 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 Beschneigung 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 Beschneigung 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 Beschneigung 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 Beschneigung 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 Kunstschneeeinsatz nach ökologisch verträglichen Kriterien.

Bei der Diskussion und Ausarbeitung von Adaptionstrategien 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.

Referenzen

- ABEGG, B. (1996): Klimaänderung und Tourismus – Klimafolgenforschung am Beispiel des Wintertourismus in den Schweizer Alpen. Schlussbericht NFP 31. Zürich.
- FREI, C. (2004): Die Klimazukunft der Schweiz – Eine probabilistische Projektion. URL: www.occc.ch/Products/CH2050/CH2050-Scenarien.pdf.
- OCCC, PROCLIM- (Hrsg.) (2007): Klimaänderung und die Schweiz 2050 – Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft.
- SCHNEIDER, C., SCHÖNBEIN, J. (2006): Klimatologische Analyse der Schneesicherheit und Beschneibarkeit von Wintersportgebieten in deutschen Mittelgebirgen. Schriftenreihe Natursport und Ökologie, 19.
- SLF (2006): Bilanzierung und Reduktion der CO₂-Emissionen in der Landschaft Davos. Eine Machbarkeitsstudie zum Klimaschutz. Schlussbericht zum KTI-Projekt Nr. 7984.1. Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos.