

Künstliche Beschneidung in der Schweiz: Ausmass und Auswirkungen

*Eine Forschungsarbeit durchgeführt im Rahmen des
Praktikums Nachhaltige Entwicklung*

Herbstsemester 2015

14. Oktober 2015

Verfasst von

Gabriela Iseli
Sonnenrain 18
3312 Fraubrunnen

Matrikelnummer 12-101-929
BA Geographie

Betreut durch

Prof. Dr. Thomas Hammer
Centre for Development and Environment
Universität Bern

und

Dr. Katharina Conradin
Geschäftsführerin
mountain wilderness Schweiz

„Darf der Mensch Frau Holle ins Handwerk pfuschen?“

(Abegg, 2012: 31)

Inhaltsverzeichnis

TABELLENVERZEICHNIS	5
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	5
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	6
1. EINLEITUNG	1
1.1 PROBLEMSTELLUNG	1
1.2 RELEVANZ DES THEMAS UND NUTZEN FÜR DEN BETRIEB	1
1.3 ZIELE UND FRAGEN	2
1.4 AUFBAU DER ARBEIT	2
2. METHODIK UND BEGRIFFE	3
2.1 METHODIK	3
2.2 BEGRIFFE	4
3. AUSWIRKUNGEN	7
3.1 ÖKOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN.....	7
3.1.1 <i>Boden & Vegetation</i>	7
3.1.2 <i>Wasser</i>	10
3.1.3 <i>Tierwelt</i>	11
3.2 ÖKONOMISCHE AUSWIRKUNGEN	13
4. ZAHLEN UND FAKTEN ZUM AKTUELLEN AUSMASS	16
4.1 SPEICHERSEEN	16
4.2 BESCHNEIUNGSANLAGEN.....	18
4.3 ZAHLEN DER SCHWEIZ.....	22
5. DISKUSSION	23
6. FAZIT	28
7. REFLEXION	28
LITERATURVERZEICHNIS	I
SELBSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG	V
ANHANG	VI
A. FRAGEBOGEN	VI
C. LISTE ALLER SPEICHERSEEN	X

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Datenquellen für die Erhebung der realisierten (linke Tabelle) und geplanten Speicherseen (rechte Tabelle).....</i>	<i>16</i>
<i>Tabelle 2: Unvollständige Liste der Speicherseen für die künstliche Beschneigung in der Schweiz (Stand: 1. September 2015).....</i>	<i>X</i>
<i>Tabelle 3: Unvollständige Liste der geplanten Speicherseen für die künstliche Beschneigung in der Schweiz (Stand: 1. September 2015).....</i>	<i>XVI</i>

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Antwortstruktur der Umfrage „Künstliche Beschneigung in der Schweiz“.....</i>	<i>4</i>
<i>Abbildung 2: Zuflüsse der künstlichen und natürlichen Speicherseen in 40 Schweizer Skigebieten ...</i>	<i>18</i>
<i>Abbildung 3: Übersicht der Lifтанlagen von 143 Schweizer Skigebieten im Winter 2014/2015.....</i>	<i>19</i>
<i>Abbildung 4: Beschneigungssituation in 143 Schweizer Skigebieten im Winter 2014/2015.....</i>	<i>19</i>
<i>Abbildung 5: Art und Anzahl Schneekanonen in 79 Schweizer Skigebieten im Winter 2014/2015.....</i>	<i>20</i>
<i>Abbildung 6: Art und Anzahl der in den nächsten 5 Jahren geplanten Schneekanonen in 79 Schweizer Skigebieten</i>	<i>21</i>
<i>Abbildung 7: Finanzierung der Investitionen in den Beschneigungsausbau.....</i>	<i>22</i>

Abkürzungsverzeichnis

BAFU	Bundesamt für Umwelt
CHF	Schweizer Franken
CIPRA	Internationale Alpenschutzkonvention
ewb	Energie Wasser Bern
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
mw	mountain wilderness Schweiz
OcCC	Organe consultatif sur les changements climatiques (Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung)
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development
SBS	Seilbahnen Schweiz; Verband der Schweizer Seilbahnbranche
SECO	Eidgenössisches Staatssekretariat für Wirtschaft
SLF	Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung
SMD	Schweizer Mediendatenbank AG
SNOMAX	Schneezusatz aus Proteinen des Bakteriums <i>Pseudomonas syringae</i>
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung

1. EINLEITUNG

1.1 Problemstellung

Bereits im Jahr 1990 wollte ein parteiunabhängiges Komitee aus dem Graubünden mit der kantonalen Initiative „Schnee ohne Kanonen“ die künstliche Beschneigung gesetzlich einschränken. Die Entwicklung verlief aber seither in die Gegenrichtung: Im Winter 2012/2013 wurden gemäss den Seilbahnen Schweiz (SBS) 41% aller Pisten in der Schweiz künstlich beschneit (SBS, 2014b). Die künstliche Beschneigung ist heute für die Schneesicherheit vieler Skigebiete in der Schweiz nicht mehr wegzudenken. Für die Bergbahnen ist die künstliche Beschneigung eine entscheidende Massnahme zur Sicherung der Skisaison und Aufrechterhaltung der Wettbewerbsfähigkeit. Doch nebst der positiven regionalwirtschaftlichen Wertschöpfung hat die künstliche Beschneigung durch hohen Wasser- und Energieverbrauch, grossflächige Erdarbeiten oder Zusätze im Wasser zahlreiche negative Auswirkungen auf die Umwelt (Vgl. Kapitel 3).

In Anbetracht des Klimawandels und dem prognostizierten Anstieg der Schneefallgrenze um 350 m bis ins Jahr 2050 wird die Tendenz zur künstlichen Beschneigung weiter zunehmen - die Problematik der künstlichen Beschneigung ist aktueller denn je (Müller, 2007).

Aus dieser Entwicklung ergibt sich die zentrale Problemstellung der Arbeit: Aktuelle und vollständige Zahlen zum Beschneigungsausbau und den damit verbundenen baulichen Massnahmen existieren nicht. Aus Sicht einer Alpenschutzorganisation lassen sich daher keine oder nur schlecht begründete politische Forderungen formulieren.

1.2 Relevanz des Themas und Nutzen für den Betrieb

Die Problematik der künstlichen Beschneigung ist eng mit Nachhaltigkeitsfragen verbunden. Die künstliche Beschneigung spielt bei der wirtschaftlichen Entwicklung einer Region eine zentrale Rolle und beeinflusst damit auch die gesellschaftliche Entwicklung. Beschneigungsanlagen prägen aber ebenso das Landschaftsbild und haben zahlreiche negative Auswirkungen auf die Umwelt. Der gegenwärtige Trend zu mehr Beschneigung um jeden Preis muss daher im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung kritisch hinterfragt werden. Mountain wilderness Schweiz (mw) setzt sich als gemeinnützige Alpenschutzorganisation für den Schutz der ursprünglichen Bergnatur und den naturverträglichen Bergsport ein (mw, 2015). Mit einem Interesse an einer naturverträglichen Entwicklung im Alpenraum verfolgt mw den gegenwärtigen Trend zu mehr Beschneigung aufmerksam.

Die Ergebnisse der Forschungsarbeit sollen zur objektiven Betrachtung der Thematik künstliche Beschneigung beitragen. Die aktuellen Zahlen und Fakten sowie anschauliche Beispiele sollen mw eine wissenschaftlich fundierte Argumentation rund um die Problematik der künstlichen Beschneigung ermöglichen. Forderungen von mw können so begründet und kommuniziert werden.

1.3 Ziele und Fragen

Ziele der Praktikumsarbeit sind eine Übersicht über die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der künstlichen Beschneigung sowie die Analyse der aktuellen Situation der künstlichen Beschneigung in der Schweiz einschliesslich der Anzahl der damit verbundenen landschaftlichen Eingriffe.

Aus dieser Zielsetzung ergeben sich zwei Hauptfragestellungen, die wo nötig, durch Unterfragen präzisiert wurden:

1. *Welches sind die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der künstlichen Beschneigung?*
2. *Wie gross ist das Ausmass der künstlichen Beschneigung in der Schweiz?*

Wie viele Speicherseen für die künstliche Beschneigung gibt es in der Schweiz, wie viele sind geplant? Wie gross war die beschneite Fläche in der Schweiz im Winter 2014/2015 und wie viele Schneekanonen standen dafür im Einsatz? Wie viele Pistenkilometer wurden für die künstliche Beschneigung geplant? Wie gross war der Strom- und Wasserverbrauch der künstlichen Beschneigung im Winter 2013/2014? Welche Kosten verursachen die Investitionen und der Unterhalt des Beschneigungsausbaus?

1.4 Aufbau der Arbeit

In einem einführenden Kapitel werden die Methoden und die verwendeten Begriffe vorgestellt. Darauf folgt ein erster analytischer Teil, welcher sich mit den ökologischen und ökonomischen Auswirkungen beschäftigt. In diesem Teil werden sowohl die positiven als auch die negativen Auswirkungen erörtert.

Im vierten Kapitel - Schwerpunkt dieser Arbeit - werden Zahlen und Fakten zum aktuellen Ausmass der künstlichen Beschneigung in der Schweiz präsentiert.

Abschliessend erfolgen die Diskussion der Ergebnisse sowie ein Fazit.

2. METHODIK UND BEGRIFFE

2.1 Methodik

Literaturrecherche

Für die Beantwortung der ersten Fragestellung wird die Methode der **Literaturrecherche** angewendet. **Wissenschaftliche Fachliteratur** bildet die Grundlage der allgemeinen Informationen über künstliche Beschneigung sowie der eingeführten Begriffe.

Die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen werden mithilfe **wissenschaftlicher Papers, Studien** verschiedener Institutionen und inhaltsreichen **Zeitungsrecherchen** evaluiert. Dabei wird besonders auf eine kritische Reflexion der gelesenen Artikel geachtet, denn auch die Fachliteratur bietet ein heterogenes Bild der vielfältigen positiven und negativen Auswirkungen der künstlichen Beschneigung.

Die Literaturrecherche wird ebenfalls als Teil der Triangulationsmethode für das Erheben aktueller Daten zur künstlichen Beschneigung angewendet. Die Angaben der Kantone, Gemeinden und Skigebiete werden durch Zahlen aus **Zeitungsmeldungen** vervollständigt. Für die Recherche wird mit dem Tool Swissdox¹ gearbeitet. Swissdox ist ein Beobachtungs- und Recherchedienst der Schweizer Mediendatenbank (SMD), der eine koordinierte und gezielte Online-Suche in mehr als 200 Tageszeitungen und Fachzeitschriften der Schweiz ermöglicht (Swissdox, 2011).

Triangulationsmethode

Für die Erhebung der aktuellen Daten und Fakten zum Ausmass der künstlichen Beschneigung in der Schweiz wird die Methode der **Triangulation** zurückgegriffen. Der Begriff der Triangulation bezeichnet vereinfacht, dass ein Forschungsgegenstand von mindestens zwei Punkten aus betrachtet wird (Flick, 2011). Dabei werden nach Denzin (1970) verschiedene Formen der Triangulation unterschieden. In dieser Arbeit wird die Methode der „**Data Triangulation**“ verwendet, welche die Einbeziehung unterschiedlicher Datenquellen bezeichnet (Denzin, 1970). Für die Beantwortung der Hauptfragestellung der Arbeit werden entsprechend drei verschiedene Datenquellen verwendet. Die erste Datenquelle bilden die 209 Skigebiete der Schweiz. Mithilfe eines kurzen **Online-Fragebogens** wurden die Skigebiete gebeten, Zahlen zur künstlichen Beschneigung im betreffenden Skigebiet zur Verfügung zu stellen. Der Online-Fragebogen wurde mit dem webbasierten Tool SurveyMonkey² erstellt und versandt, die ausformulierten Fragen sind im Anhang A zu finden. Die Skigebiete hatten einen Monat Zeit, den Fragebogen auszufüllen.

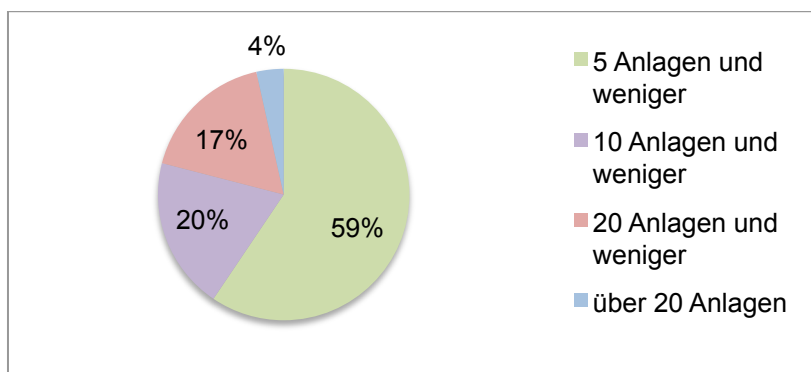
¹ www.swissdox.ch

² www.surveymonkey.com

Dabei wurden sie vier Mal schriftlich an die Umfrage erinnert sowie in der letzten Woche telefonisch gebeten, den Fragebogen auszufüllen.

Die Umfrage hatte eine Rücklaufquote von 72.25%. Insgesamt haben 151 Skigebiete den Link geöffnet, 110 deutsche und 33 französische Fragebogen wurden vollständig ausgefüllt, 8 Fragebogen wurden unvollständig ausgefüllt. Bei den 143 Skigebieten die den Fragebogen ausgefüllt haben, handelt es sich mehrheitlich um kleine und mittlere Skigebiete. Wie in der Abbildung 1 ersichtlich ist, besitzen 60% der Skigebiete fünf oder weniger Transportanlagen.

Abbildung 1: Antwortstruktur der Umfrage „Künstliche Beschneigung in der Schweiz“



Quelle: Umfragedaten. Eigene Darstellung.

Kantonale Behörden und wo nötig auch **Gemeinden** fungierten als zweite Datenquellen für die Erhebung der Anzahl landschaftlicher Eingriffe im Zusammenhang mit künstlicher Beschneigung (Verlegung von Leitungen, Bau von Speicherseen). In einem ersten Schritt wurden dabei die kantonalen Umweltverträglichkeitsprüfungs-Stellen (UVP-Stellen) angeschrieben. Meist erfolgte eine automatische Weiterleitung zur zuständigen Fachstelle oder Gemeinde, in einzelnen Fällen musste der Kontakt mit den Gemeinden selbst hergestellt werden (z.B. Kanton Graubünden). Als ergänzende dritte Datenquelle wurde eine **Literaturanalyse** in Form einer inhaltsreichen Zeitungsrecherche durchgeführt. Das genaue Vorgehen ist unter *Literaturrecherche* beschrieben.

Die Ergebnisse der Erhebungen aus den Skigebieten, dem Kontakt mit den Behörden und den Zeitungsartikeln wurden zusammengefasst und dienen der Beantwortung der zweiten Fragestellung.

2.2 Begriffe

Künstliche und technische Beschneigung

Die künstliche oder technische Beschneigung beschreibt einen Prozess, bei dem Wasser mithilfe von Druckluft oder einem Gebläse zerstäubt wird und unter geeigneten klimatischen Voraussetzungen zu technischem Schnee oder Kunstsnee gefriert (Pröbstl, 2006). Erst bei Lufttemperaturen unter minus 3°C und bei einer Luftfeuchtigkeit weniger als 80% kann künstlich beschneit werden (Hamberger und Döring, 2015).

Der optimale Wirkungsgrad liegt bei Aussentemperaturen von minus 11°C. Zudem sind möglichst tiefe Wassertemperaturen von Vorteil (Ebd.).

Die Begriffe künstliche und technische Beschneigung sowie Kunstschnee und technischer Schnee werden synonym verwendet (Pröbstl, 2006), in der vorliegenden Arbeit werden die Begriffe künstliche Beschneigung sowie Kunstschnee verwendet, wobei teilweise auch nur der Begriff Beschneigung gebraucht wird.

Beschneigungsanlage

Als Beschneigungsanlage wird die zur künstlichen Beschneigung erforderliche Einrichtung aus Leitungen für Wasser und Strom, Wasserspeicher, Kühltürmen, Kompressoren, Steuerungsstationen, Schneischächten sowie den Schneeaggregaten (Schneekanonen, Schneelanzen usw.) bezeichnet (Pröbstl, 2006). Als Schneischächte werden Zapfstellen für die Schneeaggregate bezeichnet (mdl. Schlegel, 2015).

Kunstschnee

Als Kunstschnee wird das Produkt der künstlichen Beschneigung bezeichnet. Die Eigenschaften des Kunstschnees unterscheiden sich von denjenigen des natürlichen Schnees (Pröbstl, 2006). Kunstschneekörner sind rund und sehr klein. Sie können beim Gefrieren patzen, weil der Innendruck zu hoch ist (Gefrieren erfolgt von aussen nach innen) (Ebd.). Daraus entstehen scharfe Kornsplitter (Teich et al, 2007). Die Dichte des Kunstschnees beträgt ungefähr 450 kg/m^3 und ist somit wesentlich dichter als natürlicher Schnee ($20 - 300 \text{ kg/m}^3$) (Steiger, 2014).

Hochdrucksystem mit Druckluftkanonen

Für das Hochdrucksystem wird Druckluft zentral in einer Kompressor-Station erzeugt und zur Kanone geleitet, wo die Luft mit dem Wasser zusammengeführt wird. Das Druckluft-Wassergemisch wird anschliessend durch eine Mischdüse in die Atmosphäre versprüht (Hamberger und Döring, 2015). Meist wird eine vollautomatische Anlage mit einer hohen Anzahl an Kanonen betrieben. Als Vorteile werden das geringe Gewicht sowie die gute Automatisierbarkeit genannt, als nachteilig erweisen sich die hohen Lärmemissionen sowie der aufwändige Anlagebau (Pröbstl, 2006).

Niederdrucksysteme mit Propellerkanonen

Bei der Propellerkanone wird durch einen Propeller ein starker Luftstrom erzeugt, der über eine Düse das Wasser versprüht. Misch- und Nukleatordüsen produzieren dabei kleine Eiskristalle, die als Kristallisationskerne für das ausgeblasene Wasser wirken (Hamberger und Döring, 2015). Die Vorteile gegenüber der Druckluftkanone sind nebst kleiner Schallemission ein geringerer Elektrizitätsverbrauch sowie die bessere Mobilität der Anlagen, da keine Leitungen verlegt werden müssen (Pröbstl, 2006).

Schneelanzen z.B. Nussy Zero E

Bei der Schneelanze wird über einen Düsenkopf am Ende der bis zu 13 m hohen Lanzen Kunstschnee ausgeblasen (Pröbstl, 2006). Das Prinzip ähnelt dem Hochdrucksystem. Der Energieverbrauch und die Schallemissionen sind aber geringer als bei Hochdruckkanonen (Ebd.). Als nachteilig erweisen sich die Windanfälligkeit sowie die Gefahr von Verfrachtung durch die grössere Beschneihöhe (Teich et al., 2007).

Es gibt Schneelanzen-Neuentwicklungen, wie zum Beispiel Nussy Zero E, die gemäss Hersteller ganz ohne Energie auskommen, solange der Wasserspeicher mindestens 200 m höher gelegen ist (SLF, 2014). Diese Neuentwicklungen sind energetisch sinnvoll, solange ein natürlicher, höher gelegener Speicher vorhanden ist (Hamberger und Döring, 2015). Der Bau von höhergelegenen, künstlichen Speicherseen oder die Überformung von natürlichen Bergseen kann hingegen negative Auswirkungen auf die Umwelt haben (Ebd.).

Nachhaltige Entwicklung

Gemäss dem Brundtland-Bericht von 1987 ermöglicht eine nachhaltige Entwicklung die Befriedigung der Bedürfnisse der jetzigen Generation ohne zu gefährden, dass kommende Generationen ihre Bedürfnisse nicht befriedigen können (WCED, 1987). Ergänzt wird das Konzept durch das 3-Säulen-Modell. Demnach muss für eine nachhaltige Entwicklung nicht nur der Schutz der Umwelt und der Ressourcen gewährleistet sein, sondern ökologische, ökonomische und soziale Ziele gleichsam berücksichtigt werden (Wilderer et al., 2004).

Schneezusätze

Grundsätzlich werden zwei verschiedene Grundtypen unterschieden: Eiskeime und Schneehärter. (Teich et al., 2007). Schneehärter sind Salze, die durch eine endotherme Reaktion der Schneedecke Wärmeenergie entziehen und so die Temperatur des Schnees senken. Somit kann die Piste auch bei Temperaturen über dem Gefrierpunkt und grosser Sonneneinstrahlung gefrieren (Schwörer et al., 2007). Oft werden Stein- oder Streusalze, aber auch Schneehärter mit einer hohen Stickstoffkonzentration wie zum Beispiel Harnstoff eingesetzt (Ebd.). Schneehärter können negative Auswirkungen auf die Vegetation und den Boden haben. So kann zum Beispiel durch den hohen Stickstoffeintrag die Artenzusammensetzung der lokalen Flora stark verändert werden (Ebd.).

Eiskeime wirken als Kristallisationskerne und ermöglichen eine Beschneieung bereits ab minus 2°C. Sie werden aus abgetöteten Bakterienresten hergestellt, das bekannteste Produkt ist SNOMAX. SNOMAX erhöht die Effizienz der Beschneieungsanlagen um 10-30% (Lang, 2009), mögliche negativen Auswirkungen werden wissenschaftlich kontrovers diskutiert (Abegg, 2012). Die Verwendung von SNOMAX ist in der Schweiz zugelassen (BUWAL, 1997).

Schneesicherheit

Nach Abegg (1996) gilt ein Gebiet als schneesicher, wenn in mindestens 7 von 10 Wintern vom 1. Dezember bis am 15. April an mindestens 100 Tagen eine für den Schneesport ausreichende Schneedecke von 30 cm liegt.

Kleine und mittlere Skigebiete

Als kleine und mittlere Skigebiete werden in dieser Arbeit Skigebiete mit 5 oder weniger Anlagen bezeichnet.

3. AUSWIRKUNGEN

Die erste Fragestellung lautet *Welches sind die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der künstlichen Beschneigung?*. In einem ersten Teil des Kapitels werden die positiven sowie die negativen ökologischen Auswirkungen analysiert. Dabei wird in die Themengebiete Boden & Vegetation, Wasser und Tiere aufgeteilt. Auf die positiven und negativen ökonomischen Auswirkungen wird in einem zweiten Teil des dritten Kapitels eingegangen. Der Schwerpunkt der Ausführungen liegt dabei auf den ökologischen Auswirkungen. Dies ist durch die vorhandene Literatur bedingt: Während es eine Fülle von Studien zu ökologischen Auswirkungen gibt, bietet die Literatur bezüglich ökonomischer Auswirkungen nur wenige Anhaltspunkte.

3.1 Ökologische Auswirkungen

Die künstliche Beschneigung kann positive wie auch negative Auswirkungen auf die Umwelt haben, die in der Anfangszeit der künstlichen Beschneigung sehr emotional und kontrovers diskutiert wurden (Abegg, 2012). Die Diskussion hat sich mittlerweile versachlicht durch die grosse Zahl der vorliegenden Studien, die ein komplexes, aber nicht nur negatives Bild zeichnen (Ebd.). Im Folgenden wird versucht, kurz auf einige Auswirkungen und Zusammenhänge einzugehen, ohne jedoch den Anspruch zu erheben, eine komplette Aufzählung der vielfältigen Auswirkungen der künstlichen Beschneigung auf die Umwelt zu machen.

3.1.1 Boden & Vegetation

Positive Auswirkungen

Untersuchungen zeigen, dass auf Kunstschneepisten deutlich mehr Schnee liegt als auf Naturschneepisten (Rixen et al., 2004). Als positive Auswirkung der künstlichen Beschneigung wird daher der Schutz des Bodens und der Vegetation vor mechanischen Einwirkungen wie Skikanten oder Pistenraupen genannt (Teich et al., 2007). Dieser Schutz besteht aber nur, wenn einzelne Schwachstellen wie zum Beispiel Kanten oder stark besonnte Teilstücke gezielt beschneit werden (Pröbstl, 2006).

Zudem gewährleistet die grössere Mächtigkeit der Schneedecke auf beschneiten Pisten im Vergleich zu Naturschneepisten einen besseren Schutz vor Bodenfrost (Teich et al., 2007). Zwar ist präparierter Kunstschnee dichter als präparierter Naturschnee und daher die Isolationswirkung von Kunstschnee kleiner, doch liegt auf Kunstschneepisten deutlich mehr Schnee. Aus verschiedenen Untersuchungen wird deutlich, dass der letztere Effekt überwiegt: Bei künstlicher Beschneigung ist der Boden und somit die Vegetation besser vor Frost und extremen Temperaturschwankungen geschützt (Rixen et al., 2004; Pröbstl, 2006; Cernusca et al., 1990).

Eine weitere positive Auswirkung ergibt sich aus dem Entfallen des „Schneesammelns“ neben der Piste (Pröbstl, 2006). Durch die künstliche Beschneigung muss kein Schnee aus den angrenzenden Bereichen auf die Piste gestossen werden, was zu einer Schonung des Bodens und der Vegetation führt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine genügend mächtige Kunstschneedecke die Schäden an Vegetation und Boden durch die hohe Belastung durch den Wintersport sowie durch Frosteinwirkungen mildern kann.

Negative Auswirkungen

Negative Auswirkungen auf Boden und Vegetation werden vor allem durch die zusätzlich aufgebrachte Wassermenge, den Stoffeintrag aus dem Beschneigungswasser und Schneezusätzen, das spätere Ausapern und die erhöhte Schneedichte sowie die baulichen Massnahmen (Pistenplanierung, Speicherseeerstellung usw.) verursacht (Stöckli et al., 2002; Hahn, 2004; Teich et al., 2007; Pröbstl, 2006).

Eine Studie des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) zeigte im Jahr 2002, dass eine Kunstschneedecke im Mittel doppelt so viel Wasser enthält wie eine Naturschneedecke (Stöckli et al., 2002). Als Folge der zusätzlichen Wassermenge können Erosionserscheinungen wie das Abschwemmen von Feinerde auftreten. Durch das Zusammentreffen verschiedener ungünstiger Rahmenbedingungen können sogar grössere Rutschungen auftreten (Pröbstl, 2006). Die Gefahr ist dann besonders gross, wenn die Pisten planiert und somit das Wasser durch das veränderte Porenvolumen nicht schnell genug in tiefere Schichten gelangen kann, die Vegetation einen Deckungsgrad von weniger als 70% aufweist oder bereits Bodenwunden vorhanden sind (Ebd.). Die zusätzliche Wassermenge hat aber nicht nur auf die Bodenstabilität negative Auswirkungen, sondern führt auch zu langfristigen Standortveränderungen für Pflanzen, was wiederum zu einer Änderung der Artenzusammensetzung führt (Teich et al., 2007). So haben Wipf et al. (2005) gezeigt, dass Zeigerpflanzen für trockene und magere Standorte auf beschneiten Pisten abnehmen. Die Veränderungen sind ausgeprägter in höher gelegenen, extensiv genutzten Gebieten und betreffen vor allem Extremstandorte wie Magerwiesen oder basenarme Moore.

Die zusätzliche Wassermenge verändert in basenarmen Mooren die pH-Verhältnisse, was zu einer nachhaltigen Degradierung der Moore führt (Wipf et al., 2005).

Der zusätzliche Stoffeintrag durch die künstliche Beschneigung kann die Vegetation ändern, jedoch hängt das Ausmass der Veränderungen stark von der Qualität und Zusammensetzung des verwendeten Wassers ab (Ebd.).

Pröbstl (2006) kommt daher zum Schluss, dass die Auswirkungen des Stoffeintrags für jeden Einzelfall gesondert zu betrachten ist. Anders sieht es bei der Verwendung von Schneezusätzen aus.

Diese haben Auswirkungen auf die Flora, wie eine Studie des SLF über chemische Pistenpräparation zeigt (Schwörer et al., 2007). Vor allem der zusätzliche Stickstoffeintrag durch Schneehärter wie zum Beispiel Harnstoff kann zu einem verstärkten Wachstum der Pflanzen und somit zu einer Abnahme der Artenvielfalt führen (Ebd.). Oft sind auch hier Magerwiesen betroffen, die sich in Fettwiesen umwandeln, einhergehend mit einem Verlust an Biodiversität (Wipf et al., 2005). Veränderungen in der Artenvielfalt haben wiederum Auswirkungen auf die Bodenstabilität und erhöhen die Erosionsgefahr, dieser Zusammenhang wurde aber noch wenig untersucht (Teich et al., 2007). Speziell zu erwähnen ist der potentielle Konflikt beim Einsatz von Schneehärtern mit der Landwirtschaft: Untersuchungen haben gezeigt, dass der Stickstoffeintrag durch Schneehärter oft höher ist, als in der Landwirtschaft erlaubt (Hamberger und Döring, 2015). Bergbauern können so zum Beispiel kein Anspruch auf Direktzahlungen für wenig intensiv genutzte Wiesen mehr erheben (Schwörer et al., 2007). Weiter können Schneehärter durch oberflächlichen Abfluss des angereicherten Schmelzwassers oder durch Nitratauswaschung im Boden das Grundwasser gefährden (Ebd.). Umstritten sind die Auswirkungen auf Boden und Vegetation von Eiskeimen wie SNOMAX. Hier fehlen jedoch Studien von Langzeitwirkungen bei geringen Konzentrationen, eine langfristige Beeinträchtigung des Bodens wird jedoch vermutet (Teich et al., 2007).

Beschneite Pisten apert im Frühling im Schnitt 3-4 Wochen später aus als Naturschneepisten (Teich et al., 2007). Durch die lange Schneebedeckung werden biologische Aktivitäten im Boden verzögert und verringert, was Auswirkungen auf die Art und Zahl der Bodenlebewesen haben kann (Vergleiche 3.1.3 Tierwelt). In Bezug auf die Auswirkungen auf die Flora bietet die Fachliteratur ein heterogenes Bild, einige sind sich die Wissenschaftler darin, dass das späte Apern unterhalb von 1'600 m keine grossen Veränderungen verursacht. Teich et al. (2007) weisen aber darauf hin, dass die frühblühenden Arten zurückgehen, während die spätblühenden Arten zunehmen. Somit kommt es zu Veränderungen in den Pflanzengemeinschaften, die sich negativ auf die Artenvielfalt auswirken können.

Verschiedene Forschungsarbeiten belegen den problematischen Sauerstoffmangel unter der dichten, schweren Kunstschneedecke, die im Frühling länger liegen bleibt (Pröbstl, 2006; Teich et al., 2007). Schimmelbefall, Fäulnisbildung und Frostempfindlichkeit gehören zu den möglichen negativen Auswirkungen auf die Vegetation, die Pflanzen werden nachweislich geschädigt (Ebd.).

Zu den baubedingten Auswirkungen auf den Boden und die Vegetation gehören ein Verlust der Vegetationsdecke, eine Störung und Verdichtung des Bodenprofils sowie die mechanische Beschädigung von Einzelobjekten wie Bäumen oder Felsen (Pröbstl, 2006).

Nebst der Beschädigung der sensiblen Vegetationsdecke, die oft Jahrzehnte zur Regenerierung braucht, steigt durch die oben genannten Eingriffe auch die Erosionsgefahr (Hamberger und Döring, 2015). Durch die fehlenden Wurzelsysteme wird der unbedeckte Boden besonders erosionsgefährdet.

Als gravierendes Folgeproblem wird zudem eine mögliche Artenveränderung durch Ansaatmischungen gesehen. Gerade an hochalpinen Standorten müssen die standortfremden ausgesäten Arten dauerhaft gedüngt werden, damit der Erosionsschutz aufrechterhalten wird (Pröbstl, 2006). Dadurch ist eine Einwanderung standortgerechter Arten meist ausgeschlossen (Ebd.).

Zu den negativen Auswirkungen auf Boden und Vegetation kann zusammenfassend gesagt werden, dass vor allem bauliche Massnahmen grosse Schäden an Vegetation und Boden verursachen. Dadurch nimmt Erosionsgefährdung des Bodens zu und die Pflanzengemeinschaften, einschliesslich eines möglichen Artenverlustes, können sich ändern.

3.1.2 Wasser

Positive Auswirkungen

Es wurden keine Angaben in der Literatur zu positiven Auswirkungen der künstlichen Beschneidung auf den Wasserhaushalt gefunden.

Negative Auswirkungen

Negative Auswirkungen auf den Wasserhaushalt werden im Zusammenhang mit dem Stoffeintrag, dem späteren Ausapern und der Wasserentnahme aus Fliess- oder Stillgewässer genannt. Durch das für die Beschneidung verwendete Wasser können Nährstoffe und potentielle Schadstoffe in Fliessgewässer und Grundwasser gelangen (Hahn, 2004; Pröbstl, 2006). Umweltbelastungen können in seltenen Fällen auch durch Defekte oder Unfälle an den technischen Anlagen entstehen (Pröbstl, 2006).

Verschmutzungen durch Öl, Diesel oder Benzin waren vor allem in der Vergangenheit der Fall und können heute weitgehend verhindert werden (Ebd.).

Das späte Ausapern kann zu einem Abschmelzen grösserer Wassermengen in kürzerer Zeit führen, was Abflussprobleme, Hochwasserereignisse sowie eine Zunahme der Erosion verursacht (Hahn, 2004). Dies ist aber in der Regel nur der Fall, wenn mehrere ungünstige Faktoren, wie zum Beispiel ein Wärmeeinbruch und Starkniederschläge, zusammentreffen (Pröbstl, 2006). Für die Beschneigung wird eine grosse Menge Wasser in einer teilweise niederschlagsarmen Zeit benötigt. Den Gewässern wird bei ohnehin niedrigem Pegelstand Wasser entzogen (Teich et al., 2007), dies beeinträchtigt die Gewässer auf vielfältige Art und Weise. Im ungünstigsten Fall kann der Wasserstand durch die Entnahme so stark reduziert werden, dass die Gewässer ihre Eignung als Lebensraum verlieren (Pröbstl, 2006). Weiter sind ungünstige Wechselwirkungen mit angrenzenden Lebensräumen möglich. So kann durch den tiefen Wasserstand ein Drainageeffekt erzeugt werden, der weitere Feuchtlebensräume entwässert (Ebd.). Durch Wasserstandschwankungen können artenreiche Ufersäume sowie die Fauna (Vergleiche Kapitel 3.1.3 Tierwelt) beeinträchtigt werden (Ebd.). Ausserdem können durch eine Wasserentnahme im Winter Konflikte mit anderen Nutzungsgruppen entstehen. So hat Schädler (2009) gezeigt, dass in wasserärmeren Gebieten der Schweiz die Nachfrage das Angebot in Zukunft übersteigen kann. So kann die Entnahme von Wasser für die künstliche Beschneigung negative Auswirkungen auf die Energiegewinnung sowie in Einzelfällen Engpässe in der Trinkwasserversorgung verursachen (Hahn, 2004).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die künstliche Beschneigung durch Überschwemmungen, Erosion und Veränderung des Lebensraums in und um Gewässer grosse Auswirkungen auf den Wasserhaushalt haben kann. Zudem ist der hohe Wasserverbrauch sehr problematisch.

3.1.3 Tierwelt

Positive Auswirkungen

Es wurden keine Angaben in der Literatur zu positiven Auswirkungen von Kunstschnee auf die Gebirgsfauna gefunden.

Negative Auswirkungen

Negative Auswirkungen auf die Tierwelt ergeben sich hauptsächlich aus dem späteren Ausapern, durch den Betrieb der Beschneigungsanlagen durch Licht- und Lärmemissionen sowie durch Eingriffe in den Wasserhaushalt.

In Abhängigkeit von Boden- und Vegetationsentwicklung (Vergleich Kapitel 3.1.1 Boden & Vegetation) kommt es zu einem Rückgang bestimmter Arten (Pröbstl, 2006).

Von Standortveränderungen und Vegetationsverschiebungen werden vor allem Vögel, Insekten und Bodenarthropoden³ beeinflusst, wobei die Bodenarthropoden in grösseren Höhenlagen am meisten betroffen sind (Ebd.). Untersuchungen zeigen eine verringerte Abundanz und Diversität bei Tiergemeinschaften von Bodenarthropoden: Auf beschneiten Pisten dominieren vor allem Allerweltsarten (Trockner und Kopeszki, 1994).

Dabei muss erwähnt werden, dass der Effekt der Pistenplanierung und der Beschneigung nicht klar getrennt werden kann (Teich et al., 2007). Bei dem Betrieb der Beschneigungsanlagen können Störquellen durch das Ausleuchten bei nächtlicher Beschneigung, Lärmemissionen sowie durch Betreuung und Kontrolle der Anlage entstehen (Pröbstl, 2006). Besonders Raufusshühner wie Auer-, Birk- und Alpenschneehuhn fühlen sich durch Licht- und Lärmemissionen der künstlichen Beschneigung gestört (Thiel et al., 2005; Thiel et al., 2006; Zeitler, 2006). Die Folgen der Störungen können weitreichend sein: Blendwirkungen, Beeinträchtigung der Wildwanderung und der nächtlichen Beutejagd, Unterbrechung der nächtlichen Ruhephase sowie die Flucht sind mögliche direkte Auswirkungen der Störungen (Ebd.). Besonders die Flucht ist für die Tiere problematisch, da sie grosse Energieverluste mit möglichen Folgeeffekten hervorrufen kann (Hahn, 2004). Durch die Schwächung der Tiere wird die Gefährdung durch Fressfeinde grösser (Pröbstl, 2006). Die Summe der Störwirkungen kann eine veränderte Raumnutzung verursachen, Folgen sind eine Verkleinerung des Lebensraums, Verdrängung der Tiere in suboptimale Lebensräume sowie Isolationseffekte (Ebd.). Im Einzelfall kann es dadurch zum Rückgang seltener Tierarten kommen (Teich et al., 2007). So ist zum Beispiel der Fortbestand der Population des Auerhuhns durch die Wintersportaktivitäten stark gefährdet (Ebd.).

Weiter können speziell empfindliche Ökosysteme wie Moore oder Magerwiesen durch einen veränderten Wasserhaushalt zerstört werden (Vergleich Kapitel 3.1.2 Wasser). Dadurch verlieren die Tiere ihren natürlichen Lebensraum und werden gezwungen in suboptimale Gebiete umzusiedeln (Hahn, 2004).

Der schwankende Wasserstand kann Seen und künstliche Speicherseen zur Amphibienfalle werden lassen. Tiere die im offenen Wasser überwintern, können durch ein Absinken des Wasserstandes leicht erfrieren (Hamberger und Döring, 2015). Zudem kann im Frühling der Laich der Tiere bei Wasserentnahme oder Reinigungsarbeiten zerstört werden (Ebd.).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sowohl bei Bodenarthropoden als auch bei Vögeln und Amphibien Veränderungen in der Artenzusammensetzung als Folge der künstlichen Beschneigung beobachtet wurden und diese in einzelnen Fällen den Fortbestand der Population gefährden können.

³ Bodenarthropoden: Gliedfüsser

3.2 Ökonomische Auswirkungen

Die künstliche Beschneigung hat auf die regionale Wirtschaft eines Skigebietes grosse Auswirkungen. Nachfolgend wird versucht, die vielfältigen und komplexen Auswirkungen der künstlichen Beschneigung auf die Wirtschaft zu umreissen, wobei die Literatur hierfür nur wenige Anhaltspunkte bietet.

Positive Auswirkungen

Die positiven Auswirkungen sind eng mit der wirtschaftlichen Bedeutung des Wintertourismus in der Schweiz verknüpft. Aus diesem Grund wird in einem ersten Abschnitt auf die Bedeutung des Wintertourismus und der Seilbahnbranche eingegangen.

Tourismus ist gemäss dem Eidgenössischen Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO) insbesondere im Alpenraum eine Leitbranche der Schweizer Volkswirtschaft (SECO, 2013). So betrug der Umsatz der Seilbahnbranche im Jahr 2014 1.2 Mia. Schweizer Franken (CHF) (SBS, 2014a). Der Wintersaison kommt dabei eine bedeutende Rolle zu (Ebd.): Gemäss Vollmer (2000) können bis zu 84% des Jahresumsatzes im Winter erwirtschaftet werden. Die Seilbahnbranche bietet gut 11'000 Arbeitsplätze, 10'000 weitere sind direkt von der Existenz der touristischen Anlagen abhängig (zum Beispiel Skilehrer) (Ebd.). Vollmer (2000) betont dabei den unbestrittenen volkswirtschaftlichen Effekt der örtlichen Bergbahnen und deren direkte Auswirkung auf die wirtschaftlichen Einkommen anderer touristischer und nicht touristischer Betriebe vor Ort. Auch wenn die Seilbahnunternehmen selbst keine schwarzen Zahlen schreiben, kann durch den Wintertourismus insgesamt doch ein positiver regionalwirtschaftlicher Effekt erzielt werden (Ebd.). Oft hängt am Schicksal der Bergbahnen das wirtschaftliche Wohl der ganzen Region (Vetterli, 2015). Die Bergbahnen haben dadurch grosse regionalwirtschaftliche Bedeutung in den sonst tendenziell strukturschwachen Voralpen- und Alpengebieten (SECO, 2013). Eine besondere Rolle kommt hier der Verknüpfung von Berglandwirtschaft und Bergbahnarbeitsplätzen zu (Vollmer, 2000). Diese tragen oftmals wesentlich zur finanziellen Sicherheit der Berglandwirtschaftsbetriebe bei. Die Berglandwirtschaft wiederum trägt entscheidend zu einer natürlich belebten und gepflegten Landschaft bei, die Grundlage für den Tourismus bildet (Ebd.).

Die Seilbahnbranche verzeichnet seit einigen Jahren einen Umsatzrückgang, der mit einer abnehmenden Zahl an Winter-Ersteintritten (Skier-Days) erklärt werden kann (SECO, 2013). Dies ist hauptsächlich auf ungünstige Wetter- und Schneeverhältnisse zurückzuführen (SBS, 2014b), aber auch auf den starken Franken (Vetterli, 2015) sowie veränderte Freizeitbedürfnisse der Bevölkerung (Ebd.). Die Durchschnittstemperaturen sind seit 1970 in der Schweiz um 1.5°C gestiegen, der Winter 2006/2007 war der wärmste seit 150 Jahren (SBS, 2014b). Die Folgen davon sind grüne Pisten und ausbleibende Gäste, arbeitslose Bergbahnmitarbeiter und leere Betten, mit spürbaren Folgen für die regionale Wirtschaft der Skigebiete.

Die simple Aussage „Ohne Schnee kein Skitourismus“ (Abegg, 2012: 29) fasst die Problematik treffend zusammen. Gemäss der verbreiteten Meinung von Seilbahnbranche, Tourismus- und Wirtschaftsexperten sowie verschiedenen anderen Interessensvertretern kann die künstliche Beschneigung hierfür als Teil der Lösung angesehen werden (Ebd.).

Eine Studie des SLF in Davos hat gezeigt, dass in schneearmen Wintern ohne künstliche Beschneigung ein Verlust von über 10% des regionalen Volkseinkommen auftreten könnte (Teich et al., 2007). Der Kunstschnee bietet die Möglichkeit, den Skibetrieb zu sichern und die Saisondauer aufrecht zu erhalten. Die Garantie der Schneesicherheit durch künstliche Beschneigung ist gemäss einer Studie des SLF insbesondere wichtig, da die Schneesicherheit eines der wichtigsten Kriterien bei der Auswahl der Feriendestination ist (Ebd.). Die künstliche Beschneigung wird daher als entscheidende Massnahme zur Aufrechterhaltung der Wettbewerbsfähigkeit sowie als Marketinginstrument angesehen (Ebd.).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Wintertourismus grosse regionalwirtschaftliche Bedeutung in den Bergregionen hat. Durch die Klimaerwärmung steigt die Schneefallgrenze und die Schneesicherheit der Skigebiete ist gefährdet. Die künstliche Beschneigung kann als Möglichkeit angesehen werden, die Schneesicherheit und somit den Skibetrieb zu garantieren. Dadurch wird entscheidend zur wirtschaftlichen Wertschöpfung der Bergregionen beigetragen.

Negative Auswirkungen

Die negativen Auswirkungen sind die Konsequenzen der hohen Investitions- und Unterhaltskosten der künstlichen Beschneigung. Im ersten Abschnitt werden daher die Kosten des Beschneigungsausbau und -unterhaltes aufgezeigt.

In der Saison 2010/2011 wurden 45 Mio. CHF in die künstliche Beschneigung investiert (SBS, 2012). Die Investitionskosten pro beschneibaren Pistenkilometer betragen ca. 750'000-1'000'000 CHF, die Kosten sind in erster Linie von der Bodenbeschaffenheit abhängig (Lang, 2009; Abegg, 2012; SBS, 2014b). Die Kosten für den Bau eines künstlichen Speichersees mit einem Volumen von 80 000 m³ betragen 3-3.5 Mio. CHF (Lang, 2009).

Die jährlichen Betriebskosten eines beschneiten Pistenkilometer werden von den SBS auf 50'000-70'000 CHF beziffert (SBS, 2014b).

Nach diesen Ausführungen ergibt sich zwingend die Frage nach der Finanzierung der Beschneigung. Viele Bergbahnen haben aktuell mit einer schwierigen finanziellen Lage zu kämpfen. Nur gerade ein Drittel der Bergbahnen kann gemäss branchengeläufigen Schätzungen nach rein marktwirtschaftlichen Kriterien überleben (Stünzi, 2015).

Viele Skigebiete sind nicht mehr in der Lage, Investitionen aus dem eigenen Cashflow zu finanzieren und durch schwindende Dividendenaussichten fehlt Aktionären der Investitionsanreiz (Imwinkelried, 2015). Die öffentliche Hand muss einspringen. Die Skigebiete werden direkt (z.B. à-fonds-perdu-Beiträgen) und indirekt (z.B. mit zinslosen Darlehen) unterstützt (Ebd.). Nicht selten fungiert die öffentliche Hand auch als Grossaktionär, 23% des Aktienkapitals von Bergbahnen sind in öffentlicher Hand (SBS, 2014a). Trotz der schwierigen finanziellen Lage und rückläufigen Gästezahlen investieren die Bergbahnen weiter in den Infrastrukturausbau, insbesondere in die Beschneigung. Durch die abnehmende Eigenfinanzierungskraft muss der teure Beschneigungsausbau von Gemeinden, Kantonen und dem Staat unterstützt werden - mit Subventionen aus Steuergeldern (Hamberger und Doering, 2015). So hat der Bund 2015 mit einem Vier-Jahres-Impulsprogramm beschlossen, weitere 200 Mio. CHF in den alpinen Tourismus zu investieren, ein Teil davon ist explizit für die Unterstützung der Bergbahnen reserviert (Vetterli, 2015). Durch Erlass der Wasser- oder Stromkosten sowie anderen Abgaben finanziert der Steuerzahler die künstliche Beschneigung über die Gemeinden auch indirekt. Dadurch können Skigebiete Beschneigungsanlagen bauen, ohne dass sie in der Lage sind, diese aus ihrem eigenen Cashflow zu finanzieren. Der Beschneigungsausbau wird demnach nicht von denjenigen Personen finanziert, die das Angebot nutzen (Benutzer der Beschneigungsanlagen: Wintersportler) sondern von der öffentlichen Hand. Dadurch gerät das Angebot-Nachfrage-Gleichgewicht aus der Balance, die Wirtschaftslage wird durch die Subventionen verzerrt. Die Investitionen werden nicht an den Bedürfnissen des Marktes ausgerichtet - es kommt zu unrentablen Überkapazitäten. Diese Entwicklung wird in der Literatur kritisch bewertet. Öffentliche Gelder werden anstatt in die Entwicklung tragfähiger und ganzjähriger Tourismuskonzepte in die künstliche Beschneigung gesteckt (Hartmann, 2015). So wird der notwendige Strukturwandel verzögert, während die Bergbahnen mit der öffentlichen Hand über ihren Verhältnissen leben (Stünzi, 2015). Auch private Investoren, die ganze Skigebiete und Ferienregionen einkaufen, fordern indirekt (z.B. durch Steuererlass) oder direkt öffentliche Gelder. So hat zum Beispiel der ägyptische Investor Samih Sawiris 2012 die Andermatt-Gotthard-Sportbahnen und die Sedrun-Bergbahnen zur Andermatt Surselva Sport AG fusioniert (Soukup, 2015). Das Skigebiet soll für 130 Mio. CHF ausgebaut werden, die öffentliche Hand unterstützt das Projekt mit fonds-à-perdu-Beiträgen und zinsgünstigen Darlehen im Wert von 48 Mio. CHF (Müller, 2015). Zudem bleibt das Risiko bestehen, dass die öffentliche Hand bei Defiziten oder Ersatzinvestitionen einspringen muss (Soukup, 2015). Wenn die Gewinnerwartungen des Investors nicht erfüllt werden oder sich die finanzielle Lage ändert, so bleibt der Gemeinde oder dem Kanton oft nichts anderes übrig, als das Skigebiet zurückzukaufen oder stillzulegen - mit gravierenden Folgen für die Region (Hamberger und Döring, 2015).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die öffentliche Hand durch die schwierige finanzielle Lage der Bergbahnen den teuren Beschneungsausbau stark subventionieren muss. Die Nachfrage stimmt nicht mit dem Angebot überein, es entstehen Überkapazitäten und staatlich animierte Wettbewerbsverzerrung. Dies ist für eine Region ökonomisch nicht nachhaltig. Anstatt öffentliche Gelder in die Entwicklung längerfristiger und tragbarer Tourismuskonzepte zu stecken, wird mit der Subventionierung der künstlichen Beschneigung der notwendige Strukturwandel verzögert.

4. ZAHLEN UND FAKTEN ZUM AKTUELLEN AUSMASS

Die zweite Fragestellung lautet *Wie gross ist das Ausmass der künstlichen Beschneigung in der Schweiz?*. In einem ersten Teil wird eine Übersicht über die erhobenen Zahlen zu den landschaftlichen Eingriffen (Speicherseen) für die Beschneigung vorgestellt. Auf die Ergebnisse der Umfrage sowie auf die recherchierten aktuellen Zahlen der Schweiz wird in einem zweiten Teil des Kapitels eingegangen. Abschliessend werden in einem dritten Unterkapitel der Strom- und Wasserverbrauch sowie die Kosten der künstlichen Beschneigung in der Schweiz präsentiert.

4.1 Speicherseen

Insgesamt konnten 80 realisierte und 18 geplante Speicherseen für die künstliche Beschneigung erfasst werden. Die vollständige Liste der Speicherseen ist im Anhang C aufgeführt, in Tabelle 1 ist eine Übersicht zu finden.

Tabelle 1: Datenquellen für die Erhebung der realisierten (linke Tabelle) und geplanten Speicherseen (rechte Tabelle)

Quelle	Anzahl Speicherseen
Kantonale Ämter	31
Gemeinden	7
Zeitungsrecherche	11
Umfrage	24
Telefonische Auskunft Bergbahnen	7
Summe	80

Quelle	Anzahl Speicherseen
Kantonale Ämter	7
Gemeinden	1
Zeitungsrecherche	3
Umfrage	7
Telefonische Auskunft Bergbahnen	0
Summe	18

Quelle: Eigene Daten. Eigene Darstellung.

Es ist anzunehmen, dass die tatsächliche Zahl der Speicherseen für die Beschneigung grösser ist. Einerseits weil die Behörden der grossen Wintersportkantone Bern, Graubünden und Wallis nur teilweise Auskunft geben konnten, da die vollständige Datenzusammenstellung für die zuständigen Stellen einen zu grossen Aufwand bedeutet hätte. Andererseits konnten in der Umfrage mehrheitlich Daten kleinerer und mittlerer Skigebiete erhoben werden. Es ist jedoch anzunehmen, dass die grösseren Skigebiete mehr und grössere Speicherseen besitzen, die durch die Umfrage nicht erfasst wurden. Bei 15 der 80 realisierten Speicherseen handelt es sich um natürliche Seen. Die natürlichen Seen wurden teilweise für die künstliche Beschneigung höher gestaut.

In einigen Fällen werden natürliche sowie künstliche Seen sowohl für die Elektrizitätsgewinnung als auch für die Wasserentnahme zur Beschneigung gebraucht.

Ein Beispiel dafür sind die Zermatt Bergbahnen, die fast das gesamte Wasser für die Beschneigung aus Stauanlagen der Grand Dixence beziehen.

Von insgesamt 66 der 80 realisierten Seen konnten Angaben zum Volumen erhoben werden. Diese 66 Seen haben ein Volumen von 5'933'950 m³. Mit einem berechneten durchschnittlichen Seevolumen von 88'383 m³ beträgt das Volumen der übrigen 14 Seen hochgerechnet 1'237'505 m³. Dies ergibt berechnet ein gespeichertes Wasservolumen von 7'071'455 m³, das für die künstliche Beschneigung zur Verfügung steht. Die allein in den Speicherseen gespeicherte Wassermenge für die künstliche Beschneigung ist so gross wie der jährliche Wasserverbrauch der Stadt Biel⁴ oder 71 Mio. gefüllte Badewannen⁵.

Die 18 geplanten Seen werden nach Angaben der verschiedenen Quellen 1'429'300 m³ Wasser für die künstliche Beschneigung speichern können. Die gesamte gespeicherte Wassermenge für die Beschneigung beträgt nach der Realisierung der geplanten Speicherseen hochgerechnet 8'500'755 m³, was in etwa dem jährlichen Wasserverbrauch der Stadt Lugano⁶ oder 85 Mio. gefüllten Badewannen entspricht.

Die Seen werden je nach Situation bis zu fünf Mal pro Saison nachgefüllt. Dazu konnten einige Daten erhoben werden, jedoch nicht genügend für aussagekräftige Berechnungen. Zum effektiven Wasserverbrauch kommen zudem noch Wasserentnahmen aus Trinkwasserquellen, Bächen und anderen Quellen hinzu. Der tatsächliche Wasserverbrauch für die künstliche Beschneigung dürfte aus diesen Gründen um ein Vielfaches höher liegen als das berechnete Volumen der Speicherseen.

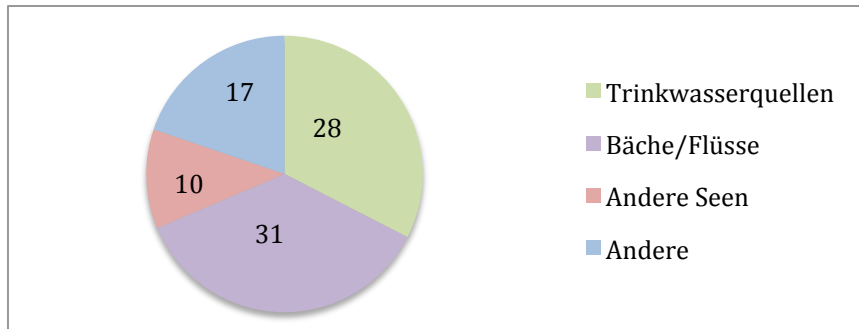
⁴ Der jährliche Wasserverbrauch der Stadt Biel beträgt 7'013'475 m³ unter der Annahme, dass pro Kopf und Tag 350 l Wasser gebraucht werden (Energie Wasser Bern (ewb), 2015a) und die Stadt 54'900 Einwohner hat (Stadt Biel, 2015).

⁵ Annahme nach Recherchen im Internet: Eine durchschnittliche Badewanne hat ein Volumen von 100 l (0.1 m³).

⁶ Der jährliche Wasserverbrauch der Stadt Lugano beträgt 8'303'750 unter der Annahme, dass pro Kopf und Tag 350 l Wasser gebraucht werden (ewb, 2015a) und die Stadt Lugano 65'000 Einwohner hat (Stadt Lugano, 2015).

In der Umfrage wurden die Zuflüsse der Speicherseen in 40 Skigebieten erhoben. 31 Speicherseen werden durch natürliche Bäche und Flüsse gespeist, Trinkwasserquellen dienen 28 Speicherseen als Zufluss und 17 Seen werden durch andere Seen gespeist (Vergl. Abbildung 2). Unter der Rubrik „Andere“ wurden Schmelzwasser, Sickerleitungen und natürliche Quellen erwähnt.

Abbildung 2: Zuflüsse der künstlichen und natürlichen Speicherseen in 40 Schweizer Skigebieten



Quelle: Umfragedaten. Eigene Darstellung.

4.2 Beschneiungsanlagen

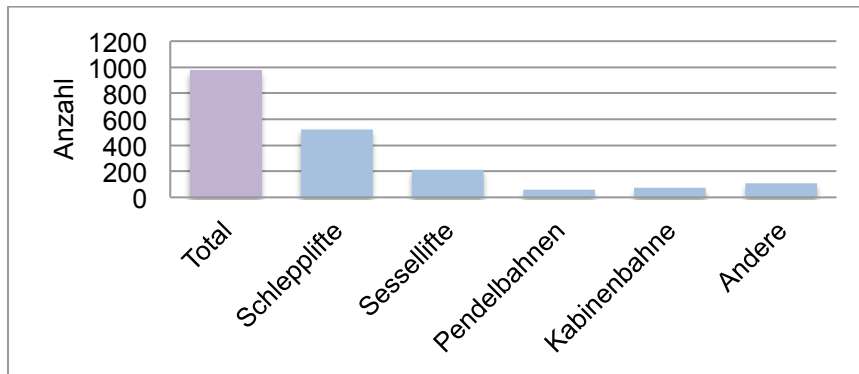
Im Folgenden ist eine kurze Übersicht über die Ergebnisse der Umfrage zu finden. Die bei der Umfrage erhobenen Zahlen sind jeweils am Schluss des Unterkapitels ergänzt durch die aktuellsten Zahlen des SBS aus der Saisonbilanz Winter 2013/2014.

Allgemeine Angaben

Die Gesamtanzahl Pistenkilometer der 143 Skigebiete, die den Fragebogen vollständig ausgefüllt haben, beträgt 4'122 km. Die durchschnittliche Pistenbreite in der Schweiz wird mit 30 m angegeben (mdl. SBS, 2015). Die gesamte in der Umfrage erhobene Pistenfläche beträgt - hochgerechnet - demnach 124 km². Den SBS zufolge beträgt die gesamte Pistenfläche in der Schweiz 224 km² (SBS, 2014b). In der Umfrage konnten demnach Angaben zu etwas mehr als der Hälfte der Pistenfläche in der Schweiz erhoben werden.

Die 143 Skigebiete besitzen insgesamt 978 Anlagen, die Art der Anlagen ist in Abbildung 3 dargestellt. Unter dem Punkt „Andere Anlagen“ wurden vor allem Zahnradbahnen, Förderbänder (sogenannte Zauberteppiche) und andere Kinderlifte (Ponylifte) aufgeführt. In der Schweiz gibt es gemäss den SBS insgesamt 2'470 Anlagen (SBS, 2014a). In der Umfrage wurden also rund 40% aller Anlagen der Schweiz erfasst. Der Fragebogen wurde von 72.25% der Schweizer Skigebiete ausgefüllt, dabei wurden aber nur 40% der Anlagen erfasst. Dieser Vergleich verdeutlicht die Tatsache, dass vor allem kleine und mittelgrosse Skigebiete den Fragebogen beantwortet haben.

Abbildung 3: Übersicht der Lifтанlagen von 143 Schweizer Skigebieten im Winter 2014/2015



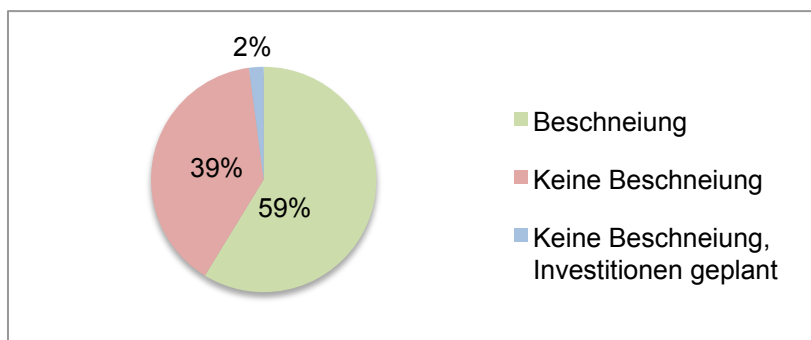
Quelle: Umfragedaten. Eigene Darstellung.

Beschneigungssituation allgemein

84 der 143 Skigebiete haben angegeben, dass sie im Winter 2014/2015 künstlich beschneit haben. Demnach wurde in zwei Drittel der Skigebiete, die den Fragebogen beantwortet haben, im Winter 2014/2015 auf Kunstschnее gefahren. Drei Skigebiete haben Investitionen in die künstliche Beschneigung in den nächsten fünf Jahren geplant, beschneien aktuell aber nicht.

Eine Minderheit von 56 Skigebiete (knapp 40%) haben im Winter 2014/2015 nicht beschneit und planen auch keine Investitionen in den Beschneigungsausbau in den nächsten fünf Jahren (Abbildung 4).

Abbildung 4: Beschneigungssituation in 143 Schweizer Skigebieten im Winter 2014/2015



Quelle: Umfragedaten. Eigene Darstellung.

Beschneite Fläche

Die beschneite Pistenfläche wurde von 70 der 84 befragten Skigebiete, die im Winter 2014/2015 Kunstschnее verwendeten, erhoben. Insgesamt beschneien demnach 33.5% der Schweizer Skigebiete eine Fläche von 28 km². Diese 70 Skigebiete besitzen eine Pistenlänge von 3'065 km und somit eine berechnete Pistenfläche von 92 km².

Die 70 Skigebiete beschneien im Durchschnitt 31% ihrer Pisten. Damit liegen die befragten Skigebiete deutlich unter dem Schweizer-Durchschnitt, was darauf zurückzuführen ist, dass sich mehrheitlich kleine und mittlere Skigebiete an der Umfrage beteiligt haben.

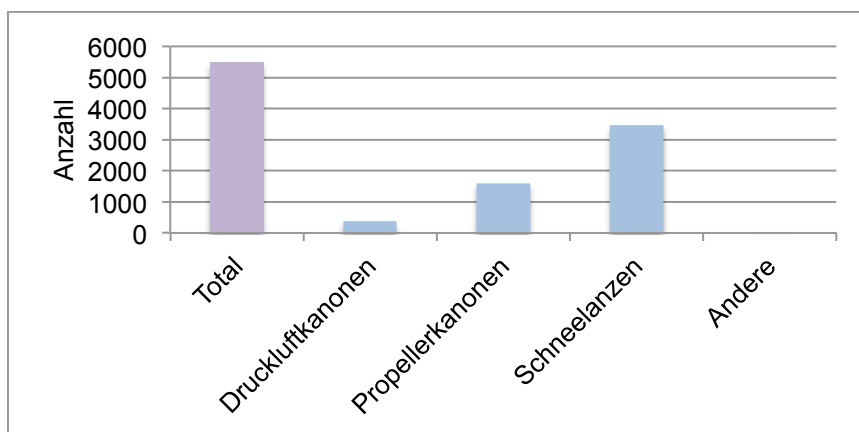
Gemäss der Saisonbilanz der Seilbahnen Schweiz wurden im Winter 2013/2014 41% aller Pisten in der Schweiz beschneit (SBS, 2014b). Da den SBS zufolge die Pistenfläche in der Schweiz 224 km² beträgt, wurde im Winter 2013/2014 demnach in der Schweiz eine berechnete Fläche von 94 km² künstlich beschneit (Ebd.). Dies entspricht in etwa eineinhalb Mal der Fläche von San Marino⁷ oder der Fläche von 13'165 Fussballfeldern⁸.

Schneekanonen

Insgesamt konnten von 79 der 84 Skigebieten, die im Winter 2014/2015 beschneiten, die Frage nach der Anzahl und Art der eingesetzten Schneekanonen erhoben werden. Folglich wurden in 37.8% der mehrheitlich kleineren und mittleren Skigebiete im Winter 2014/2015 5'373 Schneekanonen betrieben. In Abbildung 5 ist ersichtlich, dass dabei mehr als drei Fünftel Schneelanzens (63%), knapp ein Drittel Propellerkanonen (29%) und nur knapp ein Fünftel Druckluftkanonen (18%) eingesetzt wurden.

Unter dem Punkt „Andere“ waren insgesamt 19 Schneeerzeugungsgeräte aufgeführt, wie zum Beispiel eine stationäre Vakuumaschine.

Abbildung 5: Art und Anzahl Schneekanonen in 79 Schweizer Skigebieten im Winter 2014/2015



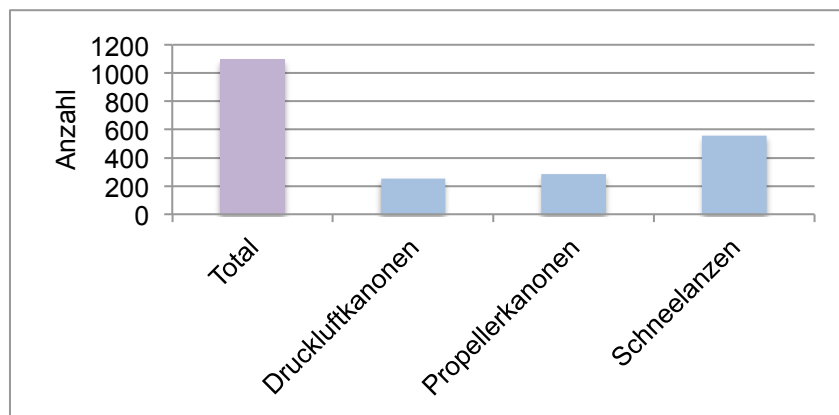
Quelle: Umfragedaten. Eigene Darstellung.

Investitionen in den nächsten fünf Jahren sind mehrheitlich in Schneelanzens (51%) und etwa zu gleichen Teilen in Propellerkanonen (26%) und Druckluftkanonen (23%) geplant (Abbildung 6). Insgesamt planen diese 79 Skigebiete in den nächsten fünf Jahren die Anschaffung von rund 1'000 Schneekanonen.

⁷ San Marino hat eine Fläche von 61 km² (Central Intelligence Agency, 2015).

⁸ Nach Richtlinien der FIFA (Fédération internationale de Football Association) hat ein Fussballfeld die Grösse von 105 x 68 m und eine Fläche von 7'140 m² (FIFA, 2015).

Abbildung 6: Art und Anzahl der in den nächsten 5 Jahren geplanten Schneekanonen in 79 Schweizer Skigebieten



Quelle: Umfragedaten. Eigene Darstellung.

Art der Beschneigung

Die Beschneigung kann punktuell oder grossflächig erfolgen. Bei der punktuellen Beschneigung werden gezielt apere Stellen und Schwachstellen wie Geländekanten oder-kuppen beschneit. Die punktuelle Beschneigung erfolgt oft auch bei viel befahrenen Pistenabschnitten oder Engpässen. Bei der grossflächigen Beschneigung werden ganze Pisten beschneit.

Im Winter 2014/2015 haben 60% von 67 Skigebieten grossflächig beschneit. In 40% der 67 Skigebiete wurde punktuell beschneit. Die Mehrheit der Skigebiete beschneite im Winter 2014/2015 demnach grossflächig.

Planierung

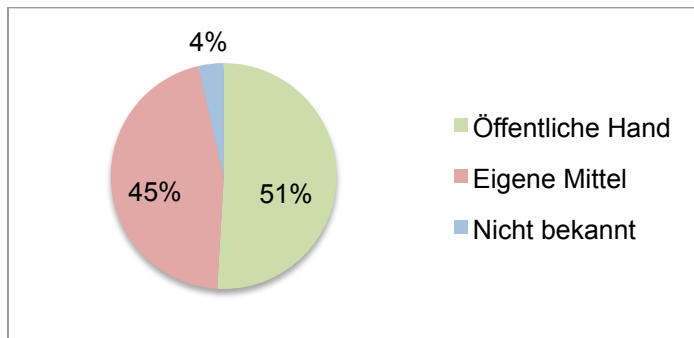
In der Umfrage wurde erhoben, dass für die künstliche Beschneigung insgesamt 12 km² Piste planiert worden war. In den nächsten fünf Jahren ist die Planierung von 4.5 km² Skigebietsfläche geplant. Über das Ausmass der Pistenplanierung lassen sich keine anschliessenden Aussagen machen, da vermutet wird, dass die Frage nach den Pistenplanierungen viele Skigebiete übersprungen haben, weil die Formulierung des Fragebogens die Unterscheidung zwischen „Keine Planierung“ und übersprungene Frage nicht zulässt. Es wird vermutet, dass das effektive Ausmass der Planierungen viel grösser ist.

Finanzierung

Zur Frage *Waren Sie bei der Realisierung des Beschneigungsbaus auf die Unterstützung der öffentlichen Hand angewiesen?* konnten von 68, also 33% der Schweizer Skigebiete Antworten erhoben werden. Insgesamt waren 40% dieser Skigebiete auf die Unterstützung der öffentlichen Hand angewiesen, während 60% der Skigebiete die Frage mit „Nein“ beantworteten. Bei einem Skigebiet ist die Finanzierung nicht bekannt.

Investitionen in die künstliche Beschneigung in der Zukunft können noch 51% der Skigebiete aus eigener Kraft finanzieren. Die öffentliche Hand muss demnach 45% der Skigebiete bei künftigen Investitionen in den Beschneigungsausbau unterstützen und bei 4% der Skigebiete ist die Finanzierung des Beschneigungsaubaus noch nicht bekannt (Abbildung 7).

Abbildung 7: Finanzierung der Investitionen in den Beschneigungsausbau



Quelle: Umfragedaten. Eigene Darstellung.

4.3 Zahlen der Schweiz

Im folgenden Unterkapitel wird mit Zahlen der SBS der Strom- und Wasserverbrauch sowie die Investitionskosten und die jährlichen Fixkosten berechnet.

Wasserverbrauch

Der Wasserverbrauch pro Einheit Schnee ist vom Standort, den Witterungsverhältnissen und der Art und Effizienz der eingesetzten Maschinen abhängig (Abegg, 2012).

Die für die Grundbeschneigung (Unterlage von 30 cm) eines Hektars benötigte Wassermenge beträgt zwischen 600 und 1'500 m³ Wasser (Teich et al., 2007).

Für die Grundbeschneigung von 94 km² (beschneite Fläche Winter 2013/2014) sind demnach hochgerechnet 6 bis 14 Mio. m³ Wasser nötig. Zum Vergleich: Der jährliche Wasserverbrauch der Stadt Bern⁹ beträgt 13 Mio. m³. Der jährliche Wasserverbrauch allein für die Grundbeschneigung beträgt demnach soviel wie der jährliche Wasserverbrauch der Stadt Bern. Wenn in Folge von warmen und/oder niederschlagsarmen Wintern nachbeschneit werden muss, kann der Wasserverbrauch noch signifikant steigen.

Energieverbrauch

Wie beim Wasserbedarf ist auch der Energiebedarf abhängig vom Standort, den Witterungsverhältnissen und der Art und Effizienz der eingesetzten Maschinen (Abegg, 2012). Teich et al. (2007) gehen von folgenden Richtwerten aus: Für die Grundbeschneigung einer Hektare Piste wird 5'000 bis 27'000 kWh benötigt.

⁹ Der jährliche Wasserverbrauch der Stadt Bern berechnet sich aus den pro Kopf und Tag benötigten 350 l (ewb. 2015a) sowie aus den Einwohnern der Stadt Bern (139'499) (Stadt Bern, 2015).

Demnach werden für die Grundbeschneigung von 94 km² je nach Verhältnisse 47'000 bis 253'800 MWh gebraucht. Dies entspricht dem jährlichen Stromverbrauch von bis zu 188'000 2-Personen-Haushalten.¹⁰

Zum Gesamtenergieverbrauch grosser Beschneiungsanlagen kommt zusätzlich noch der Stromverbrauch der umfangreichen technischen Infrastrukturen dazu. Besonders energieintensiv ist dabei die Wasserbereitstellung. Dazu wird Wasser vom Tal in Speicherseen oder direkt auf die Pisten hochgepumpt. Kühlanlagen, die sicherstellen, dass das Beschneigungswasser die ideale Temperatur hat, tragen zum Gesamtenergieverbrauch bei. Angaben zum detaillierten Stromverbrauch der einzelnen Komponenten der Beschneiungsanlage konnten leider weder durch Literaturrecherche noch durch die Umfrage oder die Interviews erhoben werden.

Kosten

Die Fixkosten eines beschneibaren Pistenkilometers betragen im Jahr 50'000 bis 70'000 CHF. Im Winter 2013/2014 wurden gemäss den SBS 94 km² Piste beschneit. Mit einer durchschnittlichen Pistenbreite von 30 m berechnen sich daraus 3'133 km beschneite Pisten. Die Beschneigung verursachte im Winter 2013/2014 Kosten in der Höhe von 156 bis 219 Mio. CHF. Dies entspricht dem Verkauf von 2.7 bis 3.8 Mio. Tagespässen.¹¹

Die Investitionskosten für einen Pistenkilometer belaufen sich auf 750'000-1'000'000 CHF. Daraus lässt sich berechnen, dass schweizweit bereits 2.34-3.13 Mrd. CHF in die Beschneigung investiert wurden. Zu diesen Gesamtinvestitionskosten kommen die Kosten für die Erstellung der künstlichen Speicherseen dazu, die effektiven Gesamtinvestitionskosten dürften um ein Vielfaches höher liegen.

5. DISKUSSION

Die Beantwortung der zentralen Fragestellung *Wie gross ist das Ausmass der künstlichen Beschneigung in der Schweiz* zeigt: die Beschneigungsthematik ist aktueller denn je.

Nebst 80 bereits realisierten Speicherseen konnten 18 geplante Speicherseen erhoben werden. Die tatsächliche Anzahl Speicherseen für die Beschneigung dürfte um einiges höher liegen, da gerade grössere Skigebiete die Umfrage nicht ausgefüllt haben und wichtige Wintersportkantone nicht bereit waren, Auskunft zu geben. 37% der Schweizer Skigebiete, vorwiegend kleinere und mittlere, besitzen über 5'300 Schneekanonen und geben an, mehrheitlich grossflächig und nicht punktuell zu beschneien. In der Schweiz wurde im Winter 2013/2014 gemäss Zahlen des SBS ausgerechnet eine Fläche grösser als 13'000 Fussballfelder beschneit.

¹⁰ Der jährliche Stromverbrauch eines 2-Personen-Haushaltes variiert je nach Anwendungen zwischen 1'350 und 2'000 kWh (ewb, 2015b).

¹¹ Der mittlere Preis für einen Tagespass für Erwachsene zum Volltarif betrug im Winter 2013/2014 gemäss Stickprobe 58.41 CHF (SBS, 2014b).

Dabei konnte ausgerechnet werden, dass nur für die Grundbeschneigung 14 Mio. m³ Wasser mit einem Stromverbrauch von bis zu 188'000 2-Personen-Haushalten verschneit wurde. Dies verursachte Kosten in der Höhe von bis zu 219 Mio. CHF. Insgesamt wurden bereits 3.13 Mrd. in den Beschneigungsausbau investiert, exklusive der Kosten für den Bau der Speicherseen. Dem steht entgegen, dass nur gerade ein Drittel der Bergbahnen nach rein marktwirtschaftlichen Kriterien aktuell überleben könnten. Zahlen aus der Umfrage zeigen auf, dass fast die Hälfte der Skigebiete bei der Realisierung des Beschneigungsausbaus auf die finanzielle Unterstützung der öffentlichen Hand angewiesen war.

Die erhobenen Zahlen bestätigen weitgehend das vorherrschende Bild der Literatur: Beschneigung um jeden Preis. Der Beschneigungsausbau wird als die Lösung der meisten Probleme der Skigebiete angesehen. Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung muss diese Fokussierung auf die Beschneigung skeptisch hinterfragt werden.

Im Zuge einer kritischen Auseinandersetzung mit der Thematik geht es längst nicht mehr um die grundsätzliche Frage, ob der Mensch Frau Holle ins Handwerk pfuschen darf oder nicht, sondern was finanziell möglich ist und in Anbetracht der ökologischen Auswirkungen Sinn macht. Die Beantwortung der ersten Fragestellung liefert mit einer Analyse der ökologischen und ökonomischen Auswirkungen hierfür die Grundlage.

Die Auswirkungen des Kunstschnees auf die Umwelt werden in der Fachliteratur kontrovers diskutiert. Oft können die Auswirkungen des Kunstschnees und des Skibetriebs nicht abschliessend voneinander getrennt werden. Kunstschnee hat nicht nur negative Auswirkungen auf den Boden, die Vegetation, den Wasserhaushalt und die Tierwelt. So kann eine genügend mächtige Kunstschneedecke auf intensiv genutzten Pisten zum Beispiel durchaus auch zum Schutz des Boden und der Vegetation beitragen. Der erhöhte Wassereintrag kann zwar Vegetationsstandorte verändern und zu Erosion führen, über das tatsächliche Ausmass der Auswirkungen sind sich die Forscher aber nicht einig. Anders sieht es mit den baulichen Massnahmen aus: Diese schädigen den Boden und die Vegetation nachweisbar und längerfristig. Die Literaturrecherchen und Fallbeispiele haben gezeigt, dass sich die Skigebiete dieser negativen Auswirkungen grösstenteils bewusst sind. So lässt zum Beispiel Zermatt standortgerechtes Saatgut für die Renaturierung der Pisten herstellen. Bei diesem guten Beispiel muss jedoch klar gesagt werden, dass Bemühungen im Umweltschutz stark mit der finanziellen Situation eines Skigebietes zusammenhängen. Zermatt kann es sich leisten, den Boden zu zerstören und danach mit geeignetem Saatgut zu renaturieren, für die meisten Skigebiete liegt finanziell knapp ersteres drin. Trotzdem ist es wichtig, dass Skigebiete wie Zermatt ihre Verantwortung gegenüber der Umwelt wahrnehmen und mit gutem Beispiel vorangehen.

In Bezug auf die Tierwelt konnte nachgewiesen werden, dass Licht- und Schallemissionen der Schneeaggregate die Gebirgsfauna stört, verschiedene Studien diskutieren die Konsequenzen jedoch in unterschiedlicher Weise. Insgesamt kann gesagt werden, dass die negativen Auswirkungen der Beschneigung auf die Umwelt in ihrem Ausmass und in ihrer Ausprägung stark variieren können. Es ist nach gründlicher Literaturanalyse dennoch davon auszugehen, dass die Beschneigung mehrheitlich negative Auswirkungen auf Boden, Vegetation, Wasser und die Tierwelt hat.

Indirekt gravierendere Auswirkungen auf die Umwelt haben der hohe Wasser- und Energieverbrauch. In Bezug auf das Wasser sieht sich die Schweiz zwar in einer komfortablen Situation, doch darf nicht vergessen werden, dass auch in der Schweiz die Ansprüche auf das Wasser vielfältig sind.

Gerade in trockenen Regionen wie dem Wallis kann es zu Nutzungskonflikten zwischen Landwirten, Betreibern von Elektrizitätswerken und den Bergbahnen kommen.

In Zukunft können diese durch eine mögliche Verknappung der Wasserressourcen, bedingt durch den Klimawandel und das Abschmelzen der Gletscher sowie gesteigerte Nachfrage von verschiedenen Seiten, verschärft werden. Der grosse Energieverbrauch ist angesichts des Klimawandels paradox: Der hohe Energieverbrauch der Kunstschneeproduktion trägt zum Klimawandel bei, während ebendiese Kunstschneeproduktion die Adaptionstrategie der Skigebiete ist. Diese Situation ist nicht nachhaltig, denn wie Abegg treffend formulierte: *„Nur ein klimaverträglicher Tourismus ist nachhaltig“* (Abegg, 2011: 25). Die Fallbeispiele sowie die Angebote der Beschneigungsindustrie zeigen, dass sich die Skigebiete dieser Problematik bewusst sind. Hier ist allerdings klar zu sagen, dass es bei Reduktion des Energieverbrauchs in erster Linie um Kosten- und nicht um CO₂-Einsparung geht. Die Gefahr des Reboundeffekts ist demzufolge sehr gross.

Die meisten Skigebiete können sich den Ersatz von alten, energieintensiven Schneeaggregaten aber nicht leisten, haben sie doch mit einer schwierigen finanziellen Situation zu kämpfen. Trotzdem investieren die Skigebiete weiter in den Beschneigungsausbau, mit der öffentlichen Hand im Rücken. Durch Subventionen wird die Wirtschaftslage verzerrt, der Wettbewerb wird geschwächt und das Angebot-Nachfrage-Gleichgewicht gerät aus der Balance. Es entstehen unrentable Überkapazitäten, die öffentliche Hand läuft Gefahr, in ein Fass ohne Boden zu investieren. Trotzdem hat der Bund im 2015 ein Vierjahres-Impulsprogramm beschlossen, das den alpinen Tourismus und insbesondere die Bergbahnen mit weiteren 200 Mio. CHF unterstützen soll. Grund dafür ist die grosse regionalwirtschaftliche Bedeutung der Bergbahnen. Die Bergbahnen und der dadurch generierte Tourismus sind der wirtschaftliche Motor der Täler, wie die Fallbeispiele Zermatt und Flumserberg sowie die Literaturanalyse eindrücklich zeigen.

Die Bergbahnen tragen entscheidend zu einer florierenden Wirtschaft der peripheren Regionen bei, die wiederum grosse Auswirkungen auf die Entwicklung der Gesellschaft hat. So können nebst den direkt und indirekt generierten Arbeitsplätzen Faktoren wie der Ausbau eines Verkehrsnetzes oder das Bestehen kultureller Angebote Abwanderung aus einer Region verhindern. Hier bleibt anzumerken, dass gerade in Top-Destinationen wie Zermatt der horrend Bodenpreis die Mietzinsen derart steigen lassen, dass sich einheimische Familien gezwungen sehen, das Tal zu verlassen. Weiter sollte bei diesen Überlegungen auch in Frage gestellt werden, ob die geschaffenen Arbeitsplätze junge, gut ausgebildete Leute tatsächlich im Tal halten können.

Die Literaturanalyse hat jedoch gezeigt, dass Saisonarbeitsstellen oftmals mit Tätigkeiten in der Landwirtschaft kombiniert werden, die zur Pflege der Alpweiden beitragen.

Durch die Landwirtschaft bleiben die Alpweiden genutzt, die Biodiversität hoch und das grösste Kapital des Tourismus, die Landschaft, gepflegt. Hier bleibt jedoch anzumerken, dass die künstliche Beschneigung aber genau dieses mit unzähligen baulichen Massnahmen auch zerstören kann.

Auch wenn die Literatur die mehrheitlich positive regionalwirtschaftliche Bedeutung der Bergbahnen unterstreichen, muss diese aus Sicht einer nachhaltigen Entwicklung kritisch hinterfragt werden. Durch die grosse Abhängigkeit einer Region von einem Wirtschaftszweig, dem Tourismus, der mehrheitlich in einer Saison Wertschöpfung generiert und dessen Erfolg von einem Produkt, dem Kunstschnee, abhängig ist, entstehen wirtschaftliche Monostrukturen. Die gesamte Wirtschaft einer Region steht und fällt somit mit den Bergbahnen. In einer längerfristig stabilen Wirtschaft dürfen solche enormen Abhängigkeiten nicht vorkommen. Trotz der regionalwirtschaftlichen Wertschöpfung einer Region durch die Bergbahnen trägt die wirtschaftliche Abhängigkeit einer Region von den Bergbahnen nicht zu einer nachhaltigen ökonomischen Regionalentwicklung bei.

mw Schweiz setzt sich unter anderem für einen nachhaltigen Bergsport sowie den Schutz der ursprünglichen Bergnatur ein. Es ist deshalb im Interesse der Organisation den Beschneigungsausbau einzugrenzen, da er weder klima- noch umweltfreundlich ist und auch nicht zu einer nachhaltigen ökonomischen Entwicklung einer Region beiträgt. Das Ziel ist es daher, die Skigebiete mit konstruktiven Lösungsvorschlägen auf ihrem Weg zu einem nachhaltigeren Tourismus ohne flächenhafte Beschneigung zu unterstützen. Die Wissenschaft kann mw Schweiz dabei auf vielfältige Weise unterstützen. So kann mit einer gezielten Informationsaufbereitung eine fundierte Argumentationsgrundlage geschaffen werden. Informationsbasis bilden Zahlen und Fakten zum aktuellen Ausmass sowie Angaben zu den ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der künstlichen Beschneigung.

Durch das Aufzeigen der Auswirkungen kann den Skigebieten die Konsequenzen ihres Handelns aufgezeigt und so die Notwendigkeit eines Umdenkens deutlich gemacht werden. Besondere Bedeutung kommt dabei der Analyse der konkreten wirtschaftlichen Auswirkungen zu, da diese die Skigebiete besonders interessieren dürften.

Weiter können Untersuchungen der Beschneigungssituation verschiedener Skigebiete die Anliegen von mw Schweiz als Beispiele unterstützen.

Dies könnten auch good practice Beispiele sein, die Skigebiete ermutigen, den Wandel weg von der künstlichen Beschneigung zu wagen. Für diesen Wandel muss aber auch gesellschaftliches Umdenken stattfinden. Die Problematik rund um die künstliche Beschneigung muss daher in der Gesellschaft bekannt sein und diskutiert werden. Es ist daher ferner die Aufgabe der Wissenschaft, auch der Gesellschaft die Problematik rund um die künstliche Beschneigung näher zu bringen. Denn durch die Gesellschaft kann nicht nur Druck auf Entscheidungsträger der Bergbahnen, sondern auch auf die kantonale und nationale Politik ausgeübt werden. Diese wiederum kann die entsprechenden gesetzlichen Rahmenbedingungen zum Beispiel zur Beschränkung des Beschneigungsausbaus schaffen. Weiter muss die Politik die Subventionsvergabe überarbeiten, sodass der Beschneigungsausbau nicht mehr übersubventioniert, sondern Skigebiete, die sich im Wandel befinden, unterstützt werden und so der nötige Strukturwandel vorangetrieben wird.

Bei diesen Überlegungen muss klar gesagt werden, dass der Wissenschaft Grenzen gesetzt sind. Trotz langjähriger Forschung und somit Wissen um die negativen Auswirkungen hat bisher kein Umdenken der Entscheidungsträger der Bergbahnen und der Politik stattgefunden. In diesem Kontext wäre es vielleicht ferner eine Aufgabe der Wissenschaft, die Gründe für die fehlende Umsetzung der Erkenntnisse in die Praxis zu ermitteln. Ein Grund für die mangelnde Umsetzung könnte sein, dass Entscheidungsträger in betroffenen Skigebieten wissenschaftlichen Erkenntnissen gegenüber oft kritisch eingestellt sind. Nur mit Skepsis werden Ratschlägen von aussen angenommen.

Ein weiteres Hindernis für die Umsetzung der Wissenschaft in die Praxis sind die kurzen Planungshorizonte der heutigen Wirtschaft. Eine Begrenzung der Beschneigung und schrittweise Umstellung zu alternativen Folgenutzungen der Schweizer Skigebiete rentiert ökonomisch gesehen nicht von heute auf morgen. Durch die kurzfristige Denkweise werden längerfristig nachhaltige Projekte trotz vorhandenen Erkenntnissen der Wissenschaft verhindert.

6. FAZIT

Die künstliche Beschneigung ist heute für den Wintertourismus in der Schweiz nicht mehr wegzudenken. Für die Bergbahnen ist die Kunstschneeproduktion die Hauptstrategie zur Sicherung der Saisondauer und Aufrechterhaltung der Wettbewerbsfähigkeit. Diese Strategie ist aus Sicht einer nachhaltigen Entwicklung problematisch. Aus einer ökologischen Perspektive überwiegen klar die Nachteile, nebst diversen lokalen negativen Auswirkungen auf den Boden, die Vegetation, den Wasserhaushalt und die Tierwelt, sind vor allem die Auswirkungen des grossen Wasser- und Stromverbrauchs auf die Umwelt bedenklich.

Aus ökonomischer Sichtweise gibt es gewisse Vorteile, die mit der grossen regionalwirtschaftlichen Bedeutung der Bergbahnen zusammenhängen.

Trotzdem sollte die Rolle des Wintertourismus als Wirtschaftsmotor einer Region nicht überschätzt werden, da auch diese mit Unsicherheiten und Risiken verbunden ist. Daher sollte die öffentliche Hand aus Sicht einer nachhaltigen Entwicklung anstatt den nötigen Strukturwandel mit Subventionen in den Beschneigungsausbau zu verzögern, den weiteren Beschneigungsausbau mit dem Motto „Qualität vor Quantität“ begrenzen und nur noch gezielt unterstützen. Anstatt mit Kunstschnee den Skibetrieb künstlich am Leben zu erhalten und so weder ökologisch noch ökonomisch nachhaltig zu handeln, sollten die Schweizer Skigebiete mit Unterstützung der öffentlichen Hand und der Wissenschaft an alternative Folgenutzungen denken, bevor das gesamte Kapital verschneit ist.

7. REFLEXION

Die Bearbeitung einer Fragestellung an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Technik hat mich auf vielfältige Weise herausgefordert. Einerseits war wissenschaftlich fundiertes Arbeiten gefragt, andererseits mussten durch die Zusammenarbeit mit Akteuren aus der Praxis lösungsorientierte Kompromisse gefunden werden. Nicht immer war es einfach, diesen beiden Ansprüchen gerecht zu werden.

Fachlich war mir die Beschneigungsproblematik durch mein Geographiestudium nicht unbekannt. Die Arbeit bot mir daher gute Möglichkeit, mich intensiver mit einer Thematik auseinander zu setzen und mir vertieftes Wissen anzueignen. Methodisch konnte ich die angewendeten Methoden der qualitativen Sozialwissenschaften gut festigen.

Auf persönlicher Ebene lernte ich, eigenständig und diszipliniert über mehrere Monate hinweg ein Thema zu bearbeiten. Es ist ein für mein weiteres Studium ein sehr ermutigendes Gefühl, erfahren zu haben, dass Forschung und Wissenschaft für die Praxis relevant sein können

Literaturverzeichnis

- Abegg, Bruno, 1996. *Klimaänderung und Tourismus. Klimaforschung am Beispiel des Wintertourismus in den Schweizer Alpen*. Schlussbericht NFP, 31. Hochschulverlag vdf, Zürich.
- Abegg, Bruno, 2012. *Natürliche und technische Schneesicherheit in einer wärmeren Zukunft*. Forum für Wissen 2012: 29-35.
- Abegg, Bruno, 2011. *Tourismus im Klimawandel. Ein Hintergrundbericht der CIPRA*. Compact 2011, 1.
- Andina, Angelo, Bianchi, Andrea, Eisenmann, Orlando, Geiger, Christian, Hämmerle, Andrea, Läderach, Peter, Lüthi, Peter, Schuler, Kaspar, Tschurr, Floris, 1990. *Schnee ohne Kanone. Als Ferienecke vorausgehen statt mit Kunstschnee hinterherhinken*. Initiativkomitee „Schnee ohne Kanonen“, Chur.
- Agrawala, Shardul, 2007. *Klimawandel in den Alpen. Anpassung des Wintertourismus und des Naturgefahrenmanagements*. [Online] www.oecd.org. [Zugriff: 17.06.2015].
- Bogner, Alexander, Littig, Beate, Menz, Wolfgang, 2005. *Das Experteninterview. Theorie, Methode, Anwendung. 2. Auflage*. VS Verlag für Sozialwissenschaften. Wiesbaden.
- Bundesamt für Umwelt BAFU, 2014. *Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2014- 2019*. [Online] www.bafu.ch. [Zugriff: 17.06.2015].
- Bundesamt für Umwelt BAFU, 2007. *Verwendung von Schneehärtern für Betreiber von Rennpisten und Veranstalter von Schneesportwettkämpfen*. Umwelt- Vollzug. Merkblatt Schneehärter, Bern.
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, BUWAL, 1997. *Mitteilung zur Stoffverordnung (StoV) Nr. 28. SNOMAX™*. [Online] <http://www.snomax.com/files/buwal.pdf>. [Zugriff: 05.10.2015].
- Central Intelligence Agency CIA, 2015. *The world factbook. Europe. San Marino*. [Online] <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/sm.html>. [Zugriff: 16.09.2015].
- Cernusa, Alexander, Angerer, Herbert, Newesely, Christian, Tappeiner, Ulrike, 1990. *Ökologische Auswirkungen von Kunstschnee – eine Kausalanalyseer Belastungsfaktoren*. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, 19, 2, 746- 757.
- Diekmann, Andreas, 2011. *Empirische Sozialforschung. Grundlagen. Methoden. Anwendungen*. Rowohlt Taschenbuchverlag, Reineck bei Hamburg.
- Energie Wasser Bern ewb, 2015a. *Wissen: Wasserverbrauch der Stadt Bern*. [Online] www.ewb.ch/de/wissen/artikel/wasser/wasserverbrauch.html. [Zugriff: 19.08.15].
- Energie Wasser Bern, ewb, 2015b. *Wissen: Durchschnittlicher Stromverbrauch*. [Online] <http://www.ewb.ch/de/wissen/artikel/strom/durchschnittsverbrauch.html>. [Zugriff: 20.08.15].
- Denzin, Norman K., 1970. *The Research Act. A Theoretical Introduction to Sociological Methods*. Transaction Publishers, Chicago.
- Fédération Internationale de Football Association FIFA, 2015. *Fussballstadien. Technische Empfehlungen und Anwendungen*. [Online] http://de.fifa.com/mm/document/tournament/competition/51/54/02/football_stadiums_technical_recommendations_and_requirements_de_8212.pdf. [Zugriff: 16.09.2015].
- Flick, Uwe, 2011. *Triangulation. Eine Einführung. 3., aktualisierte Auflage*. VS Verlag, Berlin.
- Gigantismus in Andermatt, 2013. *Zweifelhafte Finanzierung*. [Online] http://www.gigantismus-andermatt.ch/index.php?option=com_content&view=article&id=7&Itemid=8. [Zugriff: 04.10.2015].
- Hahn, Felix, 2004. *Künstliche Beschneidung im Alpenraum. Ein Hintergrundbericht*. Herausgegeben von CIPRA international, Schaan. [Online] www.cipra.org. [Zugriff: 17.06.2015].

- Hamberger, Silvia und Doering, Axel, 2015. *Der gekaufte Winter. Eine Bilanz der künstlichen Beschneidung in den Alpen*. [Online] www.geof.de/kunstschnee. [Zugriff: 17.06.2015].
- Hartmann, Ludwig, 2015. *Schneekanonen: Wie Steuergelder in die Luft geblasen werden*. [Online] <http://www.ludwighartmann.de/schneekanonen-wie-steuergelder-in-die-luft-geblasen-werden/>. [Zugriff: 15.09.2015].
- Imwinkelried, Daniel, 2015. *Die Branche hängt an einem dünnen Faden*. Neue Zürcher Zeitung NZZ [Online] <http://www.nzz.ch/wirtschaft/die-branche-haengt-an-einem-duennen-faden-1.18456625>. [Zugriff: 18.06.2015].
- Institut für Schnee und Lawinenforschung SLF, 2014: *Schnee. Technischer Schnee*. Online: [http://www.slf.ch/forschung_entwicklung/schnee/kunstschnee] (Stand 2014) [Zugriff: 14. Januar 2015].
- Lang, Thomas, 2009. *Energetische Bedeutung der technischen Pistenbeschneidung und Potentiale für Energieoptimierungen*. Bundesamt für Energie, Bern.
- Mountain wilderness Schweiz mw, 2015. *Home: mountain wilderness Schweiz*. [Online] www.mountainwilderness.ch. [Zugriff: 20.08.2015].
- Müller, Hansruedi, Weber, Fabian, Thalmann, Esther, 2007. *Klimaänderungen und die Schweiz 2050. Tourismus*. Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung, OcCC, Bern.
- Müller, Robert, 2015. *Allmählich dreht hier der Wind*. Die Wochenzeitung. [Online] <http://www.woz.ch/-5f3a>. [Zugriff: 06.10.2015].
- OcCC, Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung. *Klimaänderungen und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft*. OcCC/ProClim-, Bern.
- OECD, Organisation for Economic Co-Operation and Development. 2007. *Climate Change in the European Alps. Adapting winter tourism and natural hazards management*. OECD, Paris.
- Pröbstl, Ulrike, 2006. *Kunstschnee und Umwelt. Entwicklung und Auswirkungen der technischen Beschneidung*. Haupt Verlag, Bern.
- Pütz, Marco, Kytzia, Susanne, Elsasser, Hans, Lardelli, Corina, Teich, Michaela, Waltert, Fabian, Rixen, Christian, 2011. *Winter tourism, Climate Change, and Snow making in the Swiss Alps: Tourists' Attitudes and Regional Economic impacts*. Mountain Research and Development (MRD), 31, 4, 357-362.
- Rixen, Christian, Stoeckli, Veronika, Ammann, Walter, 2003. *Does artificial snow production affect soil and vegetation of ski pistes? A review*. Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics, 5, 219-230.
- Rixen, Christian, Häberli, Wilfried, Stöckli, Veronika, 2004. *Ground Temperatures under ski pistes with artificial and natural snow*. Arctic, Antarctic and Alpine Research, 36, 419-427.
- Rixen, Christian, Freppaz, Michele, Stöckli, Veronika, Huovinen, Christine, Huovinen, Kai, Wipf, Sonja, 2008. *Altered Snow Density and Chemistry Change Soil Nitrogen Mineralization and Plant Growth*. Arctic, Antarctic and Alpine Research, 40, 3 568-575.
- Roux- Fouillet, Wipf, Sonja, Rixen, Christian, 2011. *Long- term impacts of ski piste management on alpine vegetation and soils*. Journal of Applied Ecology, 48, 906-915.
- Saastal Bergbahnen AG, 2014. *Geschäftsbericht*. Saastal Bergbahnen AG, Saas- Fee.
- Schädler, Bruno., 2009. *Umgang mit Unsicherheiten und sich abzeichnenden Konflikten – Beispiel Wassernutzung*. OcCC-Symposium: Anpassung an den Klimawandel (Vortragsmanuskript), Bern.
- Schneeberger, Paul, 2015. *Eile mit Weile in Andermatt*. Neue Zürcher Zeitung NZZ [Online] <http://www.nzz.ch/schweiz/aktuelle-themen/eile-mit-weile-in-ander-matt-1.18568549> [Zugriff: 23.07.2015].
- Schwörer, Christopher, Rhyner, Hansueli, Rixen, Christian, Schneebeli, Martin, Iten, Berenice, 2007. *Chemische Pistenpräparation – Grundlagenbericht*. Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos.
- Seilbahnen Schweiz SBS, 2011. *Information zur Technischen Beschneidung*. Merkblatt Information an Mitglieder. SBS, Bern.
- Seilbahnen Schweiz SBD, 2012. *Geschäftsbericht 2012*. SBS, Bern.

- Seilbahnen Schweiz SBS, 2014a. *Fakten& Zahlen zur Schweizer Seilbahnbranche. Ausgabe 2014*. SBS, Bern.
- Seilbahnen Schweiz SBS, 2014b. *Saisonbilanz Winter 2013/2014*. SBS. Bern.
- Seilbahnen Schweiz SBS, 2015. *Saison Monitoring Winter 2014/2015*. SBS. Bern.
- Seilbahnen Schweiz SBS, 2015. Persönliches Gespräch vom 25.09.2015.
- Soukup, Michael, 2015. *Sawiris und die <<sehr, sehr euphorischen Annahmen>>* Tagesanzeiger. [Online] <http://www.tagesanzeiger.ch/schweiz/standard/sawiris-und-die-sehr-sehr-euphorischen-annahmen/story/18448987>. [Zugriff: 04.10.2015].
- Staatssekretariat für Wirtschaft SECO, 2011. *Der Schweizer Tourismus im Klimawandel. Auswirkungen und Anpassungsoptionen*. SECO, Bern
- Staatssekretariat für Wirtschaft SECO, 2013. *Bericht über die strukturelle Situation des Schweizer Tourismus und die künftige Tourismusstrategie des Bundesrates*. SECO. Bern.
- Stadt Bern, 2015. *Bevölkerung*. [Online] http://www.bern.ch/leben_in_bern/stadt/statistik. [Zugriff: 05.10.2015].
- Stadt Biel, 2015. *Stadt Biel Stadtentwicklung, Stand 2015*. [Online] www.biel-bienne.ch/wirtschaft. [Zugriff: 18.08.2015].
- Stadt Lugano, 2015. *Lugano, eine Schweizer Stadt*. [Online] destinations.lugano.ch [Zugriff: 18.08.2015].
- Ständiges Sekretariat der Alpenkonvention, 2007. *Wasserhaushalt und Gewässerbewirtschaftung. Alpenzustandsbericht. ALPENKONVENTION, Alpensignale-Sonderreihe 2. Kurzfassung*. [Online] www.alpencon.org. [Zugriff: 16.06.2015].
- Steiger, Robert, 2013. *Auswirkungen des Klimawandels auf Skigebiete im bayerischen Alpenraum. Projektabschlussbericht*. Innsbruck.
- Stöckli, Veronika, Wipf, Sonja, Rixen, Christian, 2002. *Kunstschnee und Schneezusätze: Eigenschaften und Wirkungen auf Vegetation und Boden in alpinen Skigebieten*. Zusammenfassung eines Forschungsprojekts am Eidgenössischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos.
- Stünzi, Misha, 2015. *Die meisten Bahnen würden ohne öffentliche Gelder nicht überleben*. In Neue Zürcher Zeitung NZZ [Online] <http://www.tagesanzeiger.ch/wirtschaft/unternehmen-und-konjunktur/Die-meisten-Bahnen-wuerden-ohne-oeffentliche-Gelder-nicht-ueberleben/story/10387056>. [Zugriff: 18.06.2015].
- Swissdox, 2011. *Durchaus gute Presse. Die Swissdox AG*. [Online] www.swissdox.ch. [Zugriff: 13.10.2015].
- Teich, Michaela, Lardelli, Corina, Bebi, Petter, Kytzia, Susanne, Pohl, Mandy, Pütz, Marco, Rixen, Christian, 2007. *Klimawandel und Wintertourismus: ökonomische und ökologische Auswirkungen von technischer Beschneigung*. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf.
- Thiel, Dominik, Jenni- Eiermann, Susanne, Palme, Ruppert, 2005. *Measuring Corticosterone Metabolites in Droppings of Capercaillies (Tetrao urogallus)*. Bird Hormones and Bird Migrations: Analyzing Hormones in Droppings and Egg Yolks and Assessing Adaptations in Long-Distance Migration, 96-108.
- Trockner, V., Kopeszki, H., 1994. *Auswirkungen der künstlichen Beschneigung auf Bodenverdichtung, Bodentemperatur, Ernteertrag und Collembolenfauna von Pistenböden*. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, 23, 283-276.
- Thiel, Dominik, Jenni, Lukas, Jenni- Eiermann, Susanne, 2006. *How susceptible are Capercaillie to human disturbance?* Journal of Ornithology, 147, 261-261.
- Vetterli, Martin, 2015. *Gerangel um die Gipfel*. Beobachter [Online] http://www.beobachter.ch/konsum/reisen/artikel/tourismus_gerangel-um-die-gipfel/. [Zugriff: 04.10.2015].
- Vollmer, Peter, 2002. *Bedeutung der Seilbahnen für den Tourismus in der Schweiz*. Die Volkswirtschaft. Das Magazin für Wirtschaftspolitik, 6.
- Wilderer, Peter A., Schroeder Edward D., Horst, Kopp, 2005. *Global Sustainability. The Impact of Local Cultures: A New Perspective for Science and Engineering, Economics and Politics*. Weinheim. Wiley-VCH Verlag GmbH&Co.KGaA. Weinheim.

- Wipf, Sonja, Rixen, Christian, Fischer, Markus, Schmid, Bernhard, Stoeckli, Veronika, 2005. *Effects of ski piste preparation on alpine vegetation*. Journal of applied Ecology, 42, 306- 316.
- World Commission on Environment and Development, WCED, 1987. *Our common future*. WCED, Oslo.
- Zeitler, Albin, 2006. *Birkwild und Wintertourismus*. 12. Österreichische Jägertagung, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Irnding.

Selbständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende schriftliche Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen der Arbeit, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen wurden, habe ich in jedem Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht. Das Gleiche gilt auch für beigegebene Zeichnungen und Darstellungen. Mir ist bekannt, dass ich andernfalls ein Plagiat begangen habe, dass dieses mit der Note 1 bestraft wird und dass ich vom Dekan einen Verweis erhalte.



Bern, Oktober 2015

Gabriela Iseli

Anhang

A. Fragebogen

Deutscher Fragebogen

Die Reihenfolge der Fragen ist relevant und wurde durch logische Verknüpfungen mit dem Umfragetool SurveyMonkey geregelt. Untenstehend sind die Fragen und wo vorhanden, auch die Antwortoptionen aufgeführt. Die Verknüpfungen sind nicht sichtbar.

SEITE 1: ALLGEMEINE ANGABEN

F1: *Für welches Skigebiet führen Sie diese Umfrage durch?*

F2: *Kanton*

F3: *Anzahl Pistenkilometer*

F4: *Höhe des Skigebietes (von ... bis ... m.ü..M.)*

F5: *Liftanlagen*

Anzahl Schlepplifte

Anzahl Sessellifte

Anzahl Pendelbahnen

Anzahl Kabinenbahnen

Anzahl und Art Andere

SEITE 2: KÜNSTLICHE BESCHNEIUNG ALLGEMEIN

F6: *Wird im Skigebiet aktuell künstlich Beschneigung*

Ja

Nein

Nein, Investitionen in die künstliche Beschneigung sind in den nächsten 5 Jahren geplant

SEITE 3: SCHNEEKANONEN

F7: *Wie viele Schneekanonen von welchem Typ wurden im Winter 2014/2015 eingesetzt?*

Anzahl Druckluftkanonen

Anzahl Propellerkanonen

Anzahl Schneelanzen

Anzahl und Bezeichnung anderer Systeme

F8: *Wie viele Schneekanonen von welchem Typ werden in den nächsten 5 Jahren angeschafft werden?*

Anzahl Druckluftkanonen

Anzahl Propellerkanonen

Anzahl Schneelanzen

Anzahl und Bezeichnung anderer Systeme

SEITE 4: BESCHNEITE FLÄCHE

F9: *Wie gross war die beschneite Fläche im Winter 2014/2015? Angaben bitte in Kilometer oder Quadratkilometer oder Hektaren.*

Angaben in Kilometer

Angaben in Quadratkilometer

Angaben in Hektaren

F10: *Wie und in welchem Ausmass fand die Beschneigung im Winter 2013/2014 statt?*
(Punktuell = einzelne Pistenabschnitte, apere Stellen, grossflächig= ganze Pisten)

Punktuell (Angaben in % der gesamten beschneiten Fläche)

Grossflächig (Angaben in % der gesamten beschneiten Fläche)

SEITE 5: SPEICHERSEEN

F11: *Künstliche Speicherseen für die Beschneigung*

- Anzahl
 Fassungsvermögen aller Seen in Kubikmeter (1 m³ = 1000 l)
- F12: Woher stammt das Wasser für die künstlichen Speicherseen?
 Trinkwasserquellen
 Bäche/Flüsse
 Seen
 Nicht bekannt
 Andere (Bitte angeben)
- F13: Natürliche Speicherseen für die Beschneigung
 Anzahl
 Fassungsvermögen aller Seen in Kubikmeter (1 m³ = 1000 l)
- F14: Geplante künstliche und natürliche Speicherseen in den nächsten 5 Jahren
 Anzahl
 Fassungsvermögen aller Seen in Kubikmeter (1 m³ = 1000 l)

SEITE 6: PISTENPLANIERUNG

- F15: *Wie viele Kilometer Piste wurden für die künstliche Beschneigung planiert?*
 F16: *Wie viele Kilometer Piste werden in den nächsten 5 Jahren für die künstliche Beschneigung planiert werden?*

SEITE 7: FINANZIERUNG

- F17: *Waren Sie bei der Realisierung des Bescheiungsausbaus auf die Unterstützung der öffentlichen Hand angewiesen?*

Ja
 Nein
 Nicht bekannt

- F18: *Werden Sie bei der Realisierung des Beschneigungsausbaus in den nächsten 5 Jahren auf die Unterstützung der öffentlichen Hand angewiesen sein?*

Ja
 Nein
 Nicht bekannt

SEITE 8: ENDE DER UMFRAGE

- F19: Gerne lasse ich Ihnen die Resultate der Umfrage zukommen. Falls Sie dies wünschen, geben Sie bitte untenstehend Ihre Kontaktangaben (Adresse, Telefonnummer, E-mail-Adresse) an.

F20: Kommentar

Französischer Fragebogen

PAGE 1 : Information générales

Q1 : *Quel est le nom du domaine skiable pour lequel vous remplissez ce questionnaire?*

Q2 : Le canton

Q3 : Altitude du domaine skiable (de ... jusqu'à ... mètres)

Q4 : Nombre de kilomètres de piste

Q5 : Nombre de remontés mécaniques

Nombre de téléskis
 Nombre de télésièges
 Nombre de téléphériques
 Nombre de télécabines
 Nombre et nom des autres

PAGE 2 : L'enneigement en général

Q6 : *Est-ce que vous utilisez les systèmes pour l'enneigement artificiel ?*

Oui
 Non

Investissements planifiée pour les prochaines 5 années

PAGE 3: CANONS DE NEIGE

Q7: *Combien de canons de neige de quel type étaient utilisés pendant l'hiver 2014/2015 ?*

Nombre canon à air comprimé

Nombre machines à hélices

Nombre lances à neige

Nombre et type des autres systèmes

Pas connu

Q8 : *Combien de canons de neige de quel type sont planifiés pour les prochaines 5 années ?*

Nombre canon à air comprimé

Nombre machines à hélices

Nombre lances à neige

Nombre et type des autres systèmes

Pas connu

PAGE 4 : SURFACE ENEIGEE

Q9 : *De quelle dimension était la surface enneigée en hiver 2014/2015 (en kilomètres, en kilomètres carrés ou en hectares)*

Surface en kilomètres

Surface en kilomètres carrés

Surface en hectares

Q10 : *Est-ce que l'enneigement en hiver 2014/2015 était ponctuel (seulement parties isolée de la piste) ou vaste (la piste entière)?*

Ponctuel (% de la surface enneigée totale)

Vaste (% de la surface enneigée totale)

Pas connu

PAGE 5 : LACS DE RETENUE

Q11 Lacs de retenue artificiels

Nombre

Volume de tous les lacs en mètre cube

Q12 : *Quelle sont les sources de l'eau pour l'enneigement artificiel?*

Source d'eau potable

Ruisseau/ rivière

Lac

Pas connu

Différentes (préciser s.v.p.)

Q13 : Lacs de retenue naturels

Nombre

Volume de tous les lacs en mètre cube ($1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ l}$)

Q14 : Lacs de retenue naturels et artificiels planifiées

Nombre

Volume de tous les lacs en mètre cube ($1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ l}$)

PAGE 6 : MESURES DE CONSTRUCTION

Q15 : *Combien de kilomètres de piste ont été aplani pour l'enneigement artificiel ?*

Q16 : *Combien de kilomètres vont être aplani pendant les prochaines cinq années ?*

PAGE 7 : FINANCEMENT

Q17 : *Est-ce que votre domaine skiable était dépendant de l'aide des pouvoirs publics pour réaliser les systèmes d'enneigement ?*

Oui

Non

Pas connu

Q18 : *Est-ce que votre domaine skiable va être dépendant de l'aide des pouvoirs publics pour réaliser les systèmes d'enneigement ?*

Oui

Non

Pas connu

PAGE 8 : FIN DU QUESTIONNAIRE

Q19 : *Avec plaisir, je vous enverrai les résultats du questionnaire. Si vous le souhaitez, s'il vous plaît indiquez votre adresse email ci-dessous.*

Q 20 : Commentaire

C. Liste aller Speicherseen

Tabelle 2: Unvollständige Liste der Speicherseen für die künstliche Beschneigung in der Schweiz (Stand: 1. September 2015)

Kanton	Name	Skigebiet	Volumen [m ³]	Baujahr	Beschreibung
Bern	Brenggenmäder	Lenk (Metsch)	75'600		
Bern	Gussetboden I	Brienz- Axalp	2'500		Unterirdisches Speicherbecken
Bern	Schafboden	Grindelwald (Scheidegg-Männlichen)	9'000	1990	
Bern	Ischlag	Grindelwald (Scheidegg-Männlichen)	100'000	2010	
Bern	Fallboden	Grindelwald (Scheidegg-Männlichen)	73'000		
Bern	Hornberg	Gstaad- Saanenland		1998	
Bern	Vorders Eggli	Gstaad- Saanenland			
Bern	Speichersee am Brenggen	Adelboden/Lenk	75'600	2013	
Bern	Schwarzsee	Kaisereggbahnen	50'000		Natürlicher See, dem Wasser für die künstliche Beschneigung entnommen wird, Volumen kann stark variieren
Bern	Oberlochsitli (2 Seen)	Marbachegg	4'000		2-3 Mal pro Saison ausgepumpt
Bern		Meiringen- Hasliberg	14'000		

Bern	Brandsee	Elsigenalp- Metschalp			Wird natürlich gefüllt
Bern	Speichersee Piz Gloria	Schilthorn/Piz Gloria	45'000	2002	
Bern		Jungfrau Skiregion	121'000		Drei Speicherseen für die künstliche Beschneigung, Ort, und Name unbekannt
Bern	Wengensee				
Bern		Linden			Natürlicher See
Friburg		La Berra	3'000		
Glarus	Unbekannt	Braunwald	70'000		
Graubünden	Speichersee Nagens	Flims- Laax- Falera	200'000	2006	
Graubünden	Speichersee Dado	Flims- Laax- Falera	60'000	1994	
Graubünden	Speichersee Stadlerberg	Davos- Klosters: Jakobshorn	50'000	2000	
Graubünden	Speichersee Brämabüel	Davos- Klosters: Jakobshorn			
Graubünden	Speichersee Totalp	Davos- Klosters: Parsenn	95'500	2005	
Graubünden	Alp da Munt	Minschuns	5'850		
Graubünden	Crest Falla	Brigels- Waltensburg	2'000		
Graubünden	Heidbüel	Lenzerheide Bergbahnen AG	30'000		

Graubünden	Scharmoin	Lenzerheide Bergbahnen AG	55'000	2002	
Graubünden	Valos	Lenzerheide Bergbahnen AG	110'000	2007	
Graubünden	Viderjoch	Samnaun	73'500		
Graubünden	Plambort	Obersaxen/ Mundaun	40'000	2010	
Graubünden		Savognin	3'000		
Graubünden	Tanatzhöhi	Splügen	28'000		1 Mal pro Saison nachfüllen
Graubünden	Äpli	Grüsch- Danusa	12'000		Zufluss von 750 m ³ im Tag
Graubünden	Scharmoin	Lenzerheide	55'000		Wird ca. 2x nachgefüllt pro Saison, insgesamt ca. 500'000 m ³ Wasser für die künstliche Beschneigung in der Lenzerheide
Graubünden	Heidbüel	Lenzerheide	30'000		Insgesamt ca. 500'000 m ³ Wasser für die künstliche Beschneigung in der Lenzerheide
Graubünden	Valos	Lenzerheide	10'000		Insgesamt ca. 500'000 m ³ Wasser für die künstliche Beschneigung in der Lenzerheide
Graubünden	Unbekannt	Tschappina	5'000		Wird je nach Saison 5-9 Mal nachgefüllt
Graubünden	Schlivera	Motta Naluns	50'000		Teilweise unterirdisch, teilweise aufgeschüttet. Wird während des Winters wenn immer möglich nachgefüllt.
Graubünden	Hintere Hütte	Arosa-Lenzerheide	60'000	2009	
Graubünden	Plaun Lom, Vella	Obersaxen/ Mundaun			
Graubünden		Obersaxen/ Mundaun	9'000	1997	

Luzern	Vorder Steinetti	Sörenberg	20'000		für die Grösse: nachfragen bei den Bergbahnen
Luzern	Brunnenmoossee	Marbachegg	5'000		2-3 Mal pro Saison ausgepumpt
Nidwalden	Trübsee (Speichersee Kraftwerk Trübsee)	Engelberg- Titlis	120'000		natürlicher See der gestaut wurde für Elektrizitätsgewinnung, z.T. Wasserentnahme aus diesem See, Volumen insgesamt 850'000, Entnahme 120'000
Nidwalden	Ausgleichsbecken Untertrübsee (Überlauf Löschwasserreservoir)	Engelberg- Titlis	7000		Wasserrechtlich bewilligte Entnahmenmenge 7'000
Obwalden	Mörlisee	Mörlialp	10'000	2007	kleiner See, nicht UVP
Obwalden	Melchsee	Melchsee- Frutt			Natürlicher See, der höher gestaut wurde für Stromgewinnung und dem Wasser für die künstliche Beschneigung entnommen wird
Obwalden	See bei der Rodelbahn	Engelberg- Brunni	3'000		Für die Beschneigung wird pro Winter ca. 15'000 m ³ Wasser gebraucht
Obwalden	Härzlisee	Engelberg- Brunni	12'000	1998	Für die Beschneigung wird pro Winter ca. 15'000 m ³ Wasser gebraucht
Obwalden		Giswil- Mörlialp	10'000		
Schwyz	Gründel See	Mythenregion Handgruobi	16'000		Wird je nach Saison 1- 1.5 Mal nachgefüllt
Schwyz	Stoos- Seeli	Stoos	22'000	2008	Wird je nach Saison 1-3 Mal nachgefüllt aus dem Überlauf der Wasserversorgung Stoos
Schwyz	Seebli- See	Hoch-Ybrig			Natürlicher See
Solothurn		Wanne Langenbruck			künstliches Speicherbecken
St. Gallen	Grossee, Oberterzen	Flumserberg, Maschgen-kamm- Seeben- Panüöl-	150'000		Natürlicher See

Tannenbodenalp				
St. Gallen	Heusee, Oberterzen	Flumserberg, Maschgenkamm-Seeben- Panüöl-Tannenbodenalp	60'000	Natürlicher See + Aufstau, Dammerhöhung für Stauvolumenerhöhung in Arbeit
St. Gallen	Speicher Prodalp	Flumserberg, Prodchamm-Tannenboden	15'000	Unterird. Reservoir, Überwasser von Quellen
St. Gallen	Adler	Meienberg, Gaffia (Pizol)	10'000	Unterird. Reservoir, nur Überwasser von Quellen
St. Gallen	Speicher, Gams	Wildhaus-Obertoggenburg	55'000	Künstlicher Weiher mit Erddämmen und Dichtungsfolie
St. Gallen	Suntigweid	Pizol	1'500	Wird nur 1x pro Saison nachgefüllt, da nicht mehr Wasser zur Verfügung steht. (2 Füllungen im Jahr)
St.Gallen	Gamsalp	Wildhaus-Obertoggenburg	15'000	
St.Gallen	Warmtobel	Wildhaus-Obertoggenburg	54'000	2002
Waadt	Bassin d'Aï Leysin	Leysin	36'000	
Waadt	Bassin des Chaux	Villars/Ollon	44'600	
Wallis		Fiescheralp	50'000	
Wallis	Speichersee in den Bidmera	Bellwald	300'000	
Wallis	Speichersee Hohbiel	Blatten Belalp	100'000	2010
Wallis	Lac de retenue Moneyeu	Verbier	15'000	Im Bau, soll auch als Trinkwasserreservoir dienen
Wallis		Verbier	500'000	Natürliche Seen: 2 Seen, Volumen insgesamt 2'500'000

Wallis	Bassin d'accumulation "Jorasses"	Ovronnaz	16'000	
Wallis		Bettmeralp	650'000	Natürlicher See
Wallis		Riederalp	500'000	Natürlicher See
Wallis		Visperterminen	300	Natürlicher See
Wallis	Gornergratsee	Zermatt	750'000	Natürlicher See, Gletschersee auf 3'000 m.ü.M, Volumen zusammen mit Theodulgletschersee 1'500'000
Wallis	Otharhang	Saas- Fee	70'000	Natürlicher See
Wallis	Theodulgletschersee	Zermatt	750'000	Natürlicher See, Gletschersee auf 3'000 m.ü.M., Volumen zusammen mit Gornergratsee 1'500'000
Wallis	Lac de Vaux	Verbier		Natürlicher See, künstlich erhöht
Wallis	Flesch	Fiesch- Eggishorn		
Wallis	Champéry (2 Seen)	Champéry-Les Crossets Portes du Soleil SA		
Wallis		Anzère		Natürlicher See, Volumen insgesamt 51'000'000
Wallis		Crans Montana	130'000	

Quelle: Eigene Daten. Eigene Darstellung.

Tabelle 3: Unvollständige Liste der geplanten Speicherseen für die künstliche Beschneigung in der Schweiz (Stand: 1. September 2015)

Kanton	Name	Skigebiet	Volumen [m ³]	Baujahr	Bemerkungen
Bern		Jaunpass	15'000	2013/2014	Nicht sicher ob bewilligt
Bern		Lenk	30'000	geplant für die nächsten 5 Jahre	
Graubünden	Naturspeichersee Lej Alv	Corviglia-Celerina	397'000	Bauabschluss Ende 2015	Wasser für 2 Skigebiete
Graubünden		Bergbahnen Rinerhorn AG	50'000	geplant für die nächsten 5 Jahre	
Nidwalden	Speichersee Ergglen/Klewenstock	Klewenalp	20'000	geplant	See muss immer wieder nachgefüllt werden, pro Jahr etwa 180'000 m ³ Wasser
Obwalden	Eissee	Sörenberg	60'000		Bewilligungsverfahren läuft noch
St. Gallen	Speicher, Grueb	Flumserberg, Maschgen-kamm-Seeben- Panüöl-Tannenbodenalp	90'000	Inbetriebnahme geplant 2013/2014	Natürlicher, abgedichteter Dolinentrichter: Projektiert, Erstellung in etwa 7 Jahren geplant
St. Gallen	Speicher Sunntigweid	Pardiel (Pizol)	20'000	Projektiert, Erstellung 2015 geplant	Künstlicher Weiher mit Erddämmen und Dichtungsfolie
St. Gallen	Speicher, Gallerweid	Wildhaus-Obertoggen-burg	75'000	geplant	Künstlicher Weiher mit Erddämmen und Dichtungsfolie
Wallis	Ärbachchnubel	Lauchernalp	50'000	geplant für die nächsten 5 Jahre	
Wallis		Verbier	45'000	geplant für die nächsten 5 Jahre	
Wallis		Riederalp	200'000	geplant für die nächsten 5 Jahre	

Uri	Gütsch	Andermatt/Sedrun	50'000	
Uri	Oberalpsee	Andermatt/Sedrun	200'000	Oberalpsee ist primär ein Kraftwerkstausee, Wasserentnahme für künstliche Beschneigung max. 200'000 m ³
Bern	Speichersee Kleine scheidegg Lauberhorn	Jungfrau Ski Region	47'300	Es besteht Option für den Bau des Speichersees
Graubünden		Pizol	15'000	
Bern		Marbachegg	30'000 - 50'000	
Wallis		Crans Montana	250'000	geplant für die nächsten 5 Jahre

Quelle: Eigene Daten. Eigene Darstellung.