

# Beschneigungsspeicher aus der Sicht und in der Beurteilung der Skigebiete

Rolf Weingartner und Pascale Josi



Foto: Bruno Petroni

Projektverfasser: ETH Zürich, Departement Architektur, Institut für Landschaft und Urbane Studien, Professur Günther Vogt

Die Studie wurde von der Toggenburg Bergbahnen AG unterstützt.

Publikation: Mai 2024

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1.1	Hintergrund . . . . .	1
1.2	Umfrage . . . . .	1
1.2.1	Stichprobe . . . . .	1
1.3	Aufbau des Berichts . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Charakterisierung der Skigebiete</b>	<b>2</b>
2.1	Ausstrahlung und Bedeutung der Skigebiete . . . . .	2
2.2	Kennwerte der Pisteninfrastruktur . . . . .	3
2.3	Abhängigkeit vom Wintertourismus . . . . .	4
2.4	Zukunft des Tourismus . . . . .	4
2.5	Wahrnehmung der Klimaänderung . . . . .	5
2.6	Rolle der Beschneigungsspeicher . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Charakterisierung der technischen Beschneigung</b>	<b>7</b>
3.1	Beschneigungsgrad . . . . .	7
3.2	Jährlicher Wasserverbrauch für die technische Beschneigung . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Beschneigungsspeicher</b>	<b>10</b>
4.1	Typen und deren Produktivität . . . . .	11
4.2	Stellung der Beschneigungsspeicher innerhalb der technischen Beschneigung . . . . .	12
<b>5</b>	<b>Künstliche Beschneigungsspeicher</b>	<b>12</b>
5.1	Einleitung . . . . .	12
5.2	Höhenlage . . . . .	12
5.3	Speichervolumina . . . . .	14
5.4	Genutzte Volumina und Anzahl Füllungen . . . . .	14
5.5	Aspekte des Bauens und Sanierens . . . . .	16
5.5.1	Zeitpunkt des Baus . . . . .	16
5.5.2	Kosten . . . . .	16
5.6	Besitzverhältnisse . . . . .	17
5.7	Hydrologische Aspekte . . . . .	18
5.7.1	Einbettung in den Wasserhaushalt . . . . .	18
5.7.2	Herkunft des Wassers . . . . .	18
5.8	Nutzung . . . . .	20
5.9	Gestaltung . . . . .	20
<b>6</b>	<b>Blick in die Zukunft</b>	<b>21</b>
6.1	Weiterausbau . . . . .	21
6.2	Konflikte . . . . .	22
<b>7</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>	<b>22</b>
7.1	Einführung . . . . .	22
7.2	Charakterisierung der Skigebiete . . . . .	23

7.3	Charakterisierung der technischen Beschneigung . . . . .	23
7.4	Beschneigungsspeicher . . . . .	24
7.5	Künstliche Beschneigungsspeicher . . . . .	24
7.6	Zukünftigen Entwicklung . . . . .	25
7.7	Abschliessende Gedanken . . . . .	26

# **1 Einführung**

## **1.1 Hintergrund**

In diesem Kapitel werden die Beschneigungsspeicher aus der Sicht der Skigebiete betrachtet und eingeordnet. Dazu führten wir im Jahr 2021 eine Umfrage bei jenen Skiorten durch, welche über Beschneigungsspeicher verfügen. Die Ergebnisse dieser Umfrage lassen sich in drei Aspekte unterteilen:

1. Charakteristik der Skigebiete mit Beschneigungsspeicher
2. Charakteristik der technischen Beschneigung
3. Beschreibung der verschiedenen Aspekte der Beschneigungsspeicher

## **1.2 Umfrage**

Für die Umfrage stellte der Verband Seilbahnen Schweiz (SBS) die Adressen der relevanten Skigebiete zur Verfügung. Insgesamt wurden 56 Skigebiete, welche Wasser aus Beschneigungsspeichern beziehen, angeschrieben. Die Rücklaufquote lag bei 63 %, was bei einer Umfrage einen sehr hohen Wert darstellt. Die zurückgesandten Umfrageblätter erfassen 57 der insgesamt 75 in der Schweiz vorhandenen Beschneigungsspeicher (Stand 2021). Man darf insgesamt von einer repräsentativen Umfrage sprechen.

In der Umfrage wurden 47 Variablen erhoben. Da die Umfragebögen nicht immer vollständig ausgefüllt wurden, liegen allerdings Datenlücken vor.

### **1.2.1 Stichprobe**

35 Skigebiete sind in den folgenden Auswertungen enthalten: Aletsch-Arena, Andermatt Sedrun, Arosa, Belalp, Bellwald, Bruni-Engelberg, Champéry Crosets Morgins Champouissin, Crans-Montana, Diavolezza, Elsigentalp, St. Moritz, Titlis-Engelberg, Flumserberge, Hoch-Ybrig, Jungfrau Region, Laax Flims Valera, Lenzerheide, Leysin, Melchsee-Frutt, Mörialp, Motta Naluns Scuol, Mythenregion, Ovronnaz, Savognin, Schilthorn, Splügen Tambo, Stoos, Thyon, Torrent Leukerbad, Tschoppina Heizenberg, Verbier, Villars Gryon, Wangs Bad Ragaz/Pizol, Wildhaus und Zermatt.

In dieser Stichprobe sind nur Skigebiete enthalten, die über einen oder mehrere Beschneigungsspeicher verfügen. Es handelt sich also um keine gesamtschweizerische Analyse.

Die Ergebnisse der Umfrage wurden – nach Vorgabe der Skigebiete – so anonymisiert, dass keine direkten Bezüge zu einzelnen Skigebieten möglich sind.

### 1.3 Aufbau des Berichts

Die Kapitel «Charakterisierung der Skigebiete» und «Charakterisierung der technischen Beschneigung» loten das Umfeld der Beschneigungsspeicher aus. Die zentralen Kapitel «Beschneigungsspeicher» und «künstliche Beschneigungsspeicher» diskutieren zuerst die drei Typen von Beschneigungsspeichern und behandeln dann die unterschiedlichen Aspekte der künstlichen Beschneigungsspeicher detailliert. Schliesslich wird ein kurzer «Blick in die Zukunft» geworfen. «Schlussfolgerungen», welche aus den einzelnen Kapiteln abgeleitet werden, runden den Bericht ab.

## 2 Charakterisierung der Skigebiete

### 2.1 Ausstrahlung und Bedeutung der Skigebiete

65 % der befragten Skigebiete geben an, eine internationale, 21 % eine nationale und 14 % eine regionale Ausstrahlung zu besitzen. Wir sprechen im Folgenden der Einfachheit halber von internationalen, nationalen und regionalen Skigebieten.

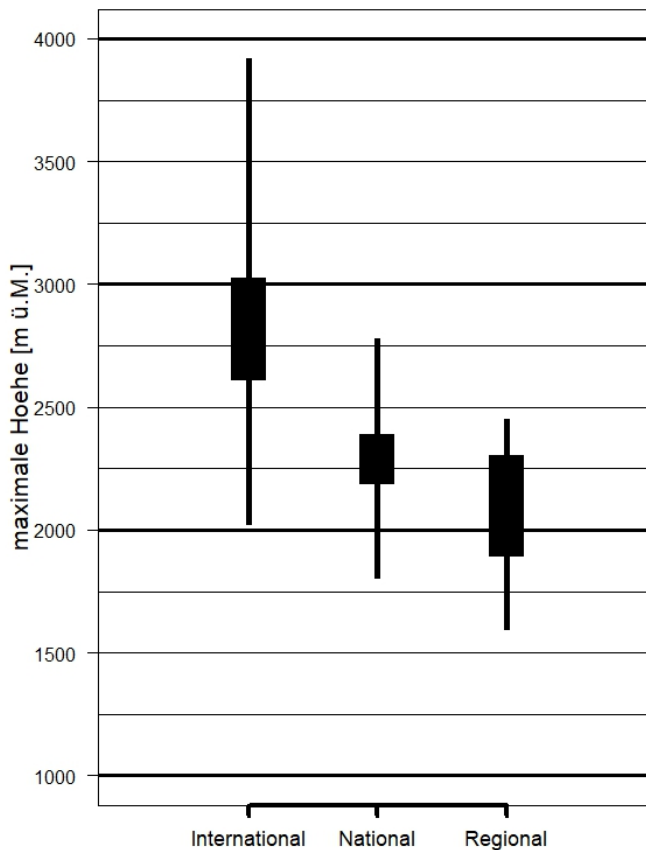


Abb. 1: Spannweite der maximalen Höhe der Skigebiete. Breiter Balken: Zentrale 50 % der Werte (Interquartilsabstand). Der dünne Balken verbindet den maximalen und den minimalen Wert

## 2.2 Kennwerte der Pisteninfrastruktur

Die Pisten der Skigebiete decken einen bestimmten Höhenbereich ab (vgl.12). Ein besonders aussagekräftiger Parameter ist die maximale Höhe der Pisten, der vor dem Hintergrund des Klimawandels zunehmend an Bedeutung gewinnt (s. Abb. 1).

Die Pisten der internationalen Skigebiete liegen im Vergleich zu den nationalen und regionalen Gebieten signifikant höher. Die Skipisten nationaler und regionaler Gebiete befinden sich in den meisten Fällen bzw. durchwegs unterhalb von 2500 m ü. M., während sie bei den internationalen Gebieten Höhen bis 3000 m und in einem Fall sogar 4000 m erreichen.

Die mediane Pistenlänge der internationalen Skigebiete ist mit rund 100 km doppelt so gross wie jene der nationalen und dreimal so gross wie jene der regionalen Gebiete. Es besteht zudem auch ein klarer Zusammenhang zwischen der Ausstrahlung eines Skigebietes und dem Beschneigungsgrad (Abb.2): Die internationalen Skigebiete heben sich wiederum deutlich von den nationalen und regionalen ab.

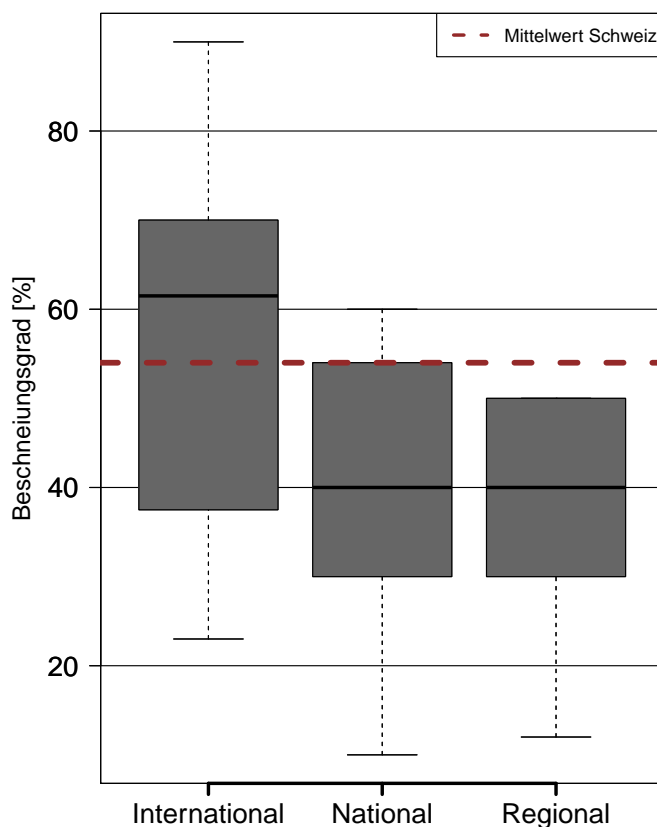


Abb. 2: Boxplots des Beschneigungsgrads der Skigebiete, gruppiert nach ihrer Ausstrahlung

## 2.3 Abhängigkeit vom Wintertourismus

56 % der Skigebiete sind nach ihren eigenen Angaben aktuell «sehr stark» und weitere 22 % «ziemlich stark» vom Wintertourismus abhängig (Abb.3). Somit ist der Wintertourismus für rund 80 % der Gebiete sehr wichtig. Bei den restlichen Gebieten besteht auch eine Abhängigkeit vom Sommertourismus: Bei einem Sechstel ist die Abhängigkeit vom Sommertourismus ähnlich gross wie im Winter und für 6 % ist der Sommertourismus wichtiger als der Wintertourismus oder gar zentral.

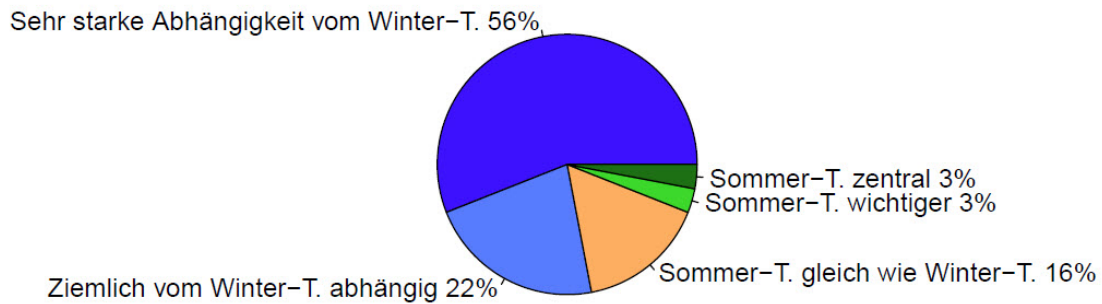


Abb. 3: Abhängigkeit der Skigebiete vom Winter- bzw. Sommertourismus. T: Tourismus ( n = 58)

Die Abhängigkeit von Wintertourismus lässt sich nun über die Ausstrahlung der Skigebiete weiter differenzieren. Während bei einzelnen internationalen Skigebieten der Sommertourismus eine gewisse Rolle spielt, besteht bei den nationalen Skigebieten eine nahezu 100-prozentige Abhängigkeit vom Wintertourismus (Abhängigkeit «sehr stark» oder «ziemlich stark»). Auch bei den regionalen Skigebieten ist die Abhängigkeit vom Wintertourismus ausgeprägt. Diese Aussagen sind allerdings mit Vorsicht zu behandeln, da der Stichprobenumfang sehr klein ist.

## 2.4 Zukunft des Tourismus

Auf die Frage der Zukunft des Wintertourismus geben 78 % der Skigebiete an, aufrüsten zu wollen («Schneesport fördern/aufrüsten») und die restlichen 22 % wollen das bisherige Niveau halten («So weitermachen wie bisher»). Kein einziges Skigebiet will abbauen oder sich gar vom Wintertourismus abwenden (n = 32).

Die gleiche Frage wurde auch für die Zukunft des Sommertourismus gestellt. Hier geben 96 % der Gebiete an, aufrüsten zu wollen, also den Sommertourismus auszubauen (n = 27).

Rund die Hälfte der befragten Gebiete geben an, für die Weiterentwicklung der Skigebiete ein Leitbild zu besitzen, welches die Nachhaltigkeit mitberücksichtigt.

## 2.5 Wahrnehmung der Klimaänderung

Dieser Aspekt der Umfrage beschäftigt sich mit der Frage, wie stark die Skigebiete von der Klimaänderung beeinflusst sind. Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse basierend auf allen befragten Skigebieten. Kein Skigebiet gibt an, nicht betroffen zu sein. Ein Drittel ist etwas betroffen. Rund die Hälfte geben an, ziemlich betroffen zu sein.

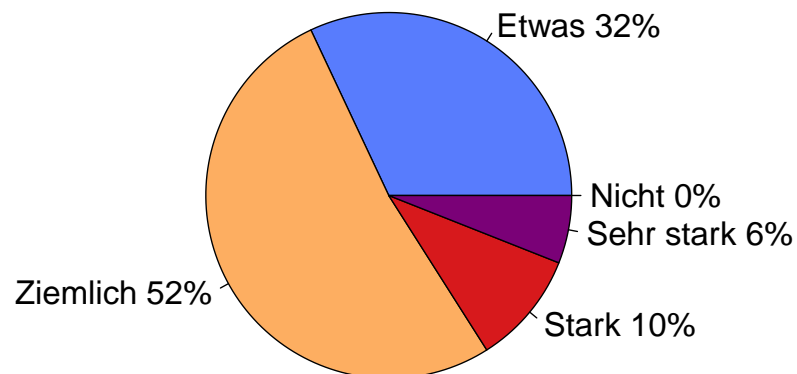


Abb. 4: Beurteilung der Skigebiete, wie stark sie von der Klimaänderung beeinflusst sind (n = 31)

Im Folgenden wird untersucht, ob zwischen der Höhenlage eines Skigebiets und der Wahrnehmung des Klimawandels ein Zusammenhang besteht (s. Abb.5). Dazu wurden die Skigebiete aufgrund ihrer maximalen Höhe in zwei Gruppen unterteilt. Als Entscheidungskriterium für die Zuteilung diente die mediane maximale Höhe von 2420 m ü. M. Tendenziell ist bei den tiefer gelegenen Skigebieten eine grössere Betroffenheit/Wahrnehmung zu erkennen, fallen doch je rund 10 % der Beurteilungen in die Kategorien «stark» bis «sehr stark».



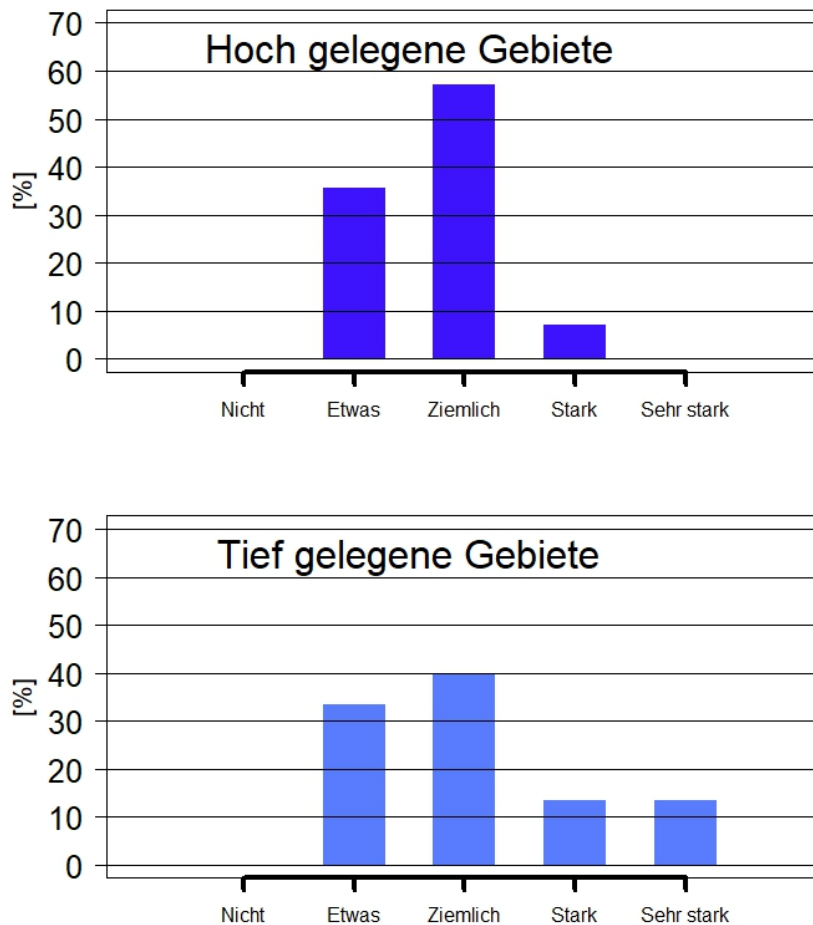


Abb. 5: Beurteilung der Skigebiete, wie stark sie von der Klimaänderung beeinflusst sind, differenziert nach der Höhenlage (n = 29)

## 2.6 Rolle der Beschneigungsspeicher

Vor dem Hintergrund der voranschreitenden Klimaerwärmung in Kombination mit dem geplanten Ausbau des Wintertourismus wird es erforderlich sein, die technische Beschneigung – und damit auch die Beschneigungsspeicher – weiter auszubauen. Die Umfrage bestätigt die bedeutende, ja zentrale Rolle der Beschneigungsspeicher für die Entwicklung: Beschneigungsspeicher spielen bei rund der Hälfte der Skigebiete eine dominante und bei weiteren 39% eine sehr wichtige Rolle (Abb. 6). Für über 90% der Gebiete sind sie also sehr entscheidende Elemente für die Weiterentwicklung!

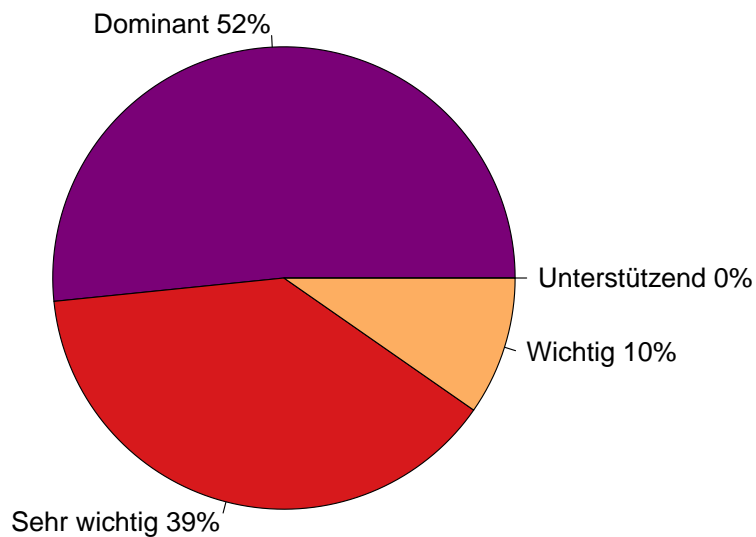


Abb. 6: Bedeutung der Beschneungsspeicher für die Entwicklung der Skigebiete – Einschätzung der Skigebiete

### 3 Charakterisierung der technischen Beschneigung

#### 3.1 Beschneigungsgrad

Der mittlere Beschneigungsgrad der Pisten der befragten Skigebiete beträgt 50 % (s. Abb. 7) und liegt damit knapp unter dem von Seilbahnen Schweiz<sup>1</sup> ausgewiesenen Mittelwert für die Schweiz von 53 % (Stand 2019). Die Spannweite der Werte liegt zwischen 10 und 90 %. Der Interquartilsabstand, also der zentrale Bereich mit der Hälfte der Werte, liegt zwischen 35 % und 63 % (Abb.7).

<sup>1</sup><https://www.seilbahnen.org/de/Branche/Statistiken/Fakten-Zahlen>

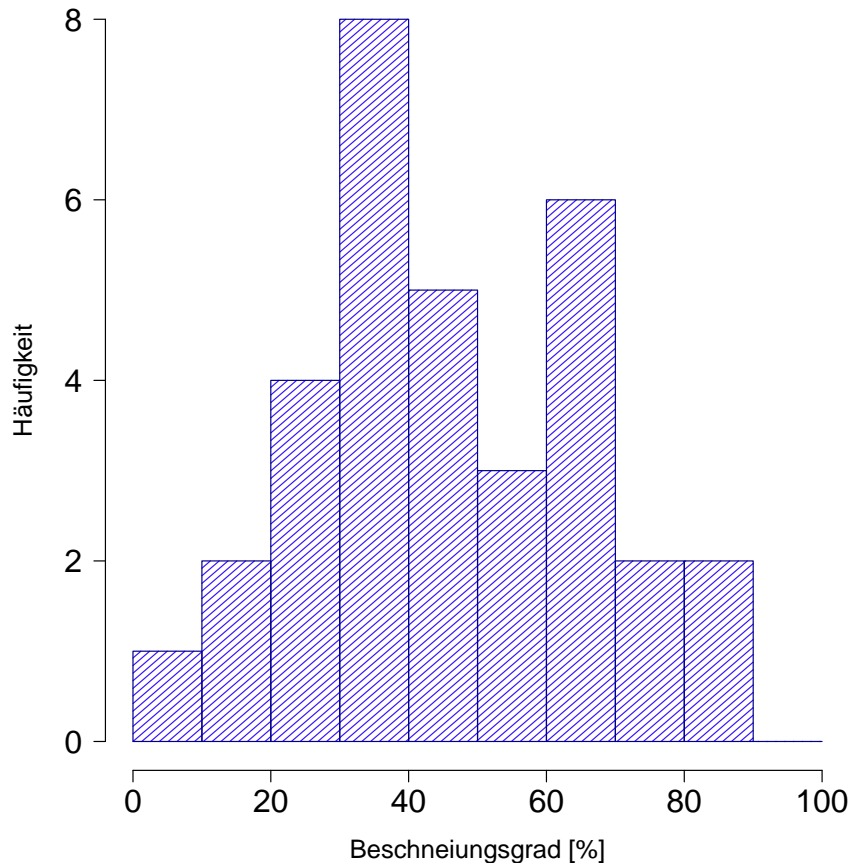


Abb. 7: Beschneigungsgrad der Pisten (n = 33)

### 3.2 Jährlicher Wasserverbrauch für die technische Beschneigung

Die Skigebiete wurden nach ihrem jährlichen Wasserverbrauch für die technische Beschneigung und gleichzeitig nach der Länge der Skipisten und dem Beschneigungsgrad befragt. Darauf basierend konnte der jährliche Wasserverbrauch pro Hektare beschneiter Piste berechnet werden (Annahme: Breite der Skipisten: 30 m). Die Ergebnisse sind in Abbildung 8 dargestellt.

Der mittlere Wasserverbrauch pro ha beträgt 1688 m<sup>3</sup> (Median) bzw. 2120 m<sup>3</sup> (Mittelwert). Nach Seilbahnen Schweiz<sup>2</sup> bestehen schweizweit 22'500 ha Pisten; davon sind – wie bereits erwähnt – 53 % technisch beschneit. Ausgehend vom Mittelwert 2120 m<sup>3</sup> pro ha ergibt sich im schweizerischen Alpenraum ein jährlicher Wasserverbrauch bzw. -bedarf für die technische Beschneigung von etwa 25 Mio. m<sup>3</sup>. Dieser Verbrauch soll mit anderen Kennwerten der schweizerischen Hydrologie verglichen und eingeordnet werden. Er entspricht:

- 4% des jährlichen Wasserverbrauchs bei der öffentlichen Wasserversorgung in der Schweiz.

<sup>2</sup><https://www.seilbahnen.org/de/Branche/Statistiken/Fakten-Zahlen>

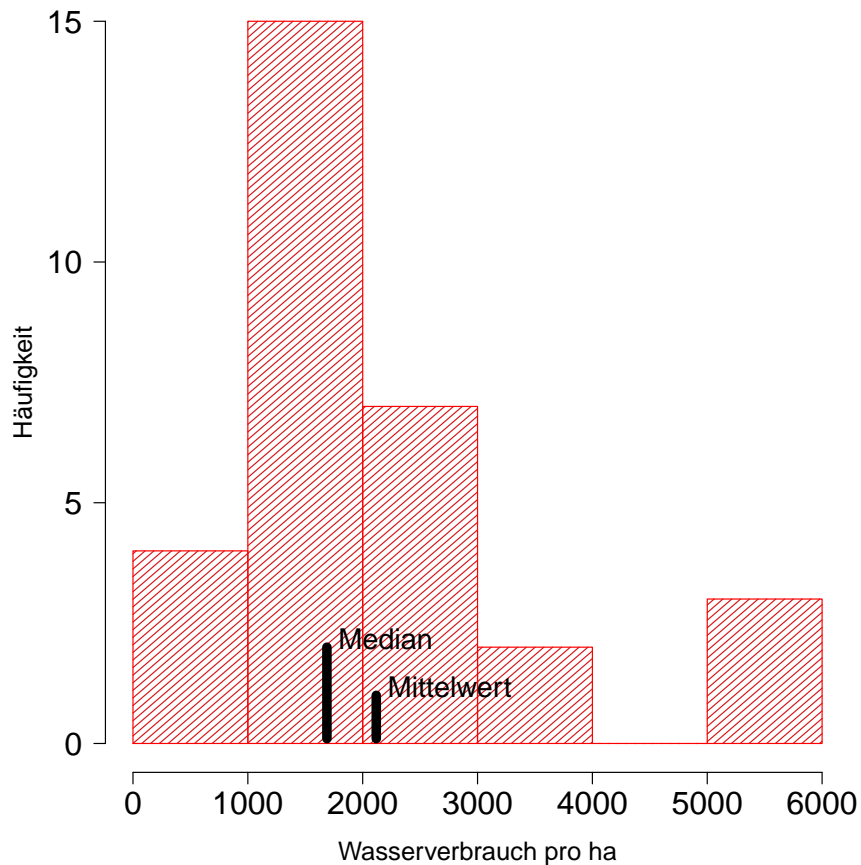


Abb. 8: Jährlicher Wasserverbrauch pro Hektare beschneiter Piste (n = 31). Die Werte des Wasserverbrauchs pro ha können mit dem Faktor 3 multipliziert werden, um den Wasserverbrauch pro Pistenkilometer zu erhalten.

- 0.07 % des Jahresabflusses des Rheins in Basel.
- 0.1 % des im schweizerischen Alpenraum jährlich erzeugten Abflusses.

Aus nationaler und überregionaler Sicht ist also der Wasserverbrauch der technischen Beschneigung sehr klein. Wie sieht es aber auf lokaler Ebene aus? Um eine Grössenordnung zu erhalten, machen wir ein Experiment mit folgenden Annahmen: Jedem Skigebiet wird ein mittlerer jährlicher Abfluss eines 100 km<sup>2</sup> grossen alpinen Einzugsgebiets mit einer mittleren Gebietshöhe von 2000 m über Meer zugeordnet<sup>3</sup>. Dieser Abfluss wird mit dem von den einzelnen Skigebieten angegebenen Wasserverbrauch für die technischen Beschneigung verglichen. Das Ergebnis ist in Abbildung 9 dargestellt. Auch hier sind die für die technische Beschneigung benötigten Wassermengen vergleichsweise klein, durchwegs kleiner als 1% des Jahresabflusses.

<sup>3</sup>Daten aus Hydrologischer Atlas der Schweiz, Tafel 6.3 (Schädler und Weingartner)

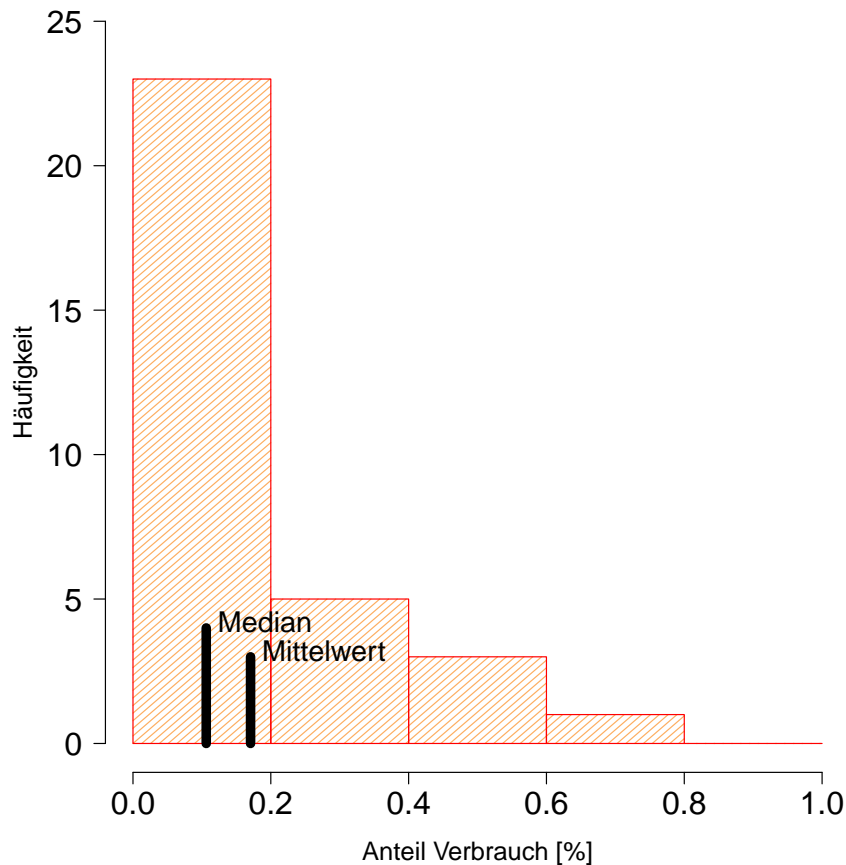


Abb. 9: Anteil des Wasserverbrauchs für die technische Beschneigung am mittleren jährlichen Wasserdargebot (Abfluss). Annahmen: s. Text

Ein doch deutlich anders Bild ergibt sich auf saisonaler Ebene. Die technische Beschneigung findet vorwiegend im November und Dezember statt. Vergleichen wir nun das Wasserdargebot in diesen Monaten mit dem angegebenen Wasserverbrauch für die technische Beschneigung, so liegen die Werte wesentlich höher und können Anteile bis zu 10 % des Abflusses in diesen beiden Monaten erreichen. Aus dieser Sicht ist der Wasserverbrauch für technische Beschneigung ein relevanter Faktor. Dabei ist auch zu beachten, dass wir hier nur mittlere Jahre betrachten und trockenere Jahre nicht berücksichtigen. Zudem zeigt diese Gegenüberstellung zwischen spätherbstlichem Wasserdargebot und dem Wasserverbrauch für die technische Beschneigung, wie wichtig grundsätzlich Beschneigungsspeicher sind. Mit ihnen kann das zwischen Frühling und Herbst reichlich vorhandene Wasser zwischengespeichert werden!

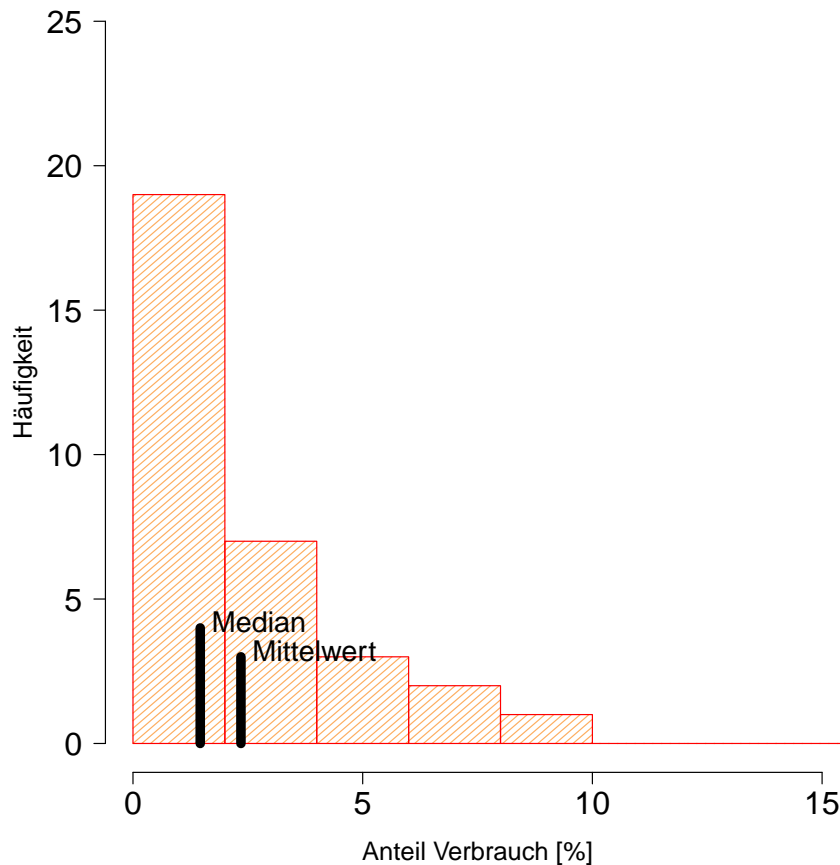


Abb. 10: Anteil des Wasserverbrauchs für die technische Beschneigung am mittleren Wasserdargebot im November und Dezember (Abfluss): Basis: 100 km<sup>2</sup> grosses alpines Einzugsgebiet. Man beachte die andere Skalierung der Abszisse im Vergleich zur vorangehenden Abbildung.

## 4 Beschneungsspeicher

### 4.1 Typen und deren Produktivität

Es bestehen drei Typen von Beschneungsspeicher, die sich funktional – in ihrer Primärfunktion – und formal deutlich unterscheiden :

1. Künstliche Beschneungsspeicher wurden eigens zum Zweck der Speicherung von Wasser für die technische Beschneigung gebaut.
2. Auch natürliche Bergseen sind Wasserlieferanten für die Beschneigung.
3. «Klassische» Stauseen sind Speicher, welche primär der Stromerzeugung dienen, aber aus denen auch Wasser für die technische Beschneigung entnommen wird.

In der Umfrage wurden 58 Beschneigungsspeicher mit Angaben zum jährlich genutzten Volumen erfasst. Das gesamte jährlich genutzte Volumen dieser Beschneigungsspeicher beträgt 6.2 Mio. m<sup>3</sup>. Davon stellen die künstlichen Beschneigungsspeicher 61 %, die Bergseen 24 % und die Stauseen die restlichen 15 % zur Verfügung.

Betrachten wir die Anzahl Beschneigungsspeicher der verschiedenen Typen, so sind 74 % künstliche Beschneigungsspeicher, 17 % Bergseen und 9 % Stauseen für die Wasserkraftnutzung.

Aus dem Vergleich des Nutzvolumens und der Häufigkeit des Auftretens lässt sich die Produktivität der Speichertypen ableiten. Stauseen sind sehr produktiv, liefern sie doch 1.7-mal mehr Wasser zur technische Beschneigung als aufgrund ihrer Häufigkeit zu erwarten wäre. Auch die Bergseen sind mit einem Faktor von 1.41 sehr produktiv. Hingegen ist die Produktivität der künstlichen Beschneigungsspeicher mit 0.82 vergleichsweise klein.

## **4.2 Stellung der Beschneigungsspeicher innerhalb der technischen Beschneigung**

Aus Abbildung 6 geht deutlich hervor, welche zentrale Rolle die Skigebiete den Beschneigungsspeichern zuschreiben: Rund 90 % beurteilen sie als «sehr wichtig» oder «dominant» für die technische Beschneigung. Diese Beurteilung wird nun mit einer quantitativen Abschätzung verifiziert. Dazu vergleichen wir – basierend auf den Angaben der Skigebiete – den gesamten Wasserverbrauch eines Skigebiets für die technische Beschneigung mit dem aus den Beschneigungsspeichern bezogenen Wasser (Nutzvolumen). Die Abbildung 11 zeigt die Ergebnisse.

Im Mittel stammen rund 57 % des Beschneigungswassers aus den Beschneigungsspeichern, in 25 % der Fälle ist ihr Anteil gar grösser als 94 %. Damit werden die Ergebnisse der Abb. 6 bestätigt. In Einzelfällen ist der Beitrag der Beschneigungsspeicher sogar grösser als 100 % (also grösser als 1). Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Daten der Umfrage mit Unsicherheiten behaftet sind.

## **5 Künstliche Beschneigungsspeicher**

### **5.1 Einleitung**

Die folgenden Ausführungen beziehen sich einzig und allein auf die künstlichen Beschneigungsspeicher, die in den letzten Jahrzehnten eigens für die Produktion von technischem Schnee gebaut wurden.

### **5.2 Höhenlage**

Die Beschneigungsspeicher wurden in einem Höhenbereich zwischen 1060 und 2915 m ü. M. errichtet. Je ein Viertel der Speicher liegen in den folgenden Höhenbändern: 1060 bis 1680 m ü. M., 1681 bis 1980 m ü. M., 1981 bis 2360 m ü. M., oberhalb von 2360 m ü. M.

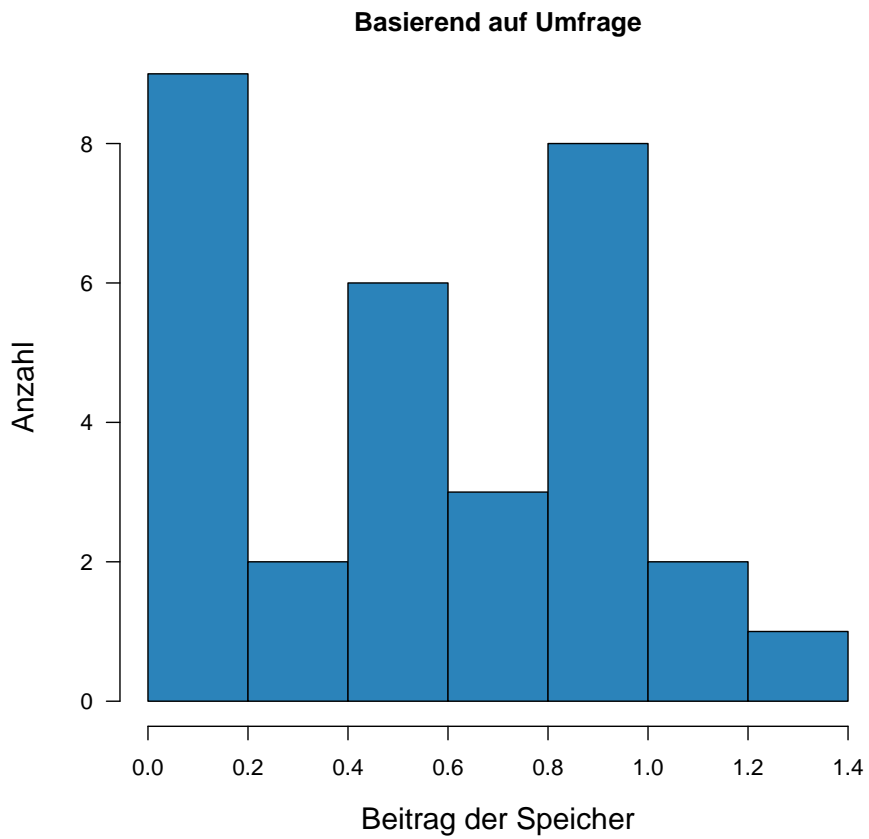
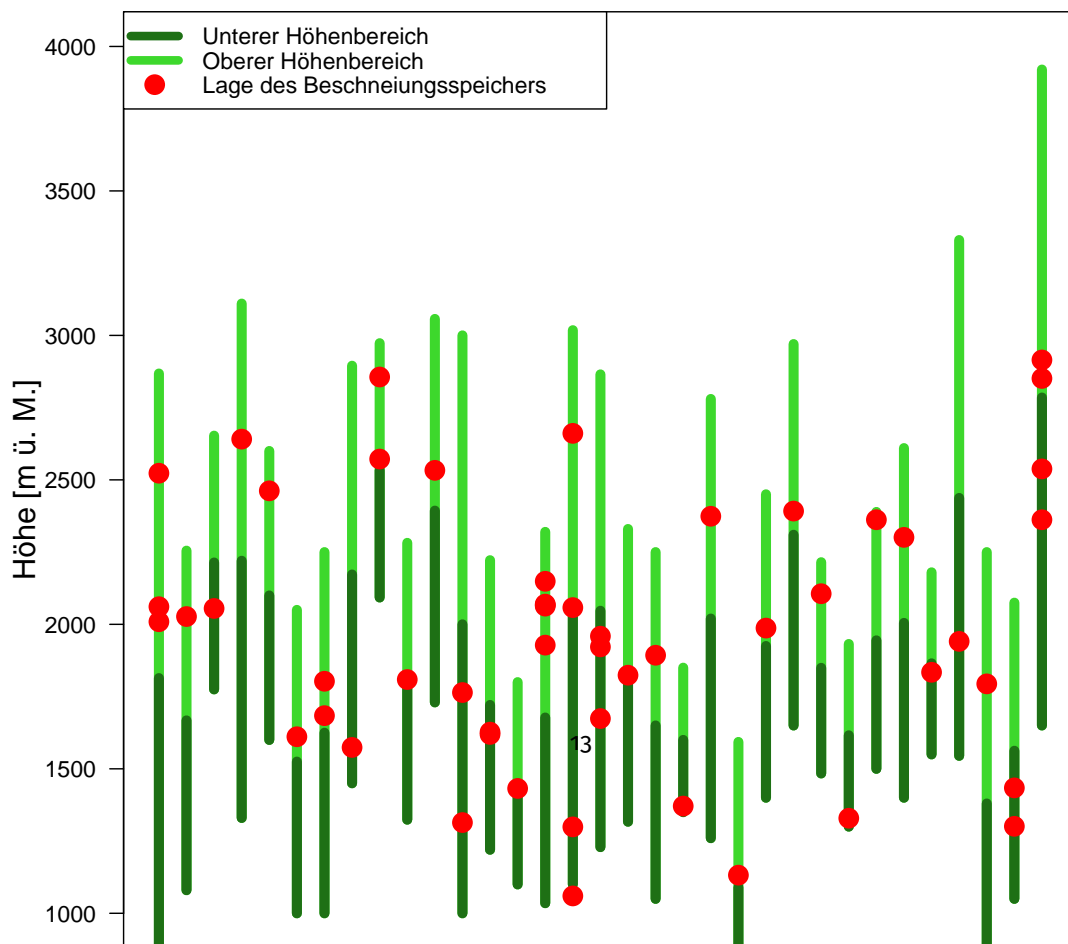


Abb. 11: Bedeutung der Beschneigungsspeicher für die technische Beschneigung, beschrieben durch den Beitrag der Beschneigungsspeicher zum Wasserverbrauch eines Skigebiets für die technische Beschneigung. Grafik links: basierend auf den Angaben in der Umfrage (n = 31).





Die Abbildung 12 ordnet die künstlichen Beschneigungsspeicher in den Höhenkontext des jeweiligen Skigebiets ein. Sie zeigt im speziellen, ob sich ein Beschneigungsspeicher im oberen oder unteren Höhenbereich befindet. Aus der Abbildung geht hervor, dass sich die Beschneigungsspeicher etwa hälftig auf den oberen und den unteren Höhenbereich verteilen.

### 5.3 Speichervolumina

Das gesamte Speichervolumen der 43 künstlichen Beschneigungsspeicher, für die Angaben vorliegen, beträgt 2.37 Mio. m<sup>3</sup> Wasser. Daraus ergibt sich ein mittleres Speichervolumen von 56'531 m<sup>3</sup>. Das entspricht dem Wasserverbrauch eines Dorfes mit 500 Einwohnern. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Speicherinhalte.

Tab. 1: Kennwerte der Speichervolumina der künstlichen Speicher (n = 43)

Statistischer Kennwert	Volumen [m <sup>3</sup> ]
Minimum	3000
1. Quartil	15'000
Median	43'250
Mittelwert	56'531
3. Quartil	73'750
Maximum	400'000

Ein Beschneigungsspeicher hebt sich deutlich aus der Stichprobe heraus. Er wird als «Naturspeichersee» bezeichnet, was zeigt, dass er im Übergangsbereich zwischen künstlichem Beschneigungsspeicher und Bergsee anzusiedeln ist. Mit seinem Speichervolumen von 400'000 m<sup>3</sup> könnte er ein Dorf mit rund 4000 Einwohner/-innen mit Wasser versorgen.

Es besteht ein signifikanter statistischer Zusammenhang ( $p = 0.02$ ) zwischen dem Speichervolumen und der Höhe des Speichersees. Die Speichervolumina nehmen demnach mit zunehmender Höhe zu.

### 5.4 Genutzte Volumina und Anzahl Füllungen

Sind die aus einem künstlichen Beschneigungsspeicher entnommenen Volumina grösser als der Speicherinhalt, so wird ein Speicher mehrmals gefüllt bzw. geleert. Durch den Vergleich zwischen dem genutztem Volumen und dem Speichervolumen erhält man eine Grössenordnung, wie häufig solche Füllungen/Leerungen pro Winter stattfinden. Wir sprechen hier bewusst von Grössenordnungen, weil die Daten – wie oben bereits erwähnt – mit Unsicherheiten behaftet sind.

Die Abbildung 13 zeigt auf, dass in einem Viertel der Fälle die Speicher pro Saison höchstens einmal gefüllt und anschliessend geleert werden. Die mediane Anzahl Füllungen/Leerungen beträgt 1.36. Ein Speicher wird

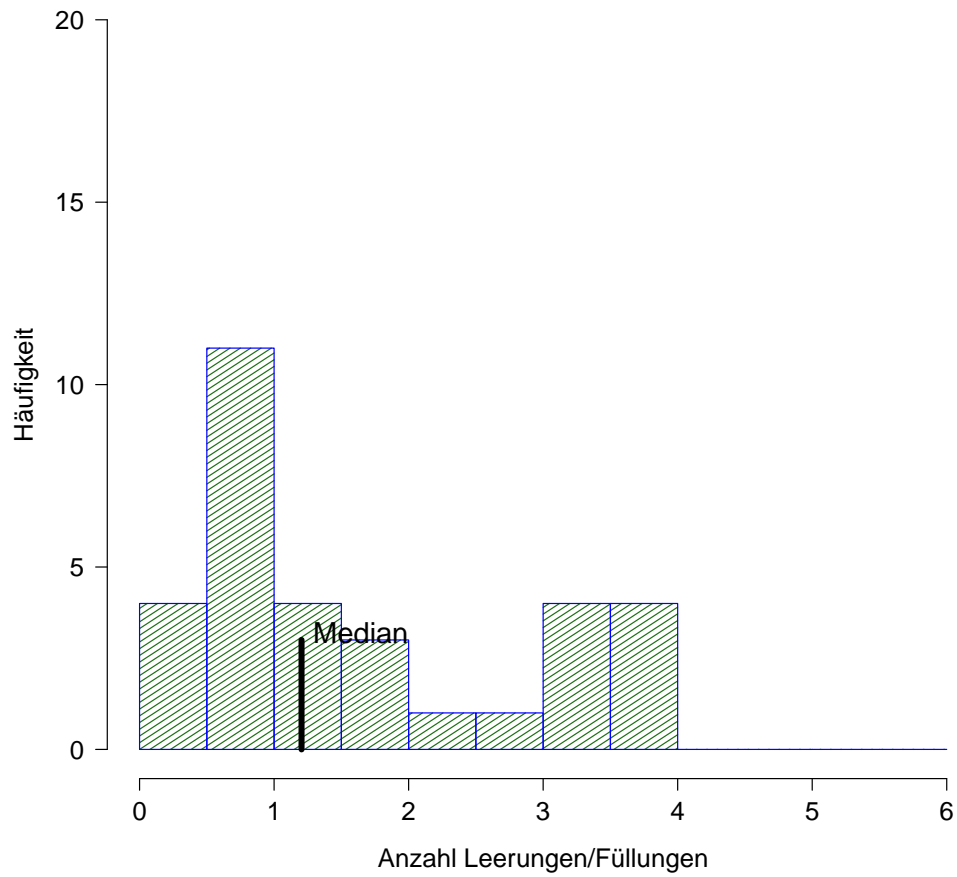


Abb. 13: Histogramm der jährlichen Anzahl von Füllungen/Leerungen künstlicher Beschneigungsspeicher (n = 43)

sogar bis sechs Mal pro Jahr gefüllt/geleert. Tendenziell steigt die Zahl der Füllungen/Leerungen, je kleiner ein Beschneigungsspeicher ist.



Abb. 14: Entleerter künstlicher Beschneungsspeicher. Foto: Bruno Petroni

## 5.5 Aspekte des Bauens und Sanierens

### 5.5.1 Zeitpunkt des Baus

Die in dieser Umfrage erfassten künstlichen Speicher wurden zwischen 1985 und 2018 gebaut, davon je ein Viertel zwischen 1985 und 1998, 1999 und 2004, 2005 und 2010 sowie 2011 und 2018.

Es besteht kein Zusammenhang zwischen Baujahr und Speichervolumen. Hingegen zeigt eine Korrelationsanalyse, dass die künstlichen Beschneungsspeicher im Laufe der Zeit in immer höheren Lagen gebaut wurden ( $p = 0.03$ ).

Bei 14 Beschneungsspeichern liegen Angaben zum Sanierungsjahr vor. Daraus kann abgeleitet werden, dass im Mittel 16 Jahre zwischen dem Bau und der ersten Sanierung verstreichen. Die Hälfte der Werte liegen zwischen 11 und 22 Jahren. In einem Fall erfolgte die Sanierung bereits drei Jahre nach dem Bau.

### 5.5.2 Kosten

#### Baukosten

Aus dem Vergleich zwischen Speichervolumen und Baukosten können die Baukosten pro Kubikmeter Speichervolumen berechnet werden (s. Abb.15). Die medianen Baukosten betragen CHF 48 pro Kubikmeter, die

mittleren CHF 52. Die zentralen 50 % der Werte (Interquartilsabstand) bewegen sich zwischen CHF 30 und CHF 60.

Finanziert wurden die Beschneigungsspeicher hauptsächlich durch die Bergbahnen selbst. Eine wichtige Rolle spielten auch die aufgrund des Investitionshilfegesetzes gewährten Darlehen. Aufgrund der Anzahl der Nennungen bei der Umfrage sind die Beiträge durch Gemeinden und Kantone von untergeordneter Bedeutung. Diese Auswertung sagt nichts über die Grösse der Finanzierungsbeiträge aus, sondern zeigt lediglich auf, wer an der Finanzierung beteiligt war.

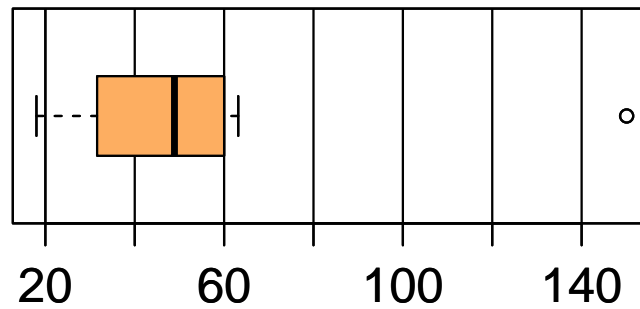


Abb. 15: Kosten der künstlichen Speicher pro  $m^3$  Speichervolumen (n = 41, zwei Ausreisser mit Werten > CHF 700 pro  $m^3$  wurden ausgeschlossen)

### Unterhaltskosten

Die jährlichen Unterhaltskosten der künstlichen Speicher (n = 29) liegen im Bereich von CHF 7500 (Median) und CHF 9500 (Mittelwert). In 75 % der Fälle sind die Kosten kleiner als CHF 10'000. Umgerechnet auf  $1 m^3$  Speicher betragen die Unterhaltskosten CHF 0.16 (Median) bzw. CHF 0.3 (Mittelwert). Die Kosten werden mehrheitlich von den Bergbahnen getragen.

## 5.6 Besitzverhältnisse

Drei Viertel der künstlichen Speicherseen sind im Besitz der Bergbahnen und ein Achtel im Besitz von Gemeinden.

## 5.7 Hydrologische Aspekte

### 5.7.1 Einbettung in den Wasserhaushalt

In diesem Kapitel gehen wir der Frage nach, ob die künstlichen Beschneigungsspeicher in den lokalen Wasserkreislauf eingebunden sind. Aus der Umfrage verfügen wir über Informationen, ob die Beschneigungsspeicher einen Zufluss und/oder einen Ausfluss besitzen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 16 zusammengestellt. Rund 30 % der Speicher sind in den Wasserhaushalt integriert, weil sie einen Zufluss und einen Ausfluss haben. Allerdings lässt sich nichts über den Grad dieser Integration sagen, da die dazu notwendigen Informationen nicht verfügbar sind. Rund 10 % der Speicher verfügen nur über einen Ausfluss. Sie geben also (vermutlich) einen Teil des künstlich zugeleiteten Wassers ans hydrologische System ab. Der grösste Teil, über 60 % sind aus hydrologischer Sicht Fremdkörper ohne Verbindung zum lokalen hydrologischen System.

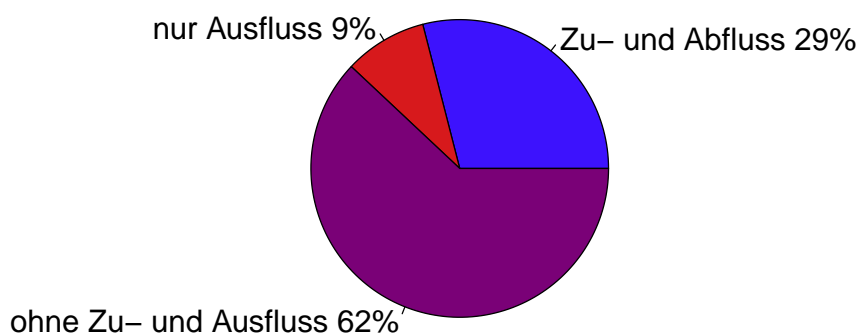
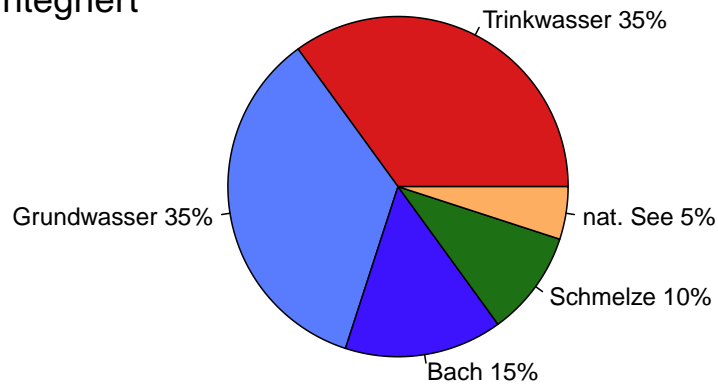


Abb. 16: Einbettung der künstlichen Beschneigungsspeicher in den Wasserkreislauf n = 34

### 5.7.2 Herkunft des Wassers

In der Umfrage wurde auch die Wasserherkunft thematisiert. Es wurde folgende Frage gestellt: «Woher stammt das Wasser, welches Sie für die Speicherfüllung nutzen?» Es waren Mehrfachantworten möglich. Die Ergebnisse sind in Abbildung 17 dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass die Wasserherkunft nicht quantitativ erfasst wurde, sondern es wird bloss dargestellt, wie oft eine Wasserquelle genannt wurde. Es wird also von der Annahme ausgegangen, die Wichtigkeit einer Wasserquelle (Wasserherkunft) sei aus der Anzahl der Nennungen ableitbar. In der Abbildung wird zwischen Beschneigungsspeicher unterschieden, welche mehr oder weniger in den Wasserkreislauf integriert sind und solchen, die nicht integriert sind, also bei welchen keine Zu- und Abflüsse vorhanden sind.

## Integriert



## Nicht-integriert

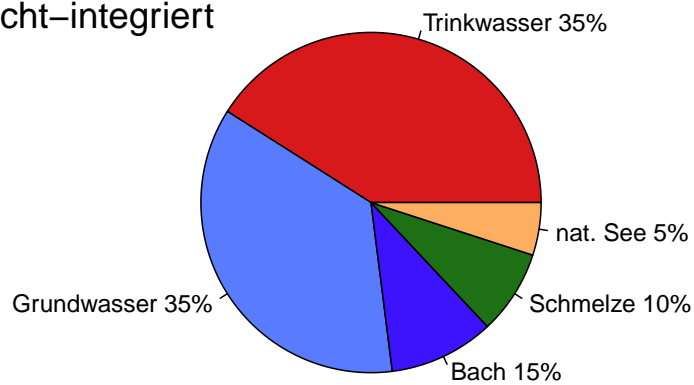


Abb. 17: Herkunft des in den künstlichen Beschneigungsspeichern eingelagerten Wassers. Mehrfachnennungen pro Speicher waren möglich. Oben: In den Wasserkreislauf integrierte Speicher (20 Nennungen). Unten: Nicht-integrierte Speicher (29 Nennungen)

In beiden Fällen wird der Zufluss von Trinkwasser aus der öffentlichen Wasserversorgung am häufigsten genannt, zusammen mit der Speisung aus Grundwasser. Dabei handelt es sich sowohl um Quellwasser – beispielsweise aus einer oberhalb des Speichersees gelegenen Quelle – als auch um gepumptes Grundwasser.

In beiden Fällen haben die Wasserzuflüsse aus Bächen, Zuflüsse während der Schneeschmelze und die Überleitungen aus natürlichen Seen eine ähnliche, eher geringere Bedeutung.

## 5.8 Nutzung

Ein Viertel der Beschneigungsspeicher dienen nur dem Bezug von Wasser zur technischen Beschneigung. Drei Viertel werden mehrfach genutzt. Bei Letzteren dominieren die Sportaktivitäten im Sommer (inkl. Baden), gefolgt von der Nutzung der Umgebung fürs Spazieren und Wandern. Bänke und Feuerstellen bereichern diese Nutzungsart. Von untergeordneter Bedeutung sind das Fischen, die Nutzung des Wasser als Trink- oder Bewässerungswasser sowie die Verwendung des Wassers für die Erzeugung von Energie (Wasserkraft).

## 5.9 Gestaltung

Sind künstliche Speicherseen als blosse ingenieurtechnische Anlagen zu verstehen oder fließen auch gestalterische Aspekte mit ein? Bei der Umfrage (n = 37) gaben 35 % der Gebiete an, dass gestalterische Argumente beim Bau der Speicherseen einen grossen Einfluss ausübten. Bei weiteren 53 % war dieser Einfluss «mittel». Nur gerade bei 12 % der Beschneigungsspeicher spielten gestalterische Aspekte keine oder nur eine untergeordnete Rolle.

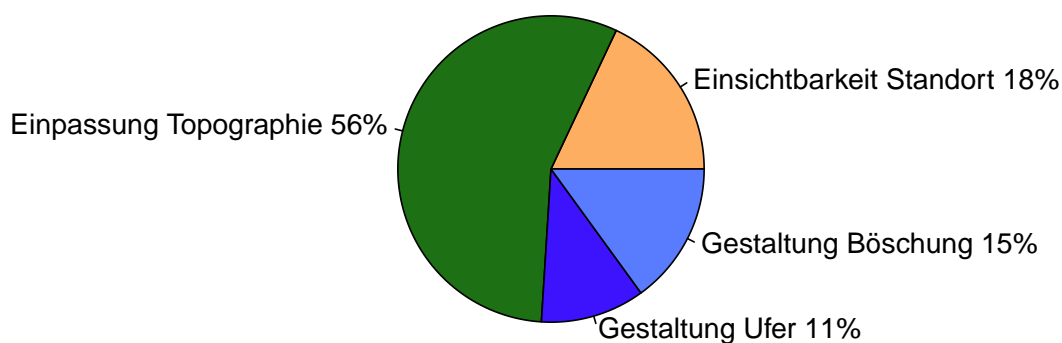


Abb. 18: Antworten auf die Frage: «Wenn gestalterische Fragen bei Bau des Beschneigungsspeichers einen Einfluss hatten, worauf konzentrierten sich diese?» (66 Nennungen)

Wurden gestalterische Massnahmen ergriffen, so spielte die Einpassung des Beschneigungsspeichers in die Topographie die bedeutendste Rolle (56 % der Nennungen, Fig. 18). 16 % der Nennungen beziehen sich auf die Sichtbarkeit bzw. die Nicht-Sichtbarkeit eines Beschneigungsspeichers. Also rund zwei Drittel der Nennungen umfassen Standortfaktoren. Ein Drittel der Nennungen beziehen sich auf die Gestaltung der Speicher. Hier geht es um Fragen der Böschungs- und Ufergestaltung.

In rund zwei Drittel der Fälle wurde bei der Gestaltung auch die Situation im Sommer mitberücksichtigt (Fig. 19). Vermutlich spielt dabei die Führung eines Wanderwegs um den See eine zentrale Rolle. So ergab sich aus der Umfrage, dass zwei Drittel der künstlichen Beschneigungsspeicher an einem Wanderweg liegen. In einem Drittel der Fälle spielte Situation im Sommer keine oder kaum eine Rolle.

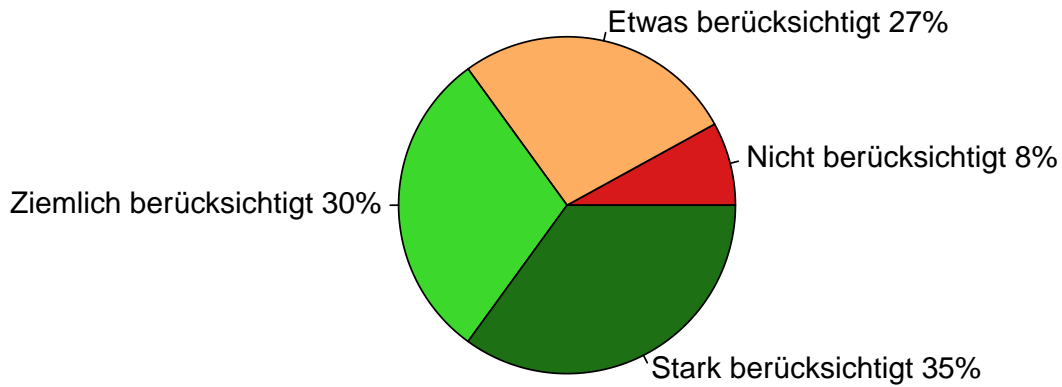


Abb. 19: Berücksichtigung des Sommers bei der Gestaltung von künstlichen Beschneungsspeichern (39 Nennungen)

Bei der Planung der gestalterischen Massnahmen wurden in etwa der Hälfte der Fälle externe Expertinnen und Experten beigezogen.

## 6 Blick in die Zukunft

### 6.1 Weiterausbau

Aus der Umfrage geht hervor, dass insgesamt sieben künstliche Beschneungsspeicher in Planung sind (Stand 2021). Sie liegen zwischen 1020 und 2773 m über Meer. Zu den Speichervolumen der geplanten Seen gab es insgesamt sechs Rückmeldungen. Das kleinste Volumen liegt bei 1000 m<sup>3</sup>, das grösste bei 300'000 m<sup>3</sup>. Die Volumina liegen also im Grössenbereich der heute bestehenden Speicher. Allerdings ist der Mittelwert der geplanten Speichervolumina dreimal grösser als jener der aktuell bestehenden Seen.

Mit einer Ausnahme sollen die geplanten Speicher Zuflüsse, aber mehrheitlich keinen Ausfluss erhalten; d.h., die Speicherinhalte werden vollumfänglich für die Beschneung genutzt.

In drei von sieben Fällen werden die Beschneungsspeicher ausschliesslich im Hinblick auf die technische Beschneung gebaut. Bei den geplanten mehrfach genutzten Speichern werden folgende Nutzungen in Betracht gezogen: Sportaktivitäten, landwirtschaftliche Bewässerung, Wasserkraftnutzung, Trinkwassernutzung, Nutzung der Umgebung des Speichersees.



## 6.2 Konflikte

In der Umfrage wurde auch nachgefragt, welche zukünftigen Konflikte durch die technische Beschneidung entstehen könnten. Die Antwortenden konnten zwischen sechs möglichen Konfliktsituationen wählen, wobei Mehrfachnennungen möglich waren:

1. Konflikte zwischen der alpinen Landschaft und der Beschneidungsinfrastruktur
2. Konflikte zwischen den verschiedenen Wassernutzern
3. Einschränkungen durch Behörden und Politik
4. Konflikte mit Umweltverbänden
5. Konflikte bei der Finanzierung
6. keine Konflikte

Bereits die schiere Zahl der Nennungen ( $n = 122$ ) belegt, wie konfliktträchtig der Bau künstlicher Beschneidungsspeicher ist. Am meisten Nennungen erhielt der Konflikt mit den Umweltverbänden (26 %) der Nennungen. Ebenfalls ein grosses Konfliktpotenzial (23 %) besteht bei der Wasserbeschaffung. Aus verschiedenen Studien weiss man, dass Konflikte vor allem zwischen der öffentlichen Trinkwasserversorgung, der landwirtschaftlichen Bewässerung und der Beschneidung bestehen. Ebenfalls 23 % der Nennungen weisen auf die Einschränkungen durch Behörden und Politik hin. Im Weiteren werden Konflikte genannt, die sich durch die Beschneidungsinfrastruktur in der alpinen Landschaft ergeben (14 %) sowie Konflikte im finanziellen Bereich (11 %). Nur gerade 3 % der Nennungen meinen, es würden sich in Zukunft keine Konflikte durch den Bau von Beschneidungsspeichern ergeben.

## 7 Schlussfolgerungen

### 7.1 Einführung

Die wichtigsten Aspekte der Umfrage bilden den Kern dieses abschliessenden Kapitels. Es umfasst Aussagen, die auf den Resultaten der Umfrage basieren, welche durch Thesen ergänzt werden. Um letztere von den zusammenfassenden Kernaussagen abzugrenzen, werden sie kursiv gesetzt. Der Aufbau der Schlussfolgerungen richtet sich nach den Kapiteln dieses Berichts.

## 7.2 Charakterisierung der Skigebiete

Der grösste Teil der Skigebiete, die über Beschneungsspeicher verfügen, besitzen eine internationale oder zumindest eine nationale Ausstrahlung. Bei diesen ist eine grosse Abhängigkeit vom Wintertourismus erkennbar. Aber nicht nur das: Der Skisport soll in Zukunft weiter gefördert/aufgerüstet werden.

*Dieses Aufrüsten geschieht trotz oder gerade wegen der Erkenntnis, dass sie bereits heute bis zu einem gewissen Ausmass vom Klimawandel betroffen sind. Diente der Ausbau der Beschneungsinfrastruktur bisher vor allem der Sicherung des Weihnachtsgeschäfts, so kommt ihm vor dem Hintergrund der Klimaerwärmung eine neue Bedeutung zu.*

Bemerkenswert ist, dass auch die meisten Skigebiet angeben, den Sommertourismus gleichzeitig fördern zu wollen.

*Konflikte zwischen dem Winter – und Sommertourismus sind somit unvermeidlich. Denken wir beispielsweise daran, dass die Infrastrukturen des Skisports mit den Ansprüchen des Sommertourismus nach «schönen» Landschaften im Widerstreit stehen. Angesichts dieser zu erwartenden dynamischen Entwicklung im Sommer- und Wintertourismus erstaunt es, dass nur die Hälfte der Skigebiete über ein Leitbild für eine nachhaltige Entwicklung verfügen.*

*Beschneungsspeicher sind nicht nur das Rückgrat der technischen Beschneigung, sondern sie verbessern auch die Flexibilität des Systems, indem sie innerhalb kurzer Zeit grosse Wassermengen für die Produktion technischen Schnees zur Verfügung stellen. Das ist angesichts der Klimaerwärmung ein grosser Vorteil. Der Bau neuer Speicher und ein allgemeiner Technisierungsschub im Skisport sind daher zu erwarten.*

## 7.3 Charakterisierung der technischen Beschneigung

Die technische Beschneigung hat sich bei den grossen Skigebieten zu einem festen Bestandteil der Infrastruktur des Skisports entwickelt.

*Aus wasserhaushaltlicher Sicht sind die Wasserentnahmen für die technische Beschneigung auf regionaler und überregionaler Ebene kaum von Bedeutung, sie können aber den Wasserhaushalt auf lokaler und saisonaler Basis – je nach Art der Wasserentnahmen – beeinflussen.*

*Aus hydrologischer Sicht sind Beschneungsspeicher aufgrund der starken Saisonalität des Abflusses im Alpenraum eine sinnvolle Massnahme, um Wasser im Sommerhalbjahr – von der Schneeschmelze bis zu den herbstlichen Niederschlägen – für die technische Beschneigung bereitzustellen. Aufgrund ihrer mehrheitlich geringen Integration in den Wasserkreislauf (s. unten) können sie diesen Vorteil aber zu wenig nutzen.*

## 7.4 Beschneigungsspeicher

Die Beschneigungsspeicher sind eine Rückversicherung, in den meisten Fällen sogar das Rückgrat der technischen Beschneigung. Rund 55% des Wassers für die technische Beschneigung stammt aus den Beschneigungsspeichern<sup>4</sup>.

Drei Viertel der Beschneigungsspeicher sind künstliche Beschneigungsspeicher. Aus ihnen stammt rund 60 % des jährlich aus den Beschneigungsspeichern entnommenen Wassers. Bergseen sowie Stauseen mit der Primärfunktion «Wasserkraft» sind aufgrund der grossen gespeicherten Wassermengen bedeutende Wasserlieferanten.

*Die Entnahme von Wasser aus Stauseen oder Bergseen ist – wo immer möglich – effizienter, als künstliche Beschneigungsspeicher zu bauen.*

## 7.5 Künstliche Beschneigungsspeicher

Die künstlichen Beschneigungsspeicher sind seit den 1980er Jahren ein neues Element des Alpenraums. Sie wurden in einem Höhenbereich zwischen 1000 und 3000 m ü. M. gebaut. Die Speicher in höheren Lagen sind tendenziell jüngeren Datums und weisen tendenziell grössere Volumina auf.

*Es ist ein Trend erkennbar, die Schneeproduktion weiter zu optimieren und dazu in hochgelegenen sensiblen Landschaften oberhalb der Waldgrenze eine entsprechende Infrastruktur aufzubauen. Hoch gelegene und voluminöse Beschneigungsspeicher ermöglichen es, grosse Wassermengen unter relativ günstigen klimatischen Rahmenbedingungen innert kürzester Zeit zur Verfügung stellen.*

*Aus Sicht der Wasserbewirtschaftung macht es (auch) bei der technischen Beschneigung Sinn, Speichervolumen zu schaffen. So lässt sich die lange Zeitspanne zwischen Schneeschmelze und Herbst für die Bereitstellung von Wasser nutzen. Um eine Mehrfachnutzung der Speicher im Sommer zu gewährleisten, sollten die Volumina allerdings so ausgelegt werden, dass die Speicher zu Beginn der Sommersaison bereits gefüllt sind.*

Die Realität sieht oftmals anders aus: Mehrheitlich sind die Beschneigungsspeicher nicht in den Wasserkreislauf integriert; über 70 % verfügen über keinen Zufluss. Die Speisung der Speicher erfolgt daher vor allem über die Zuleitung oder das Hochpumpen von Trink- und Grundwasser. Dies auch bei Speichern, die teilweise integriert sind. Dadurch wird die Speicherbewirtschaftung erleichtert. Man macht sich nicht nur unabhängig von der Witterung, sondern ermöglicht es auch, die Speicher im Frühwinter nach einer Leerung wieder zu füllen, was auf natürliche Weise oftmals eher schwierig wäre, sind doch die Abflüsse in alpinen Gewässern in dieser Zeit eher klein. Zudem sind mögliche Entnahmen wegen der Restwasserregelung eher eingeschränkt. *Ohne ein sorgfältiges Abwägen und Koordinieren der Wasserbedürfnisse der verschiedenen Nutzer können Konflikte entstehen. Solche Konfliktlinien liegen auch innerhalb der Tourismusbranche insbesondere zwischen dem grossen Trinkwasserverbrauch der Touristen/-innen vor Ort und dem Wasserbedarf der techni-*

---

<sup>4</sup>alle Typen berücksichtigt

*schen Beschneigung. Ein erster Schritt zur Problembewältigung ist ein vollständiges Erfassen der Wasserflüsse und ein transparenter Informationsaustausch, der heute vielfach nicht gegeben ist.*

Bei künstlichen Elementen wie Beschneigungsspeicher, die einer Landschaft aufgesetzt sind, stellt sich immer auch die Frage der Gestaltung. Gemäss der Untersuchung besteht hier ein sehr grosser Nachholbedarf. Bei den ergriffenen Massnahmen standen die beiden Standortfaktoren «Einpassung in die Topographie» und «Einsichtbarkeit des Standorts» im Vordergrund, während gestalterische Massnahmen am Speicher selbst von untergeordneter Bedeutung waren.

*Die Standortfaktoren sind zentral. Der sorgfältigen Einbettung eines Beschneigungsspeichers in die Landschaft ist höchste Beachtung zu schenken. Der Standort und die Form eines Beschneigungsspeichers muss sich aus der Logik der Landschaft erschliessen und nicht aus rein ingenieurtechnischen Überlegungen. Ein sorgfältiges «Einweben in die Landschaft» ist unbedingt anzustreben. Die zahlreichen Bergseen im Alpenraum und vor allem jene in der näheren und weiteren Umgebung eines geplanten Beschneigungsspeichers dienen als Vorbilder. Andere Faktoren, insbesondere die «Volumetrie» eines Speichers ist dieser landschaftlichen Logik unterzuordnen.*

*Bei der Detailgestaltung muss man sich stets bewusst sein, dass es sich bei den Beschneigungsspeichern um ein künstliches Element handelt. Trotzdem ist der Ufer- und Böschungsgestaltung grösste Beachtung zu schenken. Bei natürlichen Situationen erfolgt der Übergang Land – Wasser kontinuierlich, was bei vielen bestehenden Speichern nicht der Fall ist. Solche Land-Wasser-Kontinua sind nicht nur aus ökologischer Sicht anzustreben, sondern sind Voraussetzung für eine optimale touristische Nutzung im Sommer. Das alles bedeutet aber nicht, dass alles grün sein muss und schon gar nicht, dass alles «übergrünt» werden sollte.*

## **7.6 Zukünftigen Entwicklung**

Die Volumina der geplanten Speicher sind im Vergleich mit den bestehenden Speichern relativ gross. Die Skigebiete setzen auch in Zukunft auf die technische Beschneigung und erweitern und verdichten dadurch die benötigte Infrastruktur.

*Angesichts der Klimaerwärmung, von der vor allem die tiefen Lagen stark betroffen sein werden, sowie der sich abzeichnenden Konflikte ist eine sorgfältige Planung neuer Beschneigungsspeicher zwingend. Die verschiedenen Akteursgruppen müssen frühzeitig in den Planungsprozess miteinbezogen werden. Bei diesem interdisziplinären Planungsprozess sind die Aspekte der Wirtschaftlichkeit sowie der Umwelt- und Sozialverträglichkeit auf gleicher Augenhöhe mitzubedenken.*

*Bei solchen Planungsprozessen geht es nicht um ein Verhindern neuer künstlicher Beschneigungsspeicher, sondern um eine Optimierung des Betriebs, eine sorgfältige Einbettung ins Landschaftsbild, das Mitdenken der Klimaerwärmung und auch um die Berücksichtigung eines ganzjährigen Tourismus (Stichwort: Mehrfachnutzung) sowie der Bedürfnisse der einheimischen Bevölkerung. Unter den bestehenden Beschneigungsspeichern gibt es Vorbilder, an denen man sich orientieren kann.*

## **7.7 Abschliessende Gedanken**

*Beschneigungsspeicher sind heute der A-Saisonalität des Skisports geschuldet. Saisongerechter Skisport von Mitte Januar bis Ende April wäre mit weit weniger Beschneigungsaufwand – oder sogar keinem – möglich. Das bedeutete aber teilweise ein Verzicht auf das lukrative Weihnachtsgeschäft, das entscheidend von der technischen Beschneigung abhängt. Die schneearme und warme Weihnachtswoche Ende 2022 stellte dieses Geschäftsmodell in Frage, und dies nicht zum ersten Mal. Bemerkenswert war dabei, dass aus gesamtschweizerischer Sicht der befahrbare Teil der Skipisten kleiner war als der technisch beschneibare.*

*Mit der Klimaerwärmung erhalten die technische Beschneigung und damit auch die Speicher eine neue Funktion, nämlich jene der Sicherung der Kernskisaison. Es ist der Zeitpunkt gekommen, den Wintersport systemisch – als Teil eines grösseren Ganzen – langfristig zu denken. Der Wintertourismus gehört zur Schweiz, zum Alpenraum. Es ist wert, ihm Sorge zu tragen, ihn in einer nachhaltiger werdenden Welt diverser und in einer der jeweiligen landschaftlichen Situation angepassten Form neu zu positionieren.*