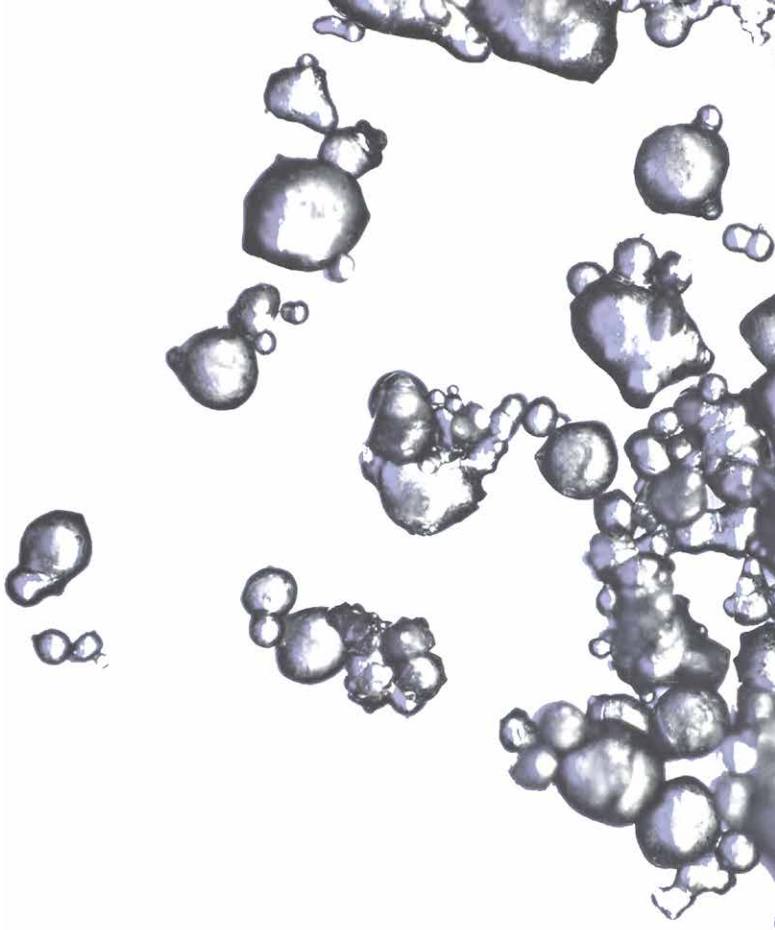
CIPRA



Künstliche Beschneiung in den Alpen

Folgebericht des Reports «Der gekaufte Winter» von Axel Doering und Sylvia Hamberger

CIPRA
LEBEN IN
DEN ALPEN

Impressum

Herausgeberin: CIPRA International

Autor:innen: Christine Busch, Günter Hertlein, Fabia Lausberg, Paul Kuncio

Redaktion: Caroline Begle, Michael Gams

Layout: Caroline Begle

Fotos Titel- und Rückseite: Mikroskopaufnahme von Kunstschnee (© Kenneht Libbrecht / Sicence Photo Library) und Foto von Naturschnee (© Wilson Bentley, rawpixel.com)

Illustrationen: (falls vorhanden)

Übersetzung: (bei englischsprachiger Version)

Für die Recherche und Faktensammlung wurden teilweise KI-gestützte Systeme verwendet. Alle Inhalte wurden von den Autor:innen überprüft.

Danksagung

Unser ausdrücklicher Dank geht an Prof. Dr. habil. Carmen de Jong (Universität Strassburg) und Prof. Dr. Steiger für die Bereitstellung von wissenschaftlichen Veröffentlichungen und die fachliche Unterstützung.

Besonderer Dank gilt Günter Hertlein für die ehrenamtliche Recherche und sorgfältige Aufbereitung der Daten, die eine wesentliche Grundlage für diesen Bericht bilden.

Inhalt

1 Einleitung 5
Klimakrise in den Alpen 8

2 Grundlgen der Beschneiung 11
Infrastruktur 12
Beschneiungssysteme und Beschneiungstechnik 12
Kunstschnee und Naturschnee im Vergleich 14

3 Daten der Beschneiung 17

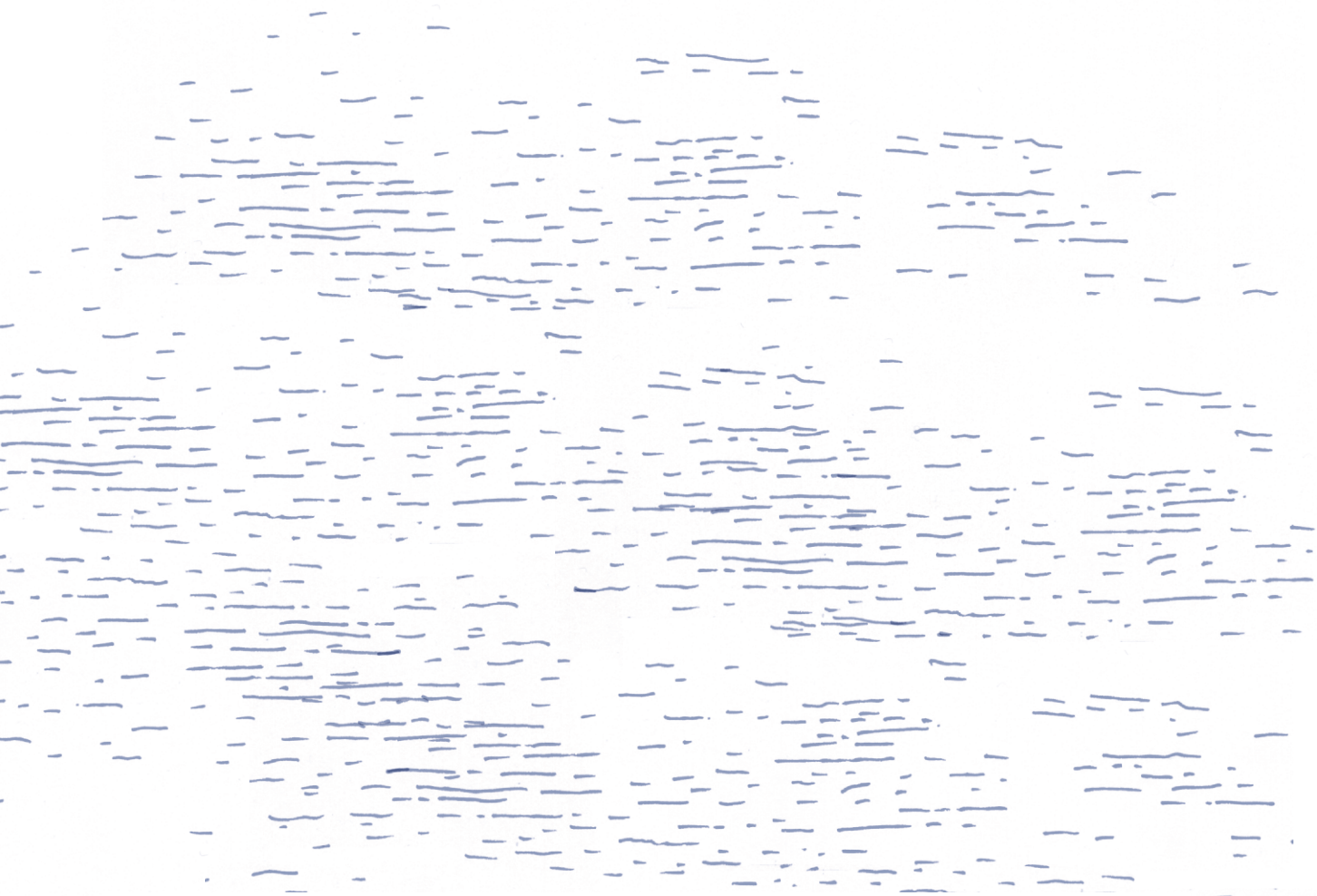
4 Auswirkungen von Beschneiung 27
Ökologische Auswirkungen

6 Wirtschaftliche Aspekte 34

7 Rechtliche Grundlagen 36

8 Fazit und Aufforderungen 39

9 Quellenverzeichnis 41



«Wir glauben, den Winter, den wir durch unseren hohen Energieeinsatz verloren haben, mit noch mehr Energieverbrauch zurückkaufen zu können.»

Axel Döring,
Co-Autor der Studie «Der gekaufte Winter» (2015)
und Präsident von CIPRA Deutschland

1 Einleitung

Kaum ein Bild prägt die Vorstellung vom Winterurlaub in den Alpen so sehr wie die makellos präparierte, schneeweisse Piste vor blauem Himmel. Dass dieses Bild heute in weiten Teilen der Alpen industriell hergestellt ist, wird selten mitgedacht. Seit den ersten Anlagen in den 1960er- und 1970er-Jahren hat sich die künstliche Beschneiung von einer technischen Randerscheinung zu einem tragenden Pfeiler des alpinen Wintertourismus entwickelt. Was einst als Ergänzung zum Naturschnee gedacht war, ist für viele Skigebiete zur Grundvoraussetzung des Betriebs geworden: Ohne Kunstschnee lässt sich ein wirtschaftlich verlässlicher Skibetrieb in weiten Teilen der Alpen heute kaum noch aufrechterhalten.

Damit hat sich auch das Verhältnis zwischen Mensch und Berg verschoben. Früher passte man sich den Gegebenheiten der Natur an, heute wird die Natur zunehmend an die Fähigkeiten der Skifahrer:innen angepasst – mit planierten Hängen, begradigten Pisten und einer Schneedecke, die nicht mehr vom Himmel fällt, sondern auf Knopfdruck erzeugt wird. Dieser Wandel hat seinen Preis: Pistenpräparierung, Beschneiungsinfrastruktur und der laufende Betrieb der Anlagen erfordern einen stetig wachsenden Einsatz von Wasser, Energie, Raum und Geld. Sie verursachen Lärm und erhebliche Umweltauswirkungen.

Wie gross dieser Einsatz tatsächlich ist, lässt sich erstaunlich schwer beziffern. Bereits 2015 stellten die Autor:innen des Vorgängerreports «Der gekaufte Winter» fest, dass es fast unmöglich sei, aktuelle Zahlen aus den meisten Alpenländern zu recherchieren (Hamberger & Doering 2015). Über ein Jahrzehnt später hat sich daran wenig geändert: Skigebiete veröffentlichen zwar bereitwillig ihre Pistenkilometer, doch Angaben zu beschneiter Fläche, Wasser- oder Energieverbrauch bleiben die Ausnahme. Eine einheitliche, alpenweite Erhebungsmethode gibt es bis heute nicht. Dieser Report versucht dennoch, anhand der besten verfügbaren Studien, Hochrechnungen und Erhebungen ein möglichst genaues Bild zu zeichnen. Zugleich macht er transparent, wo die Datenlage an ihre Grenzen stösst. Wie dabei vorgegangen wurde und mit welchen Einschränkungen die Zahlen zu lesen sind, erläutert das Kapitel «Daten der Beschneiung».

So lückenhaft die Zahlen im Detail bleiben, so eindeutig ist der Trend, den sie zeigen: Der Ressourcenverbrauch der Beschneiung wächst seit Jahrzehnten, und zwar deutlich schneller, als öffentliche Wahrnehmung und politische Regulierung es bislang nachvollzogen haben. 2004 bezifferte CIPRA International die beschneibare Fläche in den Alpen auf rund 23.800 Hektar, für die ein Wasserverbrauch von 95 Millionen Kubikmeter angegeben wird. Das entspricht dem jährlichen Wasserverbrauch einer 1,5-Millionen-Einwohner Stadt (CIPRA International 2004). Hamberger

und Doering schätzten die beschneite Fläche bereits Ende 2014 auf mindestens 70'000 Hektar. Auch die Hochrechnung im vorliegenden Report kommt auf zumindest 62'000 Hektar. Da sie auf teils veralteten Länderangaben beruht und bei Unsicherheiten jeweils konservative Annahmen bzw. Mindestwerte verwendet wurden, dürfte die tatsächliche Fläche deutlich höher liegen. Deshalb ist anzunehmen, dass der tatsächliche Wert um einiges höher liegt. Flächen für Speicherbecken und Nebenanlagen sind dabei noch gar nicht mitgezählt (siehe Kapitel «Daten der Beschneiung»). Auch der Wasserbedarf hat sich seit den frühen 2000er-Jahren verdoppelt: Damals schätzte die Hydrologin Carmen de Jong ihn auf rund 95 Mio. m^3 pro Jahr, heute liegt er Hochrechnungen zufolge bei rund 190 Mio. m^3 pro Saison (Keiser 2007; siehe Kapitel «Wasserverbrauch»).

Bereits der Hintergrundbericht der CIPRA von 2004 benannte den Kern des Problems, der bis heute nichts an Aktualität verloren hat: Es sei inkonsequent, die tatsächliche und die drohende Klimaerhitzung als Argument für die Erschliessung des Hochgebirges und den Bau von Beschneiungsanlagen zu nutzen, zugleich aber am Wintertourismus im herkömmlichen Sinne unter allen Umständen festzuhalten (CIPRA International 2004). Der Bericht «Der gekaufte Winter» von Hamberger und Doering (2015) hat die dahinterstehende Maschinerie der Ski- und Beschneiungsindustrie anschliessend in all ihren Facetten beschrieben.

Der vorliegende Report bilanziert nun Zahlen, Daten und Fakten zur Beschneiung im gesamten Alpenraum und beleuchtet die ökologischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Dimensionen dieser Entwicklung. CIPRA nimmt dabei eine kritische, naturschutzfachliche Perspektive ein, ohne den Wintersport grundsätzlich zu verurteilen. Ziel ist eine sachliche Abwägung zwischen Tourismuswirtschaft, Anpassung an den Klimawandel und ökologischer Tragfähigkeit – als fundierte Diskussionsgrundlage für Politik, Medien und interessierte Öffentlichkeit.

Klimakrise in den Alpen

Der Klimawandel ist im Alpenraum längst keine abstrakte Zukunftsfrage mehr. Weniger Schnee, schmelzende Gletscher, auftauender Permafrost, zunehmende Hitze und veränderte Naturgefahren zeigen, dass sich die natürlichen Rahmenbedingungen des Alpenraums grundlegend verändern – und zwar schneller als in den meisten anderen Regionen der Welt.

Die Alpen erwärmen sich doppelt so schnell wie der globale Durchschnitt. In der Schweiz lag die Jahresmitteltemperatur im Zeitraum 1991–2020 bereits rund 2,0 °C über dem vorindustriellen Niveau (1871–1900); weltweit waren es im selben Zeitraum etwa 0,9 °C. Das Rekordjahr 2024 lag in der Schweiz sogar 2,9 °C über dem vorindustriellen Mittel (MeteoSchweiz/ETH Zürich 2025). Für Österreich weist der Klimastatusbericht 2025 eine Erwärmung von rund 3,1 °C gegenüber 1850–1900 aus (geglätteter Trendwert; Stangl et al. 2026). Europa insgesamt ist der sich am schnellsten erwärmende Kontinent (Copernicus/WMO 2026).

Die Folgen sind im Hochgebirge unübersehbar: Die Schweizer Gletscher haben seit 2015 rund ein Viertel ihres Volumens verloren; die Jahre 2022 und 2023 brachten die

grössten je gemessenen Verluste, und über 1'000 kleine Gletscher sind bereits ganz verschwunden (GLAMOS 2025). Der letzte Rest des Triglav Gletschers in Slowenien ist 2026 geschmolzen. Auch der Permafrost erwärmt sich: 2024 war ein neues Rekordjahr, in zehn Metern Tiefe stiegen die Temperaturen innerhalb eines Jahrzehnts um bis zu 0,8 °C (PERMOS 2025) – mit Folgen für die Stabilität von Hängen und von Infrastruktur wie Seilbahnstützen und Bergstationen.

Entwicklung der Schneefallgrenze und -decke

Der Anteil des Schnees am Niederschlag sinkt – auch in höheren Lagen, diesen Trend zeigen mehrere unabhängigen Messreihen. An 76 Schweizer Messstationen nimmt der Anteil der Schneefalltage an allen Niederschlagstagen deutlich ab, am stärksten in tiefen Lagen (Serquet et al. 2011). Seit 1970 ist die Zahl der Schneefalltage auf 2'000 Meter um rund 20 % zurückgegangen, unterhalb von 800 Meter hat sie sich etwa halbiert (NCCS 2025). Direkt damit verbunden ist der Anstieg der Nullgradgrenze: In der Schweiz lag sie im Winter um 1900 bei etwa 420 m, im Mittel 1991–2020 bereits bei rund 900 Meter (MeteoSchweiz/ETH Zürich 2025). Die Schneedecke in den Schweizer Alpen hält heute gut fünf Wochen (38 Tage) kürzer als 1970 (Klein et al. 2016), in Österreich hat sich die Schneedeckendauer nach Olefs et al. 2020 seit 1960 um 42 Tage verringert.

Die Schneedeckendauer in den Alpen liegt heute rund 36 Tage unter dem Mittel der vergangenen 600 Jahre (Carrer et al. 2023). Auch der Schneefall selbst hat abgenommen: Zwischen 1920 und 2020 ging er an 46 Stationen im Alpenraum um 34 % zurück, im Südwesten der Alpen um fast die Hälfte – mit einer deutlichen Beschleunigung seit 1980 (Bozzoli et al. 2024).

Auswirkungen auf den Skisport

Seit den 1960er-Jahren gilt die künstliche Beschneiung als technische Antwort auf ausbleibenden oder unzuverlässigen Schneefall; heute ist sie zwar in weiten Teilen der Alpen Voraussetzung für einen wirtschaftlich planbaren Skibetrieb, aber unter stark veränderten Bedingungen.

Die Schneeverhältnisse verändern sich. Mit der Klimaerwärmung verändern sich auch die Verhältnisse auf den Pisten selbst. Der Winter beginnt später und endet früher, der Schnee wird zudem weniger und nasser. Regen fällt immer häufiger bis in mittlere Höhenlagen und weicht die Schneedecke auf; folgen darauf Frostnächte, vereisen die Pisten. Für Skifahrende heisst das: öfter sulzige, nasse Verhältnisse am Nachmittag und harte, eisige Pisten am Morgen. Das Bild des «weissen Bandes» – einer schmalen Kunstschneepiste in grüner oder brauner Landschaft – ist in tieferen Lagen längst Normalität.

Das Verletzungsrisiko ist auf hartem Kunstschnee grösser. Kunstschnee ist deutlich dichter und härter als Naturschnee (siehe Abschnitt «Kunstschnee vs. Naturschnee»). Die Innsbrucker Sportmediziner Gerhard Ruedl und Martin Burtscher weisen darauf hin, dass Kunstschnee oft hart und eisig ist, hohe Abfahrtsgeschwindigkeiten begünstigt und mit langen Bremswegen einhergeht; bei 50 km/h ist die Bewegungsenergie 25-mal so hoch wie bei 10 km/h – entsprechend schwer fallen

Stürze und vor allem Kollisionen aus (Ruedl & Burtscher 2026). Hinzu kommt: In schneearmen Wintern konzentriert sich der Betrieb auf wenige, oft schmale beschneite Pisten. Das Kollisionsrisiko von Skifahrer:innen erreichte laut Erhebung der Auswertungsstelle für Skiunfälle (ASU) in der Saison 2024/25 den höchsten Wert seit Beginn der Erhebungen 1979/80 (Stiftung Sicherheit im Skisport 2025) – ob und wie stark dies mit den Pistenverhältnissen zusammenhängt, weist die Statistik allerdings nicht aus. Eine direkte Vergleichsstudie zu Verletzungen auf Kunst- und Naturschnee fehlt bislang.

Auch der Kunstschnee stösst an physikalische Grenzen. Er lässt sich nur bei ausreichend tiefen Temperaturen und geringer Luftfeuchte erzeugen. Ist es zu warm, hilft auch die leistungsfähigste Beschneiungsanlage nicht mehr. Der Winter 2022/23 zeigte das eindrücklich: Selbst in hoch gelegenen Skigebieten wie Sölden (Österreich) und Zermatt (Schweiz) liess sich die Pisteneröffnung nicht mit Kunstschnee sichern, und in der Lenzerheide (Schweiz) konnten über hundert Hubschraubereinsätze mit Schnee das Abschmelzen der Pisten nicht verhindern (de Jong 2023). Zugleich schrumpfen die Zeitfenster für die Beschneiung: In Österreich ist die Zahl der Stunden mit geeigneten Beschneiungsbedingungen zwischen 1961 und 2020 um rund 26 % zurückgegangen im Vergleich zu 1961–1990 (Olefs et al. 2020).

Gletscherskigebiete sind besonders betroffen. Um dem fortschreitenden Gletscherrückgang zu begegnen, wird dort mitunter sogar Schnee aus dem Nährgebiet des Gletschers abgetragen und mit dieselbetriebenen Pistenraupen auf künstlich verlängerte Zufahrtsrampen zwischen Talstation und zurückweichender Gletscherzunge transportiert – ein Verfahren, das nicht nur die Gletscher selbst, sondern auch das empfindliche Gletschervorfeld beeinträchtigt (de Jong 2023).

Der Klimawandel verändert den Skitourismus insgesamt. Der Betrieb konzentriert sich zunehmend auf grosse, meist hoch gelegene Gebiete: Weltweit entfallen rund 73 % aller Skitage auf grosse Skigebiete (<100'000 Skifahrende pro Jahr), die nur 13 % aller Gebiete ausmachen. 69 % aller Skigebiete sind klein (bis zu vier Lifte) und verzeichnen lediglich 18 % der Skitage. auf die Alpen entfallen rund 39 % aller Skitage weltweit (Vanat 2025). Kleinere und tiefer gelegene Gebiete geben auf: In Frankreich wurden seit 1951 rund 186 Skigebiete geschlossen, meist Kleinstgebiete (Metral 2025); in Italien zählte Legambiente 2026 bereits 273 dauerhaft stillgelegte Liftanlagen, weitere 231 werden trotz fraglicher Zukunft mit öffentlichem Geld am Leben erhalten (Legambiente 2026). Gleichzeitig steigen die Preise, siehe Tabelle 1: Die Zahl der Skitage liegt in den grossen Alpenländern trotz einzelner starker Winter unter den Höchstwerten der späten 2000er-Jahre – in Österreich etwa bei 50,1 Mio. (2023/24) gegenüber 56,9 Mio. in der Saison 2008/09 –, und demografischer Wandel sowie eine stagnierende Mittelschicht bieten laut Vanat kaum Wachstumsperspektiven (Vanat 2025).

Land	Skigebiet	Tageskarte 2016/17	Tageskarte 2026/27
Deutschland	Garmisch-Classic	42 €	72 €
Frankreich	Les 3 Vallées	60 €	84,20 €
Italien	Dolomiti Superski	57 €	89 €
Liechtenstein	Malbun	47 CHF	55 CHF
Österreich	Ski Arlberg	52 €	85 €
Österreich	Sölden	52 €	84,50 €
Schweiz	Zermatt	79 CHF	ab 89 -120 CHF
Slowenien	Kranjska Gora	31,50 €	50 €
Slowenien	Krvavec	32 €	43 € (Vorverkauf)

Tabelle 1: Preise der Erwachsenen-Tageskarte (Hauptsaison) in ausgewählten Skigebieten der Alpenländer, 2016/17 und 2026/27. Quellen: 2026/27 Preislisten der Betreiber (Bayerische Zugspitzbahn, Les 3 Vallées, Dolomiti Superski, Bergbahnen Malbun, Ski Arlberg, Zermatt Bergbahnen, RTC Žičnice Kranjska Gora) sowie Urlaubshamster (2026); 2016/17 Preisangaben der Betreiber nach alpinforum.com (2016), www.bergbahnen.li (Archiv vom 4.1.2016).

Viele Skigebiete reagieren darauf dennoch mit Wachstum – mehr Pistenkilometer, grössere Verbünde, mehr Beschneiung. Eine Befragung von 1'413 alpinen Skiurlauber:innen stellt diese Strategie infrage: Wintergäste suchen mehr als ein «leistungsstarkes Skigebiet», nämlich vielfältige Aktivitäten, die zu ihrem Können und ihren Vorlieben passen. Die Autor:innen der Studie folgern, dass Skigebiete ihre auf Wachstum und immer mehr technische Beschneiung ausgerichteten Strategien überdenken, Angebote für das gesamte Wintererlebnis entwickeln, Preise nach Zielgruppen differenzieren und tägliche Schnee- und Wetterschwankungen ebenso wie Klima- und demografischen Wandel in ihre Planung einbeziehen sollten (Bausch, Ortanderl & Pröbstl-Haider 2024; siehe Kasten «Wachstumsorientierung neu denken»).

Prognosen

Alle aktuellen Klimaprojektionen deuten auf eine Fortsetzung und Verschärfung dieser Trends hin.

Winterniederschlag fällt in einem immer grösseren Teil der Skigebiete als Regen statt als Schnee. Bis 2050 dürfte die winterliche Nullgradgrenze in der Schweiz bei einem mittleren Emissionsszenario (RCP4.5) um weitere etwa 300 Meter steigen (Schweizer Tourismus-Verband 2024 Klimaszenarien Winter 2050 für die Schweiz). Ohne wirksamen Klimaschutz steigt sie bis Mitte des Jahrhunderts um 400 bis 650 Meter und bis Ende des Jahrhunderts um 700 bis 1'050 Meter – auf dann etwa 1'500 bis 1'900 Meter (NCCS/CH2018). In einer um 3 °C wärmeren Welt läge sie im Winter rund 550 Meter höher als heute (MeteoSchweiz/ETH Zürich 2025).

Die natürliche Schneedecke nimmt stark ab. Entsprechend deutlich fallen die Projektionen für die natürliche Schneedecke aus. Die Schweizer Klimaszenarien «Klima CH2025» erwarten in Lagen zwischen 1'000 und 1'500 Meter einen Rückgang der

Schneemenge (Schneewasseräquivalent) gegenüber 1991–2020 um rund 51 % bei 1,5 °C globaler Erwärmung und um 78 % bei 3 °C; zwischen 1'500 und 2'000 Meter wären es 19 % bzw. 63 % (MeteoSchweiz/ETH Zürich 2025). Bis 2050 dürfte die Schneedecke unter 1'500 Meter um 25 bis 35 %, oberhalb von 2'000 Meter um etwa 20 % abnehmen (Schweizer Tourismus-Verband 2024). Ohne Klimaschutz ist unter 1.000 Meter bis 2060 mit rund 50 % und bis 2100 mit über 80 % weniger Schnee zu rechnen (NCCS/CH2018; Klimaszenarien für die Schweiz).

Selbst mit Beschneiung wird der Betrieb in der wirtschaftlich wichtigen Zeit um Weihnachten und Neujahr unsicherer. In Österreich konnten ihn früher 84 % der Skigebiete sicherstellen. Sollten die derzeitigen Kapazitäten zur Beschneiung und die Abdeckung des Geländes unverändert bleiben, muss die Schneeproduktion in den 2030er-Jahren um 22–26 % und in den 2050er-Jahren um 32-45 % gesteigert werden (Steiger & Scott 2020).

Schneeverfügbarkeit (Snow Supply Risk)

Je stärker die globale Erwärmung ausfällt, desto mehr Kunstschnee wird benötigt, um den Skibetrieb überhaupt aufrechtzuerhalten – mit entsprechend steigendem Wasser- und Energiebedarf (Details im Kapitel «Daten der Beschneiung»). Die europaweite Studie von François et al. (2023) unter Federführung von Météo-France und der Universität Grenoble Alpes hat dies für 2'234 Skigebiete in 28 europäischen Ländern modelliert und dafür eine eigene Kennzahl entwickelt, den «Snow Supply Risk» (SSR). Das zentrale Ergebnis: Bereits bei 3 °C globaler Klimaerwärmung wäre in allen Alpenländern ohne Kunstschnee praktisch kein Skibetrieb mehr möglich. Und selbst wenn 50 % der Pisten beschneit werden, haben bei 2 °C (in den Alpen bereits erreicht) 27 % der Gebiete ein sehr hohes Risiko bezüglich Schneesicherheit, bei 4 °C sogar 71 %.



2 Grundlagen der Beschneiung

Als «schneesicher» gilt ein Skigebiet nach gängiger Definition, wenn in 7 von 10 Wintern vom 1. Dezember bis 15. April an mindestens 100 Tagen eine Schneedecke von rund 30 bis 50 cm liegt. Reicht der Naturschnee dafür nicht aus, wird er durch technischen Schnee ergänzt (CIPRA International 2004; Abegg et al. 2013). Als Ziele der technischen Beschneiung nennt das Schweizer Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF den Skibetrieb über die ganze Saison zu sichern, mit Blick auf die termingerechte Saisoneröffnung und das Weihnachtsgeschäft; ein optimales Pistenangebot mit Talabfahrten, Verbindungswegen und Snowparks zu gewährleisten; und Gefahrenstellen wie Bachüberfahrten, Steine oder die Grasnarbe abzudecken (Wolfsperger et al. 2018).

Als «Schneitag» gilt ein Tag, an dem die Feuchttemperatur im Tagesmittel unter etwa –2 °C liegt und damit die physikalischen Voraussetzungen für die Kunstschneeproduktion erfüllt sind (Hartl & Fischer 2015); lokale Windsysteme, Kaltluftseen in den Tälern und die Sonneneinstrahlung spielen zusätzlich eine Rolle. Künstlicher Schnee entsteht, indem feine Wassertröpfchen unter hohem Druck aus dem Schneeerzeuger ausgestossen werden und in der Luft gefrieren. Dafür müssen Lufttemperatur und relative Luftfeuchte zusammenpassen: Je trockener die Luft, desto wärmer darf es sein. Beide Grössen werden in der sogenannten Feuchttemperatur zusammengefasst.
Die optimale Beschneiungstemperatur liegt bei ca. –11 °C (Wirkungsgradoptimum); die Produktion ist technisch ab einer Feuchttemperatur von etwa –2 °C möglich (entspricht z. B. ca. –3 °C Lufttemperatur bei unter 80 % Luftfeuchte).

Begriffsabgrenzung: Technischer Schnee oder Kunstschnee?
Kunstschnee und technischer Schnee meinen in der Regel dasselbe: Schnee, der mit Schneekanonen oder Lanzen aus Wasser und Luft erzeugt wird. Der Begriff «technischer Schnee» soll hervorheben, dass kein künstliches Material hergestellt wird, sondern physikalisch Schnee entsteht. Im Alltagsgebrauch ist technischer Schnee weitgehend ein Rebranding von Kunstschnee. In der Fachsprache kann der Begriff sinnvoll sein, weil er eine bestimmte Schneeart beschreibt, die sich von Naturschnee unterscheidet.

Infrastruktur

Eine Beschneiungsanlage besteht aus weit mehr als den sichtbaren Schneeerzeugern. Wasserfassungen und Entnahmebauwerke an Bächen, Seen oder Trinkwasserquellen liefern das Wasser. Pump- und Kompressorstationen erzeugen Wasserdruck (je nach Gerät etwa 12 bis 60 bar) und Druckluft. Frostfrei verlegte Leitungen führen Wasser, Druckluft, Strom und Daten zu Zapfstellen, die typischerweise alle 50 bis 100 Meter entlang der Pisten liegen. Wie energieintensiv schon die Wasserförderung ist, zeigt eine Rechenregel: Ein Wasserdruck von 50 bar entspricht einer Pumphöhe von rund 500 Metern (Wolfsperger et al. 2018).

Zentrales Element sind Speicherbecken. Sie puffern den Wasserbedarf, der sich auf wenige kalte Wochen im Früh- und Hochwinter konzentriert, und fassen teils mehrere hunderttausend Kubikmeter. Bevor das Wasser zu den Schneeerzeugern gelangt, wird es meist in Kühltürmen auf etwa 1 bis 4 °C heruntergekühlt, denn je kälter das Wasser, desto effizienter lässt sich Schnee erzeugen (Wolfsperger et al. 2018);

Wie viele Speicherbecken es im Alpenraum gibt, weiss niemand genau. Schätzungen gehen von mehr als 1'200 Becken aus (de Jong 2023). Länderangaben nennen für Österreich mindestens 459 Becken (2026) und für die Schweiz mindestens 80 gebaute und 18 geplante (Iseli 2015). Für die französischen Alpen wurden 2021 136 Becken mit zusammen fast 7,3 Mio. m^3 Speichervolumen gezählt (Gerfand et al. 2025; de Gaillande 2026). Die jüngste belastbare Zählung stammt aus Italien: Legambiente erfasste 2026 per Satellitenbild 169 Becken mit zusammen rund 1,99 Mio. m^2 Fläche, wobei Becken im Bau, in Planung und kleinere Speicher nicht eingerechnet sind (Legambiente 2026).

Moderne Anlagen werden automatisch anhand von Wetterdaten gesteuert. Zur gezielten Verteilung des Schnees wird die Schneehöhe zunehmend satellitengestützt gemessen (Wolfsperger et al. 2018). Für Pistenplanierungen, Leitungsgräben und Beckenbau sind Zubringerstrassen für Schwerlastverkehr nötig, die auch in Hochlagen Bagger und Planierraupen heranbringen; die Folgen für Boden und Wasserhaushalt behandelt das Kapitel «Auswirkungen von Beschneiung».

Beschneiungssysteme und Beschneiungstechnik

Allen Verfahren ist die Aufgabe gemeinsam, Wasser zu Eis zu gefrieren und in schneetypischer Korngrösse auszugeben. Pro Kilogramm Wasser wird dabei unabhängig von der Technik dieselbe Energie in Form von Wärme frei (334 kJ). Die Verfahren unterscheiden sich darin, wohin diese Wärme abgeführt wird (Wolfsperger et al. 2018). Das ist entscheidend, denn Wasser gefriert nur, wenn ihm diese Wärme laufend entzogen wird – hier entscheidet sich, ob die Beschneiung vom Wetter abhängt und wie viel Energie sie kostet. Nimmt die kalte Umgebungsluft die Wärme auf, ist das Gefrieren selbst «gratis», gelingt aber nur bei ausreichend tiefen Temperaturen. Muss eine Maschine die Wärme abführen, lässt sich unabhängig vom Wetter Schnee erzeugen; dafür muss die gesamte Gefrierenergie mit Strom oder einem Kältemittel aufgebracht werden. Wetterunabhängige Schneeerzeuger



Propellermaschine © Zefram_wikimedia

verbrauchen deshalb etwa 3- bis 60-mal so viel Energie (ebd.).
Düsentechnik: Wasser wird unter hohem Druck (etwa 12–60 bar) zu feinen Tropfen von 0,1 bis 1 mm Durchmesser zerstäubt, damit es eine möglichst grosse Oberfläche erhält. Während die Tropfen durch die Luft fliegen, kühlen sie ab, gefrieren und geben ihre Wärme direkt an die Umgebungsluft ab. Das gelingt nur, wenn die Luft kalt und trocken genug ist und die Flugzeit ausreicht. Das Verfahren ist deshalb wetterabhängig, braucht aber vergleichsweise wenig Strom – nur für Pumpen, Druckluft und gegebenenfalls Ventilatoren, rund 0,5 bis 8,4 kWh pro m³ Schnee – und ist am weitesten verbreitet (ebd.).

Kältetechnik: Eine Kältemaschine – im Prinzip wie ein Kühlschrank – entzieht dem Wasser die Wärme und gibt sie über einen Kühlkreislauf ab. In Scherbeneisanlagen gefriert Wasser auf einer gekühlten Fläche und wird anschliessend zu Eisgranulat zerkleinert; in Vakuumeisanlagen verdampft im Unterdruck ein Teil des Wassers und entzieht dem Rest so viel Wärme, dass er gefriert. Das Verfahren ist wetterunabhängig, das grobe Eisgranulat verbindet sich aber schlechter zu einer festen Piste, und der Energiebedarf liegt mit rund 25 bis 40 kWh pro m³ Schnee um ein Vielfaches höher (ebd.).



Schneilanze © vwalakte_magnific

Kryotechnik: Ein sehr kaltes Kältemittel wie flüssiger Stickstoff oder flüssiges Kohlendioxid wird direkt in den Wasserspray gegeben. Es kühlt die Tropfen stark ab und nimmt beim Verdampfen die Gefrierwärme auf. Weil das Kältemittel dabei in die Luft entweicht und laufend nachgekauft werden muss, ist das Verfahren sehr teuer; es wird nur noch selten und bei sehr geringem Schneebedarf eingesetzt (ebd.).

Die gängigsten Geräte der Düsentechnik sind Propellermaschinen («Schneekanonen») und Schneilanzen. Beide Systeme arbeiten mit Wasserdruck und Druckluft. Propellermaschinen verteilen die Tropfen mit einem Ventilator über eine Flugbahn von 20 bis 45 Metern. Dadurch erreichen sie hohe Durchflussraten (bis etwa 100 m³ Schnee pro Stunde), brauchen aber 3- bis 11-mal mehr Energie je Kubikmeter Schnee als Lanzen. Schneilanzen sind rund zehn Meter hoch, günstiger in der Anschaffung, leiser und wartungsärmer, dafür windanfälliger; die leistungsstärksten schaffen bis zu 60 m³ pro Stunde. Propellertürme kombinieren Fallhöhe und Wurfweite und verlängern so die Zeit, in der die Tropfen gefrieren können (Wolfsperger et al. 2018).

Technologie	Prinzip	Energiebedarf (kWh je m³ Schnee, inkl. Pumpleistung)	Besonderheiten
Schneilanze (Düsentechnik)	Zerstäubung am Ende einer ca. 10 Meter hohen Lanze	ca. 0,5–1,3	günstig, leise, windanfällig
Propellermaschine (Düsentechnik)	Ventilator bläst Tropfen 20–45 Meter weit	ca. 1,4–8,4	hohe Leistung, im Grenztemperaturbereich ineffizient
Kältetechnik (Scherbeneis, Vakuum-)	Kühlkreislauf, Eisgranulat wird zerkleinert	ca. 25–31 (korrigiert 36–40)	wetterunabhängig, grobes Eis, geringere Festigkeit
Kryotechnik	flüssiger Stickstoff oder CO_2	keine Angabe	sehr teuer (Stickstoff über 500 € je m³ Schnee), nur bei geringem Bedarf

Tabelle 2: Beschneiungstechnologien im Vergleich. Quelle: Wolfsperger, Rhyner & Schneebeli (2018), Tab. 1.5 und Kap. 1.6.2; Werte teils Herstellerangaben und SLF-Feldmessungen.

Der Energiebedarf schwankt stark und hängt von Anlage, Standort und Witterung ab – und davon, ob Pumpen, Kühlung und Druckluftversorgung mitgerechnet werden. Feldversuche und Umfragen in Schweden ergaben eine mittlere Energieeffizienz von 4,3 kWh je m³ Schnee, mit Extremwerten zwischen 0,6 und 14 kWh – ohne Pumpleistung und Wasserkühlung (Wolfsperger et al. 2018). Der technologische Trend geht zudem klar in Richtung Automatisierung: Satellitengestützte Schneehöhenmessung in Pistenfahrzeugen (z. B. «Snowsat») zeigt, wo wie viel Schnee liegt, und kann die Kunstschneeproduktion laut Betreiberangaben um bis zu 20 % senken (swissinfo 2017). Fest installierte, vollautomatisch gesteuerte Schneeerzeuger und Beschneiungstürme ersetzen zunehmend ältere, mobile Anlagen. Effizienzgewinne pro Kubikmeter Schnee werden allerdings durch die Ausweitung der beschneiten Flächen und den steigenden Schneebedarf in wärmeren Wintern aufgezehrt (vgl. Steiger & Scott 2020).

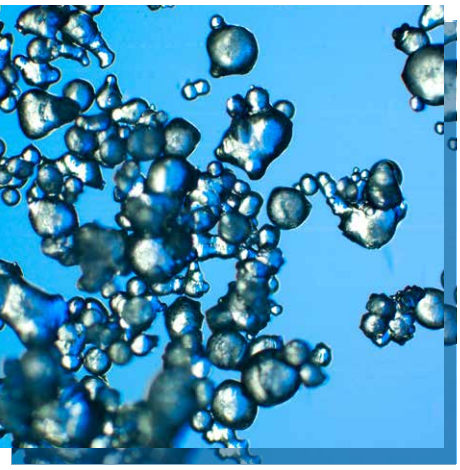
Auch beim Wasser gilt: Theoretisch ergibt 1 m³ Wasser bei einer Schneedichte von 400 kg/m³ rund 2,5 m³ Schnee. In der Praxis erreicht das Schnee-Wasser-Verhältnis nie mehr als etwa 2,2, weil Wasser durch Wind, Verdunstung, Sublimation und Abfluss verloren geht. Feldversuche des SLF an Schneilanzen ergaben Verluste von 12 bis 38 %, eine Studie der Université Grenoble Alpes 10 bis 50 % (Spandre et al. 2017, zit. in Wolfsperger et al. 2018). Carmen de Jong geht sogar von einem Verlust von 40 - 60% durch Verdunstung, Verwehung und undichte Rohre aus (de Jong 2020). Im Kapitel «Daten der Beschneiung» wird deshalb mit einem Verlust von rund 30 % gerechnet.



Naturschnee in hoher Auflösung
© Wilson Bentley, rawpixel.com

Kunstschnee und Naturschnee im Vergleich

Physikalisch betrachtet ist Kunstschnee ein industrielles Produkt. Natürliche Schneekristalle sind sechseckig, hoch individuell geformt und schliessen viel Luft ein – das macht Naturschnee locker und leicht. Kunstschnee dagegen gefriert von aussen nach innen zu kleinen, runden Eiskörnern von 0,02 bis 2,0 mm Durchmesser. Er ist dadurch bis zu viermal dichter als frisch gefallener Naturschnee, bis zu sechzigmal härter und enthält deutlich mehr Wasser (de Jong 2011).



Kunstschnee unterm Mikroskop
© Kenneht Libbrecht / Sicence Photo Library

Diese Eigenschaften sind technisch gewollt: Kunstschnee ist sofort tragfähig und befahrbar, noch bevor er sich überhaupt gesetzt hat. Anders als Naturschnee bietet er aber kaum Wärmedämmung für Böden und überwinternde Organismen – eine ökologische Funktion, die dem industriell hergestellten Produkt fehlt (Hamberger & Doering 2015). Für Skifahrende bedeutet die harte, oft eisige Oberfläche zudem höhere Geschwindigkeiten und ein höheres Verletzungsrisiko (siehe Abschnitt «Entwicklung des Skifahrens im Klimawandel»).

Die Dichte des Schnees ist ökologisch relevant. Lockerer Neuschnee ist ein guter Wärmeisolator, der Boden und Vegetation vor Frost schützt. Dichter Pistenschnee leitet Wärme deutlich besser und schützt weniger (Wolfsperger et al. 2018). Hinzu kommt, dass auf beschneiten Pisten wesentlich mehr Schnee liegt, was sich am späteren Ausaperungsdatum zeigt (ebd.). Je nach Anlage und Wasser kommen Wasser- und Mineralstoffeinträge hinzu. Die Folgen für Vegetation, Boden und Wasserhaushalt sind im Kapitel «Ökologische Auswirkungen» dargestellt.

Zusatz	Wirkung / Anwendung	Ökologisches Risiko (inkl. Abfluss & Versickerung)	Rechtsstatus & aktueller Einsatz
Snomax (Gefrierkeim, Pseudomonas syringae)	Wird dem Beschneiungswasser beigemischt; ermöglicht Eisbildung bereits bei ca. –3 °C statt –9 bis –4°C.	Keine Stickstoffverbindung. Ökologisch relevant durch mikrobiologische Einträge: mögliche Auswirkungen auf alpine Pflanzen (Laborversuche zeigen Wachstumsveränderungen). Keine chemische Belastung des Bodens, aber Eintrag eisaktiver Proteine aus nicht mehr lebensfähigen Bakterien (Pseudomonas syringae, ein verbreiteter Pflanzenschädling).	In Deutschland & Österreich verboten (Reinheitsgebot für Beschneiungswasser). In der Schweiz zugelassen, aber kantonal teils verboten. International uneinheitlich.
Streusalz / Brezelsalz (NaCl)	Wird auf die Piste gestreut, um nassen Schnee zu härten; Salz entzieht Wärme und fördert Gefrieren. Typisch: 50–500 kg/ha pro Einsatz; bis zu 2 t/ha/Jahr.	Kein Stickstoff. Ökologisch: Versalzung des Bodens, Veränderung der Bodenchemie, mögliche Hemmung empfindlicher Pflanzenarten. Abfluss über Schmelzwasser -> Eintrag in Bäche, aber meist geringere ökologische Wirkung als Stickstoffverbindungen.	Bei Rennen üblich (z. B. Ski-WM Garmisch 2011: rund 500 kg; Adelboden 2014: 2,8 t; 2023: rund 500 kg). In der Schweiz nur als «letztes Mittel» bei Wettkämpfen erlaubt.
Ammoniumnitrat (NH_4NO_3), Harnstoff ($CO(NH_2)_2$)	Stickstoffhaltige Schneehärter. Werden auf die Piste gestreut oder in Wasser gelöst aufgebracht. Produkte wie «PTX 311» (reiner Harnstoff) oder «PTX 312 Speedy» (Zusammensetzung laut SLF unklar).	Hier ist Stickstoff enthalten. Ökologische Risiken: Nitratauswaschung ins Grundwasser, Versickerung in den Boden, Förderung stickstoffliebender Arten (Nitrophile). Gefahr der Eutrophierung von Böden und Gewässern. Stickstoffeintrag verändert alpine Pflanzengesellschaften, begünstigt Gräser, verdrängt Spezialisten.	Einsatz bei Rennen dokumentiert: Lauberhorn 2007: rund 1,4 t Ammoniumnitrat. Viele Verbote beziehen sich nur auf Beschneiungswasser, nicht auf die Piste selbst teils verboten, teils geduldet.
Wasserinjektion (kein Zusatz)	Wasser wird unter Druck in die Piste gepresst und gefriert im Inneren -> sehr harte Rennpiste.	Kein chemischer Eintrag. Ökologisch relevant nur durch zusätzlichen Wasserbedarf. Abfluss und Versickerung wie normaler Schnee.	Überall zulässig. Standard bei Weltcup- und Olympiapisten.

Tabelle 3: Zusätze bei Schneeerzeugung und Pistenpräparation. Quellen: Wolfsperger et al. (2018), S. 60; Wex et al. (2015); Blankenfeldt (2025); Schwörer et al. (2007), S. ii–iv, 3–5, 14, 24–26; Rixen et al. (2003), S. 219; Bayerisches Landesamt für Umwelt (o. J.); Hamberger & Doering (2015), S. 22; Hauenstein AG (o. J.); BAFU (2010); Der Bund (2014); nau.ch (2023); NZZ (2007); swissinfo (2007); olympics.com (o. J.)

Um auch bei Grenztemperaturen noch Schnee erzeugen oder Pisten kurzfristig härten zu können, wurden und werden – vor allem auf Wettkampfpisten – Zusätze eingesetzt. Das Bodenschutzprotokoll der Alpenkonvention erlaubt chemische und biologische Zusätze für die Pistenpräparierung nur, wenn sie nachgewiesenermassen umweltverträglich sind (Art. 14 Abs. 2). Die Tabelle zeigt die gängigsten Mittel, ihre Anwendung, ökologische Risiken und den heutigen Rechtsstatus.

Beim Einsatz von Zusatzstoffen zeigt sich im Alpenraum ein uneinheitliches Bild. Als Beschneiungszusatz ist vor allem Snomax bekannt, ein Pulver aus abgetöteten Bakterien (Pseudomonas syringae), das Wassertropfen schon knapp unter dem Gefrierpunkt gefrieren lässt. In Deutschland ist es durch Art. 35 des Bayerischen Wassergesetzes verboten, in Österreich gilt ein «Reinheitsgebot», das Tirol 2018 gesetzlich bekräftigte, nachdem ein Gericht den Einsatz zuvor unter Auflagen erlaubt hatte. Für Italien und Frankreich nennen Fachleute und Branchenverbände den Einsatz unüblich bzw. nicht zugelassen. In der Schweiz ist Snomax dagegen seit 1997 zugelassen und nur in einzelnen Kantonen, etwa Bern, untersagt. Laut Seilbahnen Schweiz wird es dort aber kaum noch verwendet. Nachweisen lässt sich der Zusatz im Schnee nur schwer, weshalb eine verlässliche Kontrolle schwierig ist. Anders ist die Lage bei Wettkampfpisten: Bei Wettkampfpisten greifen Betreiber auch auf Verfahren zur Härtung der fertigen Piste zurück. Das klassische Mittel ist Kochsalz (NaCl), das auch als Fertigprodukt wie «PTX 312» angeboten wird. Das Salz schmilzt die Schneeoberfläche an, entzieht ihr dabei Wärme und lässt den entstehenden Nassschnee wieder gefrieren. Die Piste wird dadurch kurzfristig hart und

rennfähig. Dem steht ein ökologisches Risiko gegenüber: Salz schädigt Vegetation und Boden, und die Chloride gelangen in Gewässer. Nach Angaben des SLF (2007) sind Mengen von bis zu 2'000 kg pro Hektar und Jahr möglich. Im Rennsport ist die Salzung weiterhin üblich. Bei der Ski-Weltmeisterschaft in Garmisch-Partenkirchen 2011 wurden beispielsweise rund 500 kg ausgebracht. In der Schweiz ist der Einsatz laut der Vollzugshilfe des BAFU nur bei Wettkämpfen und nur als letztes Mittel vorgesehen.

Eine chemiefreie Alternative ist die Wasserinjektion. Dabei wird Wasser mit Injektionsbalken 30 bis 40 cm tief in die Piste gepresst und lässt sie von innen vereisen. Es entsteht kein chemischer Eintrag, dafür aber ein zusätzlicher Wasserbedarf und eine extrem harte, eisige Oberfläche. Das Verfahren ist überall zulässig und gilt heute auf Weltcuppisten, etwa am Lauberhorn, als Standard.

Snowfarming
Kunstschnee wird über den Sommer in abgedeckten Depots gelagert, um die Saison früh starten zu können. Beispiele: Kitzbühel/Resterkogel (rund 25‘000 m^3 unter Folie und Sägespänen, Verlust ca. 10 %, Siasonstart Anfang November), Davos (rund 20‘000 m^3 unter 40 cm Sägespänen für eine Langlaufloipe, ca 20 % Verlust), Ruhpolding (chiemgau Arena, seit 2004/05) und Livigno (Snowfarming.Loipe seit 2024). Für die Olympischen Spiele in Sotschi 2014 wurden 450‘000 m^3 eingelagert, rund 140‘000 m^3 gingen durch Abtauen verloren (Kosten ca. 11 Mio. USD).



Snowfarming in Livigno/IT © Fabio Borga/wikimedia

3 Daten der Beschneiung

Verlässliche, aktuelle und alpenweit vergleichbare Daten zur Beschneiung zu bekommen, ist überraschend schwierig. Auf den Internetseiten der Skigebietsbetreiber finden sich fast immer Angaben zu Pistenkilometern, aber nur selten zur beschneiten Fläche oder zum Wasser- und Energieverbrauch. Selbst die Betreiber haben oft Schwierigkeiten, den Anteil der Beschneiung exakt zu beziffern: Das Wetter, die von Tag zu Tag schwankende präparierte Pistenbreite und der stark wechselnde Anteil an Naturschnee spielen eine Rolle. Hinzu kommt, dass heute viele Pisten für die Beschneiung vorbereitet sind – die Leitungen liegen im Boden. Die Schneeerzeuger werden je nach Bedarf flexibel eingesetzt. «Beschneibar» und «tatsächlich beschneit» sind deshalb nicht dasselbe. Eine einheitliche, alpenweite Erhebungsmethode gibt es nicht. Konkrete, geprüfte Daten für einzelne Skigebiete sind faktisch nicht öffentlich zugänglich. Die wenigen verfügbaren Angaben gehen häufig auf alte Ursprungsquellen zurück, die immer wieder zitiert werden.

Die folgenden Abschnitte stützen sich deshalb auf drei Arten von Quellen: erstens auf flächendeckende, aber ältere Strukturerhebungen (insbesondere Ringler/VZSB 2016/17 und die Auswertung von skiresort.info), zweitens auf die bislang einzige grössere, betreiberbasierte Erhebung für ein Alpenland – die Befragung österreichischer Skigebiete durch Aigner, Mayer und Steiger (2026) –, und drittens auf wissenschaftliche Modellrechnungen wie die europaweite Studie von François et al. (2023). Wo immer möglich, wird die österreichische Erhebung auf den gesamten Alpenraum hochgerechnet, weil sie die mit Abstand solideste Datenbasis bietet, die derzeit existiert. Diese Projektionen sind mit Unsicherheiten behaftet, geben aber eine belastbare Vorstellung von der Grössenordnung. Weil Zahlen zur Beschneiung je nach Absender – Betreiber oder Umweltverbände – oft unterschiedlich ausfallen, werden Quellen und Annahmen jeweils offengelegt.

Hinweis zur Methodik: Länderspezifische Zahlen werden im Folgenden nur dort gezeigt, wo sie zum Verständnis der Gesamtrechnung nötig sind – etwa als Grundlage einer alpenweiten Hochrechnung. Reine Einzelfakten zu nur einem Land wurden bewusst nicht aufgenommen.

Grösse der Skigebiete

Die Alpen erstrecken sich über eine Gesamtfläche von 158'574 km² – das entspricht etwa der doppelten Fläche Österreichs. Laut einer alpenweiten Auswertung des Vereins zum Schutz der Bergwelt (VzSB) von 2016/17 beträgt die gesamte Skigebietsfläche 5'593 km², umgerechnet etwa zehnmal so gross wie der Bodensee. Die tatsächlich zum Skifahren genutzte Pistenfläche beträgt rund 102'000 ha und ist damit fast doppelt so gross wie der Bodensee. Sie verteilt sich zu annähernd gleichen Teilen auf Österreich, Frankreich, die Schweiz und Italien; Deutschland, Slowenien und Liechtenstein spielen alpenweit eine untergeordnete Rolle (Tabelle 4).

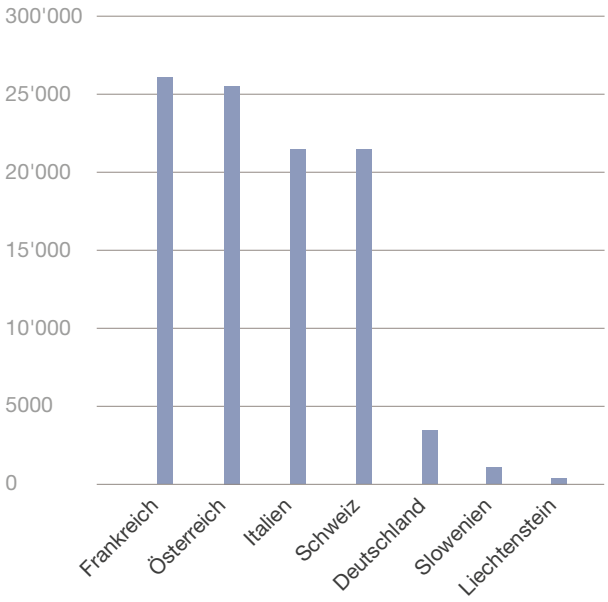
Land	Gebirgsfläche	Skigebietsfläche	Pistenfläche	Anteil Pistenfläche
Schweiz	25'482 km²	1'121 km²	22'439 ha	22 %
Österreich	42'652 km²	135 km²	25'400 ha	25 %
Deutschland	4'252 km²	4'252 km²	3'700 ha	4 %
Italien	38'874 km²	1'234 km²	22'500 ha	22 %
Frankreich	30'128 km²	1'497 km²	26'500 ha	26 %
Liechtenstein	103 km²	3 km²	138 ha	<1 %
Slowenien	17'083 km²	95 km²	1'200 ha	1 %
Gesamt	158'574 km²	5'593 km²	101'877 ha	100 %

Tabelle 4: Grösse der Skigebiete in den Alpen. Quelle: Ringler, A. / VzSB (2016/17).

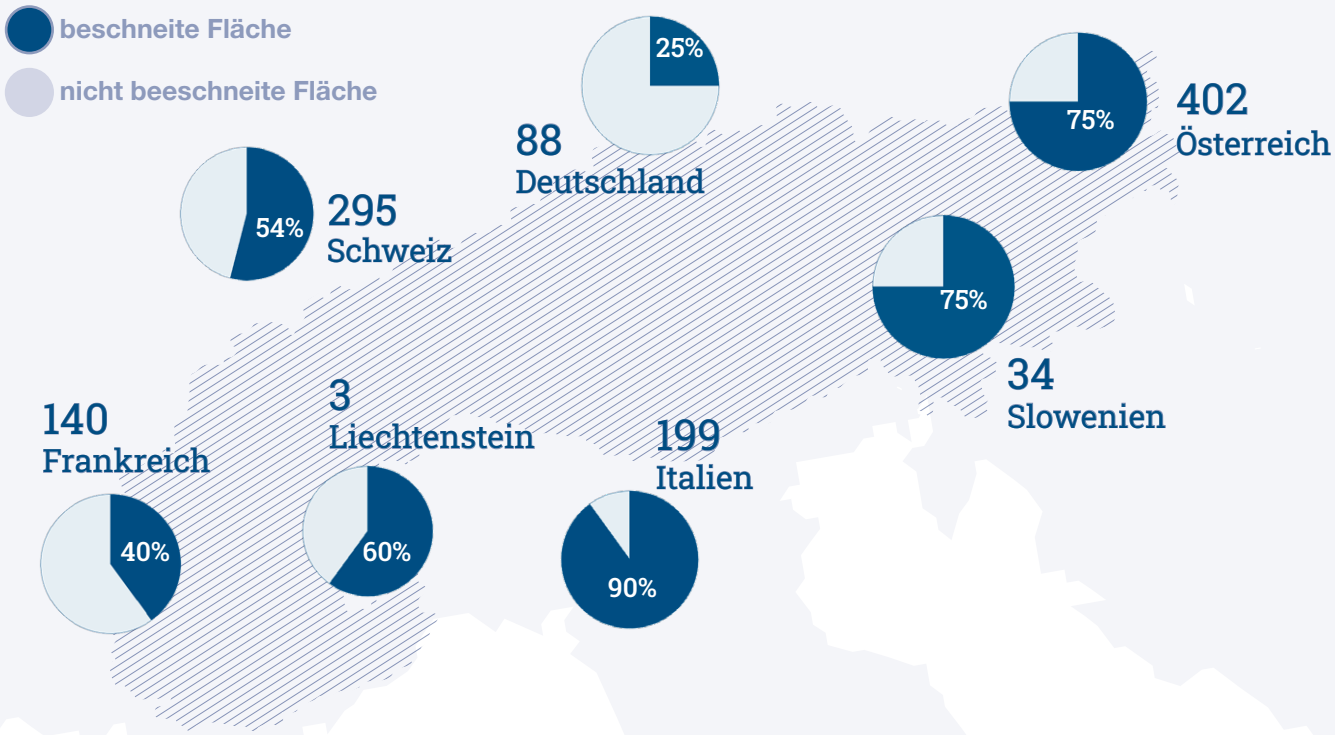
Daten über Pistenflächen sind vielerorts nicht vorhanden, veraltet, ungepflegt oder vertraulich. Auswertungen von Satellitendaten im Rahmen der Studie von François et al. (2023) ergeben teils deutlich niedrigere Pistenflächen als die häufig zitierten Werte des VzSB. Auch die Zahl der Skigebiete hängt von der Zählweise ab: Ringler (2016/17) erfasste 1'681 Skigebiete einschliesslich kleiner Einzellifte, skiresort.info führt für 2025 gut 1'100 Skigebiete. Belastbare Auswertungen setzen deshalb voraus, dass Pistenflächen und regelmässig beschneite Flächen je Skigebiet aktuell erfasst und mit Satellitendaten abgeglichen

Nach Daten von skiresort.info gab es 2025 alpenweit über 1'100 Skigebiete mit zusammen mehr als 28'000 Pistenkilometern. Dabei werden allerdings unterschiedliche Messmethoden angewendet: Die «gefahrene Länge» (entsprechend der geschwungenen Linie eines «sportlichen Skifahrers»), die «schräge Länge» (entsprechend einer «schrägen Schussfahrt») sowie die «horizontale Länge» (mittels GPS gemessene gerade Linie). Die meisten Pistenkilometer liegen in Frankreich (rund 8'400 km) und Österreich (7200 km sowie in der Schweiz (rund 7'200 km); Italien folgt mit knapp 5'000 km.

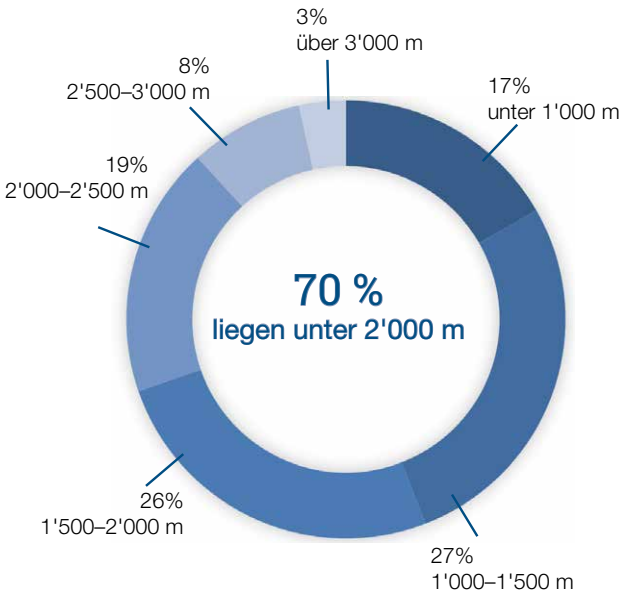
Grafik 1: Pistenfläche in Hektar



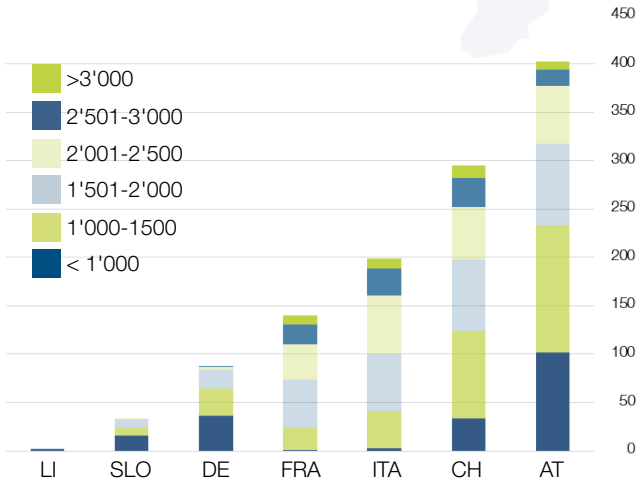
Grafik 2: Anzahl der Skigebiete Anteil der beschneiten Fläche nach Ländern



Grafik 3: Anteil der Skigebiete nach Höhenlage (alpenweit)



Grafik 4: Verteilung der Skigebiete nach Höhenlage und Land



Quellen: Ringler/VZSB (2016/17); Aigner, Mayer & Steiger (2026); Marmotamaps (2026); skiresort.de

Besonders aufschlussreich ist die Höhenverteilung (Grafik 3 und 4): 70 % aller Skigebiete liegen unterhalb von 2.000 Meter, 44 % unterhalb von 1’500 Meter und fast ein Fünftel (17 %) sogar unterhalb von 1'000 m. Nur gut jedes zehnte Skigebiet liegt über 2'500 m.

Setzt man die Höhenverteilung in Beziehung zur Entwicklung von Nullgrad- und Schneefallgrenze (siehe Kapitel «Klimawandel in den Alpen»), wird die Tragweite deutlich: Die winterliche Nullgradgrenze liegt in der Schweiz heute im Mittel bei rund 900 bis 1'000 Meter und dürfte bis 2050 um weitere etwa 300 Meter steigen, ohne Klimaschutz bis Ende des Jahrhunderts auf 1'500 bis 1'900 m. Damit rückt ein grosser Teil der Skigebiete unter 1'500m – fast die Hälfte aller Skigebiete der Alpen – in einen Höhenbereich, in dem Winterniederschlag immer häufiger als Regen fällt und die natürliche Schneedecke bis Mitte des Jahrhunderts um ein Viertel bis ein Drittel, in einer 3-Grad-Welt sogar um mehr als drei Viertel abnimmt. Gleichzeitig werden in diesen Lagen die Zeitfenster für die Beschneiung knapper, weil es seltener kalt genug ist.

Gerade die tief und mittelhoch gelegenen Gebiete – viele davon in Deutschland und Slowenien, aber auch in Teilen Österreichs und Italiens – verlieren damit nicht nur ihren Naturschnee, sondern zunehmend auch die Möglichkeit, ihn technisch zu ersetzen. In Ländern mit überwiegend niedrig gelegenen Skigebieten wie Deutschland und Slowenien sollte die Frage gestellt werden, wieviel Zukunft der alpine Skisport dort langfristig noch hat bzw. inwieweit die Ausübung den Ressourcenverbrauch rechtfertigt.

Das bayerische Skigebiet am Kolbensattel im Oberammergau stellte 2026 seinen Skibetrieb ein. Bereits 2016 hatten die Betreiber 600'000 Euro in eine stärkere Beschneiungsanlage investiert, doch bei einer Höhenlage zwischen etwa 850 und 1.270 Metern konnte auch das den Betrieb nicht mehr retten.

Beschneite Fläche

Wie gross der Anteil der tatsächlich beschneiten Fläche an der gesamten Pistenfläche ist – der sogenannte Grad der Beschneiung – lässt sich alpenweit nur abschätzen: Eine einheitliche Erhebungsmethode existiert nicht, und Betreiber machen dazu selten verlässliche Angaben. Unsere Recherchen in allen Alpenländern haben keine aktuelleren Daten ergeben; es fehlen übergeordnete Stellen, die diese Daten bei den Betreibern einfordern. Die folgende Tabelle fasst die beste verfügbare Abschätzung pro Land zusammen:

Land	Pistenfläche (Ringler/VZSB)	Pistenfläche (korrigiert für AT Aigner et al.)	Anteil beschneit	Beschneite Fläche
Schweiz	22'439 ha	22'439 ha	54 %	12'117 ha
Österreich	25'400 ha	23'174 ha	75 %	17'381 ha
Deutschland	3'700 ha	3'700 ha	25 %	925 ha
Italien	22'500 ha	22'500 ha	90 %	20'250 ha
Frankreich	26'500 ha	26'500 ha	40 %	10'600 ha
Liechtenstein	138 ha	138 ha	60 %	83 ha
Slowenien	1'200 ha	1'200 ha	75 %	900 ha
Gesamt	101'877 ha	99'651 ha	62 %	62'255 ha

Tabelle 5: Abschätzung der beschneiten Flächen in den Alpen. Quellen: Ringler/VZSB (2016/17); Aigner, Mayer & Steiger (2026); Marmotamaps (2026); skiresort.de.

Die Anteile für die Schweiz (54 %, Seilbahnen Schweiz 2024) und Frankreich (35–40 %, Cour des comptes 2024) sind durch aktuelle Branchen- bzw. Behördenangaben gedeckt; für Italien, Slowenien und Liechtenstein liegen nur ältere oder nicht amtliche Angaben vor. Für Österreich ermittelten Aigner et al. (2026) in den untersuchten Skigebieten eine Beschneiung zwischen 58 % und 100 % der Pistenfläche, im Mittel 87 % – deutlich mehr als die von der Wirtschaftskammer angegebenen 75 %. Der Wert von 25 % für den deutschen Alpenraum erscheint aus fachlicher Sicht zu niedrig angesetzt, lässt sich mangels öffentlicher Messdaten aber nicht genauer beziffern: Die bayerische Staatsregierung weist für Oktober 2022 rund 920 ha genehmigte Beschneiungsfläche in ganz Bayern aus, davon rund 750 ha in Oberbayern und Schwaben (Bayerischer Landtag 2023). Da die Ressourcenabschätzungen in diesem Report auf dem Wert von 25 % beruhen, sind sie für Deutschland eher als Untergrenze zu lesen. Insgesamt dürften in den Alpen mindestens 62'000 bis 70'000 ha mit Kunstschnee beschneit sein; es ist davon auszugehen, dass der tatsächliche Wert eher höher liegt.

Wasserverbrauch

Herstellerangaben zufolge lassen sich aus 1 m^3 Wasser rund 2,5 m^3 Schnee erzeugen. Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen jedoch, dass bei Erzeugung und Verarbeitung erhebliche Verluste auftreten – vor allem durch Verdunstung, Sublimation (Eis wird direkt zu Wasserdampf) und Windverfrachtung: Messungen des SLF ergaben Verluste von 7 bis 35 %, im Mittel 21 % (Grünewald & Wolfsperger 2019). Aigner, Mayer und Steiger (2026) gehen in ihrer Auswertung von einem Wasserverlust von rund 30 % und einer Schneedichte von 400 kg/m^3 aus; daraus ergeben sich rund 1,75 m^3 Schnee pro Kubikmeter Wasser. Dieser realistischere Wert fliesst in die Projektion weiter unten ein.

Um den enormen Wasserbedarf zu decken, werden seit Jahren grosse Speicherbecken in Berghänge und auf Hochplateaus gebaut. Schon die Bauarbeiten greifen massiv in Hangstrukturen und Wasserhaushalt ein und zerstören Feuchtgebiete, Vegetation und alpine Böden, die sich in hohen Lagen kaum regenerieren. Gespeist werden die Becken aus natürlichen Wasserkörpern – Bächen, Flüssen, Seen, Moorbereichen, Schmelzwasser und/oder Trinkwasserquellen. Ein Teil des Wassers verdunstet bereits im Becken, ein weiterer geht beim Beschneien verloren; in intensiven Beschneiungsphasen sinkt der Wasserspiegel so stark, dass mehrmals pro Saison nachgepumpt werden muss. Speicherbecken verändern zudem die Ästhetik der Berglandschaft mitunter dramatisch: Sie entstehen an Orten, an denen es keine natürlichen Seen gäbe – etwa auf Gratrücken, haben keine natürlichen Formen und sind oft über grosse Entfernungen sichtbar. In manchen Regionen gibt es kein «abseits der Pisten» mehr – das Erleben unberührter Landschaft wird massiv beeinträchtigt.

Datengrundlage und Methodik

Bislang beruhten praktisch alle Angaben zum Wasserbedarf der Beschneiung auf groben Abschätzungen unter oft nicht repräsentativen Annahmen. Eine Ausnahme bildet die Studie von Aigner, Mayer und Steiger (2026, Universität Innsbruck): Für diese Arbeit wurden erstmals systematisch Betreiberdaten österreichischer Skigebiete abgefragt. Die Rücklaufquote lag bei 22 %; die antwortenden Skigebiete

stehen jedoch für rund 34 % aller «Ski Visits» (Skitage) in Österreich. Mittels aufwendiger Regressionsmodellen wurden die Ergebnisse anschliessend auf alle österreichischen Skigebiete hochgerechnet. Trotz der moderaten Rücklaufquote beruht die Studie auf einer repräsentativen Datenmenge und gilt derzeit als die belastbarste verfügbare Quelle für die Abschätzung des Wasserbedarfs. Vergleichbare Auswertungen für andere Alpenländer existieren nicht.

Um den Ressourcenverbrauch greifbar zu machen, wird er im Folgenden auf den einzelnen Skitag bezogen. Nach der gängigen Definition (Vanat) zählt als «Ski Visit» der Besuch einer Person in einem Skigebiet für einen ganzen oder einen Teil eines Tages zum Zweck des Skifahrens, Snowboardens oder einer vergleichbaren Abfahrtsaktivität; wer eine Woche lang Ski fährt, zählt also sieben Skitage. Im Durchschnitt von sechs Saisonen (2014/15 bis 2018/19 sowie 2022/23) gab es in Österreich rund 52,5 Mio. Skitage pro Saison. Bei den antwortenden Skigebieten lag der Wasserverbrauch im Mittel bei rund 3'250 m³ pro Hektar beschneiter Piste, was einer mittleren Kunstschneeauflage von 57 cm entspricht; hochgerechnet auf ganz Österreich ergeben sich rund 2'750 bis 3'000 m³ pro Hektar:

Kennzahl (Österreich, Aigner et al. 2026)	Wert
Skitage pro Saison (Ø 2018–2023)	ca. 52,5 Mio.
Beschneite Fläche	17'381 ha
Wasserverbrauch pro Skitag	930–1'020 l
Wasserverbrauch pro Hektar	2'749–3'002 m³
Gesamter Wasserverbrauch Österreich	48,8–53,6 Mio. m³

Tabelle 6: Kennzahlen für Wasserverbrauch in österreichischen Skigebieten. Quelle: Aigner, Mayer & Steiger (2026).

Projektion auf den gesamten Alpenraum

Die wichtigste Bezugsgrösse für den Wasserverbrauch ist die beschneite Fläche. Im Vergleich mit anderen wissenschaftlichen Arbeiten liegt der österreichische Wert von rund 3'000 m³/ha gut im Mittelfeld. Da für die übrigen Alpenländer keine vergleichbaren Betreiberbefragungen vorliegen, wird dieser Wert im Folgenden – mit der gebotenen Vorsicht – auf Schweiz, Frankreich, Italien, Deutschland, Slowenien und Liechtenstein übertragen; die beschneiten Flächen stammen aus Tabelle 2. Die Projektion ist mit höherer Unsicherheit behaftet, gibt aber eine gute Vorstellung von der Grössenordnung:

Land	Area with snowmaking	Wasserverbrauch pro Saison (hochgerechnet)
Schweiz	12'117 ha	36 Mio. m³
Österreich	17'381 ha	52 Mio. m³
Deutschland	925 ha	3 Mio. m³
Italien	20'250 ha	61 Mio. m³
Frankreich	10'600 ha	32 Mio. m³
Liechtenstein	83 ha	< 1 Mio. m³
Slowenien	900 ha	3 Mio. m³
Gesamter Alpenraum	62'255 ha	187 Mio. m³

Tabelle 7: Hochrechnung des Wasserverbrauchs für die gesamte Alpenregion auf Basis der österreichischen Kennzahlen. Quelle: eigene Projektion nach Aigner, Mayer & Steiger (2026).

Schlussfolgerungen aus dieser Projektion:

- In jüngerer Vergangenheit dürfte der Wasserverbrauch für die Beschneiung in den Alpen bei rund 190 Mio. m³ pro Saison gelegen haben.
- Die tatsächlich beschneite Fläche dürfte höher liegen als die in Tabelle 2 angegebenen gut 62'000 ha, entsprechend ist auch der tatsächliche Wasserverbrauch eher höher anzusetzen: Bei den von Hamberger und Doering geschätzten 70'000 ha aus dem Jahr 2015 wären es rund 210 Mio. m³ pro Saison.
- Für den gesamten Alpenraum ergibt sich ein Wasserverbrauch von rund 1'000 Litern pro Skitag – etwa das Achtfache des durchschnittlichen Pro-Kopf-Tagesverbrauchs in Deutschland von rund 125 Litern.
- Diese Wassermenge entspricht rund 1,7 m³ Kunstschnee pro Skitag.

Was bedeuten 1'000 Liter pro Skitag?
Das entspricht etwa dem Achtfachen dessen, was eine Person in Mitteleuropa täglich im Haushalt verbraucht (rund 125 Liter) – oder etwa sieben gefüllten Badewannen.
Hochgerechnet auf rund 190 Mio. m³ pro Saison verbraucht die Beschneiung in den Alpen damit etwa so viel Wasser, wie vier Millionen Menschen innerhalb eines Jahres im Haushalt nutzen.
Bei 3 °C globaler Erwärmung und einem Beschneiungsanteil von 75 % wäre nach François et al. (2023) mehr als dreimal so viel Wasser nötig – also etwa 3'500 Liter pro Skitag.

Trockene Sommer, volle Speicherbecken
«Schweizer Skigebiete melden volle Speicherseen und planen künstliche Beschneiung» heisst es in einem Artikel auf dem Schweizer Newsportal «Blick». Voller Vorfreude wird von den vollen Speicherbecken für die Beschneiung berichtet – wohlgemerkt nach diesem extrem trockenen Sommer, der Seen und Flüsse ausgetrocknet hat. «Der Rhein, die Lebensader der Schweizer Wirtschaft, ist so trocken, dass fast keine Lastkähne mehr fahren können» heisst es. Dennoch freue man sich darüber, dass die Speicherbecken prall gefüllt sind, es sei also genug Wasser für die Beschneiung da. Als Grund dafür wird die extreme Schneeschmelze durch die Hitze und starke Gewitter genannt. Schön, dass für die Beschneiung genügend Wasser da ist, unsere Flüsse müssen dann auf dieses wohl verzichten, wenn es in den Speicherbecken zurückgehalten wird. Blick (30.8.2026)

Energieverbrauch

Beschneiungsanlagen zählen zu den ungünstigsten Stromverbrauchern überhaupt. Sie laufen genau in den Wintermonaten, wenn der allgemeine Energiebedarf ohnehin hoch ist. Hinzu kommt, dass sich die Zeitfenster für die Beschneiung durch den Klimawandel verkürzen – in immer kürzerer Zeit muss immer mehr Schnee pro-

duziert werden. Deshalb wird nicht nur im günstigen Grundlastbereich beschneit, sondern häufig auch in den teuren Spitzenlastzeiten, besonders bei Naturschnee- und Kältemangel. Der Gesamtenergieverbrauch hängt von Standort, Exposition, Höhenlage, Besonnung bzw. Beschattung, Aussentemperatur und Luftfeuchte sowie den technischen Komponenten der Anlage ab. Zum Gesamtverbrauch zählen neben den Schneeerzeugern selbst– auch Pumpen, Kompressoren, Kühlanlagen, Heiz- und Steuerungssysteme sowie die Datenzentralen für die vollautomatische Beschneiung. Angaben in der Literatur beziehen sich meist nur auf die Schneeerzeuger und unterschätzen den tatsächlichen Verbrauch deshalb tendenziell.

Kennzahl (Österreich, Aigner et al. 2026)	Wert
Elektrizitätsbedarf pro Hektar und cm Schneehöhe	257–305 kWh/ha/cm
Elektrizitätsbedarf pro Hektar (bei 57 cm Schneehöhe)	14.600 - 17.400 kWh/ha
Gesamter Stromverbrauch Österreich	260–309 GWh
Stromverbrauch pro Skitag	5–6 kWh

Tabelle 8: Bedarf an elektrischer Energie für den Skibetrieb mit Kunstschnee in Österreich. Quelle: Aigner, Mayer & Steiger (2026).

Projektion auf den gesamten Alpenraum

Für die Hochrechnung auf den gesamten Alpenraum ist neben der beschneiten Fläche (siehe Tabelle 2) vor allem der spezifische Energiebedarf pro Hektar und Zentimeter Schneehöhe entscheidend. Hier zeigt sich allerdings, wie unterschiedlich die Ergebnisse verschiedener aktueller Studien ausfallen können: Aigner et al. (2026) kommen auf 281 kWh/ha/cm, während Knowles et al. (2024) für Kanada 634 kWh/ha/cm ermitteln – mehr als das Doppelte. Aigner et al. stützen sich auf reale Betreiberdaten (34 % Abdeckung für Österreich), was für eine höhere Verlässlichkeit dieses niedrigeren Werts spricht; die Differenz zeigt aber, wie gross die Unsicherheit bei dieser Kenngrösse nach wie vor ist.

Land	Beschneite Fläche	Strombedarf (Basis Aigner et al.)	Strombedarf (Basis Knowles et al.)
Schweiz	12'117 ha	194 GWh	439 GWh
Österreich	17'381 ha	278 GWh	629 GWh
Deutschland	925 ha	629 GWh	33 GWh
Italien	20'250 ha	324 GWh	733 GWh
Frankreich	10'600 ha	170 GWh	384 GWh
Liechtenstein	83 ha	1 GWh	3 GWh
Slowenien	900 ha	14 GWh	33 GWh
Gesamter Alpenraum	62'255 ha	997 GWh	2'253 GWh

Tabelle 9: Abschätzung des elektrischen Energiebedarfs für den Skibetrieb mit Kunstschnee in der gesamten Alpenregion, Referenz-Schneehöhe 57 cm. Quelle: eigene Projektion nach Aigner, Mayer & Steiger (2026) und Knowles et al. (2024).

Die Projektion auf den gesamten Alpenraum ergibt einen jährlichen Gesamtverbrauch zwischen rund 1'000 und 2'250 GWh. Das entspricht dem Strombedarf von schätzungsweise 249'000 bis über 560'000 Haushalten (bei 4'000 kWh pro Haushalt und Jahr). Die grosse Schwankungsbreite erklärt sich aus den unterschiedlichen Methoden: Aigner et al. stützen sich auf reale Betreiberdaten, Knowles et al. auf Literatur, Branchenberichte und Modellierung (SkiSim 2.0).

Bereits 2013 wies Robert Steiger in einer Studie für den Deutschen Alpenverein auf die dramatische Steigerung des künftigen Energiebedarfs hin. Seither ist die Klimakrise im Alpenraum in voller Breite angekommen, ohne dass die politischen Entscheidungsträger ausreichend reagiert hätten.

François et al. (2023) haben zusätzlich modelliert, wie sich die Klimakrise auf den Energiebedarf der Beschneiung auswirkt – mit demselben Grundmuster wie beim Wasser: Je stärker die Erwärmung und je höher der nötige Beschneiungsanteil, desto überproportional höher der Energieverbrauch. Überträgt man die für den Wasserbedarf ermittelten Faktoren (Tabelle 6) grob auf den Strombedarf, wären künftig 4'000 bis 9'000 GWh pro Saison nötig, um Pistenskifahren im heutigen Umfang zu ermöglichen.

Schlussfolgerungen aus dieser Projektion:

- Für die Beschneiung im gesamten Alpenraum dürften pro Saison rund 1'000 bis 2'250 GWh Strom nötig sein – je nachdem, ob man den betreiberbasierten Kennwert von Aigner et al. (2026) oder den modellierten Wert von Knowles et al. (2024) zugrunde legt.
- Bezogen auf die Skitage sind das in Österreich 5 bis 6 kWh pro Skitag (Aigner et al. 2026); alpenweit ergeben sich je nach Kennwert rund 5 bis 12 kWh.
- Der Strom wird ausgerechnet im Winter gebraucht, wenn erneuerbarer Strom ohnehin knapp ist. Auch Ökostrom, der in die Schneeerzeuger fliesst, steht in dieser Zeit für andere Zwecke nicht mehr zur Verfügung

Was bedeuten 5 bis 6 kWh pro Skitag?
Das entspricht etwa dem Tagesstromverbrauch eines 1-Personen-Haushalts (rund 4-6 kWh; Vattenfall o. J.) – oder rund 30 bis 35 Kilometern Fahrt mit einem Elektroauto.
Hochgerechnet auf 2'250 GWh pro Saison liessen sich mit dem Strom für die Beschneiung in den Alpen rund 900'000 Elektroautos ein Jahr lang betreiben (bei 15'000 km und 17 kWh pro 100 km).
Bei weiter steigenden Temperaturen könnten nach grober Übertragung der Faktoren von François et al. (2023) künftig bis 9'000 GWh pro Saison nötig sein – so viel, wie 2,25 Mio. Haushalte in einem Jahr verbrauchen.

Verfügbarkeit von Daten – Empfehlungen

Wie eingangs beschrieben, ist die Datenlage zur Beschneiung in den Alpen unbefriedigend. Anfragen bei Institutionen, Verbänden und Expert:innen führten bei der Recherche für dieses Kapitel häufig ins Leere – es kamen unzureichende Antworten, Verweise auf angeblich fehlende Zuständigkeit oder gar keine Reaktion. Verbrauchsdaten einzelner Skigebietsbetreiber sind praktisch nirgends öffentlich zugänglich und bleiben hinter verschlossenen Türen.
Dabei wäre eine bessere Datengrundlage technisch längst möglich: Mit einfacher Messtechnik an den Schneeerzeugern, Funkübertragung an eine Leitzentrale sowie systematischer Auswertung liesse sich der Wasser- und Energieverbrauch der Beschneiung lückenlos erfassen. Vor über zehn Jahren gab es dazu bereits eine

Initiative des Instituts für Geografie der Universität Innsbruck (Tirol Atlas), die Daten zu Pistenfläche, Beschneiungsgrad, Wasserverbrauch, Anzahl der Schneeerzeuger und Speicherbecken erfasste – allerdings nur für Tirol und mit Stand 2012. Ein vergleichbares, aktuelles und alpenweites Projekt gibt es bislang nicht, obwohl die Rekordhitze und Trockenheit im Sommer 2026 und die zunehmende Verknappung von Trinkwasser das Thema dringlicher denn je machen. In der Politik scheint es dennoch eine untergeordnete Rolle zu spielen.

Digitale Werkzeuge für eine bessere Datengrundlage sind bereits verfügbar, werden aber noch zu wenig genutzt: Die Studie von François et al. (2023) stützte sich unter anderem auf den Schneedatensatz MTMSI des Copernicus Climate Data Store, die digitale Skikarte von OpenSkiMap (auf Basis von OpenStreetMap), Höhen- und Klimadaten der Europäischen Umweltagentur, das europäische Höhenmodell von Copernicus sowie regionale Datensätze zu globalen Erwärmungsniveaus (SantanderMetGroup).

Mit solchen Werkzeugen liesse sich die Schneehöhe in Skigebieten mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung erfassen; der Vergleich mit den unmittelbar angrenzenden, nicht beschneiten Flächen ergäbe einen Index, der den tatsächlichen Grad der Beschneiung hinreichend genau beschreibt – eine neutrale, von Betreiberangaben unabhängige Kennzahl.

Empfehlungen für eine bessere Datengrundlage

Aus der Datenlage ergeben sich folgende Empfehlungen (sie sind auch in das Kapitel «Fazit und Schlussfolgerungen» übernommen):

- Melde- und Messpflicht: Skigebietsbetreiber sollten gesetzlich verpflichtet werden, ihren Wasser- und Energieverbrauch für die Kunstschneeerzeugung täglich zu erfassen und an die zuständigen Behörden zu melden.
- Aktuelle Flächendaten: Pistenflächen und regelmässig beschneite Flächen sind je Skigebiet von Betreibern bzw. Gemeinden aktuell zu erfassen, digital zu kennzeichnen und mit Satellitendaten abzugleichen.
- Satellitengestütztes Monitoring: Mit vorhandenen Daten (Copernicus, OpenSkiMap u. a.) sollte ein Index entwickelt werden, der den Grad der Beschneiung unabhängig von Betreiberangaben beschreibt.
- Alpenweites, unabhängiges Monitoring-Projekt: Nach dem Vorbild des Tirol Atlas sollte ein aktuelles, alpenweites Beschneiungs-Monitoring aufgebaut und öffentlich finanziert werden.
- Datenzugang für die Wissenschaft: Hochschulen und Forschungsinstitute sollten Zugang zu den Betreiberdaten erhalten, damit realistische und neutrale Zukunftsszenarien möglich werden.
- Transparenz: Die Daten sollten verständlich aufbereitet und veröffentlicht werden, um die Öffentlichkeit und die Politik für das Thema zu sensibilisieren.

Kombiniert mit Satellitendaten zur tatsächlich beschneiten Fläche liesse sich damit eine belastbare, alpenweite und neutrale Datengrundlage schaffen – als Voraussetzung für realistischere Zukunftsszenarien und eine sachliche politische Debatte. Die Expertise dafür ist an den Universitäten vorhanden; es fehlt bislang am politischen Willen und an der Finanzierung.

4 Auswirkungen von Beschneiung

Die vorangegangenen Kapitel haben gezeigt, wie stark die Beschneiung gewachsen ist. Dieses Kapitel fragt nach den Folgen: Was bedeutet der Ressourceneinsatz für Böden, Pflanzen, Tiere und Gewässer in den Alpen – und für die Menschen, die von einer intakten Landschaft ebenso leben wie vom Wintertourismus?

Ökologische Auswirkungen

Beschneiung wirkt auf mehreren Ebenen: über den Kunstschnee selbst, über den Bau von Leitungen und Speicherbecken, über Präparation und Betrieb der Pisten sowie über Wasserentnahmen, Lärm und Licht. Die folgenden Abschnitte fassen den aktuellen Forschungsstand zusammen.

Kunstschnee

Kunstschnee ist dichter, härter und wasserreicher als Naturschnee (siehe Kapitel II, «Kunstschnee vs. Naturschnee»). Daraus folgen die meisten ökologischen Effekte: Auf beschneiten Pisten liegt mehr Schnee, und er bleibt länger liegen. Kunstschnee kann den Beginn der schneefreien Zeit um mehr als zwei Wochen verzögern (Pintaldi et al. 2017). Entsprechend kürzer ist die Vegetationszeit der Pflanzen auf der Piste. Wurden früher nur einzelne kritische Stellen beschneit, sind heute meist ganze Abfahrten durchgehend mit Kunstschnee bedeckt – der Skibetrieb läuft so auch dann, wenn kaum Naturschnee fällt.

Unter der dichten Schneedecke ist zudem der Gasaustausch eingeschränkt, besonders wenn sich Eisschichten bilden. Weil Bodenorganismen weiter atmen, kann an der Bodenoberfläche Sauerstoff knapp werden (Pintaldi et al. 2017). Ausserdem enthält das Schmelzwasser beschneiter Pisten im Mittel mehr Nährsalze und Ionen. Es hat zwar weiterhin Trinkwasserqualität, kann aber Boden und Vegetation auf Dauer verändern (ebd.). Zu Zusätzen und Schneehärtern siehe Kapitel II.

Infrastruktur

Auch der Bau der Beschneiungsanlagen greift tief in die Landschaft ein. Für Wasser-, Druckluft- und Stromleitungen werden Gräben gezogen, für Speicherbecken ganze Geländeteile umgestaltet – meist mit schwerem Baugerät. Leitungsgräben am Pistenrand liegen oft gerade dort, wo der Boden besonders erosionsanfällig ist (Pintaldi et al. 2017). Beschneiung verändert zunehmend auch die Form der Landschaft. Um Pisten bereits mit geringen Schneemengen befahrbar zu machen, werden Unebenheiten eingeebnet, Blockfelder überschüttet und Vegetationsstrukturen entfernt. Die so optimierten Pisten benötigen weniger Schnee und lassen sich

früher in Betrieb nehmen. Gerade im Hochgebirge bleiben diese grossflächigen Eingriffe aufgrund der langsamen natürlichen Sukzession oft über Generationen hinweg sichtbar.

Wo Boden abgetragen, planiert und wieder aufgebracht wird, verändern sich seine Eigenschaften für Jahrzehnte: Auf planierten und wiederbegrünten Pisten im Skigebiet Monterosa (Aostatal) hatte sich die Vegetation nach rund drei Jahrzehnten weitgehend erholt, der Boden aber nicht. Er war weniger fruchtbar, enthielt weniger organischen Kohlenstoff und war weniger stabil als auf unberührten Vergleichsflächen (Hudek et al. 2020). Die grössten Bauwerke sind die Speicherbecken – und es werden immer mehr. Alpenweit gibt es Schätzungen zufolge bereits über 1'200 davon (de Jong 2023). In Italien zählte Legambiente 2023 noch 142 Becken, 2026 schon 169 mit zusammen rund zwei Millionen Quadratmetern Wasserfläche. Allein 14 Becken im Aostatal bedecken über 87 Hektar (Legambiente 2023). Viele Becken fassen über 100'000 m³ und liegen oft in ökologisch sensiblen Gebieten (Pintaldi et al. 2017). Das neue Becken in Livigno etwa fasst rund 210'000 m³ (siehe Abschnitt «Wintersportgrossveranstaltungen»). Für ihren Bau werden Hänge abgegraben, wo vorher Feuchtgebiete lagen (siehe Abschnitt «Flora und Fauna»).

Wasserkonkurrenz

Wie viel Wasser die Beschneiung braucht, zeigt Kapitel III. Hier geht es um die Folgen vor Ort. Ein Teil des Wassers geht schon beim Beschneien verloren: Die Hydrologin Carmen de Jong beziffert die Verluste durch Verdunstung aus Speicherbecken, Leitungsverlusten, Abdrift, Verwehung und Sublimation auf bis zu 60 % (de Jong 2013, zit. nach Hamberger & Doering 2015) Feldmessungen des SLF bei Davos ergaben Verluste von 7 bis 35 %, im Mittel 21 %; je wärmer die Luft, desto höher die Verluste (Grünewald & Wolfsperger 2019). Modellrechnungen für La Plagne gehen von rund 10 % Verdunstung aus (Morin et al. 2023). Entscheidender als die Menge ist der Zeitpunkt: In den französischen Alpen entfallen 57 % der Entnahmen auf die winterliche Niedrigwasserzeit, in der Bäche und Flüsse ohnehin am wenigsten Wasser führen (Cognard et al. 2025).

Speicherbecken sollen das entschärfen, indem sie Wasser ausserhalb der Niedrigwasserzeit sammeln. Eine Auswertung von 35 französischen Skigebieten über neun Saisonen zeigt jedoch das Gegenteil: Mehr Speicherkapazität führt zu mehr Entnahmen in der Niedrigwasserzeit. Steigt das Beckenvolumen um 1 %, nehmen diese Entnahmen kurzfristig um 0,28 % und langfristig um 0,4 % zu (Cognard et al. 2025). Reicht das Wasser vor Ort nicht, wird es aus Nachbartälern, aus dem Talgrund, dem Grundwasser oder aus Wasserkraftspeichern herangeführt. Das löst den Konflikt nicht, sondern verlagert ihn in andere Einzugsgebiete – während Gletscher und Schneedecke als natürliche Wasserspeicher im Klimawandel schrumpfen.

Wasserkonflikte um die Beschneiung sind nicht neu; schon «Der gekaufte Winter» hat zahlreiche Beispiele dokumentiert. Die aktuellen Fälle im Kasten zeigen, dass sie sich mit der Klimakrise verschärfen.

Wasserkonflikte konkret: Aktuelle Beispiele aus den Alpen

Schweiz, Sommer 2026 – volle Speicherseen, leere Flüsse: *«Schweizer Skigebiete melden volle Speicherseen» – in St. Moritz, Adelboden-Lenk und Zermatt seien die Beschneiungsspeicher dank Gewittern und starker Schneeschmelze «komplett voll», die Beschneiung für den Winter gesichert (Blick, 30.8.2026). Zur selben Zeit meldete das Bundesamt für Umwelt Niedrigwasser, wie es nur alle 30 Jahre oder seltener vorkommt, an rund einem Drittel der Messstationen, extrem tiefe Pegel in Bodensee, Zürich- und Vierwaldstättersee sowie tiefe Grund- und Quellwasserstände (BAFU, 23.9.2026); der Untersee erreichte den tiefsten Stand seit Messbeginn, auf dem Rhein war die Frachtschifffahrt stark eingeschränkt. Mindestens 151 Gemeinden erliessen Wassersparverbote. Wasser, das im Gebirge für die Beschneiung zurückgehalten wird, fehlt Flüssen und Seen im Tal.*

Bayern, September 2026 – Grundwasser auf Rekordtief: *82 % der oberflächennahen Grundwassermessstellen und Quellen zeigten niedrige Stände, jede zehnte einen neuen Tiefstwert; der Starnberger See erreichte den niedrigsten Wasserstand seit Beginn der Messungen (LfU Bayern, Lagebericht 25.9.2026). Dennoch darf für die Beschneiung z.T. Grundwasser verwendet werden (de Jong 2023).*

Südtirol – Beschneiungsverbot und Speicherbecken-Boom: *Nach dem Beschneiungsverbot im März 2023 rief das Land im Juli 2026 erneut den Wassernotstand aus, weil die Etsch mehrfach unter den Richtwert von 80 m³/s fiel (Dolomitenstadt, 21.7.2026). Der Wasserbedarf für die Beschneiung ist von 6,1 Mio. m³ (2012/13) auf 8 bis 10 Mio. m³ gestiegen, genehmigt sind bis zu 12,6 Mio. m³; der Dachverband für Natur- und Umweltschutz warnt vor einem «Speicherbecken-Boom» (DVN 2025).*

Kaunertal (Tirol), 2026 – Beschneiung gegen Wasserkraft: *Für die Beschneiung am Kaunertaler Gletscherskigebiet werden rund 60'000 m³ Wasser benötigt, die laut Tiroler Tageszeitung seit Ende 2024 ohne Bewilligung entnommen werden; der Energieversorger Tiwag fordert Ersatz für entgangene Stromerzeugung (TT, 4.8.2026).*

La Clusaz (Haute-Savoie) – Gericht stoppt Speicherbecken: *Das geplante Becken de la Colombière (148'000 m³), zu zwei Dritteln für Kunstschnee vorgesehen, wurde 2022 per Eilentscheid gestoppt; 2025 hob das Verwaltungsgericht Grenoble die Umweltgenehmigung endgültig auf, weil kein überwiegendes öffentliches Interesse bestehe (TA Grenoble, 25.10.2022 und 23.7.2025).*

Olympische Winterspiele Milano-Cortina 2026 – *Für die Beschneiung der Wettkampfstätten wurden rund 948'000 m³ Wasser benötigt (Il Fatto Quotidiano, 13.3.2026). Im August 2026 waren Lago Maggiore und Comer See nur noch zu rund 5-6 % gefüllt, der Po führte ein Drittel seines üblichen Abflusses (L'Espresso, 11.8.2026).*

Dass die Beschneiung in Zeiten zunehmender Wasserknappheit an Grenzen stösst, ist längst nicht mehr nur Position von Umweltverbänden. Der französische Rechnungshof kommt zu dem Schluss, dass Kunstschnee nur einen «vorübergehenden, relativen Schutz» bietet und die Wasserressourcen belastet. Er empfiehlt, öffentliche Mittel an Anpassungspläne zu binden (Cour des comptes 2024). Die hohen öffentlichen Investitionen in die Schneeproduktion drohen nach seiner Einschätzung, die Abhängigkeit vom Skisport zu verfestigen, welche kaum Raum für Alternativen lässt (de Gaillande 2026). François et al. (2023) zeigen, dass der Wasserbedarf der Beschneiung mit jeder weiteren Erwärmung überproportional steigt. Legambiente kritisiert, dass in Italien rund 90 % der öffentlichen Mittel für den Bergtourismus in schneeabhängige Angebote fliessen (Legambiente 2026). Carmen de Jong resümiert: Beschneiungsverbote werden wegen Wasserknappheit künftig häufiger erforderlich sein, und die Dürre in Südtirol «sollte unser Bewusstsein dahin wecken, dass Wasser zu wertvoll ist, um es für den Wintertourismus zu verschwenden» (de Jong 2023).

Mehrere gängige Aussagen der Beschneiungsbranche zur Wassernutzung halten einer genaueren Prüfung nicht stand. Eine aktuelle Zusammenstellung der Hydrologin Prof. Carmen de Jong (Universität Strassburg) stellt verbreiteten Behauptungen die wissenschaftliche Faktenlage gegenüber (de Jong 2024):

FAKTENCHECK NACH CARMEN DE JONG:

«100 % des für die Beschneiung entnommenen Wassers fliesst zurück in den Wasserkreislauf.»
Falsch. *30 bis 60 % verdunsten oder gehen unterwegs verloren, und das Wasser wird oft aus einem anderen Teil des Einzugsgebiets oder von weiter unten hochgepumpt.*

«Für die Beschneiung werden nur 0,5 % des Wassers aus dem Flusseinzugsgebiet entnommen.»
Falsch. Der Wert darf nicht auf das gesamte Einzugsgebiet eines grossen Flusses bezogen werden, sondern auf das betroffene Teileinzugsgebiet. In kleinen Quelleinzugsgebieten im Gebirge werden 80 bis 100 % des Wasserdargebots entnommen.

«Gemessen am Jahresabfluss sind die Entnahmen gering und haben keinen Einfluss auf den Wasserhaushalt.»
Falsch. *Entnahmen müssen auf den saisonalen, wöchentlichen und täglichen Abfluss bezogen werden, nicht auf den Jahresdurchschnitt – und im Winter ist der Abfluss sehr gering.*

«Kunstschnee-Schmelzwasser geht mit derselbe Qualität wie Naturschnee-Schmelzwasser in den Kreislauf zurück.»
Falsch. *Kunstschneewasser hat eine deutlich schlechtere Qualität als Schnee- oder Niederschlagswasser: Es enthält Bakterien, Dieselrückstände, mehr Mineralstoffe und Salze und wirkt übermässig düngend.*

«Speicherbecken sind eine umweltfreundliche Lösung und entschärfen Wasserkonflikte.»
Falsch. *Speicherbecken verschärfen das Problem: Nach ihrem Bau wird nachweislich mehr Wasser aus Bächen und Flüssen entnommen als vorher, zunehmend auch aus Trinkwassernetzen. Nachgefüllt wird gerade in den abflussarmen Wintermonaten. Die Konflikte zwischen Trinkwasser, Landwirtschaft und Grundwasser nehmen zu.*

«Speicherbecken werden nur durch Niederschlag und Schneeschmelze gefüllt.»
Falsch. *Der Niederschlag trägt höchstens 3 bis 5 % bei. Vor Ort reicht das Wasser nie, die Becken sind stets überdimensioniert. Das Wasser stammt aus Talflüssen, zunehmend aus dem Grundwasser, aus Stauseen und aus Trinkwassernetzen und wird Hunderte Höhenmeter hochgepumpt.*

«Speicherbecken dienen vor allem anderen Zwecken wie Trinkwasser, Löschwasser oder Freizeitnutzung.»
Falsch. *Weil Bewilligungen und Fördermittel für reine Beschneiungsbecken kaum zu erhalten sind, werden andere Nutzungen angeführt – die fast immer unrealistisch sind.*

«Für die Beschneiung wird kein Trinkwasser entnommen.»
Falsch. *Rund 30 % des Beschneiungswassers stammen aus Trinkwasser – aus Trinkwassernetzen oder aus dem Grundwasser.*

«Die Restwassermenge in den Bächen wird immer eingehalten.»
Kaum überprüfbar: *Die meisten Bäche mit Wasserentnahmen haben keine Abflussmessstation und werden nur sporadisch – im Sommer – oder gar nicht kontrolliert. Zudem wurden Restwassermengen teils gesenkt, um höhere Entnahmen für die Becken zu ermöglichen, etwa am Gaisbergbach in Obergurgl (Tirol).*

Quelle: de Jong 2024 (eigene Übersetzung, gekürzt).

In Südtirol steht die Beschneiung in der Rangfolge der Wassernutzungen erst an fünfter Stelle – nach Trinkwasser, Landwirtschaft, Wasserkraft und Industrie. Trotzdem werden Speicherbecken zunehmend aus Tal- oder Grundwasser gespeist. In Malbun (Liechtenstein) wurden in der Wintersaison 2024/25 insgesamt 80'415 m³ Wasser für die Beschneiung verwendet: rund 38'000 m³ aus dem Malbun- und dem Guschgerbach und über 42'000 m³ aus dem Trinkwasserreservoir Schneeflucht – mehr als die Hälfte stammte also aus Trinkwasserreserven. Die VU-Fraktion hat deshalb im Landtag ein Postulat eingereicht, das die Prüfung eines Mehrzweckwasserspeichers verlangt, um den Trinkwasseranteil deutlich zu senken (Vaterland 2026). Liechtenstein veröffentlicht die Beschneiungsprotokolle für Malbun mit den Verbrauchsdaten zudem öffentlich – ein Beispiel für die im Kapitel «Verfügbarkeit von Daten» geforderte Transparenz (LLV o. J.).

Lärm und Licht

Wie laut Schneeerzeuger sind, hängt vom Anlagentyp ab (siehe Kapitel II); ältere Druckluftkanonen erreichen bis zu 115 dB(A) – so laut wie ein Presslufthammer in unmittelbarer Nähe. Ökologisch entscheidend ist vor allem der Zeitpunkt: Beschneit und präpariert wird überwiegend nachts. Lärm und Scheinwerferlicht reichen damit bis in die Ruhezeiten der Wildtiere hinein.
Besonders empfindlich reagieren Hühnervögel wie das Birkhuhn. Eine systematische Auswertung von 48 Studien, überwiegend aus den Alpen, kommt zu dem Schluss, dass Skigebiete mit ihren Liftseilen und dem Skibetrieb Vögel in den meisten untersuchten Fällen sicher oder sehr wahrscheinlich beeinträchtigen – vor allem Hühnervögel. Neben Störungen zählen dazu auch Kollisionen mit Liftseilen (Brambilla & Roseo 2025).

Flora und Fauna

Die dichte Kunstschneedecke wirkt direkt auf die Pflanzen: Unter ihr kann Sauerstoff knapp werden (siehe Abschnitt «Kunstschnee»), und der verdichtete Pistenschnee schützt den Boden schlechter vor Frost (Pintaldi et al. 2017). Bleibt der Schnee rund zwei Wochen länger liegen, verkürzt sich die Vegetationszeit. Früh blühende Arten werden seltener, spät blühende gefördert, und es bleibt weniger Zeit für die Samenreife (ebd.).
Auch Nährstoffe verändern die Artenzusammensetzung. Kunstschnee bringt zusätzliche Mineralstoffe auf die Fläche (siehe Abschnitt «Kunstschnee»), Schneehärter erhöhen Nährstoffgehalt und pH-Wert des Bodens. Davon profitieren nährstoffliebende Pflanzen, die andere Arten verdrängen – die Vielfalt nimmt ab (Pintaldi et al. 2017). Die Effekte sind allerdings nicht überall gleich stark: Eine aktuelle Studie aus den italienischen Südalpen fand auf Pisten zwar durchweg einen höheren pH-Wert des Bodens, aber keine messbaren Unterschiede in der Aktivität der Bodenmikroorganismen gegenüber Vergleichsflächen. Die Autor:innen fordern deshalb ein längerfristiges und breiteres Monitoring (Gebru et al. 2026).
Speicherbecken entstehen oft dort, wo vorher Feuchtgebiete oder kleine Seen lagen. Als Ersatzlebensraum taugen sie kaum: Eine Untersuchung von 136 Speicherbecken in den französischen Alpen, davon 28 mit biologischen Erhebungen, fand an den Ufern nur spärliche Landvegetation und durchweg keine Wasserpflanzen; die Tierwelt war artenarm und teils nicht heimisch. Die Forschenden dokumentierten ertrunkene Säugetiere sowie gestrandete Amphibien und Libellen und sehen in Bauweise und Betrieb der Becken ökologische Fallen (Gerfand et al. 2025).
Für Wildtiere kommt eine räumliche Konkurrenz hinzu: Skigebiete überschneiden sich mit den Klimarefugien hochalpiner Vogelarten – also den Gebieten, in denen diese Arten trotz Erwärmung noch passende Bedingungen finden – und bedrohen sie heute wie in Zukunft (Roseo et al. 2025).

Erosion

Planierte, verdichtete und schlecht durchwurzelte Pistenböden nehmen weniger Wasser auf. Es fliesst oberflächlich ab und trägt Boden mit (Pintaldi et al. 2017). Die Beschneiung verstärkt das: Weil der dichte Pistenschnee später schmilzt, fällt im Frühjahr mehr Schmelzwasser in kürzerer Zeit an (Morin et al. 2023). Besonders gefährdet sind frisch planierte Flächen, Leitungsgräben und Hänge mit Speicherbecken, vor allem bei Starkregen; hier steigt auch die Rutschungsgefahr. Die Becken selbst liegen oft in Gefahrenzonen: In den französischen Alpen befinden sich rund 20 % an Standorten mit Lawinengefahr, jedes zweite ist Murgängen ausgesetzt und ein Viertel einer mässigen bis hohen geologischen Gefährdung (Evette et al. 2011). Bricht ein Damm, sind tiefer gelegene Siedlungen bedroht. Wie real das Risiko ist, zeigt Courchevel: Das 2020 auf Permafrost gebaute Becken La Loze senkt sich jährlich um rund 15 cm; bevor es entleert wurde, hätten bei einem Dammbruch rund 170'000 m³ Wasser den darunterliegenden Weiler Tania bedroht (Le Monde 2026, zit. nach de Gaillande 2026).

Sportgrossveranstaltungen

Kaum etwas beschleunigt den Ausbau von Beschneiungsanlagen so sehr wie internationale Wintersportgrossveranstaltungen. Olympische Winterspiele, Ski-Weltmeisterschaften und Weltcuprennen verlangen von den Austragungsorten enge Zeitvorgaben und vollständige Schneesicherheit – Anforderungen, die FIS und IOC unabhängig von den tatsächlichen klimatischen Bedingungen vor Ort stellen.

Die Kosten dafür tragen überwiegend die öffentliche Hand – Gemeinden, Länder, der Bund – während die Gewinne oft bei Organisationskomitees und Verbänden verbleiben. Nach dem Ende der Veranstaltung folgt nicht selten ein Attraktivitätsverlust für den «normalen» Tourismus: Stammgäste meiden den Rummel während der Veranstaltung, zusätzliche Pisten bleiben als dauerhafte Landschaftseingriffe zurück

Beispiel Olympische Winterspiele Milano-Cortina 2026

Für die im Februar 2026 zu Ende gegangenen Winterspiele in den italienischen Alpen wurden rund 2,4 Mio. m³ Kunstschnee erzeugt; dafür waren rund 948'000 m³ Wasser nötig (nach dem in unserem Bericht errechneten Faktor von 1,75 wären für diese Kunstschneemenge sogar 1,3 Mio. m³ Wasser nötig), allein 580'000 m³ für Livigno-Mottolino (Alpine Mag, 1.2.2026; Il Fatto Quotidiano, 13.3.2026). In Livigno entstand dafür ein neues Speicherbecken mit rund 210'000 m³ Fassungsvermögen auf 2'530 Meter Höhe. In Antholz wurde zusätzlich eine «SnowFactory» installiert, die selbst bei Temperaturen über dem Gefrierpunkt Schnee produzieren kann. Der Hersteller TechnoAlpin erhielt für mehrere Olympia-Standorte (u.a. Bormio, Livigno, Antholz und Tesero) Aufträge im Gesamtwert von 30 Mio. Euro für Beschneiungsanlagen (TechnoAlpin 2025).

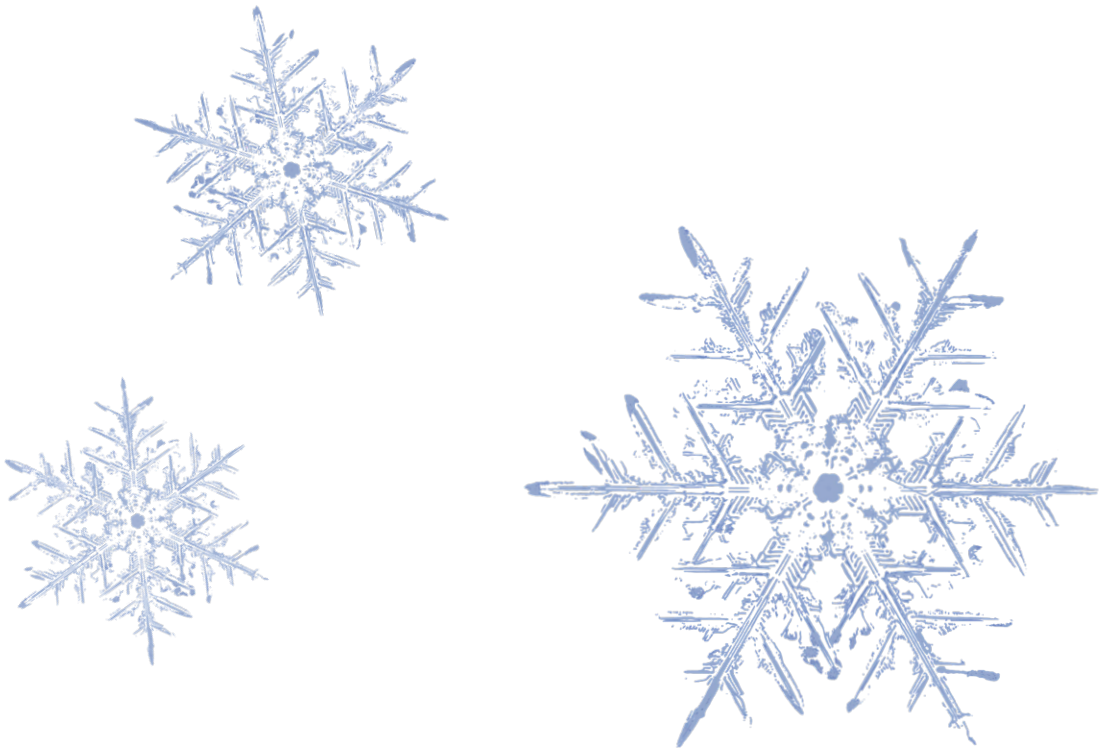
5 Wirtschaftliche Aspekte

Ökonomisch steckt der beschneite Skitourismus in einem Dilemma: Die Fixkosten für Investition und Betrieb steigen kontinuierlich, während die Zahl der Skifahrer:innen in mehreren Alpenländern stagniert oder zurückgeht. In Österreich etwa stieg der Anteil der Nichtskifahrer an der Bevölkerung zwischen 1987 und 2011 von 47 auf 66 Prozent (Zellmann 2011) – ein struktureller Nachfragerückgang, dem ein immer aufwendigerer und teurerer Beschneiungsbetrieb gegenübersteht.
Ein zentrales Argument der Seilbahnwirtschaft für Investitionen in Ausbau und Beschneiung ist die regionale Wertschöpfung. Eine Studie für die Oberösterreichische Seilbahnholding kommt zu dem Ergebnis, dass jeder Umsatz-Euro der Bahnen einen fünffachen Umsatzeffekt in Beherbergung, Gastronomie, Handel und weiteren Branchen auslöst (conos 2025).

Diese Zahlen sagen wenig darüber aus, wieviel Wertschöpfung auch ohne intensiven Skibetrieb entstehen würde. Bausch et al. (2024) zeigen, dass der alpine Winterurlaub zunehmend als multifunktionales Erlebnis verstanden werden muss, in dem Skifahren mit weiteren Aktivitäten wie Winterwandern, Schneeschuhwandern, Wellness oder sozialen Angeboten verbunden wird. Zudem verbleibt je nach Eigentums- und Unternehmensstruktur nicht die gesamte touristische Wertschöpfung in der Region. Ein Teil der Erträge fliesst an externe Eigentümer:innen oder Unternehmen ausserhalb der Region. Vor Ort entstehen vielfach saisonale Arbeitsplätze: Von den rund 17'100 Beschäftigten der österreichischen Seilbahnen sind nur rund 7'650 ganzjährig angestellt (Fachverband der Seilbahnen 2023). Die Wertschöpfung im Wintertourismus entsteht damit zunehmend aus einem breiten Angebotsmix und nicht allein durch den Skibetrieb, der angesichts der Klimakrise immer teurer und ressourcenintensiver wird.

Förderungen

Die Förderung von Skigebieten erfolgt in den Alpenländern überwiegend indirekt über Investitionen in touristische Infrastruktur, insbesondere in Seilbahnen und Bergbahnen. Eine direkte Förderung von Beschneiungsanlagen ist dagegen nur vereinzelt vorgesehen. So wurden in Bayern Beschneiungsanlagen bis Ende 2025 im Rahmen der Seilbahnförderung unterstützt; zwischen 2009 und 2013 flossen dafür rund 3,5 Mio. Euro an Fördermitteln. Seit 2026 sind Beschneiungsanlagen dort von der Förderung ausgeschlossen (Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus 2026; SI Magazin 2026). Auch in Südtirol werden Beschneiungsanlagen nicht gefördert, obwohl für bestimmte Seilbahnprojekte Zuschüsse von bis zu 45 % der Investitionskosten möglich sind (Südtirol News 2017; SI Magazin 2026). In der Schweiz flossen über die Neue Regionalpolitik bis 2019 rund 439 Mio. CHF in Tourismusprojekte, ein grosser Teil davon in Bergbahnen (Eidgenössische Finanzkontrolle 2022). Frankreich unterstützt Bergregionen über Programme wie den «Plan Avenir Montagnes», für den insgesamt rund 650 Mio. Euro bereitgestellt wurden (Banque des Territoires 2021). Die Abgrenzung ist dabei nicht immer eindeutig, da Investitionen in die Gesamtinfrastruktur eines Skigebiets auch den beschneiungsbasierten Skibetrieb indirekt stützen können (Industriemagazin 2018; Eidgenössische Finanzkontrolle 2022). Insgesamt zeigt sich jedoch, dass öffentliche Gelder im Skitourismus vor allem den Erhalt und die Modernisierung der touristischen Infrastruktur fördern, während die technische Schneeproduktion nur selten Gegenstand eigenständiger Förderprogramme ist.



6 Rechtliche Grundlagen

Der Ausbau der Beschneiung bewegt sich nicht im rechtsfreien Raum. Mehrere internationale, europäische und nationale Regelwerke setzen Rahmenbedingungen – auch wenn deren praktische Durchsetzung von Land zu Land sehr unterschiedlich ist. Angesichts der Vielfalt rechtlicher Regelungen in den Alpenländern kann dieses Kapitel jedoch keinen vollständigen Überblick bieten. Stattdessen werden ausgewählte Länder- und Fallbeispiele exemplarisch betrachtet, um zentrale rechtliche Fragestellungen und Unterschiede aufzuzeigen.

Alpenkonvention

Die Alpenkonvention – ein völkerrechtlicher Vertrag, 1991 in Salzburg unterzeichnet von Deutschland, Österreich, Frankreich, Italien, Slowenien, der Schweiz, Liechtenstein, Monaco und der EU – bildet den übergeordneten Rahmen für eine nachhaltige Entwicklung im Alpenraum. Für die Beschneiung besonders relevant sind das Tourismusprotokoll und das Bodenschutzprotokoll, die von allen Vertragsparteien mit Ausnahme der Schweiz ratifiziert wurden (Stand der Ratifizierungen). Artikel 14 Abs. 2 des Tourismusprotokolls bestimmt: «Die innerstaatlichen Rechtsvorschriften können die Erzeugung von Schnee während der jeweiligen örtlichen Kälteperioden zulassen, insbesondere um exponierte Zonen zu sichern, wenn die jeweiligen örtlichen hydrologischen, klimatischen und ökologischen Bedingungen es erlauben.» Daraus lässt sich jedoch keine generelle Rechtfertigung für eine flächendeckende Beschneiung ableiten. Nach Ennöckl (2022) steht eine künstliche Verlängerung der Skisaison durch Beschneiung ausserhalb der örtlichen Kälteperioden im Widerspruch zum ourismusprotokoll. Zudem erlaubt das Bodenschutzprotokoll erlaubt chemische oder biologische Zusätze für die Pistenpräparierung nur, wenn sie nachgewiesenermassen umweltverträglich sind (Art. 14 Abs. 2).

Umweltverträglichkeitsprüfung

Juristisch umstritten ist auch die Frage der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP). In Österreich ist eine UVP derzeit für die Erschliessung von Skigebieten mit mindestens 20 ha Geländeveränderung sowie für neue Speicherteiche ab 275'000 m^3 vorgeschrieben. In Schutzgebieten ist ab 10 ha bzw. 125'000 m^3 eine Einzelfallprüfung erforderlich (UVP-G 2000, Anhang 1 Z 12). In der Schweiz ist eine UVP für Beschneiungsanlagen ab einer beschneibaren Fläche von 5 ha vorgeschrieben (UVPV, Anhang Nr. 60.4).

Bei einem geplanten Speicherbecken im Montafon/A kamen die von der Landesregierung beauftragten Juristen zu dem Schluss, die österreichischen UVP-Regelungen zu Beschneiungsanlagen seien EU-konform auszulegen (Bussjäger & Ennöckl 2019) und das Projekt einer UVP zu unterziehen. Eine abschliessende gerichtliche Klärung erfolgte damals nicht, da der Bauantrag zurückgezogen wurde. Unabhängig davon ist derzeit ein Vertragsverletzungsverfahren der Europäischen Kommission gegen Österreich anhängig (INFR(2024)2012). Gegenstand sind unter anderem jene Bestimmungen im österreichischen UVP-Recht, die eine Prüfung kumulierender Wirkungen verschiedener Projekte festlegen und nach Ansicht der Europäischen Kommission unzureichend sind.
Die Kosten dafür tragen überwiegend die öffentliche Hand – Gemeinden, Länder, der Bund – während die Gewinne oft bei Organisationskomitees und Verbänden verbleiben. Nach dem Ende der Veranstaltung folgt nicht selten ein Attraktivitätsverlust für den «normalen» Tourismus: Stammgäste meiden den Rummel während der Veranstaltung, zusätzliche Pisten bleiben als dauerhafte Landschaftseingriffe zurück

Die Schwellenwerte für eine UVP liegen in Bayern deutlich höher als in der Schweiz. Während Beschneiungsanlagen zwar nach Art. 35 des Bayerischen Wassergesetzes genehmigungspflichtig sind, ist eine UVP seit dem 1. August 2025 erst bei einer beschneiten Fläche von mehr als 20 ha erforderlich (in Schutzgebieten: 10 ha) oder wenn die Anlage oberhalb von 1.800 Meter ü. NN liegt; zuvor galten Schwellenwerte von 15 bzw. 7,5 ha (Drittes Modernisierungsgesetz Bayern, GVBl. 2025 S. 254). Zum jetzigen Zeitpunkt ist die Prüfung der EU-Konformität der neuen Schwellenwerte noch nicht abgeschlossen.

In Südtirol zeigt sich eine ähnliche Schwellenwert-Problematik bei Speicherbecken: Eine Umweltverträglichkeitsprüfung ist erst ab einem Speichervolumen von 100'000 m^3 zwingend vorgeschrieben – ein Wert, den in der Praxis kaum ein einzelnes Becken erreicht. Der Dachverband für Natur- und Umweltschutz Südtirol fordert daher eine deutliche Absenkung dieser Schwelle, etwa auf 5'000 m^3. Ab dieser liegt die Genehmigungskompetenz auf Landesebene (Dachverband für Natur- und Umweltschutz Südtirol 2025). Zusammenfassend zeigt sich, dass die Umweltverträglichkeitsprüfung aufgrund sehr hoher Schwellenwerte nur in Ausnahmefällen zur Anwendung kommt und eine Gesamtbeurteilung der Umweltauswirkungen damit unterbleibt. Genehmigungspflichten gemäss anderen Gesetzen bleiben davon unberührt.

Wasserrechtliche Bestimmungen

Auf EU-Ebene setzt die Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG, WRRL) das Ziel eines «guten Zustands» aller Gewässer, spätestens bis 2027. Das gilt auch für Wasserentnahmen zur Beschneiung, etwa bei Restwassermengen an Entnahmebauwerken. Wasserentnahmen bedürfen nach Art. 11 einer vorherigen Genehmigung. National sind Wasserentnahme und -einleitung in Umsetzung der WRRL genehmigungspflichtig. Das Bayerische Wassergesetz schreibt ausdrücklich vor, dass zur Beschneiung nur Wasser ohne Zusätze verwendet werden darf (Art. 35 Abs. 3 BayWG). In Südtirol darf Trinkwasser nicht für neue Beschneiungsanlagen verwendet werden (DVN 2025).

In der Schweiz (kein EU-Recht) regelt das Gewässerschutzgesetz Wasserentnahmen und Mindestrestwassermengen (Art. 29 ff. GSchG), die Genehmigungspflichten für Beschneiungsanlagen oder Speicherteiche aufgrund der Auswirkungen auf Gewässer enthalten. In Frankreich werden Speicherbecken nach dem Umweltgesetzbuch (Wassergesetz) und den Berggesetzen genehmigt; in Auvergne-Rhône-Alpes gibt zusätzlich eine regionale Doktrin zur Beschneiung im Klimawandel (2019) den Rahmen vor. Neue Projekte müssen eine Mehrzwecknutzung berücksichtigen, Entnahmen sind an Mindestabflussmengen gebunden und bei Dürreverordnungen untersagt. Die Kontrolle bleibt lückenhaft: Wasserpolizei und das französische Amt für Biodiversität (OFB) haben zu wenig Personal für regelmässige Vor-Ort-Kontrollen (de Gaillande 2026). Wie Gerichte Beschneiungsprojekte inzwischen bewerten, zeigt der Fall La Clusaz: Das Verwaltungsgericht Grenoble hob 2025 die Genehmigung für ein Speicherbecken auf, weil kein zwingendes, überwiegendes öffentliches Interesse den Eingriff rechtfertige (siehe Kasten «Wasserkonflikte konkret»). In Liechtenstein genehmigte die Regierung die Beschneiungsanlage Malbun 2005 nach Feststellung der Umweltverträglichkeit unter Auflagen; eine davon ist die jährliche Einreichung eines Beschneiungsprotokolls mit Wasser- und Energiebilanz, das inzwischen öffentlich zugänglich ist (LLV o. J.). Wasserentnahmen regelt das Gewässerschutzgesetz: Bei Entnahmen aus Fliessgewässern muss eine Mindestrestwassermenge verbleiben; aus kleinen Gewässern mit weniger als 50 Litern pro Sekunde Abfluss darf grundsätzlich kein Wasser entnommen werden. Befristete Ausnahmen sind nur zulässig, wenn die ökologische Funktionsfähigkeit nicht beeinträchtigt wird, insgesamt höchstens 20 % der mittleren Abflussmenge entnommen werden und die Entnahme nicht in der Niedrigabflussperiode erfolgt (GSchG Liechtenstein). Die Wasserrechte am Saminabach und seinen Zuflüssen, darunter der Malbunbach, liegen zudem bei den Liechtensteinischen Kraftwerken (LKWG).

Eingriffe in Gewässer – etwa durch Wasserentnahme oder potenzielle Eintragung von Schadstoffen in Gewässer – sind grundsätzlich genehmigungspflichtig, wenn auch mit national unterschiedlichem Umfang. Bei erheblicheren Auswirkungen auf Gewässer argumentieren Betreiber häufig mit einem «überwiegenden» oder «überragenden» öffentlichen Interesse am Erhalt eines Skigebiets gegenüber dem Schutz der Gewässer. Ob ein solches Interesse vorliegt, wird zunehmend Gegenstand behördlicher und gerichtlicher Auseinandersetzungen.

7 Fazit und Aufforderungen

Der Aufwand für «Schneesicherheit» mittels Kunstschnee wächst mit der Klimakrise weiter – mit steigendem Bedarf an Wasser, Energie und Fläche. Weitere Investitionen in den Ausbau der Beschneiung stehen damit in einem grundsätzlichen Widerspruch zu Klimaschutz- und Energiewendezielen, während der zunehmende Handel mit Skigebieten und rein kapitalgetriebene Investitionen ohne regionalen Bezug kritisch zu bewerten sind.
Wissenschaftliche Studien zeigen zudem, dass Winterurlauber:innen heute nicht allein auf das Pistenskifahren fokussiert sind, sondern vielfältige weitere Angebote nutzen (Bausch, Ortanderl & Pröbstl-Haider 2024). Diese Entwicklung sollte genutzt werden, um die wirtschaftliche Abhängigkeit vom Skifahren zu verringern. Aus diesen Befunden lassen sich folgende zentrale Empfehlungen ableiten:

- Öffentliche Fördermittel sollen nicht länger für den Betrieb und Ausbau von Beschneiungsanlagen eingesetzt werden. Stattdessen sollen sie gezielt in nachhaltige, klimaangepasste und sozialverträgliche Tourismus- und Wintersportangebote fliessen.
- Auf den Neubau und die Erweiterung von Beschneiungsanlagen in ökologisch sensiblen Gebieten ist zu verzichten. Für alle Projekte soll eine verpflichtende Umweltverträglichkeitsprüfung durchgeführt werden, die insbesondere die Auswirkungen auf Wasserressourcen und Energieverbrauch bewertet.
- Für stillgelegte Beschneiungsanlagen braucht es eine verbindliche Rückbau- und Renaturierungspflicht, entsprechend dem Art. 12 Abs. 2 des Tourismusprotokolls der Alpenkonvention. Zudem ist frühzeitig zu klären, ob Anlagen wie Speicherbecken weiter genutzt, renaturiert oder rückgebaut werden, solange die Betreiber die notwendigen finanziellen Mittel noch aufbringen können.
- Bei der Genehmigung von Pisten und Beschneiungsanlagen sind die Protokolle der Alpenkonvention konsequent umzusetzen. Besonderes Gewicht kommt dabei Art. 14 des Tourismusprotokolls zu, der die natur- und umweltverträgliche Entwicklung entsprechender Infrastrukturen regelt.
- Wasserentnahmen und Speicherteiche dürfen nur bewilligt werden, wenn sie mit den Zielen der EU-Wasserrahmenrichtlinie vereinbar sind. Dazu zählen insbesondere das Verschlechterungsverbot und die Sicherung bzw. Erreichung eines guten Zustands der Gewässer gemäss dem jeweiligen nationalen Wasserrecht.
- UVP-Schwellenwerte für Speicherbecken und Beschneiungsanlagen senken sowie zusammenhängende Vorhaben als Gesamtprojekt prüfen, um erhebliche Eingriffe in Gewässer, Landschaft und Biodiversität vollständig zu erfassen und eine Umgehung der UVP-Pflicht auszuschliessen.
- Gletscherskigebiete befinden sich in sensiblen hochalpinen Räumen, die sich durch die Klimakrise besonders rasch verändern. Abschmelzende Gletscherzungen und neu entstehende Gletschervorfelder sollen daher unangetastet bleiben. (vgl. das 2025 in Mailand von über 60 Umweltverbänden und Forschungseinrichtungen unterzeichnete «Gletschermanifest»)

Empfehlungen zu Datenerhebung und Monitoring:

- Skigebietsbetreiber sollen gesetzlich verpflichtet werden, den Wasser- und Energieverbrauch für die Kunstschneeerzeugung täglich zu erfassen und den zuständigen Behörden zu melden.
- Pistenflächen und regelmässig beschneite Flächen sollen für jedes Skigebiet laufend digital erfasst und mit Satellitendaten abgeglichen werden.
- Entwicklung eines satellitengestützten Index, der den Umfang der Beschneiung unabhängig von Angaben der Betreiber erfasst.
- Aufbau eines unabhängigen, alpenweiten Monitorings zur Beschneiung nach dem Vorbild des Tirol Atlas, finanziert aus öffentlichen Mitteln.
- Hochschulen und Forschungsinstituten ist Zugang zu relevanten Betriebsdaten zu gewähren, insbesondere zu Daten über Wasserverbrauch, Energieverbrauch, Wasserentnahmen und beschneite Flächen. Die Ergebnisse wissenschaftlicher Auswertungen sollen transparent und allgemeinverständlich veröffentlicht werden. .

Für Tourismus, Skisport, Raumplanung und die Sicherheit der Bevölkerung bedeutet das: Die künftige Entwicklung kann nicht allein auf Wachstum und technische Anpassung ausgerichtet sein. Notwendig ist vielmehr eine langfristige Strategie, die Klimaschutz, Klimaanpassung, Naturgefahrenvorsorge und den Schutz der alpinen Ökosysteme miteinander verbindet.

8 Quellenverzeichnis

Alle im Report zitierten Quellen in alphabetischer Reihenfolge.
Links zuletzt aufgerufen im Oktober 2026.

- Abegg, B. et al. (2013): Herausforderung Klimawandel – Chancen und Risiken für den Tourismus in Graubünden. Chur/Innsbruck. www.bbgr.ch/wp-content/uploads/2020/08/AWT_BBGR_Klimabericht%202013%20-%20definitiv_LOW.pdf
- Aigner, G., Mayer, M. & Steiger, R. (2026): Snowmaking in Austria: resource consumption and greenhouse gas emissions. Journal of Sustainable Tourism. doi.org/10.1080/09669582.2026.2656746
- Alpenkonvention (1991) und Durchführungsprotokolle, u. a. Protokoll «Tourismus», Art. 14, und Protokoll «Bodenschutz», Art. 14 (Stand der Ratifikationen). www.alpconv.org
- Alpenverein Südtirol (29.11.2021): AVS kritisiert Landesbeitrag für Seilbahnverbindung Tiers – Frommer Alm. alpenverein.it/landesbeitrag-seilbahnverbindung-tiers-frommer-alm/
- Alpine Mag (1.2.2026): The volume of artificial snow at the Winter Olympics in Milan Cortina comparable to the Great Pyramid of Giza. alpinemag.com/volume-artificial-snow-winter-olympics-milan-cortina-great-pyramid-giza/
- alpinforum.com (2016): Preisangaben der Skigebiete für die Saison 2016/17. www.alpinforum.com
- Banque des Territoires / Localtis (2021): Fonds Avenir montagnes : la répartition par massif (Juli 2021); Laurent Wauquiez lance un nouveau plan Montagne plus vert que blanc (16.9.2021). www.banquedesterritoires.fr/fonds-avenir-montagnes-la-repartition-par-massifs; www.banquedesterritoires.fr/laurent-wauquiez-lance-un-nouveau-plan-montagne-plus-vert-que-blanc
- Bausch, T., Ortanderl, F. & Pröbstl-Haider, U. (2024): Rethinking growth orientation: Do ski-resorts' strategies fit the profiles of today's alpine skiers? International Journal of Tourism Research 26(4), e2708. doi.org/10.1002/jtr.2708
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2026): Niedrigwasser-Lagebericht vom 25.9.2026. www.nid.bayern.de
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (o. J.): Stickstoff-Deposition aus dem Niederschlag. www.lfu.bayern.de/luft/schadstoffe_luft/eutrophierung_versauerung/n_deposition/index.htm (Zugriff am 5.11.2026)
- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus: Bekanntmachung vom 8.12.2025, BayMBl. 2026 Nr. 3; Pressemitteilung «Seilbahnförderung auch ab 2026» (14.1.2026). www.verkuendung-bayern.de/baymbl/2026-3/
- Bayerisches Wassergesetz (BayWG), Art. 35, i. d. F. des Dritten Modernisierungsgesetzes Bayern vom 25.7.2025. www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayWG-35
- Bergbahnen Malbun (2016): Preise Winter 2016/17. www.bergbahnen.li, Archivversion vom 4.1.2016. web.archive.org/web/20160104215810/http://www.bergbahnen.li/Bahnbetrieb/Preise.aspx
- Blankenfeldt, W. (2025): Eisbildende Bakterien. BIOspektrum 31 (1), 71. doi.org/10.1007/s12268-025-2390-3
- Blick (30.8.2026): Kommende Wintersaison – künstliche Beschneiung gesichert. www.blick.ch/wirtschaft/kommende-wintersaison-kuenstliche-beschneiung-gesichert/ny5k35m

- Bozzoli, M. et al. (2024): Long-term snowfall trends and variability in the Alps. International Journal of Climatology. doi.org/10.1002/joc.8597
- Brambilla, M. & Roseo, F. (2025): The impact of downhill skiing on Galliformes and other birds. Ecological Solutions and Evidence 6, e70030. doi.org/10.1002/2688-8319.70030
- Bundesamt für Umwelt BAFU (2007): Einsatz von Hilfsstoffen auf Skipisten.
- Bundesamt für Umwelt BAFU (2010): Verwendung von Schneehärtern. Merkblatt für Betreiber von Rennpisten und Veranstalter von Schneesportwettkämpfen. Umwelt-Vollzug UV-0731, Bern. www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/chemikalien/uv-umwelt-vollzug/verwendung_von_schneehaerternfuerbetreibervonrennpistenundverans.pdf.download.pdf/verwendung_von_schneehaerternfuerbetreibervonrennpistenundverans.pdf
- Bundesamt für Umwelt BAFU (23.9.2026): Sommer 2026: Trockenheit und hohe Wassertemperaturen. www.bafu.admin.ch/de/sommer-2026-trockenheit-und-hohe-wassertemperaturen
- Bussjäger, P. & Ennöckl, D. (2019): Beschneiungsanlagen, Schigebiete und UVP-Pflichtigkeit in Österreich. Natur und Recht 41, 802–807. doi.org/10.1007/s10357-019-3595-3
- Carrer, M. et al. (2023): Recent waning snowpack in the Alps is unprecedented in the last six centuries. Nature Climate Change 13, 155–160. doi.org/10.1038/s41558-022-01575-3
- Conos (2025): Tourismus als Wirtschaftsmotor: Wertschöpfungsstudie von conos für die OÖ. Seilbahnholding www.conos.at/2025/02/06/tourismus-als-wirtschaftsmotor/
- CIPRA International (2004): Künstliche Beschneiung im Alpenraum – Ein Hintergrundbericht. Autor: Felix Hahn. Schaan. www.cipra.org/de/publikationen/2709
- Cognard, J., Berard-Chenu, L., Schaeffer, Y. & François, H. (2025): Snowmaking's slippery slope: The effect of mountain reservoirs on water demand. Ecological Economics 233, 108586. doi.org/10.1016/j.ecolecon.2025.108586
- Copernicus Climate Change Service (C3S)/ECMWF & WMO (2026): European State of the Climate 2025. climate.copernicus.eu/ESOTC/2025
- Cour des comptes (2024): Les stations de montagne face au changement climatique. Rapport public thématique, Paris, 6.2.2024. www.ccomptes.fr/fr/publications/les-stations-de-montagne-face-au-changement-climatique
- Dachverband für Natur- und Umweltschutz Südtirol (DVN) / CIPRA Südtirol (2025): Positionspapier Speicherbecken. Autor: Hanspeter Staffler. Bericht mit Link zum Positionspapier: www.suedtirolnews.it/politik/dachverband-warnt-vor-speicherbecken-boom-und-fordert-strengere-umweltpruefungen
- de Gaillande, A. (2026): Les retenues d'altitude – Gouvernance et avenir(s) dans un contexte de changement climatique. CIPRA France, Juli 2026 (dt. Übersetzung: Höhenspeicherbecken – Governance und deren Zukunft im Kontext des Klimawandels). Projektseite: www.cipra.org/fr/projets/gouvernance-retenues-altitude
- de Jong, C. (2011): Artificial Production of Snow. In: Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers. Springer. www.researchgate.net/publication/258565440_Artificial_Production_of_Snow
- de Jong, C. (2011, 2012, 2013): mehrere Arbeiten zu Wassernutzung, Biodiversität und Beschneiungsfolgen in den Alpen.
- de Jong, C. (2020): Umweltauswirkungen der Kunstschneeproduktion in den Skigebieten der Alpen. Geographische Rundschau 72 (6), S. 34–39.
- de Jong, C. (2023): Stellungnahme zur öffentlichen Anhörung «Wintersport und Tourismus im Zeichen des Klimawandels», Ausschuss für Tourismus, Deutscher Bundestag, 14. April 2023. Anlagenkonvolut zur Anhörung vom 19.4.2023: www.bundestag.de/resource/blob/989656/84b3610d67ed0bf4a8641e11597b872b/35-19-04-2023-Anlagenkonvolut.pdf
- de Jong, C. (2024): Water and Winter Tourism at the Limit: Artificial Snowmaking quo vadis? Common false declarations vs. scientific facts. Universität Strassburg.

42

- Der Bund (Januar 2014): Salz streuen gegen die Wärme. www.derbund.ch/salz-streuen-gegen-die-waerme-220880175786
- Dolomitenstadt (21.7.2026). www.dolomitenstadt.at/2026/07/21/suedtirol-ruft-den-wassernotstand-aus/
- dpa (17.1.2020): Mega-Skigebiet: Seilbahnbetreiber in Österreich investieren Milliarden. Veröffentlicht auf weather.com. weather.com/de-DE/wissen/umwelt/news/2020-01-17-mega-skigebiet-seilbahnbetreiber-in-osterreich-investieren-milliarden
- Eidgenössische Finanzkontrolle (5.5.2022), zit. nach htr.ch. Prüfbericht zu den Tourismusinfrastrukturprojekten der Neuen Regionalpolitik (EFK-20028): www.efk.admin.ch/en/audit/tourism-infrastructure-projects-under-the-new-regional-policy-state-secretariat-for-economic-affairs/
- Ennöckl, D. (2022): Die Vorgaben des Tourismus-Protokolls der Alpenkonvention. In: Kuncio, P. & Schmid, S. (Hrsg.): Das Protokoll «Tourismus» der Alpenkonvention. Schriftenreihe zur Alpenkonvention, Bd. 6. CIPRA Österreich / Verlag Österreich, Wien. doi.org/10.33196/9783704689405
- Europäische Kommission (12.8.2021): State aid SA.63902 – Slovenia. ec.europa.eu/competition/elojade/isef/case_details.cfm?proc_code=3_SA_63902
- Evette, A., Peyras, L., François, H. & Gaucherand, S. (2011): Risques et impacts environnementaux des retenues d'altitude pour la production de neige de culture dans un contexte de changement climatique. Revue de Géographie Alpine / Journal of Alpine Research 99-4. doi.org/10.4000/rga.1471
- Fondoitalia (15.10.2024): Sci di fondo – Livigno, grazie allo snowfarming si scia già a fine ottobre: parte il conto alla rovescia per la 34ª Sgambeda. www.fondoitalia.it/2024/10/15/sci-di-fondo-livigno-grazie-allo-snowfarming-si-scia-gia-a-fine-ottobre-parte-il-conto-alla-rovescia-per-la-34a-sgambeda/
- François, H., Samacoïts, R., Bird, D. N., Köberl, J., Prettenthaler, F. & Morin, S. (2023): Climate change exacerbates snow-water-energy challenges for European ski tourism. Nature Climate Change. doi.org/10.1038/s41558-023-01759-5
- Gebru, Z. M., Casagrande Bacchiocchi, S., Fornasier, F., Assefa, S. & Wellstein, C. (2026): Impact of Ski-Piste Management on Soil Microbial Activity in the Southern Alps, Italy. Land 15 (10), 1915. doi.org/10.3390/land15101915
- Gerfand, B. et al. (2025): Ecological quality of snowmaking reservoirs in the Alps and management perspectives. Aquatic Sciences 87 (1), 9. doi.org/10.1007/s00027-024-01136-0
- Gewässerschutzgesetz (GSchG, Schweiz), SR 814.20. www.fedlex.admin.ch
- GLAMOS/WSL/SCNAT (2025): Medienmitteilung zur Gletscherbilanz 2025, 1.10.2025. scnat.ch/de/uuid/i/9d883a30-136c-55b8-8cde-a6b4c1851dee-Und_die_Schweizer_Gletscher_schmelzen_weiter
- Grünewald, T. & Wolfsperger, F. (2019): Water Losses During Technical Snow Production: Results From Field Experiments. Frontiers in Earth Science 7:78. doi.org/10.3389/feart.2019.00078
- Hamberger, S. & Doering, A. (2015): Der gekaufte Winter – Eine Bilanz der künstlichen Beschneiung in den Alpen. Gesellschaft für ökologische Forschung / BUND Naturschutz in Bayern. www.VzSB.de/media/docs/Der_gekaufte_Winter_-_8.12.2015.pdf
- Hartl, L. & Fischer, A. (2015): Beschneiungsklimatologie. Endbericht, Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung der ÖAW, Innsbruck. doi.org/10.2312/Beschneiungsklimatologie_EB_2015
- Hauenstein AG (o. J.): Streusalz und seine zwei Wirkungen. Hauenstein AG, Rafz. www.hauenstein-rafz.ch/de/pflanzenwelt/sammelsurium/Streusalz-und-seine-zwei-Wirkungen.php (Zugriff am 5.11.2026)
- Hierneis, Friedl, Steinberger (2023): Schriftliche Anfrage der Abgeordneten (Bündnis 90/Die Grünen) «Kunstschneepisten und Naturschneepisten» vom 2.3.2023 mit Antwort des StMUV. Bayerischer Landtag, Drucksache 18/28586. Abrufbar über die Drucksachensuche: www.bayern.landtag.de
- Hudek, C., Barni, E., Stanchi, S., D'Amico, M., Pintaldi, E. & Freppaz, M. (2020): Mid and long-term ecological impacts of ski run construction on alpine ecosystems. Scientific Reports 10, 11654. doi.org/10.1038/s41598-020-67341-7

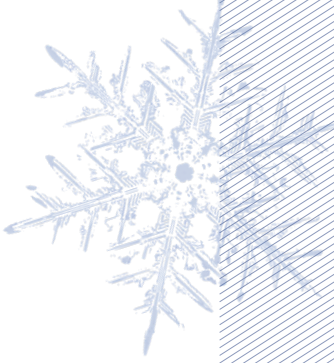
- Il Fatto Quotidiano (13.3.2026). www.ilfattoquotidiano.it/2026/03/13/olimpiadi-milano-cortina-consumo-acqua-neve-artificiale-notizie/8320362/
- Industriemagazin (15.11.2018). Österreichs Seilbahnbetreiber: 600 Millionen Euro für neue Anlagen. industriemagazin.at/a/oesterreichs-seilbahnbetreiber-600-millionen-euro-fuer-neue-anlagen
- Iseli, G. (2015): Künstliche Beschneiung in der Schweiz: Ausmass und Auswirkungen. Forschungsarbeit im Rahmen des Praktikums Nachhaltige Entwicklung, Universität Bern / Mountain Wilderness Schweiz. static.uni-graz.at/fileadmin/rewi-institute/Oeffentliches-Recht/Praxisprofessuren/Eisenberger-BlogSkigebiete/2015IseliKuenstlicheBeschneiung01.pdf
- Keiser, A. (2007): Schneekanonen – ein löchriger Wasserkreislauf. swissinfo, 20.4.2007. www.swissinfo.ch/ger/archiv-wissenschaft/schneekanonen-ein-loechriger-wasserkreislauf/1332284
- Klein, G., Vitasse, Y., Rixen, C., Marty, C. & Rebetez, M. (2016): Shorter snow cover duration since 1970 in the Swiss Alps due to earlier snowmelt more than to later snow onset. Climatic Change 139, 637–649. doi.org/10.1007/s10584-016-1806-y
- Knowles, N., Scott, D. & Steiger, R. (2024): Sustainability of snowmaking as climate change (mal) adaptation: an assessment of water, energy, and emissions in Canada's ski industry. Current Issues in Tourism 27(10), 1613–1630 (online 2023). doi.org/10.1080/13683500.2023.2214358
- Land Oberösterreich (2015): Programmdokument zur Förderung von Seilbahnunternehmen, gültig 1.7.2015–31.12.2021. Transparenzportal des Bundes. transparenzportal.gv.at/tdb/tp/leistung/1038777.html
- Legambiente (2023): Nevediversa 2023 – Il turismo invernale nell'era della crisi climatica. Rapporto di Legambiente. www.legambiente.it/wp-content/uploads/2021/11/Report-Nevediversa_2023.pdf
- Legambiente (2025, 2026): Nevediversa – Rapporto sul turismo invernale nell'era della crisi climatica. www.legambiente.it/attivita-scientifiche/nevediversa
- L'Espresso (11.8.2026). lespresso.it/c/sostenibilita/2026/8/11/po-acque-emergenza-siccita-livello-laghi/64025
- Liechtensteinische Landesverwaltung (LLV), Amt für Hochbau und Raumplanung (o. J.): Beschneiungsprotokolle Malbun. www.llv.li/de/landesverwaltung/amt-fuer-hochbau-und-raumplanung/baurecht-und-brandschutz/beschneiungsprotokolle-malbun (abgerufen 10/2026)
- Liechtensteinisches Landesgesetzblatt (2024): Finanzbeschluss vom 8. November 2024 über die Gewährung von Investitionskostenbeiträgen an die Bergbahnen Malbun Aktiengesellschaft für die Jahre 2025 bis 2028 und eines Beitrags zur Errichtung von Photovoltaik-Anlagen, LGBl. 2024 Nr. 479. www.gesetze.li/konso/pdf/2024479000
- Marmotamaps (2026): 7 Fakten zur künstlichen Beschneiung. Blogbeitrag (veröffentlicht November 2020). marmotamaps.com/de/blog/7-fakten-zu-kuenstlicher-beschneiung/
- Metral Pierre-Alexandre: La montagne désarmée, une analyse des trajectoires territoriales des stations de ski abandonnées françaises. Géographie. Université Grenoble Alpes [2020-..], 2025. Français. theses.hal.science/tel-05140065
- MeteoSchweiz/ETH Zürich/NCCS (2025): Klima CH2025 – Klimazukunft Schweiz. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, Zürich, 24 S. doi.org/10.18751/climate/scenarios/ch2025/brochure/1.0/de
- Morin, S., François, H., Réveillet, M. et al. (2023): Simulated hydrological effects of grooming and snowmaking in a ski resort on the local water balance. Hydrology and Earth System Sciences 27, 4257–4277. doi.org/10.5194/hess-27-4257-2023
- Nationale Skigebietsverbände: Seilbahnen Schweiz (SBS), Fachverband Seilbahnen Österreich (WKO), Domaines Skiables de France – jeweils aktuelle Jahresberichte/Statistiken. www.seilbahnen.org; www.wko.at/transport-verkehr/seilbahnen; www.domaines-skiables.fr

- Nau.ch (Januar 2023): Adelboden kämpft: 500 Kilo Salz sollen Chuenisbärgli-Rennen retten. www.nau.ch/sport/wintersport/adelboden-kampft-500-kilo-salz-sollen-chuenisbargli-rennen-retten-66386801
- NZZ (22.9.2007): Schneehärter häufig auch bei kleinen Anlässen. www.nzz.ch/schneehaerter_haeufig_auch_bei_kleinen_anlaessen-ld.434547
- olympics.com (o. J.): From snow crystals to World Cup courses – how snow shapes Alpine skiing. www.olympics.com/en/news/alpine-skiing-snow-piste-slopes-conditions-sofia-goggia
- NCCS (2018): CH2018 – Kernaussage «Schneearme Winter».
- NCCS (2025): Beobachtete Klimaentwicklung in der Schweiz. www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien/beobachtete-klimaentwicklung-in-der-schweiz.html
- Olefs, M., Koch, R., Schöner, W. & Marke, T. (2020): Changes in Snow Depth, Snow Cover Duration, and Potential Snowmaking Conditions in Austria, 1961–2020. Atmosphere 11(12), 1330. doi.org/10.3390/atmos11121330
- ORF (25.3.2013): Olympia: Sotschi bunkert jetzt schon Schnee für 2014. sport.ORF.at. sportv2.orf.at/stories/2173575/
- PERMOS/SCNAT (2025): Medienmitteilung Permafrost, 17.6.2025. www.geo.uzh.ch/de/news/2025/permos-2025.html
- Pintaldi, E., Hudek, C., Stanchi, S., Spiegelberger, T., Rivella, E. & Freppaz, M. (2017): Sustainable Soil Management in Ski Areas: Threats and Challenges. Sustainability 9 (11), 2150. doi.org/10.3390/su9112150
- Région Grand Est (2024): Adapter les stations de montagne au changement climatique. Dispositif régional, Strasbourg. www.grandest.fr/wp-content/uploads/2024/11/dispositif-soutien-a-ladaptation-des-stations-de-montagne-au-changement-climatique.pdf
- Regierung des Fürstentums Liechtenstein (2024): Bericht und Antrag betreffend die Gewährung von Investitionskostenbeiträgen an die Bergbahnen Malbun Aktiengesellschaft für die Jahre 2025 bis 2028 und eines Beitrags zur Errichtung von Photovoltaik-Anlagen, Nr. 116/2024. bua.regierung.li/BuA/default.aspx?nr=116&year=2024&erweitert=true
- Richtlinie 2000/60/EG (EU-Wasserrahmenrichtlinie). eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj
- Ringler, A. (2016/17): Skigebiete der Alpen: landschaftsökologische Bilanz, Perspektiven für die Renaturierung. Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt, 81./82. Jg., S. 29–130. www.alpenverein-muenchen-oberland.de/uploads/images/uuHCoiH52AGNNw69PiKtZw/ringler_VzSB_jb_2016_17_skigebiete_der_alpen_landschaftsoekologische_bilanz.pdf
- Rixen, C., Stoeckli, V. & Ammann, W. (2003): Does artificial snow production affect soil and vegetation of ski pistes? A review. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 5 (4), 219–230. doi.org/10.1078/1433-8319-00036
- www.slf.ch/fileadmin/user_upload/WSL/Projekte/kuenstliche_schneedecke/zusammenfassung_kunstschneeprojekt.pdf
- Roseo, F., Celada, C. & Brambilla, M. (2025): Ski resorts threaten climate refugia for high-elevation biodiversity under current and future conditions in the Alps. Biological Conservation 301, 110890. doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110890
- Ruedl, G. & Burtscher, M. (2026): Collisions on ski slopes pose a high risk of injury – It's time to take action. Journal of Sport and Health Science 15, 101151. doi.org/10.1016/j.jshs.2026.101151
- Schweizer Tourismus-Verband (2024): Faktenblatt Klimaszenarien Winter 2050 für die Schweiz (erarbeitet von Seilbahnen Schweiz, November 2024). files.stv-fst.ch/staging/assets/downloads/kona_sbs_klimaszenarien-winter.pdf

- Schwörer, C., Rhyner, H., Rixen, C., Schneebeli, M. & Iten, B. (2007): Chemische Pistenpräparation – Grundlagenbericht. Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos, im Auftrag des BAFU. vi, 69 S. www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/10875.pdf
- Serquet, G., Marty, C., Dulex, J.-P. & Rebetez, M. (2011): Seasonal trends and temperature dependence of the snowfall/precipitation-day ratio in Switzerland. Geophysical Research Letters 38, L07703. doi.org/10.1029/2011GL046976
- SI Magazin – Seilbahnen International (19.1.2026): Bayern: Seilbahnförderung auch 2026, aber ohne Beschneiung; (9/2026): Südtirol: Neue Förderkriterien für Seilbahnen. www.simagazin.com/si-magazin/themen/seilbahn-technik/bayern-seilbahnfoerderung-auch-2026-aber-ohne-beschneiung/; www.simagazin.com/si-magazin/themen/management-tourismus/suedtirol-neue-foerderkriterien-fuer-seilbahnen/
- Siol.net (28.1.2023): Po 10 letih suše krepkih 80 milijonov evrov za slovenska smučišča. siol.net/sportal/rekreacija/po-11-letih-suse-krepkih-80-milijonov-evrov-za-slovenska-smucisca-597939
- Skiresort Service International GmbH: Datensammlung zu Skigebieten weltweit. www.skiresort.info
- SLF – WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung (2026): Technischer Schnee. www.slf.ch/de/schnee/schneesport/schnee-und-ressourcenmanagement/technischer-schnee/
- snowplaza.de (30.10.2025): Ski fahren ab 7. November: Kitzbühel setzt auf innovative Schneespeicherung. www.snowplaza.de/weblog/ski-fahren-ab-november-kitzbuehel-setzt-auf-innovative-schneespeicherung/
- Spandre, P., François, H., Thibert, E., Morin, S. & George-Marcelpoil, E. (2017): Determination of snowmaking efficiency on a ski slope from observations and modelling of snowmaking events and seasonal snow accumulation. The Cryosphere 11, 891–909. doi.org/10.5194/tc-11-891-2017
- SRF (13.12.2024): Kren, A.: Snowfarming in Davos – Wie man dem Ski-Winter auf die Sprünge hilft. www.srf.ch/wissen/nachhaltigkeit/snowfarming-in-davos-wie-man-dem-ski-winter-auf-die-spruenge-hilft
- Stangl, M. et al. (2026): Klimastatusbericht Österreich 2025. CCCA/Klima- und Energiefonds, Wien. ccca.ac.at/wissenstransfer/klimastatusbericht-2025
- Steiger, R. (2013): Auswirkungen des Klimawandels auf Skigebiete im bayerischen Alpenraum. Im Auftrag des Deutschen Alpenvereins. Innsbruck. www.alpenverein.de/files/DAV-Beschneiungsstudie_21661.pdf
- Steiger, R. & Scott, D. (2020): Ski tourism in a warmer world: Increased adaptation and regional economic impacts in Austria. Tourism Management 77, 104032. doi.org/10.1016/j.tourman.2019.104032
- Stiftung Sicherheit im Skisport/ASU (2025): Unfallanalyse Saison 2024/25. www.stiftung.ski/en/security/asu-accident-analysis
- Südtirol News (28.11.2017): Seilbahnen: Neue Kriterien für die Förderung. www.suedtirolnews.it/wirtschaft/seilbahnen-neue-kriterien-fuer-die-foerderung
- swissinfo (2007): Schneekanonen – ein löchriger Wasserkreislauf. www.swissinfo.ch/ger/archive-wissenschaft/schneekanonen-ein-loechriger-wasserkreislauf/1332284
- swissinfo (20.11.2017): Hightech auf den Pisten. www.srf.ch/news/schweiz/hightech-auf-den-pisten-keine-verschwendung-von-schnee
- TechnoAlpin (2025): Milano Cortina Winter Olympics 2026: TechnoAlpin delivers the core snowmaking projects. Pressemitteilung vom 25.7.2025. www.technoalpin.com/en-us/about-us/news/milano-cortina-winter-olympics-2026/
- Tiroler Naturschutzgesetz 2005 (Landtagsbeschluss vom 4.10.2018). www.ris.bka.gv.at
- Tiroler Tageszeitung (4.8.2026): Zu viel Wasser für Beschneiung? www.tt.com/artikel/30939481/zu-viel-wasser-fuer-beschneiung-tiwag-legt-sich-am-kaunertaler-gletscher-quer

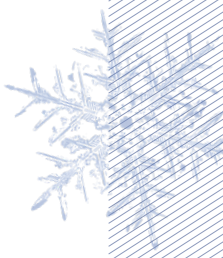
- Traunsteiner Tagblatt (16.1.2020): Beste Bedingungen: Ruhpolding Vorreiter im Snow-Farming – Schneedepot leer. www.traunsteiner-tagblatt.de/startseite_artikel,-beste-bedingungen-ruhpolding-vorreiter-im-snowfarming-schneedepot-leer-_arid,546076.html
- Tribunal administratif de Grenoble: Beschlüsse vom 25.10.2022 (Nr. 2206293) und 23.7.2025.
- UVP-G 2000 (Österreich), Anhang 1 Z 12, i. d. F. BGBl. I 26/2023. www.ris.bka.gv.at
- UVPV (Schweiz), Anhang Nr. 60.4. www.fedlex.admin.ch
- Urlaubshamster (2026): Skipass-Preise 2026/27: Österreichs Skigebiete im Vergleich. www.urlaubshamster.at/skipass-preise-2026-27/
- Vanat, L. (2022, 2025): International Report on Snow & Mountain Tourism. Volltext nur für Unterstützer:innen. www.vanat.ch/international-report-on-snow-mountain-tourism
- Vaterland (1.9.2026): VU will Trinkwasseranteil bei der Beschneiung im Malbun senken. www.vaterland.li/liechtenstein/politik/vu-will-trinkwasseranteil-bei-der-beschneiung-im-malbun-senken-art-755709
- Vattenfall (o. J.): Stromverbrauch in Mehr-Personen-Haushalten. www.vattenfall.de/infowelt-energie/strom-ratgeber/durchschnittlicher-stromverbrauch-im-1-2-3-4-personen-haushalt (abgerufen 10/2026)
- Wex, H., Augustin-Bauditz, S., Boose, Y. et al. (2015): Intercomparing different devices for the investigation of ice nucleating particles using Snomax® as test substance. Atmospheric Chemistry and Physics 15, 1463–1485. doi.org/10.5194/acp-15-1463-2015
- Wirtschaftskammer Österreich (WKO), Fachverband der Seilbahnen: Beschneiung sowie diverse Datenblätter. www.wko.at (abgerufen 9/2026) www.wko.at/transport-verkehr/seilbahnen/beschneiung
- Wirtschaftskammer Vorarlberg (2026): Förderung von Klein- und Kleinstskigebieten – Richtlinien 2026. www.wko.at/vlbg/transport-verkehr/seilbahnen/richtlinien-2026-kleinskigebiete.pdf
- Wolfsperger, F., Rhyner, H. & Schneebeli, M. (2018): Pistenpräparation und Pistenpflege. Das Handbuch für den Praktiker. WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos. 232 S. ISBN 978-3-900621-59-4. www.slf.ch/en/publications/slope-preparation-and-grooming/
- Zellmann, P. (2011): Zukunft Wintersport. Vortrag beim Saisonstart-Journalistenseminar Netzwerk Winter, 20. Oktober 2011, Tauern Spa Kaprun. Institut für Freizeit- und Tourismusforschung (IFT), Wien.









CIPRA
LEBEN IN
DEN ALPEN