

# Die Winter in Warth und Schröcken

Amtliche Klimadaten | Klimaszenarien bis 2050  
Entwicklung der Skisaisonlängen | Ökologie der Beschneigung



Foto: Skilifte Warth GmbH & Co. KG



Empfohlene Zitierung:

AIGNER, Günther (2025): Die Winter in Warth und Schröcken. Amtliche Klimadaten, Klimaszenarien bis 2050, Skisaisonlängen, Ökologie der Beschneigung. [www.zukunft-skisport.at/studien](http://www.zukunft-skisport.at/studien)

Warth, im Jänner 2025

# INHALT

1	Zur Entwicklung der Wintertemperaturen.....	3
1.1	Galzig (2.090 m) – Messreihe seit 1970/71 .....	4
1.2	Säntis (CH, 2.502 m) – Messreihe seit 1895/96 .....	5
2	Zur Entwicklung der Schneeparameter.....	7
2.1	Warth .....	8
2.2	Körbersee (Schröcken) .....	12
2.3	Lech am Arlberg.....	14
3	Zur Entwicklung der Skisaisonlängen .....	18
4	Zur Ökologie der technischen Beschneigung .....	19
4.1	Der Wassereinsatz als Kreislaufwirtschaft .....	19
4.1.1	<i>Niederschlagsdargebot und Wasserbedarf.....</i>	<i>21</i>
4.2	Energiebedarf .....	22
4.3	CO <sub>2</sub> -Footprint.....	22
4.4	Auswirkungen auf die alpine Flora und Fauna.....	22
5	Klimaerwärmung: Skifahren im Jahr 2050 .....	24
6	Skifahren international: Wie groß ist das Marktpotenzial?.....	25
7	FAZIT: Schlussfolgerungen für den Skitourismus in Warth und Schröcken.....	26
8	Anhang.....	27
8.1	Quellen / References .....	27
8.2	Biografie Günther Aigner .....	29



Foto: Skilifte Warth GmbH & Co. KG

# 1 Zur Entwicklung der Wintertemperaturen

**GeoSphere Austria und die MeteoSchweiz verfügen über hochwertige Temperaturmessreihen von Bergstationen, die in der weiteren Umgebung von Warth und Schröcken positioniert sind (siehe Quelle Nr. 01). Hingegen gibt es keine amtlichen Temperaturdaten im Nahbereich des hinteren Bregenzerwaldes auf einer für das Skigebiet am Arlberg und Hochtannberg repräsentativen Höhenlage.**

In diesem Kapitel finden Sie die Auswertung der ZAMG-Messreihe vom Galzig, die seit 1993 existiert. Um zeitlich weiter zurückblicken zu können, wurde die Galzig-Reihe mithilfe von Daten der MeteoSchweiz-Station Säntis verlängert. Dies ist zielführend und zulässig, weil die beiden Messreihen sehr gut miteinander korrelieren. Das Bestimmtheitsmaß ( $r^2$ ) beträgt 0,962. Das heißt, dass die Veränderungen der Wintertemperaturen am Galzig zu 96,2 % durch die Temperaturveränderungen am Säntis erklärt werden können.

Die Station Säntis liegt auf 2.502 Meter Seehöhe und wird von der MeteoSchweiz betrieben. Sie befindet sich etwa 60 km Luftlinie westlich von Warth.

Die Temperaturanalysen betreffen den meteorologischen Winter, welcher auf der Nordhalbkugel am 01. Dezember beginnt und bis zum 28. (bei Schaltjahr: 29.) Februar andauert.

Dem Leser sollen zwei Zeiträume der winterlichen Temperaturentwicklung geboten werden:

- 1) **1970/71 bis heute.** Dieser Zeitraum bietet einen Überblick über mehr als ein halbes Jahrhundert Winterklima – gleichzeitig einen Blick zurück bis zum allmählichen Beginn des Massenskilaufs.
- 2) **1895/96 bis heute.** Mit diesem Zeitraum können wir die gesamte Skigeschichte in den Alpen überblicken.

## 1.1 Galzig (2.090 m) – Messreihe seit 1970/71

Die mittleren Wintertemperaturen am Galzig (2.090 m) sind seit 1970/71 um 1,2 Grad Celsius angestiegen (01). Dieser Anstieg ist an der Grenze zur statistischen Signifikanz ( $p = 0,097$ ).

Arithmetisches Mittel: Minus 5,0 Grad Celsius

Standardabweichung: 1,6 Grad Celsius

Anm.: Die Messreihe der ZAMG am Galzig reicht bis zum Winter 1993/94 zurück. Die Wintertemperaturen bis 1992/93 wurden mithilfe der Messdaten der 60 km entfernten MeteoSchweiz-Station „Säntis“ (2.502 m) berechnet. Das Bestimmtheitsmaß  $r^2$  liegt bei 0,962.

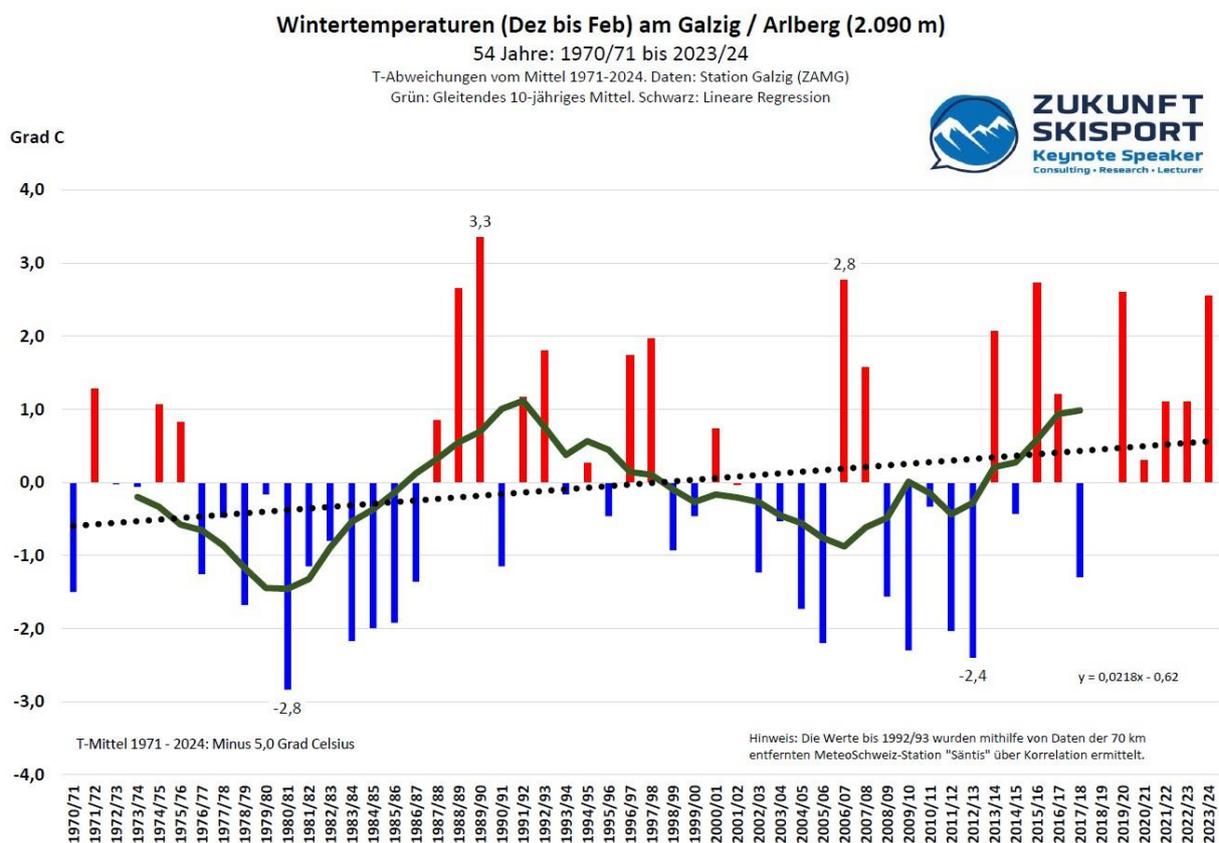


Abb. 1: Die Abweichungen der Wintertemperaturen (vom Mittel 1971 bis 2024) am Galzig von 1970/71 bis 2023/24. Daten: ZAMG, MeteoSchweiz. Grafik: ZUKUNFT SKISPORT

**Die grüne Kurve – das gleitende 10-jährige Mittel – zeigt eine Erwärmung in zwei Wellen um insgesamt 1,2 Grad Celsius.**

## 1.2 Säntis (CH, 2.502 m) – Messreihe seit 1895/96

Seit der Pionierzeit des alpinen Skisports Mitte der 1890er-Jahre haben sich die Wintertemperaturen am Säntis im gleitenden 30-jährigen Mittel um 1,2 Grad Celsius erwärmt. Im linearen Trend (siehe Abb. 2, rote Linie) sind die Temperaturen um 1,75 Grad Celsius angestiegen (01).

Abbildung 2 zeigt die winterliche Temperaturentwicklung am Säntis (CH, 2.502 m, 60 km Luftlinie westlich von Warth) seit 1895/96. Das Mittel der Wintertemperaturen liegt für die vergangenen 129 Jahre bei minus 7,5 Grad Celsius (blaue Linie). Die Erwärmungsgeschwindigkeit der Winter seit 1895/96 beträgt im linearen Trend rund 1,4 Grad Celsius pro Jahrhundert – siehe dazu die Formel.

Standardabweichung: 1,5 Grad Celsius

Spannweite: 7,5 Grad Celsius

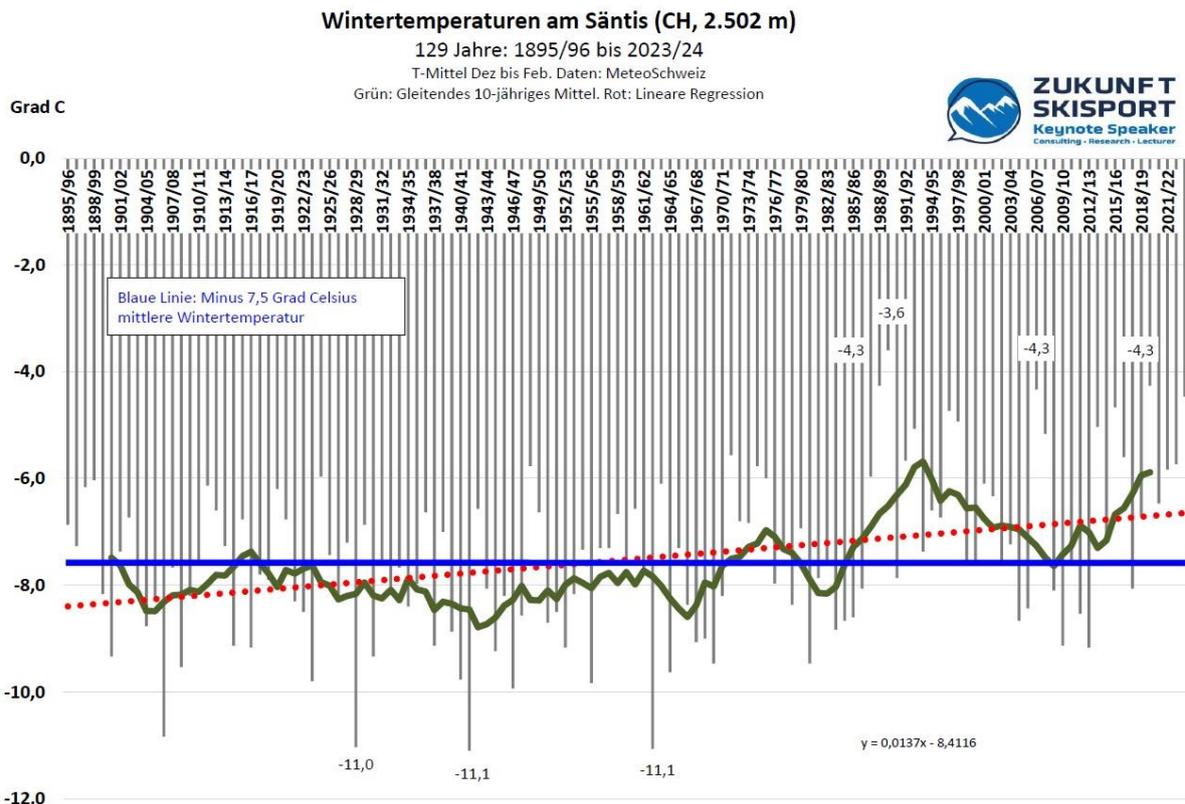


Abb. 2: Der Verlauf der mittleren Wintertemperaturen am Säntis von 1895/96 bis 2023/24.

Daten: Meteo-Schweiz. Grafik: ZUKUNFT SKISPORT

**Trotz der deutlich sichtbaren Erwärmung waren 6 der letzten 16 Winter kälter als das 129-jährige Mittel. Selbst im sehr milden Klima der Gegenwart sind kalte Bergwinter möglich.**

Bei der Suche nach den kältesten Bergwintern seit Beginn des alpinen Skisports stößt man im Ostalpenraum häufig auf bekannte Muster. Die drei mit Abstand kältesten Winter lauten in chronologischer Abfolge: 1928/29 mit minus 11,0 Grad, sowie 1941/42 und 1962/63 mit jeweils minus 11,1 Grad Celsius. Der Winter 1962/63 war in ganz Mitteleuropa von extremer Kälte geprägt und ließ den Bodensee zum bisher letzten Mal vollständig und über Wochen zufrieren. Dies war die erste über mehrere Wochen andauernde „Seegfrörne“ nach 133 Jahren „Pause“ (seit dem Jahr 1830). Der mildeste Winter der Messreihe trat 1989/90 mit minus 3,6 Grad Celsius auf.

**Im Chart zeigen sich beim gleitenden 10-jährigen Mittel (grüne Kurve) drei Anstiege, beginnend in den 1960er-Jahren:**

- 1) Die erste Erwärmung fand in die Winter der 1970er-Jahre hinein statt.
- 2) Die zweite Erwärmung erfolgte in die 1990er-Jahre hinein.
- 3) Die dritte Erwärmung setzte in den 2010er-Jahren ein und dauert bis heute an.

**Über die gesamte Zeitreihe steigt das gleitende 30-jährige Mittel um 1,2 Grad Celsius, das 10-jährige Mittel (grüne Kurve) um 1,6 Grad und der lineare Trend (rot gepunktet) um 1,75 Grad Celsius (statistisch signifikant:  $p = 0,001$ ).**

In der wissenschaftlichen Literatur wurde berechnet, dass die Schneegrenze im Winter pro 1 Grad Celsius Erwärmung um etwa 150 Meter ansteigt (*02, Abstract; 03, S. 45; 04*).

**Daraus kann man ableiten, dass die winterliche Schneegrenze am Säntis – wie auch im Großraum Hochtannberg / Arlberg – seit 1895/96 um etwa 220 Meter angestiegen ist.**

*Anm. zur Skigeschichte am Arlberg und am Tannberg:*

*Johann Müller, damals Pfarrer von Warth, absolvierte 1895 erste Skiversuche am Arlberg. Mit seinen aus Schweden bestellten Skiern machte er erste größere Touren rund um Arlberg und Tannberg. Er nutzte die Skier nicht als Sportgerät, sondern als winterliches Fortbewegungsmittel, um seiner Seelsorge selbst in entlegenen Weilern nachkommen zu können. Die Skigeschichte am Arlberg und am Tannberg besteht folglich seit etwa 1895, weshalb die Analyse der Wintertemperaturen vom Säntis über den gleichen Zeitraum erfolgt.*

## 2 Zur Entwicklung der Schneeparameter

**Die Österreichischen Hydrographischen Landesdienste und die GeoSphere Austria verfügen über Datenmaterial zur Analyse der Schneemengen in Österreichs alpinen Regionen. Die Messreihen gehen in dicht besiedelten Gebieten zum Teil bis 1896 zurück, während sie in alpinen Lagen – wie am Arlberg, Tannberg und hinterem Bregenzerwald – meist kürzer sind.**

Die hier verarbeiteten Schneemessdaten sind geprüfte Rohdaten amtlicher Institutionen. Diese Datensätze sind bisher noch nicht homogenisiert worden (25). Bei den Schneemessreihen wird eine Periode von zwölf Monaten erfasst. Das „Messjahr“ erstreckt sich vom 01. September bis zum 31. August des Folgejahres. Die Messungen der aktuellen Schneehöhe und der in den letzten 24 Stunden gefallenen Neuschneehöhe finden standardisiert täglich um 07.00 Uhr (MEZ) statt.

Die Standorte der Wetterbeobachter wurden im Lauf der Jahrzehnte gewechselt. Nähere Informationen zu den Beobachterwechseln können bei der GeoSphere Austria bzw. beim Hydrographischen Dienst Vorarlberg eingeholt werden. Wie bei ZUKUNFT SKISPORT üblich, werden alle Messreihen in der vollen Länge gezeigt. Daraus können sich große Unterschiede in den betrachteten Zeitspannen ergeben.

### **Eingesehene Schneemessreihen:**

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| 1. <b>Warth</b>           | kurze Messreihe, aber gute Datenqualität                |
| 2. <b>Körpersee</b>       | nur eingeschränkte Daten: jährlich größte Schneehöhen   |
| 3. <b>Schröcken</b>       | lange Messreihe, aber Lücken, seit 2021 kein Beobachter |
| 4. <b>Lech am Arlberg</b> | lange Messreihe, gute Datenqualität                     |

Die Messreihe aus Schröcken wird aus oben angeführten Gründen nicht in dieser Datenzusammenstellung berücksichtigt.

### *Allgemeine Anmerkung zu Schneemessreihen:*

*Schneemessreihen sind äußerst sensibel. Bereits kleinräumige Versetzungen der Station, geringfügige bauliche Veränderungen oder Baumwuchs im Umfeld der Station können die Homogenität der Messreihe erheblich stören. Schlussfolgerungen dürfen somit nur mit größter Vorsicht gemacht werden. Dies bestätigt der langjährige Leiter des Hydrographischen Dienstes Tirol Hofrat Dr. Wolfgang Gattermayr.*

## 2.1 Warth

Die Schneedaten aus Warth werden von der GeoSphere Austria erhoben und gehen bis zum Winter 1984/85 (jährlich größte Schneehöhen) bzw. 1985/86 (Neuschneesummen, Tage mit Schneebedeckung) zurück. Es gibt keine Datenlücken (18).

Seehöhe des Messfeldes: 1.478 m



Abb. 3: Die hydrometeorologische Station der GeoSphere Austria in Warth. Das Schneemessfeld befindet sich unterhalb der Station auf der ebenen Fläche im Vorfeld der Terrasse. Foto: GeoSphere Austria.

## Neuschneesummen pro Messjahr

Abbildung 4 beschreibt den Verlauf der Neuschneesummen pro Messjahr in Warth von 1985/86 bis 2023/24 (18). Bei einer Zeitspanne von 39 Jahren beträgt der Mittelwert rund 7,3 m. Die Extremwerte in der Messreihe finden sich im Winter 1998/99 mit 11,8 m und 1989/90 mit lediglich 4,1 m.

Standardabweichung: 2,0 m

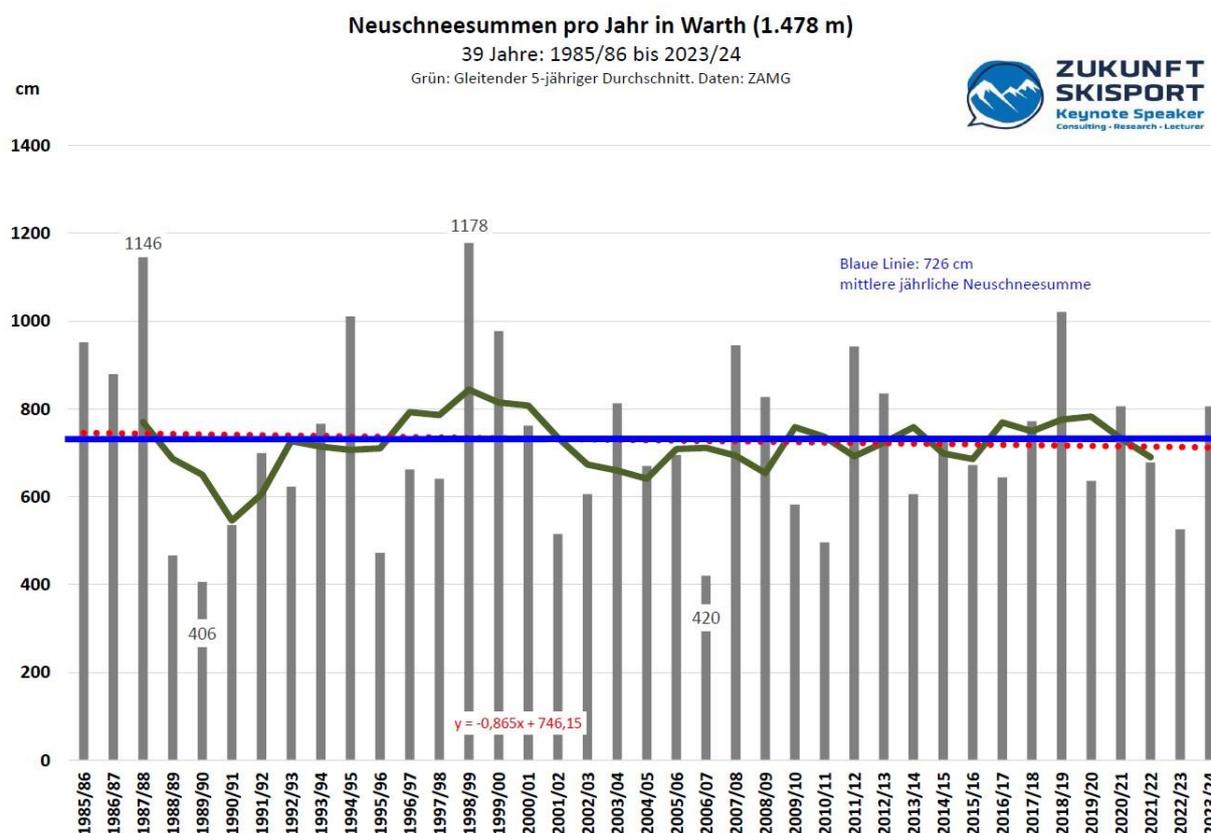


Abb. 4: Die Neuschneesummen pro Messjahr in Warth seit 1985/86. Daten: ZAMG. Grafik: ZUKUNFT SKISPORT

### Warth: 7,3 Meter Neuschnee pro Wintersaison

Die Summe der täglichen Neuschneehöhen pro Wintersaison beträgt in Warth 7,3 Meter.

Seit 1985/86 haben sich die Neuschneesummen nicht statistisch belegbar verändert.

## Jährlich größte Schneehöhen

Abbildung 5 beschreibt den Verlauf der jährlich größten Schneehöhen in Warth von 1984/85 bis 2023/24 (18). Der Mittelwert beträgt bei einer Zeitspanne von 40 Jahren 149 cm. Die Extremwerte in der Messreihe finden sich 1987/88 und 1998/99 mit je 340 cm bzw. 2006/07 mit 65 cm Schneehöhe.

Standardabweichung: 68 cm

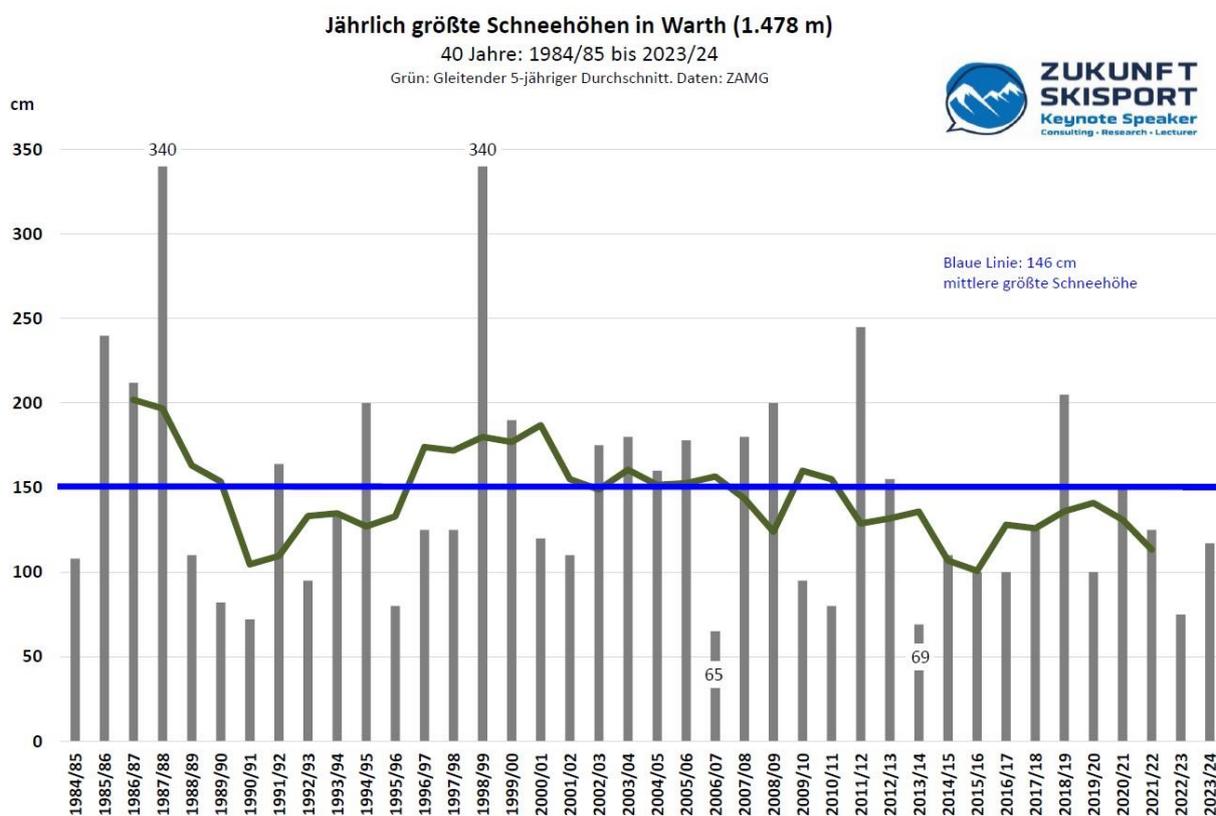


Abb. 5: Der Verlauf der jährlich größten Schneehöhen in Warth seit 1984/85. Daten: ZAMG. Grafik: ZUKUNFT SKISPORT

Die größten Schneehöhen wurden zu Beginn der Messreihe registriert – siehe dazu die grüne Kurve (gleitendes 5-jähriges Mittel).

**Seit 1988 sind die jährlich größten Schneehöhen ohne statistisch belegbare Veränderung.**

Anm.: Für seriöse Trendberechnungen ist die Messreihe (noch) zu kurz.

## Tage mit natürlicher Schneebedeckung pro Messjahr

Abbildung 6 beschreibt die Anzahl der Tage mit natürlicher Schneebedeckung pro Messjahr in Warth von 1985/86 bis 2023/24 (18). Bei einer Zeitspanne von 39 Jahren beträgt der Mittelwert 163 Tage. Die Extremwerte in der Messreihe finden sich 1985/86 und 1998/99 mit 198 Tagen sowie 2016/17 mit lediglich 119 Tagen mit Schneebedeckung.

Standardabweichung: 19 Tage

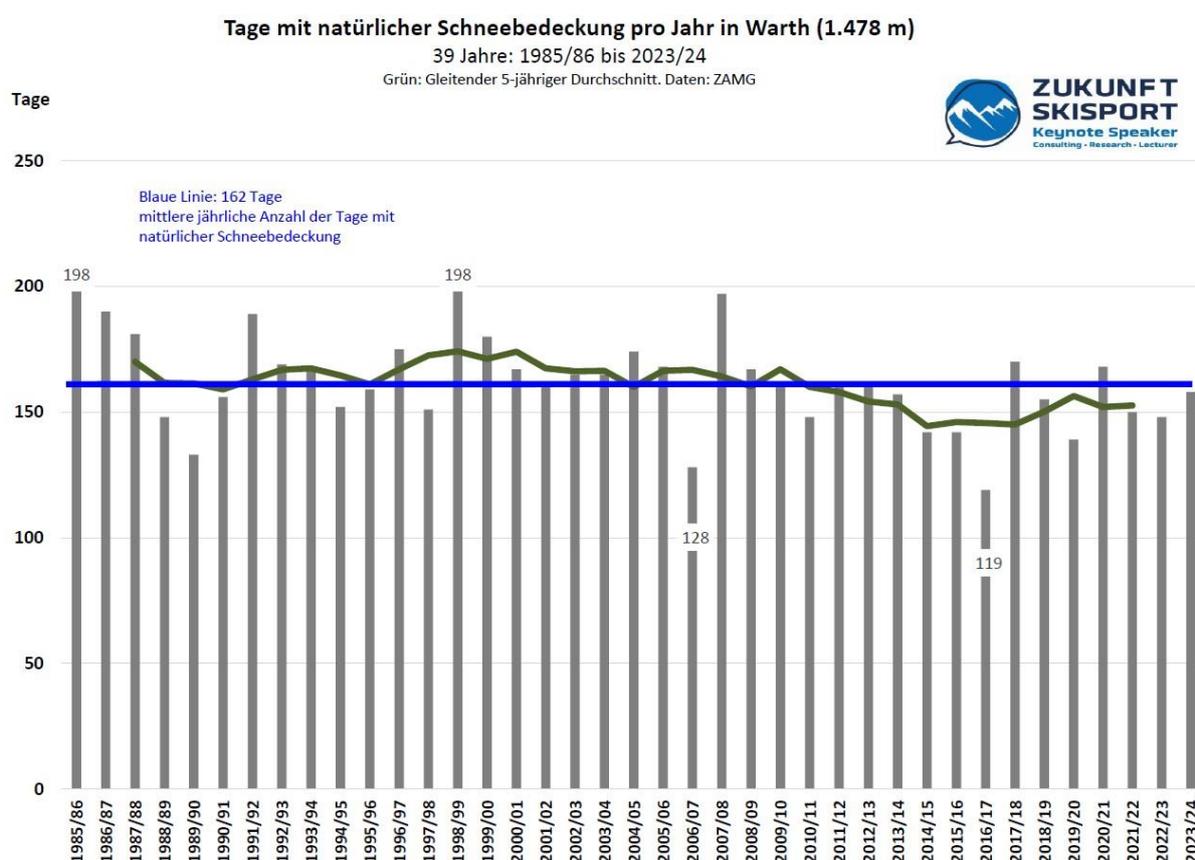


Abb. 6: Die Anzahl der Tage mit natürlicher Schneebedeckung pro Messjahr in Warth seit 1985/86. Daten: ZAMG. Grafik: ZUKUNFT SKISPORT

Insgesamt zeigt sich bei den Tagen mit natürlicher Schneebedeckung eine sinkende Tendenz. Es bleibt spannend zu beobachten, ob sich dieser Trend weiter fortsetzen kann.

**Seit Mitte der 1980er-Jahre sind die Schneebedeckungsperioden geringfügig kürzer geworden.**

Anm.: Für seriöse Trendberechnungen ist die Messreihe (noch) zu kurz.

## 2.2 Körbersee (Schröcken)

Die Schneedaten vom Körbersee (Gemeinde Schröcken) sind für Schneeliebhaber spektakulär. Es gibt wohl kaum einen schneereicheren Ort im Ostalpenraum, der dauerhaft bewohnt wird. Die Schneemengen übertreffen im langjährigen Mittel sogar das schneereiche Zürs am Arlberg. Es liegen lückenlose Daten ab 1953/54 vor (17).

Seehöhe des Messfeldes: 1.675 m



*Abb. 7: Der Körbersee bei Nacht. Das Schneemessfeld des HD Vorarlberg befindet sich unmittelbar neben dem Berghotel Körbersee (rechts im Bild; der beleuchtete Gebäudekomplex) und wird von der Familie Schlierenzauer betreut. Foto: [www.foto-webcam.eu](http://www.foto-webcam.eu), 19. Jänner 2019.*

## Jährlich größte Schneehöhen

Abbildung 8 beschreibt den Verlauf der jährlich größten Schneehöhen am Körpersee von 1953/54 bis 2023/24 (17). Bei einer Zeitspanne von 71 Jahren beträgt der Mittelwert beachtliche 250 cm. Die Extremwerte: 410 cm im Lawinenwinter 1998/99 und lediglich 105 cm in den Perioden 1971/72 sowie 1989/90.

Standardabweichung: 74 cm

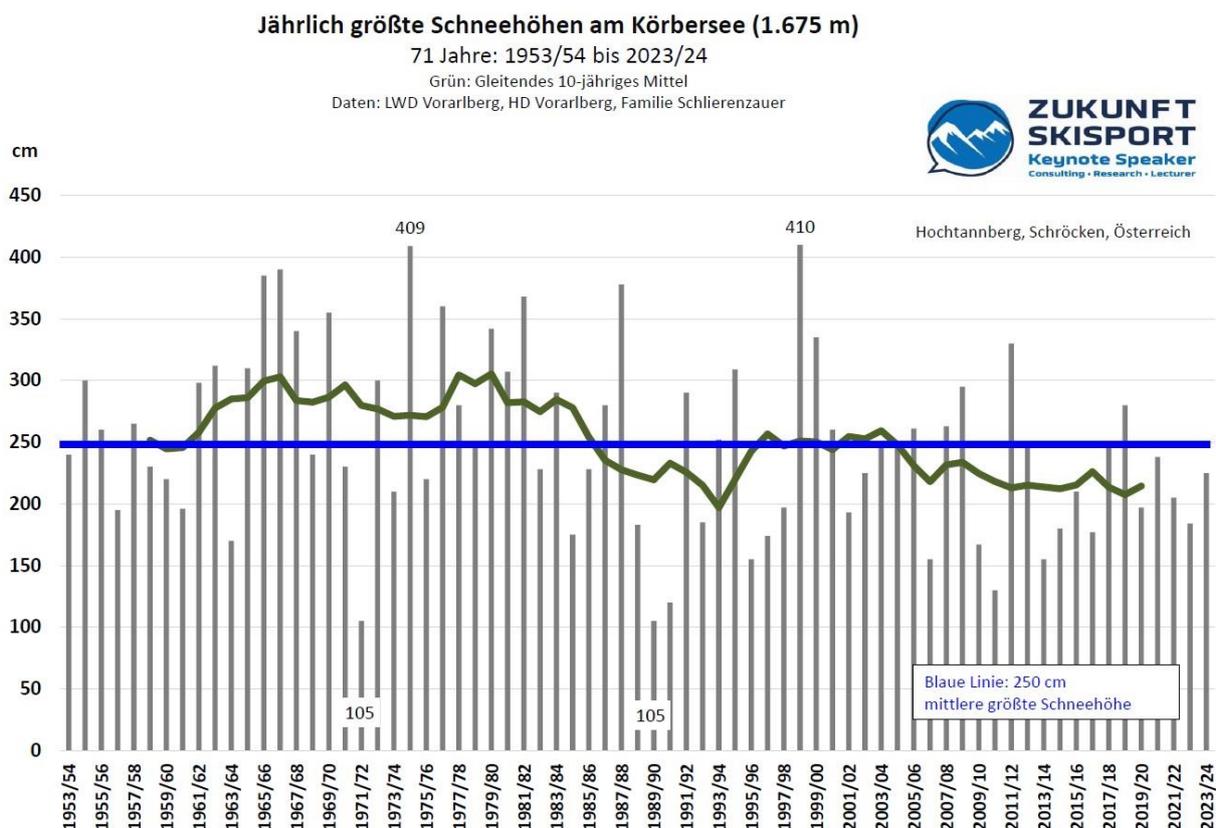


Abb. 8: Der Verlauf der jährlich größten Schneehöhen am Körpersee seit 1953/54. Daten: Familie Schlierenzauer bzw. Amt der Vorarlberger Landesregierung (Hydrographischer Dienst).

Das gleitende 10-jährige Mittel (grüne Kurve) zeigt einen „Regimewechsel“ in den 1980er-Jahren, wie er für viele Gebieten der Ostalpen typisch ist. Damals erfolgte ein Übergang zu insgesamt eher trockeneren und somit auch hochalpin etwas schneeärmeren Wintern. Das hohe Niveau der 1960er- und 70er-Jahre scheint derzeit unerreichbar zu sein.

**Innerhalb der vergangenen 40 Jahre ist ein gleichbleibender Trend erkennbar.**

## 2.3 Lech am Arlberg

Die Schneedaten aus Lech am Arlberg werden vom Amt der Vorarlberger Landesregierung (Hydrographischer Dienst) erhoben (16). Die Daten gehen bis zum Winter 1926/27 zurück. Bei den Neuschneesummen und bei der Anzahl der Tage mit Schneebedeckung gibt es bis zum Zweiten Weltkrieg erhebliche Datenlücken – hier beginnt die Auswertung der Daten ab dem Winter 1946/47. Seehöhe des Messfeldes: 1.480 m.

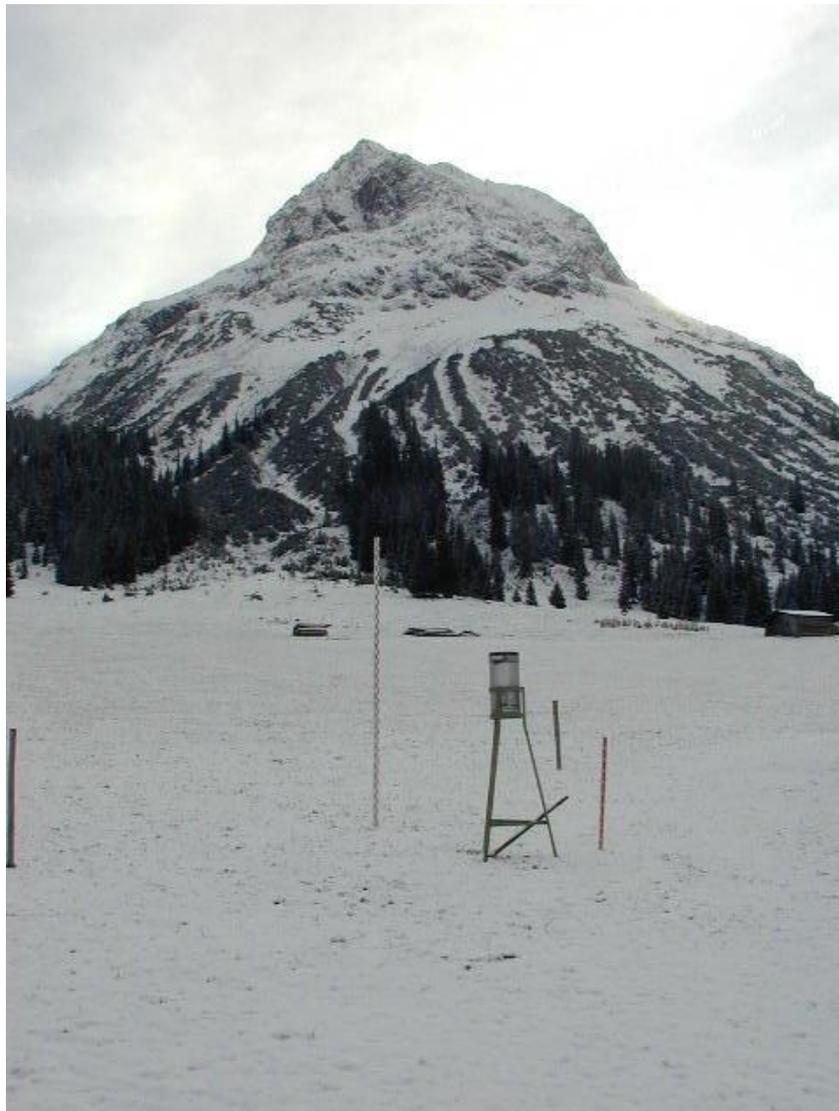


Abb. 9: Das Schneemessfeld in Lech auf einer Seehöhe von 1.480 m. Im Hintergrund dominiert das Omeshorn (2.557 m). Foto: Amt der Vorarlberger Landesregierung (Hydrographischer Dienst)

## Jährlich größte Schneehöhen

Abb. 10 zeigt den Verlauf der jährlich größten Schneehöhen in Lech am Arlberg von 1926/27 bis 2023/24 (16). Bei einer Zeitspanne von 98 Jahren beträgt der Mittelwert 160 cm. Die Extremwerte in der Messreihe finden sich 1943/44 mit 285 cm und 1929/30 mit lediglich 70 cm Schneehöhe. Es gibt keine Datenlücken. Standardabweichung: 49 cm

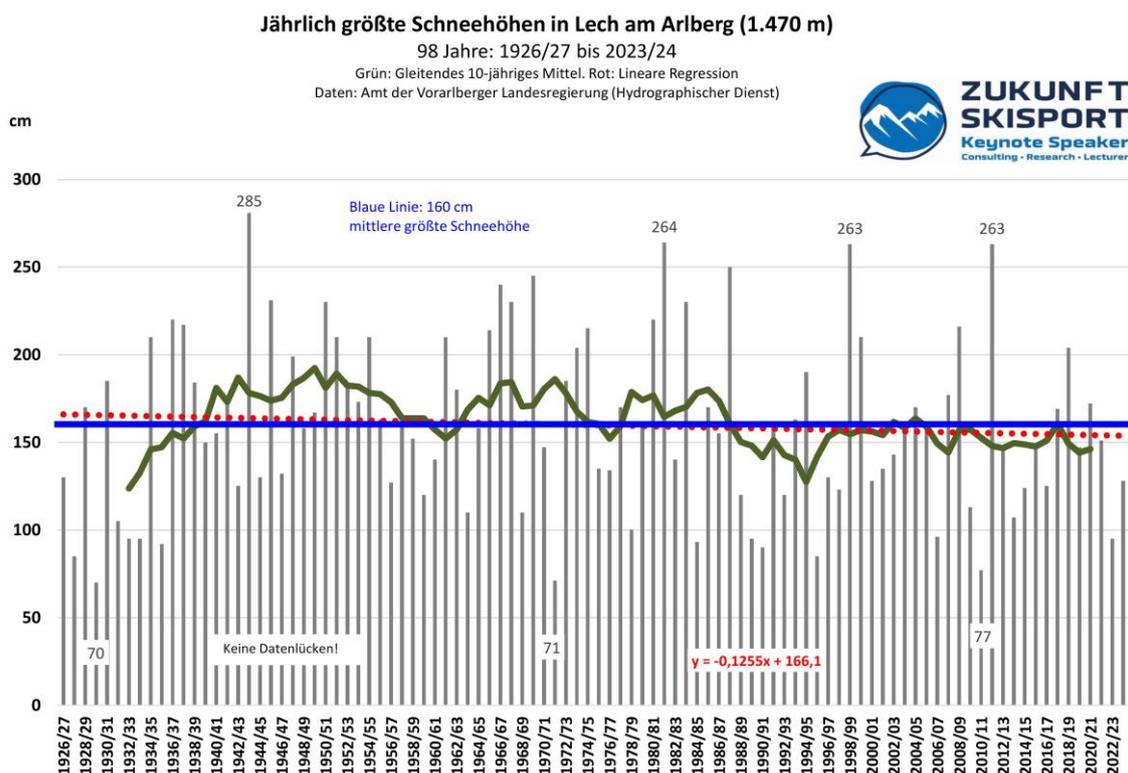


Abb. 10: Der Verlauf der jährlich größten Schneehöhen in Lech am Arlberg von 1926/27 bis 2023/24. Daten: Amt der Vorarlberger Landesregierung (Hydrographischer Dienst). Grafik: ZUKUNFT SKISPORT.

Das gleitende 10-jährige Mittel (grüne Kurve) zeigt die größten Schneehöhen in den 1940er-Jahren. Relativ geringe Schneehöhen finden sich in den 1920er- und 1930er-Jahren sowie um das Jahr 1990. Der lineare Trend (rote Linie) hat seit 1926/27 um etwa 12 cm abgenommen. Diese Veränderung ist nicht statistisch signifikant.

**In Lech am Arlberg haben sich die jährlich größten Schneehöhen seit 1926/27 nicht statistisch belegbar verändert. Aufgrund der großen Höhenlage von Lech hatten die ansteigenden Wintertemperaturen bis dato noch keinen dominierenden Einfluss auf die Schneehöhen. Für Warth können wir einen ähnlichen Langzeittrend vermuten.**

## Tage mit natürlicher Schneebedeckung pro Messjahr

Abb. 11 beschreibt den Verlauf der Anzahl der Tage mit natürlicher Schneebedeckung pro Messjahr in Lech am Arlberg von 1946/47 bis 2023/24 (16). Bei einer Zeitspanne von 78 Jahren beträgt der Mittelwert 186 Tage. Die Extremwerte in der Messreihe finden sich innerhalb von lediglich sieben Jahren: 1974/75 mit 239 Tagen und 1968/69 mit lediglich 149 Tagen mit Schneebedeckung. Es gibt keine Datenlücken. *Standardabweichung: 16 Tage*

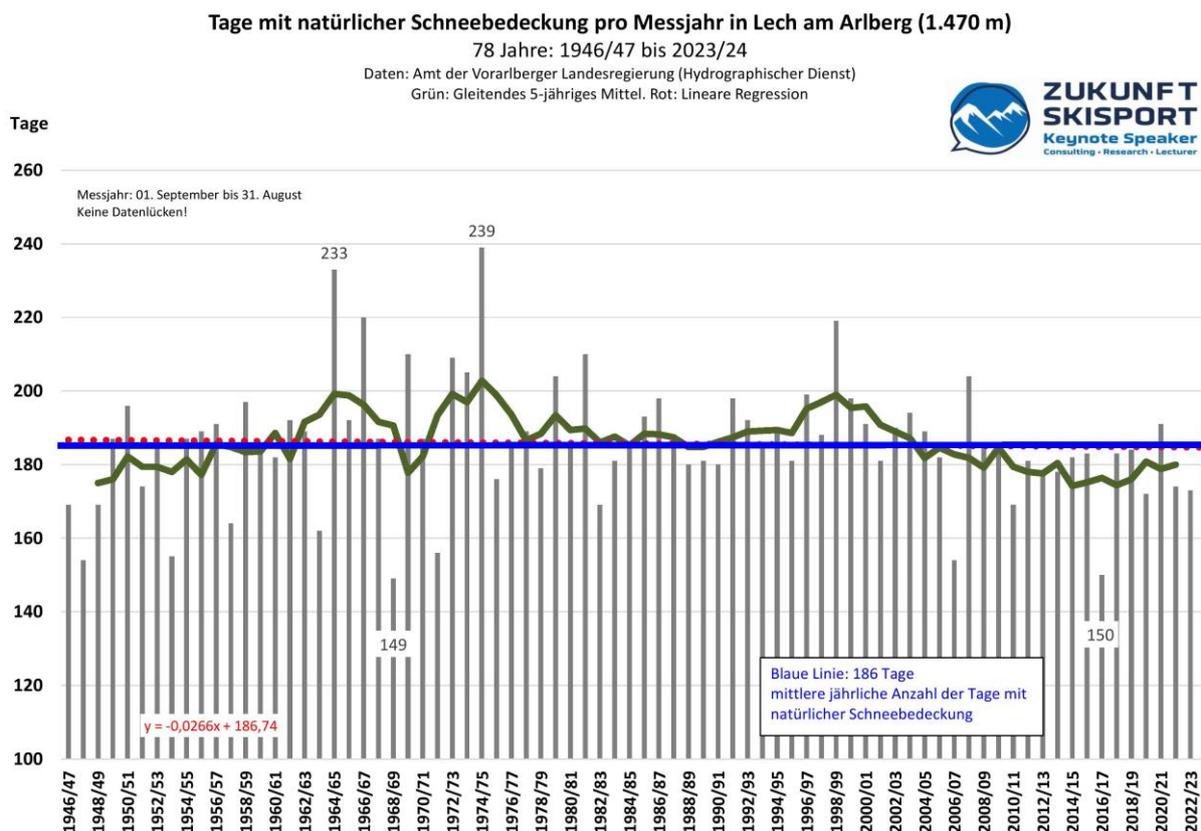


Abb. 11: Die Anzahl der Tage mit natürlicher Schneebedeckung pro Messjahr in Lech am Arlberg seit 1946/47. Daten: Amt der Vbg Landesregierung (Hydrographischer Dienst). Grafik: ZUKUNFT SKISPORT.

Das gleitende 10-jährige Mittel (grüne Kurve) zeigt vergleichsweise „kurze“ Winter am Anfang und am Ende der Messreihe. Der lineare Trend (rote Linie) ist gleichbleibend.

**Die Schneebedeckungsperioden in Lech am Arlberg sind seit 1946/47 weder „länger“ noch „kürzer“ geworden. Für Warth können wir einen ähnlichen Langzeittrend vermuten.**

## Beginn der Winterdecke („Einschneien“)

Stimmt es eigentlich, dass „der Schnee immer später kommt“ und dass sich die natürlichen Einschneizeitpunkte spürbar nach hinten verlagern?

Abbildung 12 zeigt die Zeitpunkte des „Einschneiens“ in Lech von 1939/40 bis 2023/24 (16). In diesem Zeitraum (85 Jahre) fällt der Beginn der Winterdecke im Mittel auf den 15. November. Positive Werte im Chart weisen auf spätere Einschneizeitpunkte hin, während negative Zahlen die Tage des verfrühten Einschneiens darstellen. Die Spannweite der Einschneizeitpunkte beträgt 92 Tage.

Anm.: Die Fachbezeichnung „Beginn der Winterdecke“ beschreibt den Beginn der längsten zusammenhängenden Schneebedeckungsperiode des Winters. Der Volksmund spricht synonym vom „Einschneien“.

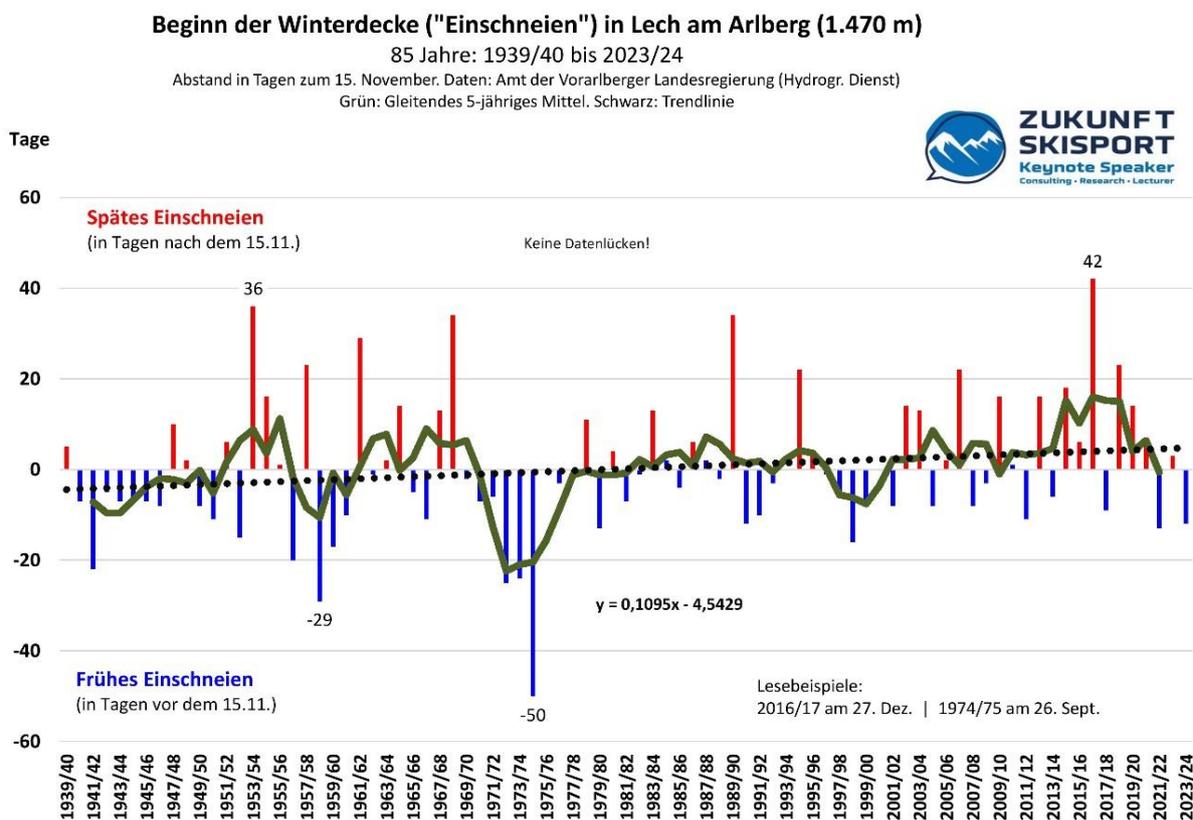


Abb. 12: Der Verlauf der natürlichen Einschneizeitpunkte in Lech am Arlberg seit 1939/40. Daten: Amt der Vorarlberger Landesregierung (Hydrographischer Dienst). Grafik: ZUKUNFT SKISPORT

Die Messdaten zeigen keine statistisch belegbare Verzögerung beim Beginn der dauerhaften Schneebedeckung in Lech. Für Warth kann man eine ähnliche Entwicklung annehmen.

### 3 Zur Entwicklung der Skisaisonlängen

In Warth und Schröcken konnte man im Mittel der vergangenen 31 Jahre an 131 Tagen Ski fahren (vgl. Abb. 13). Die Saisonlängen haben sich seit 1993/94 im linearen Trend um 9 Tage erhöht – von 126 auf 135.

Die Winter 1999/2000 und 2013/14 waren mit je 144 Skitagen die „längsten“ Skiwinter der Messreihe. In den Saisonen 1995/96 und 2014/15 waren jeweils lediglich 121 Skitage möglich.

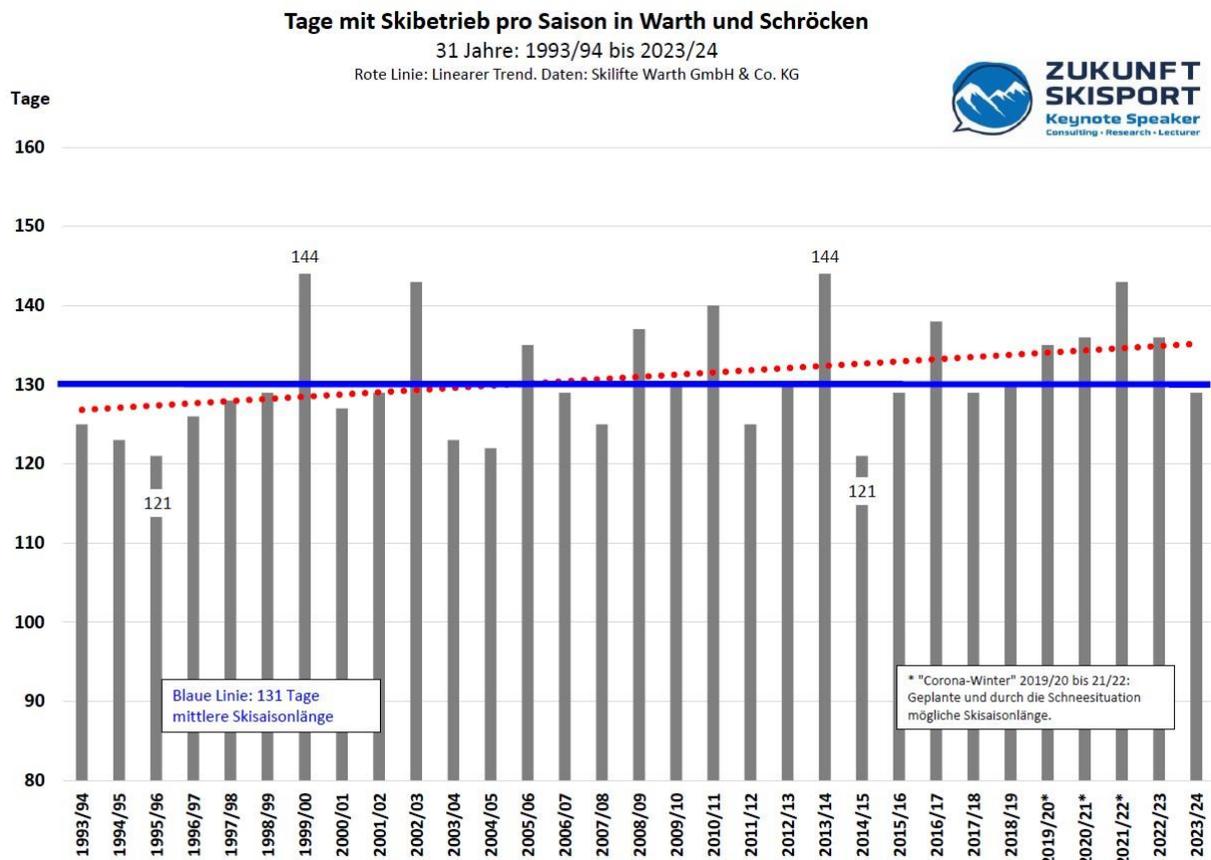


Abb. 13: Die Entwicklung der Skisaisonlängen in Warth und Schröcken seit 1993/94. Daten: Skilifte Warth GmbH & Co KG. Grafik: ZUKUNFT SKISPORT

**In Warth und Schröcken sind die Skisaisonlängen seit 1993/94 statistisch belegbar länger geworden** ( $p = 0,03$ ).

Anm.: Die Skisaisonlängen hängen nicht nur von meteorologischen Faktoren ab, sondern auch von betriebswirtschaftlichen Überlegungen oder dem mehrwöchigen Pendeln des Ostertermins.

## 4 Zur Ökologie der technischen Beschneigung

Das Image der technischen Beschneigung ist zum Teil wenig schmeichelhaft (20) (21). In den vergangenen Jahrzehnten hat sich im öffentlichen Diskurs ein negatives Bild manifestieren können (19). In den meist sehr emotionalen Debatten wird auf Faktenchecks wenig Wert gelegt. Aus diesem Grund bleibt verborgen, dass die Beschneigung ökologischer ist als gedacht.

Österreichweit sind etwa 36.000 Schneeerzeuger im Einsatz, davon sind etwa 48% Propellermaschinen und 52 % Schneilanzen (08). 82 Prozent aller österreichischen Pistenkilometer sind mit Beschneigungsanlagen ausgestattet (08).

### 4.1 Der Wassereinsatz als Kreislaufwirtschaft

Das größte Missverständnis bei der technischen Beschneigung beginnt bereits beim häufig gebrauchten Terminus „Kunstschnee“. Dieser suggeriert eine „Künstlichkeit“ des Schnees und befeuert Vorstellungen von (chemischen) Zusätzen im Schneiwasser. Dabei wird in allen deutschsprachigen Ländern ausschließlich trinkbares Wasser in Schnee umgesetzt – es sind keinerlei Wasserzusätze erlaubt. Die Bezeichnungen „Technisch erzeugter Schnee“ oder „Maschinenschnee“ (englisch: „Man made snow“) sind daher dem Wort „Kunstschnee“ vorzuziehen.

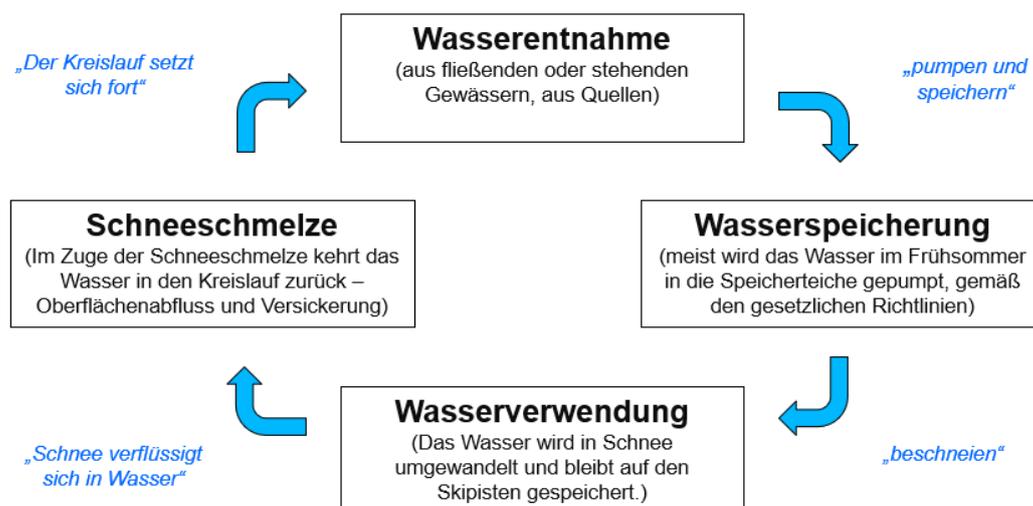


Abb. 14: Der Wassereinsatz der Beschneigung als funktionierende Kreislaufwirtschaft. Grafik: ZUKUNFT SKISPORT.

Der Wasserkreislauf der Beschneigung beginnt im Frühsommer mit der Wasserentnahme. Dabei wird das Wasser aus natürlichen Gewässern in die Speicherteiche gepumpt. Dieser Vorgang erstreckt sich behutsam über einen längeren Zeitraum – immer dann, wenn genügend Wasser in den Bächen ist. In Österreich ist es gesetzlich nicht erlaubt, bei niedrigen Wasserständen und während Dürrephasen Wasser in die Speicherteiche zu pumpen.

Nachdem das Wasser im Sommer und Herbst in den Teichen gespeichert war, wird es am Beginn des Winters bei kalten Temperaturen in Schnee umgewandelt und auf die Pisten aufgetragen. Das Wasser bleibt im Winter auf den Pisten in Form von Schnee gespeichert.

Im Frühling und Frühsommer verflüssigt sich das Wasser während der Schneeschmelze und kehrt in den Kreislauf zurück.

Das Wasser wird in diesem skizzierten Prozess niemals verschmutzt. Ebenso werden dem „Schneiwasser“ in Österreich, Deutschland und Südtirol keinerlei Zusätze verabreicht. Das Wasser ist vor und nach dem Beschneigungsvorgang trinkbar.

Das Wasser wird im gesamten Prozess niemals *verbraucht*, sondern lediglich vorübergehend dem Wasserkreislauf entzogen (= im Speicher „geparkt“). Nach der Schneeschmelze kehrt es vollständig und unverändert in den Kreislauf zurück. Auch jenes Wasser, das verdunstet und somit zur Erhöhung der Luftfeuchtigkeit in der Atmosphäre beiträgt, bleibt als niederschlagbares Wasser dem System erhalten.

**Wir sehen ein gelungenes Beispiel einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft: Der Saldo von Wasserentzug und Wasserrückfluss ist nahe null.**

## 4.1.1 Niederschlagsdargebot und Wasserbedarf

Dank einer markanten Nord- und Weststaulage sind der Bregenzerwald sowie die Regionen rund um Tannberg und Arlberg sehr niederschlagsreich. Verbreitet beträgt der Jahresniederschlag mehr als 2.000 mm – das bedeutet eine Niederschlagshöhe von mehr als 2 Metern pro Jahr (22). In den Tallagen sind die Jahressummen geringer. So misst die GeoSphere Austria an der Station Warth eine mittlere Jahressumme von 1.849 mm (23).

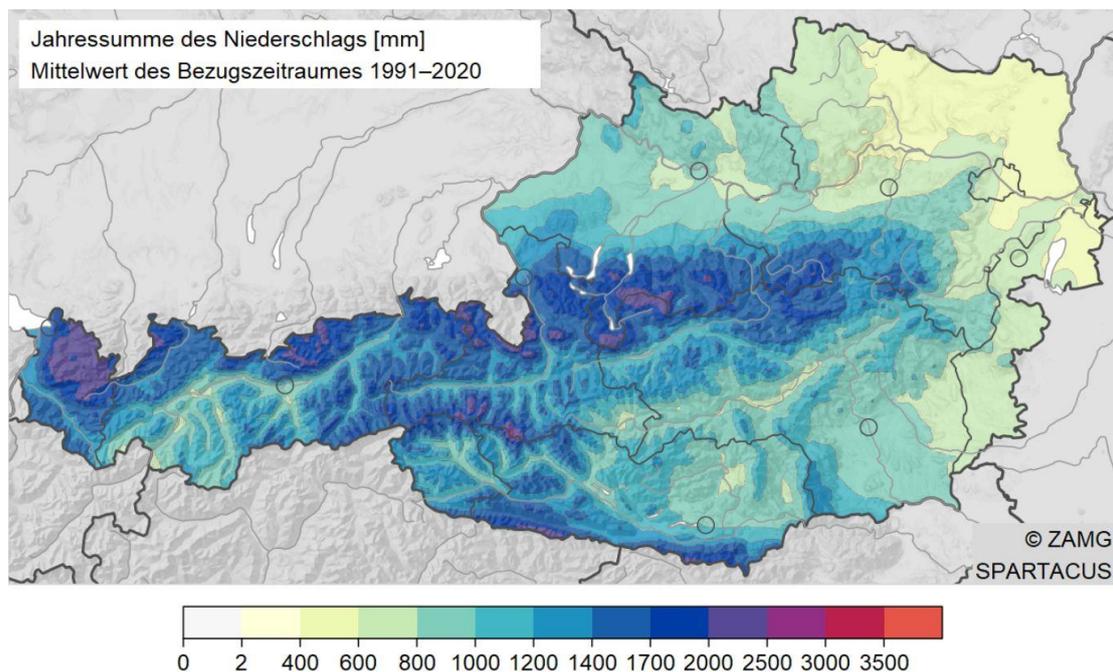


Abb. 15: Jahressummen des Niederschlages (in mm) in Österreich. Die Flächen in violetter Farbe weisen mehr als 2.000 mm Jahresniederschlag auf. Daten: GeoSphere Austria (Datensatz „SPARTACUS“) (22).

Fläche Gemeinde Warth (24):	19,3 km <sup>2</sup>
Fläche Gemeinde Schröcken (24):	23,4 km <sup>2</sup>
<b>GESAMTFLÄCHE</b>	<b>42,7 km<sup>2</sup></b>
Mittlerer Jahresniederschlag inklusive der Hochlagen des Tannberges (Schätzung):	1.950 mm
<b>Geschätzte Wassermenge des Jahresniederschlages:</b>	<b>83 Millionen m<sup>3</sup></b>
<b>Wasserbedarf der Beschneigung (26)</b>	<b>120.000 m<sup>3</sup></b>

- Das sind 0,14 % des Jahresniederschlages.
- Ein Jahresniederschlag könnte den Wasserbedarf 692-mal decken.

## 4.2 Energiebedarf

- Im Mittel ist ein österreichischer Schneeerzeuger weniger als 200 Stunden pro Winter-saison im Einsatz – akkumuliert etwa 1 Woche pro Saison. 51 Wochen im Jahr stehen die Schneeerzeuger still.
- Der Gesamtenergiebedarf der Beschneigung in Österreich beträgt 281 GWh. Das sind 0,46 Prozent des jährlichen Gesamtstromverbrauches in Österreich.
- Pro Hektar beschneiter Pistenfläche werden etwa 22.500 kWh aufgewendet.
- Pro 1 m<sup>3</sup> erzeugtem Schnee werden etwa 3,7 kWh eingesetzt.
- Pro Erstzutritt („Skier Visit“) fallen etwa 5,3 kWh an.

(08)

## 4.3 CO<sub>2</sub>-Footprint

- 99,9 % der Schneemenge in Österreich werden mit Strom aus erneuerbaren Quellen Energie produziert.
- Daraus ergibt sich ein Gesamt-Footprint der Beschneigung für ganz Österreich von 2.831 Tonnen pro Saison.
- Das entspricht einem Footprint von 54 Gramm pro Erstzutritt („Skier Visit“).
- Mit diesem Footprint könnte man 0,4 km weit mit einem dieselbetriebenen PKW fahren.
- Der gesamte CO<sub>2</sub>-Footprint der Beschneigung sowie der Seilbahnen und Lifte in Österreich beträgt rund ein Zehntausendstel des nationalen Gesamt-CO<sub>2</sub>-Outputs.

(08)

## 4.4 Auswirkungen auf die alpine Flora und Fauna

Das Narrativ, dass sich die technische Beschneigung – die im Endeffekt einer „Bewässerung“ der Pistenflächen gleicht – negativ auf die **lokale Vegetation und Pflanzenvielfalt** auswirkt, scheint von unserer Gesellschaft vollständig übernommen worden zu sein, obwohl darüber kein wissenschaftlicher Konsens besteht. So hat sich in etlichen Studien das Gegenteil gezeigt. Der Ökologe Helmut Wittmann schreibt zum praktisch nicht nachweisbaren Einfluss der technischen Beschneigung auf die alpine Vegetation auf der Schmittenhöhe (07, S. 7f, S. 65f): „Der Einfluss des

*„Pistenregimes‘, insbesondere durch künstliche Beschneigung und regelmäßige Präparierung, ist im Hinblick auf die untersuchten Organismengruppen und Vegetationseinheiten gering. Nach derzeitigem Erkenntnisstand dominiert der Einfluss des Dünge- und Mähregimes derart, dass nicht sichergestellt ist, ob sich Faktoren wie künstliche Beschneigung und Präparierung mit den verwendeten Methoden überhaupt indizieren lassen.“* Es folgen wichtige Erkenntnisse für Ski-gebietsbetreiber: *„Entscheidend für den ökologischen und naturschutzfachlichen Wert einer Skipiste ist die Form der landwirtschaftlichen Nutzung bzw. die Pistenpflege.“*

**→ Eine extensive landwirtschaftliche Nutzung der Bergwiesen mit geringer bzw. fehlender Düngung und nur einmaliger Mahd (zu einem relativ späten Mähzeitpunkt) begünstigt das Auftreten von wertgebenden Vegetationseinheiten und Tierarten.**

Die Skiliftbetreiber in Zell am See und in Lech am Arlberg haben von unabhängigen Instituten zahlreiche Studien der Vegetation auf und neben ihren Pisten (in beschneiten wie auch unbeschneiten Pistenabschnitten) durchführen lassen. Die Ergebnisse sind überraschend. Pröbstl (06, S. 48) schreibt zur Auswirkung der technischen Beschneigung auf die Vegetation in Lech am Arlberg: *„Es zeigte sich, dass die Vegetation durch die Beschneigung über inzwischen mehr als 30 Jahre zu keinen negativen Auswirkungen geführt hat. Es ließen sich keine Unterschiede zwischen beschneiten und unbeschneiten Räumen nachweisen.“*

Aber es gibt zu wenig Seilbahnbetriebe, die sich gegen den Zeitgeist der ungerechtfertigten Vorurteile auflehnen. Dazu schreibt Ulrike Pröbstl-Haider (07, S. 8f): *„Auch andere Seilbahnen sind aufgefordert, an dieser ‚Richtigstellung‘ durch eigene Aufnahmen mitzuwirken.“* Sie hält fest: *„Das weit verbreitete Vorurteil lebensfeindlicher Pisten ist überholt.“*

*Anmerkung: Prinzipiell hat die Beschneigung der Pisten in Kombination mit der GPS-Höhenmessung in den Pistenraupen dazu geführt, dass mechanische Verletzungen der Grasnarbe – sowohl durch Skifahrer als auch durch Pistenraupen – in einem modern ausgestatteten Skigebiet praktisch nicht mehr vorkommen.*

## 5 Klimaerwärmung: Skifahren im Jahr 2050

Für die Einschätzung der weiteren Entwicklung der Winter bis zum Jahr 2050 stehen die offiziellen österreichischen Klimaszenarien ÖKS15 zur Verfügung. Sie repräsentieren den aktuellen Stand der Wissenschaft.

Im „Worst Case“ (Szenario RCP8.5) wird bis zur Periode 2036 bis 2065 **von einer weiteren winterlichen Erwärmung in Österreich um 1,4 Grad Celsius** ausgegangen – im Vergleich zum Mittelwert der Jahre 1991 bis 2020 (05, S. 29f.; 09, S. 40f.; 10). Gleichzeitig soll in diesem Zeitraum der Winterniederschlag tendenziell zunehmen (05, S. 31, Abb. 2.8).

Allgemein wird angenommen, dass die Schneegrenze mit jedem Grad Erwärmung um etwa 120 bis 170 Meter ansteigt – im Winter etwas stärker als im Sommer (02, Abstract; 03, S. 45; 04).

**Somit steigt die winterliche Schneegrenze im „Worst-Case-Szenario“ bis zum Jahr 2050 – bei zunehmendem Niederschlag – im Vergleich zum Mittelwert der Jahre 1991 bis 2020 um gut 200 Meter an.**

In den hoch gelegenen Skiorten Warth und Schröcken dürften die Auswirkungen dieser Veränderungen wenig spürbar sein – nicht einmal an den Talabfahrten oder beim Langlaufen auf Naturschnee.

Im Jahr 2050 werden immer noch 80 % (!) der aktuell bestehenden österreichischen Skigebiete schneesicher sein – mit den heutigen Möglichkeiten der technischen Beschneigung (11). Das Skigebiet Warth-Schröcken und der Arlberg werden definitiv in diesen 80 Prozent enthalten sein.

### **Anmerkung zum 200-Meter-Anstieg der Schneegrenze:**

*Dies entspricht in etwa dem Höhenunterschied zwischen den Gemeinden Schröcken (1.269 m) und Warth (1.495 m). Sehr stark vereinfacht dargelegt könnte man also den Schluss ziehen, dass 2050 im „worst case“ der Klimaszenarien in Warth ein Maß an Schneesicherheit vorliegen könnte, das wir heute in Schröcken beobachten können.*

## 6 Skifahren international: Wie groß ist das Marktpotenzial?

Aktuell ist die Anzahl der Skifahrer auf der Welt so groß wie nie zuvor in der Geschichte der Menschheit: 150 Millionen Menschen fahren auf dem Globus Ski (15).

Die größten Wachstumsmärkte finden sich in Asien, vor allem in China. Dort zählt man derzeit 36 Millionen Skifahrer (15).

Aber auch in der westlichen Welt gibt es einen dynamisch wachsenden Markt, der noch vor wenigen Jahren als „gesättigt“ angesehen wurde: Die USA sind der teuerste Skitourismusmarkt der Welt. Trotzdem fand in den Saisonen nach der Corona-Pandemie ein dynamisches Wachstum statt, das zu zahlreichen „All Time Highs“ geführt hat. In den USA fahren aktuell 25 Millionen Menschen Ski. Pro Saison werden etwa 60 Millionen Erstzutritte („Skier Visits“) generiert (15).

In Mitteleuropa und in den deutschsprachigen Ländern ist die Anzahl der Skifahrer in den vergangenen Jahrzehnten auf hohem Niveau stagnierend. Deutschland hat mit seinen 15 Millionen Skifahrern wie eh und je den größten Quellmarkt Europas (15).

Der größte Zielmarkt für Skitourismus in Europa ist Österreich mit 42 Millionen Erstzutritten („Skier Visits“) pro Jahr. Das bedeutet Platz zwei, hinter den USA. Bezogen auf die Größe des Landes könnte man allerdings durchaus sagen: Österreich ist Skitourismusweltmeister! (15)

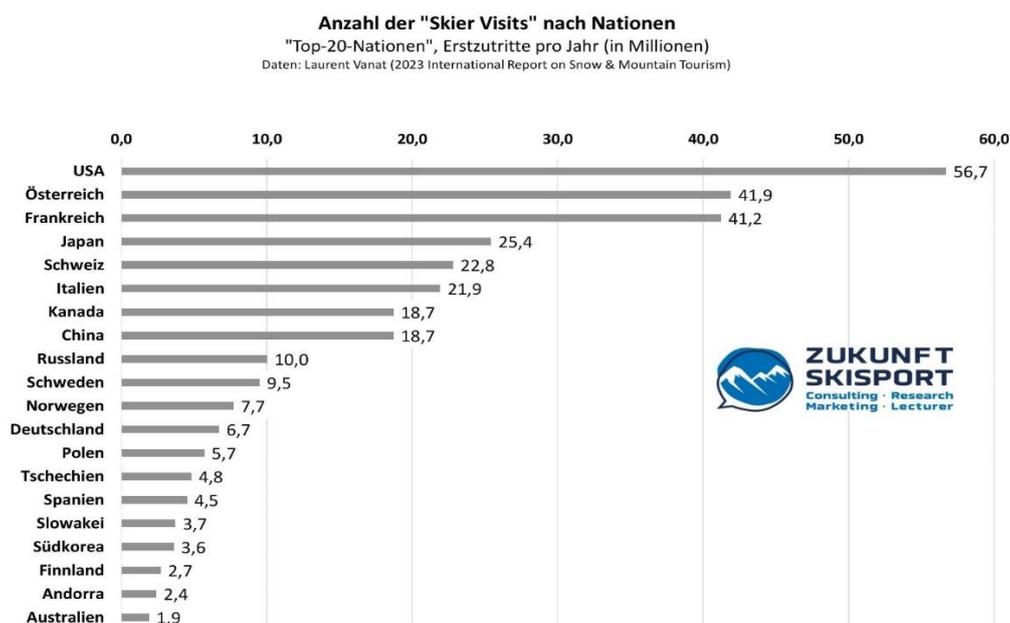


Abb. 15: Anzahl der Skier Visits nach Nationen (15)

## 7 FAZIT: Schlussfolgerungen für den Skitourismus in Warth und Schröcken

*„Gestern war ich clever, deshalb wollte ich die Welt verändern.*

*Heute bin ich weise, deshalb verändere ich mich selbst.“*

Rumi (1207 – 1273). Persischer Dichter, Mystiker und Gelehrter

Der Beginn der klimabedingten Zukunftsängste im Skitourismus kann gut datiert werden. Die markante Erwärmung der Bergwinter am Übergang von den 1980ern in die 1990er-Jahre war deren Nährboden. Die Winter von 1987/88 bis 1989/90 haben im alpinen Skitourismus Schockwellen ausgelöst. Die vielen Studien, welche dem Wintersporttourismus bereits vor mehr als 30 Jahren eine düstere Zukunft prognostiziert haben, sind aus heutiger Sicht verständlich. Der Skitourismus hat mit einer erstaunlichen Innovation reagiert: der großflächigen technischen Schneeerzeugung.

In Warth und Schröcken kann seit 1895/96 von einem Anstieg der (natürlichen) Schneegrenze um etwa 220 Meter ausgegangen werden. Die aktuellen Klimamodelle der Wissenschaft („ÖKS15-Szenarien“) erwarten bis zum Jahr 2050 im „Worst Case“ einen weiteren Anstieg der Schneegrenze um rund 200 Meter.

Für das Skifahren in den Bereichen Arlberg, Tannberg und hinterer Bregenzerwald ist diese Erwärmung bis 2050 nicht besorgniserregend. Der Anpassungsfaktor „technische Beschneigung“ kann eine leichte Verringerung der natürlichen Schneemengen problemlos ausgleichen. Mehr noch: Schneesichere und hoch gelegene Skigebiete wie Warth-Schröcken und der Ski-Großraum Arlberg werden durch die Klimaerwärmung deutlich an Begehrlichkeit zulegen können.

**Betrachtet man die in dieser Studie ausgewerteten amtlichen Messdaten und die aktuellen Klimamodelle der Wissenschaft, so ist bis zum Jahr 2050 kein Ende des Skisports in Warth und Schröcken ableitbar.**

**Die Sommer waren zuletzt so warm und sonnig wie noch nie seit Beginn der Aufzeichnungen – bei fortlaufend üppigen Regenmengen. Für die Landwirtschaft und für den Ganzjahrestourismus am Berg ist diese Entwicklung günstig.**

## 8 Anhang

### 8.1 Quellen / References

- (01) Die Temperaturdaten stammen von der GeoSphere Austria (Galzig) und von der MeteoSchweiz (Säntis).
- (02) Hantel M., Maurer C., Mayer D. (2012). The snowline climate of the Alps 1961 – 2010. In: Theoretical and Applied Climatology, 110, S. 517-537. Die Autoren berichten von einem Anstieg der Schneegrenze pro °C Erwärmung von 123 m (Sommer) u. 166 m (Winter). Abstract. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-012-0688-9>
- (03) Föhn, P. (1990). Schnee und Lawinen. In: Schnee, Eis und Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre. Internationale Fachtagung, Mitteilungen VAW ETH Zürich No. 108, S. 33-48. Auf Seite 45 wird ein Anstieg der Schneegrenze zwischen 100 und 166 m pro Grad Celsius Erwärmung skizziert.
- (04) Haeberli, W. und Beniston, M. (1998). Climate change and its impacts on glaciers and permafrost in the Alps. *Ambio*, Vol. 27, S. 258-265.
- (05) Pröbstl-Haider, U., Lund-Durlacher, D., Olefs, M., Pretenthaler, F. (Hrsg.) (2020). Tourismus und Klimawandel. Österreichischer Special Report Tourismus und Klimawandel (SR 19), Springer Verlag Berlin, Heidelberg. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-61522-5>
- (06) Pröbstl, U. (2010). Fachgutachten zum Beschneiungsbeginn und den Auswirkungen eines langjährigen Skipistenbetriebes. Im Auftrag der Skilifte Lech am Arlberg.
- (07) Wittmann H., Neumayer J., Schied J., Klarica J., Gros P., Illich I. (2019). Ökologisches Pistenmanagement. Zur Biodiversität von Skipisten auf der Schmittenhöhe. RUPERTUS Verlag, Goldegg.
- (08) Aigner, G., Steiger, R. & Mayer, M. (2024) Snowmaking in Austria: Energy consumption, water turnover, CO2 emissions. *Current Issues in Sport Science (CISS)*, 9(4), 028. <https://doi.org/10.36950/2024.4ciss028>
- (09) Chimani B. et al. (2016): Endbericht ÖKS15 – Klimaszenarien für Österreich. Wien. Zitate auf der Seite 43. <https://data.ccca.ac.at/dataset/endbericht-oks15-klimaszenarien-fur-osterreich-daten-methoden-klimaanalyse-v01>
- (10) Gespräche mit Marc Olefs (Leiter der Klimaforschung der ZAMG) zur Einordnung der erwarteten winterlichen Erwärmung von der Periode 1991-2020 bis zur Periode 2036-2065.
- (11) Das ist eine der Standard-Aussagen des Tourismusforschers Robert Steiger (Universität Innsbruck) zum Skifahren im Jahr 2050. Ich kenne diese Aussage aus unserer direkten Kommunikation und stimme mit ihr überein. In den Medien wurde er damit zitiert, im SPIEGEL vom 21.01.2023 auf Seite 61 sowie im Magazin ORF „Eco“ vom 03.02.2023 in einem Direktzitat im TV-Interview.
- (12) Berechnung durch den Meteorologen Wolfgang Gattermayr. Er leitete von 1994 bis 2014 den Hydrographischen Dienst Tirol.
- (13) Website der ZAMG mit Infos zur Homogenisierung: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimaforschung/klimamessung/homogenisierung>
- (14) GOLDBERGER, Josef (1992): Die Winter in diesem Jahrhundert. Auswertung der Meßergebnisse von Mitterberg am Hochkönig. In: Mitteilungen des Hydrographischen Dienstes in Österreich, S. 1–61. Die aktuellen Daten vom Arthurhaus werden von der Familie Radacher für den Lawinenwarndienst Salzburg erhoben.

(15) Vanat, L. (2024) 2024 International Report on Snow and Mountain Tourism. [www.vanat.ch](http://www.vanat.ch)

Das Zitat zum All-Time-High der Skifahrer weltweit wurde mit Laurent Vanat schriftlich und in mündlichen Diskussionen abgestimmt.

(16) Die Niederschlagsdaten aus Lech werden vom Amt der Vorarlberger Landesregierung (Hydrographischer Dienst) erhoben. Vor Ort führt die Messungen Engelbert Muxel durch. Die Messungen erfolgen am Grundstück eines Bauernhofes am Fuße des Omeshorns.

(17) Die Schneedaten vom Körbersee werden vom Amt der Vorarlberger Landesregierung (Hydrographischer Dienst) erhoben. Vor Ort führt die Messungen die Familie Schlierenzauer durch. Die Messungen erfolgen am Grundstück eines Berghotels unmittelbar neben dem Körbersee.

(18) Die Schneedaten von Warth werden von der GeoSphere Austria erhoben.

(19) Die ZEIT (2022) Skifahren und Nachhaltigkeit. Darf man das noch? Artikel von Uwe Jean Heuser, publiziert am 12. Februar 2022. Zuletzt eingesehen am 20. Oktober 2024. <https://www.zeit.de/2022/07/skifahren-nachhaltigkeit-wintersport-skigebiete>

(20) Bayerischer Rundfunk (2020) Darf man noch Ski fahren? Artikel vom 16. Dezember 2020. Zuletzt eingesehen am 22. Oktober 2024. Link: <https://www.br.de/nachrichten/bayern/faktenfuchs-wie-klimaschaedlich-ist-eigentlich-skifahren,RC0NgkF>

(21) Frankfurter Allgemeine Zeitung (2019) Ist Skifahren noch zeitgemäß? Artikel vom 15. Dezember 2019. Zuletzt eingesehen am 22. Oktober 2024. Link: <https://www.faz.net/aktuell/reise/klimawandel-hat-der-wintersport-noch-eine-zukunft-16534026.html>

(22) Grafik entnommen aus dem Wikipedia-Artikel „Klima in Österreich“. Letzter Zugriff: 02. November 2024. Die eingebettete Grafik der GeoSphere Austria (Datensatz SPARTACUS) zeigt Jahressummen des Niederschlages von mehr als 2.000 mm in den Bereichen Bregenzerwald / Tannberg / Arlberg. Direkter Link zur Grafik: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f2/Rr-ann\\_zamg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f2/Rr-ann_zamg.png)

(23) Die GeoSphere Austria misst in Warth ganzjährig den Niederschlag. Der mittlere Jahresniederschlag der vergangenen 20 Jahre beträgt 1.849 mm.

(24) Daten zu den Gemeindeflächen aus den jeweiligen Websites der Gemeinden entnommen: [https://www.gemeinde-warth.at/Unsere\\_Gemeinde/Wissenswertes/Chronik\\_und\\_Archiv](https://www.gemeinde-warth.at/Unsere_Gemeinde/Wissenswertes/Chronik_und_Archiv)

(25) Homogenisieren ist ein aufwändiges und notwendiges mathematisch-statistisches Verfahren, um lange Klimazeitreihen für die objektive Klimaforschung überhaupt erst nutzbar zu machen. Informationen zur Homogenisierung von langen Messreihen finden sich auf der Website der GeoSphere Austria: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimaforschung/klimamessung/homogenisierung>

(26) Die Angaben zur Wassermenge wurden von der Skilifte Warth GmbH & Co KG geliefert (= Mittel aus den beiden Saisonen 2022/23 und 2023/24).

## 8.2 Biografie Günther Aigner



*Günther Aigner (\*1977 in Kitzbühel) ist der führende Forscher zur Zukunft von Skifahren und Skitourismus im deutschsprachigen Raum. Als Keynote Speaker hält er Vorträge im In- und Ausland. In den Medien gestaltet er als Experte den öffentlichen Diskurs mit. Darüber hinaus gibt Aigner sein Wissen als Gastlektor an Hochschulen in Europa und Asien weiter.*

*Mit seinem 2013 gegründeten Unternehmen ZUKUNFT SKISPORT berät Günther Aigner alpine Destinationen, Skigebiete sowie Hardware- (z. B. Seilbahnsysteme) und Softwarehersteller (z. B. Zutrittssysteme). Gemeinsam mit ihnen entwickelt er Marketingstrategien für die Herausforderungen der Zukunft. Seine Arbeit dient als Bindeglied zwischen dem akademisch-wissenschaftlichen Denkraum und den alpintouristischen Praktikern.*

*Günther Aigner hat an den Universitäten Innsbruck und New Orleans die Diplomstudien Wirtschaftspädagogik und Sportwissenschaften absolviert. Anschließend hat er das Wintermarketing von Kitzbühel / Tirol geleitet. 2021 ist er an die Uni Innsbruck zurückgekehrt, wo er als „PhD candidate“ (Doktorat „Management“) den Kreis zur akademischen Forschung schließt und an Forschungsprojekten zur Zukunft des Skifahrens mitarbeitet.*

### **Kontaktdaten:**

ZUKUNFT SKISPORT

Keynote Speaker | Consulting | Research | Lecturer

MMag. Günther Aigner

Gasteiger Straße 9 / Top 11

A-6382 Kirchdorf in Tirol

Mail to: [g.aigner@zukunft-skisport.at](mailto:g.aigner@zukunft-skisport.at)

Mobil: +43 676 5707136