

BUND Naturschutz in Bayern e.V.

**Die Entwicklung der Schneehöhen in den bayerischen
Skigebieten von 1978 bis heute unter dem Einfluss
künstlicher Beschneigung**

16.10. bis 08.12.2017

Fachabteilung München

Betreuer: Thomas Frey

Autor: Simon Kloos (Ludwig-Maximilians-Universität München, Bachelor Geographie, 7. Semester)

Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	II
1. Klimawandel und Schnee global und in den bayerischen Alpen	1
2. Künstliche Beschneigung in den bayerischen Alpen	4
3. Methodik der Analyse	6
4. Datenanalyse und –interpretation	8
4.1 Zeitreihen der Gesamtsaison	8
4.1.1 Garmisch-Partenkirchen	8
4.1.2 Oberstdorf (Nebelhorn)	9
4.1.3 Zugspitze	10
4.1.4 Lenggries (Brauneck)	11
4.1.5 Balderschwang	12
4.1.6 Spitzingsee	13
4.2 Interpretation der Zeitreihen	14
4.3 Skitage in den Weihnachtsferien (Schneehöhen im Skigebiet) – Analyse und Interpretation	15
5. Fazit und Ausblick	17
6. Forderungen des Bund Naturschutz in Bayern e.V.	18
Literaturverzeichnis	

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Abweichung der mittleren globalen Oberflächentemperatur (°C) vom Durchschnitt der ersten Dekade des 20. Jahrhunderts, historische Entwicklung sowie vier Gruppen von Zukunfts-Szenarien	1
Abbildung 2: Mittlere Oberflächentemperatur (°C) in Österreich von 1800 bis 2100, angegeben als Abweichung vom Temperaturmittel der Periode 1971 bis 2000	2
Abbildung 3: Entwicklung der beschneiten Flächen in Bayern (in ha) von 1998 bis 2014	4
Abbildung 4: Entwicklung der Talschneehöhen in Garmisch-Partenkirchen von 1978 bis 2017; Zeitraum: 15.12. bis 31.03.	8
Abbildung 5: Entwicklung der Talschneehöhen in Oberstdorf/Nebelhorn von 1978 bis 2011; Zeitraum: 15.12. bis 31.03.	9
Abbildung 6: Entwicklung der Schneehöhen im Skigebiet Zugspitze von 1978 bis 2017; Zeitraum: 15.12. bis 31.03.	10
Abbildung 7: Entwicklung der Talschneehöhen in Lenggries-Brauneck von 1978 bis 2017; Zeitraum: 15.12. bis 31.03.	11
Abbildung 8: Entwicklung der Talschneehöhen von Balderschwang von 1978 bis 2017; Zeitraum: 15.12. bis 31.03.	12
Abbildung 9: Entwicklung der Talschneehöhe (SZ, 980 m) und der Schneehöhe Obere Firstalm (1336 m) von 1978 bis 2017; Zeitraum: 15.12. bis 31.03.	13
Abbildung 10: Entwicklung der Skitage (SZ-Schneehöhe-Skigebiet > 29cm) der Skigebiete Garmisch-Partenkirchen (blau), Spitzingsee (grün), Lenggries (Brauneck) (rot) und Balderschwang (gelb) in den Weihnachtsferien basierend auf den Schneehöhen 24.12./01.01./06.01. von 1978 bis 2017	15
Abbildung 11: Entwicklung der summierten Skitage (SZ-Schneehöhe-Skigebiet > 29cm) der einzelnen Skigebiete (Garmisch-Partenkirchen, Brauneck, Spitzingsee, Balderschwang) in den Weihnachtsferien basierend auf den Schneehöhen 24.12./01.01./06.01. von 1978 bis 2017	16
Tabelle 1: Höhendaten der analysierten Skigebiete	6

1. Klimawandel und Schnee global und in den bayerischen Alpen

Der Klimawandel sowohl auf globaler als auch auf regionaler Skala ist in vollem Gange. Die global gemittelte kombinierte Land- und Ozean-Oberflächentemperatur hat sich von 1880 bis 2012 um ca. 0,85 Grad erhöht (IPCC 2014, 9ff). In den Alpen wurde in den letzten hundert Jahren sogar eine Zunahme der gemittelten Oberflächentemperatur von bis zu zwei Grad verzeichnet (StMUG 2012, 6). In den europäischen Alpen haben die Gletscher von 1850 bis 2000 nahezu die Hälfte ihrer gesamten Fläche verloren (Zemp et al. 2008, 164).

Dass eine Erwärmung in diesem Umfang auch Einfluss auf die Schneebedeckung in den bayerischen Alpen besitzt, ist dabei nur eine logische Folge. So wurde von 1951 bis 2011 bei allen untersuchten Naturräumen Deutschlands eine Abnahme „der Schneedeckendauer (Anzahl der Schneedeckentage im Zeitraum 01.09. bis 31.08.) zwischen 7 und 9 Tagen diagnostiziert“ (StMUV 2015, 48), in den Alpen wurden dabei bei mehr als 55 % der Stationen signifikant negative Trends festgestellt. Die Abnahme bei der Schneedeckenzeit (Zeitspanne vom ersten bis zum letzten Schneedeckentag) ist mit -11 Tagen in den Alpen am stärksten in Deutschland ausgeprägt, wobei dies bei mehr als 90 % der Stationen als gesichert gilt (StMUV 2015, 48).

Für die Zukunft besteht kein Zweifel, dass sich die Erde weiter erwärmen wird. Dennoch unterscheiden sich teilweise die Prognosen bezüglich der zukünftigen Erwärmung extrem und lassen Spielraum für Diskussionen (vgl. Abbildung 1). So reicht die Spannweite für den prognostizierten Anstieg der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur bis zum Ende des 21. Jahrhunderts von 0,3 bis 4,8 Grad bezogen auf 1986 bis 2005 (IPCC 2014, 24).

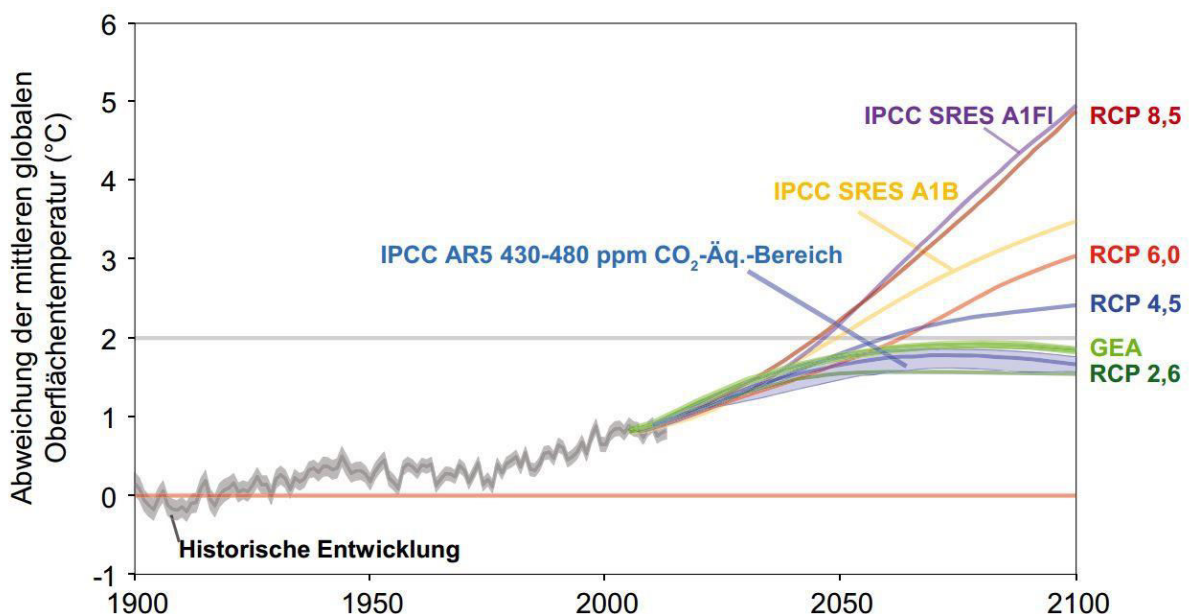


Abbildung 1: Abweichung der mittleren globalen Oberflächentemperatur (°C) vom Durchschnitt der ersten Dekade des 20. Jahrhunderts, historische Entwicklung sowie vier Gruppen von Zukunfts-Szenarien: zwei IPCC SRES Szenarien ohne

Emissionsminderung (A1B und A1F1) die bei etwa 5 °C bzw. knapp über 3 °C Temperaturanstieg im Jahr 2100 liegen, vier neue Pfade mit Emissionsminderungsszenarien welche für IPCC AR5 entwickelt wurden (RCP8,5; 6,0; 4,5 und 2,6), 42 GEA-Emissionsminderungsszenarien und der Bereich all jener IPCC AR5 Szenarien welche die Temperatur bis 2100 bei maximal plus 2 °C stabilisieren; Datenquellen: IPCC SRES (Nakicenovic et al., 2000), IPCC WG I (2014) und GEA (2012); (APCC 2014, 29).

Auch in den Alpen werden sich die Temperaturen weiter erhöhen. Im Nachbarland Österreich schwanken die Prognosen für den Anstieg der mittleren Jahrestemperatur bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts um ca. 1,5 Grad, im Isar- und Inn- als auch im Iller-Lech-Gebiet reichen sie von ca. 1 bis 3 Grad (LfU 2012abc, vgl. Abbildung 2).

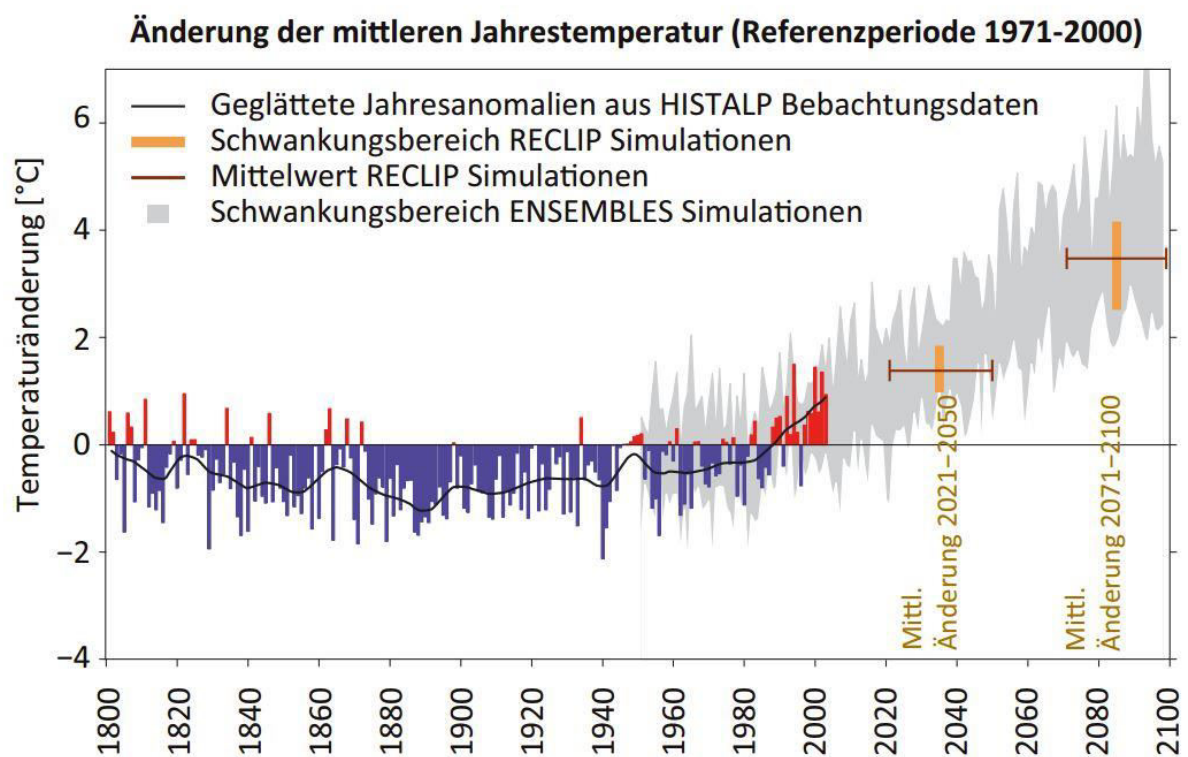


Abbildung 2: Mittlere Oberflächentemperatur (°C) in Österreich von 1800 bis 2100, angegeben als Abweichung vom Temperaturmittel der Periode 1971 bis 2000. Messungen bis zum Jahre 2010 sind in Farbe dargestellt, Modellberechnungen für ein IPCC-Szenario im höheren Emissionsbereich (IPCC SRES A1B Szenario) in Grau. Wiedergegeben sind Jahresmittelwerte (Säulen) und der über 20 Jahre geglättete Verlauf (Linie). Man erkennt die Temperaturabnahme bis knapp vor 1900 und den starken Temperaturanstieg (um ca. 1 °C) seit den 1980er Jahren. Bis Ende des Jahrhunderts ist bei diesem Szenario ein Temperaturanstieg um 3,5 °C zu erwarten (RECLIP Simulationen); Quelle: ZAMG (APCC 2014, 30).

Prognosen bezüglich der Niederschlags- und der einhergehenden Schneedeckenentwicklung sind im Vergleich zur Temperatur noch mit viel größerer Unsicherheit behaftet, muss hierbei doch viel mehr auf regionale Besonderheiten eingegangen werden. Dennoch muss durch die erwartete Klimaerwärmung gerade beim Schnee in den Alpen mit einer Fortsetzung des aktuellen Trends gerechnet werden. So wird in Österreich damit gerechnet, dass die

Schneebedeckung der heutigen Situation bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts „erst in etwa 200 Höhenmetern bergwärts verschobenen Lagen“ (APCC 2014, 91) anzutreffen ist. Auch geht man davon aus, dass bis zu diesem Zeitpunkt in der Höhenstufe von 1000 bis 2000 m die Schneedeckendauer im Mittel um 30 Tage abnehmen wird (APCC 2014, 91). Für die Schweiz wird im Zuge der Klimaerwärmung prognostiziert, dass bis zum Ende des 21. Jahrhunderts im Vergleich zur Referenzperiode 1984 bis 2010 die mittlere Schneehöhe in hohen Lagen (über 2500 m) um ca. 35 %, in mittleren Lagen (1000 bis 2500 m) um ca. 83 % und in tiefen Lagen (unter 1000 m) um ca. 96 % gesunken sein wird (Schmucki et al. 2015, 3262ff.). Auch in den bayerischen Alpen kann somit davon ausgegangen werden, dass sowohl Schneedeckendauer, Schneedeckenzeit als Schneehöhe in Zukunft einen negativen Trend aufweisen werden. Genaue Prognosen sind aber mit großer Unsicherheit behaftet und müssen regional differenziert betrachtet werden.

2. Künstliche Beschneigung in den bayerischen Alpen

Durch den Klimawandel sind global als auch regional nahezu alle Bereiche des menschlichen Zusammenlebens betroffen und unterschiedlichen Auswirkungen ausgesetzt. Auch in den bayerischen Alpen sind durch Temperaturanstieg und der somit einhergehenden Veränderungen bei der Schneebedeckung (siehe 1.) veränderte Bedingungen anzutreffen, was vor allem auf den Skitourismus in Bayern große Auswirkungen hat.

So wurde bereits Ende der 1980er-Jahre in einzelnen bayerischen Skigebieten begonnen, Pistenflächen zu beschneien (Bayerischer Landtag 1989, 1). Die weitere Klimaerwärmung und die Konkurrenz zu den österreichischen Skigebieten führten rasch zu einem erheblichen Ausbau der künstlichen Beschneigung in den bayerischen Alpen, um auch in schneearmen Wintern Schneesicherheit anbieten zu können, wobei diese Entwicklung nach wie vor unverändert anhält (vgl. Abbildung 3).

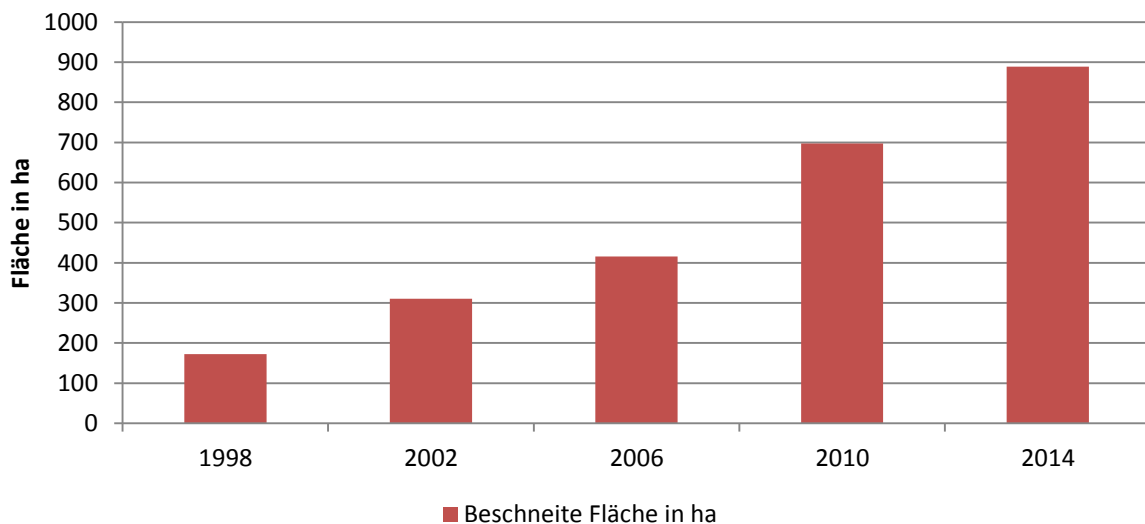


Abbildung 3: Entwicklung der beschneiten Flächen in Bayern (in ha) von 1998 bis 2014. Deutlich zu erkennen ist der nahezu lineare Anstieg der Beschneigungsflächen im Freistaat, im Vergleich zu 1998 ist 16 Jahre später ein Anstieg der beschneiten Flächen von über 400 % zu verzeichnen (Bayerischer Landtag 2016, 2 sowie Landtagsanfrage des BUND Naturschutz in Bayern e.V.).

Kritisch sind dabei vor allem die ökologischen Auswirkungen der künstlichen Beschneigung zu sehen: So kommt es durch die Verminderung der Luftdurchlässigkeit zu starken Schäden in der Pflanzenwelt. Die Schmelzwassermenge erhöht sich stark und die Schneedecke schmilzt später ab, was zu Hangvernässung, einer erhöhten Erosionsgefahr und zu einer Reduktion der Artenvielfalt führt. Der Nährstoffeintrag in den Boden erhöht sich, wodurch es zu Schäden im Waldökosystem kommen kann, außerdem kommt es beim Betrieb der Schneekanonen zu einer erhöhten Lärmbelästigung. Auch der hohe Energieverbrauch zu einer ohnehin energetisch intensiv genutzten Zeit und der hohe Wasserverbrauch im

wasserarmen Winter stellen aus ökologischer Sicht ernst zu nehmende Probleme dar (Newesely und Cernusca 1999, 30ff.). Hinzu kommen die ökologisch negativen Folgen bevor überhaupt künstliche Beschneigung betrieben werden kann: „Die Anlage von Pisten mit der Verlegung der Wasser-, Druckluft- und Stromleitungen in tiefen (frostfreien) Gräben, der Ausbau [von] Speicherbecken und die gesamte Infrastruktur für Beschneiungsanlagen erfordern großflächige Geländeingriffe mit schweren Baumaschinen. Mit der Pistenbeschneigung ziehen sich diese Bauarbeiten vom Tal- bis zu den Bergstationen der Seilbahnen hinauf. Bergwald wird gerodet, Moore und Almflächen müssen den Speicherbecken weichen“ (Hamberger und Doering 2015, 83).

Aus ökonomischer Sicht ist die immer umfangreichere Investition in Beschneiungsanlagen vor dem Hintergrund des Klimawandels ebenso fragwürdig. Zum einen benötigt man zur wirtschaftlichen Herstellung von künstlichem Schnee Temperaturen unter -3 °C , was angesichts der steigenden Temperaturen in einigen Höhenstufen der Alpen immer seltener der Fall sein wird (CIPRA 2004, 3). Zum anderen benötigt man auch bei künstlichem Schnee dauerhaft ausreichend niedrige Temperaturen, um das Abschmelzen der Schneedecke zu verhindern. Dies wird bei einer weiteren Erwärmung des globalen Klimas immer seltener auftreten.

Bei dieser Sachlage stellt sich nun die Frage, wie sich die künstliche Beschneigung in den bayerischen Alpen mittelfristig entwickeln wird und ob der Kunstsnee in den bayerischen Skigebieten in milden, schneearmen Wintern den ausbleibenden natürlichen Schnee überhaupt kompensieren kann. In dieser Arbeit soll dieser Frage durch die Analyse der Schneehöhendaten der letzten vierzig Jahre nachgegangen werden.

3. Methodik der Analyse

Um den Effekt der künstlichen Beschneigung in den bayerischen Alpen zu analysieren, wurden die Schneehöhendaten von sechs populären bayerischen Skigebieten ausgewertet: Zugspitze, Oberstdorf (Nebelhorn), Balderschwang, Spitzingsee, Garmisch-Partenkirchen und Lenggries-Brauneck. Hierzu wurden einerseits die Schneehöhenangaben des wöchentlich erscheinenden Skiberichts der Süddeutschen Zeitung betrachtet (Daten: ADAC/DSV; ab 2011/12 onthesnow.de; ab 14/15 VDS/Bergfex; ab 16/17 schneehoehen.de). Angegeben war hier immer die Schneehöhe an der Talstation sowie im Skigebiet. Dabei wurde angenommen, dass in der angegebenen Schneehöhe sowohl natürlicher Schnee als auch künstlich erzeugter Schnee inkludiert ist. Zum Vergleich wurden zudem in wöchentlicher Auflösung die gemessenen Schneehöhen des Deutschen Wetterdienstes analysiert, mit der Annahme, dass hierbei nur natürlicher Schnee in der Messung vorkommt.

Der jährliche Zeitraum der Daten in dieser Arbeit beschränkt sich jeweils vom 15. Dezember bis zum 31. März. Zum anderen wurden die Daten von 1978 bis 2017 (Ausnahme Nebelhorn: 2011) betrachtet. Dies lässt sich vor allem mit der guten Datenverfügbarkeit in diesen Zeiträumen begründen. Fehlende Daten bei der Talschneehöhe im SZ-Pistenfahrplan wurden aus Plausibilitätsgründen durch DWD-Schneehöhen der Messstationen im Tal ersetzt. Folgende DWD-Stationen wurden in die Analyse miteinbezogen:

- Balderschwang, 1044 m
- Garmisch-Partenkirchen, 704 m
- Lenggries, 681 m
- Oberstdorf, 810 m
- Obere Firstalm/Schlierseer Berge (Spitzing), 1336 m
- Zugspitze, 2964 m

Die analysierten Skigebiete weisen folgende Daten auf:

Tabelle 1: Höhendaten der analysierten Skigebiete (bergfex.de o.J.)

Skigebiet	Höhe Talstation	Höhe Bergstation
Balderschwang	1000 m	1500 m
Garmisch-Partenkirchen (Garmisch-Classic)	708 m	2050 m
Lenggries (Brauneck)	700 m	1700 m
Oberstdorf (Nebelhorn)	828 m	2224 m
Spitzingsee	980 m	1560 m
Zugspitze	2000 m	2720 m

In dieser Arbeit wurden zwei Aspekte genauer betrachtet: Zum einen wurde ausgewertet, wie sich die Schneehöhen in den letzten vierzig Jahren insgesamt über die Saison (15.12. bis

31.03.) entwickelt haben. Datengrundlage waren hierbei die Talschneehöhen der Skigebiete aus dem SZ-Skibericht sowie die Schneehöhen der DWD-Messstationen. Dabei wurden mithilfe der Daten Zeitreihen erstellt und mit polynomischen Trendlinien ergänzt. Parallel sind in den erstellten Grafiken auch noch die beschneiten Flächen im jeweiligen Skigebiet in ihrer jeweiligen Entwicklung dargestellt, um die Daten besser einordnen zu können.

Aufgrund der Tatsache, dass die Weihnachtsferien in der Skisaison zu den wichtigsten Geschäftszeiten der Skigebietsbetreiber gehören und zu dieser Zeit rund 30 % der Einnahmen generiert werden, wurde dieser zeitliche Rahmen zusätzlich genauer analysiert (Steiger 2010, 258). Datengrundlage waren hier die Skigebietsschneehöhen des SZ-Skiberichts am 24.12., 01.01. und 06.01 für die Skigebiete Garmisch-Partenkirchen, Lenggries, Spitzingsee und Balderschwang. Existierten für diesen Tag keine Daten, so wurde die Schneehöhe eines möglichst ähnlichen Datums verwendet oder durch die Schneehöhenangaben in anderen Skigebieten plausibel ergänzt. Ein Skitag wurde mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr definiert. Somit konnten pro Saison maximal drei Skitage erreicht werden. Das Nebelhorn und die Zugspitze wurden für diese Analyse nicht verwendet, da die Skigebiete aufgrund ihrer Hochlage keinen Trend in dieser Hinsicht besitzen. Auch diese Grafiken wurden mit polynomischen Trendlinien ergänzt. Im Folgenden sollen nun die Ergebnisse der Auswertung vorgestellt und interpretiert werden.

4. Datenanalyse und -interpretation

4.1 Zeitreihen der Gesamtsaison

4.1.1 Garmisch-Partenkirchen

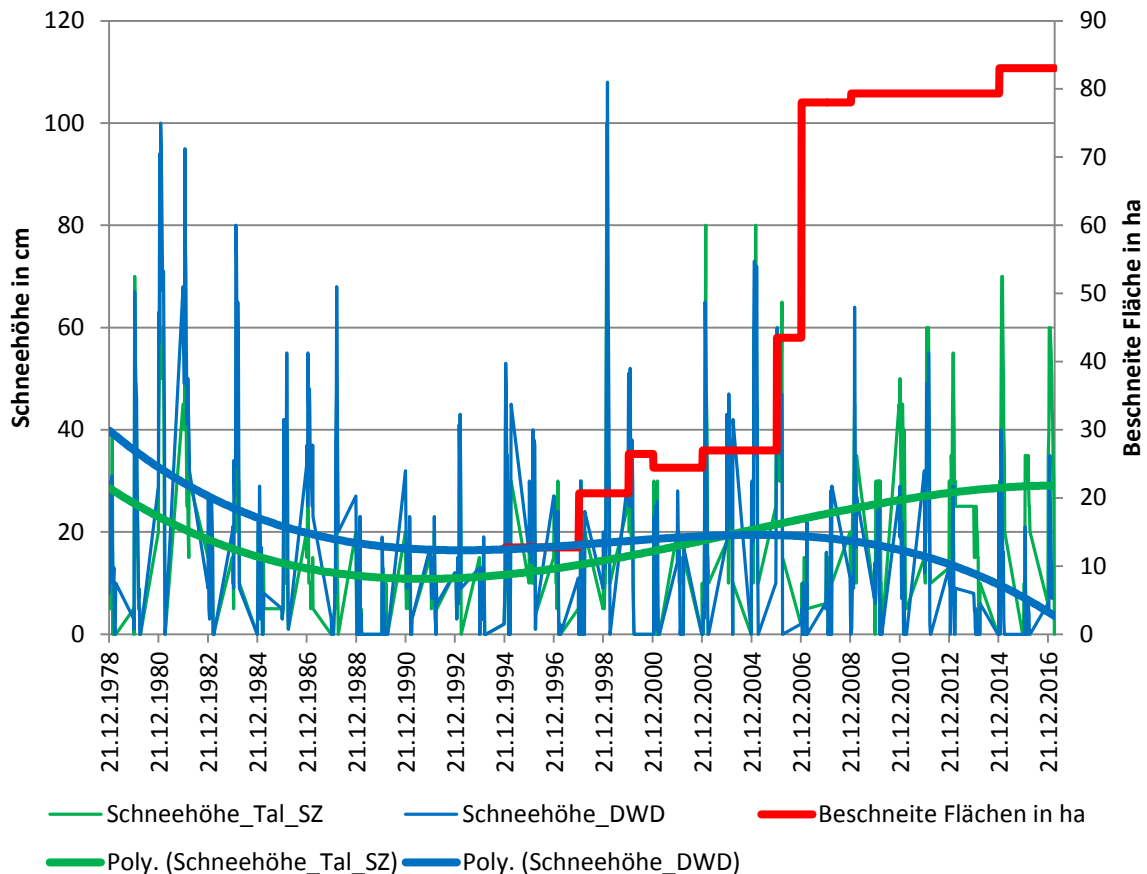


Abbildung 4: Entwicklung der Talschneehöhen in Garmisch-Partenkirchen von 1978 bis 2017; Zeitraum: 15.12. bis 31.03.; grün: SZ-Schneehöhen mit Kunstschnee, blau: DWD-Schneehöhen ohne Kunstschnee, rot: Beschneite Fläche in ha im Skigebiet Garmisch-Partenkirchen (Garmisch Classic) (Daten: DWD, SZ, Landtagsanfragen des BUND Naturschutz in Bayern e.V. und Bündnis 90/Die Grünen).

Bei den Schneehöhen des Deutschen Wetterdienstes sowie bei den Schneehöhen des SZ-Skiberichts ist in den 1980er-Jahren eine deutliche Abnahme zu erkennen. In den 90er-Jahren ist die Schneehöhenentwicklung bei den Daten des DWD relativ konstant, bevor im neuen Jahrtausend noch einmal eine deutliche Abnahme eintritt. Im Gegensatz dazu steigen die Schneehöhen des SZ-Skiberichts seit den 90er-Jahren konstant (vgl. Abbildung 4).

Die Abnahme der Schneehöhen in beiden Datensätzen in den 80er-Jahren sowie die weitere Abnahme der DWD-Daten bis heute können mit der Klimaerwärmung und dem daraus resultierenden immer geringeren Schneeanteil am Niederschlag begründet werden. Die konstante Zunahme der SZ-Schneehöhen (mit Kunstschnee) bis heute ist vor allem durch den Einsatz künstlicher Beschneuerung ab Mitte der 90er-Jahre zu erklären. Deutlich wird, dass

an der Talstation des Skigebiets ohne künstliche Beschneigung vor allem die letzten Jahre kein Skibetrieb mehr möglich gewesen wäre.

4.1.2 Oberstdorf (Nebelhorn)

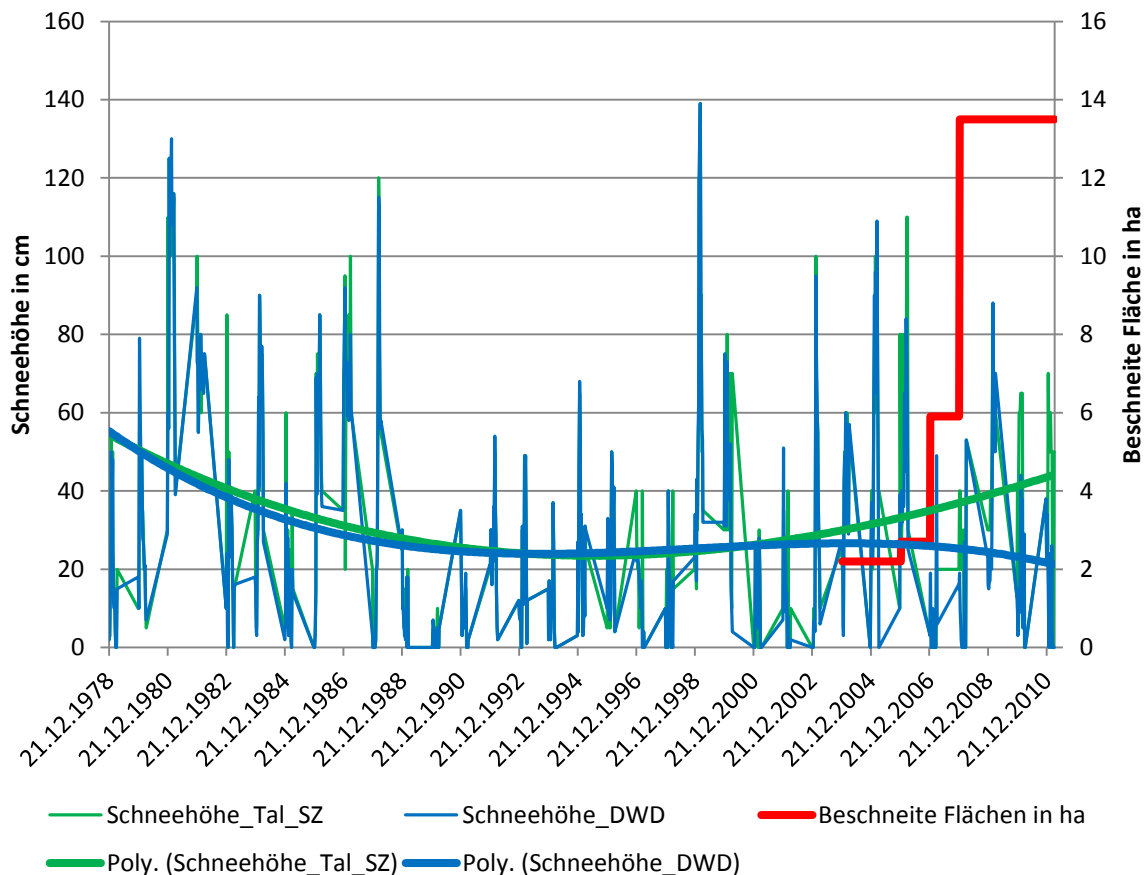


Abbildung 5: Entwicklung der Talschneehöhen in Oberstdorf/Nebelhorn von 1978 bis 2011; Zeitraum: 15.12. bis 31.03.; grün: SZ-Schneehöhen mit Kunstschnee, blau: DWD-Schneehöhen ohne Kunstschnee, rot: Beschneite Fläche in ha im Skigebiet (Daten: DWD, SZ, Landtagsanfragen des BUND Naturschutz in Bayern e.V. und Bündnis 90/Die Grünen).

Auch hier ist sowohl bei den Schneehöhen des SZ-Skiberichts, als auch bei den Daten des DWDs ein klarer Abwärtstrend in den 80er-Jahren zu erkennen. In den 90er-Jahren bleiben die Schneehöhen beider Quellen konstant, bevor die Schneehöhendaten des SZ-Skiberichts ab dem 21. Jahrhundert wieder stark ansteigen, während die Schneehöhen des Deutschen Wetterdienstes weitgehend gleich bleiben (vgl. Abbildung 5).

Zu interpretieren ist dies auch hier wieder ähnlich wie im Skigebiet Garmisch-Classic. Die Schneehöhen in den 80er-Jahren sinken durch die Erderwärmung stark ab, die natürlichen Schneehöhen (DWD) bleiben dann bis 2011 weitgehend konstant, während die Schneehöhen mit künstlicher Beschneigung (SZ) durch den Einsatz von Kunstschnee ab Mitte

der 2000er Jahre wieder stark ansteigen. Deutlich wird hier anhand der Trendlinien, dass auch hier der Skibetrieb im Tal zunehmend von künstlicher Beschneigung abhängig ist.

4.1.3 Zugspitze

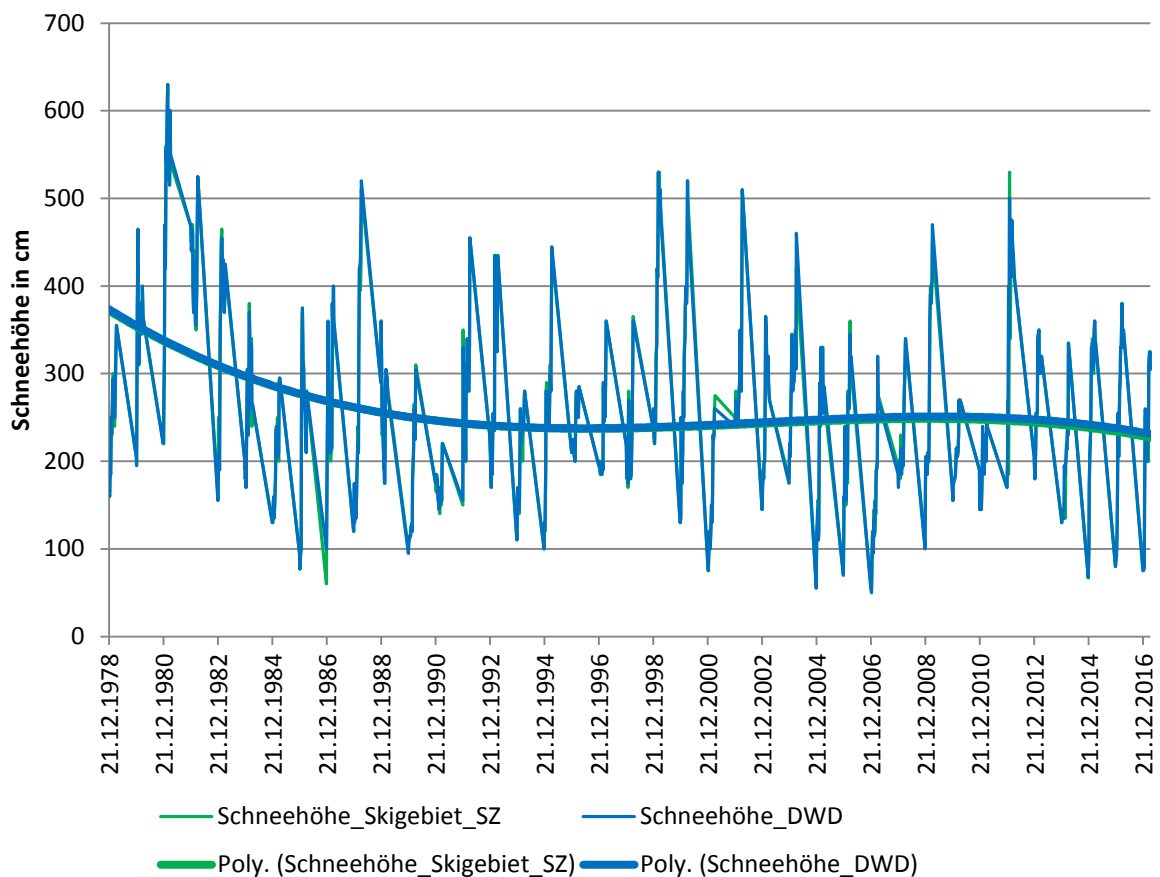


Abbildung 6: Entwicklung der Schneehöhen im Skigebiet Zugspitze von 1978 bis 2017; Zeitraum: 15.12. bis 31.03.; grün: SZ-Schneehöhen, blau: DWD-Schneehöhen (Daten: DWD, SZ).

Sowohl die Schneehöhendaten der SZ als auch des Deutschen Wetterdienstes sinken in den 80er-Jahren stark ab. Seit den 90er-Jahren bis heute sind die Schneehöhen konstant (vgl. Abbildung 6).

Auch hier kann das Absinken der Werte in den 80er-Jahren auf den Klimawandel zurückgeführt werden. Zu einer weiteren Erwärmung, die den Schneefall auf der Zugspitze beeinträchtigt hat, kam es seitdem aber nicht mehr. Durch die Tatsache, dass auf der Zugspitze nicht beschneit wird, kann aber auch kein wesentlicher Anstieg der SZ-Schneehöhen wie in den vorherigen beiden Skigebieten beobachtet werden.

4.1.4 Lenggries (Brauneck)

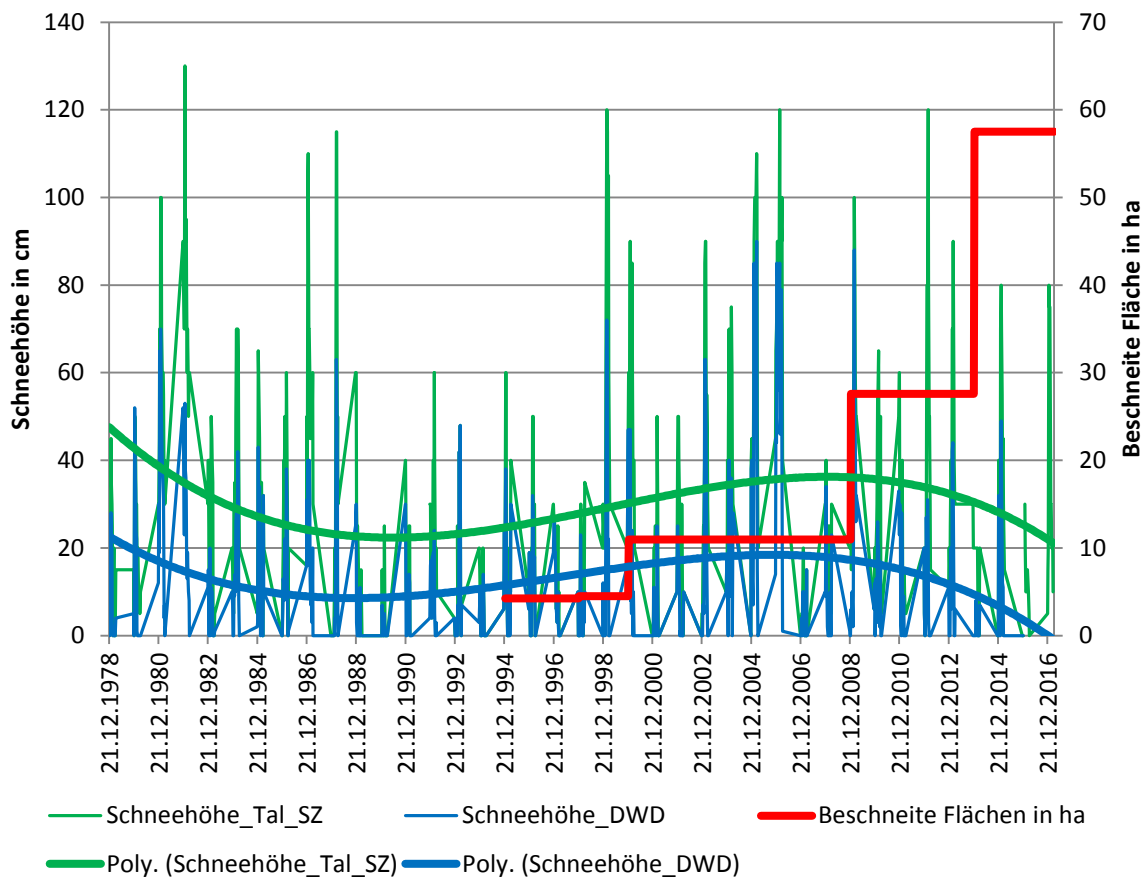


Abbildung 7: Entwicklung der Talschneehöhen in Lenggries-Brauneck von 1978 bis 2017; Zeitraum: 15.12. bis 31.03.; grün: SZ-Schneehöhen mit Kunstschnee, blau: DWD-Schneehöhen ohne Kunstschnee, rot: Beschneite Fläche in ha im Skigebiet (Daten: DWD, SZ, Landtagsanfragen des BUND Naturschutz in Bayern e.V. und Bündnis 90/Die Grünen).

Die Kurven der SZ- und der DWD-Schneehöhen verlaufen nahezu identisch: Die Werte nehmen in den 80er-Jahren stark ab, steigen dann bis zum Ende der 2000er-Jahre wieder an und nehmen schließlich bis zur heutigen Zeit wieder stark ab. Dazu kommt, dass die SZ-Schneehöhen im Durchschnitt konstant ca. 20 cm höher sind als die Daten des Deutschen Wetterdienstes (vgl. Abbildung 7).

Die globale Erwärmung ist auch in dieser Grafik deutlich zu erkennen: Trotz eines zwischenzeitlichen Aufwärtstrends sinken die Schneehöhen in den letzten vierzig Jahren stark. Der zwischenzeitliche stärkere Anstieg der SZ-Schneehöhen gegenüber den DWD-Schneehöhen kann mit dem Beginn der künstlichen Beschneigung begründet werden. Dass die SZ-Schneehöhen insgesamt deutlich höher ausfallen als die Schneehöhen des Deutschen Wetterdienstes, ist mit unterschiedlicher Exposition und Umgebung der Messstationen zu erklären. Auffallend ist, dass in den letzten Jahren trotz künstlicher Beschneigung auch die Schneehöhen der SZ rückläufig sind.

4.1.5 Balderschwang

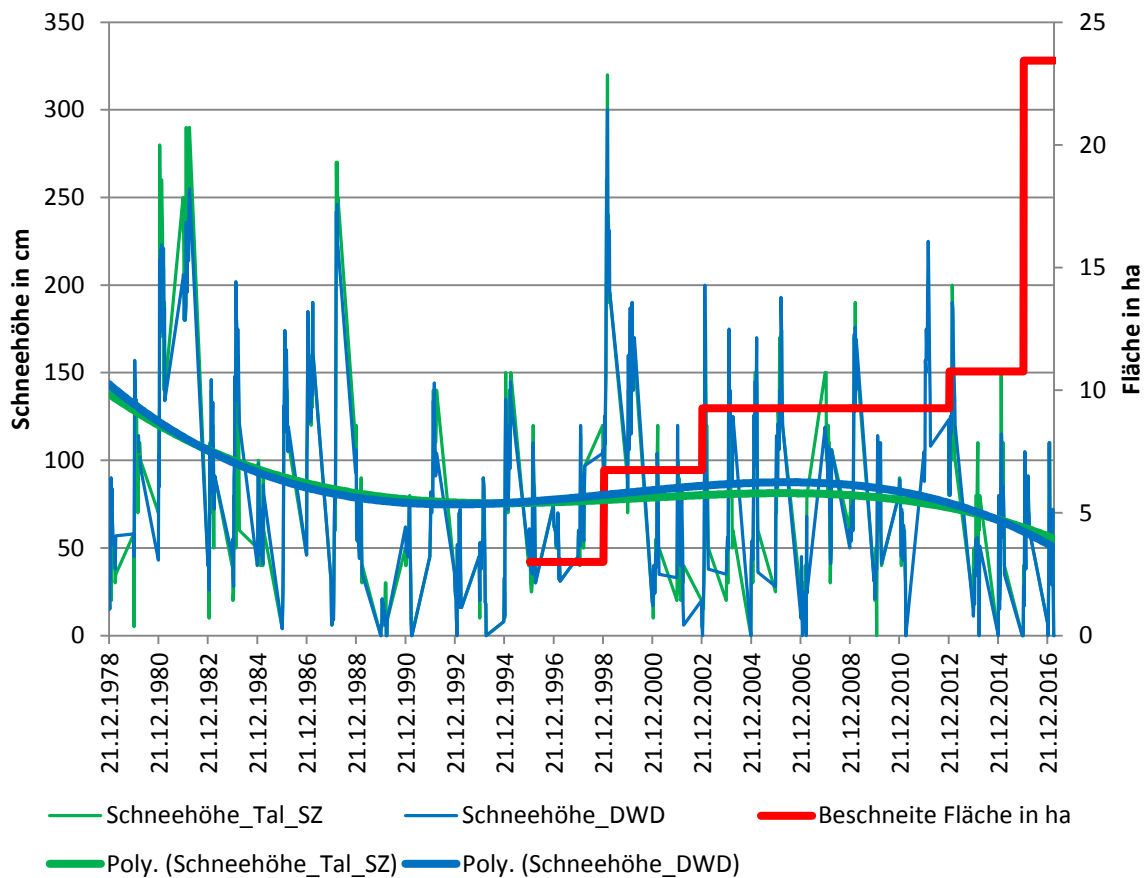


Abbildung 8: Entwicklung der Talschneehöhen von Balderschwang von 1978 bis 2017; Zeitraum: 15.12. bis 31.03.; grün: SZ-Schneehöhen mit Kunstschnee, blau: DWD-Schneehöhen ohne Kunstschnee, rot: Beschneite Fläche in ha im Skigebiet (Daten: DWD, SZ, Landtagsanfragen des BUND Naturschutz in Bayern e.V. und Bündnis 90/Die Grünen).

Ähnlich wie am Brauneck verlaufen auch hier die Schneehöhen des DWDs und der SZ sehr ähnlich. Einem starken Verlust in den 80er-Jahren folgt eine konstante Phase in die 2000er-Jahre hinein, bevor noch einmal eine deutliche Minderung der Werte bis zum heutigen Zeitpunkt zu erkennen ist. Beide Kurven sind dabei nahezu deckungsgleich (vgl. Abbildung 8).

Auch hier kann das starke Absinken der Schneehöhen in den 80er-Jahren und auch in den letzten zehn Jahren auf die globale Erwärmung zurückgeführt werden. Erstaunlich ist jedoch hier, dass auch nach dem Beginn künstlicher Beschneigung keinerlei Unterschiede zwischen SZ- und DWD-Schneehöhen zu erkennen sind. Grund hierfür könnte die hohe Lage der Talstation des Balderschwanger Skigebiets (1000 m) sein: Bei optimalen äußeren Bedingungen für die künstliche Beschneigung lag schon so viel natürlicher Schnee, dass kein Kunstschnee mehr benötigt wurde. War die natürliche Schneehöhe jedoch so gering, dass künstliche Beschneigung für die Aufrechterhaltung des Skibetriebs sinnvoll gewesen wäre, waren die klimatischen Bedingungen für eine ökonomische Beschneigung (siehe 2.) zu

schlecht. Trotz künstlicher Beschneigung ist ein negativer Trend der SZ-Schneehöhen festzustellen.

4.1.6 Spitzingsee

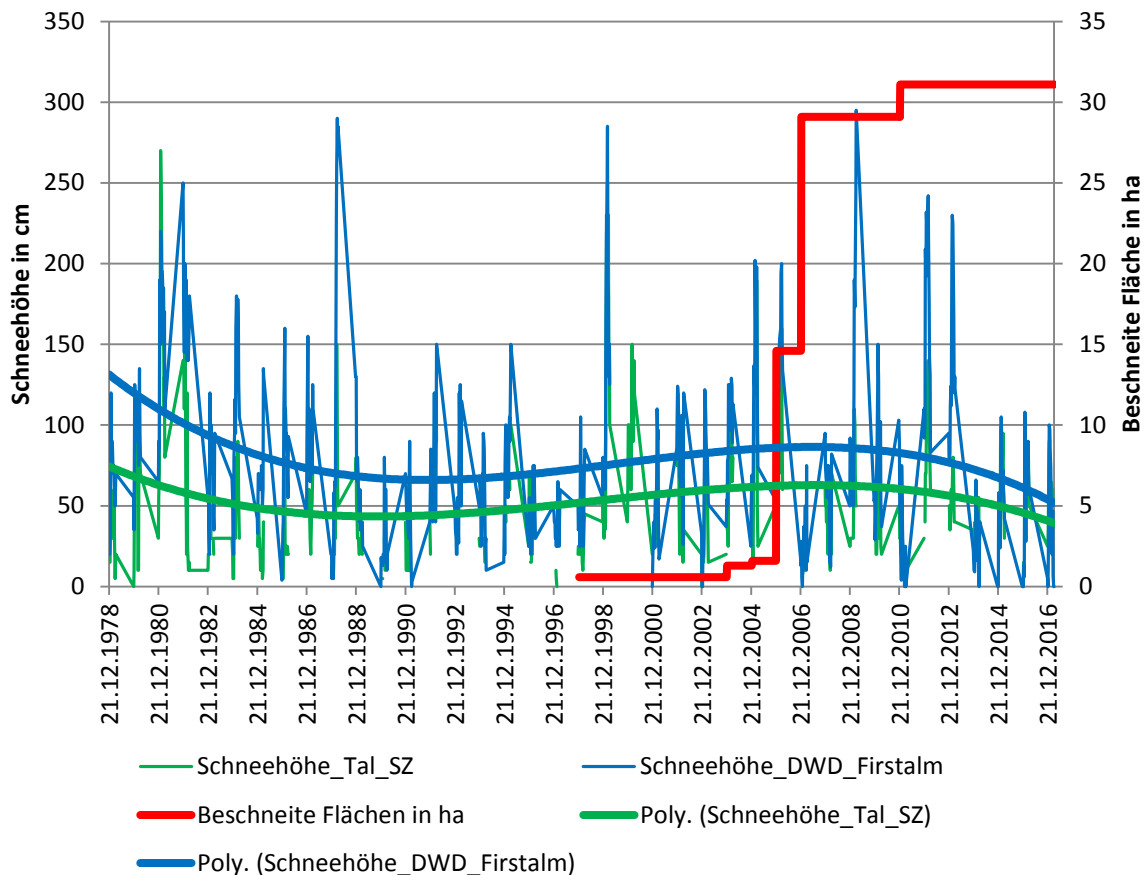


Abbildung 9: Entwicklung der Talschneehöhe (SZ, 980 m) und der Schneehöhe Obere Firstalm (1336 m) von 1978 bis 2017; Zeitraum: 15.12. bis 31.03.; grün: SZ-Schneehöhen mit Kunstschnee, blau: DWD-Schneehöhen ohne Kunstschnee, rot: Beschneite Fläche in ha im Skigebiet (Daten: DWD, SZ, Landtagsanfragen des BUND Naturschutz in Bayern e.V. und Bündnis 90/Die Grünen).

Ein ähnlicher Verlauf wie bei den vorherigen Skigebieten ist auch beim Skigebiet Spitzingsee zu erkennen. Sowohl die SZ- als auch die die DWD-Datenwerte sinken in den 80er-Jahren stark ab, steigen bis zum Ende der 2000er-Jahre leicht an und sinken abschließend bis zum heutigen Zeitpunkt wieder stark. Die DWD-Werte sind meist ca. 20 cm höher als die des SZ-Skiberichts (vgl. Abbildung 9).

Der Unterschied zwischen den DWD- und den SZ-Schneehöhen ist auf die unterschiedlichen Höhen der Messstationen zurückzuführen (siehe 3.). Der Gesamttrend der Schneehöhen geht auch hier stark nach unten, was durch den Klimawandel erklärt werden kann. Der zwischenzeitliche Anstieg der SZ-Schneehöhen ist einerseits mit dem leichten Anstieg der

natürlichen Schneehöhen in diesem Zeitraum, andererseits mit dem Beginn der künstlichen Beschneigung zu erklären. Der in den letzten Jahren negative Trend der SZ-Schneehöhen ist auch trotz künstlicher Beschneigung nicht aufzuhalten.

4.2 Interpretation der Zeitreihen

Der Trend bei allen natürlichen Schneehöhen in den Skigebieten ist unübersehbar: Die globale und regionale Erwärmung wirkt und lässt die Schneehöhen in den letzten vierzig Jahren teilweise extrem absinken. Vor allem in den 80er-Jahren und im neuen Jahrtausend sind extreme Einbrüche zu beobachten, was mit der massiven Erwärmung in den Alpen unmittelbar zusammenhängt.

Differenzierter sind jedoch die Auswertungen bezüglich der künstlichen Beschneigung zu betrachten: So kann man in allen analysierten Skigebieten den Effekt des Kunstschnees durch erhöhte Schneehöhen in den Anfangsstadien der künstlichen Beschneigung vermuten. Beim weiteren zeitlichen Verlauf unterscheiden sich die Skigebiete jedoch deutlich. So wirkt sich die künstliche Beschneigung in Garmisch-Partenkirchen und am Nebelhorn in Oberstdorf äußerst positiv auf die Schneehöhen in Talnähe aus. Die Sinnhaftigkeit des Kunstschnees erhält in diesen Skigebieten ihre volle Bestätigung, sind doch die Schneehöhen im Skigebiet deutlich höher als die natürlichen Schneehöhen im Tal, welche einen klaren Abwärtstrend aufweisen. Im Gegensatz dazu stehen jedoch die Skigebiete Balderschwang, Spitzingsee und Lenggries (Brauneck). Trotz künstlicher Beschneigung sinken in den letzten Jahren die Schneehöhen auch in den Skigebieten im Tal.

4.3 Skitage in den Weihnachtsferien (Schneehöhen im Skigebiet) – Analyse und Interpretation



Abbildung 10: Entwicklung der Skitage (SZ-Schneehöhe-Skigebiet > 29cm) der Skigebiete Garmisch-Partenkirchen (blau), Spitzingsee (grün), Lenggries (Brauneck) (rot) und Balderschwang (gelb) in den Weihnachtsferien basierend auf den Schneehöhen 24.12./01.01./06.01. von 1978 bis 2017 (Daten: SZ, DWD).

Der Verlauf aller Trendkurven zeigt sich bei den einzelnen Skigebieten sehr ähnlich. In den 80er-Jahren sinken die Werte für die Skigebiete Balderschwang und Garmisch-Partenkirchen leicht, in den Skigebieten Spitzingsee und Brauneck steigen die Werte in den 80er-Jahren leicht an. Ab dann gilt für jedes der vier betrachteten Skigebiete: Anstieg der Werte mit Maximum in der Mitte der 2000er-Jahre und anschließend ein starker Abwärtstrend, der bis heute anhält (vgl. Abbildung 10). Summiert man die Daten aus Abbildung 10, so ist ein ähnlicher Trend wie bei den einzelnen Skigebieten zu erkennen (vgl. Abbildung 11). Winter, in denen in den Weihnachtsferien an keinem der drei gewählten Tage Skibetrieb möglich war, gab es in den vergangenen vierzig Jahren immer wieder. Jedoch ist auffällig, dass in den letzten drei Wintern (14/15, 15/16, 16/17) extrem wenig Schnee in den Skigebieten lag, was in diesem Ausmaß einen besonderen Einzelfall in den letzten vierzig Jahren darstellt (vgl. Abbildung 11).

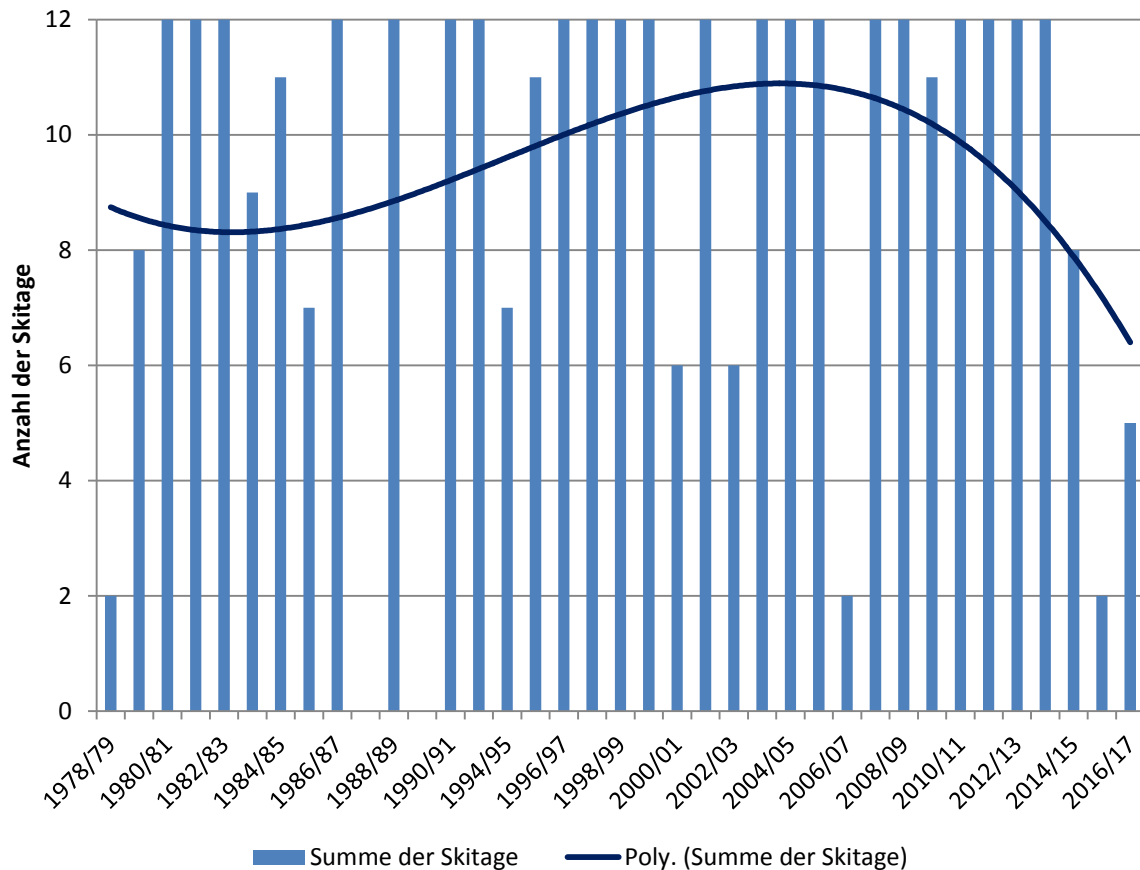


Abbildung 11: Entwicklung der summierten Skitage (SZ-Schneehöhe-Skigebiet > 29cm) der einzelnen Skigebiete (Garmisch-Partenkirchen, Brauneck, Spitzingsee, Balderschwang) in den Weihnachtsferien basierend auf den Schneehöhen 24.12./01.01./06.01. von 1978 bis 2017 (Daten: SZ, DWD).

Das Absinken der Werte in den 80er-Jahren kann ähnlich wie in den analysierten Zeitreihen auf die globale Erwärmung zurückgeführt werden. Der Anstieg in den 90er-Jahren bis in die 2000er-Jahre wird durch zwei Faktoren erklärt: Zum einen kam es in diesem Zeitraum in einigen Skigebieten wieder zu einem Anstieg der natürlichen Schneehöhen, zum anderen begann in diesem Zeitraum in allen betrachteten Skigebieten der Einsatz von künstlicher Beschneiung (vgl. Abbildung 4, 7, 8 und 9). Das starke Absinken der Skitage in den Weihnachtsferien bis zum heutigen Zeitpunkt ist wiederum durch die globale Erwärmung zu erklären. Speziell in den letzten drei Wintern war es so warm, dass selbst die künstliche Beschneiung den Skibetrieb nicht ermöglichen konnte.

5. Fazit und Ausblick

Die globale Erwärmung ist auch in den bayerischen Alpen und Skigebieten spürbarer geworden. Der Anstieg der Temperaturen mit der einhergehenden Verminderung der Schneehöhen in den bayerischen Skigebieten ist in den Aufzeichnungen der letzten vierzig Jahre deutlich zu erkennen. Der Einsatz von Kunstschnee hat wiederum unterschiedliche Effekte: In einigen Skigebieten verbesserte er die Schneesituation über die Saison hinweg erheblich, in einigen Skigebieten ist in Talnähe jedoch trotz künstlicher Beschneigung ein klarer Abwärtstrend der Schneehöhen zu erkennen.

Eindeutiger zeigt sich da die Analyse der Schneehöhen über die Weihnachtsferien hinweg. In jedem betrachteten Skigebiet sinkt die Anzahl der Tage, an denen Skibetrieb möglich ist, was vor allem an den letzten drei Wintern deutlich wird. Aufgrund der Tatsache, dass bei den Skigebietsbetreibern in den Weihnachtsferien ein erheblicher Teil der Einnahmen generiert wird (siehe 3.) und auch die künstliche Beschneigung den Negativtrend der letzten Jahre nicht verhindern konnte, ist hier auch aus ökonomischer Sicht die weitere Investition in Beschneigungsanlagen zu hinterfragen.

Wie sich die künstliche Beschneigung in den bayerischen Alpen in Zukunft entwickeln wird, ist offen. Man kann aber aufgrund der Entwicklung in den letzten Jahren (vgl. Abbildung 3) davon ausgehen, dass zumindest in den nächsten Jahren weiter in künstliche Beschneigung investiert wird. Ist diese Aussicht aus ökologischer Sicht ohnehin negativ zu sehen, so ist diese voraussichtliche Entwicklung auch aus ökonomischer Sicht zunehmend kritisch zu beurteilen. Trotz Kunstschneeeinsatz sind die Schneehöhen in den bayerischen Skigebieten in den letzten vierzig Jahren über den Saisonverlauf teilweise stark abgesunken. Auch die Anzahl der Skitage in den aus wirtschaftlicher Sicht sehr wichtigen Weihnachtsferien sind trotz künstlicher Beschneigung vor allem in den letzten Jahren stark gesunken. Vor dem Hintergrund der Klimaprognosen (siehe 1.) ist davon auszugehen, dass sich dieser Trend auch in Zukunft fortsetzen wird. Eine Empfehlung auch in Zukunft weiter in künstliche Beschneigung zu investieren, kann somit aus Sicht dieser Analyse nicht gegeben werden.

6. Forderungen des Bund Naturschutz in Bayern e.V.

Aufgrund der Auswertung und Interpretation der Schneehöhendaten ergeben sich folgende Forderungen aus Sicht des Bund Naturschutz in Bayern e.V.:

- 1) Keine Steuermittel und keine Subventionierung zur Finanzierung von Schneekanonen.
- 2) Verzicht auf weiteren Neubau von Beschneiungsanlagen und auf die Erweiterung bestehender Anlagen. Keine neuen Genehmigungen.
- 3) Skifahren nur bei ausreichender Naturschneeauflage! Orientierung des Skibetriebs an den natürlichen Bedingungen, und nur auf bereits bestehenden Pisten. Sperrung von Pisten und Loipen bei unzureichenden Naturschneeauflagen nach den EU-Richtlinien.
- 4) Gesamtkonzept für die bayerischen Alpen, das die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wintersport ernst nimmt. Neue Konzepte und eine neue Ausrichtung des Wintertourismus statt Beschneigung.
- 5) Beteiligung der Naturschutzverbände an allen Verfahren. Gleiche Bewertungen der Gutachten der Umweltverbände.
- 6) Vorgaben des Bergwaldbeschlusses des Bayerischen Landtags, des Alpenplans, der Alpenkonvention und weitere Schutzaufgaben müssen zur Anwendung kommen.
- 7) Subventionen und Förderungen nur noch für umwelt- und sozialverträgliche Urlaubsformen im Winter, die in besonderem Maße auch den steigenden Anteil der Nicht-SkifahrerInnen berücksichtigt und die Entwicklung eigener Profile, die regionale Besonderheiten unterstützen und der einheimischen, ortsansässigen Bevölkerung zugutekommen.
- 8) Die bestehenden Anlagen sind mit Gesamtkonzepten, Ökobilanzen und Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) einschließlich umweltrelevanter Gesichtspunkte wie Energie- und Wasserverbrauch, nachfolgenden Kapazitätserhöhungen und Folgelasten zu veröffentlichen.
- 9) Bestehende Anlagen, die den o.g. Schutzkategorien widersprechen, müssen abgebaut werden.
- 10) Die Anlagenbetreiber müssen zum vollständigen Abbau der Anlagen verpflichtet werden, wenn diese außer Betrieb genommen werden.

(Hamberger und Doering 2015, 98f.)

Literaturverzeichnis

Austrian Panel on Climate Change (APCC) (2014): Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014. Austrian Assessment Report 2014 (AAR14). Zusammenfassung für Entscheidungstragende und Synthese. Wien.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (2012a): Der Klimawandel in Bayern. Auswertung regionaler Klimaprojektionen. Regionalbericht Iller-Lech. Augsburg.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (2012b): Der Klimawandel in Bayern. Auswertung regionaler Klimaprojektionen. Regionalbericht Inn. Augsburg.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (2012c): Der Klimawandel in Bayern. Auswertung regionaler Klimaprojektionen. Regionalbericht Isar. Augsburg.

Bayerischer Landtag (1989): Schriftliche Anfrage der Abgeordneten Paulig, Dr. Kestel DIE GRÜNEN vom 26. 04. 89. Einsatz von Schneekanonen. URL: https://www.bayern.landtag.de/www/ElanTextAblage_WP11/Drucksachen/0000013500/11-13810.pdf (Stand: 28.11.2017).

Bayerischer Landtag (2016): Schriftliche Anfrage des Abgeordneten Ludwig Hartmann BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN vom 08.12.2015. Entwicklung und Finanzierung von Schneekanonen und Skiliften in den letzten Jahren. URL: http://www1.bayern.landtag.de/ElanTextAblage_WP17/Drucksachen/Schriftliche%20Anfragen/17_0009996.pdf (Stand: 29.11.2017).

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (StMUG) (2012): Bayerische Gletscher im Klimawandel. München.

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) (2015): Klima-Report Bayern 2015. Klimawandel, Auswirkungen, Anpassungs- und Forschungsaktivitäten. München.

bergfex.de (o.J.): Skigebiete Bayern. URL: <https://www.bergfex.de/bayern/> (Stand: 30.11.2017).

Commission Internationale pour la Protection des Alpes (CIPRA) (Hrsg.) (2004): Künstliche Beschneigung im Alpenraum. Ein Hintergrundbericht. URL: http://www.cipra.org/de/publikationen/2709/454_de/inline-download (Stand: 30.11.2017).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Hrsg.) (2014): KLIMAÄNDERUNG 2013: Naturwissenschaftliche Grundlagen. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. URL: http://www.de-ipcc.de/media/content/AR5-WGI_SPM.pdf (Stand: 27.11.2017).

Hamberger, S., Doering, A. (2015): Der gekaufte Winter. Eine Bilanz der künstlichen Beschneigung in den Alpen. URL: https://www.bund-naturschutz.de/fileadmin/Bilder_und_Dokumente/Presse_und_Aktuelles/Pressemitteilungen/2015/PM_FA_10_15_Der_gekaufte_Winter_19-4-2015_final__1_.pdf (Stand: 05.12.2017).

Newesely, C., Cernusca, A., (1999): Auswirkungen der künstlichen Beschneigung von Schipisten auf die Umwelt. In: Laufener Seminararbeitreihe, 1999, 6, 29-38.

Schmucki, E., Marty, C., Fierza, C., Lehning, M. (2015): Simulations of 21st century snow response to climate change in Switzerland from a set of RCMs. In: International Journal of Climatology, 35(11), 3262-3273.

Steiger, R. (2010): The impact of climate change on ski season length and snowmaking requirements. In: Climate Research, 43(3), 251–262.

Zemp, M., Paul, F., Hoelzle, M., Haeberli, W. (2008): Glacier fluctuations in the European Alps, 1850-2000: an overview and spatio-temporal analysis of available data. In: Orlove, B. (Hrsg.): Darkening Peaks: Glacier Retreat, Science, and Society. Berkeley, 152-167.