

BESCHNEIUNGSKLIMATOLOGIE

ENDBERICHT

Projektbericht des Instituts für Interdisziplinäre Gebirgsforschung, der
Österreichischen Akademie der Wissenschaften

MAG. LEA HARTL, PD DR. A. FISCHER
25.03.2015



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
1 Synthese	2
1.1 Kurzzusammenfassung	3
1.2 Synthese	6
1.2.1 Bisherige Änderung der Schneitage pro Saison	6
1.2.2 Andere makroskalige Rahmenbedingungen der Entwicklung des Skitou- rismus	12
1.2.3 Naturschnee	13
1.2.4 Synopsis: Wissen über Vergangenheit und Zukunft	15
1.3 Grundlagen	18
1.4 Die Studie	19
1.5 Literatur	19
2 Methoden	20
2.1 Einleitung	21
2.1.1 Ziel der Studie	21
2.1.2 Bisheriger Stand der Forschung: Technischer Schnee und Naturschnee im Klimawandel	23
2.1.3 Vorbemerkungen zu Wetter und Klima im Gebirge	27
2.2 Methode	31
2.2.1 Feuchttemperatur	31
2.2.2 Grenztemperatur	33
2.2.3 Schneileistung und Schneizeiten	35
2.2.4 Signifikanztest	45
2.2.5 Klimaszenarien und Abschätzung zukünftiger Beschneigungsmöglichkeiten	48
2.2.6 Naturschnee	60

2.2.7	Datensatz	63
2.3	Begriffe und Definitionen	65
2.3.1	Schneeproduktion	65
2.3.2	Zeitbegriffe	66
2.3.3	Statistik	66
2.4	Literatur	68
3	Ergebnisse Österreich	76
3.1	Feuerkogel (1618 m)	77
3.1.1	Naturschnee	77
3.1.2	Langzeitanalyse - Trends und Klima	80
3.1.3	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	85
3.1.4	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	98
3.2	Loferer Alm (1620 m)	101
3.2.1	Langzeitanalyse - Trends und Klima	101
3.2.2	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	106
3.2.3	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	119
3.3	Puchberg-Schneeberg (583 m)	122
3.3.1	Naturschnee	122
3.3.2	Langzeitanalyse - Trends und Klima	125
3.3.3	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	142
3.3.4	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	157
3.4	Galzig (2097 m)	160
3.4.1	Langzeitanalyse - Trends und Klima	160
3.4.2	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	165
3.4.3	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	178
3.5	Hahnenkamm - Ehrenbachhöhe (1794 m)	181
3.5.1	Langzeitanalyse - Trends und Klima	181
3.5.2	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	186
3.5.3	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	199
3.6	Warth (1478 m)	202
3.6.1	Langzeitanalyse - Trends und Klima	202
3.6.2	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	208
3.6.3	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	224
3.7	Ramsau (1207 m)	227
3.7.1	Naturschnee	227

3.7.2	Langzeitanalyse - Trends und Klima	230
3.7.3	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	235
3.7.4	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	247
3.8	Obertauern (1722 m)	250
3.8.1	Langzeitanalyse - Trends und Klima	250
3.8.2	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	256
3.8.3	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	272
3.9	Gmunden (424 m)	275
3.9.1	Naturschnee	275
3.9.2	Langzeitanalyse - Trends und Klima	278
3.9.3	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	296
3.9.4	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	311
3.10	Kitzbüchel (746 m)	314
3.10.1	Langzeitanalyse - Trends und Klima	314
3.10.2	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	330
3.10.3	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	341
3.11	Patscherkofel (2251 m)	344
3.11.1	Langzeitanalyse - Trends und Klima	344
3.11.2	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	361
3.11.3	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	373
3.12	Sonnblick (3109 m)	376
3.12.1	Langzeitanalyse - Trends und Klima	376
3.12.2	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	393
3.12.3	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	409
3.13	Zell am See (770 m)	412
3.13.1	Naturschnee	412
3.13.2	Langzeitanalyse - Trends und Klima	415
3.13.3	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	430
3.13.4	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	445
3.14	St. Jakob i. Def. (1383 m)	448
3.14.1	Naturschnee	448
3.14.2	Langzeitanalyse - Trends und Klima	451
3.14.3	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	469
3.14.4	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	481
3.15	St. Anton (1304 m)	484
3.15.1	Naturschnee	484

3.15.2	Langzeitanalyse - Trends und Klima	487
3.15.3	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	503
3.15.4	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	515
3.16	Villacher Alpe (2140 m)	518
3.16.1	Naturschnee	518
3.16.2	Langzeitanalyse - Trends und Klima	521
3.16.3	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	538
3.16.4	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	550
3.17	Obergurgl (1942 m)	553
3.17.1	Naturschnee	553
3.17.2	Langzeitanalyse - Trends und Klima	556
3.17.3	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	573
3.17.4	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	585
4	Ergebnisse Deutschland	588
4.1	Zugspitze (2964 m)	589
4.1.1	Naturschnee	589
4.1.2	Langzeitanalyse - Trends und Klima	592
4.1.3	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	607
4.1.4	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	628
4.2	Garmisch-Partenkirchen (719 m)	631
4.2.1	Naturschnee	631
4.2.2	Langzeitanalyse - Trends und Klima	634
4.2.3	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	649
4.2.4	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	668
4.3	Feldberg (1490 m)	671
4.3.1	Naturschnee	671
4.3.2	Langzeitanalyse - Trends und Klima	674
4.3.3	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	689
4.3.4	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	710
4.4	Freiburg (267 m)	713
4.4.1	Naturschnee	713
4.4.2	Langzeitanalyse - Trends und Klima	716
4.4.3	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	730
4.4.4	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	746
4.5	Braunlage (607 m)	749

4.5.1	Naturschnee	749
4.5.2	Langzeitanalyse - Trends und Klima	752
4.5.3	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	767
4.5.4	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	787
4.6	Oberstdorf (810 m)	790
4.6.1	Naturschnee	790
4.6.2	Langzeitanalyse - Trends und Klima	793
4.6.3	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	808
4.6.4	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	827
4.7	Fichtelberg (1213 m)	830
4.7.1	Naturschnee	830
4.7.2	Langzeitanalyse - Trends und Klima	833
4.7.3	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	848
4.7.4	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	869
4.8	Kahler Asten (839 m)	872
4.8.1	Naturschnee	872
4.8.2	Langzeitanalyse - Trends und Klima	875
4.8.3	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	890
4.8.4	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	910
4.9	Hohen Peissenberg (977 m)	913
4.9.1	Naturschnee	913
4.9.2	Langzeitanalyse - Trends und Klima	915
4.9.3	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	931
4.9.4	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	952
4.10	Wendelstein (1735 m)	955
4.10.1	Naturschnee	955
4.10.2	Langzeitanalyse - Trends und Klima	958
4.10.3	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	972
4.10.4	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	990
4.11	Großer Arber (1446 m)	993
4.11.1	Naturschnee	993
4.11.2	Langzeitanalyse - Trends und Klima	995
4.11.3	Kurzzeitanalyse - Schneizeiten	1002
4.11.4	Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung	1018

5 Wirtschaft

5.1	Demographische Entwicklungen werden eine bedeutende Rolle spielen	1023
5.2	Einkommensentwicklung - die Schere geht weit auseinander	1026
5.3	Transportkosten und politische Situation	1028
5.4	Die Entwicklung von Arbeits- und Freizeit – ein einheitlicher Trend bisher	1029
5.5	Der Industriestrompreis - eine besonders variable Größe	1030
5.6	Zusammenfassung	1031
5.7	Literatur	1033

Kapitel 1

Synthese

Projektbericht Beschneungsklimatologie Teil I: Synthese

1.1 Kurzzusammenfassung

Die Produktion von technischem Schnee ist eine Methode zur Sicherung des Skigebietsbetriebs. Der Einsatz von Beschneigungsanlagen hat zwei Gründe: Die Höhe der Naturschneedecke und die Dauer der Naturschneebedeckung zeigen eine hohe statistische Variabilität, welche durch den Einsatz von technischem Schnee zumindest teilweise ausgeglichen werden kann. Außerdem ist technischer Schnee mechanisch härter als Naturschnee und bietet daher Vorteile für die Pistenpräparierung.

Die zukünftige Entwicklung des Wintertourismus hängt von verschiedenen makroskaligen Faktoren ab. Neben mit dem Klimawandel zusammenhängenden Parametern wie Temperatur, Feuchtigkeit, Schneehöhe u.ä. spielen auch demographische, sozioökonomische und politische Entwicklungen eine Rolle, ebenso wie Verkehr, Energiekosten und Freizeitverhalten. Es ist nicht absehbar, welche dieser Faktoren in welchem zukünftigen Zeitraum für die wirtschaftliche Rentabilität einzelner Skigebiete die größte Rolle spielen werden.

Vergangene, gegenwärtige und zukünftige Bedingungen für die Schneeproduktion hängen unter anderem von den meteorologischen Bedingungen ab. Technischer Schnee kann erzeugt werden, wenn die Lufttemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit das Gefrieren von Wassertropfen in der Luft ermöglichen. Bei trockener Luft kann bei höheren Temperaturen beschneit werden, als bei feuchterer Luft, daher spielt neben der Lufttemperatur auch die Luftfeuchtigkeit eine wichtige Rolle für die Beschneigung. Aus diesen beiden Parametern kann die sogenannte Feuchttemperatur berechnet werden, eine Temperaturgröße, welche die Luftfeuchtigkeit mit einbezieht. Liegt die Feuchttemperatur unter -2°C , kann mit typischen Erzeugern technischer Schnee produziert werden.

Erkenntnisse über Änderungen der meteorologischen Rahmenbedingungen für die Schneeproduktion können also durch Analysen von Zeitreihen der Feuchttemperatur gewonnen werden. Da Beschneigung an einem bestimmten Ort und oft auch nur während weniger Stunden stattfindet, müssen dazu zeitlich hochaufgelöste Daten betrachtet werden. Wie aus dem Klimaprojekt HISTALP bekannt, ist das Jahresmittel der Temperatur im Alpenraum im 20. Jahrhundert um $1,2^{\circ}\text{C}$ gestiegen. Dieser Temperaturanstieg ist räumlich und im Jahresverlauf unterschiedlich stark ausgeprägt. Die Temperaturänderung ist also nicht überall und zu jeder Jahreszeit gleich.

Ziel des Projektes „Beschneungsklimatologie“ war die statistische Analyse vergangener Änderungen in den für die Beschneigung entscheidenden klimatischen Parametern. Dazu wurden an 11 Stationen des Deutschen Wetterdienstes und 17 Stationen der Österreichischen Zentralan-

stalt für Meteorologie und Geodynamik Mann-Kendall-Analysen von Zeitreihen der Feuchttemperatur, sowie der Beschneitage pro Saison und in einzelnen Monaten durchgeführt. Die durchschnittliche Anzahl der Schneitage pro Saison an den untersuchten Standorten liegt zwischen 200 Tagen (auf 3109 m Seehöhe) und 23 Tagen (auf 267 m Seehöhe). In den letzten 20 Jahren gab es an fast allen Stationen im Mittel weniger Schneitage als in den 20 Jahren davor. Die mittlere Anzahl der Schneitage im Dezember liegt zwischen 31 Tagen an der höchsten und 6 Tagen an der niedrigsten Station.

Um eine grobe Abschätzung möglicher zukünftiger Entwicklungen zu erlauben, wurde ermittelt wie sich die Beschneizeiten an den verschiedenen Standorten bei erhöhten Mitteltemperaturen, aber gleichem Witterungsverlauf verändern könnten. Hierzu wurde der mittlere Feuchttemperaturverlauf der letzten 20 Jahre (1994/95-2013/14) mit um 1°C bzw. 1,8°C erhöhter Lufttemperatur neu berechnet. Diese Werte entsprechen den Ergebnissen von Modellrechnungen für die Temperaturerhöhung des Temperaturmittels im Alpenraum bis 2030 bzw. bis 2050.

Wetterprognosen werden mit komplexen Modellen erstellt, die Änderungen des Zustands der Atmosphäre anhand physikalischer Gleichungen berechnen. Minimale Änderungen der Anfangsbedingungen können sehr starke Auswirkungen auf das Ergebnis der Berechnung haben (Schmetterlingseffekt), daher sind **Wetter**vorhersagen nur für einen Zeitraum von wenigen Tagen verlässlich. Die Berechnung zukünftiger **Klimazustände** ist auf diese Weise nicht möglich. Stattdessen werden an Hand von Annahmen zur Zusammensetzung der Atmosphäre mit vereinfachten Prozessen und in grober räumlicher Auflösung klimatische Entwicklungen für verschiedene Zukunftsszenarien modelliert. Man kann aus diesen räumlich und zeitlich grob aufgelösten Daten keine detaillierten stündlichen Vorhersagen auf der Skala Piste berechnen, sondern nur grobe statistische Aussagen machen und mögliche Schwankungsbreiten angeben. Die **Witterungsbedingungen** im Gebirge können sich auf kleinem Raum stark unterscheiden, daher sind die vorliegenden Ergebnisse streng genommen nur für den Messstandort gültig.

Bei einer Temperaturerhöhung von 1,8°C (siehe oben) nimmt die Wahrscheinlichkeit, dass zu einem bestimmten Zeitpunkt der Saison beschneit werden kann an allen Stationen ab. Die Abnahme der Schneitage im Dezember unter diesen Voraussetzungen liegt zwischen weniger als einem und maximal sieben Tagen. Geht man davon aus, dass drei Tage benötigt werden um eine Grundbeschneigung zu gewährleisten, ist an den meisten Stationen an denen heute in der Regel bereits vor Weihnachten beschneit werden kann auch bis 2050 im Mittel Beschneigung vor Weihnachten möglich. Wie bisher werden auch in Zukunft mit hoher Wahrscheinlichkeit auf Grund der natürlichen Variabilität immer wieder Winter mit wenig Naturschnee und schlechten Beschneibedingungen auftreten.

Das Projekt Beschneigungsklimatologie wurde am Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften im Rahmen des Collective Research

Programms der FFG als Auftragnehmer der Wirtschaftskammer Österreich, Fachverband Seilbahnen, durchgeführt. Dieses Programm dient der Schaffung wissenschaftlicher Grundlagen für Interessenverbände, die Ergebnisse dieses Programms müssen veröffentlicht werden.

1.2 Synthese

Ziel der vorliegenden Studie war

- die Untersuchung **vergängerer Änderungen** und der **Variabilität** der **Beschneigungsbedingungen** durch Analyse der an 11 deutschen und 17 österreichischen Wetterstation aufgezeichneten Langzeitreihen der Feuchttemperatur
- die **exemplarische statistische Analyse** langer Zeitreihen der **Schneehöhe** an 11 deutschen und 9 österreichischen Wetterstationen
- Entwicklung eines möglichen **zukünftigen Szenarios** für **Beschneigungsbedingungen** und Darstellung der Unsicherheiten der zukünftigen regionalen und lokalen Klimaentwicklung

Bisherige Aufzeichnungen wurden nach Länge der vorliegenden Daten, maximal bis 1930 zurück, analysiert. Die Abschätzung eines zukünftigen Szenarios der Beschneigungsbedingungen wurde auf den Zeitraum bis 2050 eingeschränkt, da auch die übrigen makroskaligen Faktoren zur Entwicklung des Skitourismus (Demographie, Energiekosten, Sozioökonomie, Verkehr, politische Stabilität, Freizeitverhalten) große Unsicherheiten aufweisen. Die Witterungsbedingungen im Gebirge können sich auf kleinem Raum stark unterscheiden, daher sind die vorliegenden Ergebnisse streng genommen nur für den Messstandort gültig.

1.2.1 Bisherige Änderung der Schneitage pro Saison

Die Anzahl der Schneitage pro Saison ist dadurch definiert, dass der Tagesmittelwert $\leq -2^{\circ}\text{C}$ Feuchttemperatur ist. Tabelle 1.2.1 zeigt die Anzahl der Schneitage für die Perioden 1974/75-1993/94 und 1994/95-2013/14 und deren Standardabweichung für alle untersuchten Stationen. Die analysierten Stationen liegen in Höhen zwischen 267 m und 3109 m, das Mittel der Höhe beträgt 1401 m. Die Anzahl der Schneitage pro Saison lag in der Periode 1974/75-1993/94 zwischen 22 und 200 Tagen (Mittelwert: 95 Tage). Die Standardabweichung lag zwischen 8 und 18 Tagen mit einem Mittel von 13 Tagen. In der Periode 1994/95-2013/14 wurden an den Stationen minimal 20 bis maximal 193 Schneitage/Saison verzeichnet, der Mittelwert sank um 9 Tage auf 86 Schneitage/Saison. Die mittlere Standardabweichung ist in der zweiten Periode liegt zwischen 6 und 29 Tagen mit einem Mittelwert von 16 Tagen. Die Standardabweichung ist also von der ersten auf die zweite Periode um 3 Tage angestiegen, wobei das Maximum mit +11 Tagen deutlich mehr angestiegen ist als das Minimum.

Die größten absoluten Änderungen der Schneitage/Saison traten über 1000 m auf. Der Mittelwert der Änderungen über 1000 m beträgt 3 Tage/Saison, wobei eine Station keine Änderung

der Schneitage und zwei Stationen eine Abnahme der Schneitage zeigten. Die mittlere Änderung der Schneitage/Saison über 1000 m beträgt 15 Tage. Die relative Änderung der Anzahl der Schneitage/Saison liegt zwischen -18% und +3% (Bezogen auf die mittlere Anzahl der Schneitage zwischen 1974/75 und 1993/94). Die Standardabweichung 1974/75-1993/94 beträgt zwischen 45% und 4%, wobei der Mittelwert für die Stationen unter 1000 m mit 29% deutlich höher ist als der Mittelwert für Stationen über 1000 m (10%).

Station	Höhe	Schneitage pro Saison				Differenz	
		1974/75-1993/94		1994/95-2013/14		Perioden	
		Tage	SA	Tage	SA	Tage	SA
Freiburg	267	22 ±	10	20 ±	10	-2	0
Gmunden	424	32 ±	12	33 ±	13	1	1
Puchberg-Schneeberg	583	46 ±	14	47 ±	16	1	2
Braunlage	607	54 ±	18	51 ±	21	-3	3
Garmisch-Partenkirchen	719	54 ±	14	52 ±	17	-2	3
Kitzbühel	746	61 ±	12	52 ±	18	-9	6
Zell am See	770	61 ±	12	55 ±	17	-6	5
Oberstdorf	810	59 ±	13	59 ±	17	0	4
Kahler Asten	839	64 ±	18	58 ±	20	-6	2
Hohen Peissenberg	977	57 ±	15	54 ±	17	-3	2
Ramsau am Dachstein	1207			71 ±	19		
Fichtelberg	1213	107 ±	14	94 ±	19	-13	5
St. Anton am Arlberg	1304	96 ±	14	79 ±	18	-17	4
St. Jakob in Defreggen	1383	113 ±	13	99 ±	12	-14	-1
Großer Arber	1446			101 ±	17		
Warth	1478			85 ±	15		
Feldberg	1490	96 ±	16	88 ±	15	-8	-1
Feuerkogel	1618	±		95 ±	14		
Loferer Alm	1620	±		92 ±	14		
Obertauern	1722	±		113 ±	17		
Wendelstein ¹	1735	125 ±	16	115 ±	13	-10	-3
Hahnenkamm Ehrenbachhöhe	1794			104 ±	13		
Obergurgl	1942	137 ±	13	124 ±	13	-13	0
Galzig	2079	±		127 ±	13		
Villacher Alpe	2140	152 ±	13	136 ±	12	-16	-1
Patscherkofel	2251	162 ±	11	140 ±	13	-22	2
Zugspitze	2964	197 ±	8	163 ±	29	-34	21
Sonnblick ²	3109	200 ±	10	193 ±	6	-7	-4
hline Mittel ³	1401	95 ±	13	86 ±	16	-9	3
Maximum ³	3109	200 ±	18	193 ±	29	-7	11
Minimum ³	267	22 ±	8	20 ±	6	-2	-2

Tabelle 1.1: Anzahl und Standardabweichung (SA) der Schneitage/Saison für zwei Perioden.

³Für die Berechnung von Mittel, Maximum und Minimum in den verschiedenen Perioden wurden nur Stationen herangezogen, für die es in beiden Perioden Werte gibt. Für die Höhe würden alle Werte herangezogen.

²Am Sonnblick gab es in den letzten 20 Jahren 7 Jahre die auf Grund zu großer Datenlücken nicht gewertet wurden.

¹Die Zeitreihe am Wendelstein endet 2012.

Station	Höhe	34/35-53/54		54/55-73/74		74/75-93/94		94/95-13/14	
		m	d	SA	d	SA	d	SA	d
Freiburg	267			2	± 2	2	± 3	1	± 2
Gmunden	424	2	± 2	2	± 2	3	± 3	2	± 2
Puchberg	583			5	± 3	5	± 5	4	± 3
Braunlage	607			5	± 3	5	± 5	4	± 3
Garmisch-Partenkirchen	719			5	± 3	6	± 5	5	± 4
Kitzbühel	746					6	± 5	5	± 4
Zell	770			5	± 4	6	± 5	4	± 4
Oberstdorf	810			7	± 4	7	± 5	6	± 5
Kahler Asten	839			7	± 5	6	± 5	5	± 4
Hoher Peissenberg	977			7	± 5	7	± 5	5	± 5
Ramsau	1207							7	± 5
Fichtelberg	1213			12	± 5	14	± 5	9	± 6
St. Anton	1304					12	± 4	8	± 6
St. Jakob	1383			13	± 4	18	± 4	12	± 6
Großer Arber	1446							11	± 6
Warth	1478							9	± 6
Feldberg	1490			12	± 5	12	± 4	10	± 6
Feuerkogel	1618							10	± 6
Loferer Alm	1620							10	± 6
Obertauern	1722							13	± 6
Wendelstein	1735					15	± 4	14	± 6
Hahnenkamm	1794							12	± 6
Obergurgl	1942			17	± 4	17	± 5	15	± 6
Galzig	2079							15	± 6
Villacher Alpe	2140			19	± 4	20	± 4	16	± 5
Patscherkofel	2251			18	± 4	22	± 4	17	± 6
Zugspitze	2964			29	± 1	29	± 2	23	± 5
Sonnblick	3109			30	± 1	29	± 9	27	± 12

Tabelle 1.2: Anzahl (d) und Standardabweichung (SA) der Schneitage im November.

Station	Höhe m	34/35-53/54		54/55-73/74		74/75-93/94		94/95-13/14	
		d	SA	d	SA	d	SA	d	SA
Freiburg	267			7 ± 6		5 ± 4		5 ± 4	
Gmunden	424	10 ± 6		11 ± 7		8 ± 5		9 ± 5	
Puchberg	583			14 ± 7		11 ± 5		12 ± 5	
Braunlage	607			14 ± 6		11 ± 5		12 ± 7	
Garmisch-Partenkirchen	719			15 ± 7		15 ± 5		14 ± 5	
Kitzbühel	746					16 ± 8		15 ± 5	
Zell	770			18 ± 6		17 ± 5		15 ± 5	
Oberstdorf	810			17 ± 6		15 ± 5		16 ± 5	
Kahler Asten	839			15 ± 6		13 ± 5		13 ± 6	
Hoher Peissenberg	977			14 ± 6		12 ± 5		12 ± 4	
Ramsau	1207					±		17 ± 5	
Fichtelberg	1213			22 ± 5		20 ± 5		20 ± 5	
St. Anton	1304					22 ± 5		20 ± 4	
St. Jakob	1383			25 ± 7		26 ± 7		25 ± 3	
Großer Arber	1446							20 ± 5	
Warth	1478							18 ± 4	
Feldberg	1490			19 ± 6		17 ± 4		17 ± 5	
Feuerkogel	1618							18 ± 5	
Loferer Alm	1620							18 ± 5	
Obertauern	1722							23 ± 5	
Wendelstein	1735					21 ± 4		22 ± 4	
Hahnenkamm	1794							19 ± 7	
Obergurgl	1942			27 ± 2		25 ± 4		26 ± 3	
Galzig	2079							23 ± 7	
Villacher Alpe	2140			28 ± 2		27 ± 3		26 ± 7	
Patscherkofel	2251			28 ± 3		28 ± 2		25 ± 5	
Zugspitze	2964			31 ± 0		30 ± 2		25 ± 6	
Sonnblick	3109			31 ± 0		31 ± 9		30 ± 14	

Tabelle 1.3: Anzahl (d) und Standardabweichung (SA) der Schneitage im Dezember.

Die Anzahl der Schneitage ist an allen Stationen im Dezember deutlich höher als im November (Tab. 1.2.1 und 1.2.1). Für die letzte Periode 1994/95-2013/15 ist im Mittel die Beschneigung an 10 Tagen im November möglich, minimal an einem Tag und maximal an 10 Tagen. Die Stan-

Standardabweichung beträgt im Mittel 5 Tage. Zwischen der Periode 54/55-73/74 und 74/75-93/94 nimmt die Anzahl der Schneitage im Mittel um einen Tag zu (zwischen 5 Tagen Zunahme und einem Tag Abnahme). Zwischen der Periode 74/75-93/94 und 94/95-13/14 nimmt die Anzahl der Schneitage im Mittel um drei Tag ab (zwischen einem und 6 Tagen Abnahme). Die größten absoluten Abnahmen findet man über 1000 m, unter 1000 m beträgt die mittlere Abnahme 0 Tage für 54/55-73/74 und 74/75-93/94 und einen Tag für 74/75-93/94 und 94/95-13/14.

Im Dezember ist die Beschneigung im Mittel an 18 Tagen möglich, minimal an 5 Tagen und maximal an 30 Tagen. Die mittlere Standardabweichung ist im Dezember gleich wie im November (5 Tage). Zwischen der Periode 54/55-73/74 und 74/75-93/94 nimmt die Anzahl der Schneitage im Mittel um 2 Tage ab (zwischen 1 Tag Zunahme und 4 Tagen Abnahme). Zwischen der Periode 74/75-93/94 und 94/95-13/14 nimmt die Anzahl der Schneitage im Mittel um einen Tag ab (zwischen ein Tag Zunahme und 3 Tagen Abnahme). Im Dezember betragen die Unterschiede in den Abnahmen zwischen den drei letzten Perioden bei Stationen über und unter 1000 m maximal einen Tag.

1.2.2 Andere makroskalige Rahmenbedingungen der Entwicklung des Skitourismus

Neben klimatischen Rahmenbedingungen, die sich sowohl auf die Nachfrage und die Betriebszeiten, aber auch auf die Kosten auswirken können, gibt es noch eine Reihe anderer Faktoren, die die Entwicklung des Skitourismus beeinflussen können. Dazu zählen die

- demographische Entwicklungen (Alterung und Bevölkerungsstruktur)
- sozioökonomische Entwicklung (Einkommensverteilung, Energiekosten)
- politische Stabilität im Ziel- und im Herkunftsland
- andere Faktoren wie Freizeit und Freizeitverhalten, Transportkosten, touristische Erreichbarkeit

Als Beispiele für nicht klimabedingte Faktoren, die den Skitourismus beeinflussen, sind anzuführen:

- die Abnahme der Personen unter 65 Jahren in Deutschland um 13,8 Millionen bis 2050
- die Einkommensabnahme der der Erwerbstätigen der unteren Einkommensklassen um fast 20% zwischen 1997 und 2012

- die Abnahme der Wochenarbeitszeit von 43,8 Stunden im Jahr 1970 auf 37,7 Stunden im Jahr 2013 in Deutschland, die seit dem Jahr 2000 wieder einen leichten Anstieg zeigt.
- und der Industriestrompreis, der seit 1980 Schwankungen um mehr als 250 % zeigt und seit dem Jahr 2000 stark angestiegen ist.

Siehe zu diesem Themenblock Teil 4 des vorliegenden Berichts (wirtschaftliche Aspekte).

1.2.3 Naturschnee

Vor allem zu Beginn der Saison ist häufig kaum ausreichend Naturschnee für den Skibetrieb vorhanden. Die Wahrscheinlichkeit, dass zu dieser Zeit beschneit werden kann, ist meist höher, als die Wahrscheinlichkeit für genug Naturschnee (Abb. 1.1).

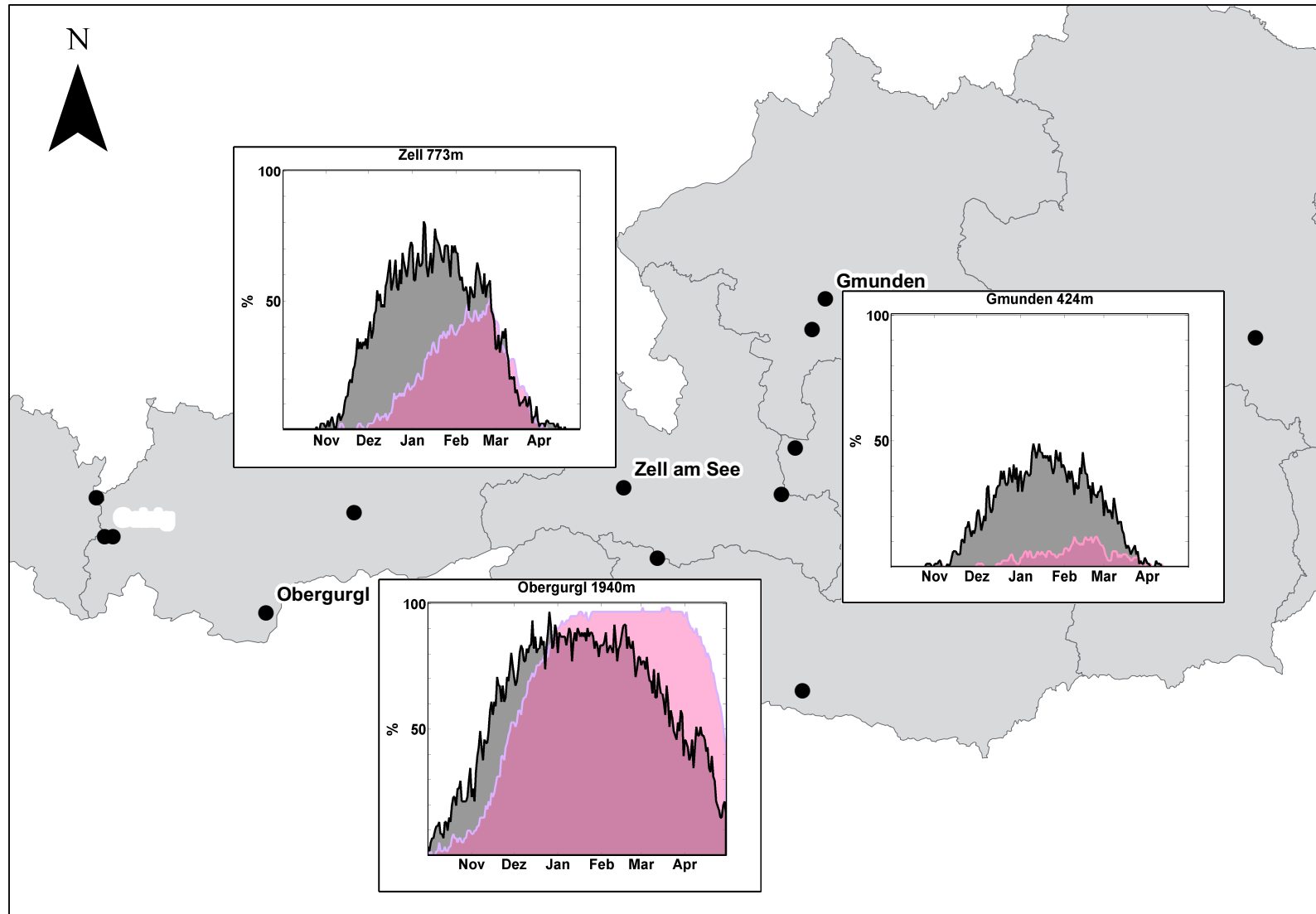


Abbildung 1.1: Lage der Österreichischen Stationen (Punkte). Exemplarisch ist für Gmunden, Zell am See und Obergurgl der mittlere Verlauf der Wahrscheinlichkeit für eine Naturschneedecke (rosa Fläche) von mehr als 30cm, sowie die Wahrscheinlichkeit für Beschneibedingungen (graue Fläche) über die Saison dargestellt.

1.2.4 Synopsis: Wissen über Vergangenheit und Zukunft

Um eine sehr grobe Aussage über die mögliche zukünftige Entwicklung der Beschneizeiten zu treffen, wurde auf Basis des mittleren saisonalen Verlaufs der Feuchttemperatur der Periode 1994/95-2013/14 ein neuer Verlauf erstellt, bei dem bei gleich bleibender Luftfeuchtigkeit und gleichem Wetter die Lufttemperatur um 1°C bzw. $1,8^{\circ}\text{C}$ angehoben wird. Diese Werte entsprechen Abschätzungen des OcCC-Consortiums (2007) für die Klimaänderung bis 2030 bzw. bis 2050 im Schweizer Alpenraum. So ergeben sich neue Verteilungskurven für die einzelnen Monate mit um die Temperaturerhöhung verschobenen Mittelwerten und entsprechend veränderte Beschneizeiten.

Es wird ausdrücklich darauf hin gewiesen, dass es sich hier nicht um eine exakte Prognose handelt, sondern lediglich um eine ungefähre Abschätzung möglicher Änderungen. Eine große Unsicherheit stellen die zukünftigen Häufigkeiten von Wetterlagen und die Häufigkeit und Höhe von Inversionen dar. Auf regionaler Basis kann man daher keine präzisen Aussagen über zukünftige Beschneizeiten machen. Alle Aussagen die getroffen werden können, haben eine große Bandbreite möglicher Abweichungen.

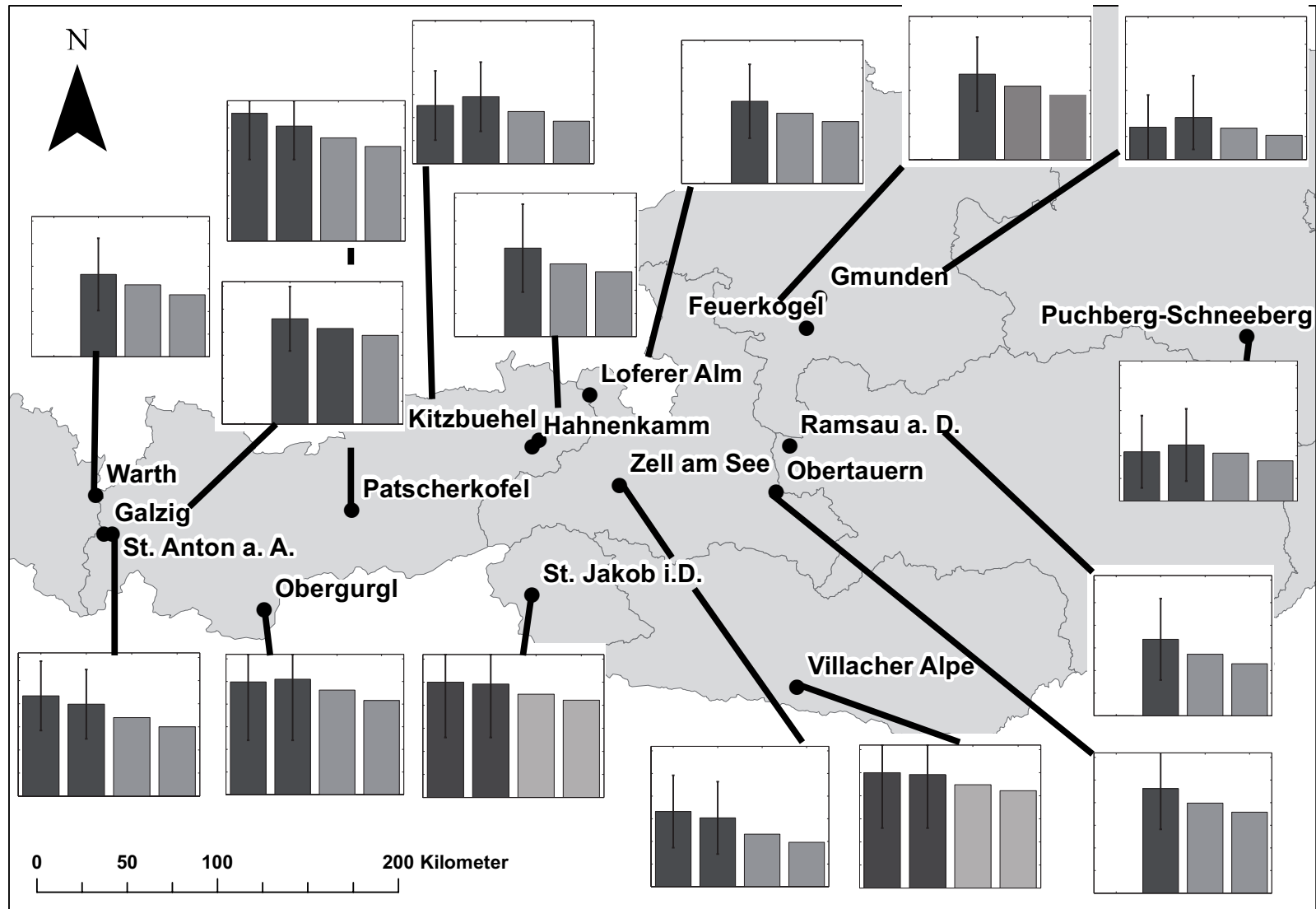


Abbildung 1.2: Anzahl der Schneitage im Dezember an den Österreichischen Stationen, jeweils Mittel der Periode 1974/75-1993/94 (wenn vorliegend, erster Balken), 1994/95-2013/14 (zweiter Balken), bei einer Erwärmung von $+1^{\circ}\text{C}$ bis 2030 (dritter Balken) und $+1,8^{\circ}\text{C}$ bis 2050 (vierter Balken). Für die vergangenen Perioden (dunkle Balken) ist als Maß für die natürliche Variabilität die Standardabweichung als Fehlerbalken dargestellt. Die Y-Achse verläuft von 0 bis 31 Tage.

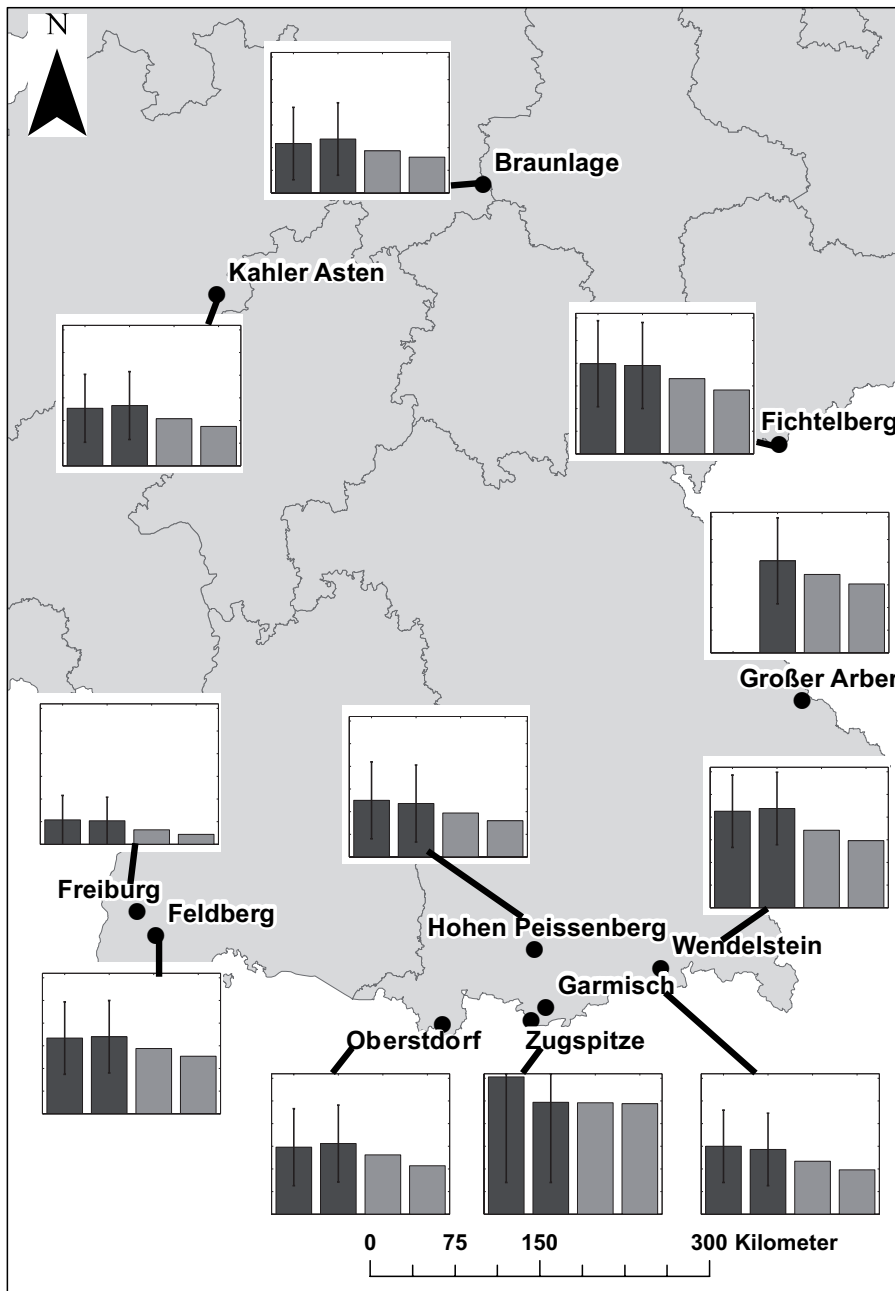


Abbildung 1.3: Anzahl der Schneitage im Dezember an den Deutschen Stationen, jeweils Mittel der Periode 1974/75-1993/94 (wenn vorliegend, erster Balken), 1994/95-2013/14 (zweiter Balken, am Wendelstein 1994/95-2011/12), bei einer Erwärmung von $+1^{\circ}\text{C}$ bis 2030 (dritter Balken) und $+1,8^{\circ}\text{C}$ bis 2050 (vierter Balken). Für die vergangenen Perioden (dunkle Balken) ist als Maß für die natürliche Variabilität die Standardabweichung als Fehlerbalken dargestellt. Die Y-Achse verläuft von 0 bis 31 Tage.

1.3 Grundlagen

Für die Kunstschneeproduktion ist neben der Lufttemperatur auch die Luftfeuchte entscheidend, da bei trockener Luft Sublimierungsprozesse die Schneileistung begünstigen, bzw. bei feuchter Luft die Schneileistung verringert wird. Dieser Effekt kann berücksichtigt werden in dem aus den gemessenen Parametern Lufttemperatur und Luftfeuchte die sog. Feuchttemperatur berechnet wird. Je geringer die Feuchttemperatur ist, desto effektiver kann beschneit werden.

Die Feuchttemperatur wurde für alle Stationen in der Auflösung ermittelt, in der Daten zur Verfügung standen, das heißt teils als Stundenwerte, teils als Tageswerte. Darauf beruhend wurde untersucht ob technische Beschneigung zum Zeitpunkt der Messung am Messstandort potentiell möglich gewesen wäre. Hierzu wurden Herstellerangaben von Propeller- und Lanzenerzeugern herangezogen, welche nahe legen, dass technische Beschneigung bei einer Feuchttemperatur von über -2°C nicht mehr möglich ist. Ein Tag mit einem Tagesmittelwert der Feuchttemperatur unter -2°C wird als „Beschneitag“ gewertet, eine Stunde analog als „Beschneistunde“.

Sofern die Zeitreihen der Wetterstationen entsprechend lang waren (mehr als 30 Jahre), wurden die Parameter Lufttemperatur, Luftfeuchte und Feuchttemperatur, sowie die Anzahl der Beschneitage pro Saison und pro Monat mit der Mann-Kendall Methode auf klimatologische Trends untersucht. Trends werden als statistisch signifikant gewertet, wenn das Trend-Rausch Verhältnis über 1,64 liegt. Das bedeutet, dass der beobachtete Trend mit einer Wahrscheinlichkeit von 10 % das Ergebnis zufälliger Schwankungen ist. Trends werden nur als klimatologisch aussagekräftig gewertet, wenn sie länger als 10 Jahre andauern.

Als grobe Abschätzung der möglichen zukünftigen Entwicklung der Beschneibedingungen an den einzelnen Standorten wurden die potentiellen Beschneitage pro Saison und Monat bei einer Erwärmung von $+1^{\circ}\text{C}$ (mögliche mittlere Erwärmung bis 2030) und $+1.8^{\circ}\text{C}$ (mögliche mittlere Erwärmung bis 2050) und im Mittel gleich bleibender Witterung und Luftfeuchte ermittelt. Die zukünftige Entwicklung der Luftfeuchtigkeit ist mit sehr großen Unsicherheiten behaftet und wurde daher nicht berücksichtigt, ebenso wenig wie mögliche Änderungen in der Häufigkeit bestimmter Wetterlagen und andere Faktoren.

1.4 Die Studie

Der vorliegende Bericht ist einer von drei Teilen der Studie „Erstellung einer Beschneigungs-klimatologie und Dissemination der Ergebnisse“. Diese Studie ist ein Update einer Studie für österreichische Stationen aus dem Jahr 2007 (Olefs et al., 2007a, 2007b, 2007c, 2010, Fischer et al., 2012). Diese wurde bis 2013/2014 fortgeführt, um Stationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) erweitert, sowie mit Daten und Analysen zu Naturschnee ergänzt. Zudem wurden zukünftige mittlere Beschneigungsszenarien aus der Erhöhung vergangener, hochaufgelöster Messwerte um die klimatischen Mittelwertsänderungen abgeschätzt. Das Projekt wurde vom Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung (IGF) der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und der Wirtschaftskammer Österreich (WKO), Fachverband Seilbahnen durchgeführt und von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft FFG im Rahmen des „Collective Research Programs“ (siehe <https://www.ffg.at/content/collective-research-weitere-informationen>), Projektnummer 845997, gefördert.

Kontakt: PD. Dr. Andrea Fischer Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung Österreichischen Akademie der Wissenschaften Technikerstrasse 21a 6020 Innsbruck Österreich
email: andrea.fischer@oeaw.ac.at

Mag. Lea Hartl Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung Österreichischen Akademie der Wissenschaften Technikerstrasse 21a 6020 Innsbruck Österreich
email: lea.hartl@oeaw.ac.at

1.5 Literatur

Olefs, M., Fischer, A., Lang, J., 2010. Boundary conditions for artificial snow production in the Austrian Alps, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 49, 1096-1113.

Fischer, A., Olefs, M., Abermann, J., 2011. Glaciers, snow and ski tourism in Austria's changing climate. *Annals of Glaciology* 52/58, 89-96.

Olefs, M., Fischer, A., Lang, J., 2007 a. Kurzfassung: Untersuchungen zur Beschneigungsklimatologie Österreich, Studie am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck.

Olefs, M., Fischer, A., Lang, J., 2007 b. Beschneigungsklimatologie: Teil I (Methodik und Datensatz), Studie am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck.

Olefs, M., Fischer, A., Lang, J., 2007 c. Beschneigungsklimatologie: Teil II (Analyse Stationen), Studie am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck.

Kapitel 2

Methoden

Projektbericht Beschneigungsklimatologie Teil II: Methoden

Der vorliegende Bericht ist einer von drei Teilen der Studie „Erstellung einer Beschneigungsklimatologie und Dissemination der Ergebnisse“. Diese Studie ist ein Update einer Studie für österreichische Stationen aus dem Jahr 2007. Diese wurde bis 2013/2014 fortgeführt, um Stationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) erweitert sowie mit Daten und Analysen zu Naturschnee ergänzt. Zudem wurden zukünftige mittlere Beschneigungsszenarien aus der Erhöhung vergangener hochaufgelöster Messwerte um die klimatischen Mittelwertsänderungen abgeschätzt. Das Projekt wurde vom Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung (IGF) der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und der Wirtschaftskammer Österreich (WKO), Fachverband Seilbahnen durchgeführt und von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft FFG im Rahmen des „Collective Research Programs“ (siehe <https://www.ffg.at/content/collective-research-weitere-informationen>), Projektnummer 845997, gefördert.

2.1 Einleitung

2.1.1 Ziel der Studie

Dauer und Höhe der Schneedecke sowie die Produktion von technischem Schnee gelten als Voraussetzung für den Wintertourismus. Die Entwicklung dieser Parameter im Zuge des Klimawandels wird zu den makroskopischen Faktoren gezählt, die die Entwicklung des zukünftigen Wintertourismus mitbestimmen (Scott und Lemieux, 2010). Für die Vergangenheit wurde im Alpenraum ein Temperaturanstieg seit Beginn der instrumentellen Messungen festgestellt (Auer et al., 2007, 2014). Seit den 1880er Jahren hat nach Auer (2014) das Jahresmittel der Lufttemperatur um insgesamt 2°C zugenommen. Die regionale Temperaturreihe Österreichs weist eine höhere Kurzfristvariabilität als die global gemittelte auf, und die Trends der saisonalen Mittel verliefen nicht immer gleich zu den Jahresmitteln. Laut APCC Bericht zeigt der Frühling den höchsten Erwärmungstrend, der Herbst eine schwächere Erwärmung, und der Winter einen „angedeutet aktuell rückläufigen“ Trend. Für die Produktion von Schnee ist nicht nur die Lufttemperatur ein limitierender Faktor, sondern muss auch die relative Luftfeuchte berücksichtigt werden (Olefs et al., 2010). Im meteorologischen Parameter Feuchttemperatur fließen sowohl die Trockentemperatur als auch die relative Feuchte ein. Eine erste Studie zur Änderung und Variabilität der Feuchttemperatur in den letzten Jahrzehnten an ausgewählten Stationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik wurde im Jahr 2007 durchgeführt (Olefs et al., 2007 a,b und c).

Ziel des vorliegenden Projektes war

- die Aktualisierung dieser klimatologischen Analyse für Österreich

- deren Ausweitung auf Stationen in deutschen Schigebieten
- die Erfassung von vergangenen Variabilitäten
- die Ergänzung ausgewählter Zeitreihen der Schneehöhe
- die Darstellung der Variabilitäten und Trends für die Vergangenheit
- die Darstellung der Bandbreite zukünftiger Klimazustände (global und regional)
- der Vergleich mit Klimazuständen der Zukunft bis 2050 soweit aufgrund der Skalenunterschiede möglich
- und die Darstellung der Auswirkungen des Klimawandels im Vergleich zu anderen makroskopischen Faktoren

Für das Projekt wurden aus den an den Stationen der Wetterdienste gemessenen Klimadaten (Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit) der vergangenen Jahrzehnte die Änderungen der potentiellen Beschneigungszeiten aus der Feuchtttemperatur berechnet und mit der Mann-Kendall Methode auf statistisch signifikante Trends untersucht. Dazu wurden Daten des Deutschen Wetterdienstes und der Österreichischen Zentralanstalt für Meteorologie ausgewertet, um in Anlehnung an die Studie von 2007 die Zeiten zu berechnen, in denen Beschneigung möglich ist. Die Studie von 2007 (Olefs et al, 2010, Fischer et al, 2011) wurde dabei aktualisiert und dieselbe Methode für weitere Stationen angewendet. Ergänzend wurde eine Statistik für die Schneehöhe an ausgewählten Stationen erstellt. Sowohl für Naturschnee als auch für die Beschneigungszeiten wurden die statistischen Eigenschaften (Bandbreiten, gegenläufige Trends) visualisiert und statistisch aufbereitet.

Es war nicht Projektziel,

die Beschneigungsbedingungen auf der Skala Schigebiet zu modellieren da die durch die Extrapolation der Stationsdaten auf die Skala Schigebiet auftretenden Bandbreiten des Mikroklimas größer wären (vgl. mikroklimatische Untersuchungen im Rahmen des MAB Projektes in Obergurgl, Patzelt, 1987) als die Effekte des Klimawandels.

Erstellung von Zukunftsprognosen des Klimas auf der Skala Schigebiet oder Wetterstation da der genaue Witterungsablauf der Zukunft weder großräumig noch kleinräumig aus Klimaszenarien berechenbar ist.

umfassende Wirtschaftlichkeitsanalysen zu erstellen da dafür umfassendere Datenerhebungen als im Projekt möglich nötig wären (tatsächliche Schneehöhen, Schneizeiten, Befahrungszahlen, Gästebefragungen, Kosten, Umsatz, Gewinn,...).

Das Hauptaugenmerk der vorliegenden Studie lag auf der Darstellung der Entwicklung der Vergangenheit und der in der Vergangenheit aufgetretenen Variabilitäten.

2.1.2 Bisheriger Stand der Forschung: Technischer Schnee und Naturschnee im Klimawandel

Die Parameter Dauer und Höhe der natürlichen Schneedecke sind sowohl regional unterschiedlich, als auch von Jahr zu Jahr sehr variabel. Die Höhe der Schneefallgrenze im Verlauf eines Niederschlagsereignisses ist nicht nur von der Lufttemperatur, sondern auch von verschiedenen anderen Faktoren wie der Menge des Niederschlags oder der Luftfeuchtigkeit abhängig (Steinacker, 1983). Die Reaktion des variablen und schwierig zu modellierenden Parameters Schneedecke auf Klimaänderungen wurde u.a. von Hantel et al. (2000) und Beniston et al. (2003) untersucht.

Für die Frage, wie lange auf einer Piste eine bestehende Schneedecke erhalten bleibt (ohne mechanischen Abtrag durch Schifahrer und Pistengeräte) sind sowohl die atmosphärischen Bedingungen als auch der Zustand der Schneedecke und des Bodens entscheidend. Der Abbau und die Umwandlung einer bestehenden Schneedecke werden in komplexen Modellen wie z.B. Snowpack (Bartelt and Lehning, 2002; Lehning et.al, 2002), SNTHERM (Jordan, 1991) oder CROCUS (Brun et al., 1989) beschrieben. Eine leicht verständliche Zusammenfassung der den Modellen zugrunde liegenden physikalischen Vorgänge findet man in Fauve et al. (2002).

Untersuchungen zur Schneedeckendauer wurden z.B. von Fliri (1990, 1992) und Wielke et al. (2004) durchgeführt. Fliri analysierte eine 96-jährige Zeitreihe (1895-1991) täglicher Beobachtung der Schnee- und Neuschneehöhe in Nord- und Osttirol. Die Ergebnisse sind in einem zweibändigen Grafikatlas enthalten (mit 5944 Grafiken und 163 Tabellen). Eines der wesentlichen Ergebnisse ist die grafische Darstellung von vier Parametern über diese 96 jährige Periode, unterteilt in einen Nordbereich, einen Zentralbereich und in Osttirol. Die vier Parameter sind:

- Dauer der Schneedecke größer als 1 cm
- Mittlere Schneehöhen an Tagen mit Schneedecke größer als 1 cm
- Summe der Schneedeckenzunahme
- Maximale jährliche Schneehöhe
- Jeweils für die Zeit von 1. Oktober bis 30. Juni des Folgejahres.

„Eine Veränderung des Niederschlags ist wegen der großen Streuung statistisch nicht nachweisbar“ (Fliri, 1992, Band I, S 159).

Wielke et al. verglich die Schneedeckendauer in der Schweiz und in Österreich und versuchte die Änderung der Schneedeckendauer mit der Temperaturschwankung zu koppeln. Die Methode wurde dabei von Hantel et al. (2000) entwickelt. Im Gegensatz zu der 96-jährigen Periode von Fliri behandelten sowohl Wielke et. al. als auch Hantel et. al. nur den vergleichsweise kurzen Zeitraum von 1961 bis 1990. Pro Grad Temperaturanstieg prognostiziert Wielke aufgrund einer rein statistischen Analyse für die Zukunft eine Verringerung der Schneedeckendauer um bis zu 4 Wochen im Winter und 5 Wochen im Frühjahr. Es bleibt abzuwarten, ob diese statistischen Zusammenhänge in einem geänderten Klima mit einer anderen Häufigkeitsverteilung von Wetterlagen gültig sind.

Reiter (1958) führte Untersuchungen zur Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Schneedecke für die Station Universität Innsbruck durch. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind auf den Ort der Datenerhebung und diesen Zeitraum bezogen und können nicht ohne weiteres verallgemeinert werden. Die Aufzeichnungen der letzten Jahrzehnte zeigen, dass sowohl die Gesamtschneehöhe als auch die Dauer der Schneedecke von Jahr zu Jahr stark variieren (Wielke et al, 2004; Scherrer et al, 2004). Es gibt immer wieder Jahre in denen viel-, und andere in denen wenig Schnee liegt. Im letzten Jahrzehnt waren der Winter 2006/2007 und der Winter 2011/2012 besonders bemerkenswert. Im Winter 2006/2007 lag besonders wenig Schnee am Alpennordrand, im Winter 2011/2012 wurden Rekordschneemengen verzeichnet. Grund dafür waren die speziellen Strömungsmuster der Luftmassen während des Winters.

Abegg et al (2007) kommen zu dem Ergebnis, dass bei einer Erwärmung um 2°C von 666 untersuchten Skigebieten in den Alpen nur 61% nach wie vor natürlich (d.h. ohne technische Beschneigung) schneesicher wären, wobei tiefe Lagen stärker betroffen sind. Die natürliche Schneesicherheit in Österreich wird schlechter eingestuft als in Frankreich oder Italien.

Breiling (2009) untersuchte für dem Raum Salzburg die Länge der Skisaison an verschiedenen Standorten, wobei als Kriterium für möglichen Skibetrieb eine Naturschneedecke von mindestens 30 cm oder eine Lufttemperatur von unter -2°C verwendet wurde. Die Studie kommt zu dem Schluss, dass sich bei einer Klimaerwärmung von 2°C die Saison an den untersuchten Standorten in tiefen Lagen auf ein kritisches Maß verkürzen wird, während die hohen Lagen nicht betroffen sind.

Kromp-Kolb und Formayer (2001) untersuchten in einer Studie im Auftrag des Amtes der Salzburger Landesregierung mögliche Auswirkungen von Klimaänderungen auf den Wintertourismus. Dies ist eine der wenigen Arbeiten, in denen die Auswirkung einer Klimaänderung auf die Beschneizeiten behandelt wird, allerdings nur unter Verwendung der Lufttemperatur ohne Berücksichtigung der Feuchte. Die Autoren beziehen sich in ihrer Untersuchung auf zwei Schwellenwerte, auf ein negatives Tagesminimum der Temperatur und in Anlehnung an Breiling (1999) auf Temperaturen unter -2°C . Um die Änderung der Beschneizeiten bei einer erhöh-

ten Temperatur zu simulieren, wurde zu den Tagesmittelwerten 1°C bzw. 2°C hinzugezählt und danach erneut die möglichen Beschneizeiten bestimmt. Die Berechnung lässt z.B. die Beschneizeiten für jedes Grad Temperaturerhöhung für Zell am See um 10% und für die Schmittenhöhe um 5% sinken. Sie bezeichnen ihre Vorgangsweise selbst als nicht sehr realitätsnahe.

In einer weiteren Arbeit untersuchten Formayer und Kromp-Kolb (2009) die möglichen Auswirkungen eines sich verändernden Klimas auf verschiedene Tourismusangebote in Oberösterreich. Sie erwarten, dass ein zunehmender Teil des Winterniederschlags als Regen fällt, was vor allem das Oberösterreichische Flachland betrifft. In den Gebirgsregionen des Bundeslandes erwarten sie vor Mitte des Jahrhunderts keine Abnahme der Schneehöhe, langfristig wird aber das Vorhandensein einer ausreichenden Naturschneedecke in den Mittelgebirgen immer unwahrscheinlicher.

Technischer Schnee entsteht durch das Gefrieren von Wassertropfen, die unter hohem Druck aus dem Schneerzeuger geschossen werden (Fauve et al., 2002). Zum Gefrieren muss den Tropfen genügend Wärme entzogen werden. Wasser gefriert ab 0°C , das Gefrieren des Tropfens in der Luft findet ab etwa -2°C Lufttemperatur statt. Dieser Grenzwert hängt aber nicht nur von der üblichen Lufttemperatur ab, sondern auch die Luftfeuchtigkeit spielt eine große Rolle: Die bei Verdunstung entstehende Kälte trägt zum Gefrieren der Tropfen bei. Die Verdunstungskälte verschiebt den Grenzwert für die Beschneigung um mehrere Grad Celsius (Olefs et al., 2010). Es ist daher wichtig, die Luftfeuchtigkeit bei Berechnungen zu berücksichtigen. Berücksichtigt man die Luftfeuchtigkeit nicht, macht man unter Umständen Fehler in der Größenordnung der für die nächsten Jahrzehnte üblicherweise angenommenen Temperaturerhöhungen im Alpenraum (Gobiet 2013).

Fischer et al (2011) stellen in einer Vorstudie zur vorliegenden Arbeit keinen einheitlichen Trend in den auf Basis der Feuchttemperatur berechneten Beschneizeiten fest (Grenzwert für technische Beschneigung -2°C Feuchttemperatur), betonen aber eine große Veränderlichkeit von Jahr zu Jahr. Sowohl die Bedingungen für die Beschneigung als auch die Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke steigen zu Beginn der Saison rasch an und fallen am Ende ebenso rasch wieder ab. Die Kernsaison zeigt an allen untersuchten Stationen eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke und eine große Anzahl an potentiellen Schneistunden (Olefs et al, 2007 a,b,c).

Rixen et al (2011) bestimmten mögliche Beschneitage an drei Schweizer Standorten auf Basis der Taupunkttemperatur, wobei ein Taupunkt von -4°C als Grenzwert für mögliche Beschneigung definiert wurde. Sie erwarten eine mögliche Abnahme von heute 6 Beschneitagen im November auf etwa 4 Beschneitage bis 2050 am Standort Scuol (im Dezember eine Abnahme von 16 auf 11 Tage) und kommen zu dem zusammenfassenden Ergebnis, dass technische Beschneigung auch in einem wärmeren Klima grundsätzlich möglich sein wird, wobei in tie-

fen Lagen diesbezüglich mit teils starken Einschränkungen und erhöhten Kosten zu rechnen ist. Sie betonen die Wichtigkeit mikroklimatischer Besonderheiten, die nur unzureichend modelliert werden können, für die Schneeproduktion aber von großer Bedeutung sind.

De Jong et al (2012) untersuchten im Rahmen des geplanten Ausbaus bzw. Neubaus der vergleichsweise niedrig gelegenen Skianlagen Wurmberg und Winterberg (Niedersachsen/Sachsen, Deutschland) die klimatischen Bedingungen im Harz im Hinblick auf die Möglichkeiten zur Schneeproduktion. Sie weisen darauf hin, dass die Luftfeuchtigkeit in diesem Gebiet höher ist als in den Alpen, so dass für die technische Beschneigung eine Lufttemperatur von höchstens -5°C vorherrschen sollte. Angesichts dessen und im Hinblick auf die zu erwartenden Klimaänderungen geht de Jong davon aus, dass weder auf dem Wurmberg noch auf dem Winterberg in Zukunft „von Anfang bis Ende der Skisaison mit Sicherheit“ beschneit werden kann.

Steiger (2010, 2011, 2012) arbeitet mit einem Modell, das an Wetterstationen gemessene Daten auf eine größere Fläche und über verschiedene Höhenstufen interpoliert. Anhand der Ergebnisse eines regionalen Klimamodells werden mögliche zukünftige Klimabedingungen erstellt. Das Modell berücksichtigt Schneeschmelze (Naturschnee und technischer Schnee), wobei ein Grenzwert von -5°C Lufttemperatur für die technische Beschneigung definiert wird. Aus diesen Faktoren wird die Saisonlänge zu verschiedenen Zeitpunkten in der Zukunft berechnet. Es wird davon ausgegangen, dass Skigebiete in tiefen Lagen bei Eintreten eines emissionsintensiven Szenarios schon 2050 teilweise unrentabel werden und auch höhere Gebiete bis 2080 deutliche Einbrüche in der Saisonlänge erwarten müssen. Rentabilität wird über die sog. 100 Tage Regel definiert (in 70% der Winter können bestehende Liftanlagen mindestens 100 Tage lang genutzt werden). In einer vom Deutschen Alpenverein in Auftrag gegebenen Studie kommt Steiger (2013) zu dem Ergebnis, dass künstliche Beschneigung in bayerischen Skigebieten kurzfristig für das Skifahren negative Klimafolgen ausgleichen kann, jedoch keine langfristige Lösung bietet.

Pütz et al (2011) untersuchten nicht die Möglichkeiten der technischen Beschneigung an sich, sondern die Akzeptanz der Beschneigung bei den Skifahrern, welche in den letzten Jahren gestiegen ist.

Berghammer und Schmude (2014) definieren den Parameter „Optimal Ski Day“ (OSD) und betrachten die zeitliche Verteilung der OSD im Saisonverlauf sowie mögliche zukünftige Veränderungen. Ein OSD ist ein windarmer, sonniger Tag, an dem auf den Pisten mindestens 30cm Schnee (Naturschnee oder technischer schnee) liegen und auch die Umgebung zwecks der angenehmeren Optik verschneit ist (Schneehöhe $<0\text{cm}$). Die gefühlte Temperatur (abhängig u.a. von der Sonnenscheindauer) liegt an einem OSD zwischen -5°C und $+5^{\circ}\text{C}$ und das Skigebiet ist ohne Einschränkung in Betrieb. OSDs fallen auf Wochenenden und Feiertage. Die Autoren kommen zu dem Ergebnisse, dass OSDs, also jene Tage die theoretisch am besten zum Skifahren geeignet und wirtschaftlich am wichtigsten sind, zunehmend später in der Saison auftreten und

allgemein abnehmen. Das bedeutet, dass an weniger Tagen, die später in der Saison liegen, mehr erwirtschaftet werden muss um das aktuelle Niveau zu halten.

Der APCC Report 2014 geht in Band 2 Kapitel 6 unter anderem auf die Auswirkungen des Klimawandels auf den Schnee-basierten Wintersport ein, mit dem Hinweis, dass ein direkter Zusammenhang zwischen Schneebedingungen und Übernachtungen nachgewiesen werden kann (Falk 2010, Töglhofer et al 2011) und somit wirtschaftliche Relevanz besteht. Während im Osten Österreichs früher mit negativen Folgen des Klimawandels zu rechnen ist, ist der gesamtwirtschaftliche Schaden im Westen auf Grund der größeren Bedeutung des Skitourismus für die regionale Wirtschaft höher (Breiling et al 1997). Pretenthaler et al (2009) stellen fest, dass sich die klimatischen Rahmenbedingungen für die Kunstschneeproduktion in Österreich regional auch bei gleicher Seehöhe stark unterscheiden können. Formayer et al (2009) stellten beispielsweise für die Region Schladming fest, dass die sensibelsten Bereiche der Skigebiete nicht unbedingt die niedrigsten sind, einerseits auf Grund von häufig auftretenden Inversionen, andererseits wegen der für den Skibetrieb vergleichsweise geringen Bedeutung der Talabfahrten. Steiger und Abegg (Steiger 2011a, 2011b, Abegg 2011, Steiger und Abegg 2013) zeigen eine regional unterschiedliche Sensitivität der Skigebiete auf klimatische Veränderungen. Sie erwarten jedoch, dass bei 2 Grad Erwärmung im Durchschnitt in Österreich um 113% mehr Kunstschnee produziert werden müsste, bei einer Erwärmung von 4 Grad sogar um 425% mehr (Steiger und Abegg 2011). Steiger und Stötter (2013) stellen fest, dass die Sensitivität von Skigebieten auch innerhalb Tirols schwankt. Formayer et al (2011) erwarten, dass Klimawandelfolgen bis 2025 durch künstliche Beschneigung ausgeglichen werden können. Ab 2025 ist damit zu rechnen, dass Klima-bedingte Betriebsausfälle nur durch höhere Beschneiintensitäten oder neue Technologien dauerhaft verhindert werden können.

2.1.3 Vorbemerkungen zu Wetter und Klima im Gebirge

Wie schon die Höhe der Dauersiedlungen, die Baumgrenzen und die Höhenlagen der Gletscher zeigen, gibt es große regionale Unterschiede des Klimas innerhalb der Alpen (Abermann et al., 2011). Am Südrand und Nordrand der Alpen fallen bei entsprechenden Anströmungsrichtungen in kurzer Zeit große Niederschlags- bzw. Schneemengen. Zentralalpin sind die Niederschlagsmengen oft geringer. Die Gletscher können daher am Alpennordrand in niedrigeren Höhen existieren als am Alpenhauptkamm (Beispiele für Gletscher in den Nordstaulagen sind z.B. der Schwarzmilzferner oder der Hallstätter Gletscher). Die höchsten Bauernhöfe im Ötztal liegen auf etwa 2000 m, also mehr als 500 m höher als die höchsten Höfe im Bereich Kitzbühel oder im Salzburger Pongau.

Seit etwa 1770 gibt es instrumentelle Aufzeichnungen über das Klima des Alpenraumes

(www.zamg.ac.at/HISTALP/; Auer et al, 2007). Da sich in dieser Zeit auch die Messgeräte geändert haben, müssen diese Aufzeichnungen homogenisiert werden (Böhm et al, 2001). Es gibt in Österreich eine Reihe von Messstationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik sowie der Hydrographischen Dienste der Länder, die standardisiert und streng qualitätskontrolliert werden. Da die großräumigen Luftströmungen durch das Gebirge modifiziert werden (Whiteman, 2000; Liljequist und Cehak, 1984), können auch benachbarte Stationen oft recht unterschiedliche Werte messen. Effekte wie Stauniederschläge (besonders hohe Niederschläge durch das erzwungene Anheben der Luftmassen am Gebirge) oder Inversionen (Temperaturen im Tal kälter als am Berg) prägen die Witterung und auch das Klima im Gebirge. Diese Effekte sind oft sehr kleinräumig, und es ist schon kaum möglich sie in hoch aufgelösten Wettermodellen wiederzugeben, geschweige denn in Klimamodellen, die oft über schlechte räumliche Auflösung verfügen um die Rechenzeiten klein zu halten.

Der Parameter Temperatur ist in Messung und Modellierung sicherer zu bestimmen, bei Niederschlag und Luftfeuchte gibt es im Vergleich zur Temperatur größere Unsicherheiten.

Für die Beschneidung sind besonders wichtig:

- lokale Windsysteme
- die Schichtung der Atmosphäre innerhalb des Tales
- die Einstrahlungs- und Ausstrahlungsbedingungen

1. Typische lokale Windsysteme sind Taleinwind und der Talauswind. Sie entstehen dadurch, dass die Sonnenstrahlung in der Talatmosphäre anders, nämlich wirksamer, umgesetzt wird als in der Atmosphäre über der Ebene. Dies führt zu einer stärkeren Erwärmung im Tal untertags und damit zu einem Wind taleinwärts. Bei Nacht ist die Ausstrahlung, das heißt die Abkühlung der bodennahen Luft im Tal, stärker und die Luft strömt aus dem Tal in die Ebene hinaus. Dieser Effekt der verschiedenen Aufheizung tritt z.B. im Inntal an nahezu der Hälfte aller Schönwettertage auf und ist am stärksten im August und September zu beobachten.

Im Winter sind diese lokalen Windsysteme, auch thermische Windsysteme genannt, wegen einer Häufung von Inversionslagen viel seltener zu beobachten.

2. Bei Inversionslagen tritt innerhalb der Talatmosphäre eine Temperaturumkehr auf: kalte Luft befindet sich in Bodennähe und wird von wärmerer Luft überlagert (Vergeiner, et al. 1978; Nickus und Vergeiner, 1984). Diese Inversionen können Schichten mit einer Dicke von hunderten von Metern erfassen.

In Abbildung Abb. 2.1 werden vier an Wintertagen in Klagenfurt gemessene Temperaturprofile im Klagenfurter Becken gezeigt (Vergeiner und Dreiseitl, 1982). Strichliert ist in der Abbildung der für eine durchmischte Atmosphäre typische Temperaturgradient von $-1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ dargestellt.

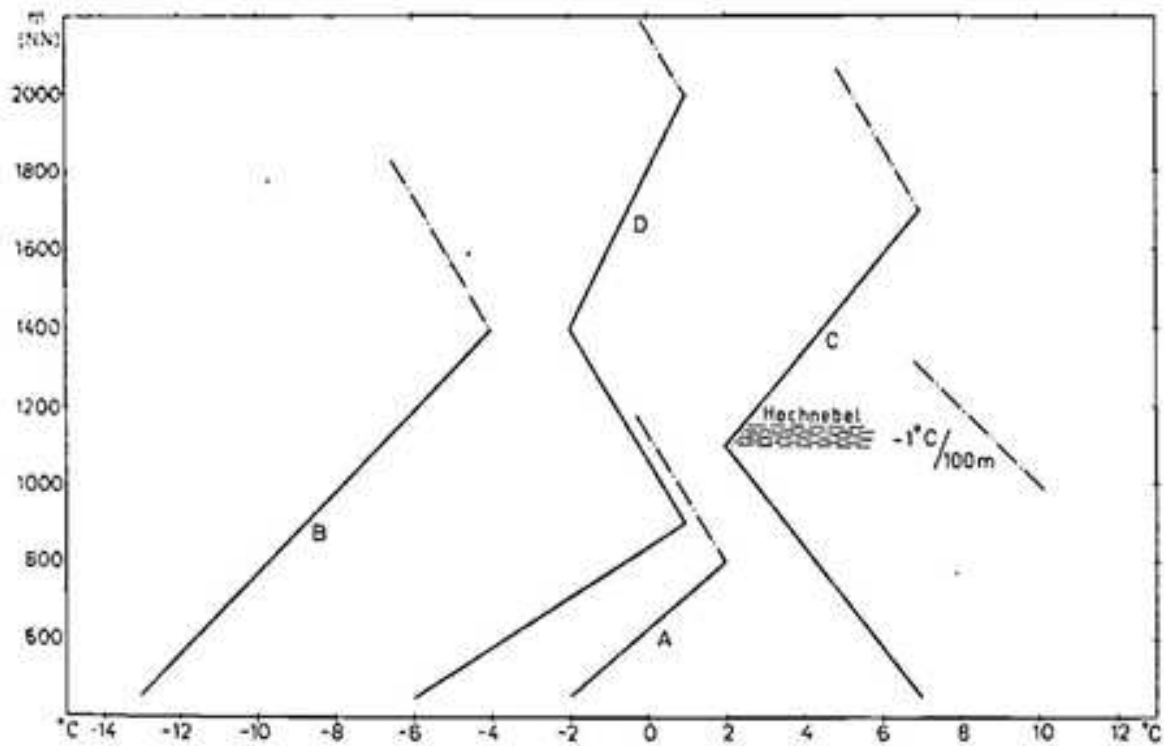


Abbildung 2.1: Vertikale Temperaturprofile an Wintertagen im Klagenfurter Becken.

Aus dem obigen ergibt sich zwingend, dass im Winter der Temperaturunterschied zwischen Tal- und Bergstationen nicht nur umgekehrt, sondern auch besonders groß sein kann.

Im Sommer erwärmt die Sonneneinstrahlung die Talatmosphäre tagsüber relativ zur Ebene stärker. Im Winter ergibt sich auf Grund der langen Nacht ein umgekehrter Effekt und die Talatmosphäre kühlt nachts durch langwellige Ausstrahlung relativ zur Ebene stärker ab. Da diese kältere Luft in Bodennähe schwerer ist als warme Luft, widersetzt sie sich dem vertikalen Austausch und bleibt oft tage-, oder sogar wochenlang in den Niederungen liegen. Selbst turbulente Winde wie der Föhn sind bisweilen nicht in der Lage solche Inversionen aufzulösen.

3. Für den Strahlungshaushalt der Schneedecke ist unter anderem auch die Bewölkung ein wichtiger Parameter, der ebenfalls nur schwer aus Modellierungen genau berechnet werden kann.

Ohne detaillierte Eichungen sind verallgemeinernde Extrapolationen von einem Ort zum andern auch in kleinräumigem, regionalem Maßstab mit großen Unsicherheiten behaftet und in extremen Situationen sogar unmöglich. Deshalb wurde darauf verzichtet für Regionen im Ausmaß von einigen Kilometern mittlere Verhältnisse zu berechnen. Diese Studie wurde mit Daten von im österreichischen Alpenraum verteilten Messstationen erstellt und gilt streng genommen nur für die jeweilige Station. Deutliche Abweichungen von den Werten einer bestimmten Station sind selbst im Nahbereich möglich und häufig, siehe Abb. 2.2. Sie sind stark abhängig von unterschiedlichen Faktoren wie Mikroklima (Hang- und Talwinde) und Topographie (Hangneigung, Exposition, Höhenlage, Tallagen). Aus diesem Grund können etwa in einem benachbarten, schattigen Hang gute Beschneiverhältnisse herrschen, während an der Station selbst die Feuchttemperatur bereits jenseits des Grenzwertes zur künstlichen Beschneigung liegt, oder auch umgekehrt.

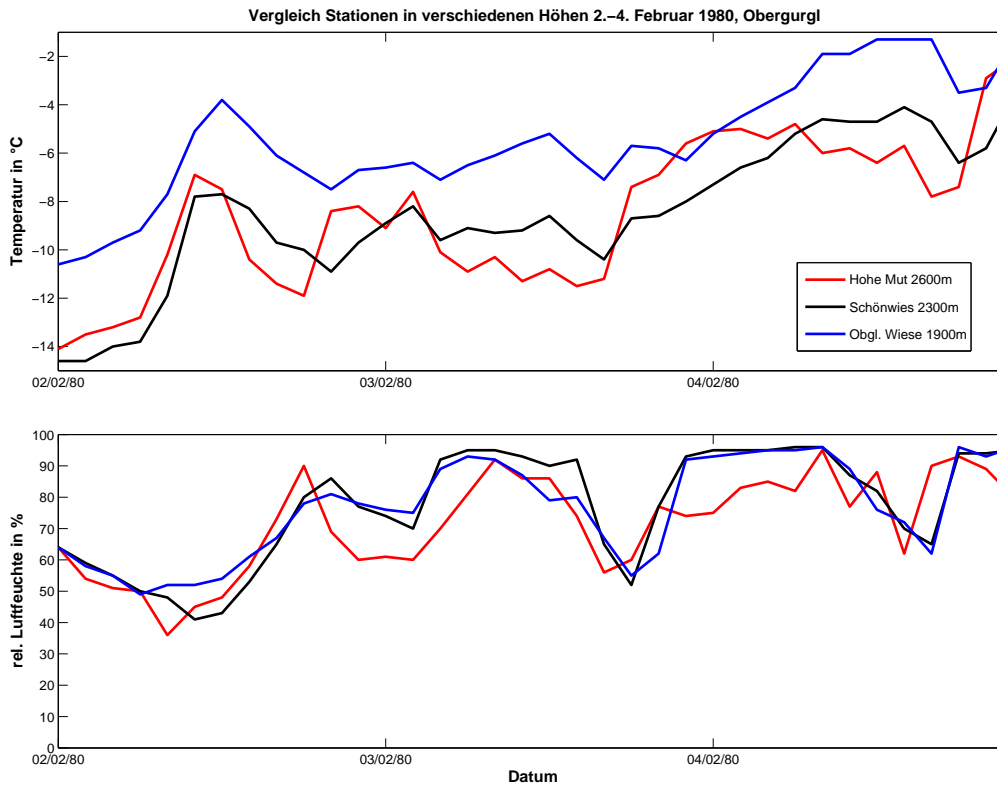


Abbildung 2.2: Verlauf von Lufttemperatur und -feuchte an drei Stationen nahe Obergurgl über 3 Februartage. Es wird deutlich, dass die Seehöhe der Stationen nicht allein für den Verlauf der Parameter verantwortlich ist, so steigt zum Beispiel die Temperatur der höchsten Station (Hohe Mut, 2600m) bisweilen über die Temperatur der mittleren Station (Schönwies, 2300m) und erreicht einmal sogar das gleiche Niveau wie an der tiefsten Station (Obergurgl Wiese, 1900m) Daten aus Patzelt 1987.

2.2 Methode

2.2.1 Feuchttemperatur

Die Feuchttemperatur wird in der Meteorologie gemessen um Feuchtigkeitsgrößen zu bestimmen. Neben einem normalen Thermometer werden Wetterstationen mit einem sogenannten Feuchtthermometer ausgestattet, einem Thermometer das in ein nasses Stück Stoff gewickelt ist. Das im Stoff enthaltene Wasser verdunstet umso mehr, je trockener die Luft ist. Der Verdunstungsprozess benötigt Energie, welche der Umgebung entzogen wird. Das führt zu einer

Abkühlung, so dass die Temperatur am Feuchttthermometer bei nicht gesättigter Luft unter jener am Trockenthermometer liegt. Aus dem Unterschied lässt sich unter anderem die relative Luftfeuchtigkeit bestimmen.

Umgekehrt kann aus der relativen Luftfeuchtigkeit und der Lufttemperatur die Feuchttemperatur mit Hilfe der sogenannten Psychrometerformel berechnet werden. Es handelt sich dabei um ein iteratives Verfahren, das darauf beruht, dass die Feuchttemperatur definitionsgemäß immer zwischen dem Taupunkt und der Lufttemperatur liegt. Lediglich bei Sättigung (100% relative Luftfeuchtigkeit) sind alle drei Werte gleich groß.

Bei der Schneeproduktion kann ein Teil des Wassers (Schnees) verdunsten (sublimieren), wodurch der Umgebung Energie entzogen wird und die Temperatur sinkt, was für die Beschneigung förderlich ist. Je trockener die Luft bei einer gegebenen Lufttemperatur ist, desto höher ist die mögliche Schneileistung. Um diesen Effekt zu berücksichtigen wird in dieser Studie die Feuchttemperatur herangezogen.

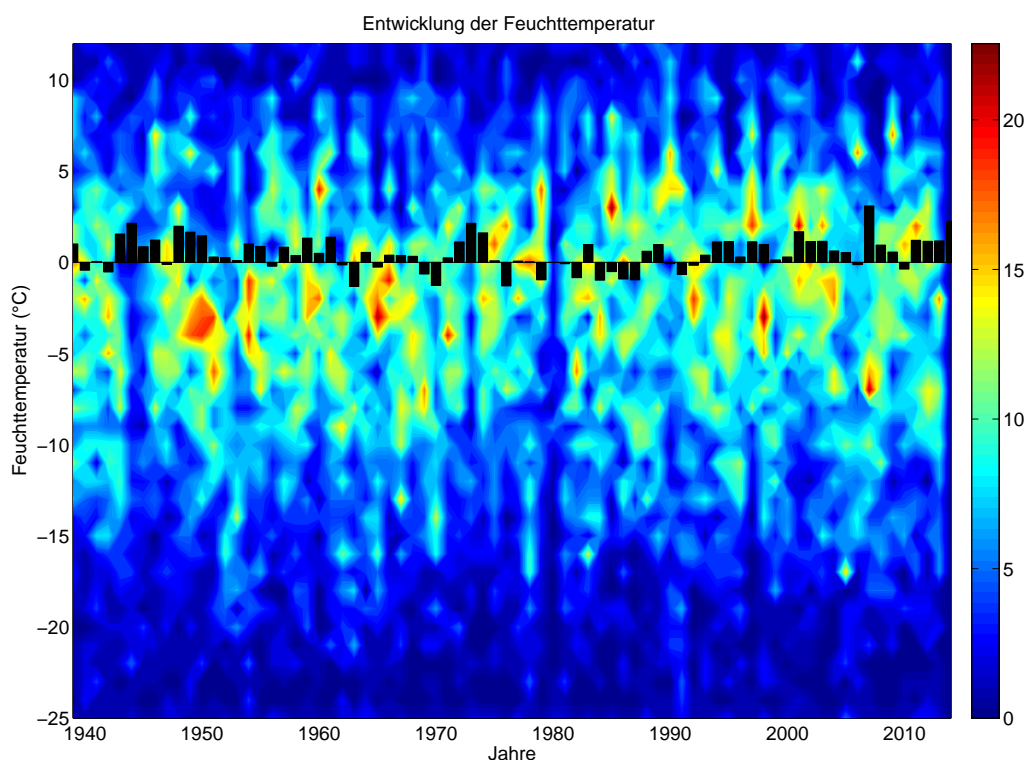


Abbildung 2.3: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1938-2014, St. Jakob i. Def.

Farbkodierte Darstellung der Feuchttemperatur in 1°C Klassen, beispielhaft für St. Jakob, 1938 bis 2014, jeweils von Oktober bis März. Für jede Saison (X-Achse) kann die Anzahl der Tage (Farbskala) mit einem bestimmten Wert der Feuchttemperatur (Y-Achse links, $^{\circ}\text{Celsius}$) abgelesen werden. Man erkennt, dass an den meisten Tagen der Saison Feuchttemperaturtagesmittel zwischen etwa 5°C und etwa -7°C erreicht werden (grün-gelb-orange Farben), während warme und kalte Extremwerte nur an wenigen Tagen auftreten (dunkelblau).

2.2.2 Grenztemperatur

Als Grenzwert der Feuchttemperatur für die künstliche Beschneigung dienen die Herstellerangaben der Firmen Interfab, Lenko, Sufag und TechnoAlpin. Aus diesen Daten geht eine derzeitige maximale Obergrenze der Feuchttemperatur für technische Beschneigung ohne Verwendung von Zusätzen (z.B. „Snowmax“) von $-1,5^{\circ}\text{C}$ hervor. Für diese Studie wurde ein Wert von $\leq -2^{\circ}\text{C}$ Feuchttemperatur als Grenzwert festgelegt um bezüglich des Mittelwertproblems und anderen Faktoren wie etwa der Wassertemperatur Rechnung zu tragen.

Auf Basis dieser Grenztemperatur werden Tage mit einem Tagesmittelwert der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ als „Beschneitage“ definiert, Stunden mit Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ analog als Beschneistunden. Mit diesen Daten wurden unterschiedliche Grafiken erstellt, die unter anderem die Wahrscheinlichkeit von Beschneibedingungen zu bestimmten Zeiten der Saison darstellen, siehe hierzu Abb. 2.4 und Abb. 2.5 . Abb. 2.4 wurde zur Veranschaulichung aus der Vorstudie (Olefs et al 2007b) übernommen. Wir weisen darauf hin, dass die entsprechenden Abbildungen im Ergebnisteil teils unterschiedliche Y-Skalen haben, da bei Standorten mit geringen Wahrscheinlichkeiten darauf verzichtet wurde, die Skala bis auf 100% auszudehnen um Details besser sichtbar zu machen.

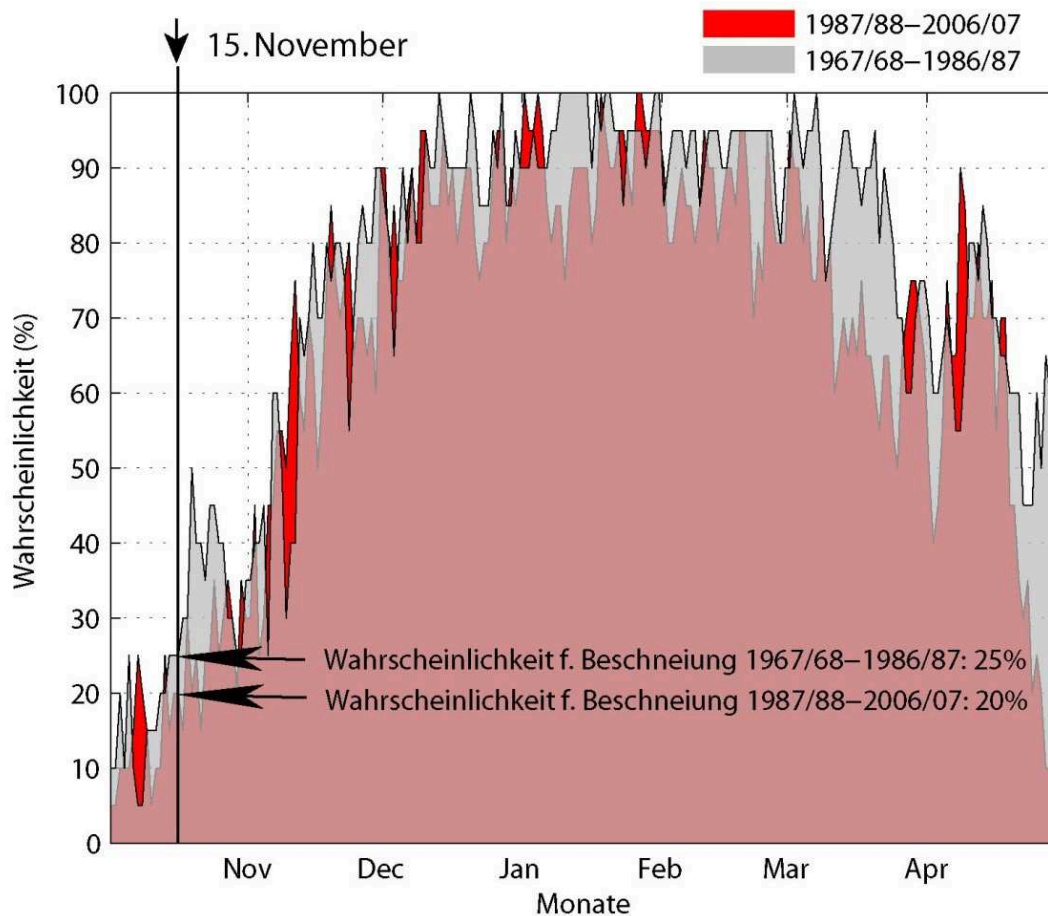


Abbildung 2.4: Beispielgrafik zur Beschneiwahrscheinlichkeit, übernommen aus Olefs et al 2007b. Für jeden Tag der Saison wird untersucht, in wie vielen Saisons an diesem speziellen Tag das Tagesmittel der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ lag. In der Periode 1967-1987 war dies am 15. November an 25% der Tage der Fall, in der Periode 1987-2007 an 20% der Tage. Hinweis: Bei Stationen mit geringen Wahrscheinlichkeiten geht die Y-Achse nicht bis 100% um Details besser sichtbar zu machen.

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), Feuerkogel 1618m

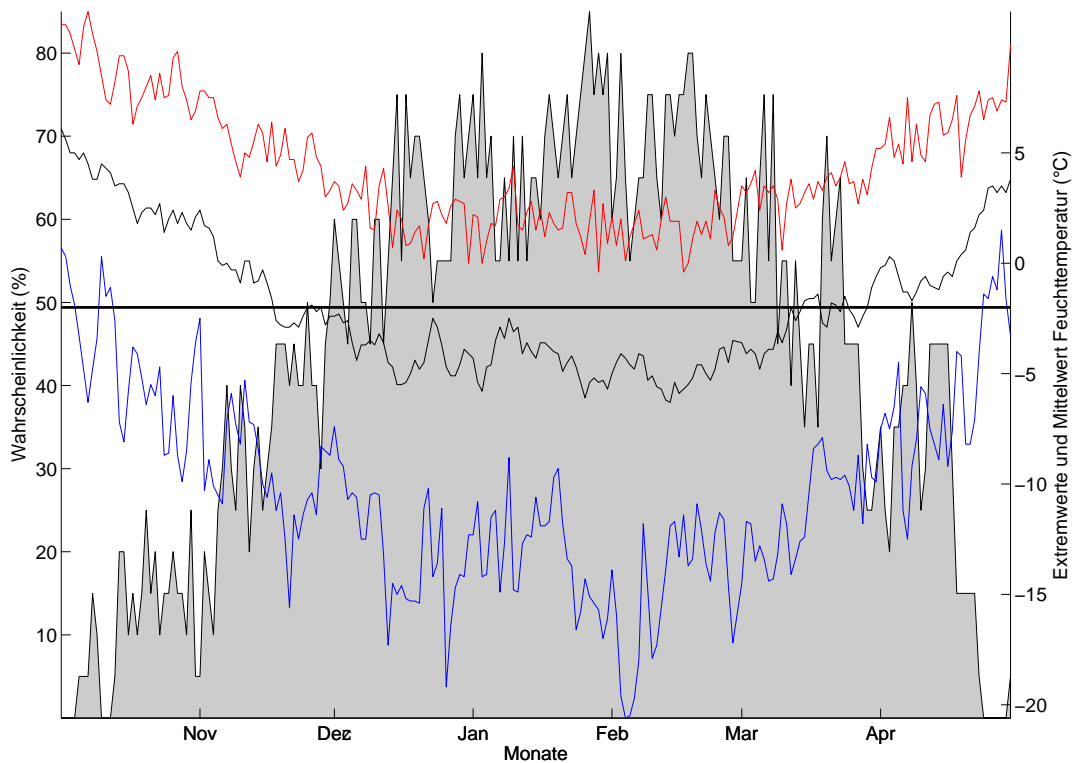


Abbildung 2.5: Beispielgrafik zur Beschneiwahrscheinlichkeit: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Feuerkogel, für alle Tage d. Saison (1.10. - 30.4.) auf Basis der Daten von 1987-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte, sowie der Mittelwert angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

2.2.3 Schneileistung und Schneizeiten

Für die Berechnung der Schneileistung wurden Wasserdurchsatzdaten der oben genannten Hersteller in Abhängigkeit der Feuchttemperatur analysiert. Von jedem Hersteller wurde eine derartige Beziehung für das jeweils meist verkaufte Lanzen- und Propellergerät erstellt um daraus eine mittlere Beziehung anhand einer linearen Regression zu ermitteln. Somit erhält man eine für Österreich repräsentative Beziehung zwischen Schneileistung und Feuchttemperatur für einen Lanzenerzeuger und einen Propellererzeuger. Damit bei der Herleitung dieser Beziehung die

Vergleichbarkeit gewährleistet ist, gelten alle folgenden Umrechnungen unter der Annahme von:

- Wasserdruck = 25 bar
- Wassertemperatur $< -2^{\circ}\text{C}$
- Schneedichte $400 \text{ kg/m}^3 (\pm 10\%)$

Die maximale Schneileistung ist durch den maximalen Wasserdurchfluss (Anzahl d. Düsen) und somit durch den Wasserdruck limitiert. Es wird von ausreichender Wasserverfügbarkeit ausgegangen. Die Schneileistung gilt jeweils für die Leistung bei gegebener Feuchttemperatur und anderen Parametern (siehe oben) für einen Erzeuger. Da in dieser Studie die mittlere Beziehung für die Vergleichbarkeit mit einem einheitlichen Wasserdruck von 25 bar hergeleitet wurde, liegt die Maximalleistung der Lanzenerzeuger bei $51 \text{ m}^3/\text{h}$, die der Propellererzeuger bei $72 \text{ m}^3/\text{h}$.

Abb. 2.6 und Abb. 2.7 zeigen den Zusammenhang von Feuchttemperatur und Schneileistung auf Basis der Herstellerangaben für einen Lanzen- und Propellererzeuger. Um die Anonymität der Hersteller zu wahren werden diese Daten hier auf Wunsch nicht namentlich zugeordnet. Bei den Propellererzeugern konnten aufgrund der oben genannten Einschränkungen bez. Wasserdruck lediglich die Daten von 2 Herstellern verwendet werden, diese werden aber als repräsentativ angesehen.

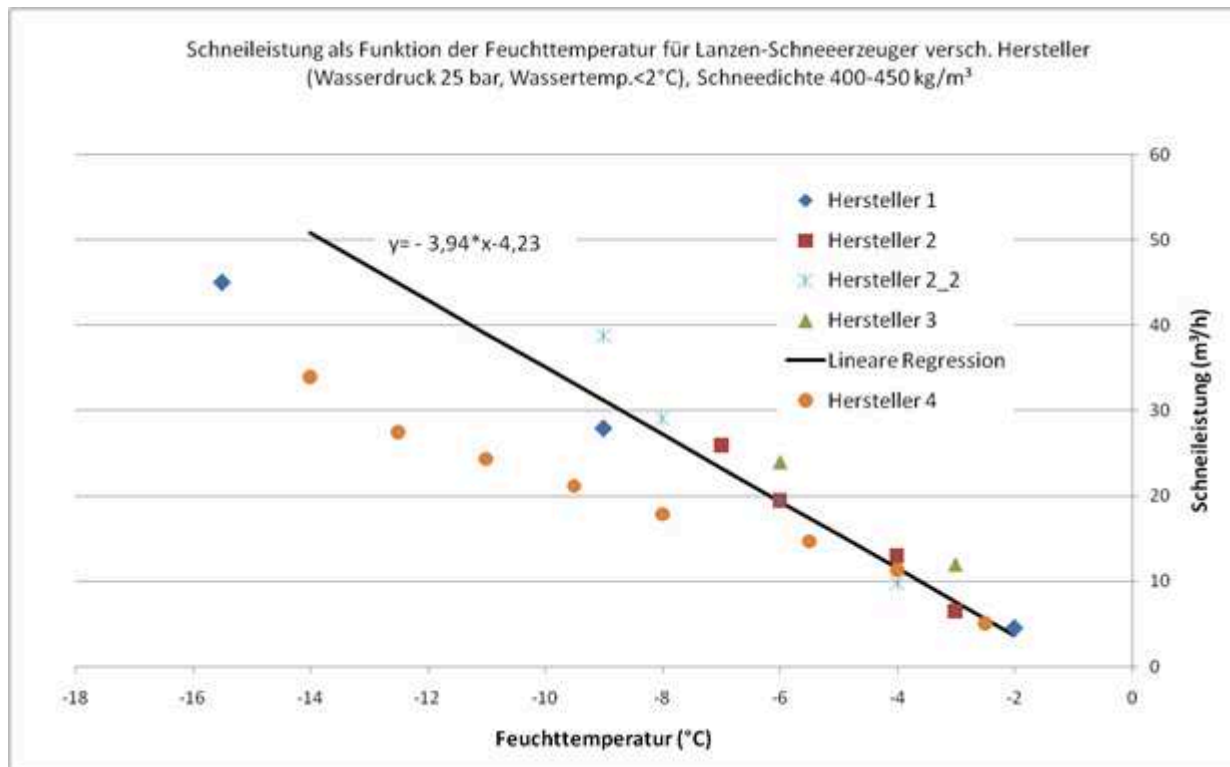


Abbildung 2.6: Herleitung der Beziehung Feuchttemperatur — Schneileistung für einen repräsentativen Lanzenerzeuger mit Herstellerdaten. Die Minimalleistung ist durch die Grenztemperatur (-2°C) gegeben, die Maximalleistung von $51 \text{ m}^3/\text{h}$ (oberes Ende der Regressionsgeraden) durch den vereinheitlichten Wasserdruck von 25 bar.

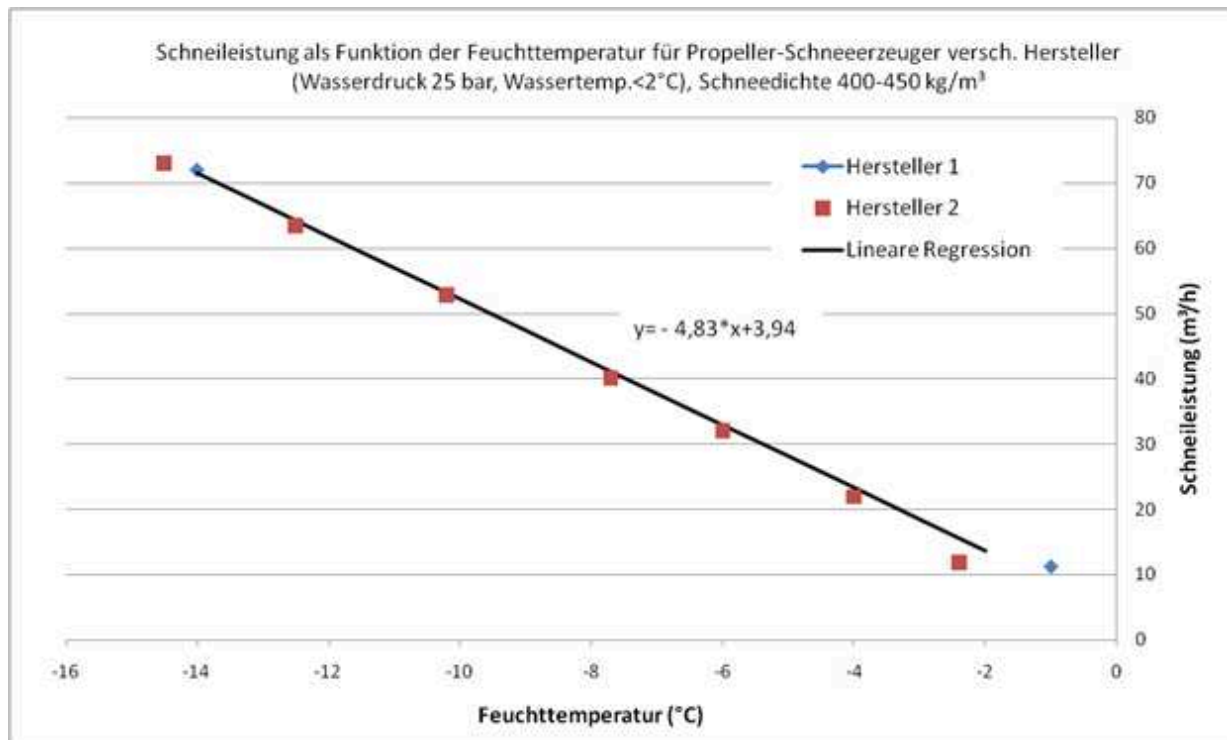


Abbildung 2.7: Herleitung der Beziehung Feuchttemperatur — Schneileistung für einen repräsentativen Propellererzeuger mit Herstellerdaten. Die Minimalleistung ist durch die Grenztemperatur (-2°C) gegeben, die Maximalleistung von $72 \text{ m}^3/\text{h}$ (oberes Ende der Regressionsgeraden) durch den vereinheitlichten Wasserdruck von 25 bar.

Verluste durch Wind (Drift) und Verdunstung (Sublimation) während und direkt nach der Produktion werden hier nicht berücksichtigt, können aber in der Realität zu bedeutenden Einbußen führen, bevor der produzierte Schnee überhaupt seinen Bestimmungsort erreicht hat. Generell sind die Verluste bei Lanzen durch die größere Höhe der Düsen stärker als bei Propellererzeugern. Laut Hersteller-Einschätzungen liegen die Verluste bei 5-15 % (Propeller), bzw. 15-40 % (Lanzen). Die Analyse erfolgt rein aus meteorologischer Sicht unter Annahme ausreichender Wasserverfügbarkeit. Es werden „potentielle“ Beschneitage berechnet, welche sonstige Aspekte (technisch, rechtlich, finanziell,...) nicht berücksichtigen.

In den folgenden Abbildungen 2.8 bis 2.14 wird an Beispielstandorten gezeigt in welcher Form die Ergebnisse zu den Beschneizeiten im Stationsteil dargestellt werden.

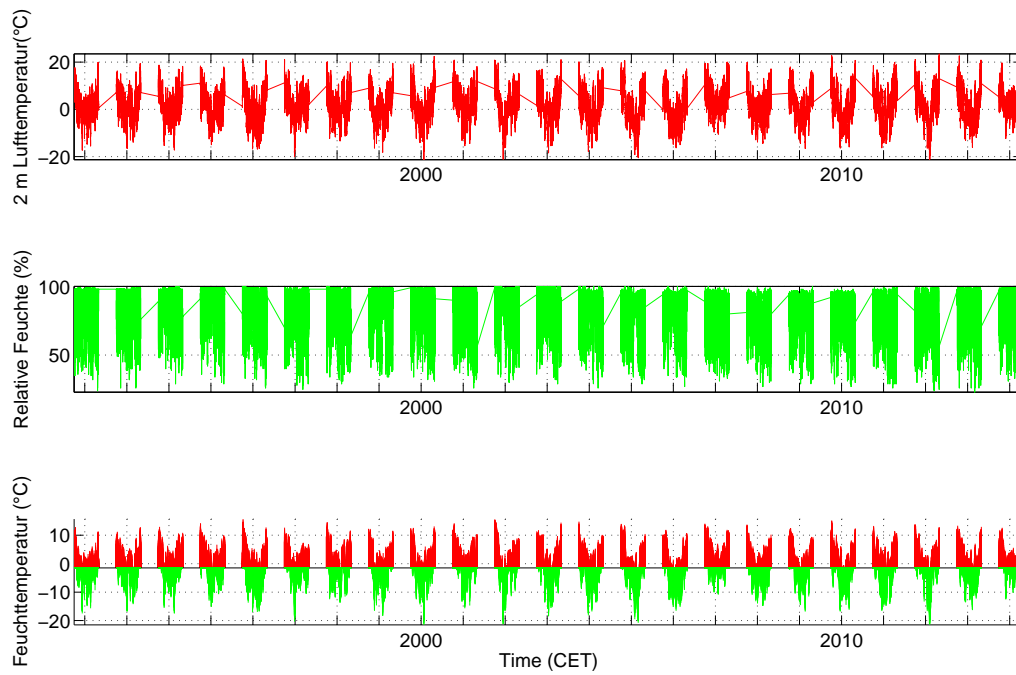


Abbildung 2.8: Stundenwerte der Lufttemperatur, relativen Feuchte und berechneten Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht beschneibare Stunden (rot) anhand einer Grenztemperatur von -2°C am Beispielstandort Ramsau.

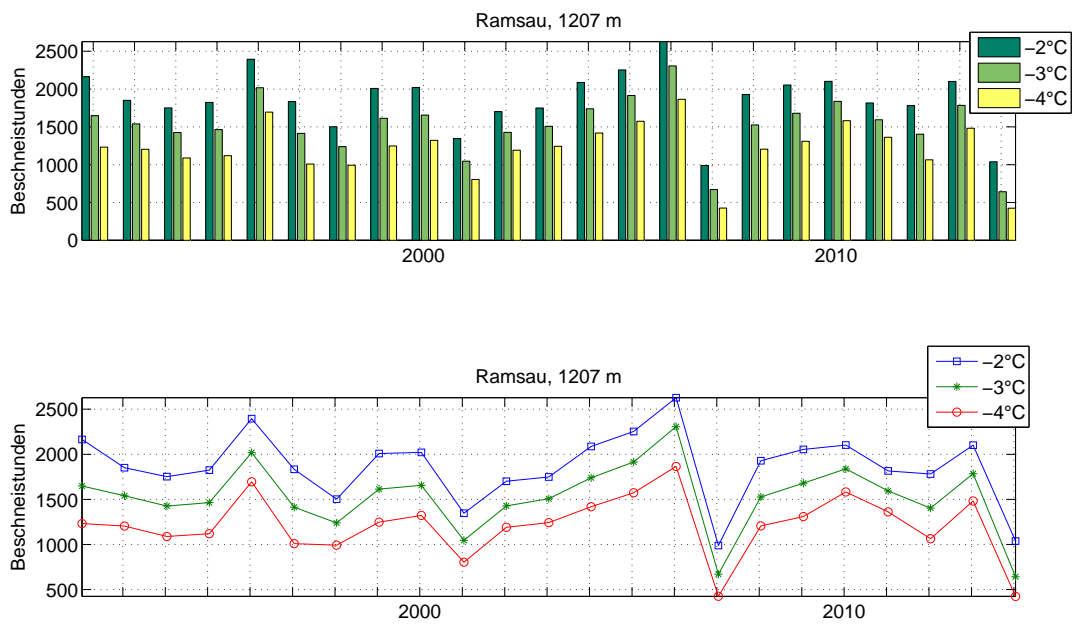


Abbildung 2.9: Zwei Darstellungen der zeitlichen Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden pro Saison mit unterschiedlichen Grenztemperaturen am Beispielstandort Ramsau.

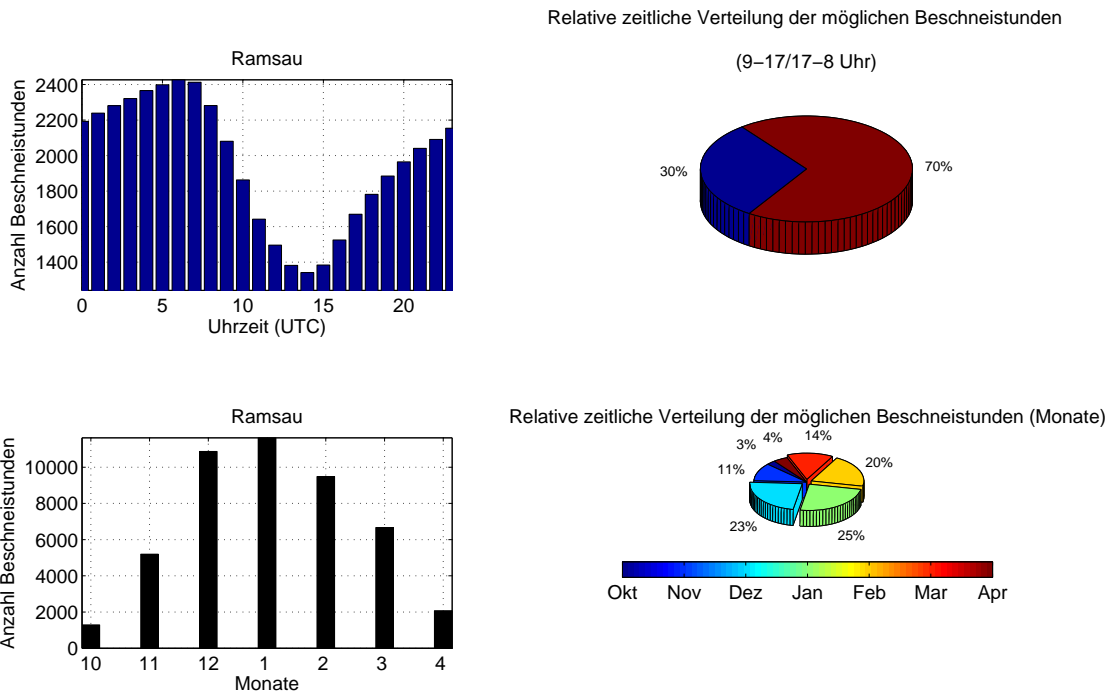


Abbildung 2.10: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) - MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std. am Beispielstandort Ramsau. Die beiden oberen Grafiken beziehen sich auf einen durchschnittlichen Tagesverlauf, d.h. es wurde für jede Stunde des Tages das entsprechende Mittel über die Saisons gebildet. Der Wert für 10 Uhr ist also das Mittel aus allen 10 Uhr Werten aller Tage aller untersuchten Saisons. Analog wurde bei den unteren Monatsgrafiken das Monatsmittel verwendet.

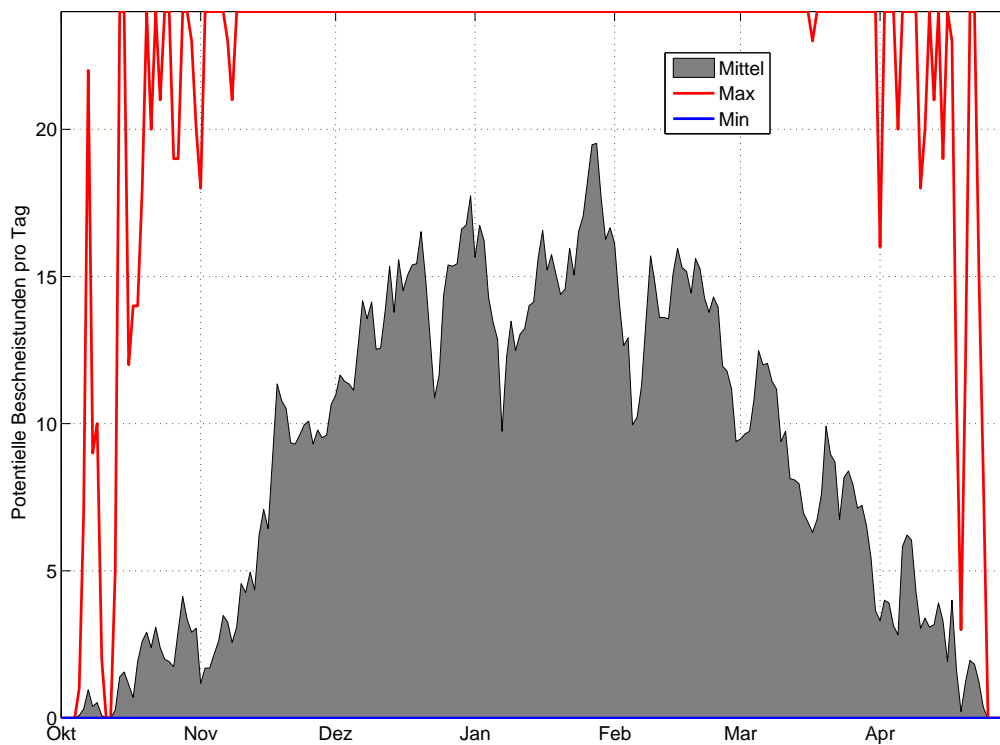


Abbildung 2.11: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1991-2014 am Beispielstandort Ramsau. Die graue Fläche zeigt die mittlere Anzahl an Beschneistunden pro Tag für jeden Tag der Saison, die roten und blauen Linien zeigen jeweils die maximalen bzw. minimalen Beschneistunden. In diesem Fall gab es für jeden Tag der Saison mindestens ein Jahr in dem es an diesem Tag keine potentiellen Beschneistunden gab (blaue Linie bei Null).

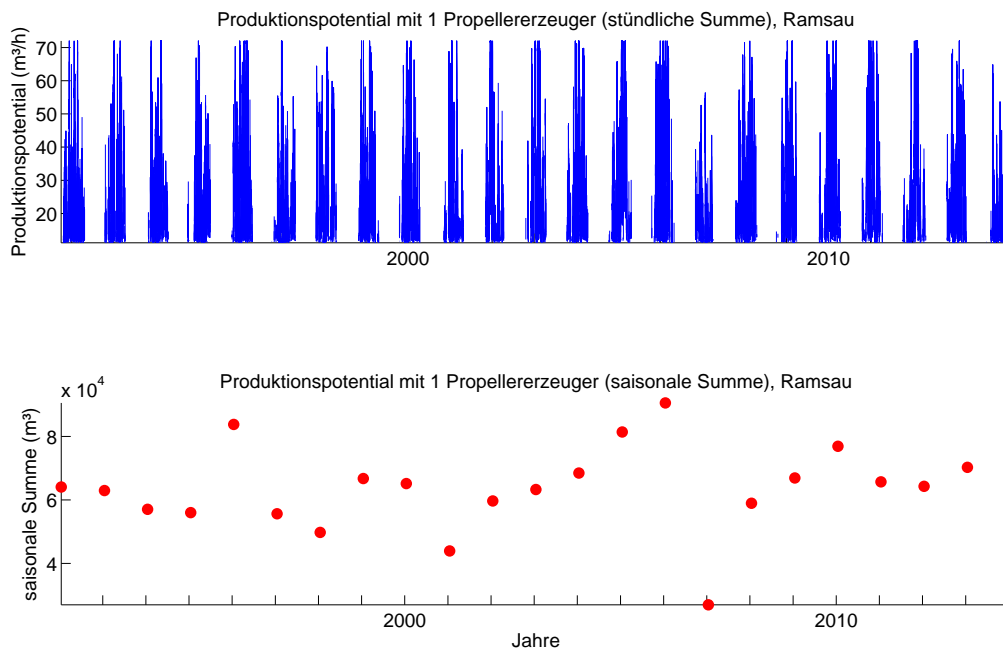
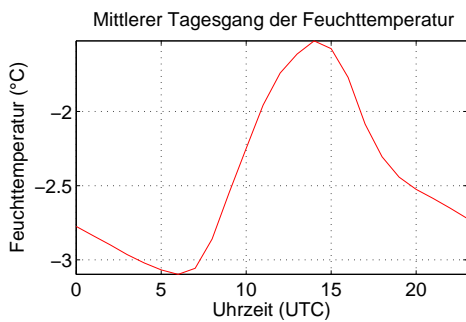
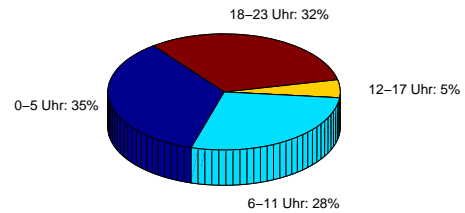


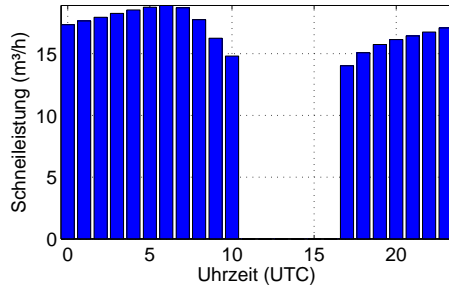
Abbildung 2.12: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen in Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger, Beispielstandort Ramsau. Das Produktionspotential berechnet sich aus den oben angeführten Herstellerangaben und der aus den gemessenen Parametern errechneten Feuchttemperatur. Im Stationsteil wird jeweils die potentielle Schneileistung für einen Propeller- und einen Lanzenerzeuger in dieser Form dargestellt.



Zeitliche Verteilung der künstlich erzeugbaren Schneemenge



Mittlerer Tagesgang der Schneileistung (Propellererzeuger)



Mittlerer Tagesgang der Schneileistung (Lanzenerzeuger)

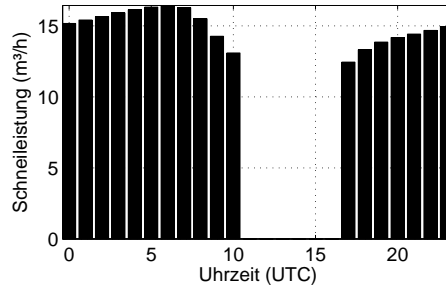


Abbildung 2.13: Mittlerer Tagesgang der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1992-2014, Beispielstandort Hahnenkamm-Ehrenbachhöhe. Der mittlere Tagesgang spiegelt einen über die Saison gesehen „mittleren“ Tag an diesem Standort wieder. In der Hauptsaison werden i.d.R. höhere Schneileistungen erzielt, in der vor und Nachsaison weniger als im Mittel. In der folgenden Grafik werden die typischen Tagesgänge der einzelnen Monate aufgeschlüsselt.

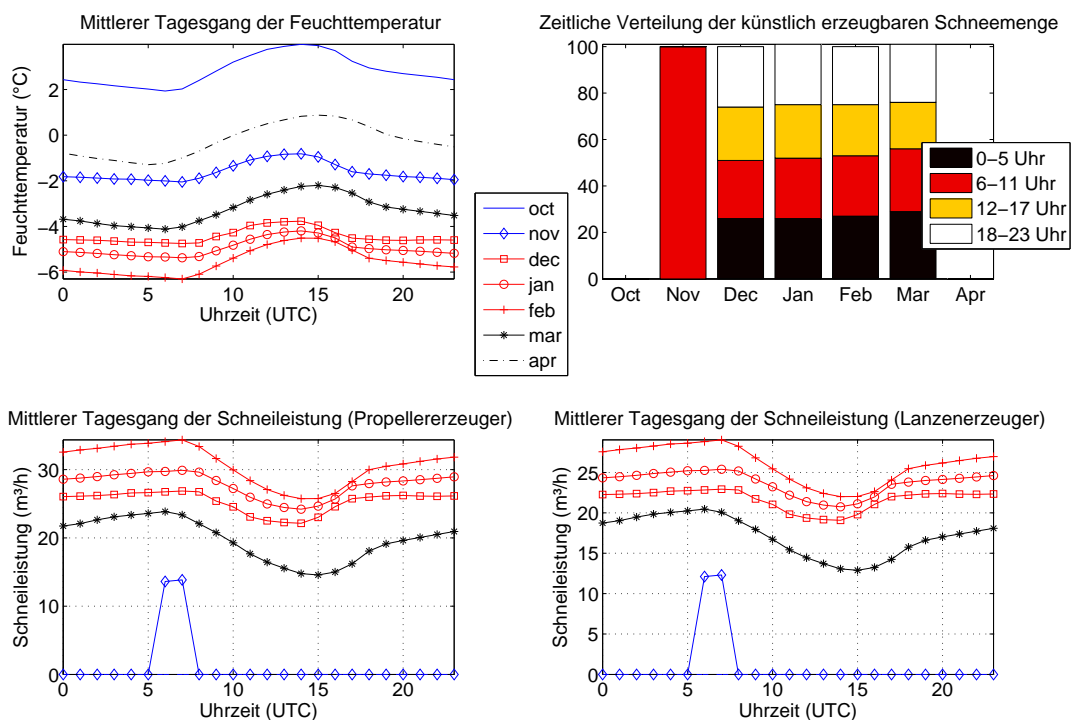


Abbildung 2.14: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1992-2014, Beispielstandort Hahnenkamm-Ehrenbachhöhe. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

2.2.4 Signifikanztest

Für die Langzeitanalysen, sprich die kontinuierliche Analyse der Zeitreihen von Messbeginn bis heute, stehen zeitlich unterschiedlich gut aufgelöste Daten zur Verfügung. Die Zeitreihen unterteilen sich in Klimawerte und Stundenwerte. Die Periode sogenannter Klimawerte liefert 3 tägliche Ablesungen der Temperatur und der relativen Feuchte (7, 14 und 19 Uhr) sowie die Maximum- und Minimumwerte der Temperatur. Für diese Periode ist eine Umrechnung in Beschneistunden und Schneileistung anhand der Feuchttemperatur nicht sinnvoll, da eine Interpolation und somit Verfeinerung dieser groben zeitlichen Auflösung zu sehr fehlerbehaftet wäre. Daher werden für diese Periode aus den Klimawerten Tagesmittelwerte gerechnet, die dann in weiterer Folge in eine Feuchttemperatur umgerechnet werden. Die Periode der Stundenwerte (ca. die letzten 15-20 Jahre) wird für die Langzeitanalyse mit der gleichen Methode in Tages-

mittelwerte umgerechnet und an die der Klimawerte gehängt. Somit erhält man eine homogene Zeitreihe mit Tagesmittelwerten der Lufttemperatur und relativen Feuchte, welche dann in eine Feuchttemperatur umgerechnet werden kann.

Diese wird in weiterer Folge auf saisonale Trends bzw. Muster untersucht. Anhand entsprechender statistischer Tests (z.B. Trend-Rauschverhältnis; Schönwiese, 2000) kann dann die Signifikanz dieser Trends abgeschätzt werden. Ein Trend wird dann als signifikant definiert, wenn das Trend-Rauschverhältnis > 1.64 ist (Irrtumswahrscheinlichkeit bei max. 0.1 (10 %)). Das Trend-Rauschverhältnis vergleicht einen errechneten linearen Trend mit der Standardabweichung (Maß für die natürliche Variabilität) unter der Bedingung einer Normalverteilung. Überschreitet das Verhältnis den oben genannten Grenzwert, so ist der betreffende Trend mit maximal 10 prozentiger Wahrscheinlichkeit ein Resultat zufälliger Schwankungen und somit sehr wahrscheinlich ein tatsächlicher Trend.

Als zusätzliche Maßzahl wird die zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen mit Unterschreitung eines definierten Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur (T_f) verwendet. Diese Untersuchung kann mit unterschiedlichen Grenzwerten (z.B.: $T_f = -2, -3, -4$ °C) durchgeführt werden. Im Folgenden werden Tage mit einem Tagesmittelwert der Feuchttemperatur ≤ -2 °C als „Beschneitage“ definiert, eine technische Beschneieung ist aus meteorologischer Sicht her möglich. Da es sich um Tagesmittelwerte handelt, bedeutet dies besonders bei Werten nahe am Grenzbereich, dass ein gewisser Prozentsatz des Tages nicht beschneit werden kann. Somit entsteht mit dieser Methode eine leichte Überschätzung der möglichen Beschneitage.

Abb. 2.15 zeigt am Beispiel der Feuchttemperaturentwicklung am Patscherkofel die Bedeutung des sog. Trend-Rauschverhältnisses T/R . Die Abbildung wurde aus der Vorstudie (Olefs et al. 2007b) entnommen und dient nur der Veranschaulichung. Es definiert sich als Betrag des Quotienten aus errechnetem linearem Trend T_i dividiert durch die Standardabweichung s_i innerhalb einer bestimmten Periode i :

Überschreitet das Verhältnis einen in der klassischen Statistik definierten Schwellenwert, so wird der berechnete lineare Trend als statistisch signifikant angesehen, d.h. er ist deutlich stärker als die natürliche Schwankung von Saison zu Saison. Für unsere Analyse wird ein Grenzwert von 1,64 verwendet. Ist T/R für einen bestimmten Trend größer als dieser Wert so kann mit mindestens 90 prozentiger Sicherheit davon ausgegangen werden, dass dieser Trend kein Resultat eines Zufalles ist (Irrtumswahrscheinlichkeit bei maximal 10 %). Abb. 2.15 veranschaulicht die Wichtigkeit dieser zwei Maßzahlen.

Betrachtet man nämlich die Abweichung der saisonalen Feuchttemperatur vom langjährigen Mittel für die Periode 1948-2007 so ergeben sich für 4 willkürlich gewählte Unterperioden ganz verschiedene Trends (T_i). Exemplarisch sind hier 4 lineare Trends eingezeichnet. So zeigt die Periode 1948/49-2006/07 einen abnehmenden Trend der Feuchttemperatur (blau strichlierte Linie),

wohingegen die späteren Perioden eine unterschiedlich starke Zunahme aufweisen (rot, orange und grüne Linien).

Möchte man nun für die gesamte Periode eine Grundaussage im Bezug auf einen Temperaturentrend treffen, bedarf es des 2. statistischen Parameters, nämlich des T/R - Verhältnis. Für jede der eben erwähnten Perioden kann hierdurch bestimmt werden wie deutlich der jeweilige Trend im Vergleich zur natürlichen Schwankung (s_i) der Periode ist. Wie leicht ersichtlich ist, überschreitet lediglich der T/R Wert der Periode 1975/76-2006/07 den Schwellwert von 1,64 (s. Abb. 14: $1.83 > 1.64$). Es kann somit die Aussage gemacht werden, dass die Feuchttemperatur nur zwischen 1975/76 und 2006/07 im Mittel statistisch signifikant zugenommen hat. In den anderen Perioden ist die intersaisonale Schwankung stärker als der jeweilig eingezeichnete Trend.

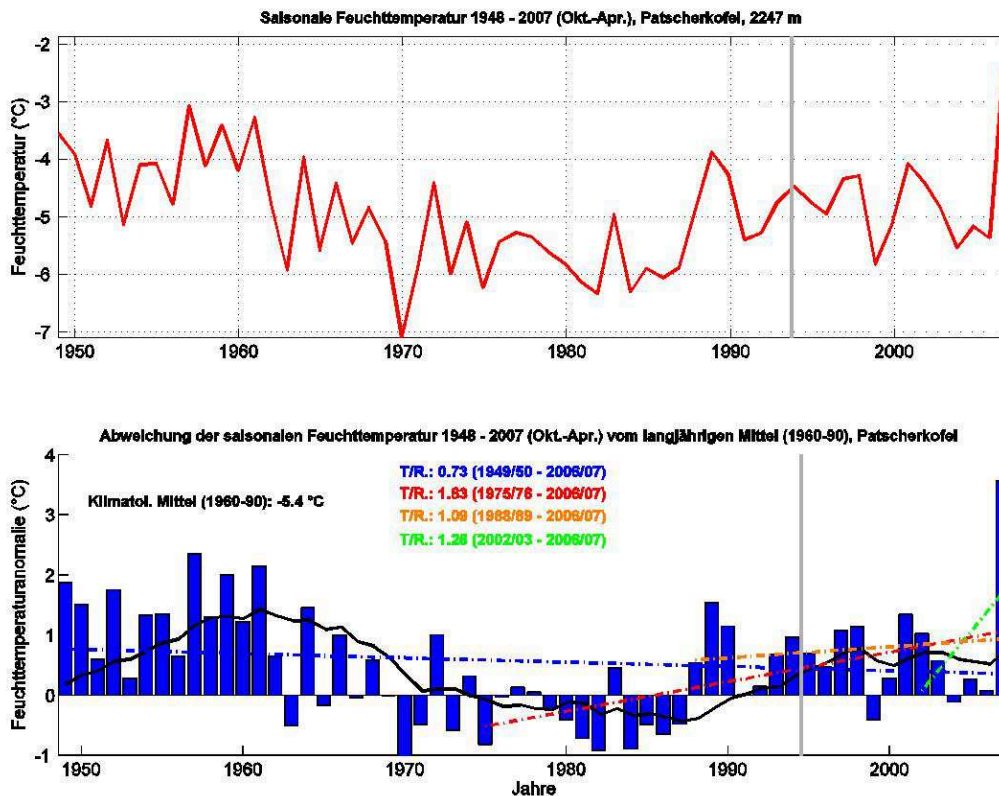


Abbildung 2.15: Beispiel einer Langzeitanalyse der saisonalen Feuchttemperatur Patscherkofel, 2247 m, Okt.-Apr. 1948-2007. Abbildung übernommen aus Olefs et al (2007b). Entwicklung des saisonalen Mittelwertes für die angegebene Periode (oben) und Abweichung der einzelnen Saisons vom langjährigen klimatologischen Mittel (1960-90; 0-Linie in unterer Grafik). Lineare Trends für vier Unterperioden mit unterschiedlichem Feuchttemperaturtrend und dazugehöriges Trend-/Rauschverhältnis (T/R), das über die Signifikanz des jeweiligen Trends Auskunft gibt.

2.2.5 Klimaszenarien und Abschätzung zukünftiger Beschneigungsmöglichkeiten

Klima ist der mittlere Zustand der Atmosphäre über einen Zeitraum von mindestens 30 Jahren (Schönwiese, 2013). Wetter findet in kürzeren Zeiträumen statt, und pendelt um diesen klimatischen Mittelwert mit mehr oder weniger großen Abweichungen. Ändert sich das Klima, so kann sich sowohl der mittlere Zustand als auch die Magnitude der Abweichungen ändern. In jedem Klima können aber einzelne extreme Jahre oder extreme Ereignisse auftreten.

Regionalisierungen der globalen Modelle stehen derzeit im Fokus der internationalen Klima-

forschung. Die bisherige Erwärmung der globalen Jahresmitteltemperatur ist für verschiedene Regionen, Jahreszeiten und Höhenlagen unterschiedlich (Omuhra, 2012; Stainford et al., 2013). Es ist zu erwarten, dass sich auch eine künftige Klimaerwärmung regional unterschiedlich ausformt. Es ist auch möglich, dass sich die Häufigkeiten von Wetterlagen im Vergleich zu heute ändern.

Szenarien sind keine Prognosen. Während Prognosen von einem gemessenen Zustand der Atmosphäre aus weiter in die Zukunft rechnen, beruhen Szenarien auf Annahmen über den zukünftigen Zustand der Atmosphäre. Diese wiederum basieren auf Annahmen zur zukünftigen globalen Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung. Zu Prognosen kann man aus Läufen mit geringfügig veränderten Startwerten Eintrittswahrscheinlichkeiten rechnen. Bei Szenarien kann man keine Eintrittswahrscheinlichkeiten angeben. Abb. 2.16 zeigt die modellierte, zukünftige Temperaturentwicklung für verschiedene Szenarien (RCPs). Während sich die Szenarien bis ca. 2050 nur relativ wenig unterscheiden, ist für die entferntere Zukunft eine große Bandbreite möglich.

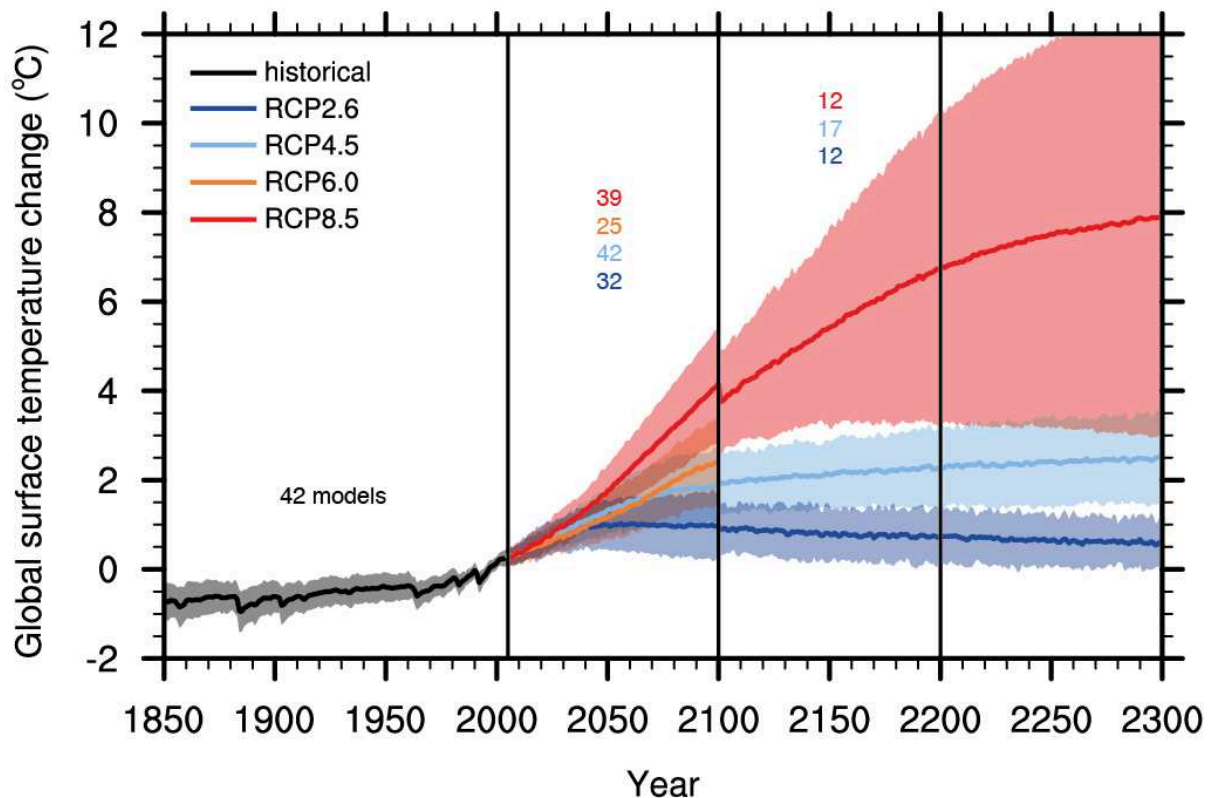


Abbildung 2.16: Zeitreihen der globalen Jahresmitteltemperaturanomalien (relativ zur Periode 1986-2005) aus CMIP5 Modellrechnungen. Für jedes Szenario (RCP=representative concentration pathway) wird das Mittel aus mehreren Modellläufen gezeigt (durchgezogene Linien), sowie die 5-95% Bandbreiten der jeweiligen Modelle. IPCC Report 2013, WG I, Kapitel 12, S. 1054.

Da die Atmosphäre ein chaotisches, dynamisches System ist, bei dem geringe Änderungen des Ausgangszustandes große Änderungen der Prognose hervorrufen, macht das Berechnen von Prognosen nur für Zeiträume von wenigen Tagen Sinn. Über die Verlässlichkeit von Klimaszenarien kann keine Aussage getroffen werden, da ihr Zutreffen u.a. davon abhängt, ob die für die Berechnung angenommenen Umstände eintreten. Szenarien sind Hilfsmittel um die Bandbreite zukünftiger Zustände abschätzen zu können.

Derzeit liegen die gemessenen Temperaturänderungen an der Untergrenze der gerechneten Szenarien (IPCC 2013; Held 2013). Dies kann einerseits die natürliche Variabilität des Wetters wieder spiegeln, aber auch darauf hindeuten, dass manche Modellannahmen, etwa über das Verhalten der Ozeane (Meehl et al., 2011; Kosaka et al., 2013), noch nicht realistisch genug sind.

Global mean temperature near-term projections relative to 1986–2005

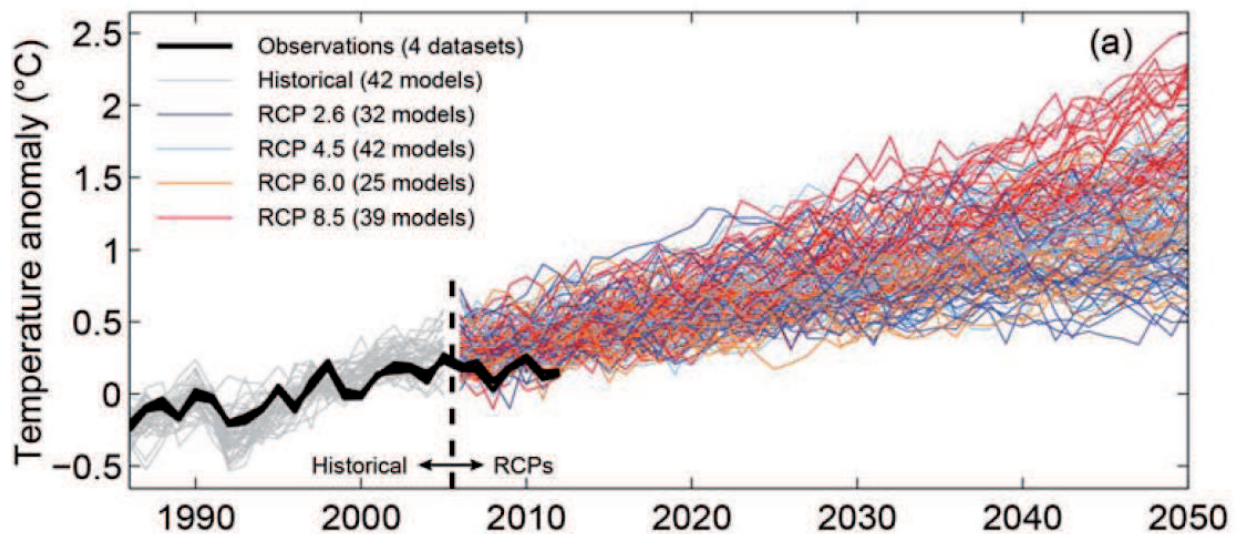


Abbildung 2.17: Die derzeit gemessenen Temperaturerhöhung liegt an der Untergrenze der gängigen Szenarien. RCP steht für Representative Concentration Pathway. RCP2.6 zeigt die zukünftige Entwicklung bei einem um $2,6 \text{ W/m}^2$ erhöhten Strahlungsantrieb im Jahr 2100, RCP4.5 die Entwicklung bei um $4,5 \text{ W/m}^2$ erhöhten Strahlungsantrieb usw. (Quelle: IPCC 2013, <http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimaforschung/klimamodellierung/temperatur-hiatus>)

Noch ist die Auflösung der regionalen Klimamodelle zu grob, um Änderungen des Mikroklimas auf der Skala Lift/Piste zu modellieren. Manche Modelle behelfen sich mit sogenannten Wettergeneratoren, d.h. berechnen synthetisches Wetter zu einem neuen Klimazustand. Noch gibt es keine Validierung, wie gut eine solche Vorgehensweise das künftige Mikroklima wiedergibt, auch da es keine langen Zeitreihen von hoch aufgelösten Messungen gibt, die man zur Überprüfung dieser Modelle mit Werten aus der Vergangenheit heranziehen könnte.

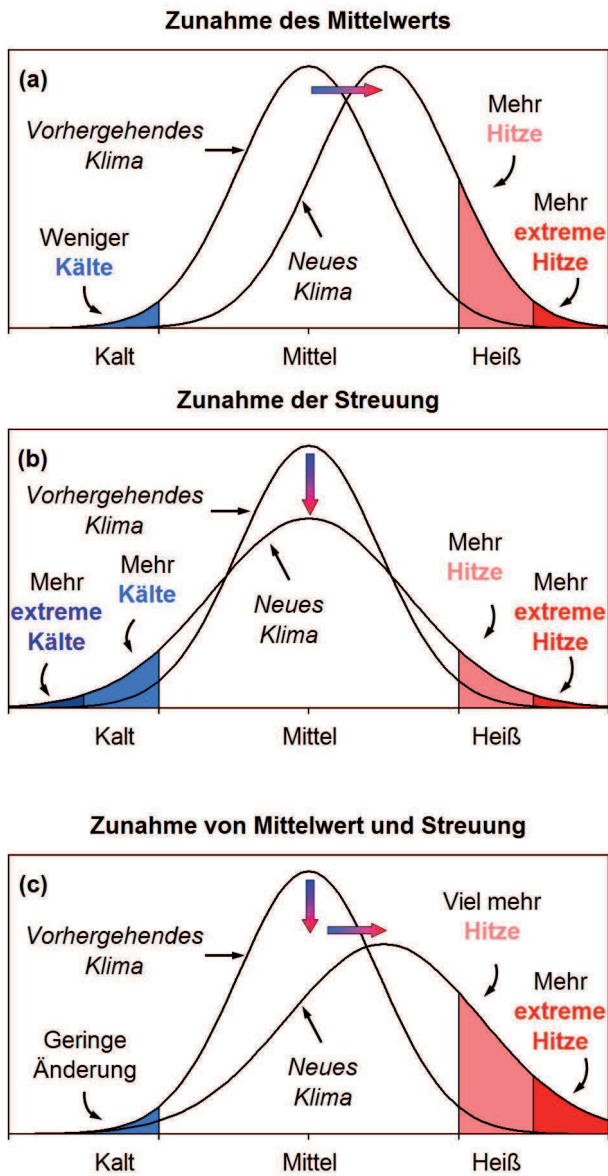
Es ist sehr wahrscheinlich, dass sowohl die natürliche Schneedecke, als auch die Beschnezeiten in Zukunft nach wie vor eine starke Variabilität aufweisen werden. Es wird immer wieder Jahre geben, in denen viel Schnee liegt und die gut für die Beschneigung geeignet sind, ebenso wie Jahre in denen das nicht der Fall ist. Auch innerhalb einer Saison können Schneebedeckung und Beschneimöglichkeiten stark schwanken.

An allen Stationen wurde für die Periode 1994 bis 2014 die durchschnittliche Feuchttemperatur jedes Tages der Saison berechnet. Daraus ergibt sich ein mittlerer Verlauf der Feuchttemperatur über die Saison, der auch die Variabilität des während dieser 20 Jährigen Periode herrschenden Wetters wieder spiegelt. Für jeden Monat der Saison (Oktober bis April) wurde

bestimmt an wie vielen Tagen der Tagesmittelwert der Feuchttemperatur unter dem Grenzwert von -2°C liegt und die Verteilungskurve der Feuchttemperatur geplottet. An Messstandorten mit entsprechend langen Zeitreihen, wurde dies zusätzlich für die Periode 1974-1994 durchgeführt.

Um eine sehr grobe Aussage über die mögliche zukünftige Entwicklung der Beschneizeiten zu treffen, wurde auf Basis des mittleren saisonalen Verlaufs der Feuchttemperatur der Periode 1994-2014 ein neuer Verlauf erstellt, bei dem bei gleich bleibender Luftfeuchtigkeit und gleichem Wetter die Lufttemperatur um 1°C bzw. $1,8^{\circ}\text{C}$ angehoben wird. Diese Werte entsprechen Abschätzungen des OcCC-Consortiums (2007) für die Klimaänderung bis 2030 bzw. bis 2050 im Schweizer Alpenraum. So ergeben sich neue Verteilungskurven für die einzelnen Monate mit um die Temperaturerhöhung verschobenen Mittelwerten und entsprechend veränderte Beschneizeiten. Siehe hierzu Abb. 2.18 und 2.19.

Es wird ausdrücklich darauf hin gewiesen, dass es sich hier nicht um eine exakte Prognose handelt, sondern lediglich um eine ungefähre Abschätzung möglicher Änderungen. Eine große Unsicherheit stellen die zukünftigen Häufigkeiten von Wetterlagen und die Häufigkeit und Höhe von Inversionen dar. Auf regionaler Basis kann man daher keine präzisen Aussagen über zukünftige Beschneizeiten machen. Alle Aussagen die getroffen werden können, haben eine große Bandbreite möglicher Abweichungen.



a) Bei einer Zunahme des Mittelwertes und gleichbleibender Temperaturverteilung nimmt die Zahl der extrem kalten Tage ab, die Zahl der extrem warmen Tage zu.

b) In einem neuen Klima kann sich auch die Streuung um den Mittelwert ändern, dann kann es z.B. sowohl mehr extrem kalte als auch mehr extrem warme Tage geben, obwohl der Mittelwert gleich bleibt.

c) Bei gleichzeitiger Änderung von Mittelwert und Streuung kann die Zahl der extrem kalten Tage in etwa gleich bleiben, dafür gibt es mehr Tage mit extremer Hitze.

Abbildung 2.18: Schematische Darstellung statistischer Größen anhand einer Temperaturverteilung rund um den Mittelwert, aus IPCC Report 2001, S. 155.

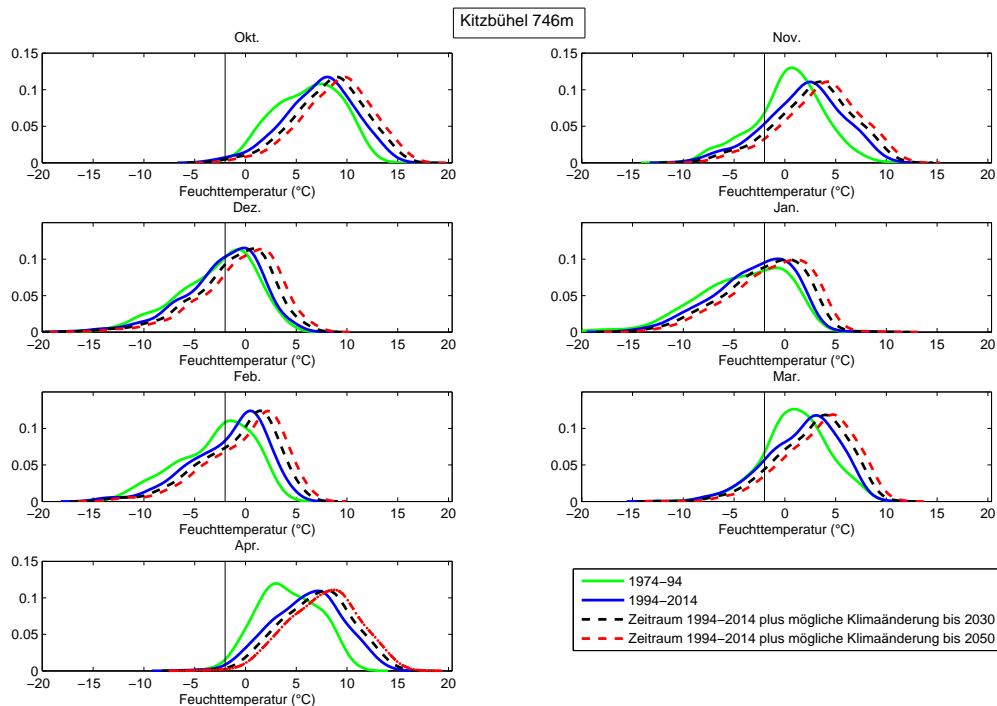


Abbildung 2.19: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten, am Beispielstandort Kitzbühel. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von $\leq -2^{\circ}\text{C}$ ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1° erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Derzeit erlaubt die zeitliche und räumliche Auflösung der regionalen Modelle noch keine Studien auf der Skala einzelner Schigebiete. Die regionalen Modelle globaler Szenarien zeigen noch eine große Bandbreite. Berechnungen der Klimaentwicklung in unterschiedlichen Szenarien, unterschiedlicher räumlicher Auflösung und mit unterschiedlichen Klimamodellen werden in den IPCC Berichten AR4 und 5 (2007 bzw. 2013) zusammengefasst.

In den aus den IPCC Berichten 4 und 5 entnommenen Abbildungen 2.20 - 2.25 wird deutlich, dass Modellberechnungen zum Niederschlag mit größeren Unsicherheiten behaftet sind, als jene zur Entwicklung der Lufttemperatur (Abb. 2.20 und 2.23) und das bezüglich der Niederschlagsentwicklung teils nur wenig Modellübereinstimmung herrscht (Abb. 2.22 und 2.23), so dass in manchen Gebieten nicht eindeutig bestimmt werden kann, ob eine Niederschlagszu-

oder -abnahme zu erwarten ist. Unterschiede in den verschiedenen Modellen haben eine große Bandbreite an Ergebnissen zu Folge (Abb. 2.24 und 2.25)

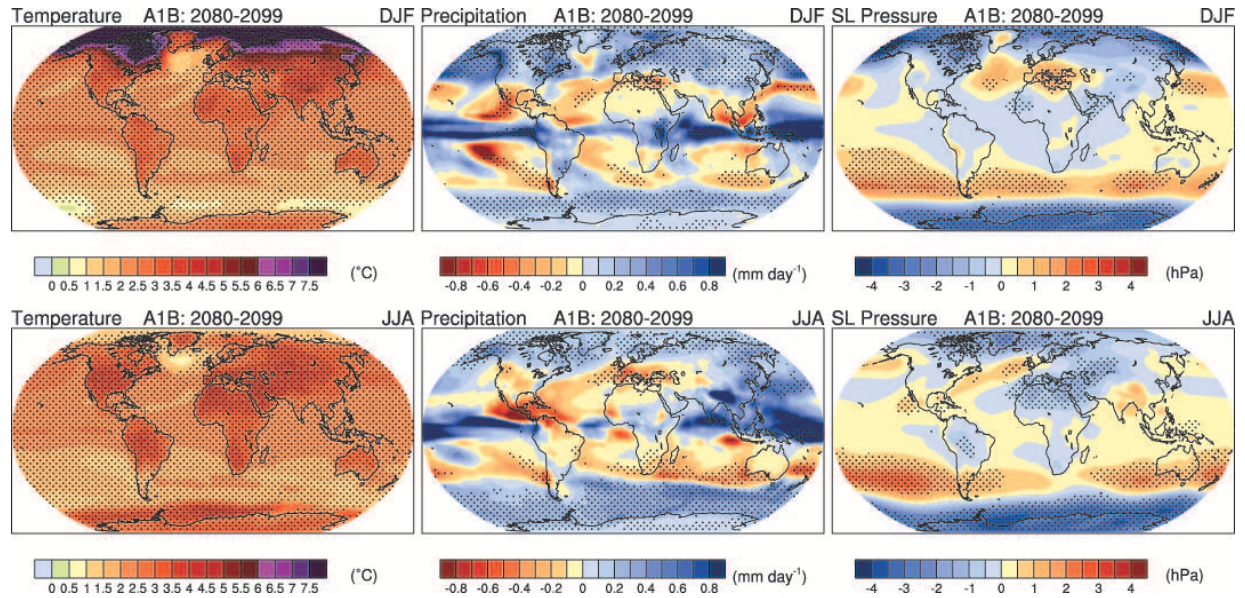


Abbildung 2.20: Mittlere Änderungen von Lufttemperatur (Grad Celsius, links), Niederschlag (mm/Tag, mitte) und Luftdruck (hPa, rechts) aus mehreren Modellen für die Periode 2080-2099 im Vergleich zur Periode 1980-1999, nach Szenario A1B. Gepunktete Bereiche zeigen, wo das Modellmittel größer ist, als die modellinterne Standardabweichung. IPCC Report 2007, WG I, Kapitel 10, S. 767.

Seasonal mean air temperature change (RCP4.5: 2016-2035)

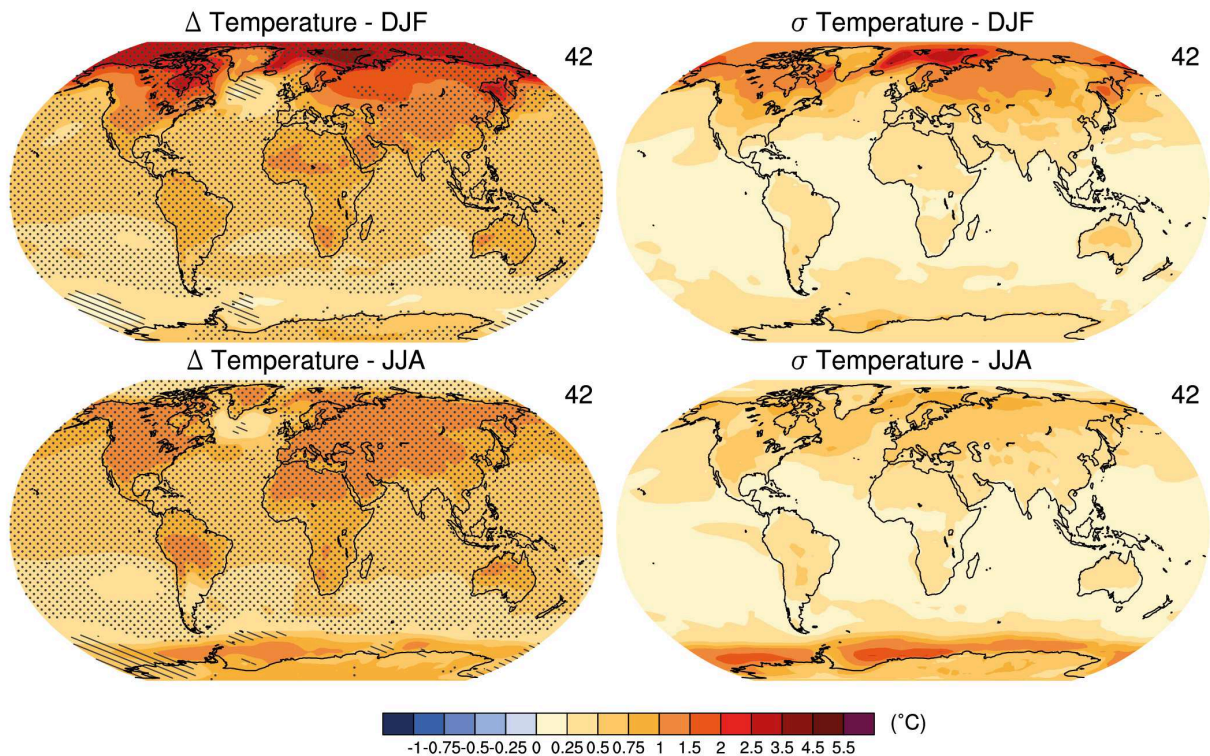


Abbildung 2.21: Mittlere Änderungen der Lufttemperatur (Grad Celsius) im Winter (oben, Dezember, Januar, Februar) und Sommer (Juni, Juli, August) aus dem CMIP5 multi-model ensemble. Die rechte Spalte zeigt eine Abschätzung der modellinternen Variabilität (Standardabweichung einer 20 Jahres Periode). Schraffierte Bereiche zeigen berechnete Änderungen die im Vergleich zur internen Variabilität klein sind. Gepunktete Bereiche markieren berechnete Änderungen, die um mindestens zwei Standardabweichungen von der internen Variabilität abweichen. In diesen Bereichen herrscht außerdem eine mindestens 90%ige Modellübereinstimmung bezüglich des Vorzeichens der berechneten Änderung. Die Zahl im rechten oberen Eck der einzelnen Grafiken gibt an, wie viele Modelle in der Berechnung berücksichtigt wurden. Gepunktete Bereiche zeigen, wo das Modellmittel größer ist, als die modellinterne Standardabweichung. IPCC Report 2013, WG I, Kapitel 11, S. 982.

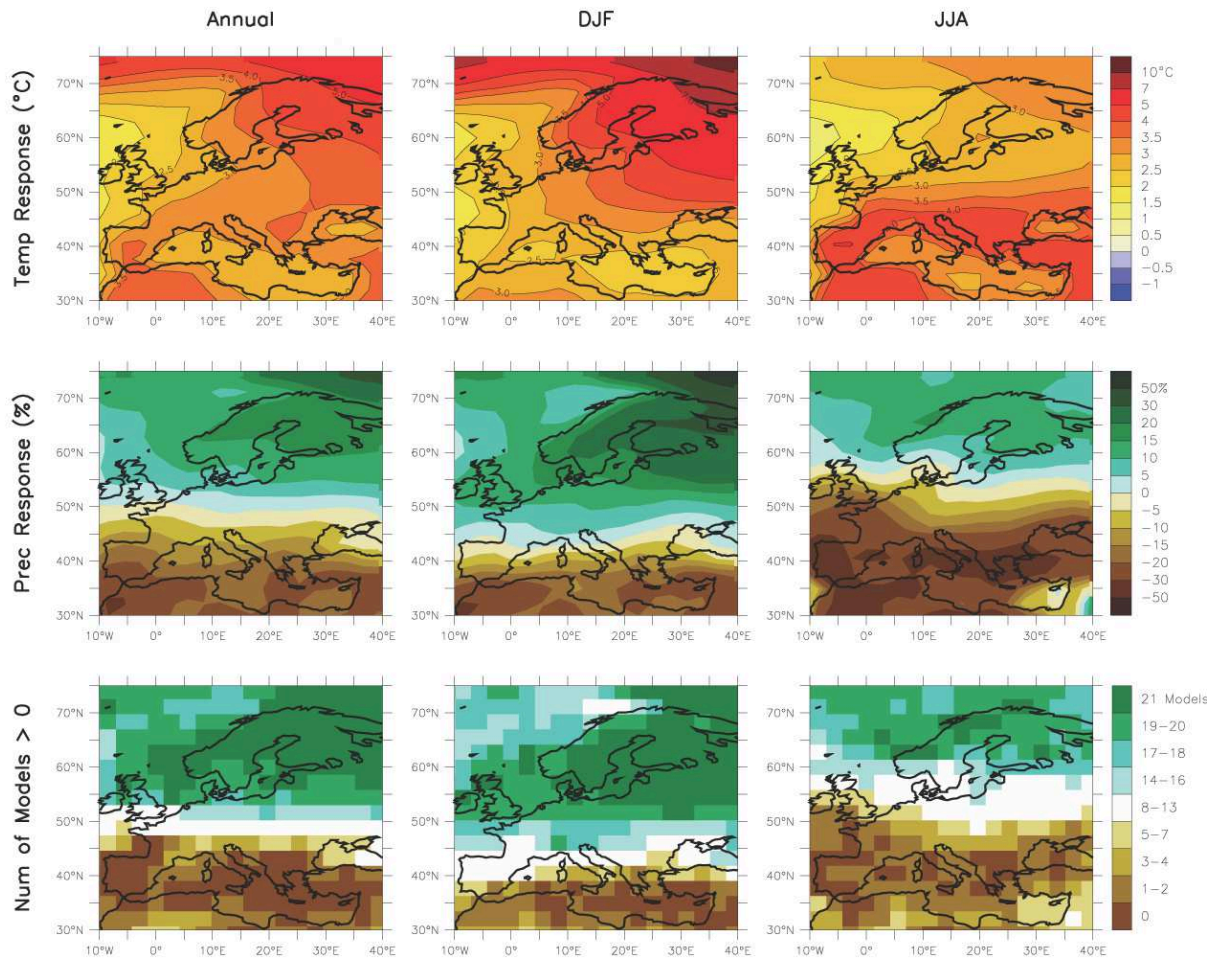


Abbildung 2.22: Berechnete Änderung von Temperatur- und Niederschlag zwischen den Perioden 1980-1999 und 2080-2099. Dargestellt ist die mittlere Änderung aus 21 verschiedenen Modellen, jeweils pro Jahr (Annual), sowie für die Monate Dezember, Januar, Februar (DJF) und Juni, Juli, August (JJA) für Temperatur (oben) und Niederschlag (mittlere Reihe). Die drei untersten Abbildungen zeigen wie viele der 21 Modelle eine Niederschlagszunahme sehen. IPCC Report 2007, WG I, Kapitel 11, S. 875.

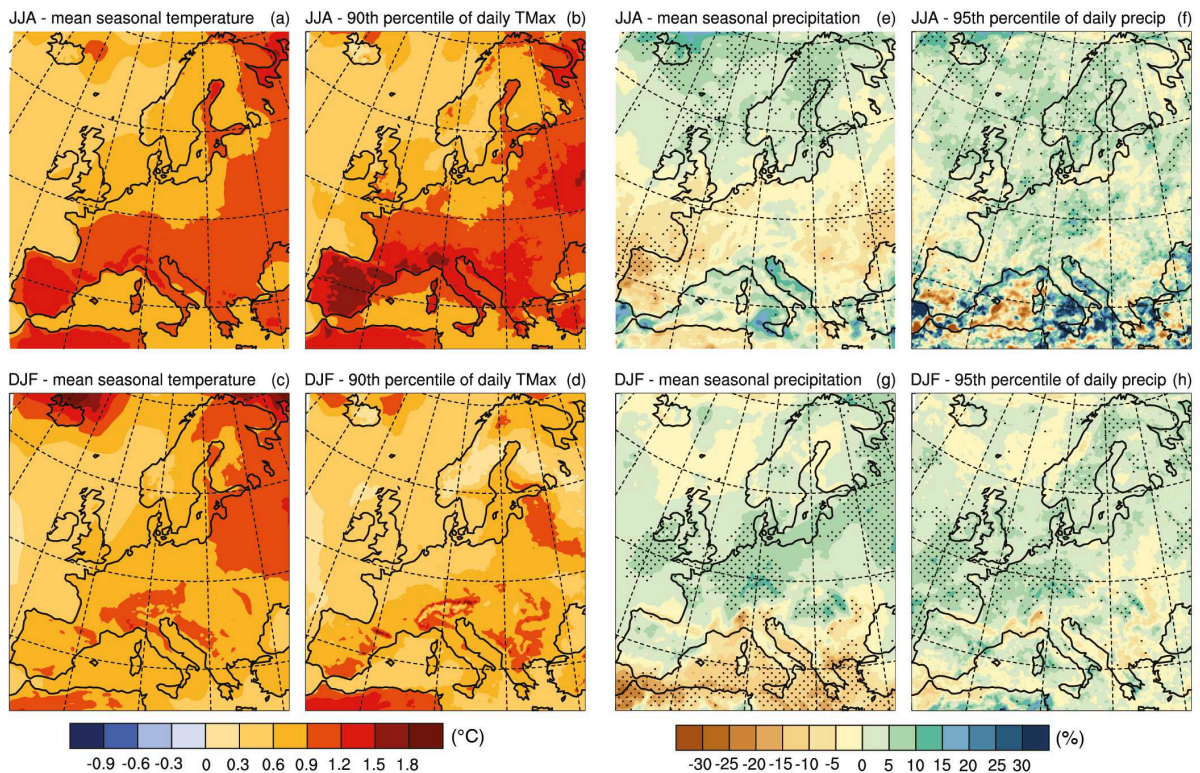


Abbildung 2.23: Projektionen des regionalen Klimamodellierungsprojekts ENSEMBLES für Europa für die Periode 2016-2035 im Vergleich zu 1986-2005, oben jeweils für die Monate Juni, Juli, August und unten für Dezember, Januar, Februar. Temperaturänderung (Grad Celsius) werden als Änderungen des Ensemblemittels der saisonalen Temperatur (a, c) dargestellt, sowie als Änderung der 90% Perzentile der Maximumtemperaturen (b, d). Niederschlagsänderungen (%) werden als Änderung des Ensemblemittels des saisonalen Niederschlags (e, g) dargestellt, sowie als Änderung der 95% Perzentile des Tagesniederschlags (f, h). Die gepunkteten Bereiche in e-h markieren Gegenden, in denen 80% der Modelle bezüglich des Vorzeichens der Niederschlagsänderung übereinstimmen (bei der Temperatur stimmen alle Modelle darin überein). IPCC Report 2013, WG I, Kapitel 11, S. 991.

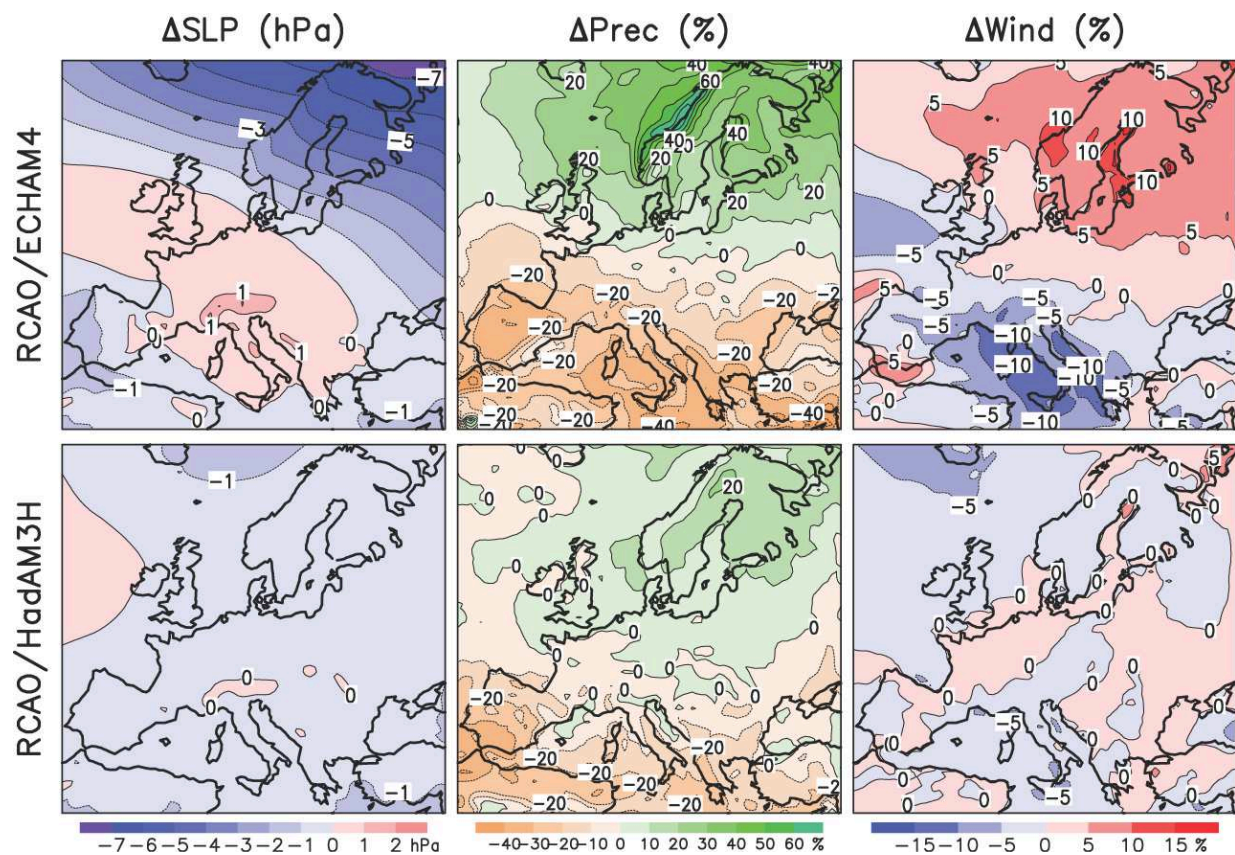


Abbildung 2.24: Berechnete Änderungen von Luftdruck, Niederschlag und Wind zwischen den Perioden 1961-1990 und 2071-2100. Die Abbildungen zeigen Ergebnisse des RCM Klimamodells für zwei leicht unterschiedliche Eingangsdatensätze (ECHAM4, oben und HadAM3H, unten). IPCC Report 2007, WG I, Kapitel 11, S. 876.

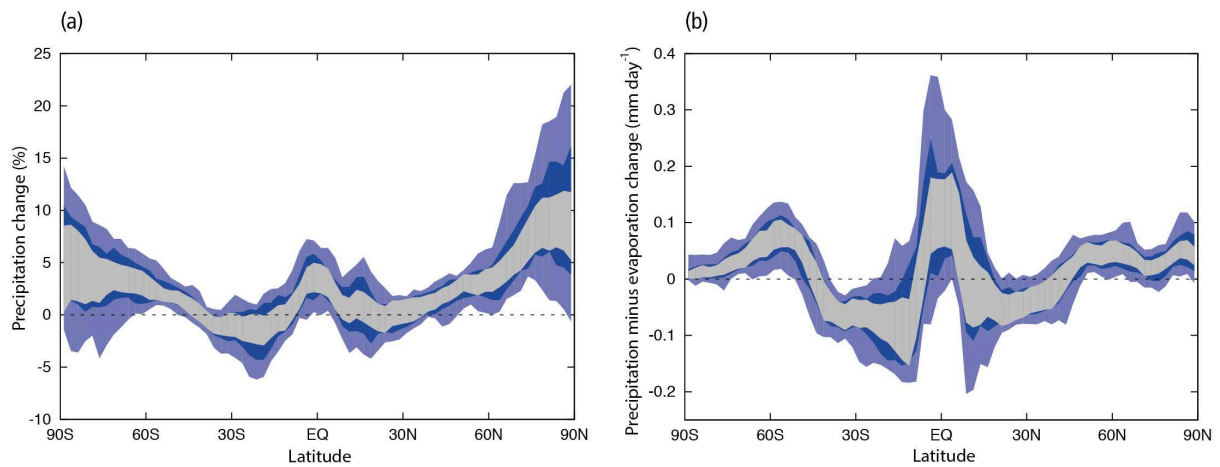


Abbildung 2.25: CMIP5 Modellprojektionen der Änderung des jährlichen, zonalen mittleren Niederschlags (a, %) und des Niederschlags abzüglich der Verdunstung (b, mm/Tag) für die Periode 2016-2035 im Vergleich zur Periode 1986-2005, nach Szenario RCP4.5. Hellblau zeigt den 5-95% Bereich der Modellbandbreite, dunkelblau den 17-83% Bereich. Grau zeigt den Bereich der innerhalb einer Standardabweichung zur natürlichen Variabilität liegt. Letztere wurde aus Kontrollläufen aus der Zeit vor der Industrialisierung ermittelt. IPCC Report 2013, WG I, Kapitel 11, S. 985.

2.2.6 Naturschnee

Neben den für die technische Beschneigung relevanten Parametern wird für jene Standorte an an denen Schneehöhenmessungen zur Verfügung stehen auch die Naturschneedecke dargestellt. Ohne technischen Schnee kann der Skibetrieb in der Regel mit einer Naturschneedecke von mindestens 30cm gewährleistet werden. An manchen Stationen wurde der genaue Standort der Schneehöhenmessung im Laufe der Zeit verlegt. Dies kann u.U. erheblichen Einfluss auf die Messungen haben, etwa wenn der neue Standort mehr oder weniger windbeeinflusst ist als zuvor. Standortverlegungen sind in den entsprechenden Abbildungen im Analyseteil markiert. Die Abbildungen zur Naturschneedecke dienen in erster Linie dazu, im Bezug auf die Anforderungen an die technische Beschneigung einen ungefähren Überblick über die Verhältnisse an den einzelnen Standorten zu gewinnen. Im Folgenden sind beispielhaft die Daten vom Standort Villacher Alpe erläutert:

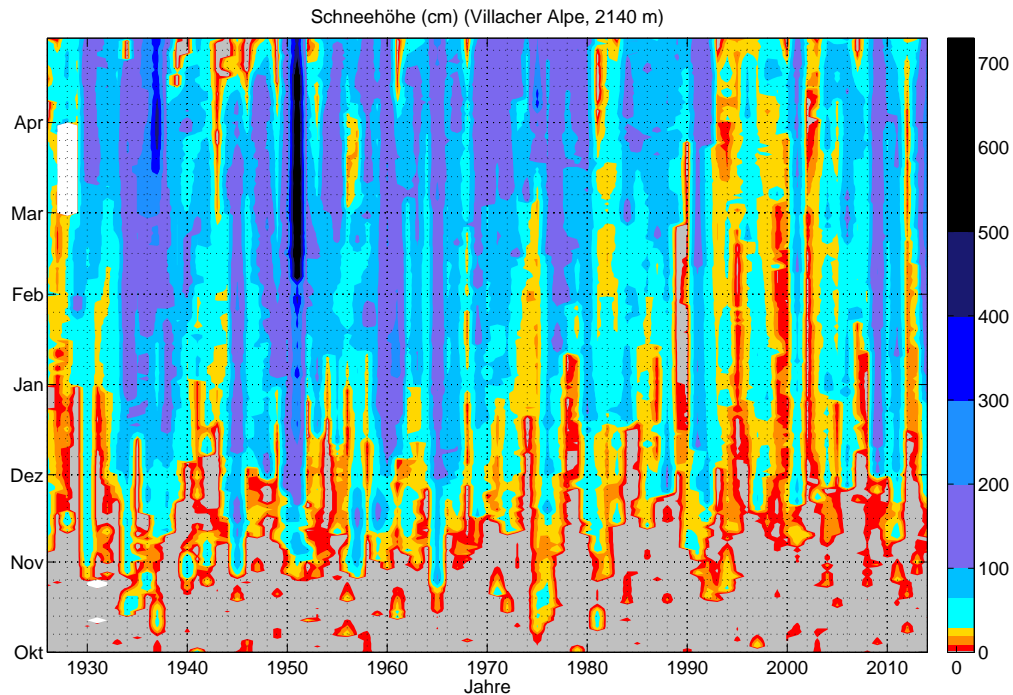


Abbildung 2.26: Tageswerte der Schneehöhe, Villacher Alpe, Okt.-Apr. 1925-2014. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt.

Farbkodierte Darstellung der Gesamtschneehöhe (in cm) von 1925 bis 2014, jeweils von Oktober bis März. Für jede Saison (X-Achse) kann die Schneehöhe (Farbskala) zu jedem Zeitpunkt (Y-Achse links, Monate) abgelesen werden. Werte bis 30cm (angenommene Mindestschneehöhe für Skibetrieb) sind in rot und gelb Tönen dargestellt, Werte darüber in bläulichen Farben. Tage ohne Schnee sind grau. Man erkennt, dass im Oktober meist nur an einzelnen Tagen Schnee liegt, während sich im November in der Regel eine dauerhafte Schneedecke zu bilden beginnt. Zum Ende der Saison liegt in der Regel noch viel Schnee.

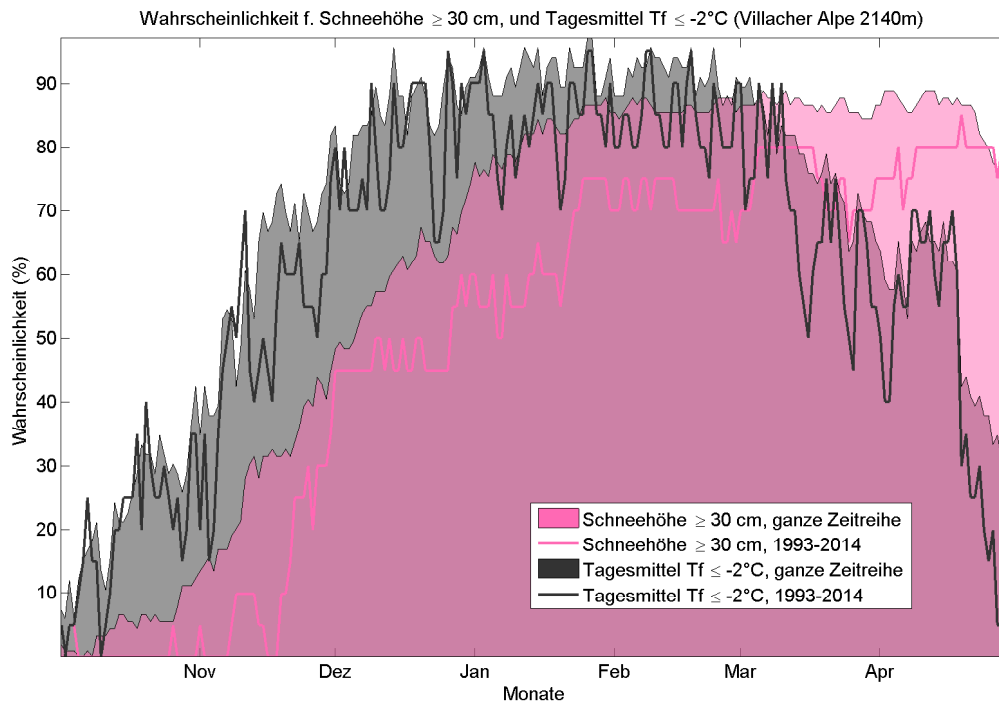


Abbildung 2.27: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Beschneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (Tf ab 1948, Schnee ab 1925).

Darstellung der prozentuellen Wahrscheinlichkeit, das an einem gegebenen Tag der Saison eine Naturschneedecke von über 30cm vorhanden ist, sowie der Wahrscheinlichkeit, dass Beschneibedingungen herrschen. In der Vorsaison sind die Wahrscheinlichkeiten für Naturschnee gering, in der Nachsaison hingegen hoch. Die Wahrscheinlichkeit, dass beschneit werden kann, steigt von November bis Dezember stark an, so dass gegen Ende November unzureichende Naturschneebedeckung häufig durch technische Beschneigung ausgeglichen werden kann. Die Beschneiwahrscheinlichkeit in der Nachsaison fällt ab Mitte März ab, jedoch liegt zu diesem Zeitpunkt in der Regel noch ausreichend Naturschnee.

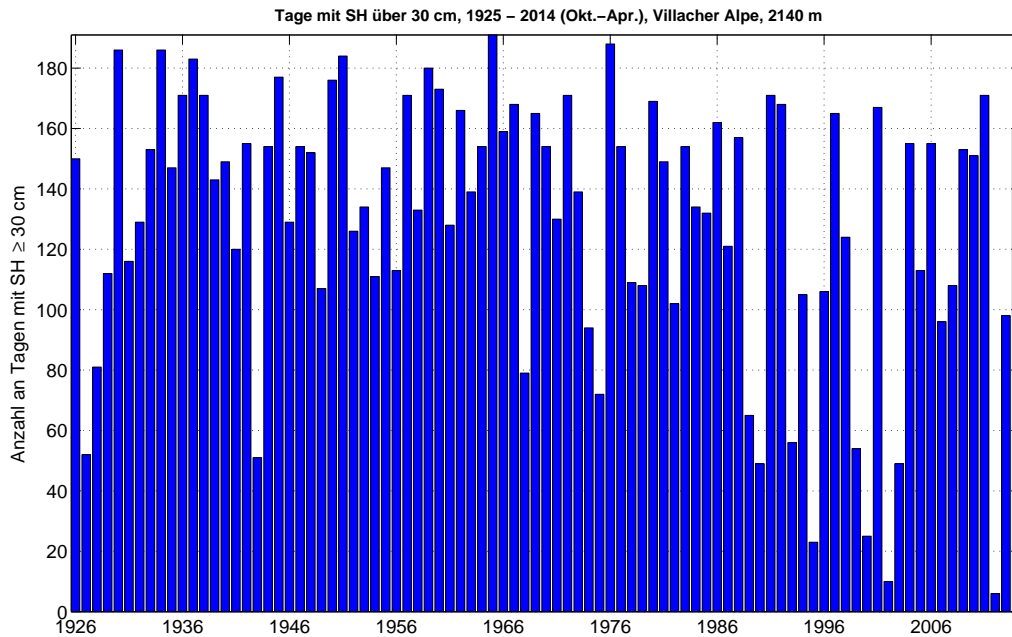


Abbildung 2.28: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1925-2012

Dargestellt ist die Anzahl der Tage pro Saison (Okt.-Apr.) an denen die Naturschneehöhe 30 cm oder mehr erreicht. Man erkennt die hohe intersaisonale Variabilität: Schwankungen von 50 Tagen und weit mehr von einem Jahr zum nächsten sind nicht ungewöhnlich.

2.2.7 Datensatz

Die meteorologischen Basisdaten der Stationen in Österreich stammen von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), jene aus Deutschland vom Deutschen Wetterdienst (DWD). Den folgenden Tabellen ist zu entnehmen, an welchen Standorten was für Daten zur Verfügung stehen.

Österreich				
Station	Höhe (m)	Tageswerte	Stundenwerte	Schneehöhe
Gmunden	424	ab 1930	ab 1982	ab 1930
Puchberg-Schneeberg	583	ab 1949	ab 1982	ab 1949
Kitzbühel	746	ab 1958	ab 2007	
Zell am See	770	ab 1938	ab 1984	ab 1938
Ramsau am Dachstein	1207	ab 1991	ab 1991	ab 1991
St. Anton am Arlberg	1304	ab 1961	ab 2007	an 1957
St. Jakob im Deferegggen Tal	1383	ab 1938	ab 2007	ab 1939
Warth	1478	ab 1984	ab 1984	
Feuerkogel	1618	ab 1987	ab 1987	ab 1930
Loferer Alm	1620	ab 1994	ab 1994	
Obertauern	1722	ab 1984	ab 1984	
Hahnenkamm Ehrenbachhöhe	1794	ab 1992	ab 1992	
Obergurgl	1942	ab 1953	ab 1999	ab 1953
Galzig	2079	ab 1993	ab 1993	
Villacher Alpe	2140	ab 1948	ab 1994	ab 1925
Patscherkofel	2251	ab 1948	ab 1993	
Sonnblick Tawes	3109	ab 1948	ab 1986	

Tabelle 2.1: In dieser Studie herangezogene Wetterstationen der ZAMG mit Seehöhe der Station und Angabe der Periode in der Tages- bzw. Stundendaten der Klimaparameter, sowie Schneehöhendaten zur Verfügung stehen.

Deutschland			
Station	Höhe (m)	Stundenwerte	Schneehöhe
Freiburg	267	ab 1951	ab 1949
Braunlage	607	ab 1948	ab 1936
Garmisch Partenkirchen	719	ab 1948	ab 1936
Oberstdorf	810	ab 1948	ab 1936
KahlerAsten	839	ab 1951	ab 1955
HoPeissenberg	977	ab 1947	ab 1901
Fichtelberg	1213	ab 1951	ab 1951
GrArber	1446	ab 1983	ab 1983
Feldberg	1489,6	ab 1952	1941-2013
Wendelstein	1734,6	1956-2012	1951-2012
Zugspitze	2964	ab 1950	ab 1901

Tabelle 2.2: In dieser Studie herangezogene Wetterstationen des DWD mit Seehöhe der Station und Angabe der Periode in der Stundendaten der Klimaparameter, sowie Schneehöhendaten zur Verfügung stehen.

2.3 Begriffe und Definitionen

2.3.1 Schneeproduktion

Beschneizeit Zeiteinheiten (Stunden oder Tage), in denen die an der Wetterstation gemessene Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit die Grenzwerte für Beschneigung unterschreiten.

Beschneitag auch Schneitag. Tage mit einem Tagesmittelwert der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ werden als Beschneitage definiert. Eine technische Beschneigung ist aus meteorologischer Sicht möglich. Da es sich um Tagesmittelwerte handelt, bedeutet dies besonders bei Werten nahe am Grenzbereich, dass ein gewisser Prozentsatz des Tages nicht beschneit werden kann. Somit entsteht mit dieser Methode eine leichte Überschätzung der möglichen Beschneitage.

Grundbeschneigung Bei der Grundbeschneigung wird vor Saisonbeginn die Schneedecke aufgebracht, die den Beginn des Skibetriebs ermöglicht. Die Dauer der Grundbeschneigung hängt

von der zu beschneidenden Fläche, Anzahl und Verteilung der Schneekanonen, Verfügbarkeit und Temperatur des Wassers und den meteorologischen Bedingungen ab.

Beschneiwahrscheinlichkeit Wahrscheinlichkeit, dass man zu einer bestimmten Zeit (z.B. an einem bestimmten Tag) beschneien kann. Konnte man z.B. zwischen 1950 und 2000 in der Hälfte aller Jahre am 15. November beschneien, ergibt sich für diesen Zeitraum für den 15. November eine Beschneiwahrscheinlichkeit von 50%.

Schneileistung Schneevolumen das pro Zeiteinheit produziert werden kann (in m³/h). Für die Berechnungen wird eine Schneedichte von 400kg/m³ angenommen.

2.3.2 Zeitbegriffe

Wintersaison Der Begriff Wintersaison oder kurz Saison

Tag Zeitspanne von 0-24 Uhr

Nacht, nächtlich Zeitspanne von 23 bis 5 Uhr, im Bereich des mittleren Temperaturminimums

tagsüber während des Tages im Gegensatz zu 'in der Nacht', über Mittags

UTC Universal Time, Coordinated, MEZ plus eine Stunde bzw. MEZ plus 2 Stunden während der Sommerzeit.

2.3.3 Statistik

Für die Grundbegriffe der Statistik sei an dieser Stelle auf Schönwiese (2000) verwiesen. Exemplarisch werden hier einige Begrifflichkeiten erläutert, die aber eine grundlegende Darstellung wie etwa im oben genannten Lehrbuch keinesfalls ersetzen können.

Werden die Werte einer Datenreihen, z.B. der Temperatur T , in einer bestimmten Periode bearbeitet, so bezeichnet man die durch die Anzahl dieser Werte dividierte Summe als arithmetisches Mittel oder Durchschnitt \bar{T} . Der Durchschnitt gibt einen über diese Periode errechneten Mittelwert an.

$$\bar{T} = \frac{\sum T}{N}$$

Die Abweichungen von diesem Mittelwert ermöglichen uns die Streuung der Einzelwerte um diesen Mittelwert, auch Standardabweichung genannt, zu berechnen. Nach der etwas umständlicheren Formel:

$$s^2 = \frac{\sum T^2 - \frac{\sum T^2}{N}}{N-1}$$

Dieses s^2 wird Varianz genannt, erst die Wurzel daraus ist die Standardabweichung s . In der Natur sind die meisten Parameter normalverteilt, das heißt, ihre Häufigkeitsverteilung stellt eine Gaußsche Glockenkurve dar. 68,3 % aller Werte einer um den Mittelwert verteilten Glockenkurve liegen zwischen $\bar{T} - s$ und $\bar{T} + s$. Eine spitze, schmale Kurve bedeutet geringe Streuung; eine breite, flache Kurve ist typisch für eine große Streuung. Erst ab einer größeren Datenmenge zeigt diese Glockenkurve einen glatten Verlauf.

Relativiert man diese Standardabweichung für einen bestimmten Parameter durch Division durch den Mittelwert, so spricht man von Variabilität s/\bar{T} dieses Parameters. Im allgemeinen Sprachgebrauch werden Streuung, Standardabweichung und Variabilität oft miteinander vermischt.

Die Trendberechnung dient der Feststellung von systematischen Abweichungen einer Datenmenge (Zeitreihe). Die Aussagekraft dieser statistischen Größen wird an verschiedenen Grenzwerten gemessen. Diese Grenzwerte legen die Wahrscheinlichkeit des Auftretens dieser Maßzahlen fest.

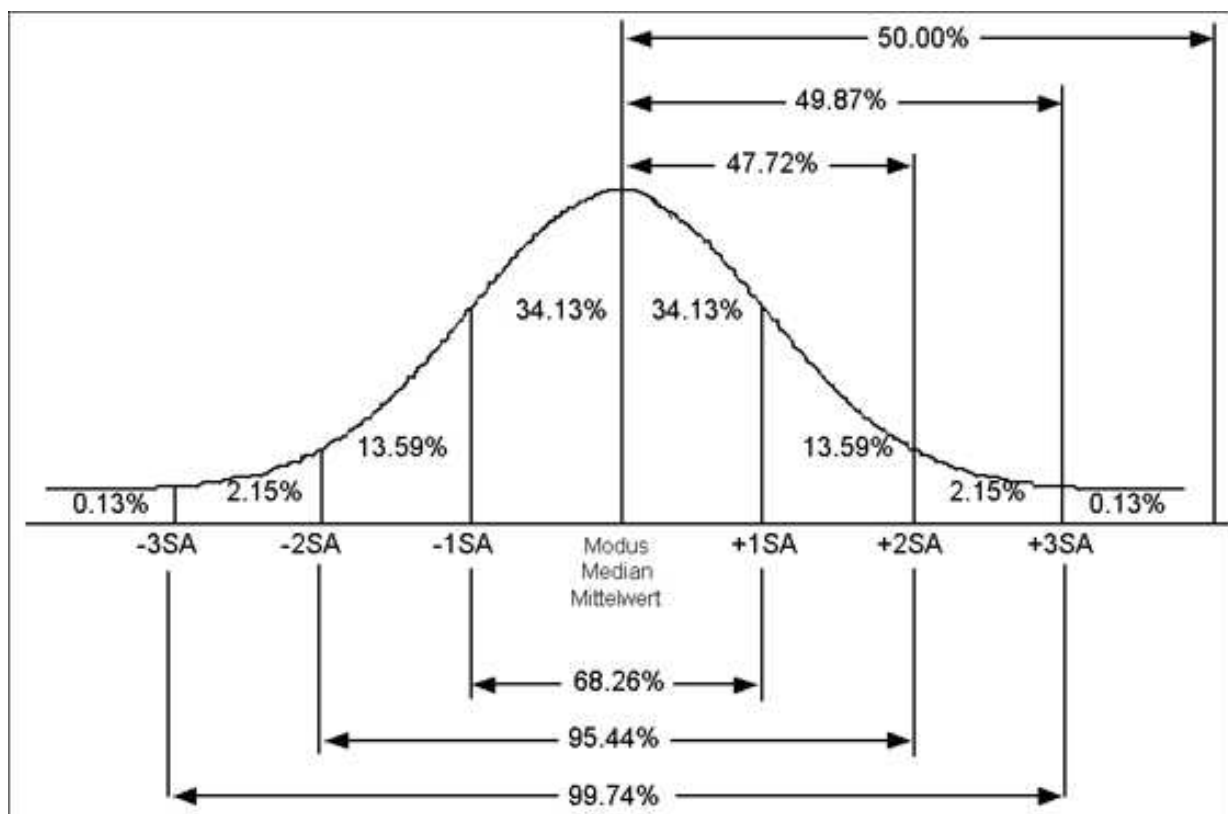


Abbildung 2.29: Grafik zur Standardabweichung: Die Werte dieser Kurve sind um den Mittelwert verteilt. Innerhalb der einfachen Standardabweichung (zwischen Mittelwert-1SA und Mittelwert+1SA) liegen etwa zwei Drittel aller Werte der Kurve. Übernommen aus Olefs et al 2007b.

2.4 Literatur

Abegg, B., Agrawala, S., Crick, F., de Montfalcon, A., 2007. Climate change impacts and adaptation in winter tourism. In S. Agrawala (Ed.), *Climate change in the European Alps. Adapting winter tourism and natural hazards management*, 25-60, Paris: OECD.

Abegg, B., Steiger, A., 2011. Will Alpine summer tourism benefit from climate change? A review, in: Borsdorf, A., Stötter, J., Vuillet, E. (Eds.), *Managing Alpine Future II - Inspire and Drive Sustainable Mountain Regions. Proceedings of the Innsbruck Conference, November 21-23, 2011, IGF-Forschungsberichte. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Innsbruck*, 268-277.

Abermann, J., Kuhn, M., Fischer, A., 2011. Climatic controls of glacier distribution and changes in Austria. *Annals of Glaciology*, 52/59, 83-90.

Auer, I., Böhm, R., Jurkovic, A., Lipa, W., Orlik, A., Potzmann, R., Schöner, W., Ungersböck, M., Matulla, C., Briffa, K., Jones, P., D. Efthymiadis, D., Brunetti, M., Nanni, T., Maugeri, M., Mercalli, L., Mestre, O., Moisselin, J-M., Begert, M., Müller-Westermeier, G., Kveton, V., Bochnicek, O., Stastny, P., Lapin, M., Szalai, S., Szentimrey, T., Cegnar, T., Dolinar, M., Gajic-Capka, M., Zaninovic, K., Majstorovic, Z., Nieplova, E., 2007. HISTALP - historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region, *International Journal of Climatology*, Vol. 27/1, 17-46.

Auer, I., Foelsche, U., Böhm, R., Chimani, B., Haimberger, L., Kerschner, H., Koinig, K., Nicolussi, K., Diendorfer, G., Godina, R., Hofstätter, M., Jurkovic, A., Kaiser, A., Kirchengast, G., Koch, E., Ladinig, A., Matulla, C., Olefs, M., Potzmann, R., Schöner, W., Simic, S., Spangl, W., Weilguni, V., Kapitel 3: Vergangene Klimaänderung in Österreich, in: Kromp-Kolb, H., Nakicenovic, N., Steininger, K., Gobiet, A., Formayer, H., Köppl, A., Prettenthaler, F., Stötter, J., Schneider, J.(Hg.): *Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014*, 227-300, doi:10.1553/aar14s227.

Bartelt, P., Lehning, M., 2002. A physical SNOWPACK model for Avalanche Warning Services. Part I: numerical model, *Cold Reg. Sci. Technol.*, 35, 123-145.

Beniston, M., Keller, F., Koffi, B., Goyette, S., 2003. Estimates of snow accumulation and volume in the Swiss Alps under changing climatic conditions, *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. 76/3-4, 125-140. DOI 10.1007/s00704-003-0016-5.

Berghammer, A., Schmude, J., 2014. The Christmas-Easter shift: simulating Alpine ski resorts' future development under climate change conditions using the parameter 'optimal ski day'. *Tou-*

rism Economics, 20 (2), 323-336 DOI 10.5367/te.2013.0272

Böhm, R., Auer, I., Brunetti, M., Maugeri, M., Nanni, T., Schöner, W., 2001. Regional Temperature variability in the European Alps 1760-1998 from homogenised instrumental time series. *International Journal of Climatology*, 21, 1779-1801

Breiling, M., Charamza, P., Skage, O.R., 1997. Klimasensibilität österreichischer Bezirke mit besonderer Berücksichtigung des Wintertourismus (Langfassung Endbericht No. Projektnummer 18 3895 / 222 - I / 9 / 95). Institut für Landschaftsplanung Alnarp, Schwedische Universität für Agrarwissenschaften. Forschungsauftrag des Österreichischen Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten / Abteilung Tourismuspolitik und des Österreichischen Bundesministerium für Umwelt, Alnarp

Breiling M., Charamza, P., 1999. The impact of global warming on winter tourism and skiing: a regionalised model for Austrian snow conditions. *Regional Environmental Change Journal*, Volume 1.1. S. 4-14. ISSN 1436-3798.

Breiling M., 2009. Klimawandel und Wintertourismus im Land Salzburg. *SIR-Mitteilungen und Berichte* 34/2009-2010, 107-116.

Brun, E., Martin, E., Simon, V., Gendre, C., Coleou, C., 1989. An energy and mass model of snow cover suitable for operational avalanche forecasting. *Journal of Glaciology* 35 (121), 333-342.

de Jong, C., 2012. Auswirkungen von Klimawandel und künstlicher Beschneigung auf Wurmberg und Winterberg - Erste Ergebnisse einer Analyse der Planungsunterlagen sowie von Geländeuntersuchungen im Juli 2012.

Dye, D.G., 2002. Variability and trends in the annual snow cover cycle in Northern Hemisphere land areas, 1972-200, *Hydrolog. Process.*, 16, 3065-3077.

Christensen, J.H., Hewitson, B., Busuioc, A., Chen, A., Gao, X., Held, I., Jones, R., Kolli, R.K., Kwon, W.-T., Laprise, R., Magaña Rueda, V., Mearns, L., Menéndez, C.G., Räisänen, J., Rinke, A., Sarr, A., Whetton, P., 2007. Regional Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, ed. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. & Miller, H.L., Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2007.

Falk, M., 2010. A dynamic panel data analysis of snow depth and winter tourism. *Tourism Management* 31, 912-924. doi:10.1016/j.tourman.2009.11.010

Fauve, M., Rhyner, H., Schneebeili, M., 2002. *Pistenpräparationen und Pistenpflege. Das Handbuch für den Praktiker.* SLF Davos, 134 S.

- Fischer, A., Olefs, M., Abermann, J., 2011. Glaciers, snow and ski tourism in Austria's changing climate. *Annals of Glaciology* 52/58, 89-96.
- Fliri, F., 1974. Niederschlag und Lufttemperatur im Alpenraum. *Wissenschaftliche Alpenvereinshefte* 24, 111 S.
- Fliri, F., 1975. Das Klima der Alpen im Raume von Tirol. Innsbruck, Wagner, 454 S. (Monographien zur Landeskunde Tirols I).
- Fliri, F., 1990. Über Veränderungen der Schneedecke in Nord- und Osttirol in der Periode 1895-1991, *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 26(2).
- Fliri, F., 1992. Der Schnee in Nord- und Osttirol, 2 Bände, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck.
- Formayer, H., Hofstätter, M., Haas, P., 2009. BOKU-Met Report 11 Untersuchung der Schneesicherheit und der potenziellen Beschneigungszeiten in Schladming und Ramsau (Endbericht STRATEGIE No. 11; BOKU-Met Report). Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur, Wien.
- Formayer, H., Kromp-Kolb, H., 2009. Klimawandel und Tourismus in Oberösterreich. Forschungsbericht im Auftrag des OÖ Umweltlandesrats Rudi Anschober und der Landes-Tourismusorganisation Oberösterreich.
- Formayer, H., Hofstätter, M., Haas, P., 2011. Klimatische Situation und lokale Klimaszenarien für die Wintersaison, in: *Tourismus im Klimawandel: zur regionalwirtschaftlichen Bedeutung des Klimawandels für die österreichischen Tourismusgemeinden*. Verlag der österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, 152-179.
- Gobiet, A., S. Kotlarski, M. Beniston, G. Heinrich, J. Rajczak, Stoffel, M., 2013. 21st century climate change in the European Alps - A review, *Sci. Total Environ.*, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.050>.
- Gössling, S., Hall, C. M., Ekström, F., Engeset, A. B., Aall, C., 2012. Transition management: a tool for implementing sustainable tourism scenarios?, *Journal of Sustainable Tourism*, 20(6), 899-916. DOI: 10.1080/09669582.2012.699062
- Hantel, M., Ehrendorfer, M., Haslinger, A., 2000. Climate Sensitivity of Snow Cover Duration in Austria. *International Journal of Climatology*, 20, 615-640.
- Held I.M., 2013. Climate science: The cause of the pause. *Nature* 501, 318-319, doi:10.1038/501318a
- IPCC, 2001. *Climate Change 2001. The Scientific Basis. Contribution of the Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Houghton,

J.T. et al., eds), Cambridge and New York 2001.

IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535, doi:10.1017/CBO9781107415324.

Jordan, R., 1991. A one-Dimensional Temperature Model for a Snow Cover. Technical Documentation for SNTHERM.89. CRREL Special Report, 91-16.

Kirtman, B., Power, S.B., Adedoyin, J.A., Boer, G.J., Bojariu, R., Camilloni, I., Doblas-Reyes, F.J., Fiore, A.M., Kimoto, M., Meehl, G.A., Prather, M., Sarr, A., Schär, C., Sutton, R., van Oldenborgh, G.J., Vecchi, G., Wang, H.J., 2013. Near-term Climate Change: Projections and Predictability. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the IPCC, ed. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P.M., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013

Kosaka Y., S.P. Xie , 2013. Recent global-warming hiatus tied to equatorial Pacific surface cooling. Nature, doi:10.1038/nature12534

König, M., Loibl, W., Steiger, R., Aspöck, H., Bednar-Friedl, B., Brunner, K.-M., Haas, W., Höferl, K.-M., Huttenlau, M., Walochnik, J., Weisz, U., Mechler, R., Moshhammer, H., Seher, W., 2014, Kapitel 6: Der Einfluss des Klimawandels auf die Anthroposphäre, in: Kromp-Kolb, H., Nakicenovic, N., Steininger, K., Gobiet, A., Formayer, H., Köppl, A., Prettenhaler, F., Stötter, J., Schneider, J.(Hg.): Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014, 641 - 706 doi:10.1553/aar14s641

Kromp-Kolb, H., Formayer, H., 2001. Klimaänderungen und mögliche Auswirkungen auf den Wintertourismus in Salzburg, Studie im Auftrag des Amtes der Salzburger Landesregierung, 27 S.

Lehning, M., Bartelt, P., Brown, B., Fierz, C., Satyawali, P., 2002. A physical SNOWPACK model for the Swiss avalanche warning. Part II: Snow Microstructure, Cold Regions Science and Technology 35/3, 147-167.

- Liljequist, G. H., Cihak, K., 1984. Allgemeine Meteorologie, Springer Verlag, 412 S.
- Meehl, G.A., J.M. Arblaster, J.T. Fasullo, A. Hu, Trenberth, K.E., 2011. Model-based evidence of deep-ocean heat uptake during surface-temperature hiatus periods. *Nature Climate Change* 1, 360-364, doi:10.1038/nclimate1229
- Moriarty, J. P., 2012. Theorising scenario analysis to improve future perspective planning in tourism, *Journal of Sustainable Tourism*, 20(6), 779-800. doi: 10.1080/09669582.2012.673619
- Müller, H., 2007. Entwicklungsszenarien für den Alpenraum. ed. Egger, R. & Herdin T., *Tourismus: Herausforderung: Zukunft*, Wissenschaftliche Schriftenreihe des Zentrums für Tourismusforschung - Salzburg, 1, 365-376.
- Nickus, U., Vergeiner, I., 1984. The Thermal Structure of the Inn Valley Atmosphere, *Arch. Met. Geoph. Biocl., Ser. A* 33, 199-215.
- OcCC-Consortium (Organe consultatif sur les changements climatiques) 2007. OcCC Report: Klimaänderung und die Schweiz 2050 (OcCC report: Climate change and Switzerland 2050). Bern, Switzerland Organe consultatif sur les changements climatiques-Advisory Body on Climate Change.
- Ohmura, A., 2012. Enhanced temperature variability in high-altitude climate change, *Theor. Appl. Climatol.*
- Olefs, M., Fischer, A., Lang, J., 2007 a. Kurzfassung: Untersuchungen zur Beschneigungsklimatologie Österreich, Studie am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck.
- Olefs, M., Fischer, A., Lang, J., 2007 b. Beschneigungsklimatologie: Teil I (Methodik und Datensatz), Studie am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck.
- Olefs, M., Fischer, A., Lang, J., 2007 c: Beschneigungsklimatologie: Teil II (Analyse Stationen), Studie am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck.
- Olefs, M., Fischer, A., Lang, J., 2010. Boundary conditions for artificial snow production in the Austrian Alps, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 49, 1096-1113.
- Patzelt, G., 1987. MaB Projekt Obergurgl. Veröffentlichungen des Österreichischen MaB-Programms, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck, 350 S.
- Prettenthaler, F., Albrecher, H., 2009. Hochwasser und dessen Versicherung in Österreich: Evaluierung und ökonomische Analyse des von der Versicherungswirtschaft vorgeschlagenen Modells *NatKat*. Joanneum Research, Graz
- Pütz, M., Gallati, D., Kytzia, S., Elsasser, H., Lardelli, C., Teich, M., Waltert, F., Rixen, C., 2011. Winter Tourism, Climate Change, and Snowmaking in the Swiss Alps: Tourists' Attitudes and

- Regional Economic Impacts. *Mountain Research and Development*, 31(4):357-362.
- Reiter, E., 1958. Klima von Innsbruck 1931-55 (Anhang 1956 u. 1957), Statistisches Amt der Landeshauptstadt Innsbruck, 2. Sonderveröffentlichung, 68 S.
- Rixen, R., Teich, M., Lardelli, C., Gallati, D., Pohl, M., Püütz, M., Bebi, P., 2011. Winter Tourism and Climate Change in the Alps: An Assessment of Resource Consumption, Snow Reliability, and Future Snowmaking Potential. *Mountain Research and Development*, 31(3):229-236. 2011. DOI: 10.1659/MRD-JOURNAL-D-10-00112.1
- Salby, M. L., *Fundamentals of Atmospheric Physics*, Volume 61 of the International Geophysics Series, Academic Press, 1996, 627 S
- Scherrer, S. C., C. Appenzeller, Laternser, M., 2004. Trends in Swiss Alpine, snow days: The role of local- and large-scale climate variability, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L13215, doi:10.1029/2004GL020255.
- Schönwiese, C., 2000. *Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler*. Berlin, Stuttgart: Bornträger.
- Schönwiese, C., 2013. *Klimatologie*. Berlin, Stuttgart: Bornträger.
- Scott, D., McBoyle, G., Minogue, A., Mills, B., 2006. Climate Change and the Sustainability of Ski-based Tourism in Eastern North America: A Reassessment, *Journal of Sustainable Tourism*, 14(4), 376-398.
- Scott, D., Lemieux, C., 2010. Weather and climate information for tourism. *Procedia Environmental Sciences*, 1, 146-183.
- Scott, D., 2011. Why sustainable tourism must address climate change, *Journal of Sustainable Tourism*, 19(1), 17-34. DOI: 10.1080/09669582.2010.539694
- Sonntag, D., 1990. Important new values of the physical constants of 1986, vapour pressure formulations based on the ITS-90, and psychrometer formulae. *Zeitschrift für Meteorologie* 40 , 340-344.
- Stainforth, D. A., Chapman, S.C., Watkins, N. W., 2013. Mapping climate change in European temperature distributions. *Environmental Research Letters*, 8(3), 034031.
- Steiger, R., 2010. The impact of climate change on ski season length and snowmaking requirements in Tyrol, Austria. *Climate Research*, 43(3), 251-262.
- Steiger, R., 2011 a. The impact of snow scarcity on ski tourism: an analysis of the record warm season 2006/2007 in Tyrol (Austria). *Tourism Review* 66, 4-13. doi:10.1108/16605371111175285

- Steiger, R., 2011 b. The impact of climate change on ski touristic demand using an analogue approach. In: Klaus Weiermair, Harald Pechlaner, Andreas Strobl, Marianna Elmi (Eds): Coping with Global Climate Change. Strategies, Policies and Measures for the Tourism Industry. Innsbruck University Press, Innsbruck, 247-256.
- Steiger, R., Abegg, B., 2011. Climate change impacts on Austrian ski areas, in: Borsdorf, A., Stötter, J., Vuelliet, E. (Eds.), *Managing Alpine Future II. „Inspire and Drive Sustainable Mountain Regions“* - Proceedings of the Innsbruck Conference November 21-23, 2011. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich.
- Steiger, R., 2012. Scenarios for skiing tourism in Austria: integrating demographics with an analysis of climate change, *Journal of Sustainable Tourism*, 20(6), 867-882, DOI: 10.1080/09669582.2012.680464.
- Steiger, R., Abegg, B., 2013. The Sensitivity of Austrian Ski Areas to Climate Change. *Tourism Planning and Development* 10, 480-493. doi:10.1080/21568316.2013.804431
- Steiger, R., 2013. Auswirkungen des Klimawandels auf Skigebiete im bayerischen Alpenraum, KlimTourB Projektabschlussbericht, Studie im Auftrag des Deutschen Alpenvereins
- Steiger, R., Stötter, J., 2013. Climate Change Impact Assessment of Ski Tourism in Tyrol, *Tourism Geographies: An International Journal of Tourism Space, Place and Environment*, 15(4), pp. 577-600. DOI: 10.1080/14616688.2012.762539.
- Steinacker, R., 1983. Diagnose und Prognose der Schneefallgrenze, *Wetter und Leben*, 35, 81-90. Third National Climate Report of the Austrian Federal Government (Federal Law Gazette No 414/1994)
- Töglhofer, C., Eigner, F., Pretenthaler, F., 2011. Impacts of snow conditions on tourism demand in Austrian ski areas. *Climate Research* 46, 1-14. doi:10.3354/cr00939
- Vergeiner I., Dreiseitl, E., 1982. Die Ausbreitungsverhältnisse von Schadstoffen im unteren Gailtal, *Carinthia II*, 39. Sonderheft, 29-49.
- Vergeiner, I., Dreiseitl, E., Feichter, H., Pümpel, H., 1978. Inversionslagen in Innsbruck, *Wetter und Leben*, Jahrgang 30, 1978, 69-86.
- Weaver D., 2011. Can sustainable tourism survive climate change?, *Journal of Sustainable Tourism*, 19(1), 5-15, doi: 10.1080/09669582.2010.536242
- Whiteman, C.D., 2000. *Mountain Meteorology, Fundamentals and Applications*, Oxford University Press, 355 S.
- Wielke, L.-M., Haimberger, L., Hantel, M., 2004. Snow cover duration in Switzerland compared

to Austria, *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 13/1, 13-17(5).

Kapitel 3

Ergebnisse Österreich

3.1 Feuerkogel (1618 m)

3.1.1 Naturschnee

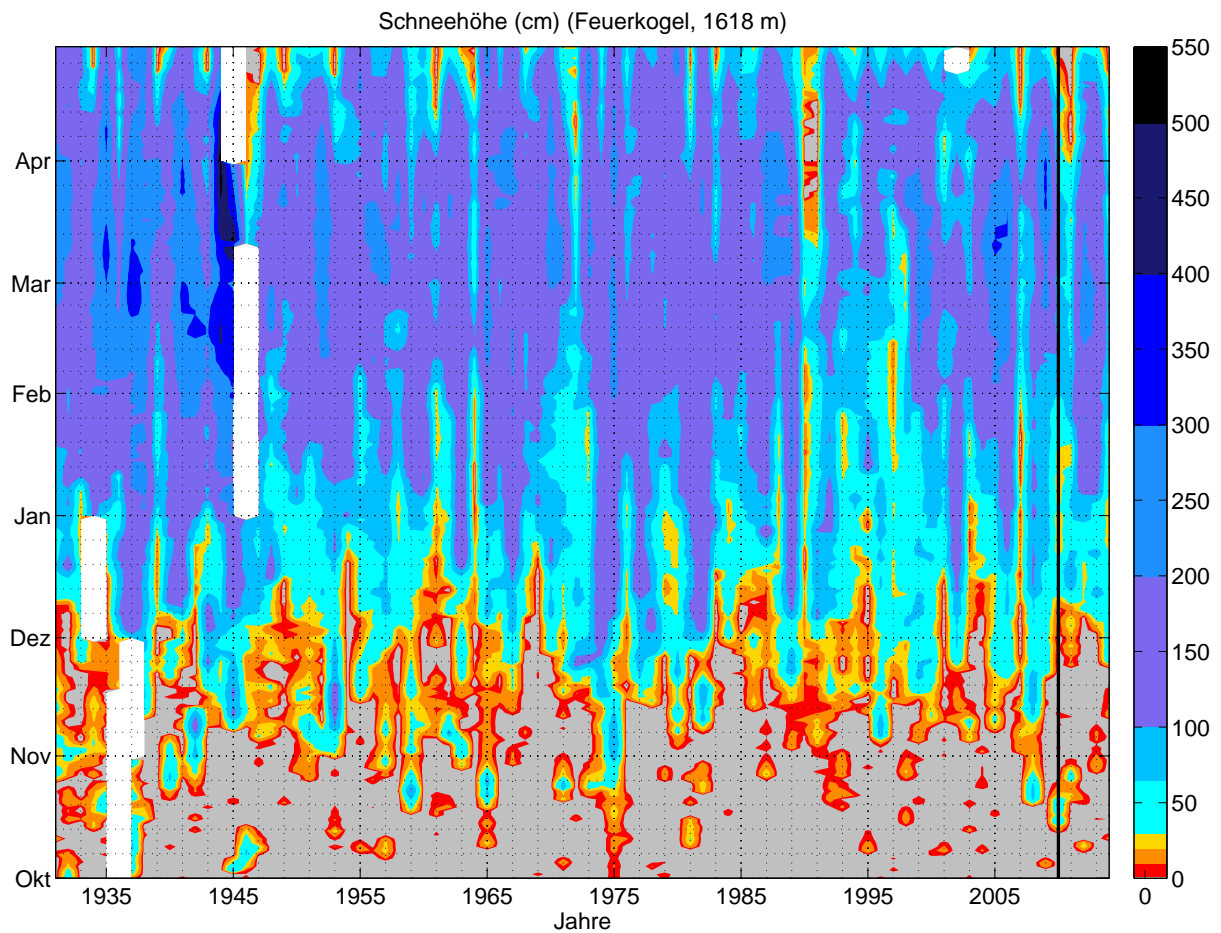


Abbildung 3.1: Tageswerte der Schneehöhe, Feuerkogel, Okt.-Apr. 1930-2014. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt. Im Winter 2008/09 wurde der Messstandort verlegt, dies ist mit einer schwarzen Linie markiert.

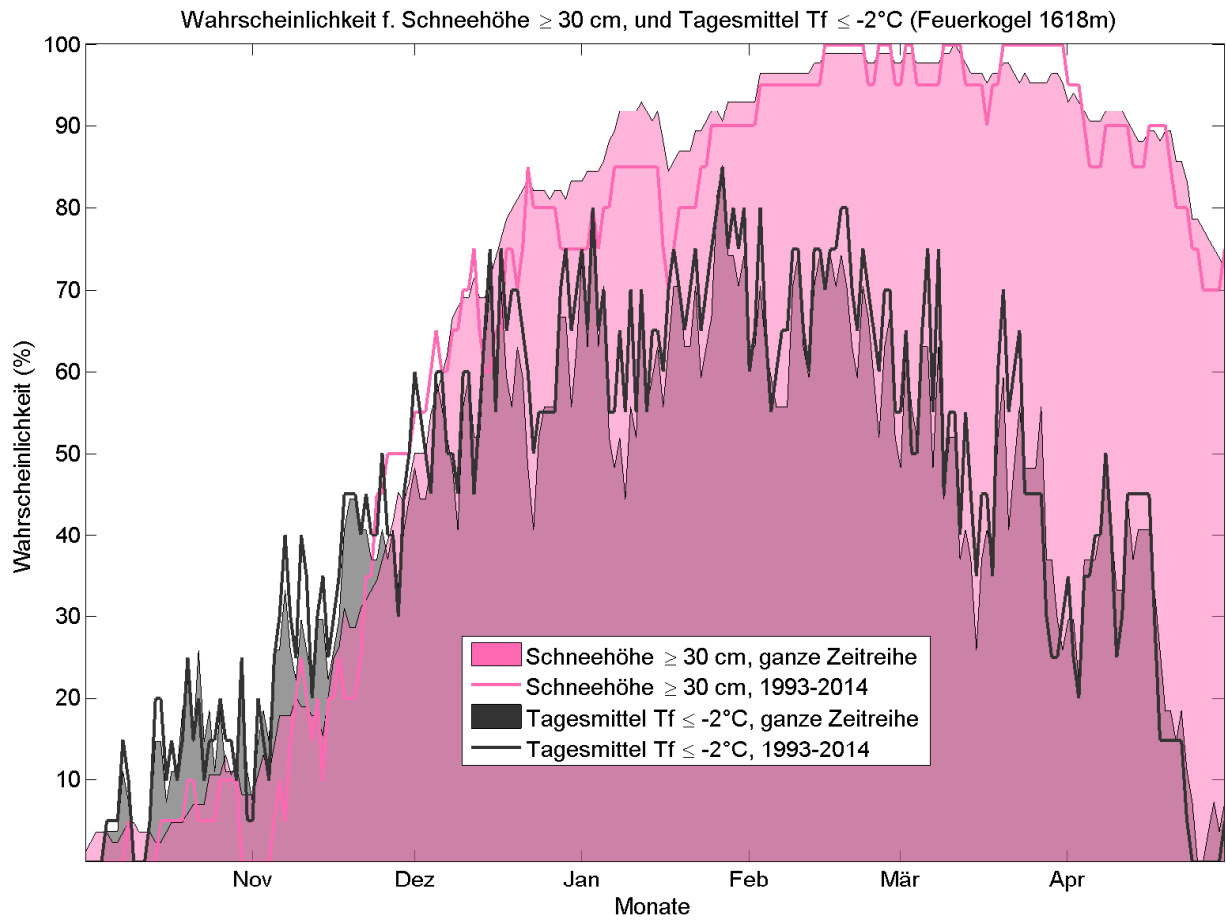


Abbildung 3.2: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchtttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Beschneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (ab 1930), sowie für die letzten 20 Jahre.

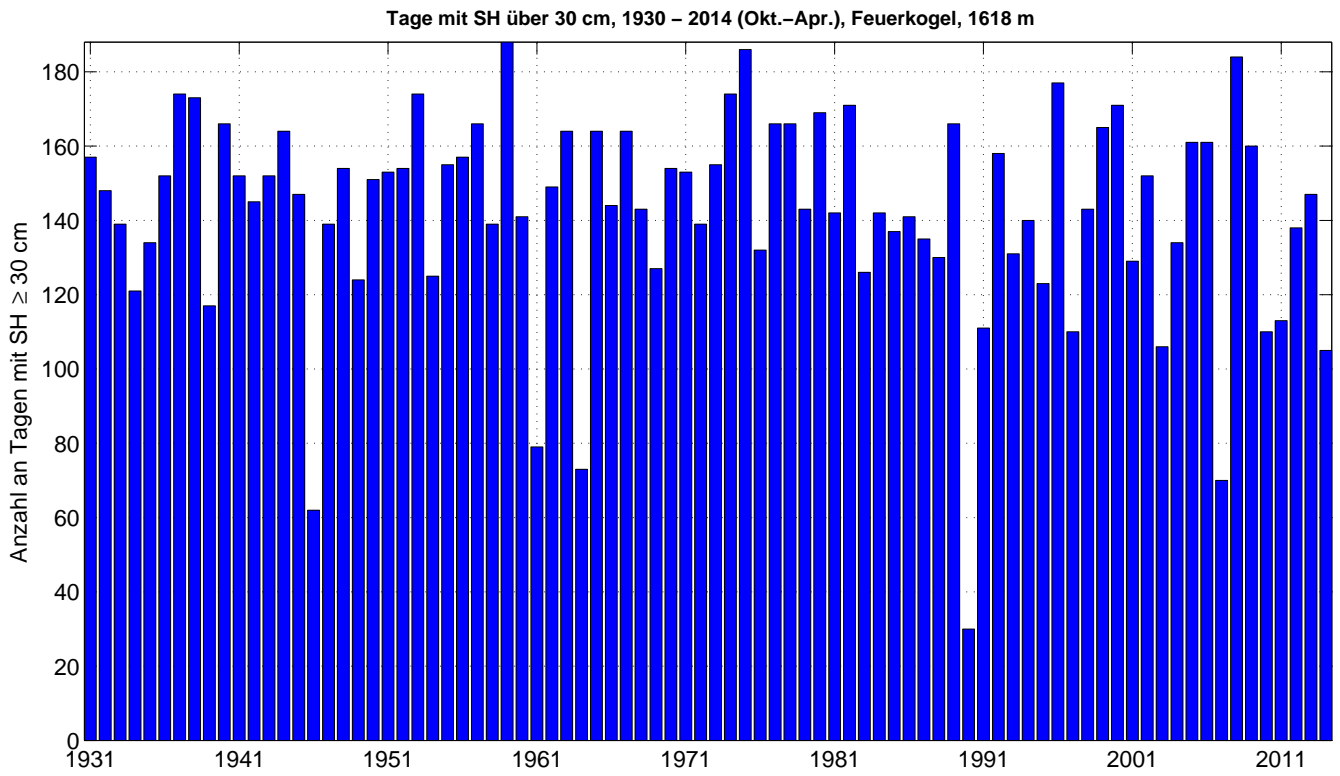


Abbildung 3.3: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1930-2014

3.1.2 Langzeitanalyse - Trends und Klima

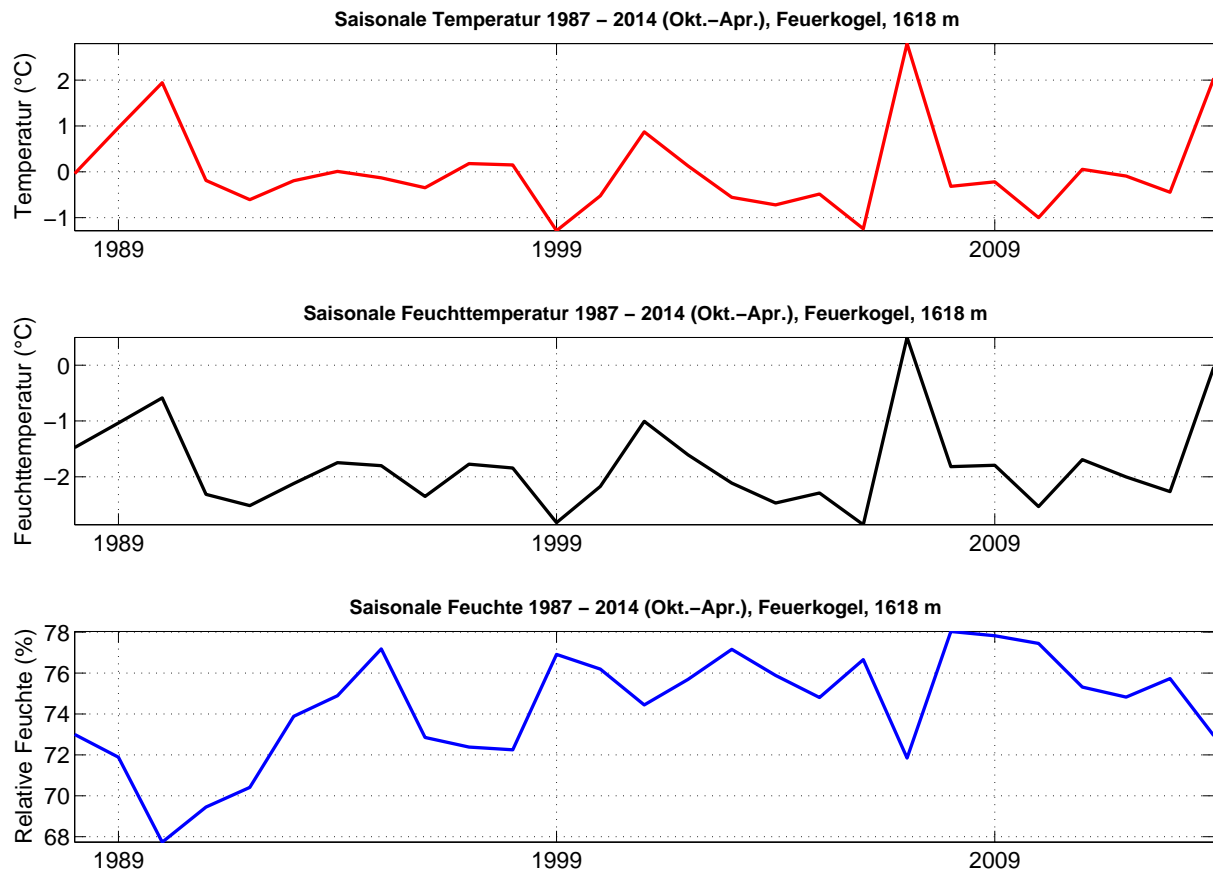


Abbildung 3.4: Saisonale Lufttemperatur, relative Feuchte und Feuchttemperatur, Feuerkogel, Okt.-Apr. 1987-2014.

Die Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Tagesmittel der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$) beträgt im Mittel 90 Tage und unterliegt einer natürlichen, intersaisonalen Schwankung von etwa 18 Tagen. Siehe Abb.

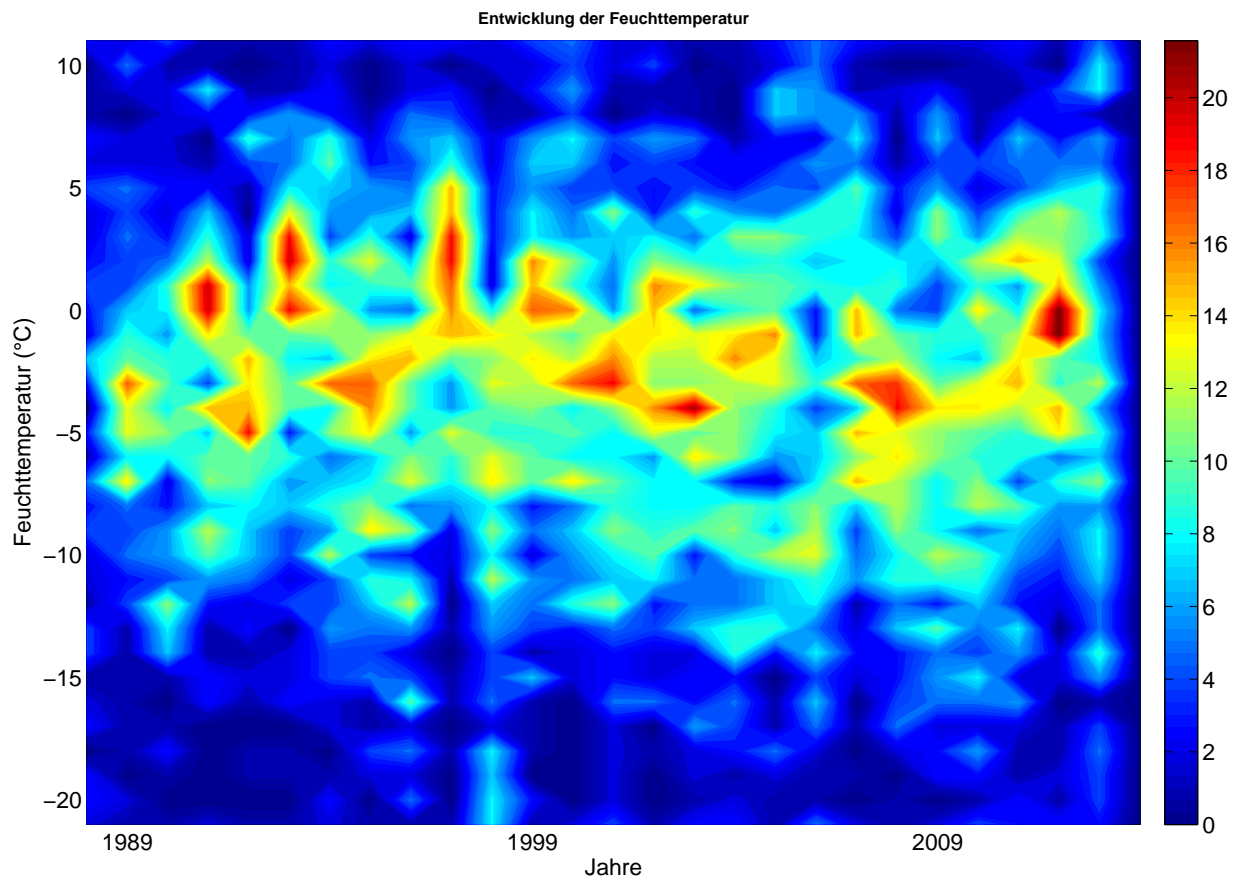


Abbildung 3.5: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1987-2014, Feuerkogel.

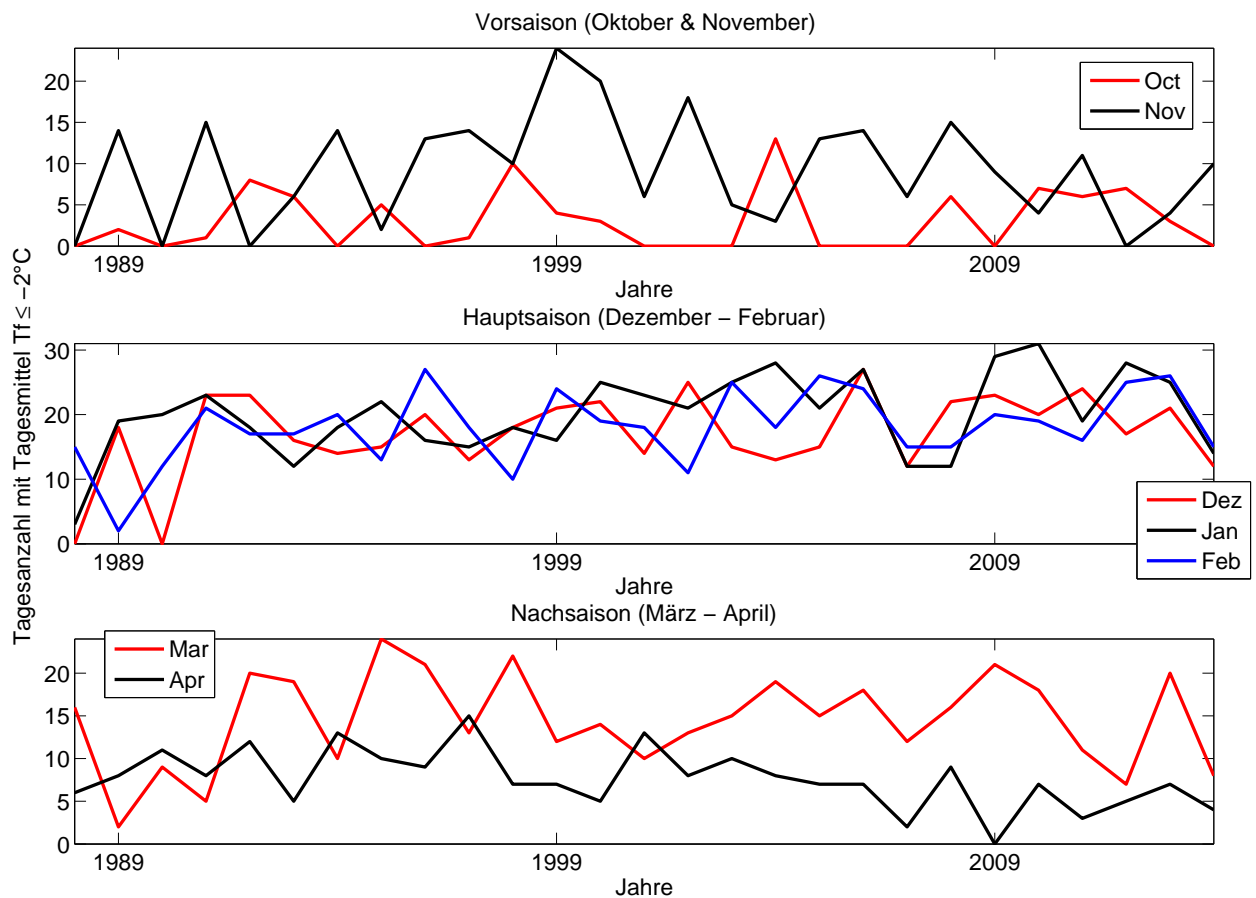


Abbildung 3.6: Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$, aufgeteilt in Monate.

Im Januar gibt es im Durchschnitt am meisten Schneitage (20) im Oktober (3) und April (8) am wenigsten. Die intersaisonale Variabilität liegt von November bis Februar bei ca. 6 Tagen und ist in der Vor- und Nachsaison etwas geringer. Siehe Abb. 3.6.

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), Feuerkogel 1618m

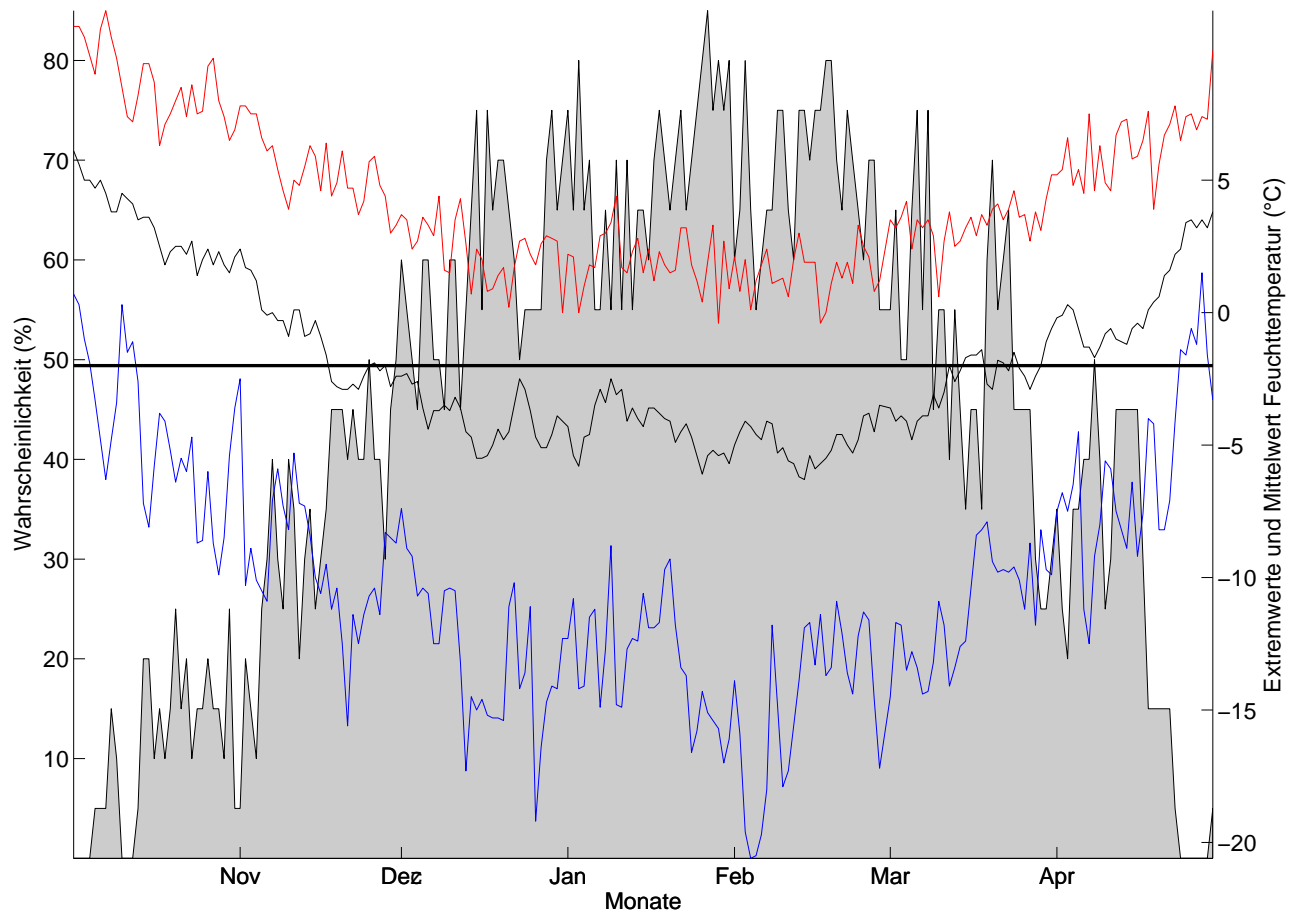


Abbildung 3.7: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Feuerkogel, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1987-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte, sowie der Mittelwert angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Beschneitage Feuerkogel pro Saison und Monat							
Mittelwert	3	9	17	20	18	14	8
SD	3,6	6,5	6,4	6,3	5,7	5,5	3,4
Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
1987/88	0	0	0	3	15	16	6
1988/89	2	14	18	19	2	2	8
1989/90	0	0	0	20	12	9	11
1990/91	1	15	23	23	21	5	8
1991/92	8	0	23	18	17	20	12
1992/93	6	6	16	12	17	19	5
1993/94	0	14	14	18	20	10	13
1994/95	5	2	15	22	13	24	10
1995/96	0	13	20	16	27	21	9
1996/97	1	14	13	15	18	13	15
1997/98	10	10	18	18	10	22	7
1998/99	4	24	21	16	24	12	7
1999/00	3	20	22	25	19	14	5
2000/01	0	6	14	23	18	10	13
2001/02	0	18	25	21	11	13	8
2002/03	0	5	15	25	25	15	10
2003/04	13	3	13	28	18	19	8
2004/05	0	13	15	21	26	15	7
2005/06	0	14	27	27	24	18	7
2006/07	0	6	12	12	15	12	2
2007/08	6	15	22	12	15	16	9
2008/09	0	9	23	29	20	21	0
2009/10	7	4	20	31	19	18	7
2010/11	6	11	24	19	16	11	3
2011/12	7	0	17	28	25	7	5
2012/13	3	4	21	25	26	20	7
2013/14	0	10	12	14	15	8	4

Tabelle 3.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1987 - 2014, Feuerkogel.

3.1.3 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

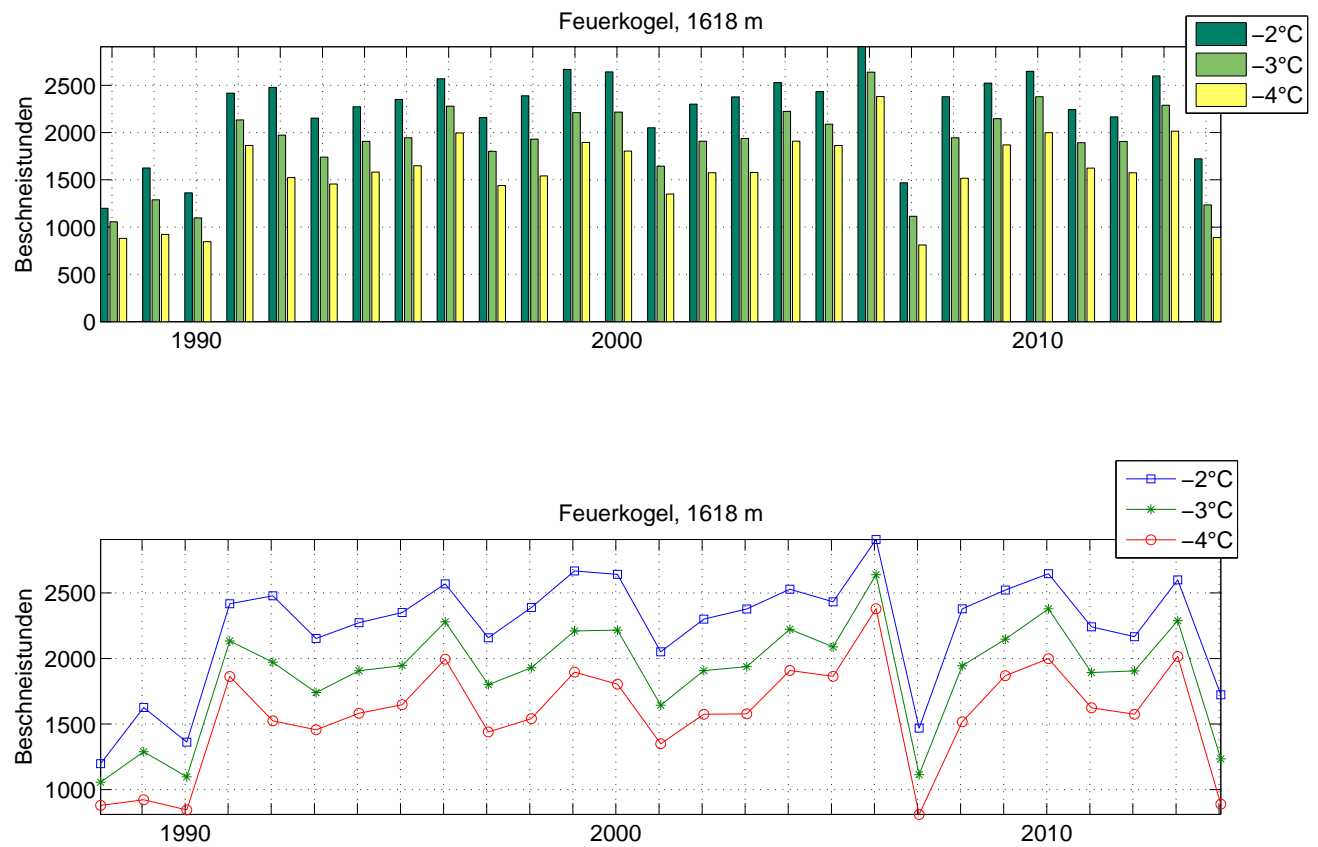
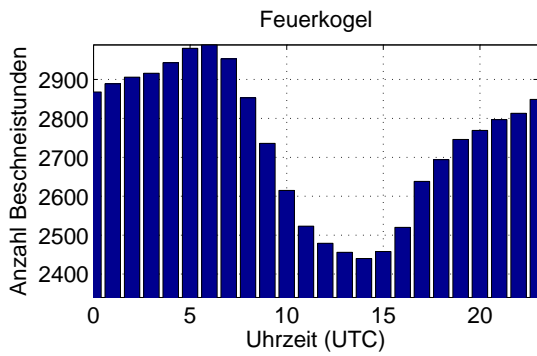
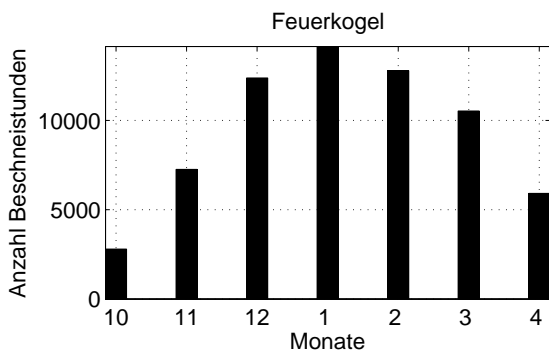
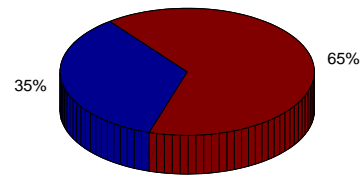


Abbildung 3.8: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 418 Stunden (17 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es im Mittel 2245 potentielle Beschneistunden (ca. 93 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 418 Stunden (ca. 17 Tage). Siehe Abb. 3.8.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

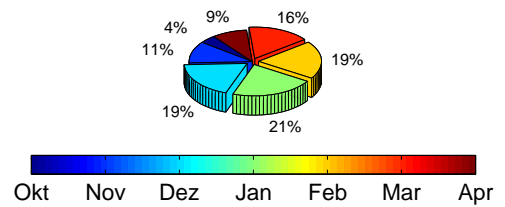


Abbildung 3.9: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

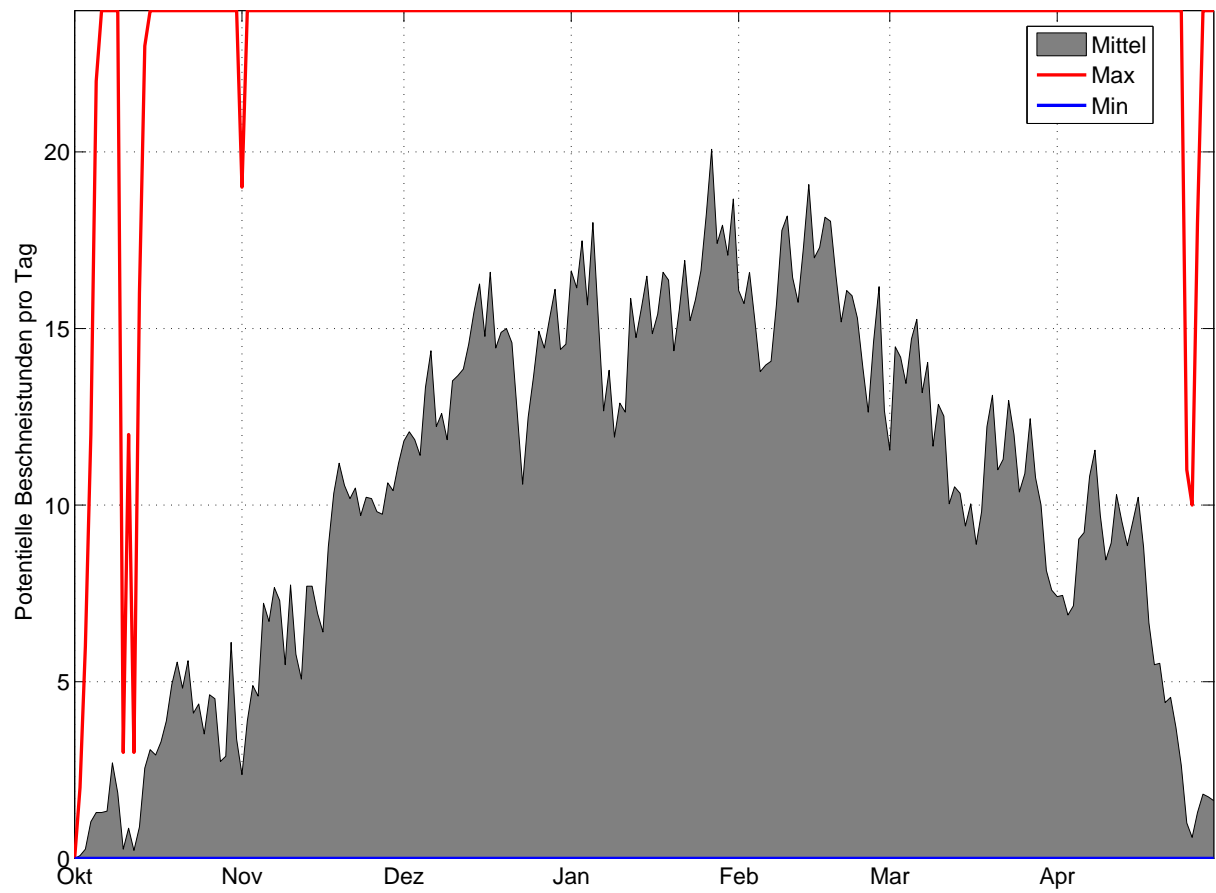


Abbildung 3.10: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1987-2014, Station Feuerkogel, 1618 m.

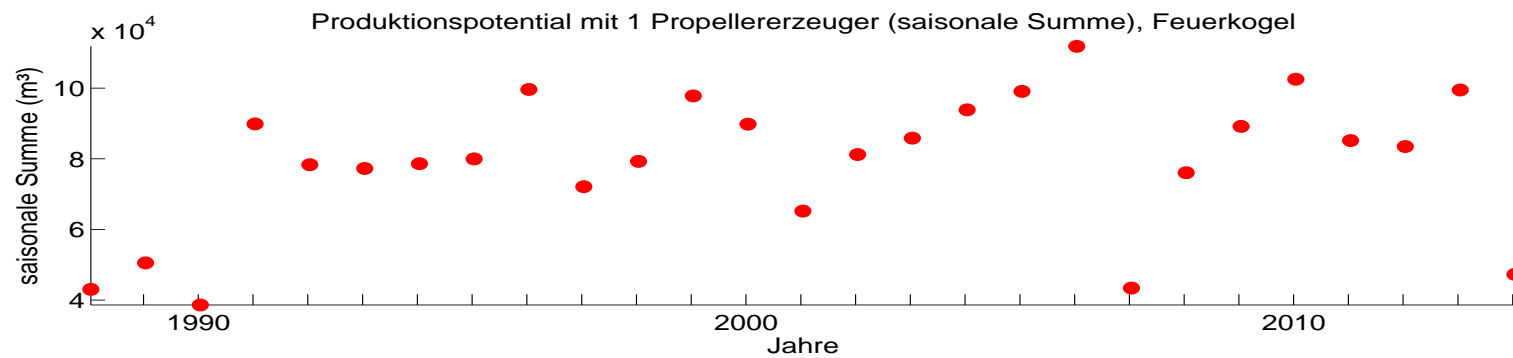
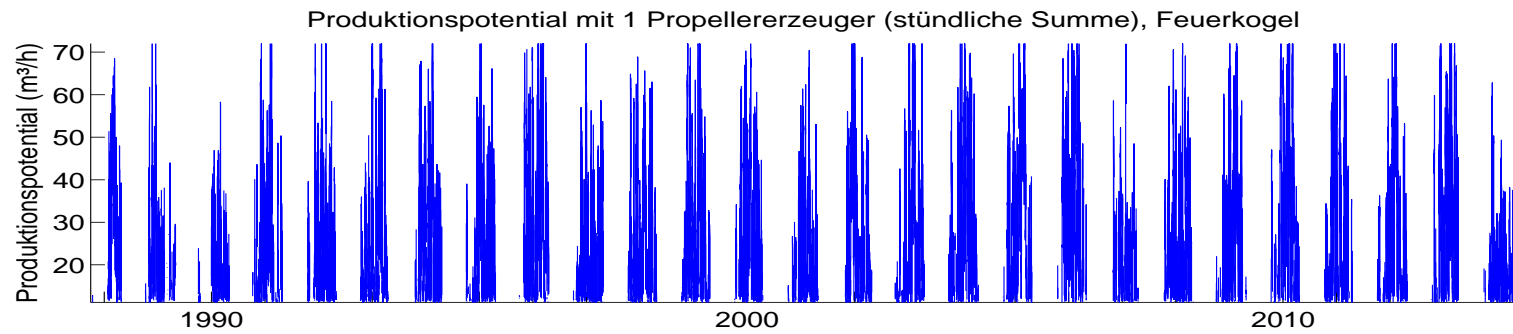


Abbildung 3.11: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

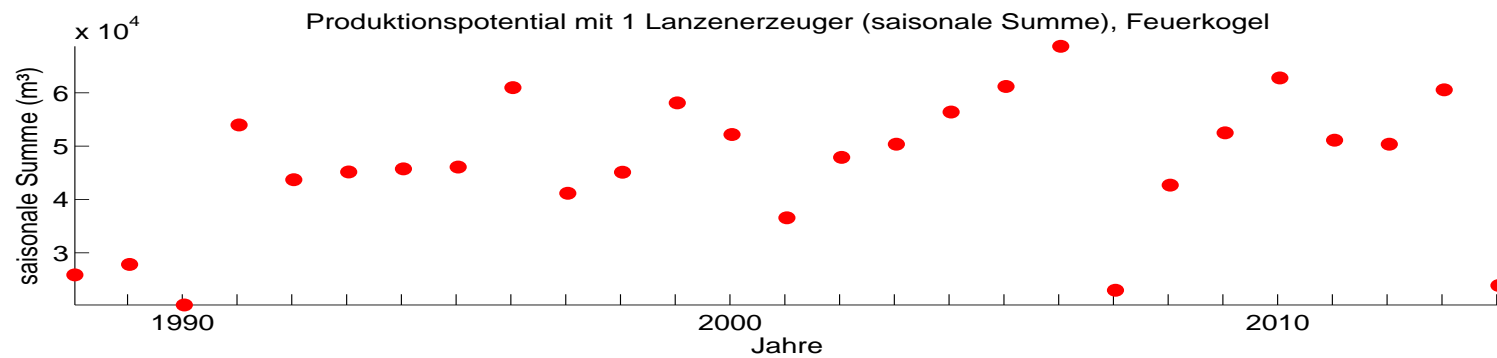
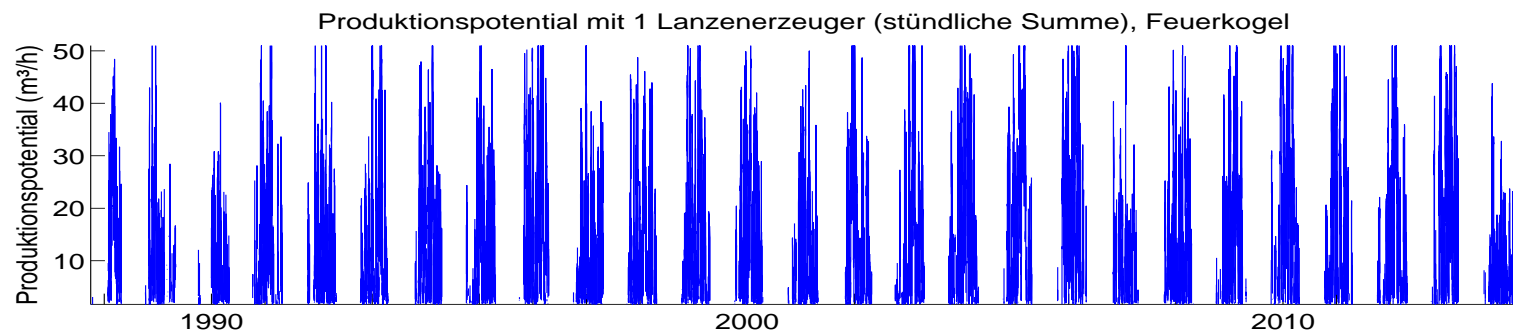


Abbildung 3.12: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 19295 m^3 (Propellengerät), bzw. 15691 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 84491 m^3 (Propellengerät), bzw. 71481 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 29 ha (Propellengerät), bzw. ca. 24 ha (Lanze) eine Grundbeschneieung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 3.11 und 3.12.

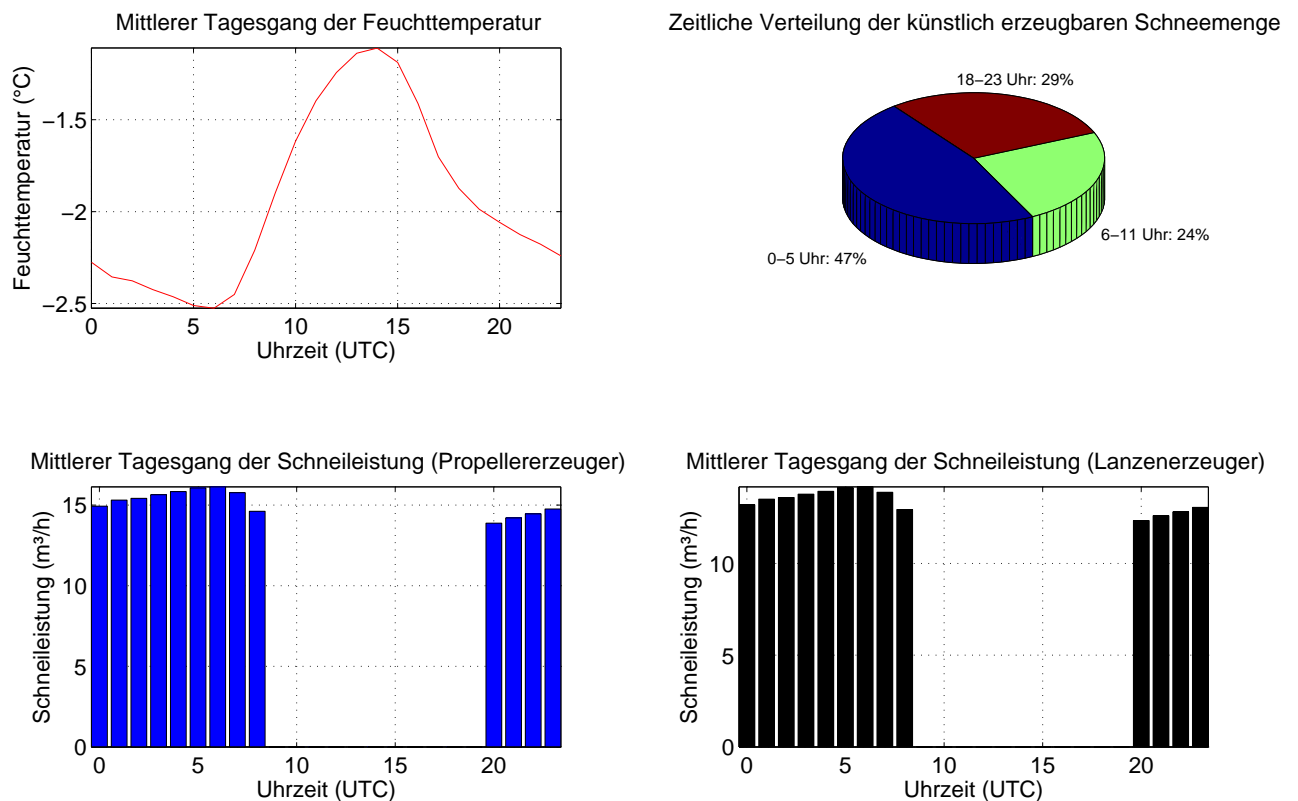


Abbildung 3.13: Mittlerer Tagesgang der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1987-2014, Feuerkogel, 1618 m.

Die künstlich erzeugbare Schneemenge ist zwischen 0 und 5 Uhr UTC am höchsten (47%). An einem durchschnittlichen Tag können mit einem Propellernerzeuger $8 \text{ m}^3/\text{h}$, mit einem Lanzernerzeuger $7 \text{ m}^3/\text{h}$ produziert werden. Siehe Abb. 3.13.

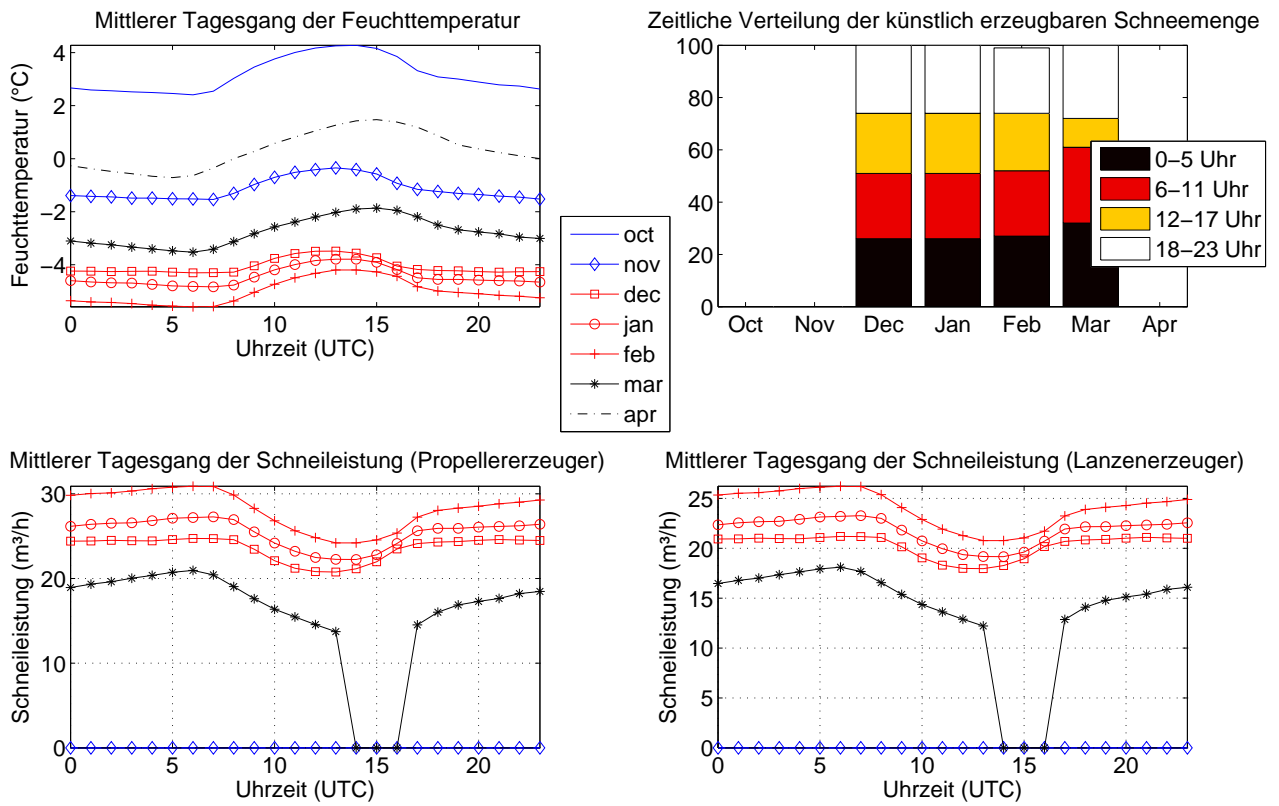


Abbildung 3.14: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1987-2014, Feuerkogel, 1618 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

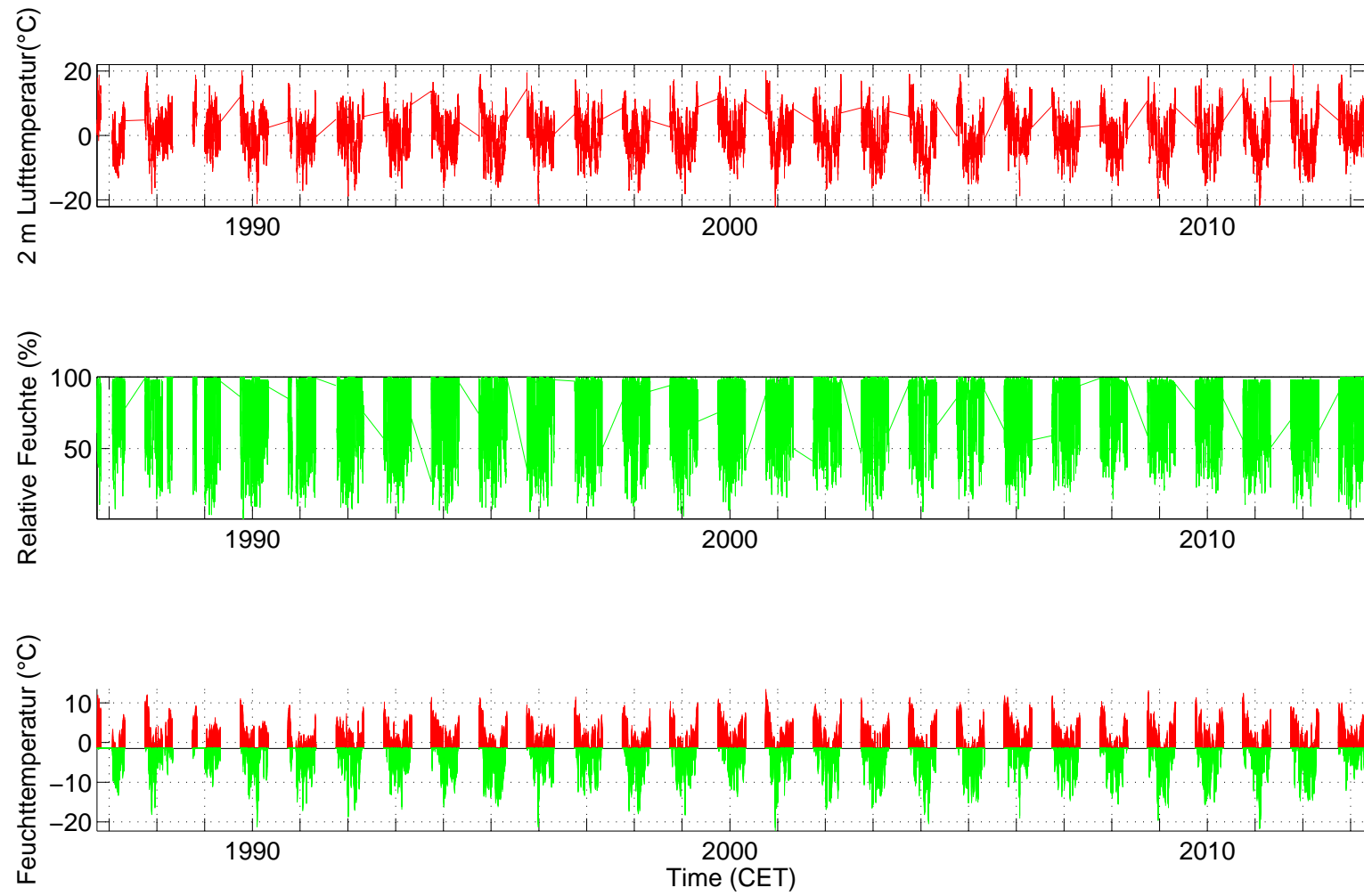


Abbildung 3.15: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Klimaparameter Feuerkogel									
	Klimaparameter (Saisonmittel, Feuerkogel)			Schneitage	Schneistunden mit versch. Grenztemp.				
	Lufttemp. (°C)	Rel. Feuchte (%)	Feuchttemp.(°C)		-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C	
Mittelwert	0	74,4	-1,8	90	2438	2245	1886	1569	
SD	0,9	2,6	0,8	18	429	418	405	400	
Saison									
1987/88	0,0	73,0	-1,5	40	1246	1198	1056	880	
1988/89	1,0	71,9	-1,0	65	1802	1626	1289	922	
1989/90	1,9	67,7	-0,6	52	1519	1362	1097	845	
1990/91	-0,2	69,4	-2,3	96	2592	2417	2134	1863	
1991/92	-0,6	70,4	-2,5	98	2712	2478	1972	1524	
1992/93	-0,2	73,9	-2,1	81	2399	2153	1740	1456	
1993/94	0,0	74,9	-1,7	89	2471	2273	1907	1582	
1994/95	-0,1	77,2	-1,8	91	2574	2350	1945	1648	
1995/96	-0,3	72,9	-2,4	106	2723	2569	2279	1995	
1996/97	0,2	72,4	-1,8	89	2368	2158	1801	1440	
1997/98	0,2	72,3	-1,8	95	2627	2389	1930	1541	
1998/99	-1,3	76,9	-2,8	108	2904	2668	2210	1896	
1999/00	-0,5	76,2	-2,2	108	2828	2642	2216	1804	
2000/01	0,9	74,4	-1,0	84	2233	2051	1644	1350	
2001/02	0,1	75,7	-1,6	96	2462	2300	1908	1575	
2002/03	-0,6	77,2	-2,1	95	2640	2378	1938	1578	
2003/04	-0,7	75,9	-2,5	102	2710	2528	2223	1909	
2004/05	-0,5	74,8	-2,3	97	2633	2432	2089	1864	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

2005/06	-1,2	76,7	-2,9	117	3022	2908	2639	2380
2006/07	2,8	71,8	0,5	59	1673	1469	1114	811
2007/08	-0,3	78,0	-1,8	95	2599	2379	1944	1517
2008/09	-0,2	77,8	-1,8	102	2720	2522	2147	1869
2009/10	-1,0	77,4	-2,5	106	2793	2647	2379	1999
2010/11	0,1	75,3	-1,7	90	2464	2242	1893	1624
2011/12	-0,1	74,8	-2,0	89	2373	2166	1906	1575
2012/13	-0,4	75,7	-2,3	106	2767	2600	2289	2015
2013/14	2,0	72,9	0,0	63	1976	1723	1235	889

Tabelle 3.2: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Feuerkogel)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	85	271	463	512	458	367	197
SD	84,0	139,3	108,2	120,1	110,6	123,5	86,8
Saison							
1987/88	0	NaN	NaN	59	490	488	161
1988/89	54	359	440	457	NaN	NaN	185
1989/90	23	NaN	NaN	524	270	246	299
1990/91	35	367	592	582	496	112	233
1991/92	221	NaN	594	485	389	482	306
1992/93	181	195	379	319	453	487	144
1993/94	30	390	367	444	489	234	319
1994/95	125	52	400	589	377	579	228
1995/96	0	342	479	427	621	490	217
1996/97	55	330	324	386	405	299	362
1997/98	254	245	455	463	251	521	200
1998/99	111	562	521	429	571	318	156
1999/00	82	480	536	627	453	345	119
2000/01	12	155	335	536	448	223	342
2001/02	0	447	613	503	259	273	205
2002/03	36	141	373	577	605	389	258
2003/04	301	114	349	677	459	459	170
2004/05	21	357	402	509	626	364	156
2005/06	10	340	668	664	584	455	187
2006/07	0	193	284	283	368	308	33
2007/08	136	366	529	312	381	442	213
2008/09	36	235	539	674	505	527	6
2009/10	170	135	525	720	460	434	203
2010/11	148	283	589	460	411	261	90
2011/12	132	20	431	640	576	182	185
2012/13	97	86	533	589	620	500	175
2013/14	24	309	304	373	371	240	109

Tabelle 3.3: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Propeller (m ³) (Feuerkogel)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	3062	9827	17788	18368	18810	14044	6180
SD	2415,5	4876,9	5224,1	6168,4	6952,9	5503	2894,1
Saison							
1987/88	409	NaN	NaN	1901	18250	19519	4850
1988/89	1774	14561	17858	12072	NaN	NaN	5031
1989/90	1786	NaN	NaN	15683	9421	8503	8280
1990/91	1780	10949	23814	19728	24922	5137	8770
1991/92	5920	NaN	21496	16376	14433	16168	8577
1992/93	5178	6798	14095	14354	19640	19546	4308
1993/94	1716	16086	12907	16447	19868	7401	9365
1994/95	4324	2777	13386	26331	10959	21103	6673
1995/96	197	13678	18597	14270	26530	23685	7816
1996/97	2253	11199	17550	11268	12937	9594	14552
1997/98	8405	7526	15164	18412	9790	20047	5882
1998/99	2951	19975	20003	16338	28087	11705	5124
1999/00	2884	15994	21146	24329	15188	11346	3900
2000/01	763	5083	11219	19058	17967	7088	10126
2001/02	NaN	14377	28575	18869	8611	9933	5835
2002/03	2240	4991	10919	24508	26645	11592	10072
2003/04	9371	3811	15165	28580	19099	18132	5075
2004/05	1055	13601	15270	22211	29694	17644	4977
2005/06	521	14597	26271	22844	23320	21225	5642
2006/07	59	6499	9783	10735	10284	10433	1185
2007/08	4756	12705	17558	11864	13364	16672	5990
2008/09	1381	9625	17348	24501	23062	17325	618
2009/10	5556	3899	22595	28887	20987	19147	5375
2010/11	4822	10072	27525	19582	15772	10006	2555
2011/12	4029	2439	15190	23310	31946	6331	6894
2012/13	3854	3814	21174	22019	28130	18826	6221
2013/14	962	10800	10091	11450	10147	7037	3162

Tabelle 3.4: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Lanze, (m ³) (Feuerkogel)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	27034	8444	14952	15435	15604	11932	5417
SD	2098	4621	5567	5012	5820	4769	2458
Saison							
1987/88	399	NaN	NaN	1655	15463	16427	4278
1988/89	1538	12016	14964	10567	NaN	NaN	4511
1989/90	1690	NaN	NaN	13509	8175	7400	7348
1990/91	1675	9516	19994	16772	19881	4613	7594
1991/92	5179	NaN	18116	13863	11949	13905	7549
1992/93	4593	5972	12110	11824	16028	16334	3878
1993/94	1617	13528	11037	14097	16376	6523	8051
1994/95	3875	2579	11529	21793	9564	17943	5809
1995/96	215	11669	15739	12331	21666	19542	6746
1996/97	2109	9568	14021	9803	11180	8364	12459
1997/98	7234	6660	12972	15728	8485	16970	5232
1998/99	2680	16709	16920	13526	22712	10192	4589
1999/00	2608	13640	17913	20105	12995	9839	3474
2000/01	743	4621	9659	16270	15184	6268	8796
2001/02	NaN	12353	23477	15854	7549	8580	5161
2002/03	2106	4394	9526	19900	21963	10060	8562
2003/04	8139	3479	12696	23456	16087	15300	4516
2004/05	985	11666	13181	17707	24490	14369	4412
2005/06	499	12237	21832	19212	19404	17512	4943
2006/07	69	5629	8545	8949	9060	9066	1115
2007/08	4174	10866	15008	10385	11315	14160	5322
2008/09	1284	8274	14835	20676	18981	14870	609
2009/10	4788	3533	18111	24135	17456	15598	4746
2010/11	4268	8643	22004	16424	13252	8690	2286
2011/12	3579	2355	13081	19650	24419	5610	6106
2012/13	3324	3469	17651	18619	23183	15824	5393
2013/14	932	9289	8884	9926	8890	6266	2782

Tabelle 3.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

3.1.4 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

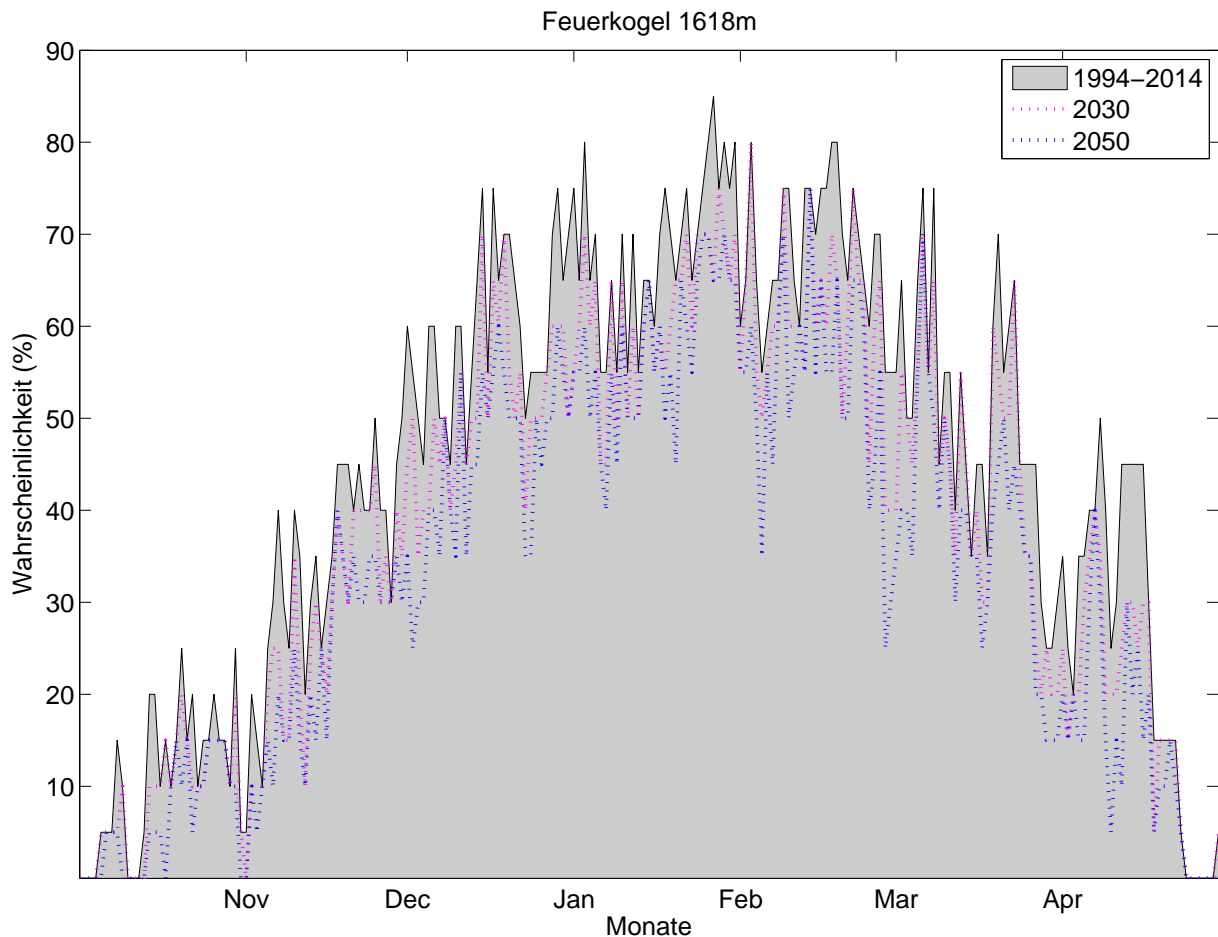


Abbildung 3.16: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Feuerkogel, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

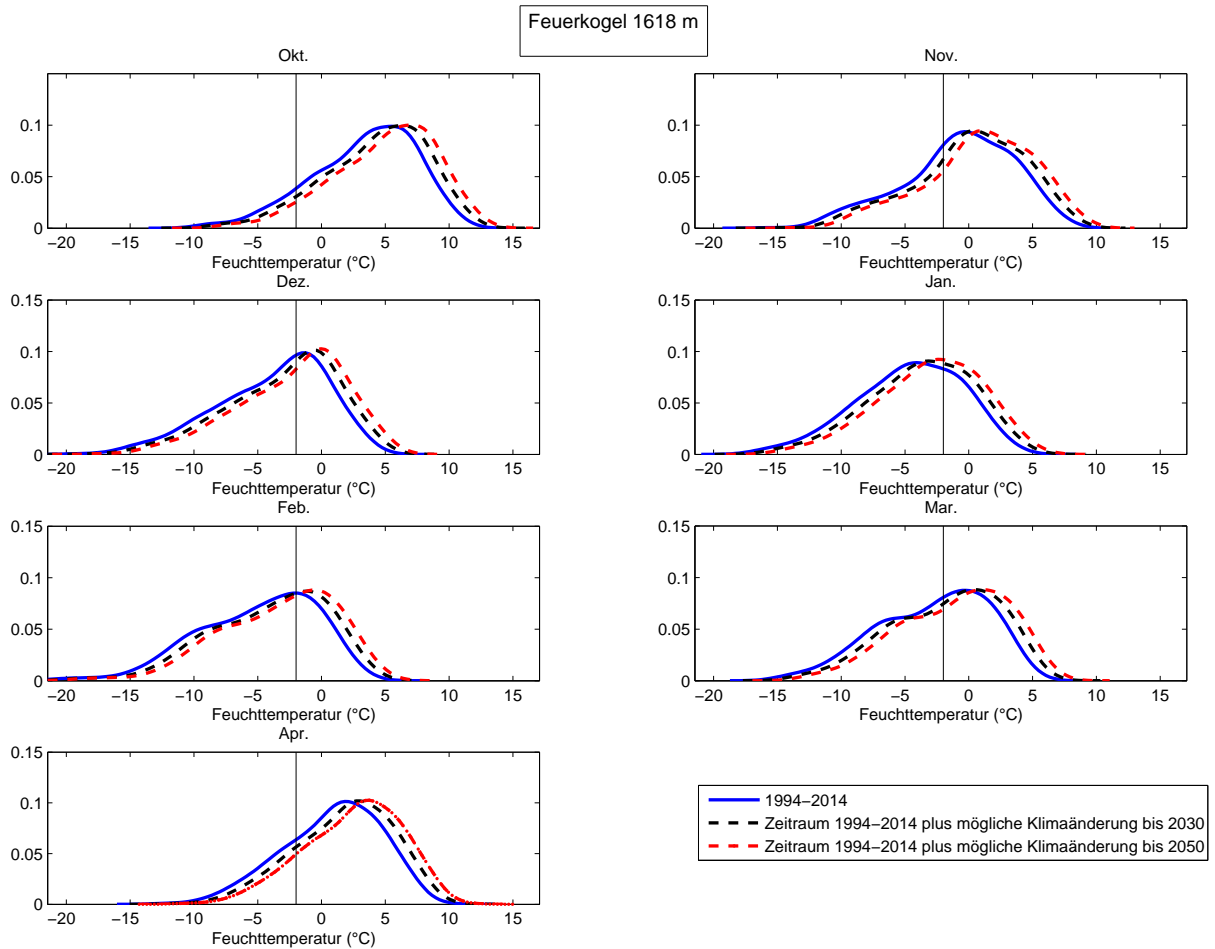


Abbildung 3.17: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchttemperatur unter -2°C pro Monat, Feuerkogel.

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Periode							
1994-2014	3,3	10,1	18,5	21,4	19,2	15,5	7,2
mit Klimaänderung bis 2030	2,6	8,1	15,9	19,1	17,1	13,5	5,3
mit Klimaänderung bis 2050	1,9	6,8	14,0	17,8	15,3	11,7	4,0
Abnahme bis 2050 in Tagen	1,4	3,3	4,5	3,6	3,9	3,8	3,2
Abnahme bis 2050 in %	43	32	24	17	20	25	45

Tabelle 3.6: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1994-2014 und mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

3.2 Loferer Alm (1620 m)

3.2.1 Langzeitanalyse - Trends und Klima

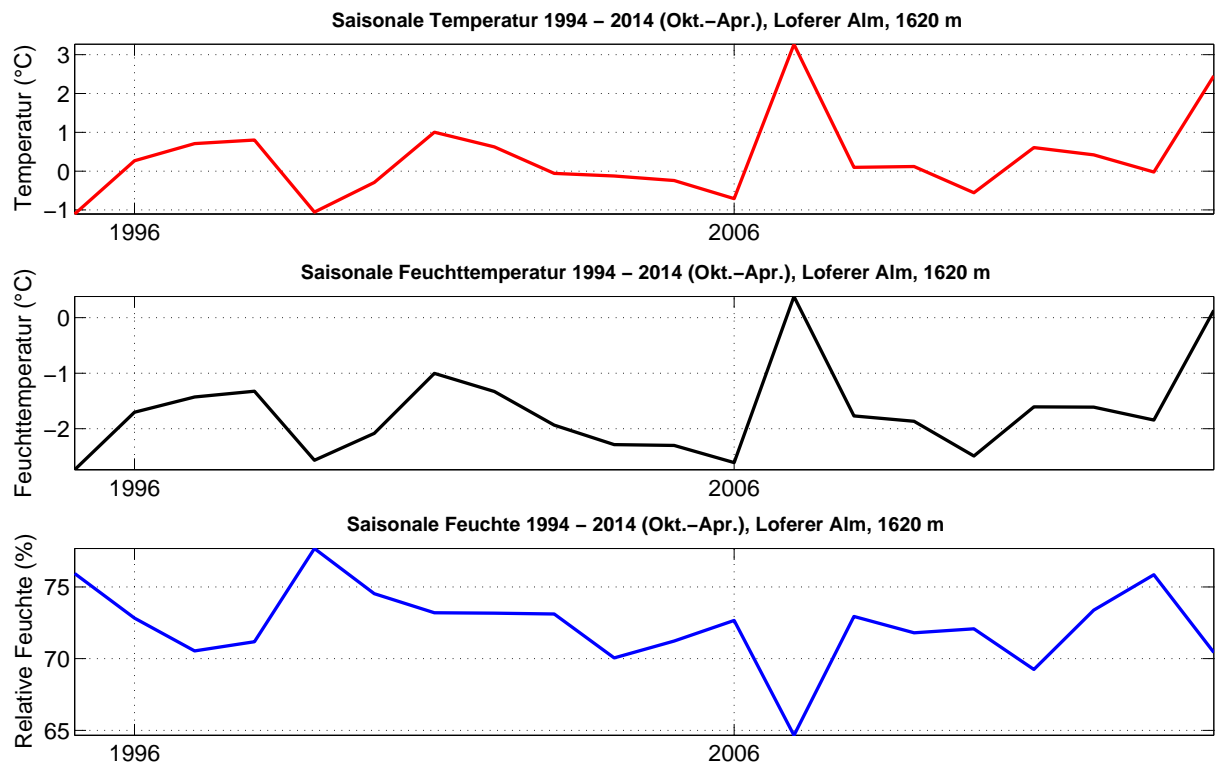


Abbildung 3.1: Saisonale Lufttemperatur, relative Feuchte und Feuchttemperatur, Loferer Alm, Okt.-Apr. 1994-2014.

Die Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Tagesmittel der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$) beträgt im Mittel 92 Tage und unterliegt einer natürlichen, intersaisonalen Schwankung von etwa 14 Tagen. Siehe Abb.

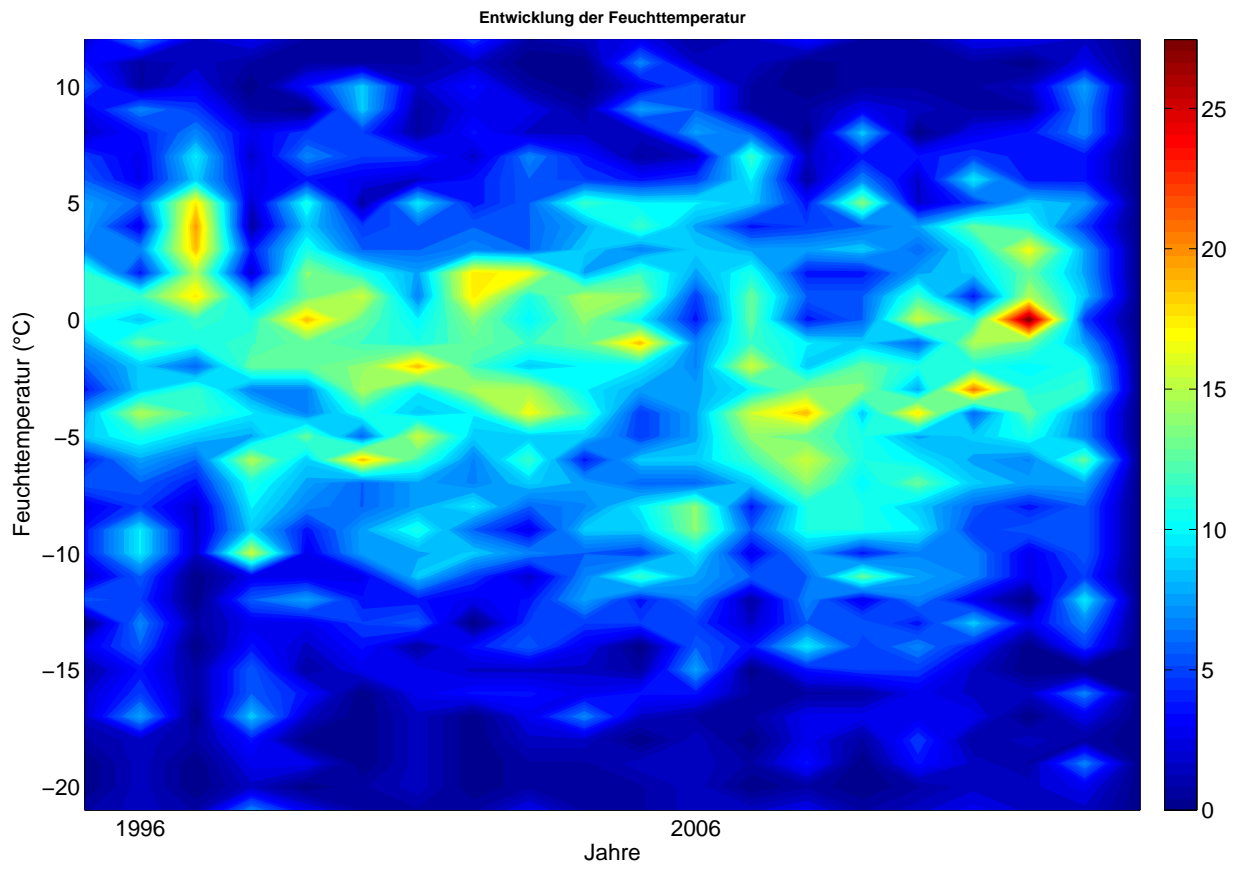


Abbildung 3.2: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchtttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1994-2014, Loferer Alm.

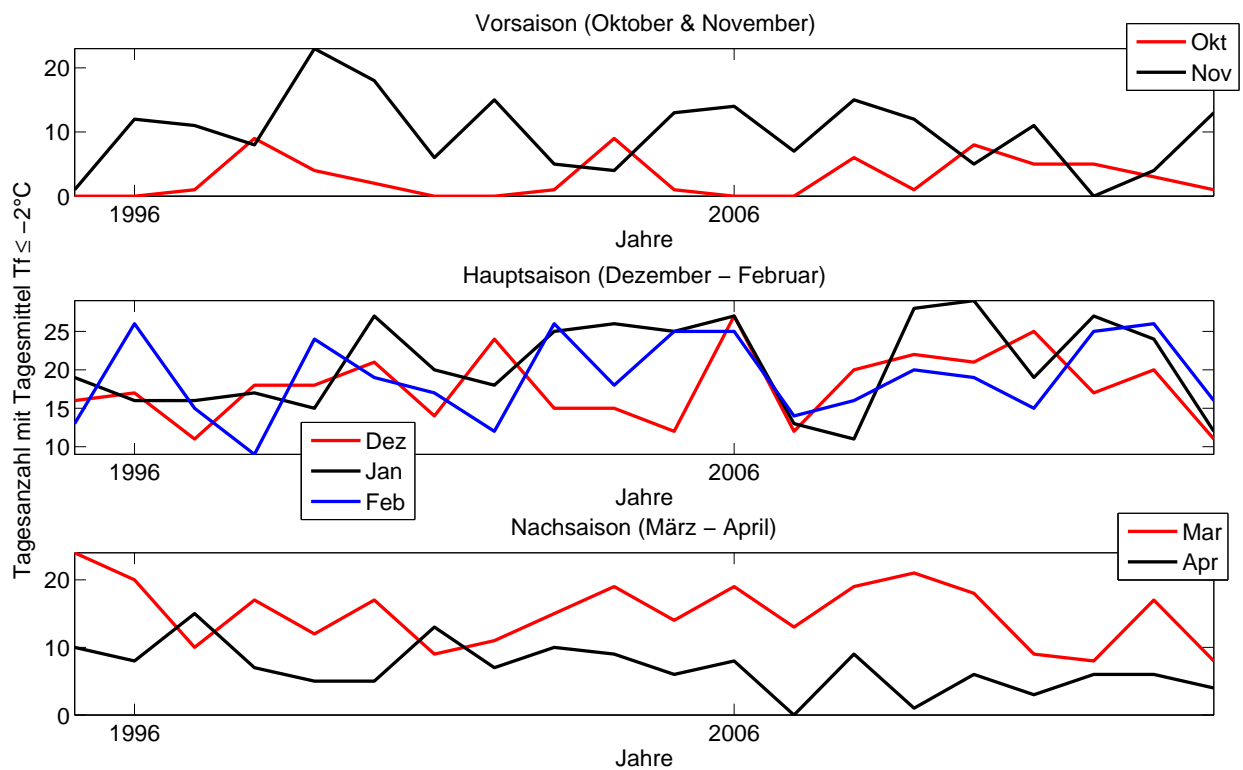


Abbildung 3.3: Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$, aufgeteilt in Monate.

Im Januar gibt es im Durchschnitt am meisten Schneitage (21) im Oktober (3) am wenigsten. Die intersaisonale Variabilität ist im Januar mit 6 Tagen am höchsten und liegt sonst zwischen 3 und 5 Tagen. Siehe Abb. 3.3.

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1994 – 2014) ,Loferer Alm 1620 m

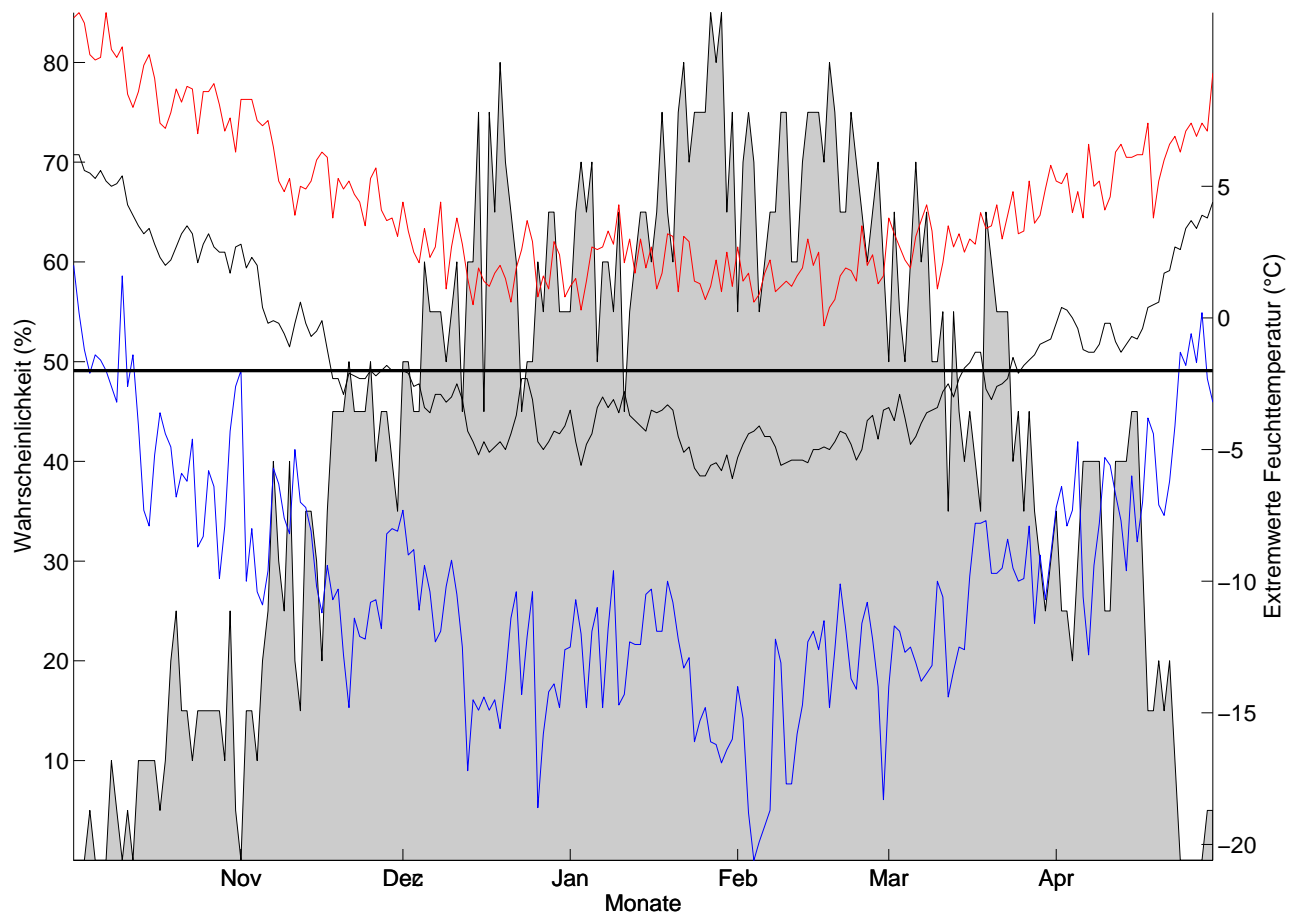


Abbildung 3.4: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Loferer Alm, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Beschneitage Loferer Alm pro Saison und Monat							
Mittelwert	3	10	18	21	19	15	7
SD	3,1	5,7	4,6	5,7	5,2	4,7	3,5
Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
1994/95	0	1	16	19	13	24	10
1995/96	0	12	17	16	26	20	8
1996/97	1	11	11	16	15	10	15
1997/98	9	8	18	17	9	17	7
1998/99	4	23	18	15	24	12	5
1999/00	2	18	21	27	19	17	5
2000/01	0	6	14	20	17	9	13
2001/02	0	15	24	18	12	11	7
2002/03	1	5	15	25	26	15	10
2003/04	9	4	15	26	18	19	9
2004/05	1	13	12	25	25	14	6
2005/06	0	14	27	27	25	19	8
2006/07	0	7	12	13	14	13	0
2007/08	6	15	20	11	16	19	9
2008/09	1	12	22	28	20	21	1
2009/10	8	5	21	29	19	18	6
2010/11	5	11	25	19	15	9	3
2011/12	5	0	17	27	25	8	6
2012/13	3	4	20	24	26	17	6
2013/14	1	13	11	12	16	8	4

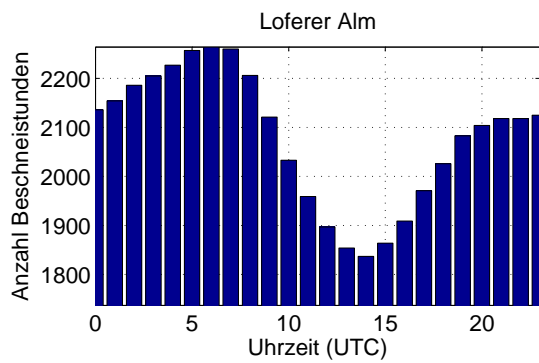
Tabelle 3.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1994 - 2014, Loferer Alm.

3.2.2 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

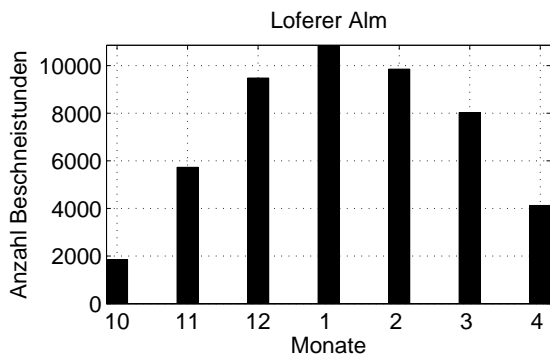
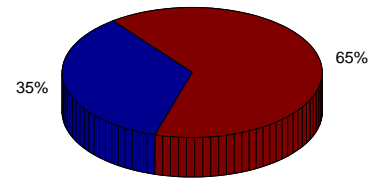


Abbildung 3.5: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 335 Stunden (14 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es in den letzten 20 Saisons (Okt.-Apr.) im Mittel 2290 potentielle Beschneistunden (ca. 95 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 335 Stunden (ca. 14 Tage). Siehe Abb. 3.5.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

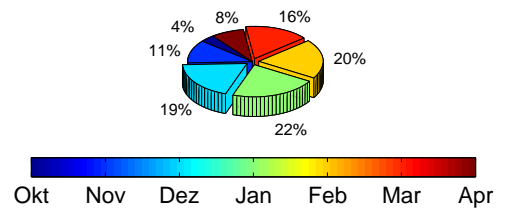


Abbildung 3.6: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

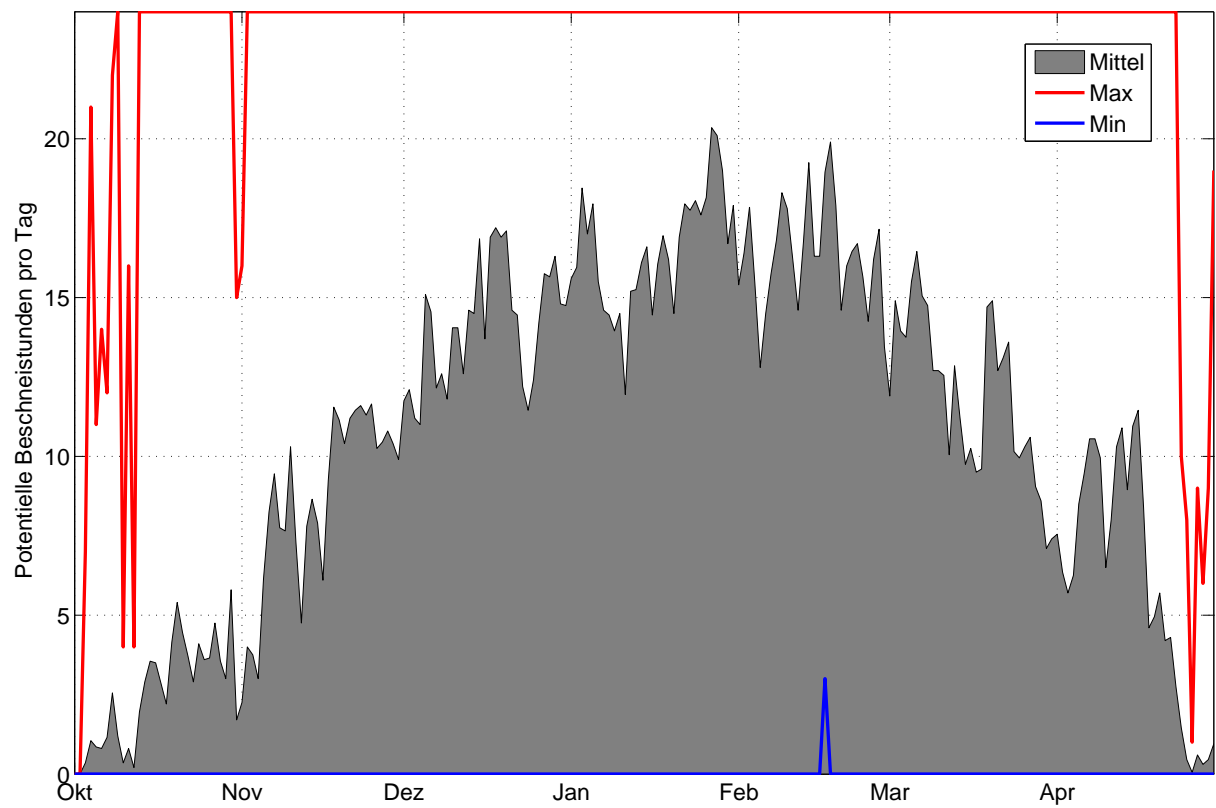


Abbildung 3.7: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1994-2014, Station Loferer Alm, 1620 m.

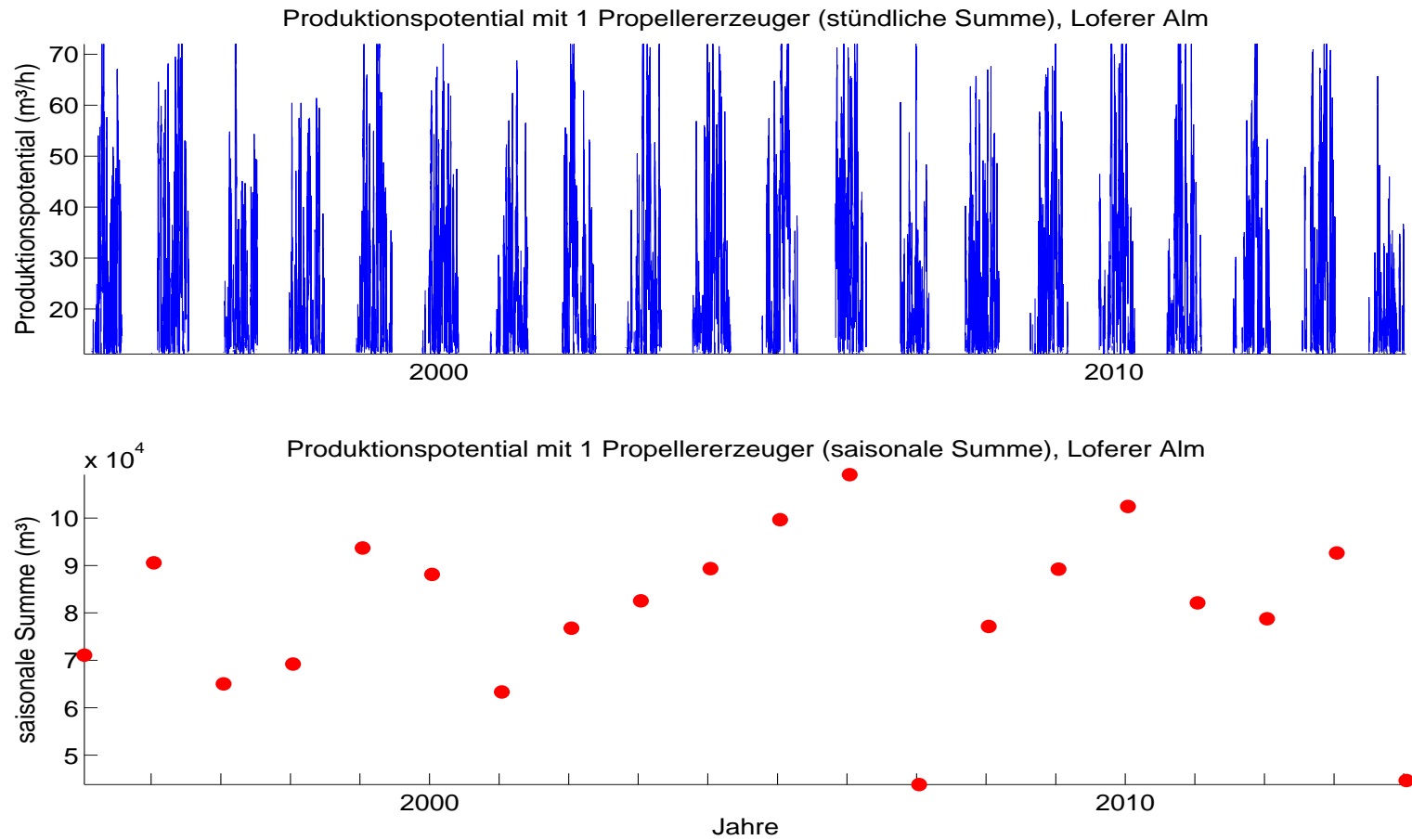


Abbildung 3.8: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

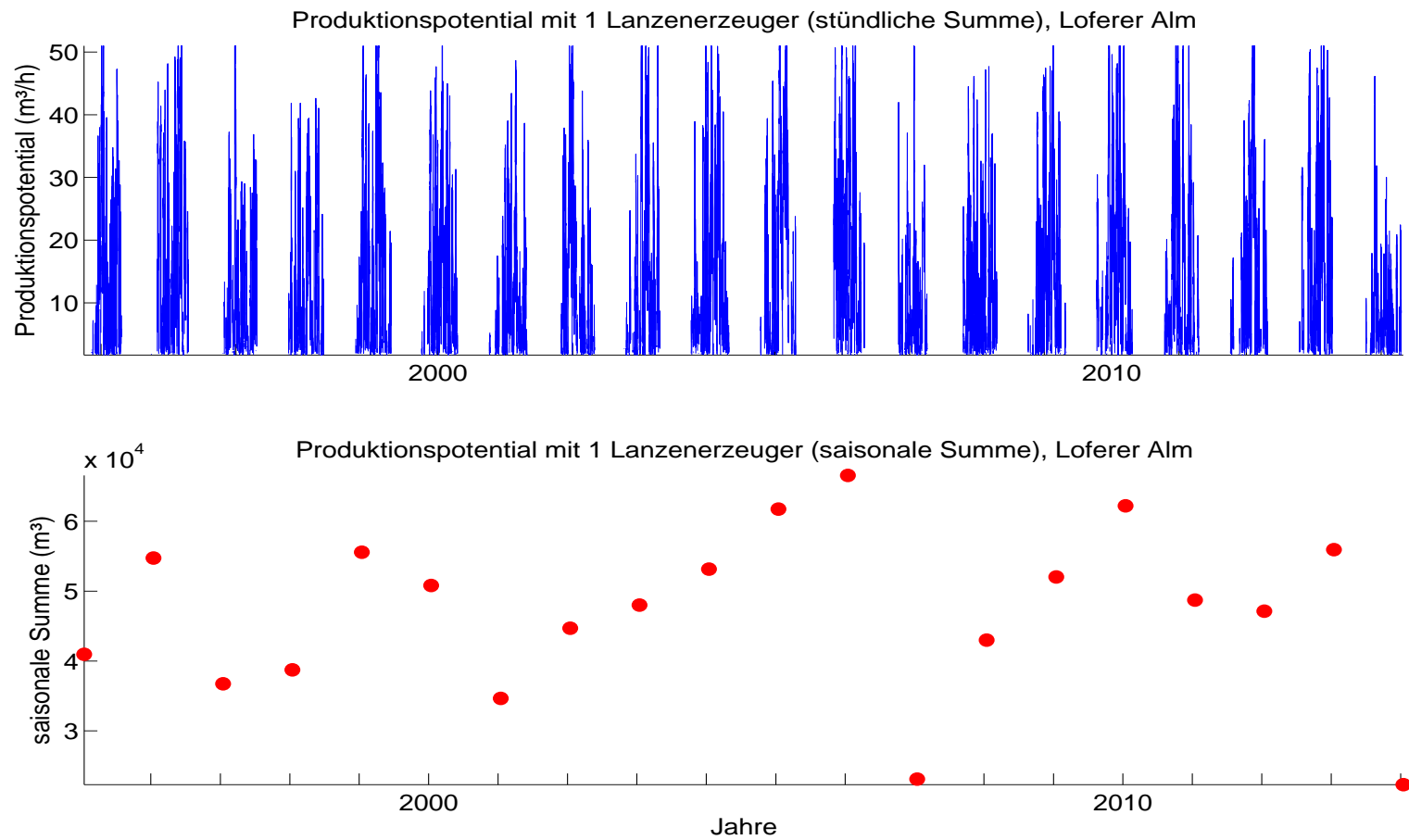


Abbildung 3.9: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 4731 m^3 (Propellergerät), bzw. 3842 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 85824 m^3 (Propellergerät), bzw. 72685 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 29 ha (Propellergerät), bzw. ca. 25 ha (Lanze) eine Grundbeschneigung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 3.8 und 3.9.

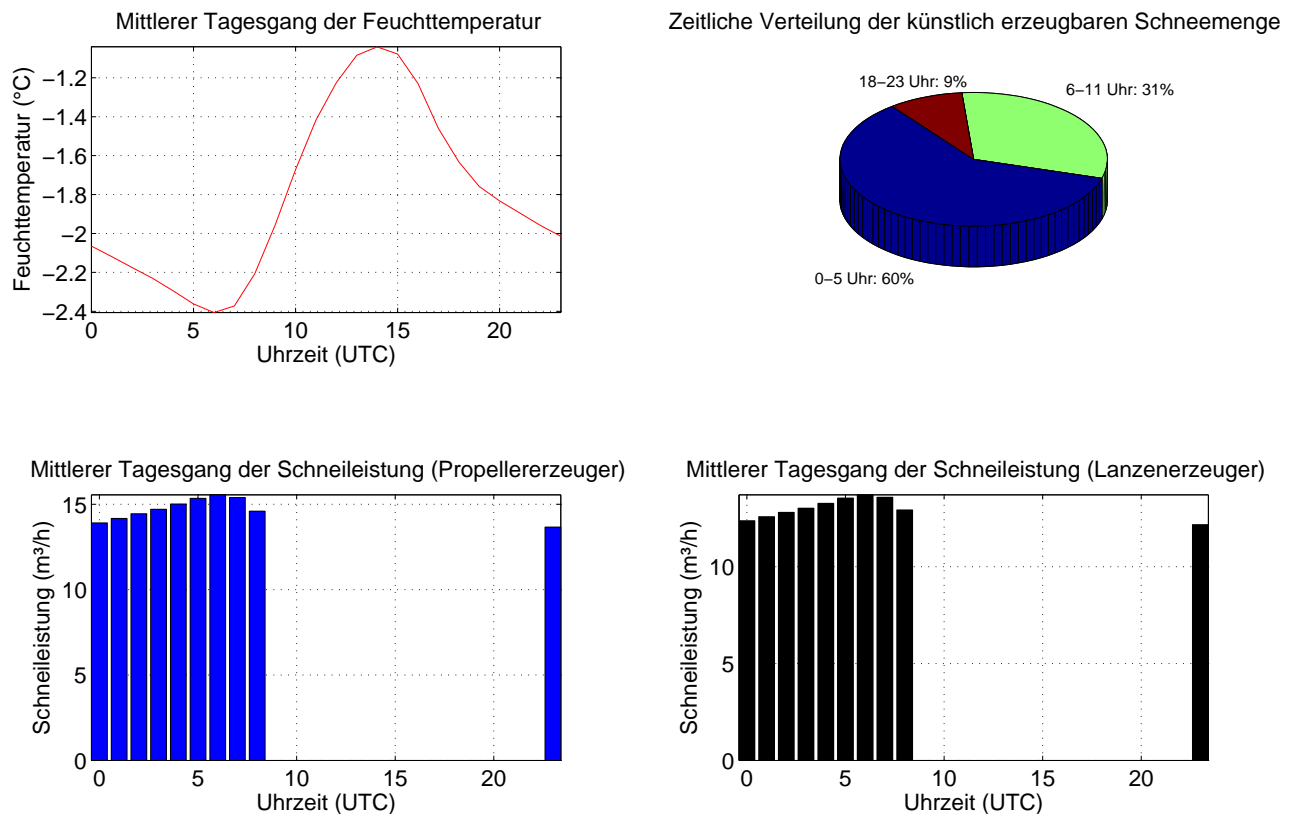


Abbildung 3.10: Mittlerer Tagesgang der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1994-2014, Loferer Alm, 1620 m.

Die künstlich erzeugbare Schneemenge ist zwischen 0 und 5 Uhr UTC am höchsten (60%). Vom Vormittag bis in die Abendstunden kann im Mittel nicht effektiv beschneit werden. An einem durchschnittlichen Tag können mit einem Propellererzeuger $6 \text{ m}^3/\text{h}$, mit einem Lanzenerzeuger $5 \text{ m}^3/\text{h}$ produziert werden. Siehe Abb. 3.10.

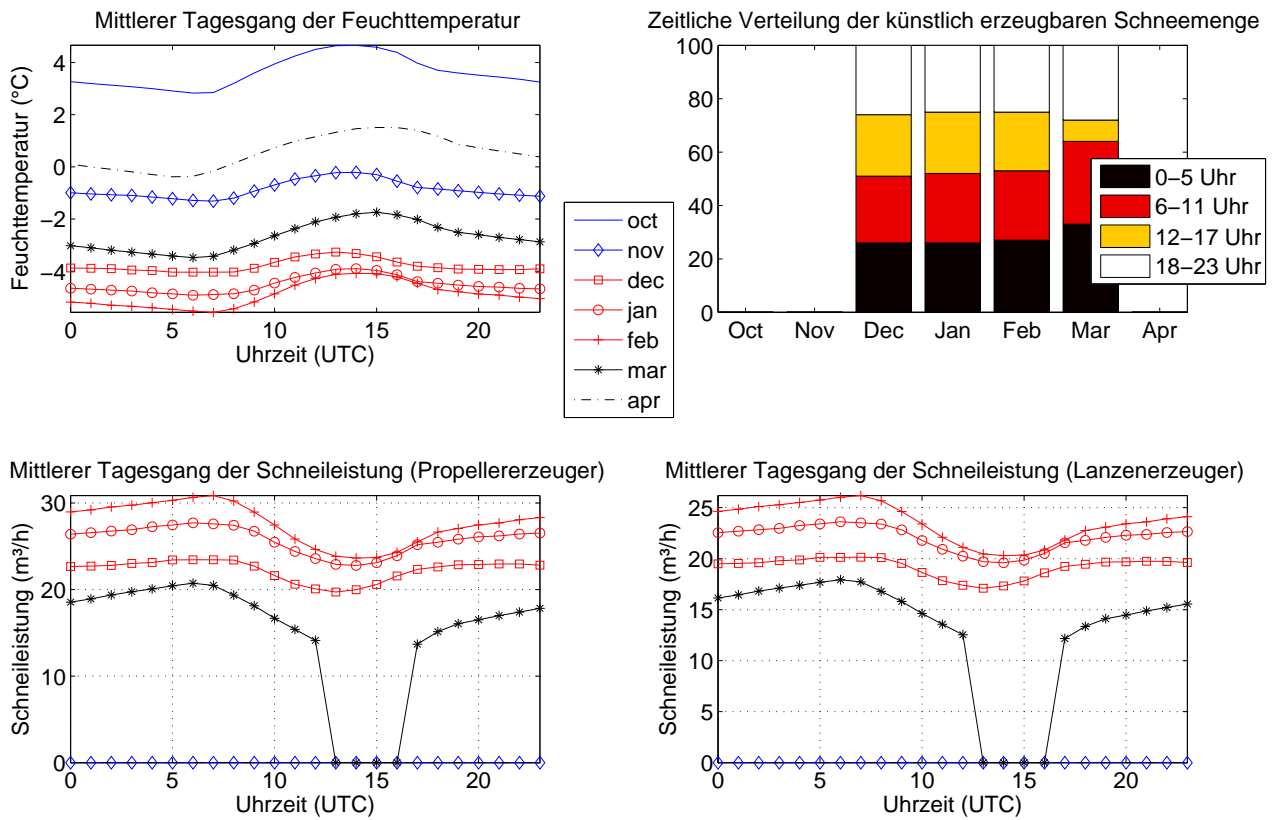


Abbildung 3.11: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1994-2014, Loferer Alm, 1620 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

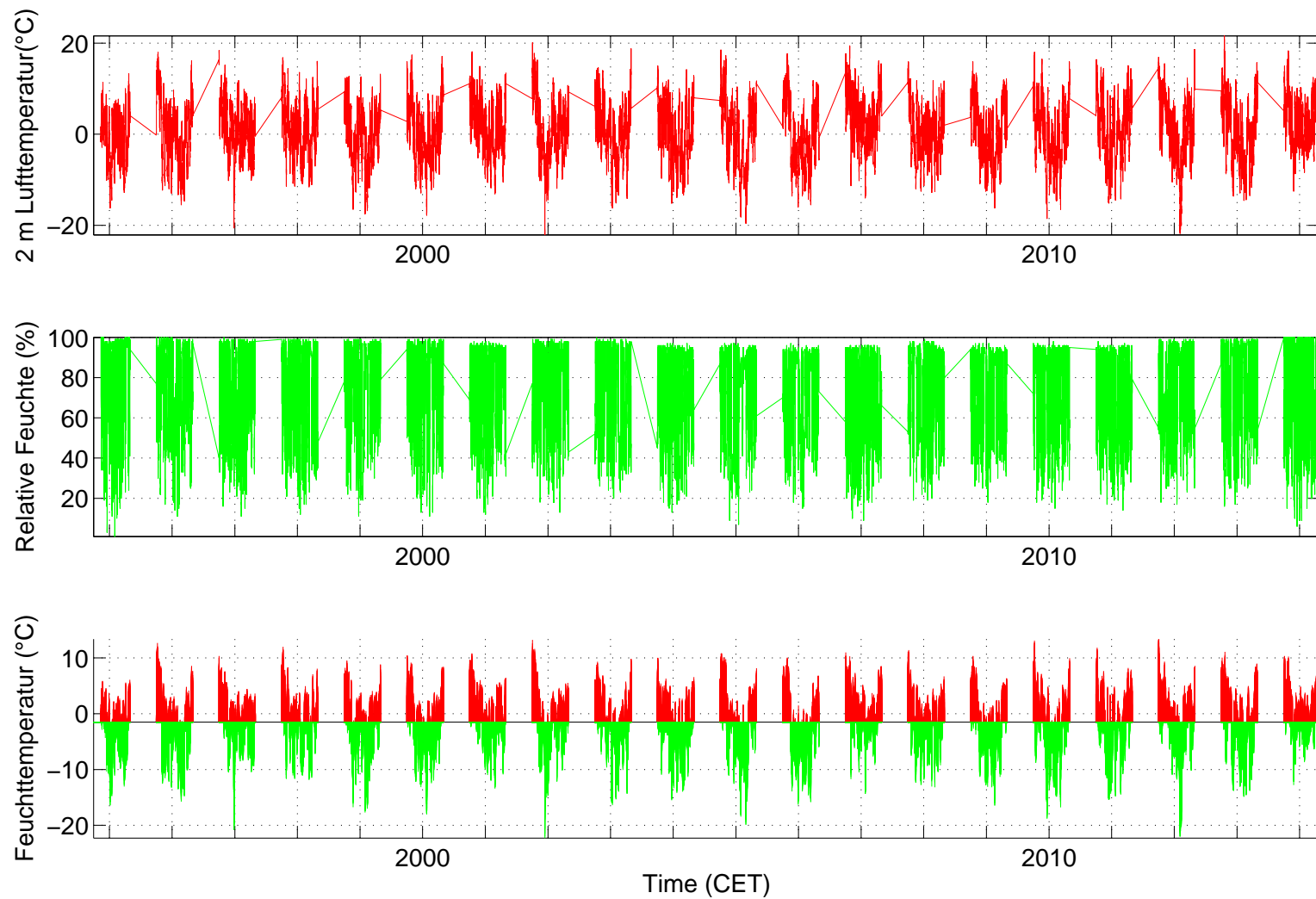


Abbildung 3.12: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

	Klimaparameter (Saisonmittel, Loferer Alm)			Schneitage	Schneistunden mit versch. Grenztemp.			
	Lufttemp. (°C)	Rel. Feuchte (%)	Feuchttemp.(°C)		-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	0,3	72,3	-1,7	92	2496	2290	1908	1582
SD	1,0	2,7	0,8	14	319	335	358	373
Saison								
1994/95	-1,1	75,9	-2,7	83	2286	2032	1659	1409
1995/96	0,3	72,8	-1,7	99	2568	2406	2087	1803
1996/97	0,7	70,5	-1,4	79	2190	1994	1660	1339
1997/98	0,8	71,2	-1,3	85	2382	2162	1733	1328
1998/99	-1,1	77,7	-2,6	101	2794	2526	2107	1830
1999/00	-0,3	74,5	-2,1	109	2827	2585	2163	1768
2000/01	1,0	73,2	-1,0	79	2285	2061	1623	1252
2001/02	0,6	73,2	-1,3	87	2407	2194	1818	1500
2002/03	-0,1	73,1	-1,9	97	2594	2341	1884	1517
2003/04	-0,1	70,1	-2,3	100	2649	2479	2103	1782
2004/05	-0,2	71,2	-2,3	96	2620	2404	2096	1916
2005/06	-0,7	72,7	-2,6	120	3015	2901	2601	2324
2006/07	3,3	64,7	0,4	59	1701	1475	1060	793
2007/08	0,1	72,9	-1,8	96	2677	2435	2008	1523
2008/09	0,1	71,8	-1,9	105	2785	2598	2195	1867
2009/10	-0,6	72,1	-2,5	106	2864	2715	2397	2025
2010/11	0,6	69,2	-1,6	87	2449	2230	1899	1564
2011/12	0,4	73,4	-1,6	88	2289	2156	1770	1476
2012/13	0,0	75,9	-1,8	100	2634	2463	2105	1862

2013/14	2,5	70,4	0,1	65	1898	1642	1182	767
----------------	-----	------	-----	----	------	------	------	-----

Tabelle 3.2: Saisonmittle der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Loferer Alm)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	77	256	437	512	458	370	181
SD	83,1	145	117	129	119	111	87,3
Saison							
1994/95	0	28	349	533	350	549	229
1995/96	0	304	444	373	606	470	209
1996/97	32	304	285	384	384	253	352
1997/98	217	204	432	442	240	447	180
1998/99	93	563	482	369	545	310	164
1999/00	44	458	500	629	425	405	124
2000/01	20	173	328	532	436	219	353
2001/02	0	412	587	454	282	255	204
2002/03	43	153	341	585	611	368	240
2003/04	279	102	350	650	435	451	212
2004/05	27	350	338	569	627	347	146
2005/06	0	341	673	652	573	476	186
2006/07	0	209	252	327	347	327	13
2007/08	142	371	517	333	381	456	235
2008/09	50	259	543	681	507	539	19
2009/10	189	166	527	719	480	430	204
2010/11	151	305	585	464	388	244	93
2011/12	142	3	408	634	580	193	196
2012/13	92	89	503	573	612	429	165
2013/14	19	334	301	330	345	223	97

Tabelle 3.3: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C).

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Propeller (m ³) (Loferer Alm)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	3129	9169	16894	19220	18476	13749	5807
SD	2490	5077	5087	5538	7111	4736	3088
Saison							
1994/95	NaN	2069,3	12664	23774	10274	20560	6686
1995/96	NaN	12683	17218	11005	25248	21890	7217
1996/97	1540	10596	15643	10639	12221	8520	13099
1997/98	6649	6080	14505	17110	8682	16552	5763
1998/99	2682	19779	18322	15475	27222	10822	5266
1999/00	2076	15389	20317	23693	14924	13416	4151
2000/01	981	5204	10376	17950	17439	6635	10609
2001/02	NaN	13585	27313	16826	8926	9352	5990
2002/03	2025	4831	9866	24669	25589	10986	9588
2003/04	8360	3177	14872	26959	18050	17437	5565
2004/05	758	13579	14120	24988	29989	16467	4954
2005/06	128	14735	26041	22035	22212	21309	5709
2006/07	NaN	6713	9331	12838	9418	10628	874
2007/08	4757	14628	16896	11444	12257	17478	6482
2008/09	1646	9711	17696	23909	22949	17186	971
2009/10	5825	4314	22358	28653	20863	18526	5501
2010/11	4708	10479	26741	19535	14288	9193	2636
2011/12	3547	1145	14219	21783	31084	5643	6570
2012/13	3629	3254	19886	20824	28268	15911	5528
2013/14	758	11426	9503	10297	9623	6467	2980

Tabelle 3.4: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Lanze, (m ³) (Loferer Alm)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	2773	7903	14212	16150	15402	11699	5094
SD	2132	4197	4090	4403	5623	3822	2616
Saison							
1994/95	NaN	1982	10939	19616	8998	17481	5811
1995/96	NaN	10843	14651	9637	20828	18111	6243
1996/97	1498	9079	12506	9278	10610	7476	11268
1997/98	5736	5432	12454	14652	7557	14028	5140
1998/99	2414	16525	15559	12820	21947	9406	4674
1999/00	1915	13136	17255	19667	12787	11613	3731
2000/01	924	4674	8973	15369	14765	5914	9179
2001/02	NaN	11702	22477	14260	7848	8114	5334
2002/03	1895	4285	8631	20126	21156	9549	8124
2003/04	7288	2924	12442	22540	15212	14713	4918
2004/05	706	11648	12238	19927	24739	13477	4421
2005/06	143	12305	21572	18643	18629	17653	5011
2006/07	NaN	5812	8208	10738	8348	9256	837
2007/08	4145	12511	14468	10024	10575	14883	5774
2008/09	1519	8362	15144	20246	18972	14749	931
2009/10	5024	3892	17968	23966	17322	15239	4860
2010/11	4166	8995	21400	16386	12196	8060	2349
2011/12	3146	1199	12273	18485	23867	4991	5833
2012/13	3119	2963	16689	17637	23221	13506	4826
2013/14	727	9802	8402	8982	8458	5764	2611

Tabelle 3.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

3.2.3 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

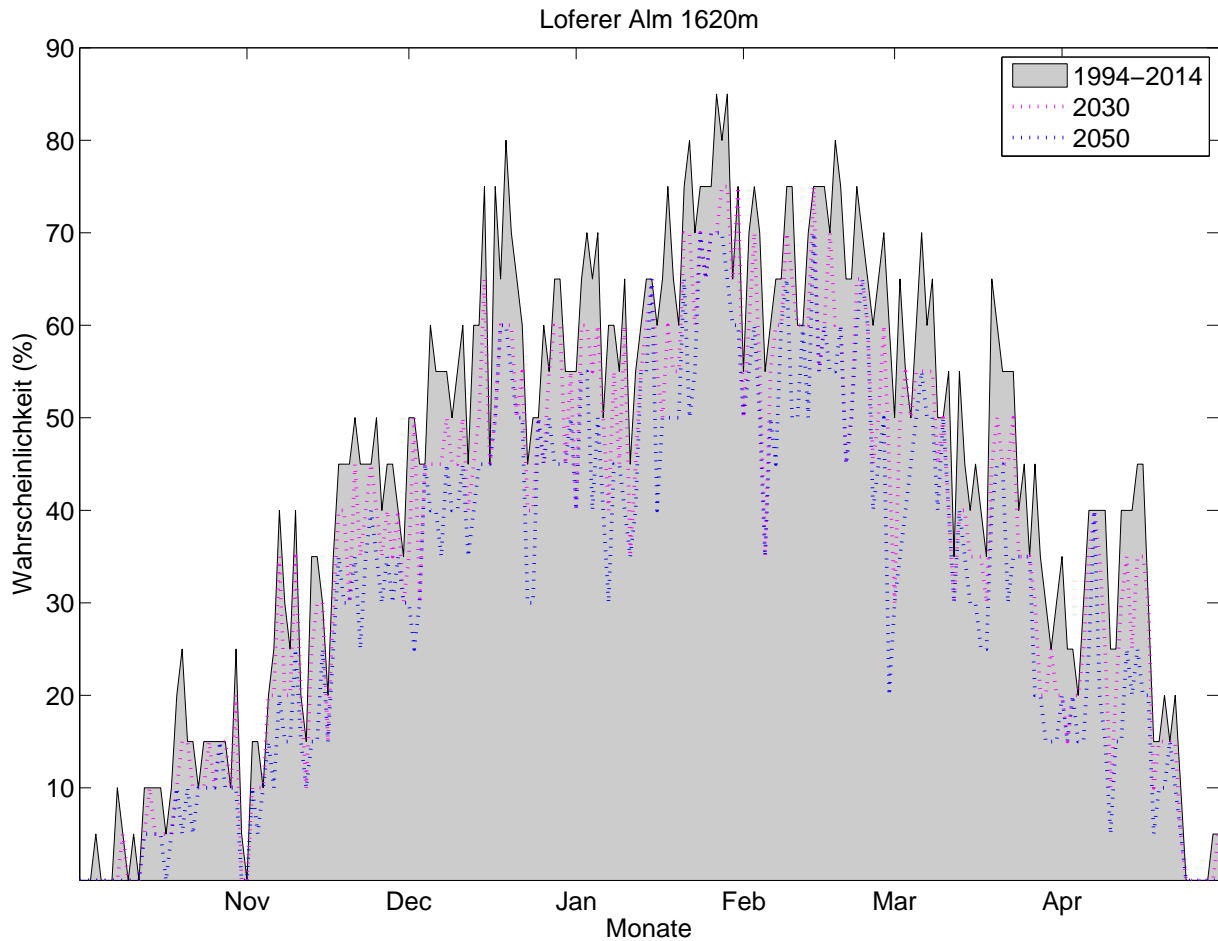


Abbildung 3.13: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Loferer Alm, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

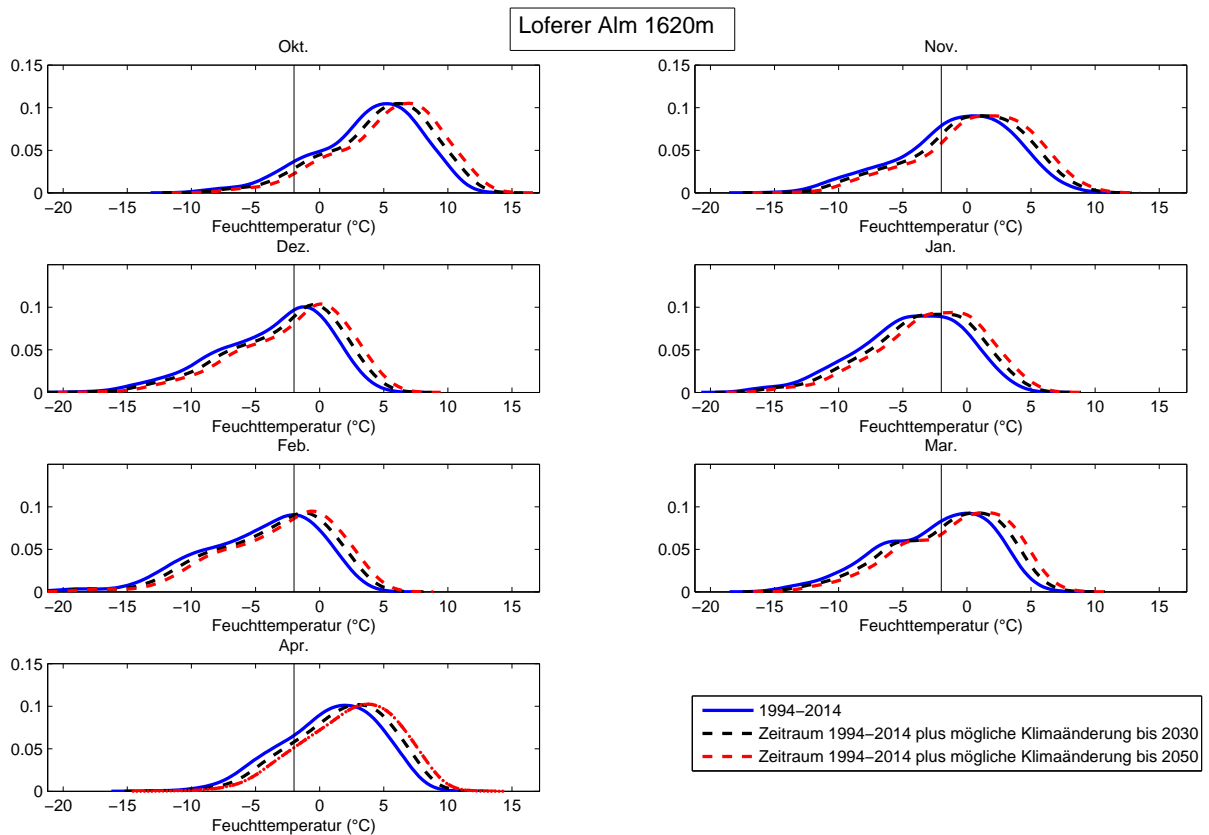


Abbildung 3.14: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchtttemperatur unter -2°C pro Monat, Loferer Alm.								
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	
Periode								
1994-2014	2,8	9,9	17,8	20,7	19,0	15,0	6,9	
mit Klimaänderung bis 2030	2,0	8,4	15,2	18,3	16,3	12,4	5,4	
mit Klimaänderung bis 2050	1,4	6,7	13,4	16,3	14,7	10,9	3,9	
Abnahme bis 2050 in Tagen	1,4	3,2	4,4	4,4	4,3	4,2	3,1	
Abnahme bis 2050 in %	50	32	25	21	23	28	44	

Tabelle 3.6: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1994-2014 und mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

3.3 Puchberg-Schneeberg (583 m)

3.3.1 Naturschnee

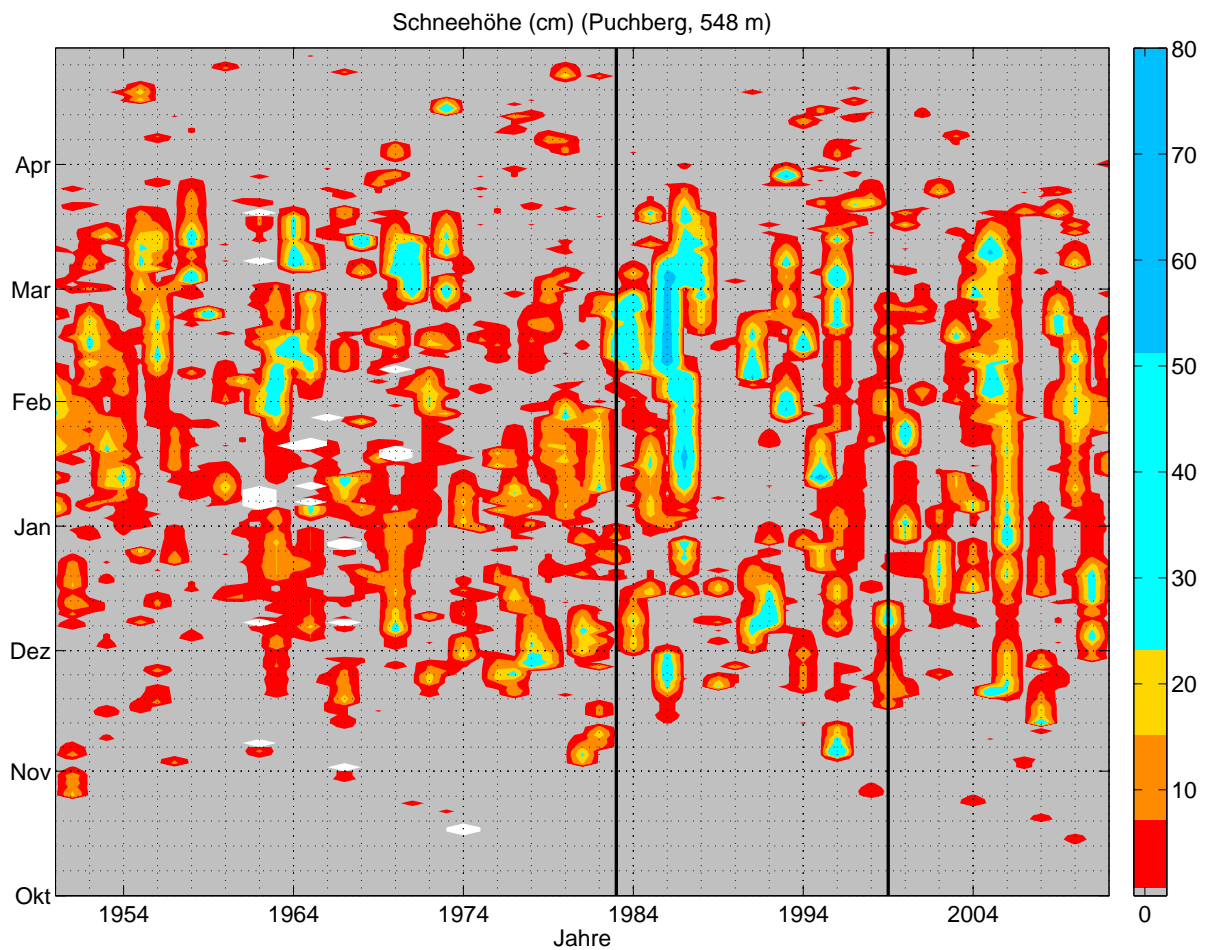


Abbildung 3.1: Tageswerte der Schneehöhe, Puchberg, Okt.-Apr. 1949-2012. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt. Standortwechsel der Schneehöhenmessstation in den Jahren 1982 und 1998 sind mit schwarzen Linien markiert.

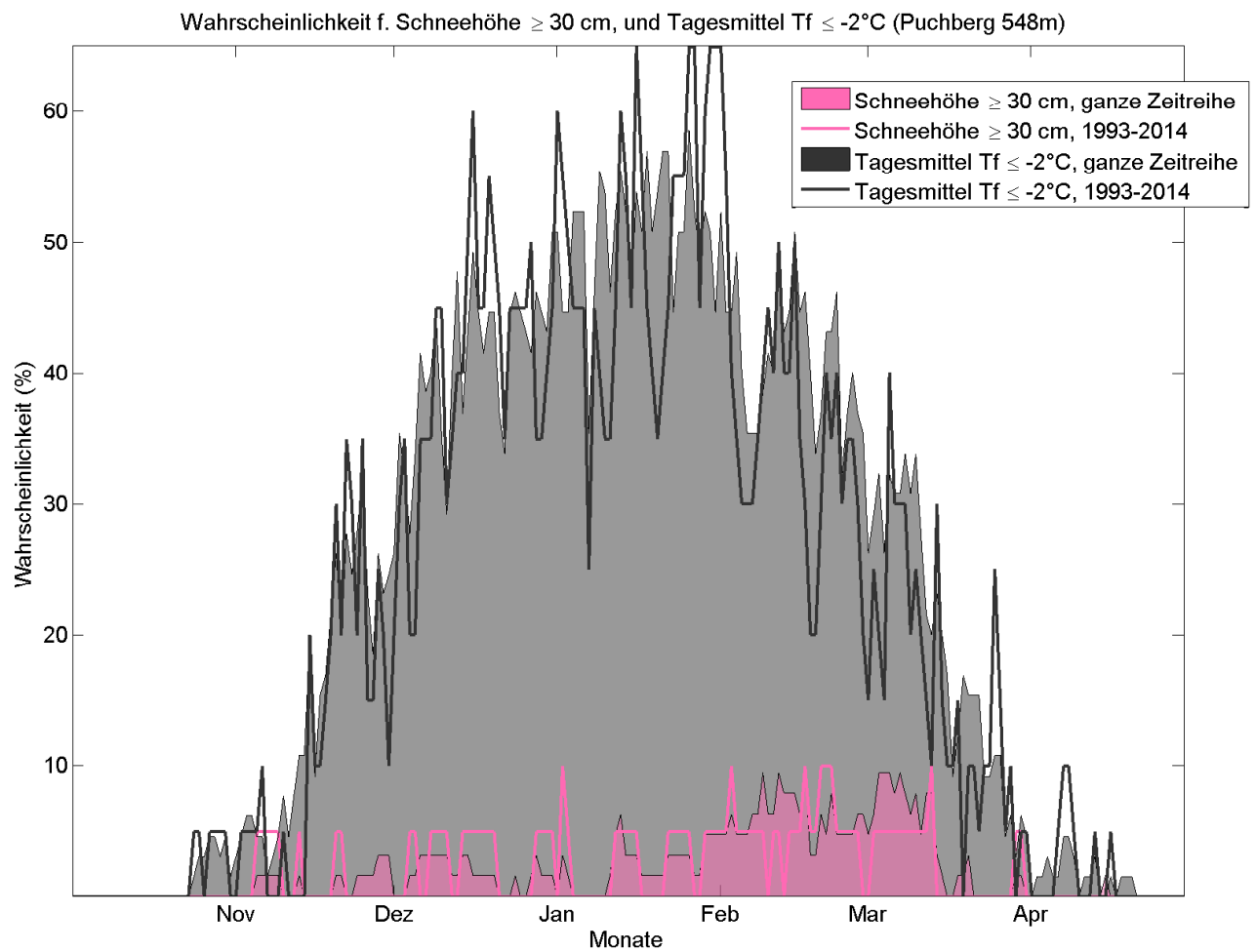


Abbildung 3.2: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchtttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Beschneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (ab 1949).

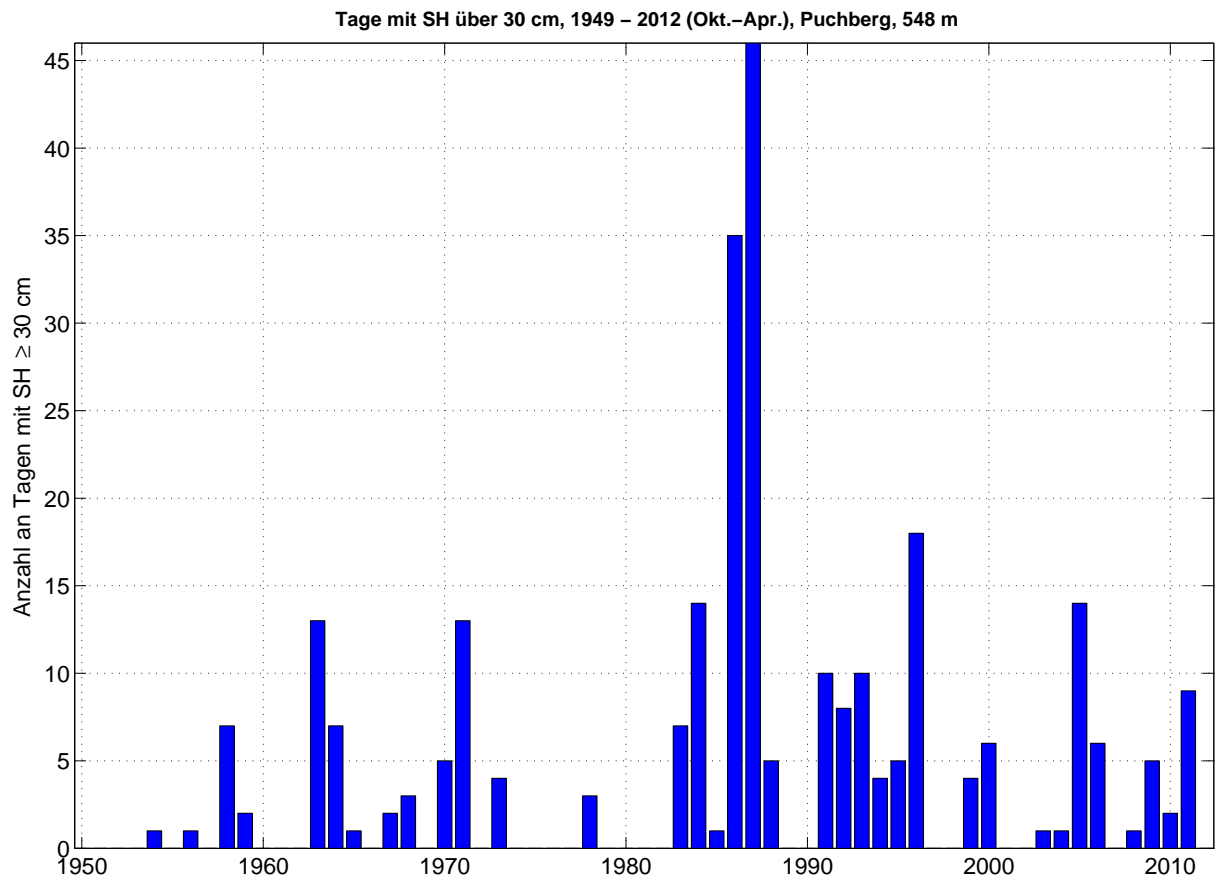


Abbildung 3.3: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1949-2012

3.3.2 Langzeitanalyse - Trends und Klima

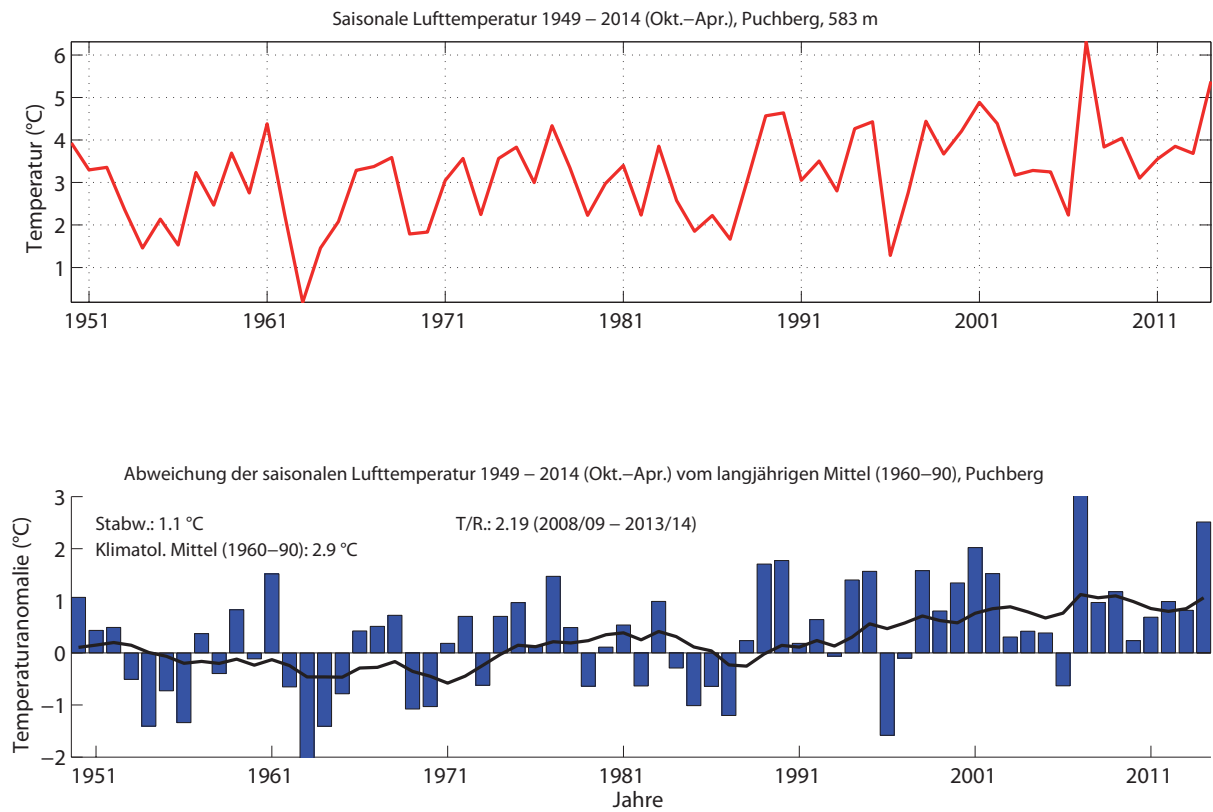


Abbildung 3.4: Langzeitanalyse der saisonalen Lufttemperatur, Puchberg, Okt.-Apr. 1949-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2008 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

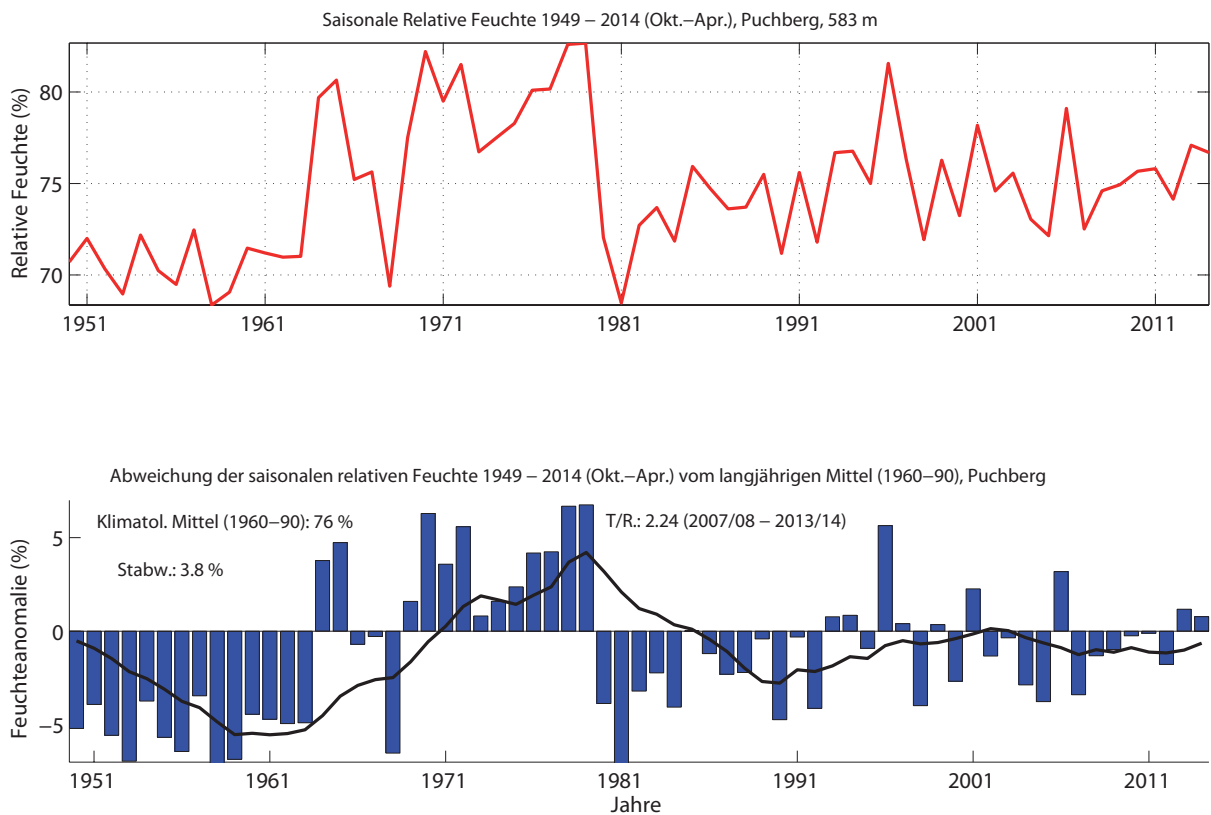


Abbildung 3.5: Langzeitanalyse der saisonalen relativen Feuchte, Puchberg, Okt.-Apr. 1949-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2007 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

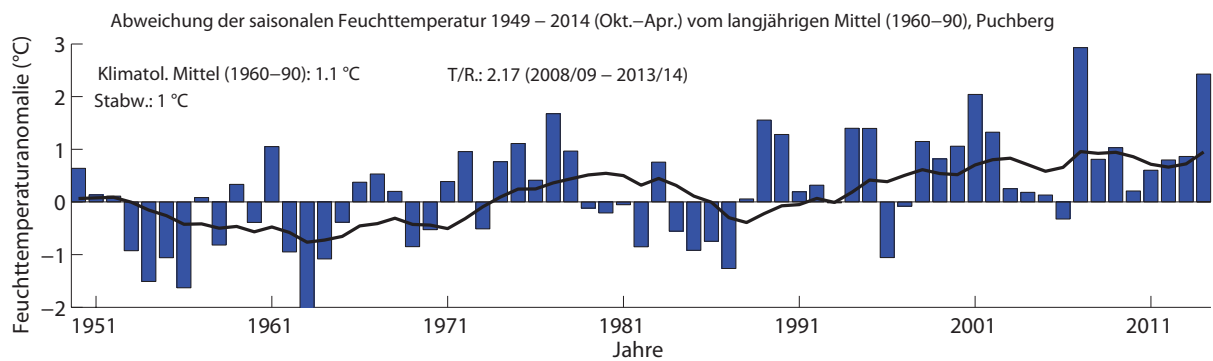
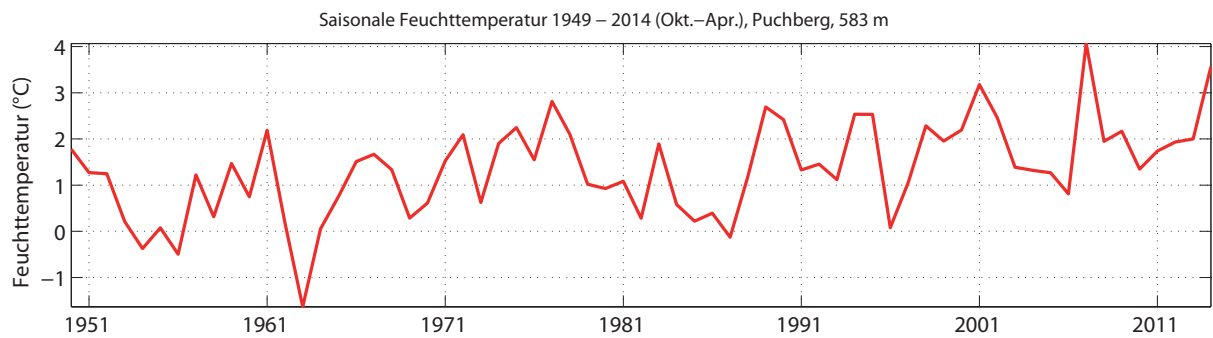


Abbildung 3.6: Langzeitanalyse der saisonalen Feuchtttemperatur, Puchberg, Okt.-Apr. 1949-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2008 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

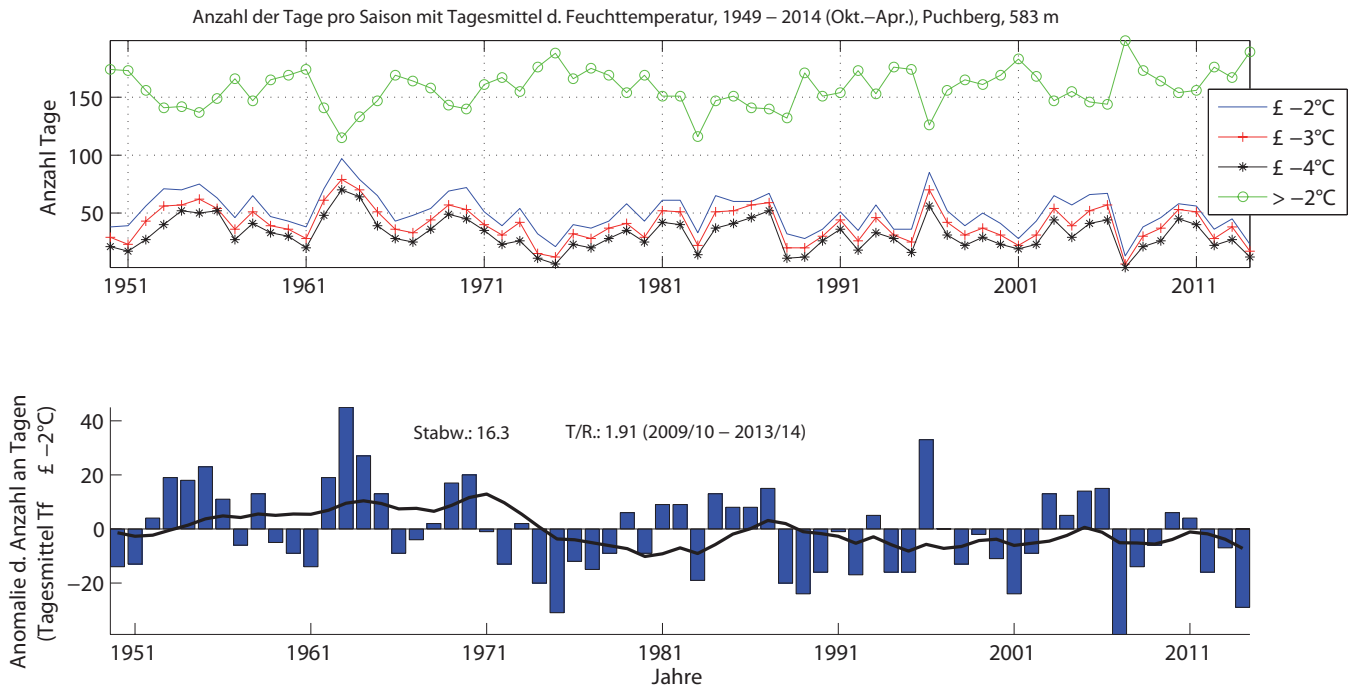


Abbildung 3.7: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchtttemperatur von -2°C , -3°C und -4°C , bzw. Überschreitung von -2°C , Periode 1949-2014, Puchberg. Abweichung vom langjährigen Mittel für Tagesmittel $\leq -2^{\circ}\text{C}$ (unten).

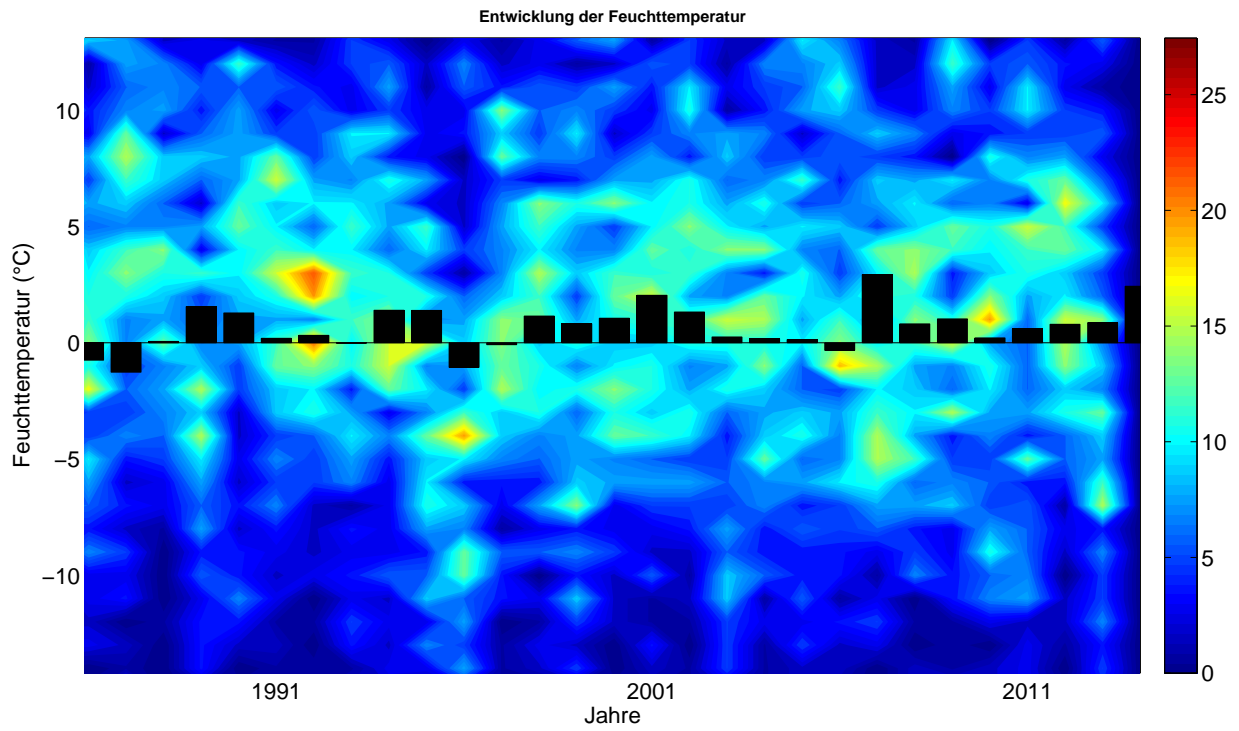


Abbildung 3.8: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchtttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1949-2014, Puchberg. Die schwarzen Balken zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel (1960-90).

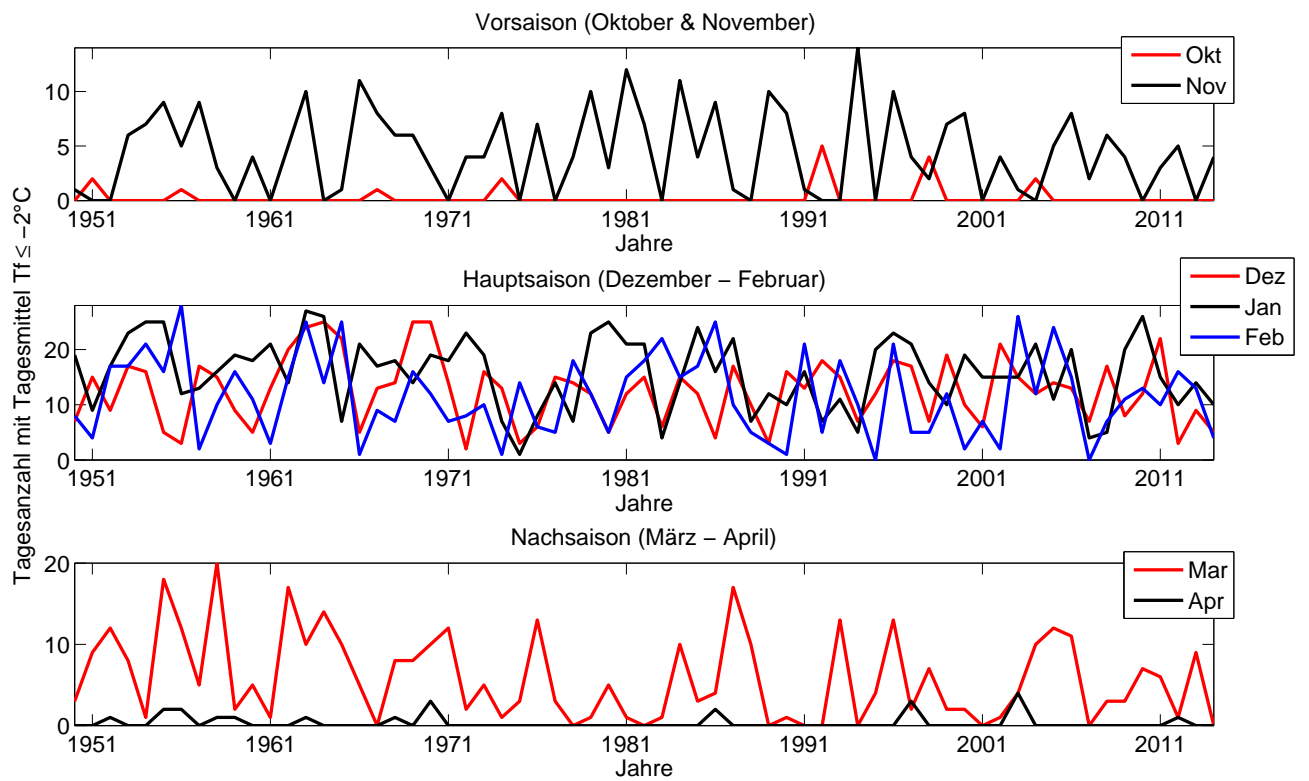


Abbildung 3.9: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Schneitagen pro Saison, nach Monaten.

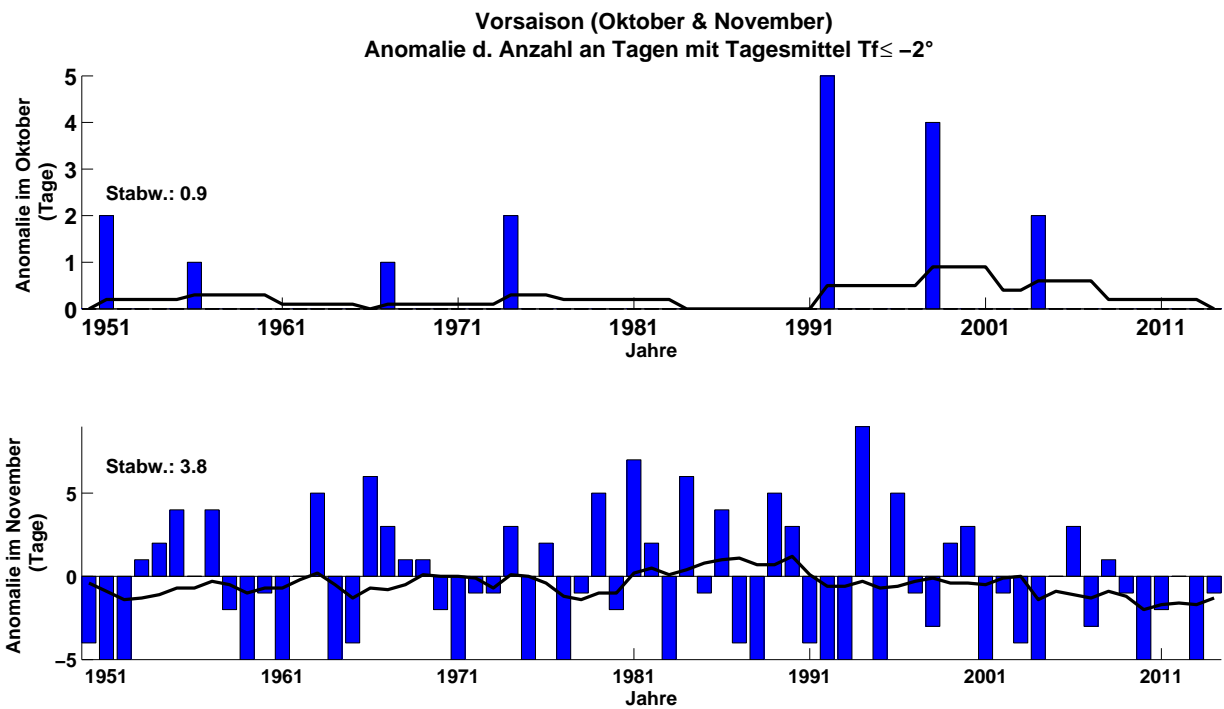


Abbildung 3.10: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Oktober und November (Vorsaison).

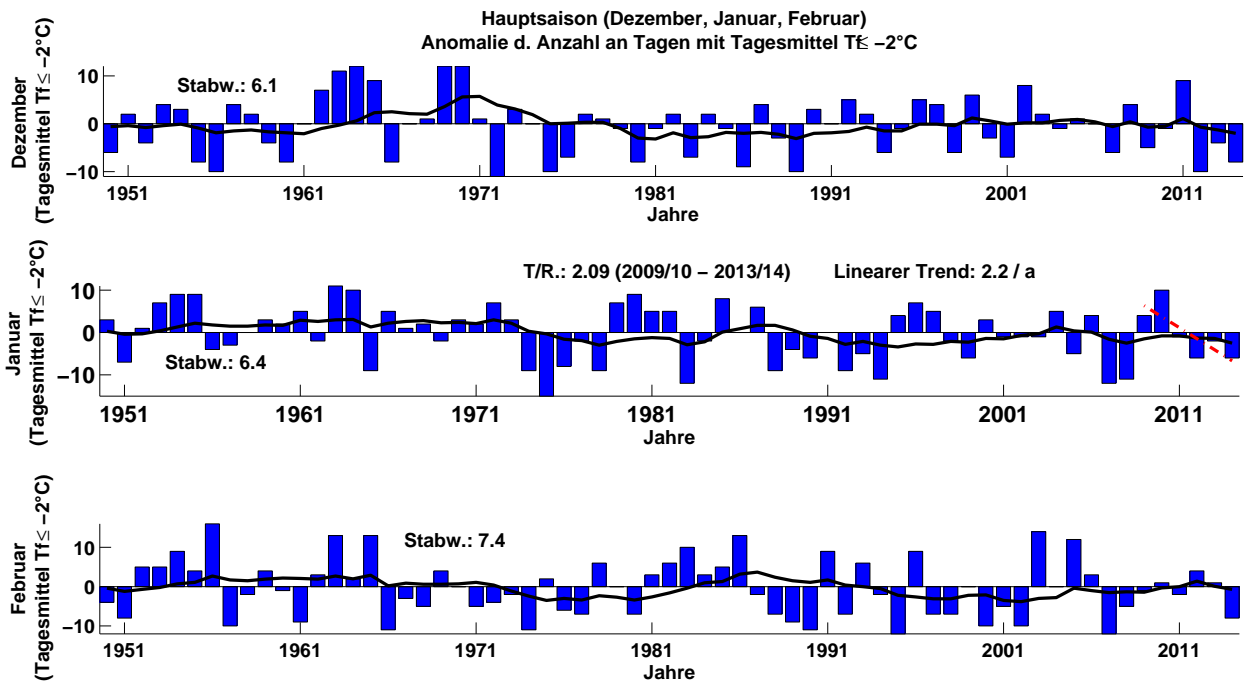


Abbildung 3.11: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Dezember, Januar und Februar (Hauptsaison).

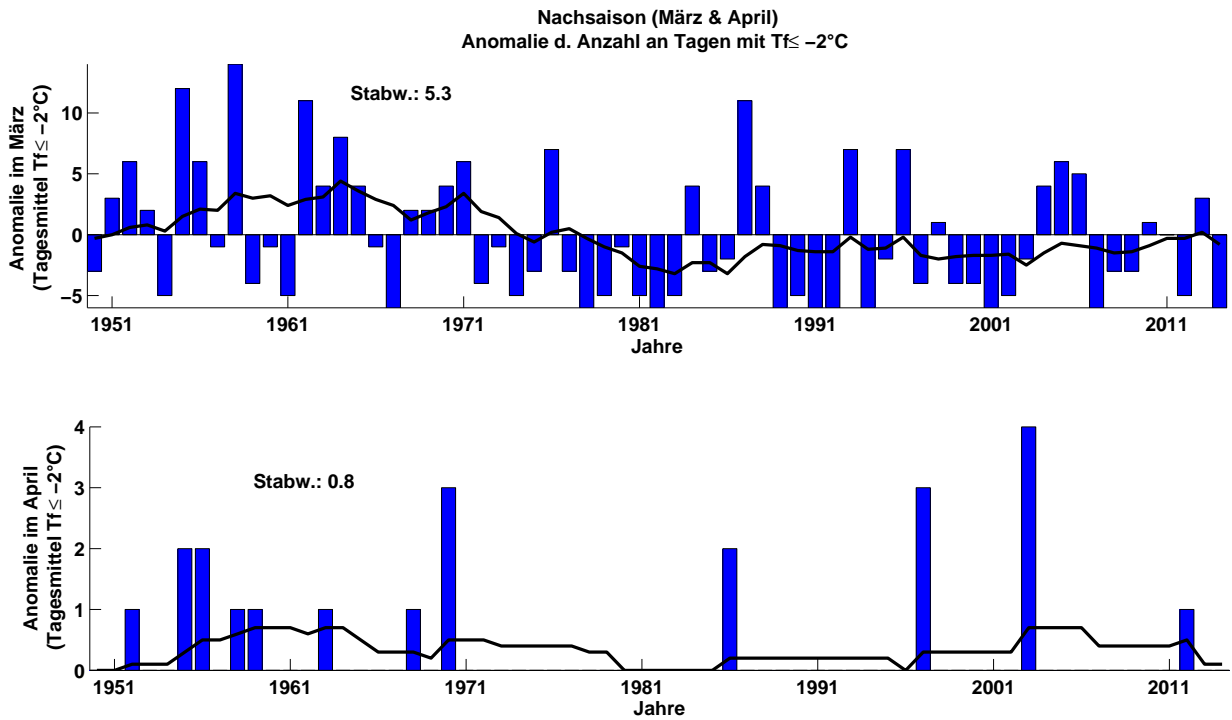


Abbildung 3.12: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt n Monate: März und April (Nachsaison).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1949 – 2014) ,Puchberg 583 m

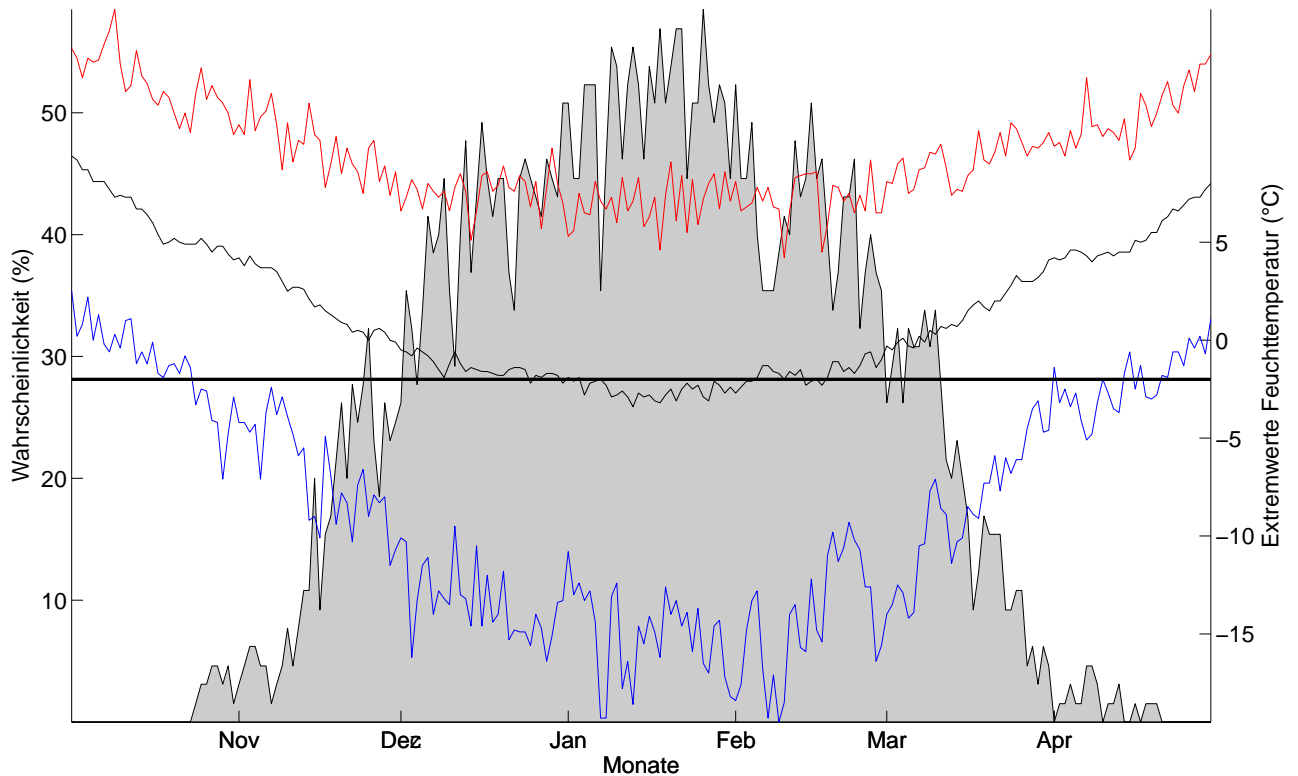


Abbildung 3.13: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Puchberg, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1949-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), Puchberg 583m

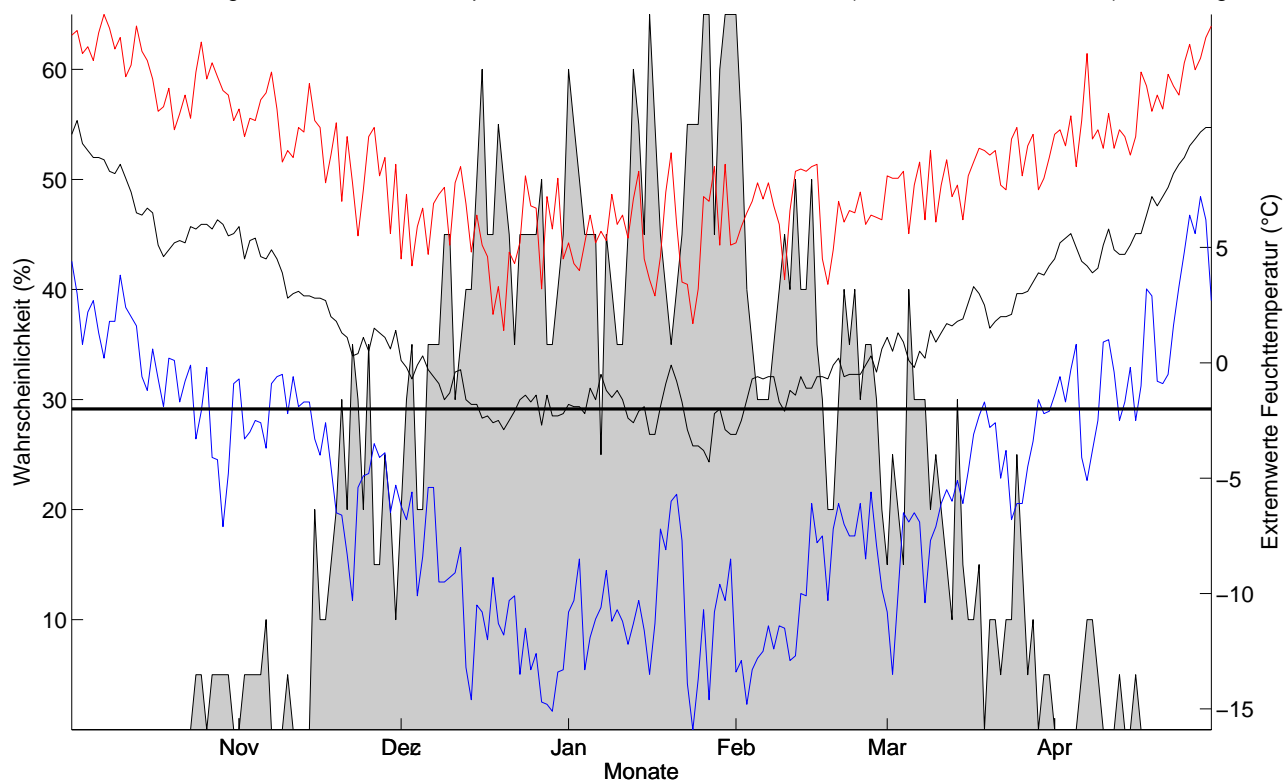


Abbildung 3.14: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Puchberg, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

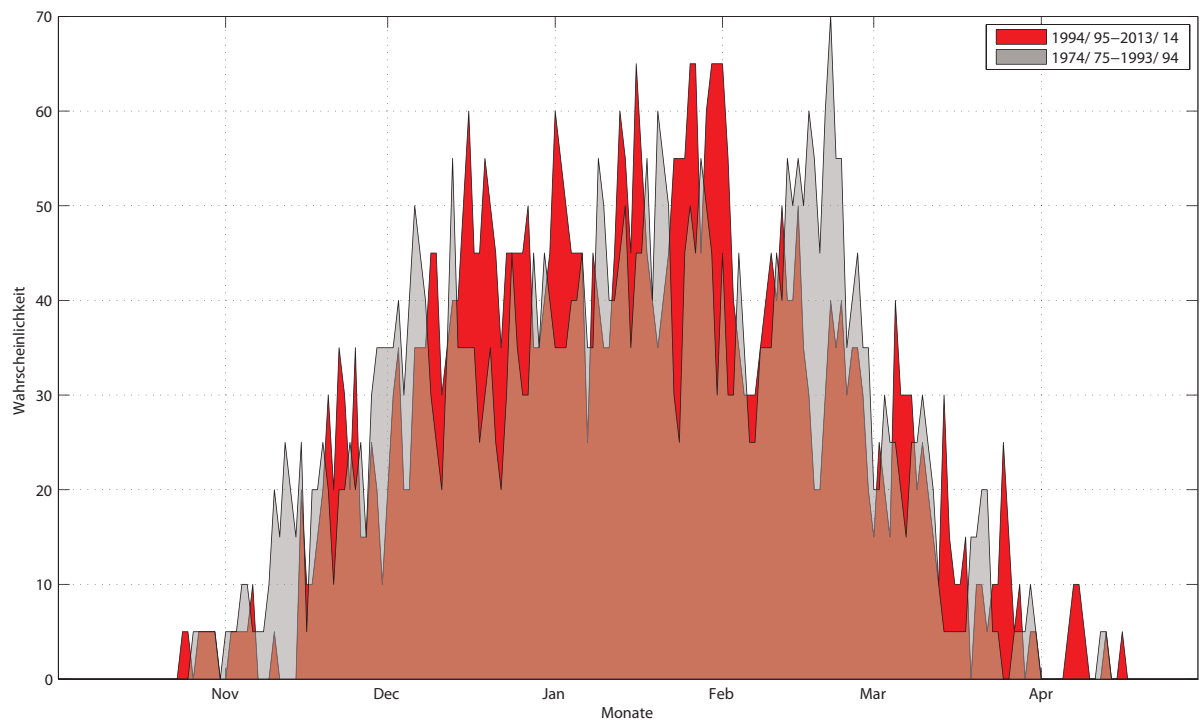


Abbildung 3.15: Vergleich Beschneigungswahrscheinlichkeit (Tagesmittelwert $T_f \leq -2^\circ\text{C}$) der letzten 20 Jahre mit den 20 Jahren davor für alle Tage der Saison (1.10.-30.4.).

Beschneitage Puchberg pro Saison und Monat

Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	0	4	13	16	12	6	0
SD	1	4	6	6	7	5	1
1949/50	0	1	7	19	8	3	0
1950/51	2	0	15	9	4	9	0
1951/52	0	0	9	17	17	12	1
1952/53	0	6	17	23	17	8	0
1953/54	0	7	16	25	21	1	0
1954/55	0	9	5	25	16	18	2
1955/56	1	5	3	12	28	12	2
1956/57	0	9	17	13	2	5	0
1957/58	0	3	15	16	10	20	1
1958/59	0	0	9	19	16	2	1
1959/60	0	4	5	18	11	5	0
1960/61	0	0	13	21	3	1	0
1961/62	0	5	20	14	15	17	0
1962/63	0	10	24	27	25	10	1
1963/64	0	0	25	26	14	14	0
1964/65	0	1	22	7	25	10	0
1965/66	0	11	5	21	1	5	0
1966/67	1	8	13	17	9	0	0
1967/68	0	6	14	18	7	8	1
1968/69	0	6	25	14	16	8	0
1969/70	0	3	25	19	12	10	3
1970/71	0	0	14	18	7	12	0
1971/72	0	4	2	23	8	2	0
1972/73	0	4	16	19	10	5	0
1973/74	2	8	13	7	1	1	0
1974/75	0	0	3	1	14	3	0
1975/76	0	7	6	8	6	13	0
1976/77	0	0	15	14	5	3	0
1977/78	0	4	14	7	18	0	0
1978/79	0	10	12	23	12	1	0

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

1979/80	0	3	5	25	5	5	0
1980/81	0	12	12	21	15	1	0
1981/82	0	7	15	21	18	0	0
1982/83	0	0	6	4	22	1	0
1983/84	0	11	15	14	15	10	0
1984/85	0	4	12	24	17	3	0
1985/86	0	9	4	16	25	4	2
1986/87	0	1	17	22	10	17	0
1987/88	0	0	10	7	5	10	0
1988/89	0	10	3	12	3	0	0
1989/90	0	8	16	10	1	1	0
1990/91	0	1	13	16	21	0	0
1991/92	5	0	18	7	5	0	0
1992/93	0	0	15	11	18	13	0
1993/94	0	14	7	5	10	0	0
1994/95	0	0	12	20	0	4	0
1995/96	0	10	18	23	21	13	0
1996/97	0	4	17	21	5	2	3
1997/98	4	2	7	14	5	7	0
1998/99	0	7	19	10	12	2	0
1999/00	0	8	10	19	2	2	0
2000/01	0	0	6	15	7	0	0
2001/02	0	4	21	15	2	1	0
2002/03	0	1	15	15	26	4	4
2003/04	2	0	12	21	12	10	0
2004/05	0	5	14	11	24	12	0
2005/06	0	8	13	20	15	11	0
2006/07	0	2	7	4	0	0	0
2007/08	0	6	17	5	7	3	0
2008/09	0	4	8	20	11	3	0
2009/10	0	0	12	26	13	7	0
2010/11	0	3	22	15	10	6	0
2011/12	0	5	3	10	16	1	1

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

2012/13	0	0	9	14	13	9	0
2013/14	0	4	5	10	4	0	0

Tabelle 3.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1949 - 2014, Puchberg-Schneeberg.

Klimaparameter (Saisonmittel) und Schneitage				
Parameter	Temperatur	Relative Luftfeuchte	Feuchttemperatur	Schneitage
Jahr	°C	%	°C	-
Mittelwert	3,2	74,8	1,3	51
SD	1,1	3,7	1,0	16
1949/50	3,9	70,7	1,8	38
1950/51	3,3	72,0	1,3	39
1951/52	3,4	70,3	1,2	56
1952/53	2,4	69,0	0,2	71
1953/54	1,5	72,2	-0,4	70
1954/55	2,1	70,2	0,1	75
1955/56	1,5	69,5	-0,5	63
1956/57	3,2	72,5	1,2	46
1957/58	2,5	68,4	0,3	65
1958/59	3,7	69,1	1,5	47
1959/60	2,8	71,5	0,7	43
1960/61	4,4	71,2	2,2	38
1961/62	2,2	71,0	0,2	71
1962/63	0,2	71,0	-1,6	97
1963/64	1,5	79,7	0,1	79
1964/65	2,1	80,6	0,8	65
1965/66	3,3	75,2	1,5	43
1966/67	3,4	75,6	1,7	48
1967/68	3,6	69,4	1,3	54
1968/69	1,8	77,5	0,3	69

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparamter – Fortsetzung

1969/70	1,8	82,2	0,6	72
1970/71	3,0	79,5	1,5	51
1971/72	3,6	81,5	2,1	39
1972/73	2,2	76,7	0,6	54
1973/74	3,6	77,5	1,9	32
1974/75	3,8	78,3	2,2	21
1975/76	3,0	80,1	1,5	40
1976/77	4,3	80,2	2,8	37
1977/78	3,4	82,6	2,1	43
1978/79	2,2	82,7	1,0	58
1979/80	3,0	72,0	0,9	43
1980/81	3,4	68,5	1,1	61
1981/82	2,2	72,7	0,3	61
1982/83	3,9	73,7	1,9	33
1983/84	2,6	71,9	0,6	65
1984/85	1,9	75,9	0,2	60
1985/86	2,2	74,7	0,4	60
1986/87	1,7	73,6	-0,1	67
1987/88	3,1	73,7	1,2	32
1988/89	4,6	75,5	2,7	28
1989/90	4,6	71,2	2,4	36
1990/91	3,1	75,6	1,3	51
1991/92	3,5	71,8	1,5	35
1992/93	2,8	76,7	1,1	57
1993/94	4,3	76,8	2,5	36
1994/95	4,4	75,0	2,5	36
1995/96	1,3	81,6	0,1	85
1996/97	2,8	76,3	1,1	52
1997/98	4,4	71,9	2,3	39
1998/99	3,7	76,3	2,0	50
1999/00	4,2	73,2	2,2	41
2000/01	4,9	78,2	3,2	28
2001/02	4,4	74,6	2,5	43

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparamter – Fortsetzung

2002/03	3,2	75,6	1,4	65
2003/04	3,3	73,0	1,3	57
2004/05	3,2	72,1	1,3	66
2005/06	2,2	79,1	0,8	67
2006/07	6,3	72,5	4,1	13
2007/08	3,8	74,6	1,9	38
2008/09	4,0	74,9	2,2	46
2009/10	3,1	75,7	1,3	58
2010/11	3,6	75,8	1,7	56
2011/12	3,9	74,1	1,9	36
2012/13	3,7	77,1	2,0	45
2013/14	5,4	76,7	3,6	23

Tabelle 3.2: Saisonale Klimaparameter und Schneitage für die Periode 1949-2014, Puchberg-Schneeberg.

3.3.3 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

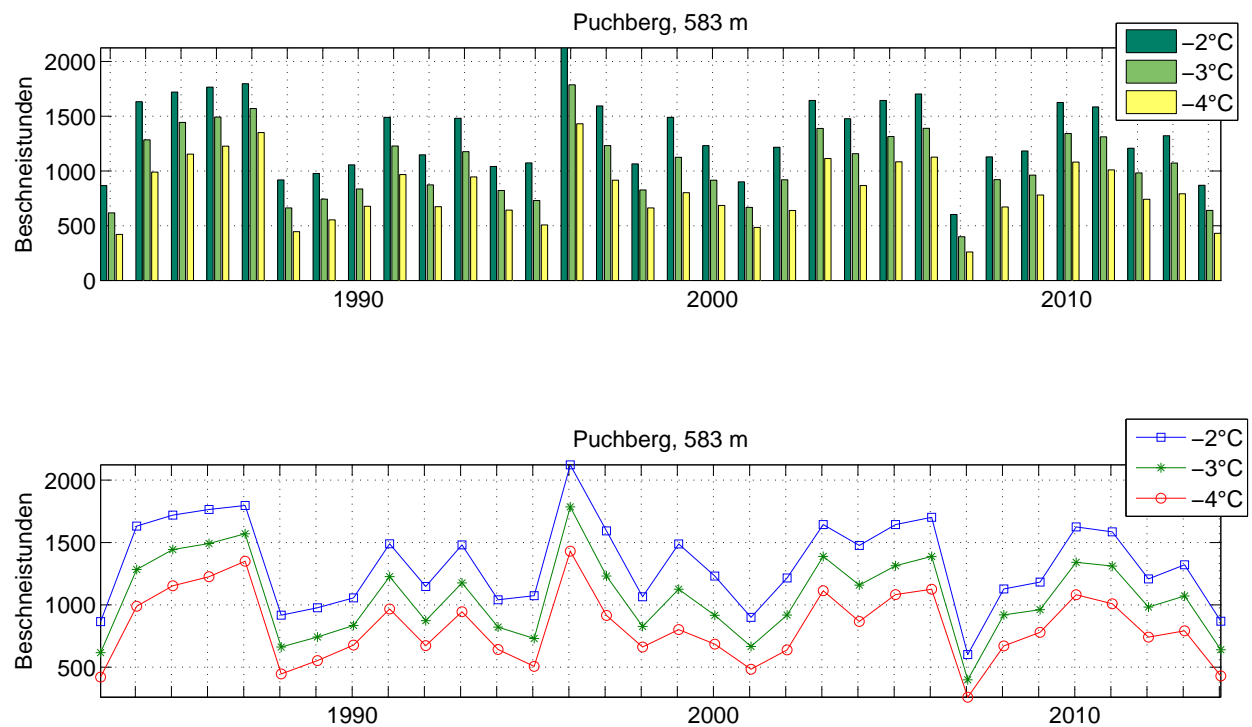
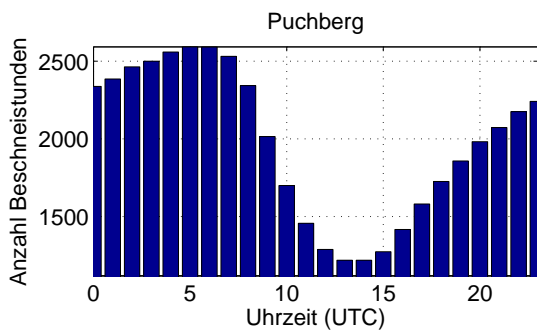
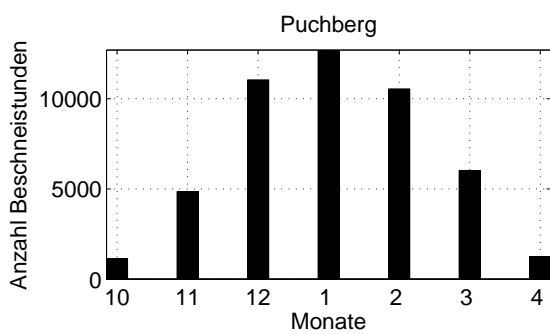
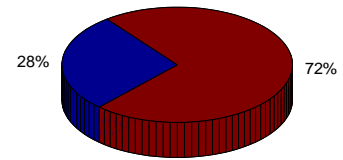


Abbildung 3.16: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 344 Stunden (14 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es im Mittel 1330 potentielle Beschneistunden (ca. 55 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 344 Stunden (ca. 14 Tage). Siehe Abb. 3.16.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9-17/17-8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

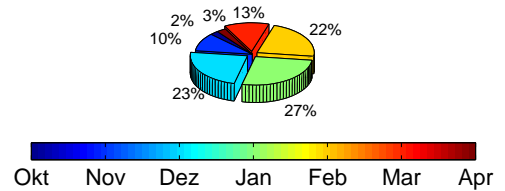


Abbildung 3.17: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

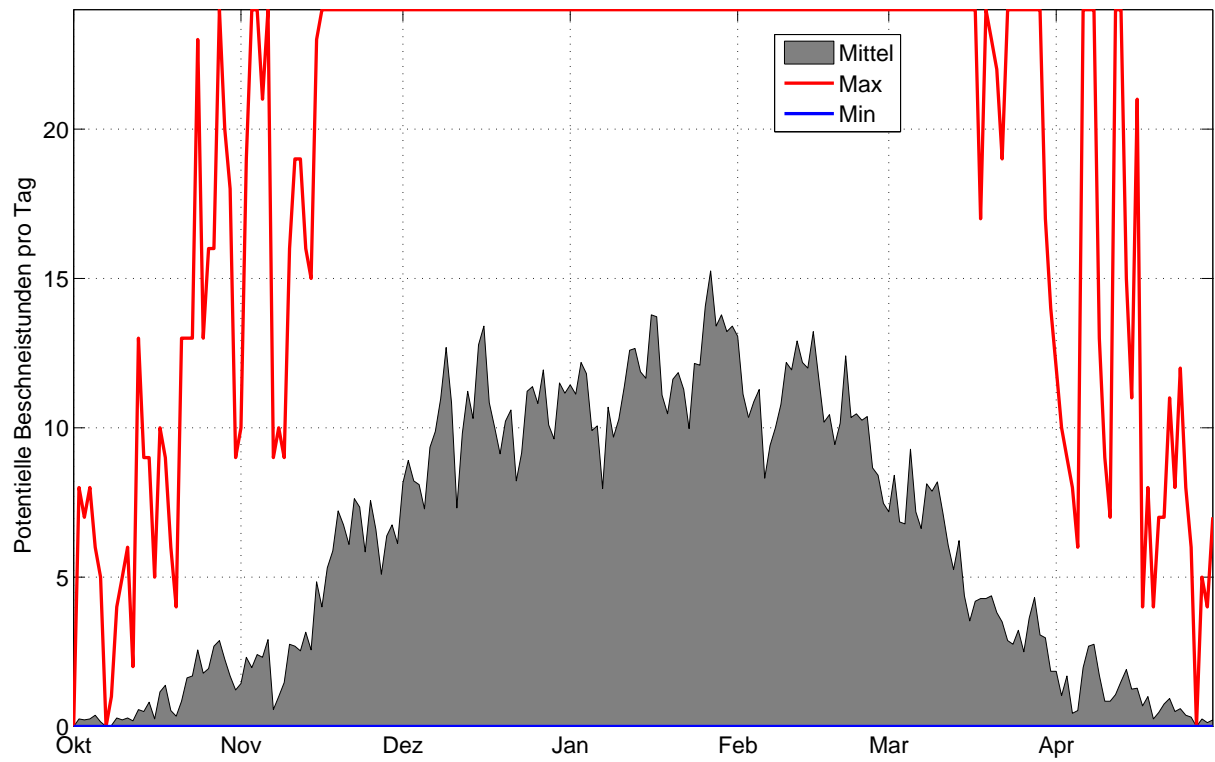


Abbildung 3.18: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1982-2014, Station Puchberg, 583 m.

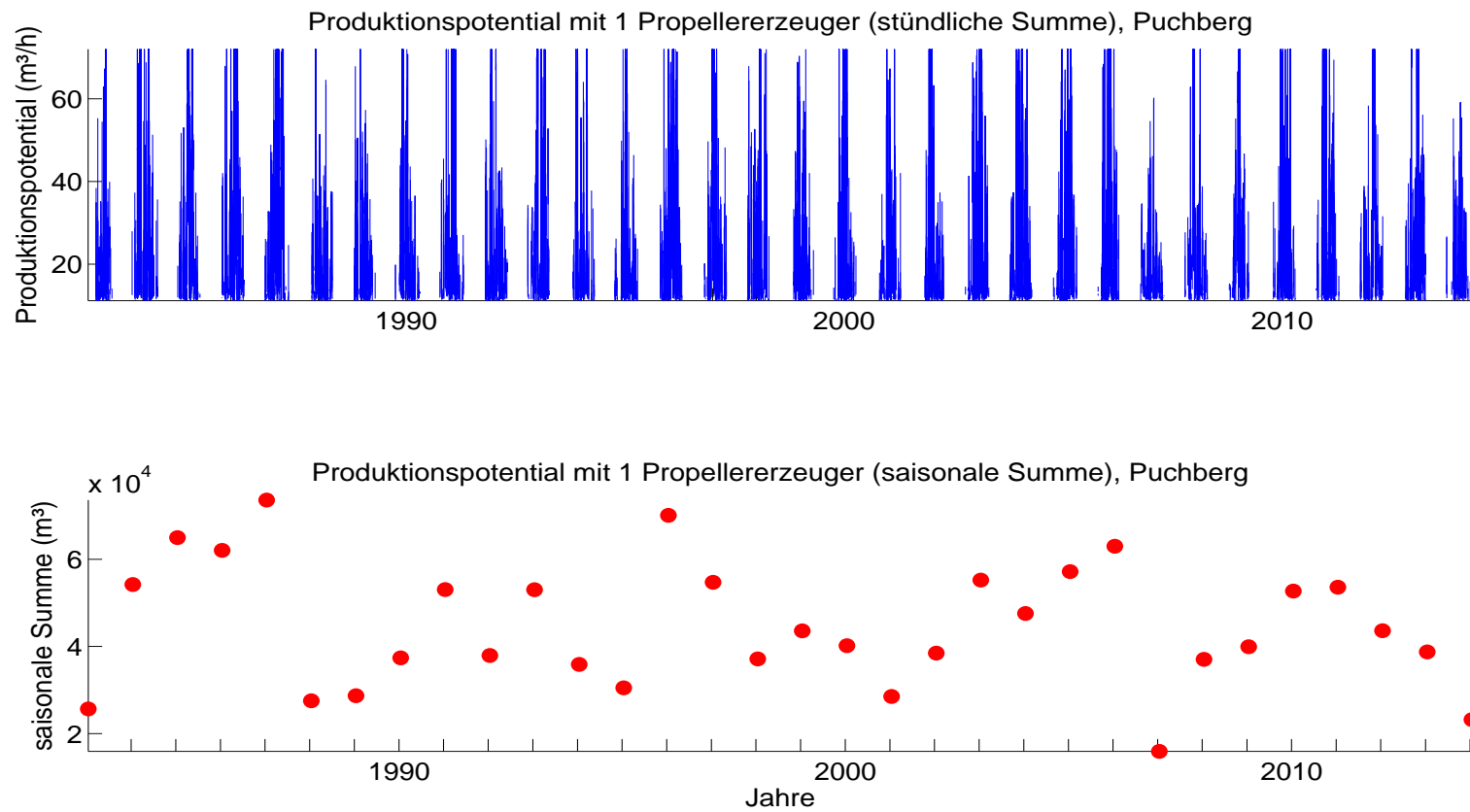


Abbildung 3.19: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

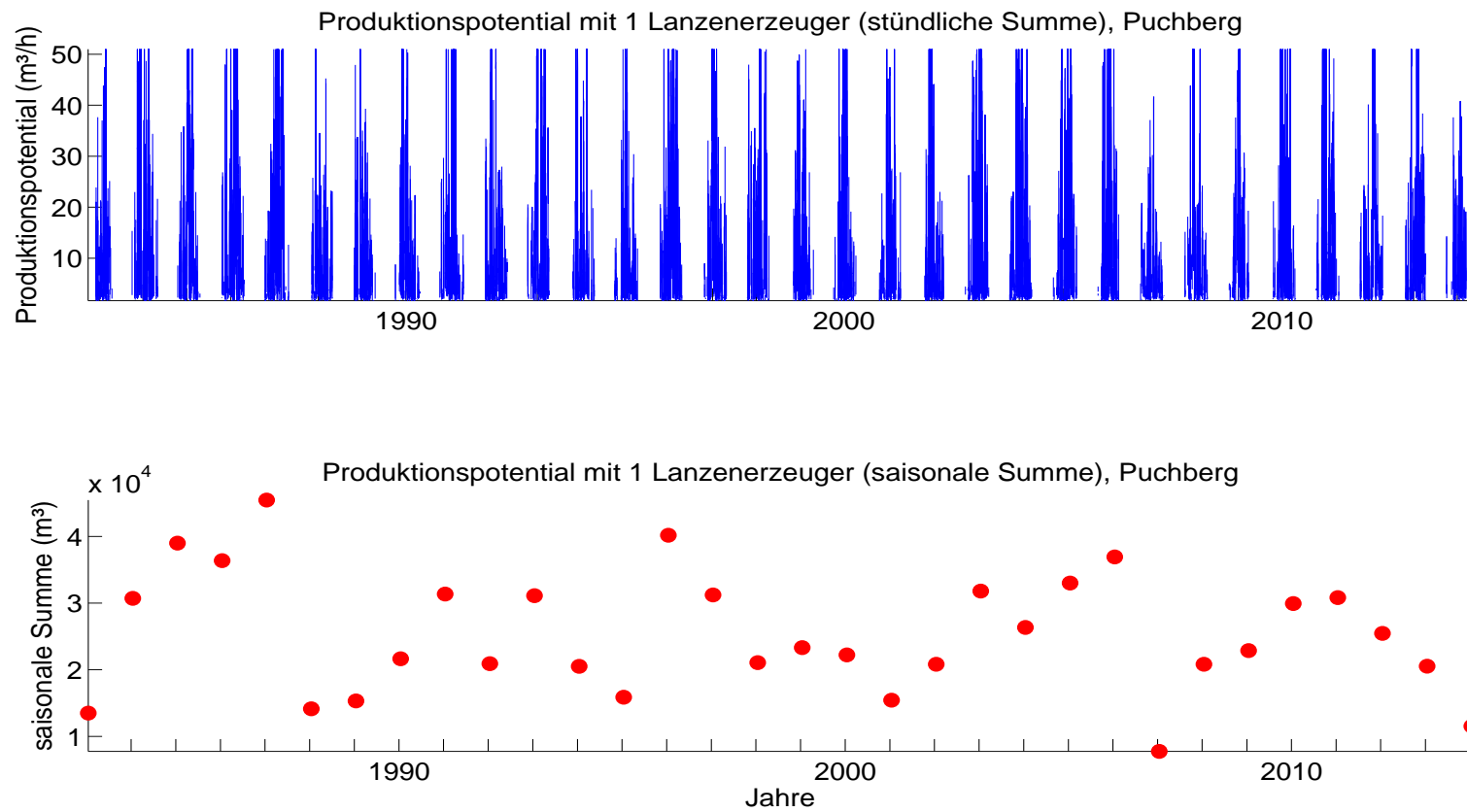


Abbildung 3.20: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 14357 m^3 (Propellengerät), bzw. 11653 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 47873 m^3 (Propellengerät), bzw. 41533 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 16 ha (Propellengerät), bzw. ca. 14 ha (Lanze) eine Grundbeschnetzung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 3.19 und 3.20.

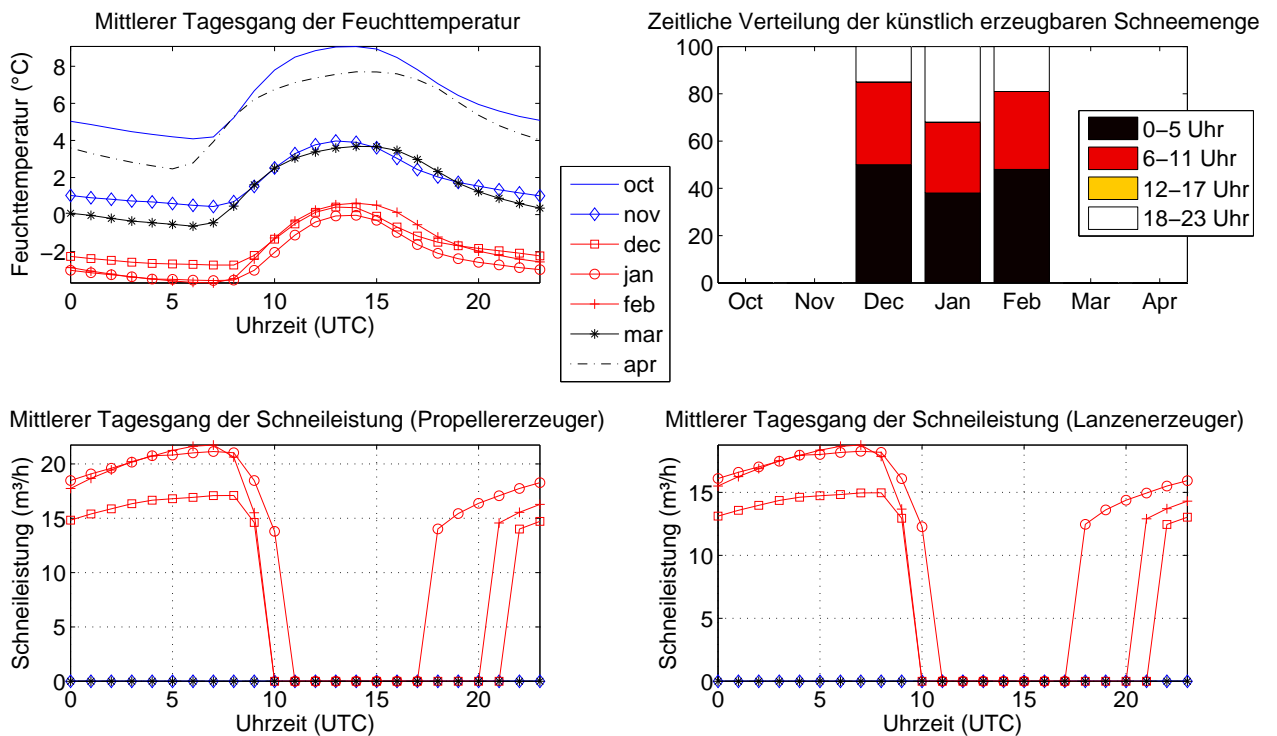


Abbildung 3.21: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1982-2014, Puchberg, 583 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

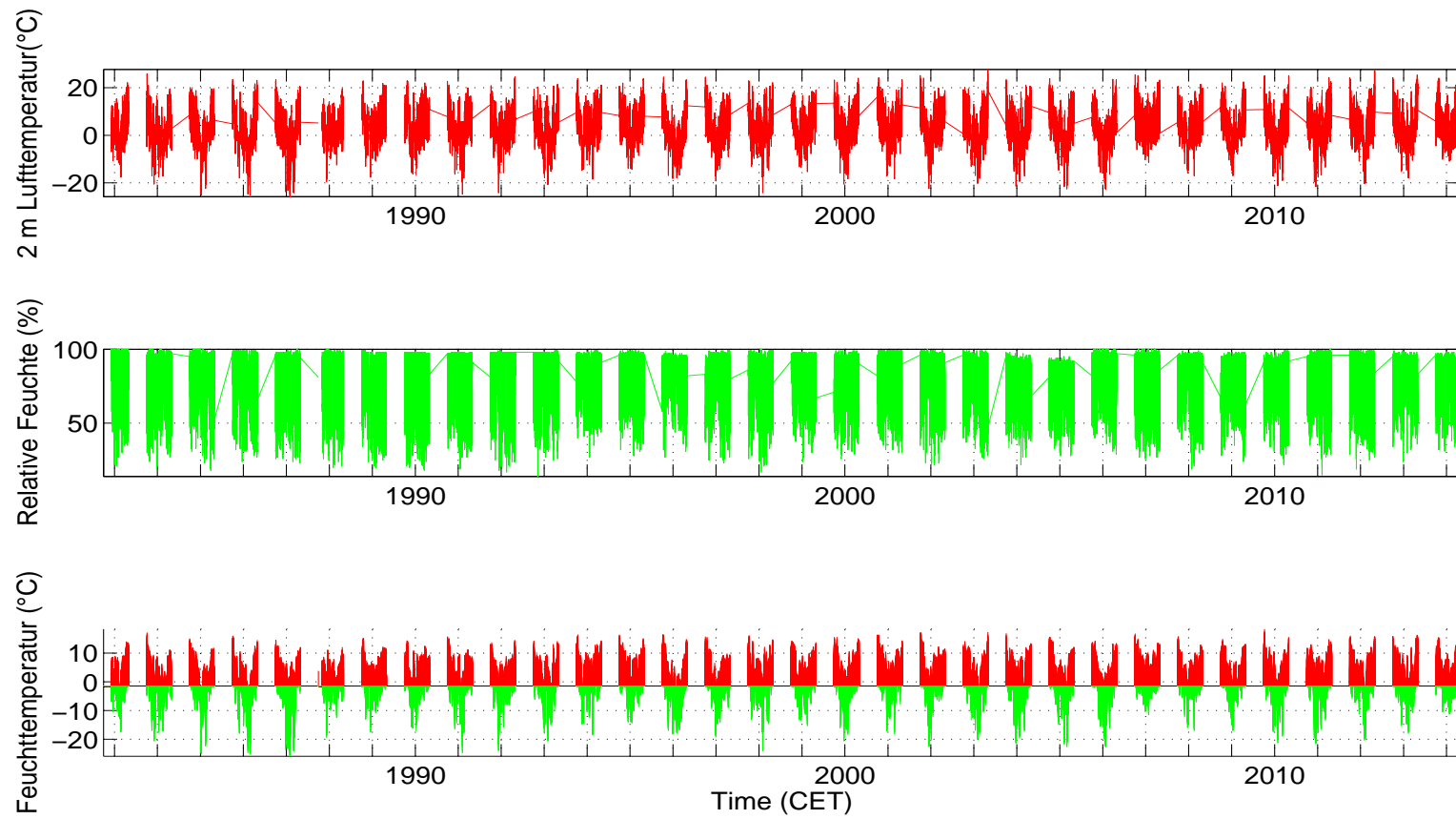


Abbildung 3.22: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Schneistunden

Schneistunden mit versch. Grenztemp.

	-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	1485	1330	1057	816
SD	355	344	320	284
Saison				
1982/83	997	866	617	421
1983/84	1814	1632	1284	989
1984/85	1877	1720	1443	1153
1985/86	1912	1765	1492	1226
1986/87	1949	1797	1570	1350
1987/88	1116	918	662	446
1988/89	1087	977	743	553
1989/90	1186	1056	835	678
1990/91	1596	1490	1227	967
1991/92	1346	1147	873	673
1992/93	1625	1481	1176	945
1993/94	1175	1041	822	642
1994/95	1211	1074	730	507
1995/96	2280	2123	1786	1430
1996/97	1799	1593	1231	915
1997/98	1236	1065	827	662
1998/99	1642	1489	1125	802
1999/00	1414	1231	916	685
2000/01	1049	900	667	484
2001/02	1414	1216	919	639
2002/03	1777	1644	1388	1113
2003/04	1670	1477	1158	867
2004/05	1827	1644	1314	1083
2005/06	1936	1702	1389	1126
2006/07	704	602	399	260
2007/08	1263	1128	920	671
2008/09	1304	1183	962	780
2009/10	1752	1625	1341	1081

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneistunden – Fortsetzung

2010/11	1730	1585	1311	1009
2011/12	1358	1208	982	741
2012/13	1486	1321	1072	792
2013/14	995	869	640	430

Tabelle 3.3: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Puchberg)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	29	129	315	366	300	161	29
SD	30	88	115	134	151	105	33
Saison							
1982/83	0	0	151	129	506	74	7
1983/84	42	215	361	319	370	302	24
1984/85	23	147	356	628	445	121	0
1985/86	89	247	164	409	608	165	83
1986/87	35	123	406	550	250	425	8
1987/88	0	35	239	210	163	197	74
1988/89	10	256	141	328	176	62	4
1989/90	11	193	338	293	126	75	20
1990/91	53	60	399	386	484	72	36
1991/92	89	70	387	247	198	122	34
1992/93	32	45	392	263	404	320	25
1993/94	20	356	181	172	268	26	18
1994/95	35	0	332	449	82	166	10
1995/96	46	237	436	562	465	335	42
1996/97	7	108	480	549	211	113	125
1997/98	115	114	170	344	173	140	9
1998/99	0	242	483	302	356	98	8
1999/00	13	249	301	471	99	91	7
2000/01	4	60	163	385	220	43	25
2001/02	0	90	480	396	78	128	44
2002/03	3	72	392	370	570	112	125
2003/04	90	51	351	459	239	275	12
2004/05	3	123	334	303	520	301	60
2005/06	2	182	349	478	359	316	17
2006/07	26	75	231	130	75	53	12
2007/08	17	175	416	197	203	104	16
2008/09	7	123	214	472	295	72	0
2009/10	24	42	306	615	389	224	25
2010/11	44	81	536	406	323	191	4

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Pot. Schneistunden – Fortsetzung

2011/12	43	227	130	232	427	91	58
2012/13	22	62	250	376	327	265	19
2013/14	21	83	214	297	188	63	3

Tabelle 3.4: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C.)

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Propeller (m³) (Puchberg)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	1101	4559	11664	13831	11397	5533	1067
SD	1006	2901	4437	6157	6675	3927	904
Saison							
1982/83	NaN	NaN	5493	3975	16849	2871	312
1983/84	1185	9357	13995	11569	13718	8703	1343
1984/85	757	4612	10490	29523	19342	4420	627
1985/86	2797	8856	5332	13640	28405	5879	2117
1986/87	1148	3889	13943	25396	12980	19905	567
1987/88	NaN	1280	9605	7423	5774	6386	2137
1988/89	629	8724	5002	10970	5303	1797	301
1989/90	461	7239	14225	11558	4312	2246	772
1990/91	1721	2473	12152	15748	21611	2283	1551
1991/92	3116	2890	17346	8414	6685	4126	1123
1992/93	1158	1827	15802	11779	16545	9790	754
1993/94	540	12115	6494	6031	12267	1100	847
1994/95	1357	266	9667	15192	2529	5264	730
1995/96	1179	8288	14225	19665	19701	10863	1941
1996/97	350	3323	19755	21548	7121	3683	4023
1997/98	4505	4189	6416	12817	8002	5274	376
1998/99	30	7585	14519	10742	11325	2852	231
1999/00	463	7727	12062	17439	3673	3038	439
2000/01	291	1715	8246	12483	7046	1802	1065
2001/02	7	3867	17794	13268	2484	4361	1205
2002/03	238	1993	12634	14348	21265	4454	3525
2003/04	2784	2345	14023	16957	7279	8471	315
2004/05	289	3733	13072	12460	18083	12154	1700
2005/06	164	6042	12656	26223	12835	9205	703
2006/07	837	1874	7444	4492	2156	1981	514
2007/08	708	6057	17854	5267	7421	3786	655
2008/09	396	3397	8607	20095	9590	2378	143
2009/10	1339	1570	12134	20045	12452	8158	808
2010/11	1551	2910	21372	14126	10886	6079	245

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Propeller – Fortsetzung

2011/12	1274	6449	4658	9028	22318	2762	1715
2012/13	1115	2039	9427	11532	9476	8985	1233
2013/14	637	2689	6791	8846	5267	1995	122

Tabelle 3.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Lanze (m³) (Puchberg)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	994	3990	9829	11563	9535	4827	982
SD	872	2426	3535	4854	5317	3223	799
Saison							
1982/83	NaN	NaN	4971	3563	14064	2622	309
1983/84	1044	7816	11445	9916	11602	7670	1265
1984/85	697	4095	9129	23789	15753	4120	633
1985/86	2445	7581	4684	11585	23050	5230	1875
1986/87	1057	3460	11860	20049	10299	16273	551
1987/88	NaN	1204	7992	6556	5155	5610	1897
1988/89	607	7532	4304	9467	4707	1630	308
1989/90	437	6075	11834	9677	3857	2055	728
1990/91	1520	2237	10369	13052	17401	2115	1448
1991/92	2727	2695	14137	7311	5843	3713	1046
1992/93	1065	1724	13162	9551	13764	8415	702
1993/94	507	10242	5699	5250	10165	1019	832
1994/95	1284	278	8298	12874	2282	4764	717
1995/96	1034	7088	12145	16711	16394	9395	1833
1996/97	329	2958	15910	18101	6140	3351	3633
1997/98	3895	3720	5621	10595	6542	4529	359
1998/99	37	6617	12387	9304	9686	2586	208
1999/00	432	6610	9991	14406	3328	2786	417
2000/01	275	1532	6957	10719	6088	1645	973
2001/02	9	3529	14636	11188	2241	3896	1102
2002/03	236	1774	10812	12138	17465	3963	3075
2003/04	2493	2199	11695	14148	6383	7323	295
2004/05	282	3351	11121	10640	14904	10074	1495
2005/06	166	5294	10791	20841	10763	7989	651
2006/07	750	1710	6529	3943	1957	1847	493
2007/08	708	5387	14737	4619	6357	3431	603
2008/09	382	3030	7405	16337	8369	2245	159
2009/10	1265	1467	10107	16765	10643	6874	738

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Lanze – Fortsetzung

2010/11	1415	2601	17570	11656	9376	5256	234
2011/12	1136	5643	4248	7782	17698	2441	1541
2012/13	1015	1842	8041	9832	8235	7790	1167
2013/14	586	2393	5935	7666	4622	1802	123

Tabelle 3.6: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

3.3.4 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

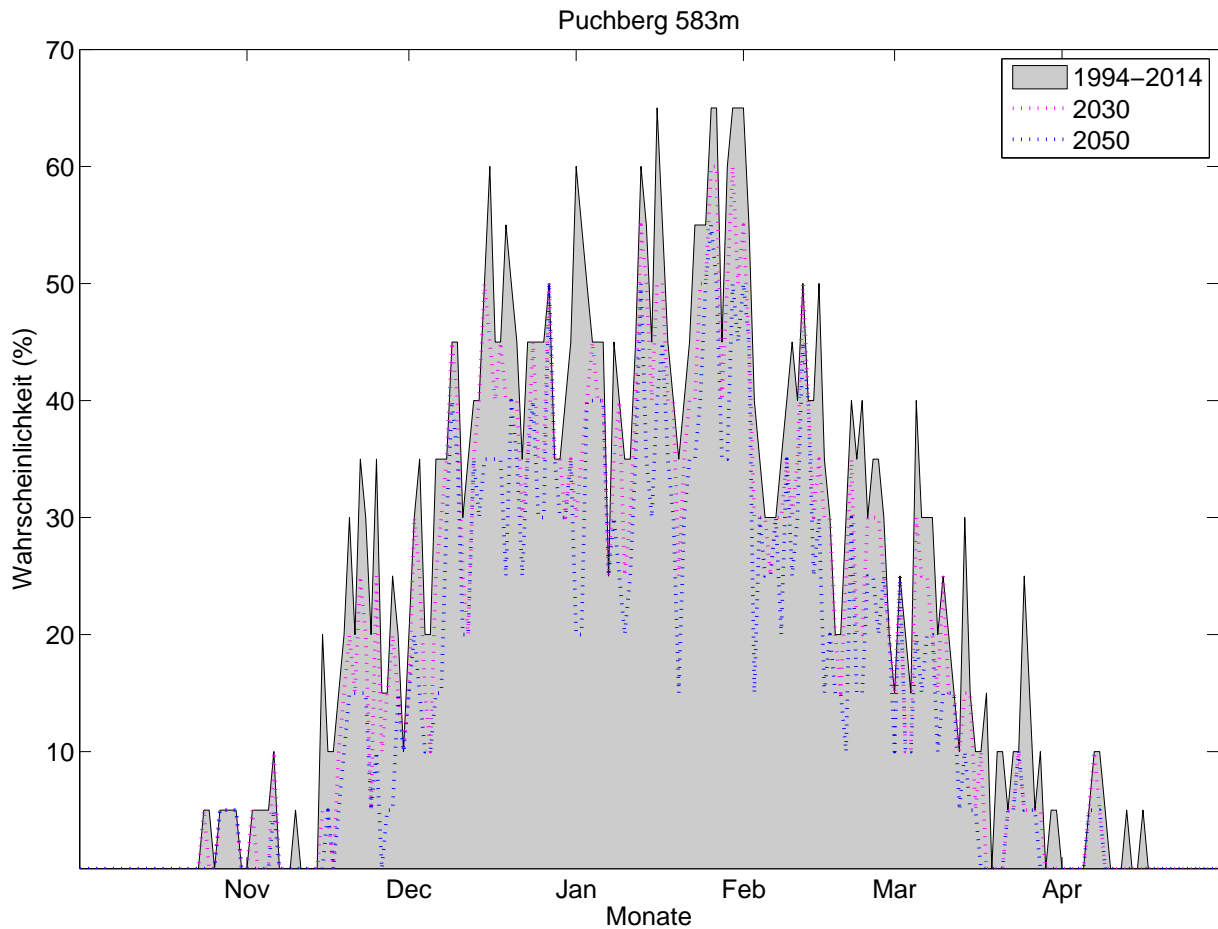


Abbildung 3.23: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Puchberg, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

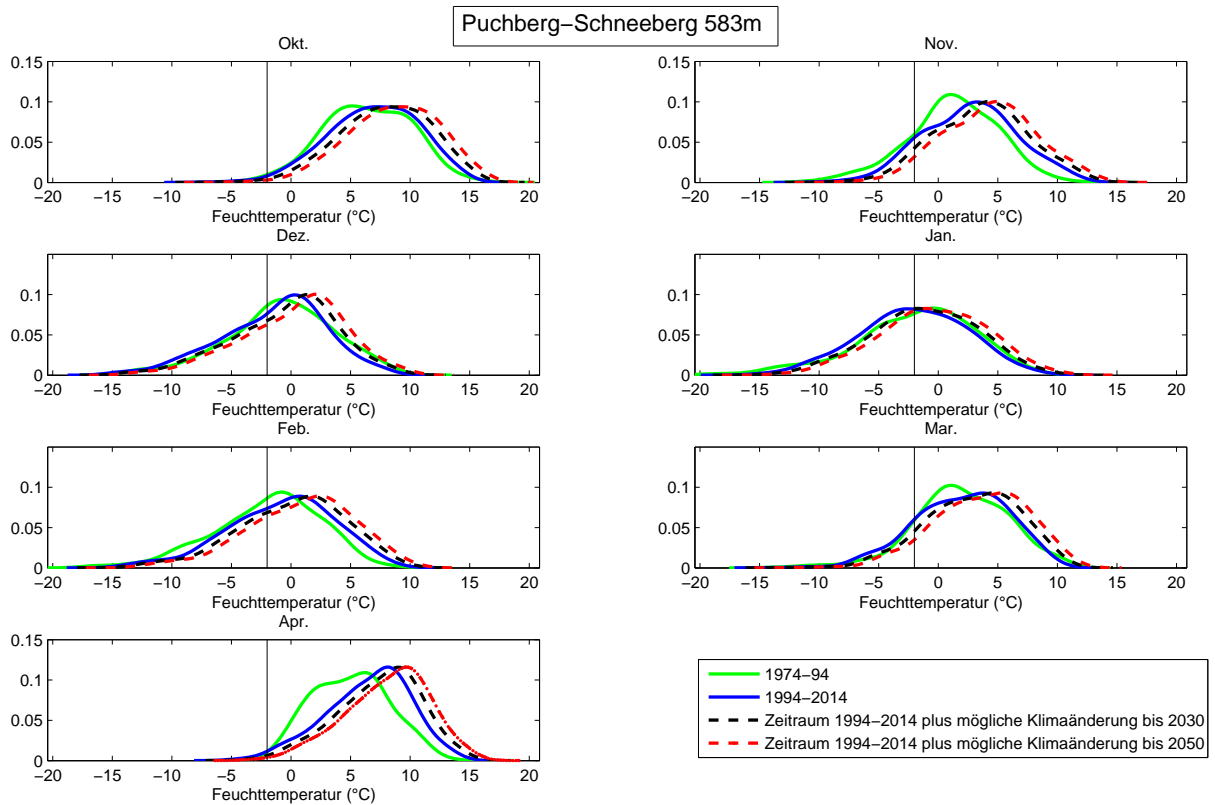


Abbildung 3.24: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchttemperatur unter -2°C pro Monat, Puchberg-Schneeberg.

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Periode							
1974-1994	0,3	5,1	10,9	13,4	12,3	4,3	0,1
1994-2014	0,3	3,7	12,4	15,4	10,3	4,9	0,4
mit Klimaänderung bis 2030	0,3	2,3	10,6	13,1	8,6	3,3	0,2
mit Klimaänderung bis 2050	0,2	1,4	8,9	11,0	7,2	2,5	0,2
Abnahme bis 2050 in Tagen	0,1	2,3	3,5	4,4	3,1	2,4	0,3
Abnahme bis 2050 in %	33	63	28	29	30	49	63

Tabelle 3.7: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1974-94, 1994-2014 und 1994-2014 mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

3.4 Galzig (2097 m)

3.4.1 Langzeitanalyse - Trends und Klima

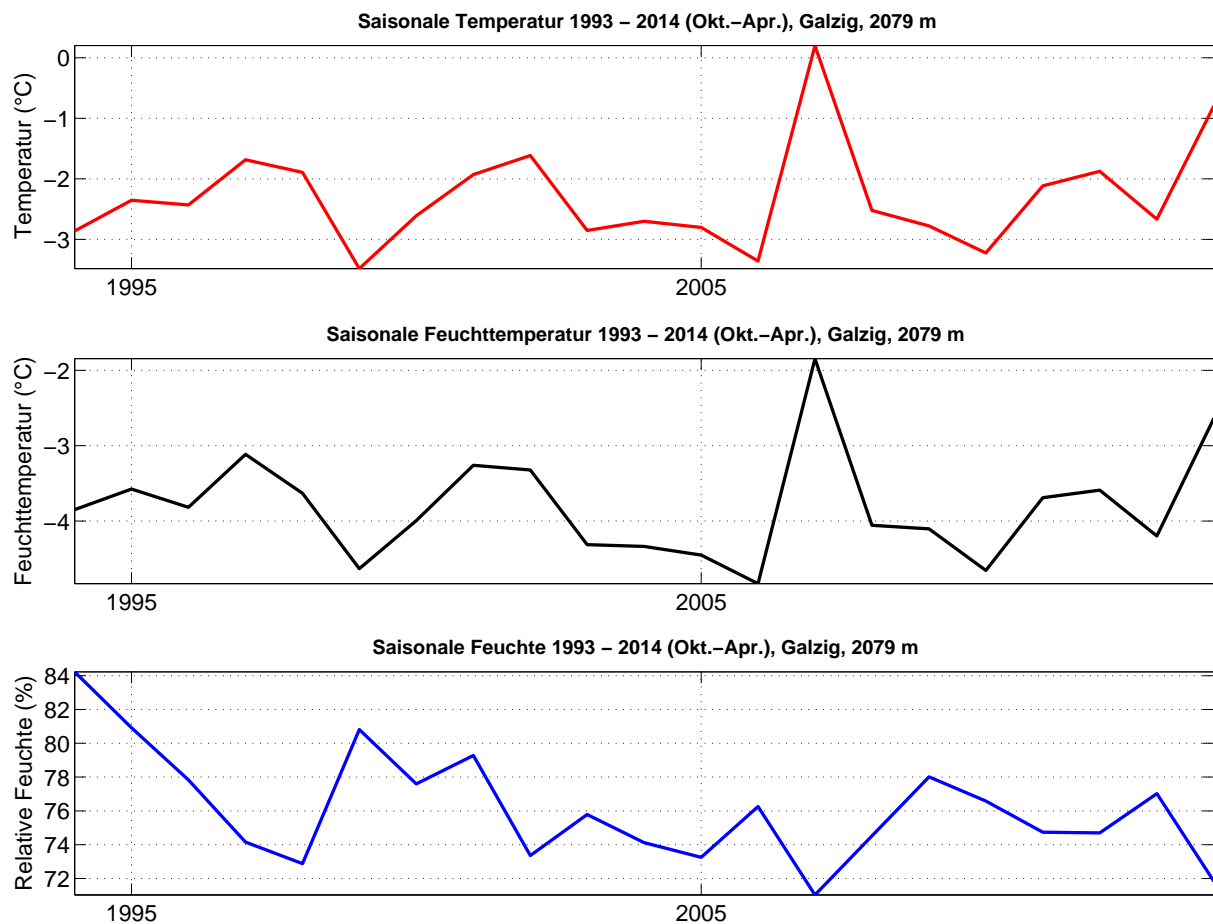


Abbildung 3.1: Saisonale Lufttemperatur, relative Feuchte und Feuchttemperatur, Galzig, Okt.-Apr. 1993-2014.

Die Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Tagesmittel der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$) beträgt im Mittel 128 Tage und unterliegt einer natürlichen, intersaisonalen Schwankung von etwa 13 Tagen.

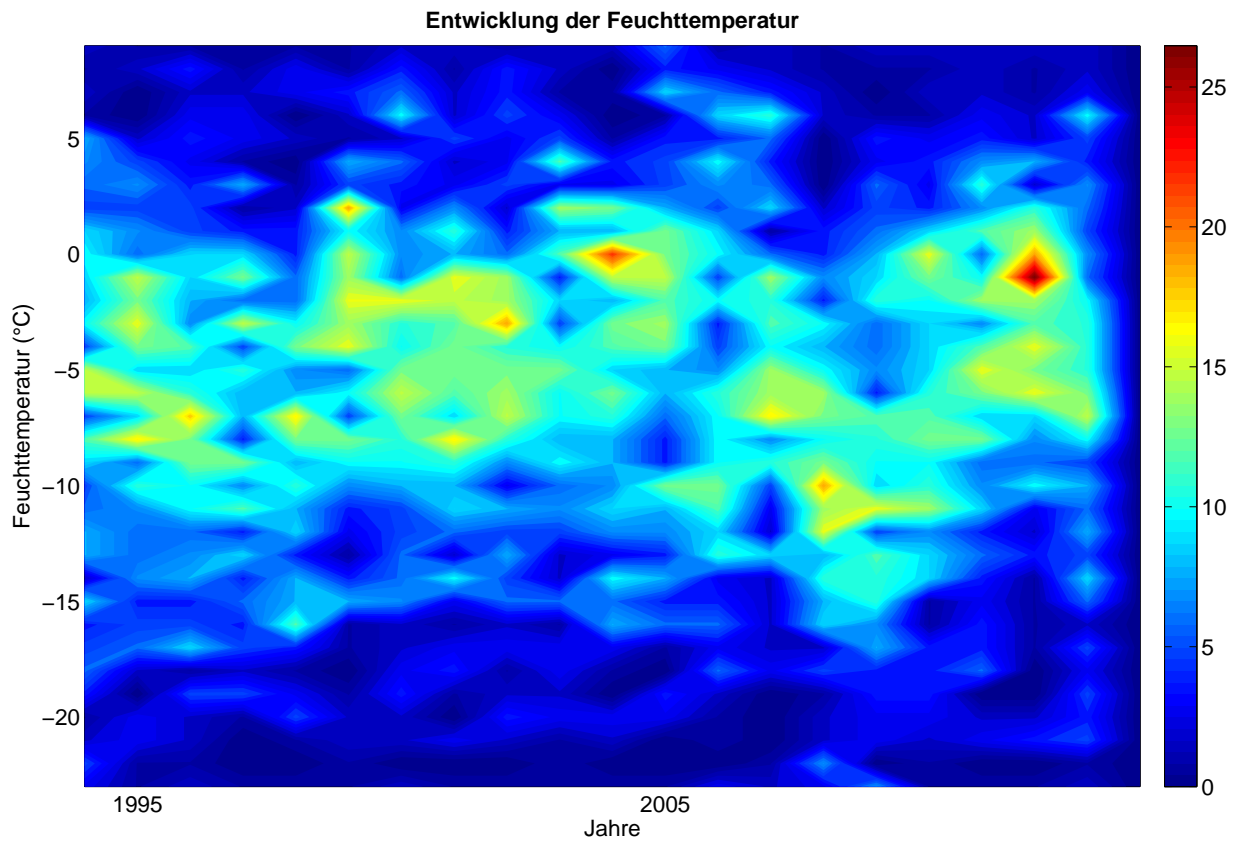


Abbildung 3.2: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1993-2014, Galzig.

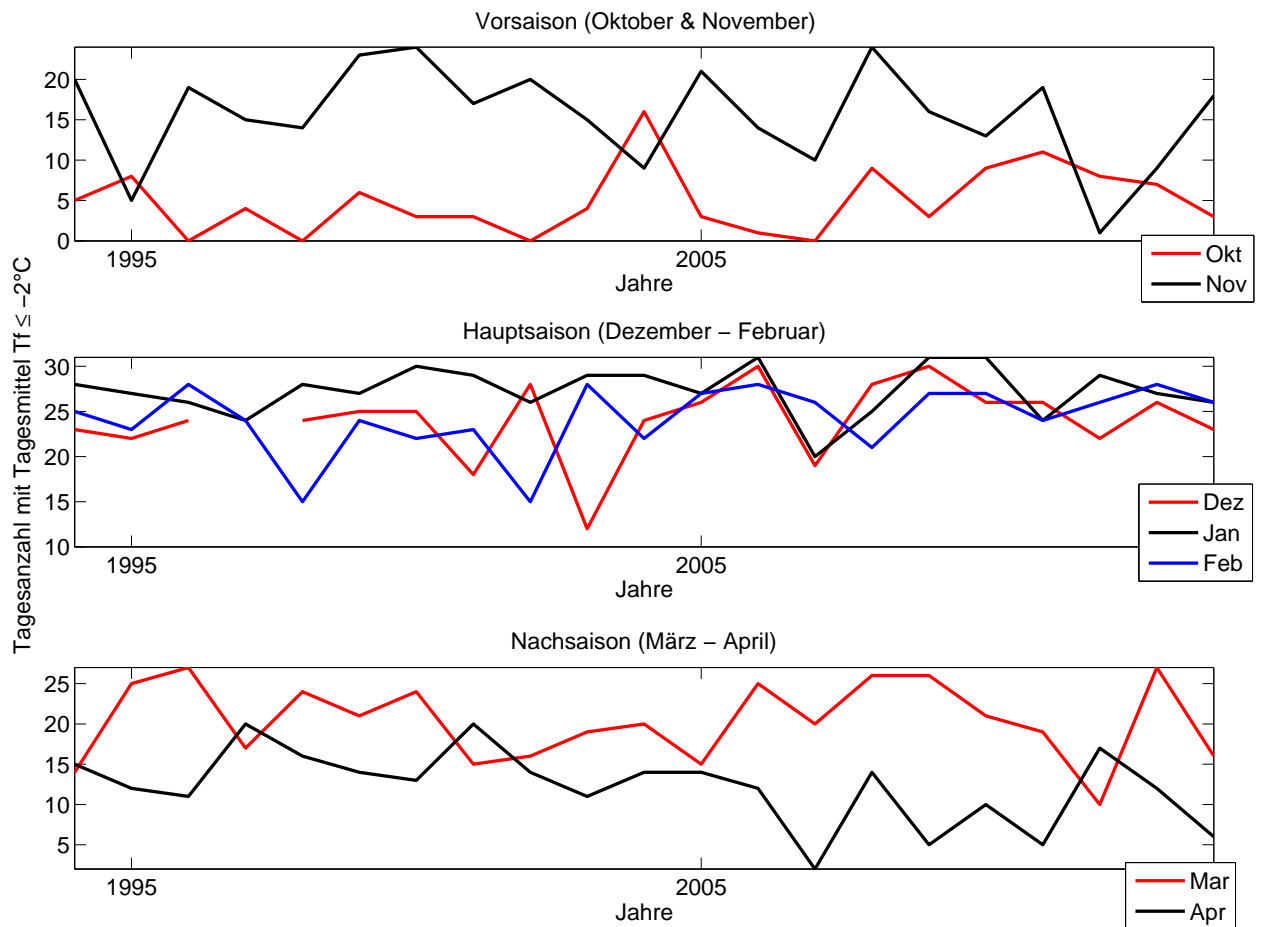


Abbildung 3.3: Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$, aufgeteilt in Monate.

Im Januar gibt es im Durchschnitt am meisten Schneitage (27) im Oktober (5) am wenigsten. Die intersaisonale Variabilität ist im Januar mit nur 3 Tagen am geringst und liegt sonst zwischen 4 und etwa 7 Tagen. Siehe Abb. 3.3.

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993 – 2014) ,Galzig 2097 m

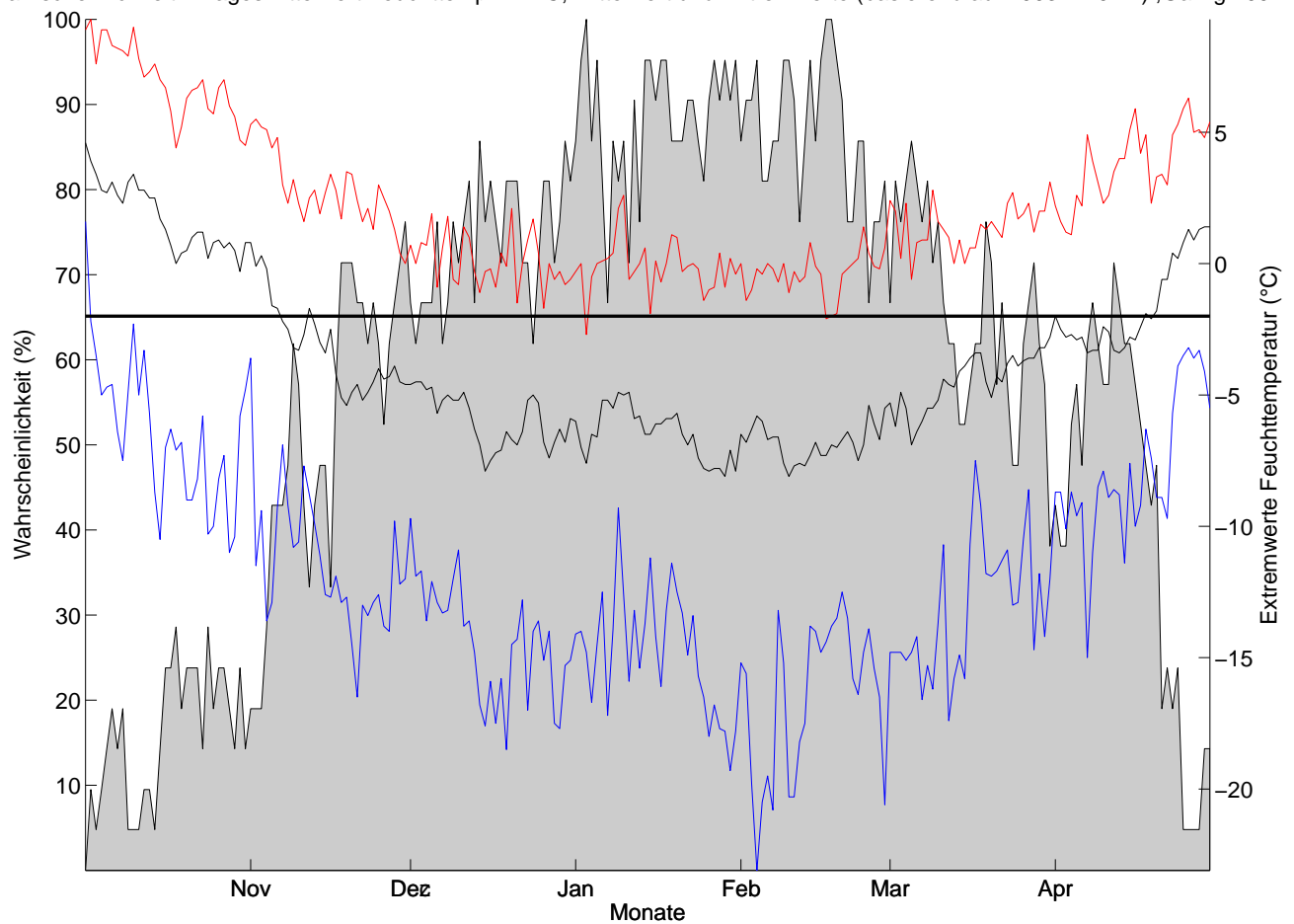


Abbildung 3.4: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Galzig, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Beschneitage Galzig pro Saison und Monat							
Mittelwert	5	16	23	27	24	20	12
SD	4,1	6,0	6,5	2,6	3,7	4,8	4,6
Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
1993/94	5	20	23	28	25	14	15
1994/95	8	5	22	27	23	25	12
1995/96	0	19	24	26	28	27	11
1996/97	4	15	0	24	24	17	20
1997/98	0	14	24	28	15	24	16
1998/99	6	23	25	27	24	21	14
1999/00	3	24	25	30	22	24	13
2000/01	3	17	18	29	23	15	20
2001/02	0	20	28	26	15	16	14
2002/03	4	15	12	29	28	19	11
2003/04	16	9	24	29	22	20	14
2004/05	3	21	26	27	27	15	14
2005/06	1	14	30	31	28	25	12
2006/07	0	10	19	20	26	20	2
2007/08	9	24	28	25	21	26	14
2008/09	3	16	30	31	27	26	5
2009/10	9	13	26	31	27	21	10
2010/11	11	19	26	24	24	19	5
2011/12	8	1	22	29	26	10	17
2012/13	7	9	26	27	28	27	12
2013/14	3	18	23	26	26	16	6

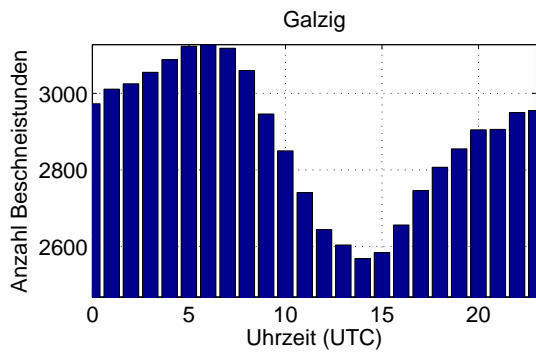
Tabelle 3.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1993 - 2014, Galzig.

3.4.2 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

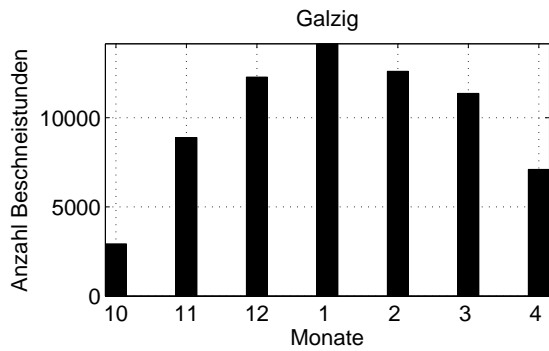
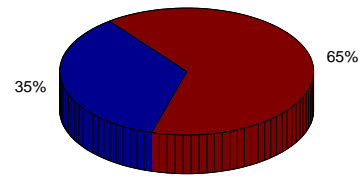


Abbildung 3.5: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 283 Stunden (12 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es im Mittel 3114 potentielle Beschneistunden (ca. 130 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 283 Stunden (ca. 12 Tage). Siehe Abb. 3.5.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

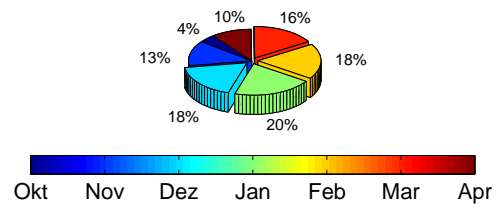


Abbildung 3.6: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

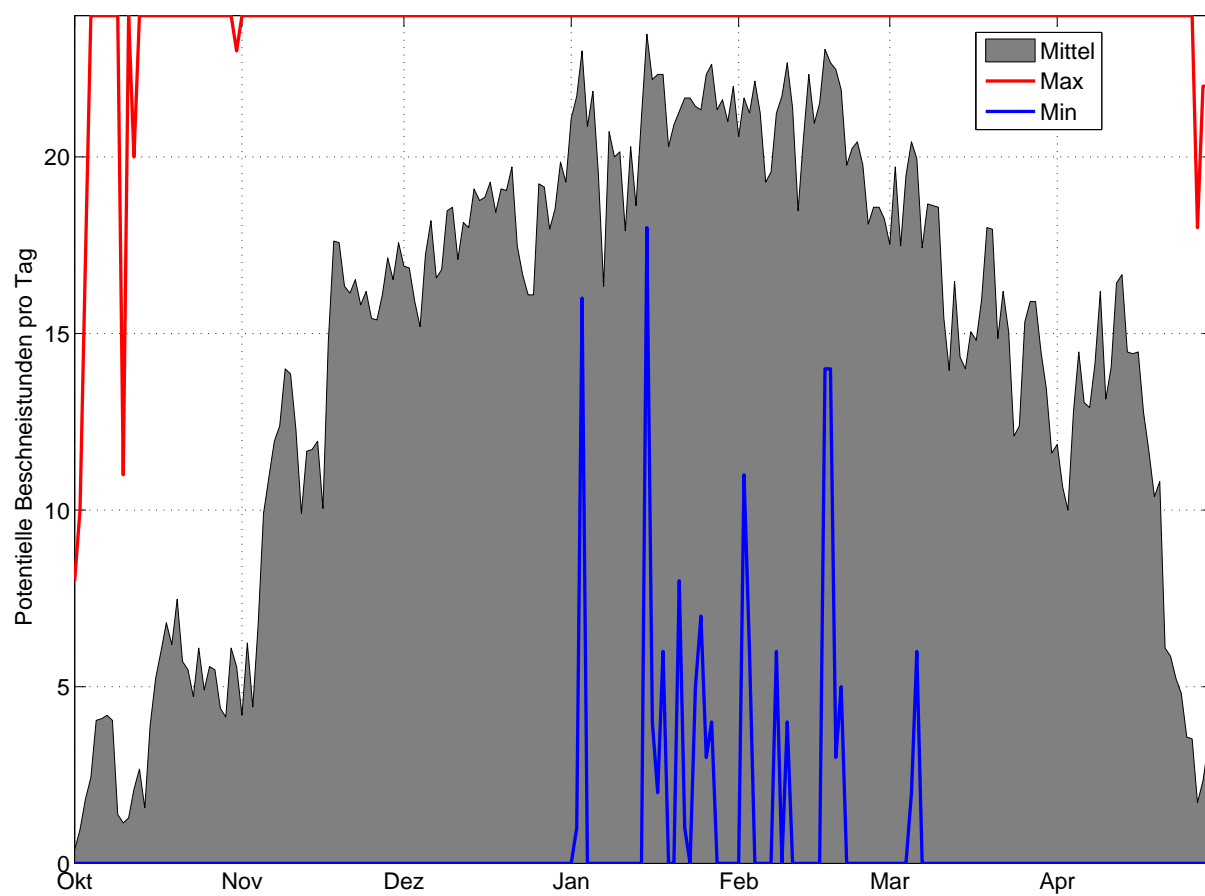


Abbildung 3.7: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1993-2014, Station Galzig, 2097 m.

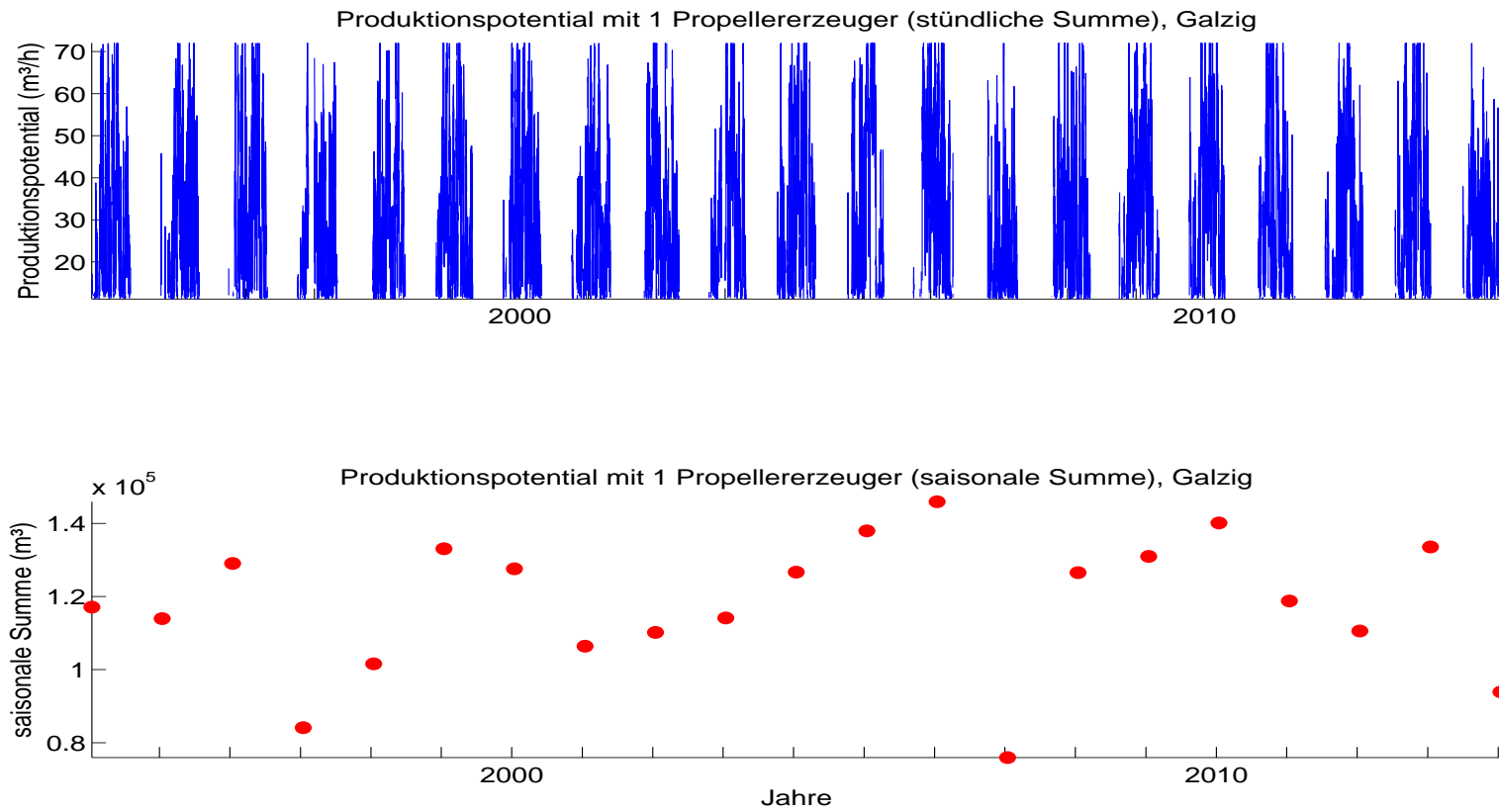


Abbildung 3.8: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

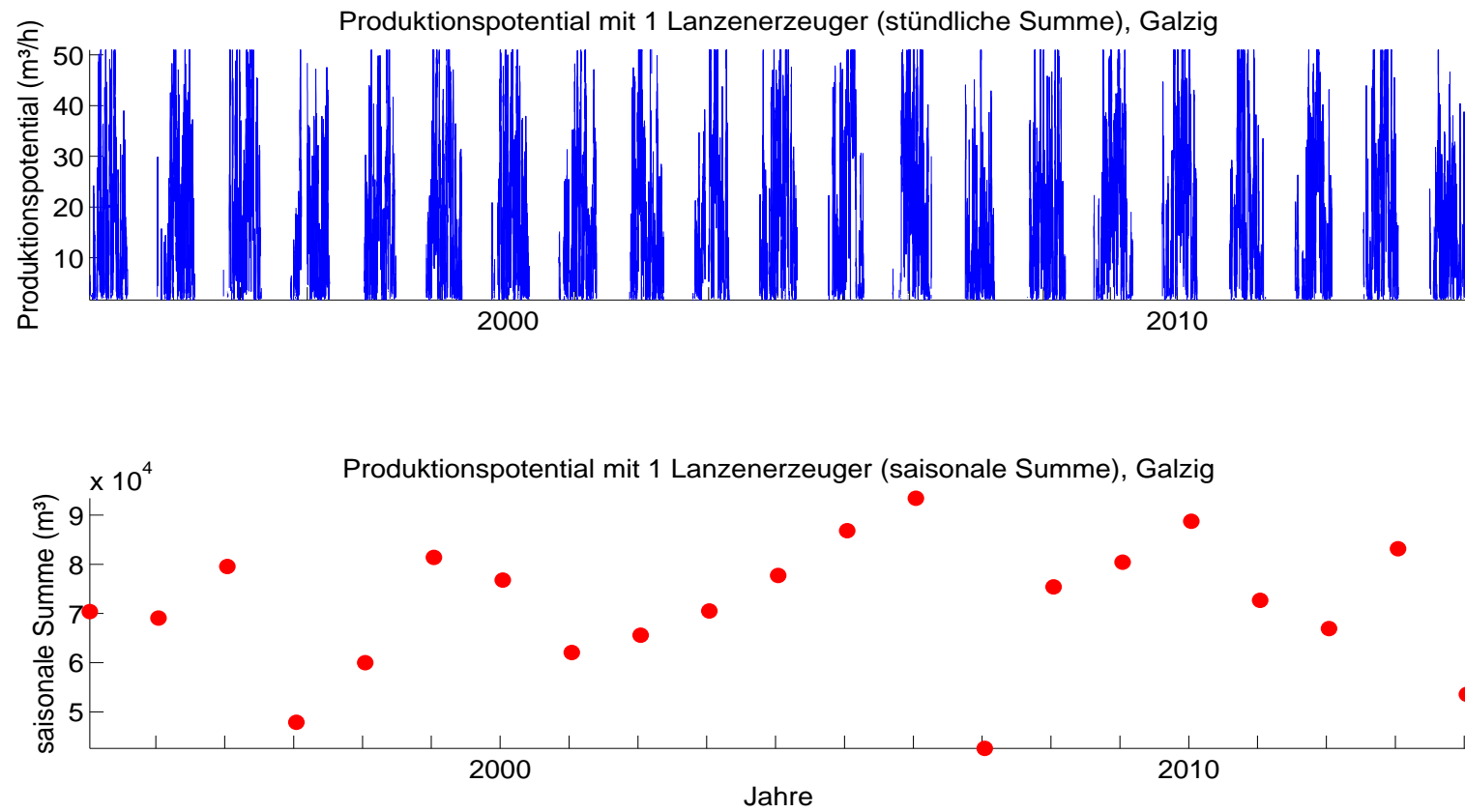
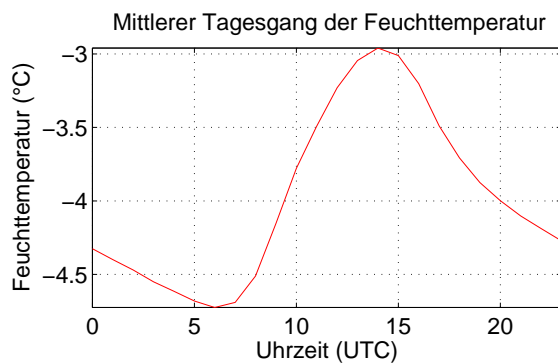
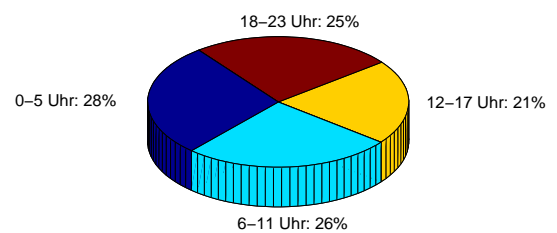


Abbildung 3.9: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

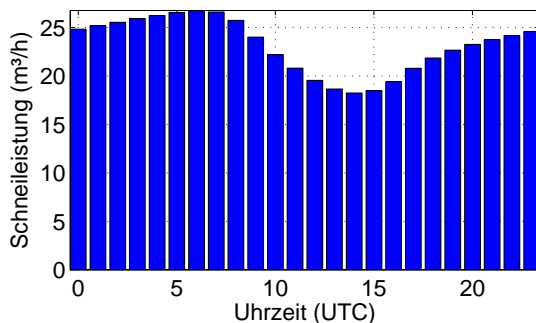
Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 17461 m^3 (Propellengerät), bzw. 13472 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 122894 m^3 (Propellengerät), bzw. 102378 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 42 ha (Propellengerät), bzw. ca. 35 ha (Lanze) eine Grundbeschneieung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 3.8 und 3.9.



Zeitliche Verteilung der künstlich erzeugbaren Schneemenge



Mittlerer Tagesgang der Schneileistung (Propellerezzeuger)



Mittlerer Tagesgang der Schneileistung (Lanzenezzeuger)

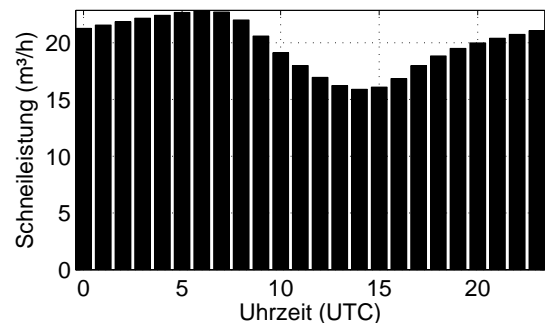


Abbildung 3.10: Mittlerer Tagesgang der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1993-2014, Galzig, 2097 m.

Die künstlich erzeugbare Schneemenge ist in den Nacht- und Morgenstunden am höchsten. An einem durchschnittlichen Tag können mit einem Propellerezzeuger $23 \text{ m}^3/\text{h}$, mit einem Lanzenezzeuger $20 \text{ m}^3/\text{h}$ produziert werden. Siehe Abb. 3.10.

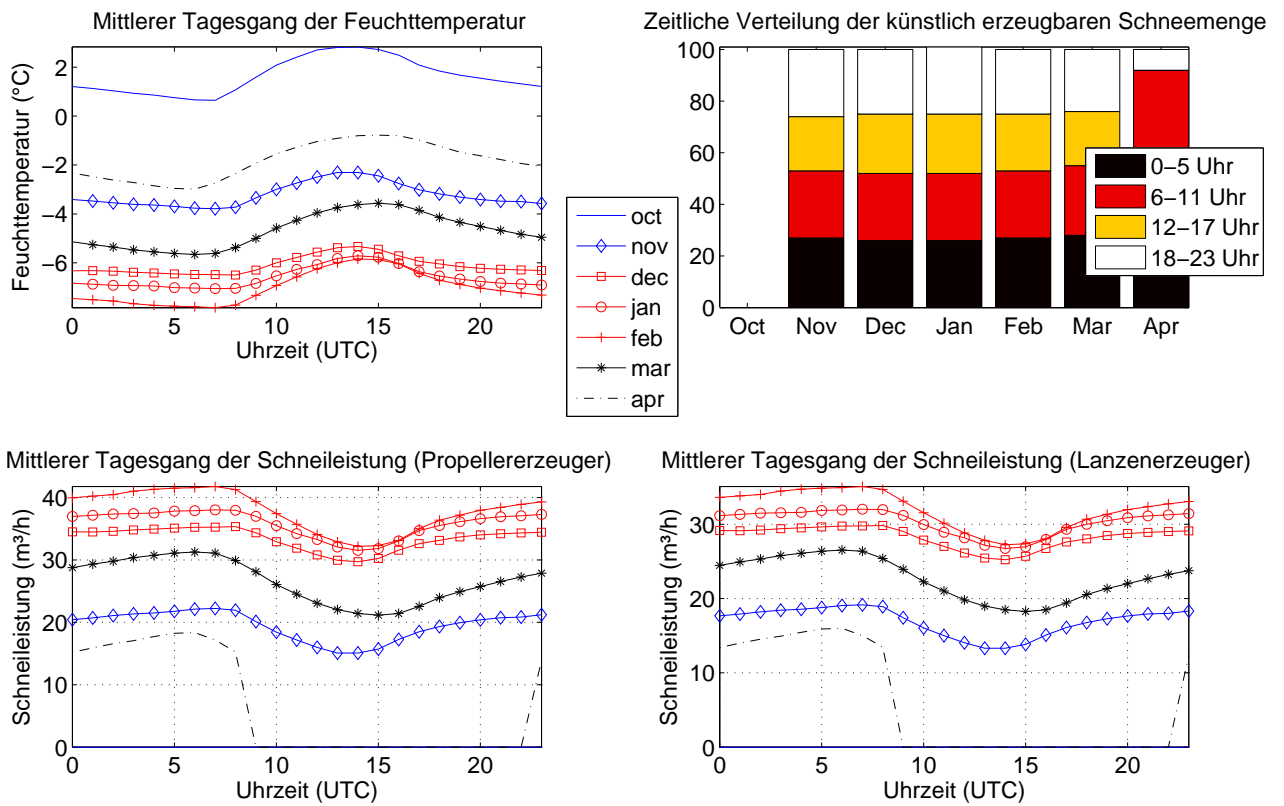


Abbildung 3.11: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1993-2014, Galzig, 2097 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

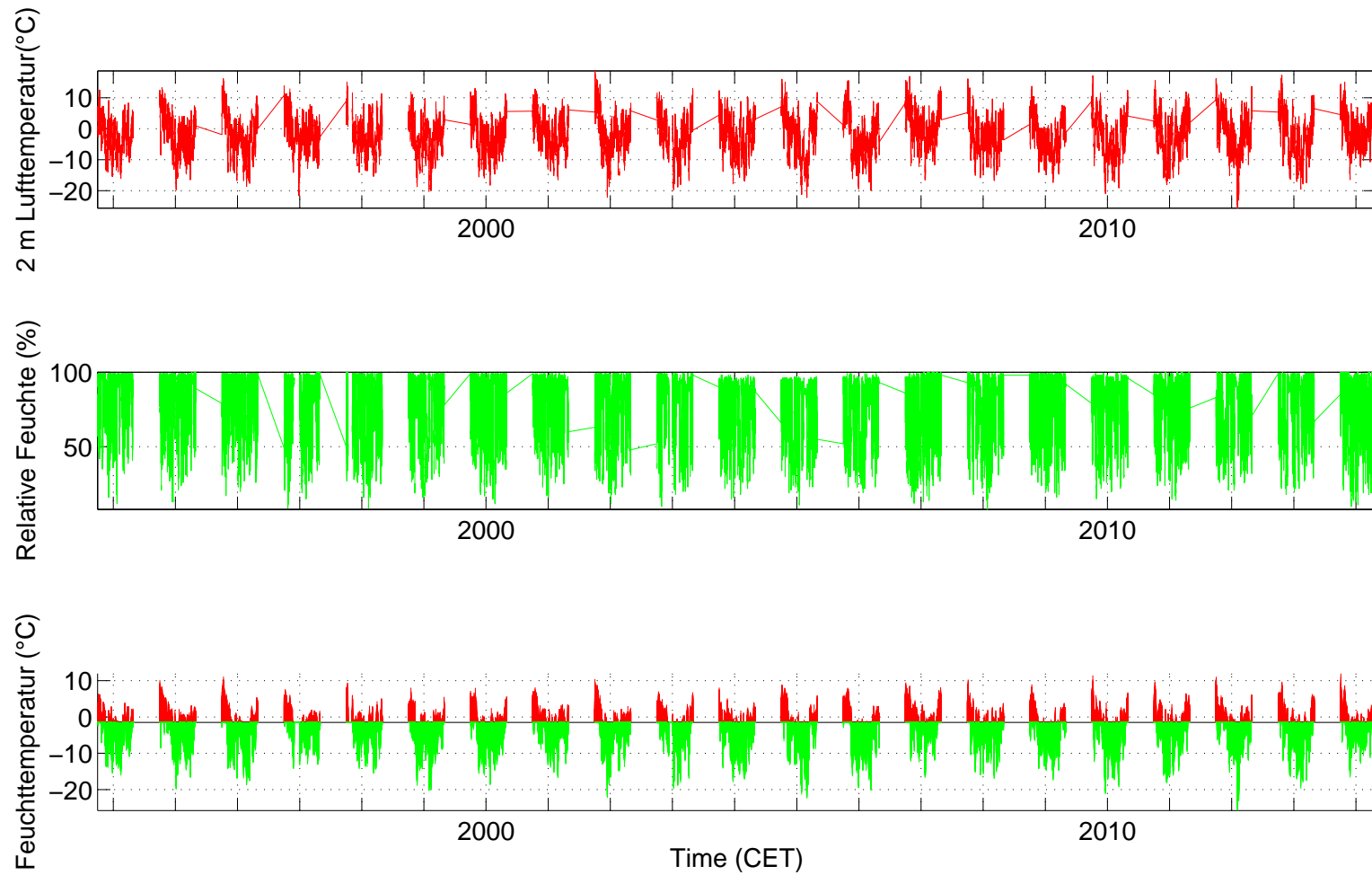


Abbildung 3.12: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

	Klimaparameter (Saisonmittel, Galzig)			Schneitage	Schneistunden mit versch. Grenztemp.			
	Lufttemp. (°C)	Rel. Feuchte (%)	Feuchttemp.(°C)	Schneitage	-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	-2,3	76,1	-3,8	128	3300	3114	2743	2345
SD	0,8	3,2	0,7	13	274	283	316	339
Saison								
1993/94	-2,9	84,2	-3,8	130	3376	3197	2746	2316
1994/95	-2,4	80,9	-3,6	122	3203	3004	2654	2199
1995/96	-2,4	77,8	-3,8	135	3448	3285	2944	2540
1996/97	-1,7	74,2	-3,1	104	2788	2606	2159	1744
1997/98	-1,9	72,9	-3,6	121	3071	2883	2522	2114
1998/99	-3,5	80,8	-4,6	140	3634	3440	3042	2628
1999/00	-2,6	77,6	-4,0	141	3657	3471	3043	2556
2000/01	-1,9	79,3	-3,3	125	3322	3112	2672	2201
2001/02	-1,6	73,4	-3,3	119	3258	3000	2565	2149
2002/03	-2,9	75,8	-4,3	118	3029	2904	2650	2326
2003/04	-2,7	74,1	-4,3	134	3435	3226	2883	2504
2004/05	-2,8	73,3	-4,5	133	3439	3268	2871	2427
2005/06	-3,4	76,3	-4,8	141	3431	3306	3106	2916
2006/07	0,2	71,0	-1,8	97	2600	2410	1924	1478
2007/08	-2,5	74,5	-4,1	147	3733	3520	3119	2658
2008/09	-2,8	78,0	-4,1	138	3547	3398	3061	2676
2009/10	-3,2	76,6	-4,7	137	3420	3307	3087	2848
2010/11	-2,1	74,7	-3,7	128	3241	3079	2749	2309
2011/12	-1,9	74,7	-3,6	113	3116	2819	2410	2109

2012/13	-2,7	77,0	-4,2	136	3454	3283	2931	2512
2013/14	-0,8	71,8	-2,6	118	3095	2876	2458	2037

Tabelle 3.2: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Galzig)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	126	391	557	653	580	501	306
SD	98	136	160	64	84	100	113
Saison							
1993/94	155	491	567	653	600	346	385
1994/95	179	165	520	680	529	624	307
1995/96	8	483	590	644	667	615	278
1996/97	128	350	NaN	629	570	426	503
1997/98	0	366	568	643	355	545	406
1998/99	175	594	614	621	621	489	326
1999/00	110	572	647	710	554	574	304
2000/01	76	485	453	668	551	387	492
2001/02	0	536	642	621	396	433	372
2002/03	126	340	295	681	665	485	312
2003/04	380	247	542	712	524	493	328
2004/05	61	524	656	680	650	374	323
2005/06	14	347	728	731	657	573	256
2006/07	0	263	492	473	587	523	72
2007/08	207	532	680	599	509	602	391
2008/09	133	374	724	743	644	656	124
2009/10	218	300	603	744	639	523	280
2010/11	263	444	626	567	587	460	132
2011/12	195	95	525	672	619	315	398
2012/13	143	277	637	651	657	637	281
2013/14	72	433	579	592	605	442	154

Tabelle 3.3: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Propeller (m ³) (Galzig)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	4220	14731	23755	26331	24593	19736	10660
SD	3196	5817	5719	5028	7253	5278	3909
Saison							
1993/94	4877	20606	22018	23813	24901	10880	14909
1994/95	5547	4670	19762	33110	16820	28643	10823
1995/96	529	18512	24719	18888	31945	27226	11159
1996/97	3856	13481	NaN	20237	18286	14812	18618
1997/98	41	10897	21894	24017	14318	23005	12325
1998/99	5528	26154	25536	22198	29869	17613	11169
1999/00	3268	22336	27287	29189	20785	19429	9097
2000/01	2413	13821	16966	26119	23463	12226	17328
2001/02	411	18403	33133	23488	12862	16018	11361
2002/03	3971	10039	10420	31278	32864	16241	13523
2003/04	12991	7908	21680	31947	23951	23314	11361
2004/05	2013	18825	22031	30168	37303	21513	10503
2005/06	742	19629	33375	31865	28101	25683	10472
2006/07	444	9475	16634	18381	15949	18319	2269
2007/08	7571	20240	25894	19824	18250	26071	13199
2008/09	3680	15281	26073	31719	29117	24141	4098
2009/10	8946	9681	28334	34917	28282	24600	10313
2010/11	7522	17615	32059	26692	19178	15021	4819
2011/12	5984	4334	21476	26810	34706	12067	11765
2012/13	5653	9844	27718	27878	35509	22674	8630
2013/14	2627	17592	18091	20416	19998	14953	6126

Tabelle 3.4: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Lanze, (m ³) (Galzig)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	3708	12441	19623	21764	20047	16496	9231
SD	2718	4621	4303	3877	5309	4029	3276
Saison							
1993/94	4349	17042	18466	19943	20524	9470	12743
1994/95	4849	4235	16798	26418	14397	23482	9407
1995/96	517	15324	20291	16164	25839	21975	9658
1996/97	3520	11466	NaN	17247	15588	12802	15881
1997/98	48	9426	18552	20261	12328	19019	10628
1998/99	4946	21271	21038	18353	23625	15086	9744
1999/00	2944	18503	22386	24089	17436	16555	7919
2000/01	2210	11952	14476	21960	18962	10642	14781
2001/02	444	15643	26268	19759	10920	13752	9943
2002/03	3529	8776	8800	25092	26369	13948	11316
2003/04	11078	7044	18043	26269	19499	19271	9888
2004/05	1822	15889	18644	23885	29133	17293	9211
2005/06	740	16291	26884	26353	23099	20515	9129
2006/07	457	8199	14291	15122	13692	15693	2076
2007/08	6522	16851	21505	16660	15543	21591	11417
2008/09	3235	12882	21885	26436	23487	20341	3819
2009/10	7712	8492	22700	28523	22878	19757	8953
2010/11	6520	14672	25222	21842	16145	12995	4256
2011/12	5245	4049	18125	22528	26507	10525	10191
2012/13	4821	8698	22575	22787	28030	18789	7453
2013/14	2363	14561	15514	17362	16995	12925	5438

Tabelle 3.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

3.4.3 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

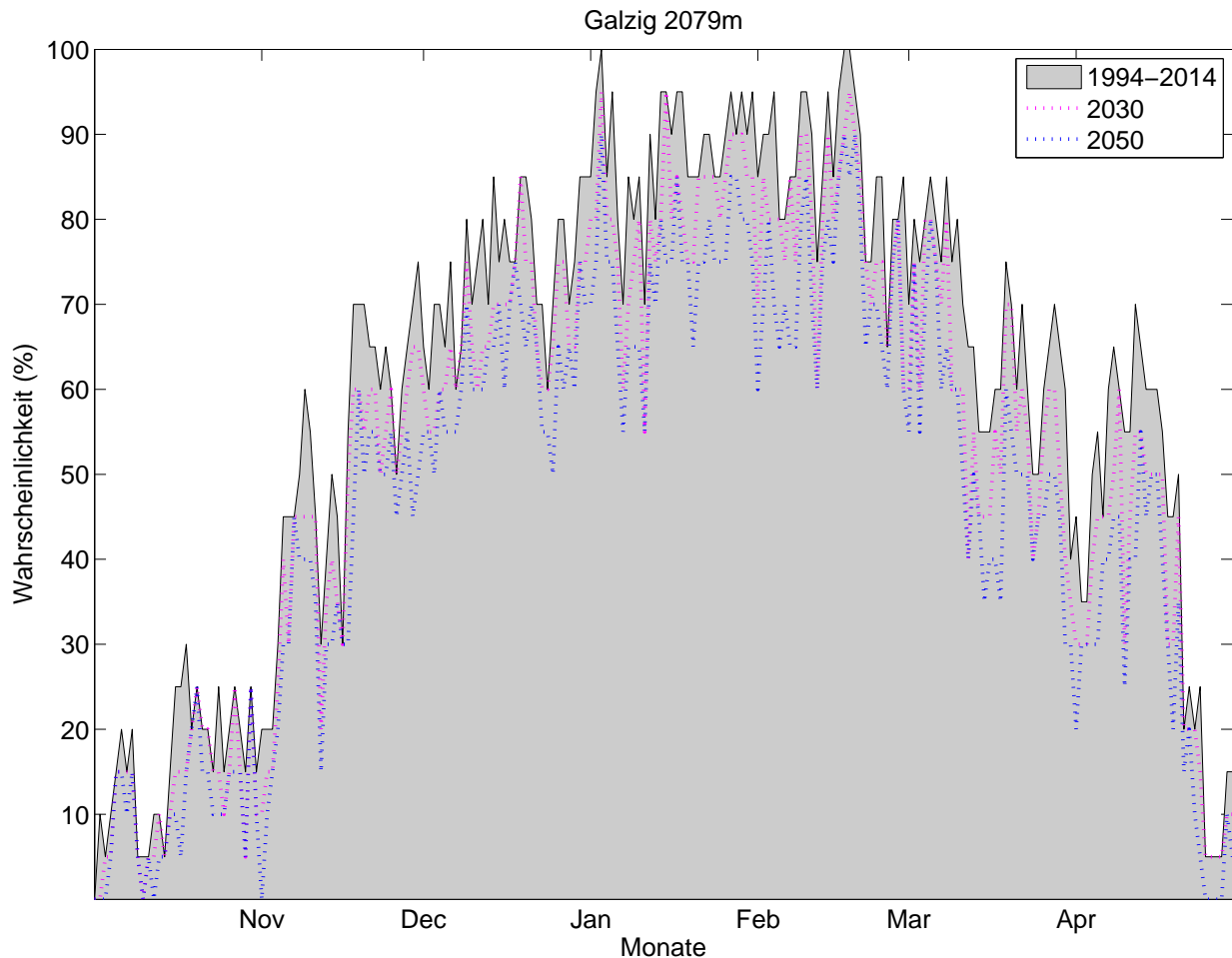


Abbildung 3.13: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Galzig, für alle Tage d. Saison (1.10.–30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

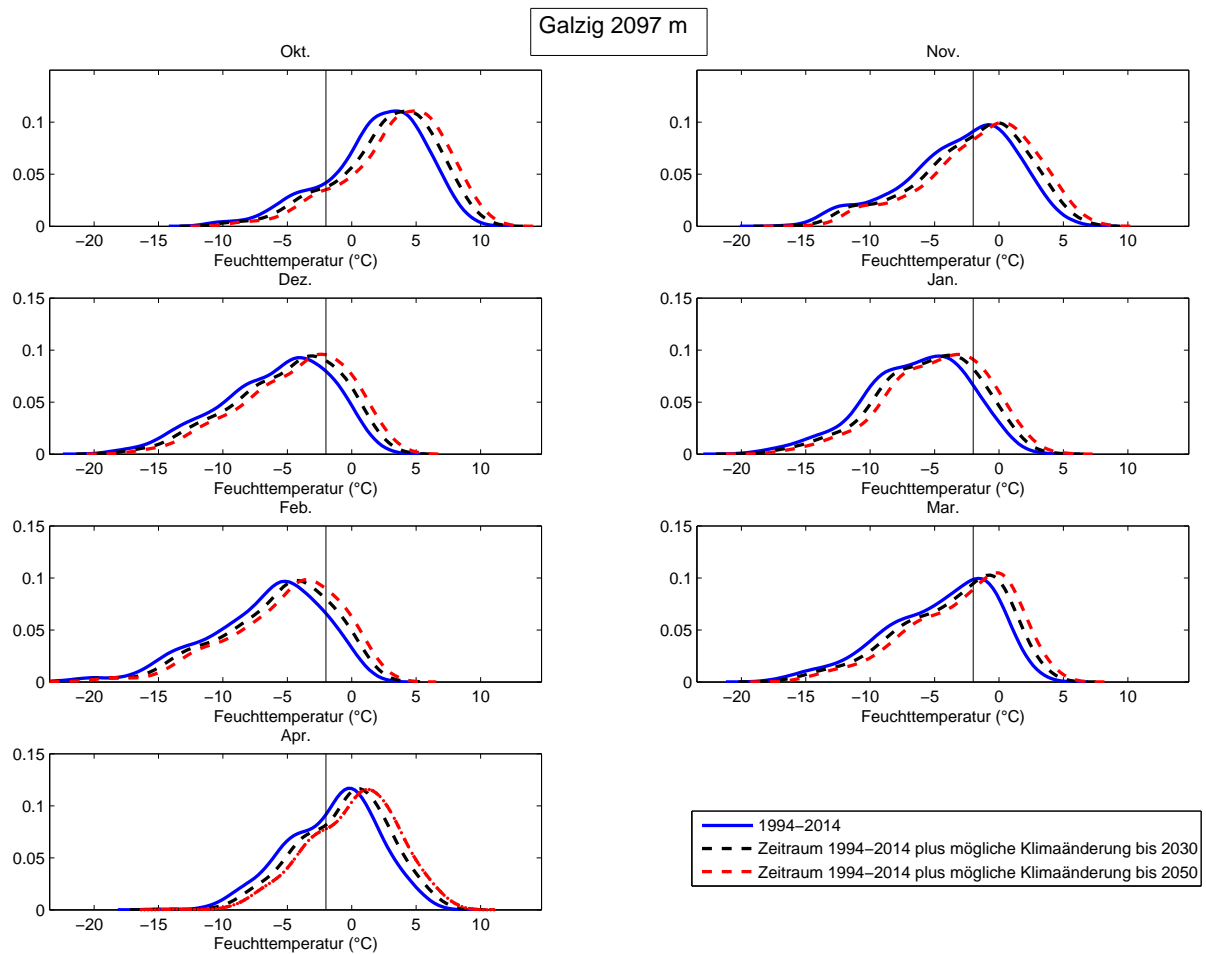


Abbildung 3.14: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchttemperatur unter -2°C pro Monat, Galzig.								
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	
Periode								
1994-2014	4,9	15,3	22,9	27,3	24,2	20,7	12,1	
mit Klimaänderung bis 2030	3,8	13,3	20,8	25,0	22,2	17,9	9,8	
mit Klimaänderung bis 2050	3,1	11,4	19,3	22,9	20,5	15,9	8,1	
Abnahme bis 2050 in Tagen	1,8	3,9	3,7	4,4	3,8	4,8	4,1	
Abnahme bis 2050 in %	37	25	16	16	15	23	33	

Tabelle 3.6: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1994-2014 und mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

3.5 Hahnenkamm - Ehrenbachhöhe (1794 m)

3.5.1 Langzeitanalyse - Trends und Klima

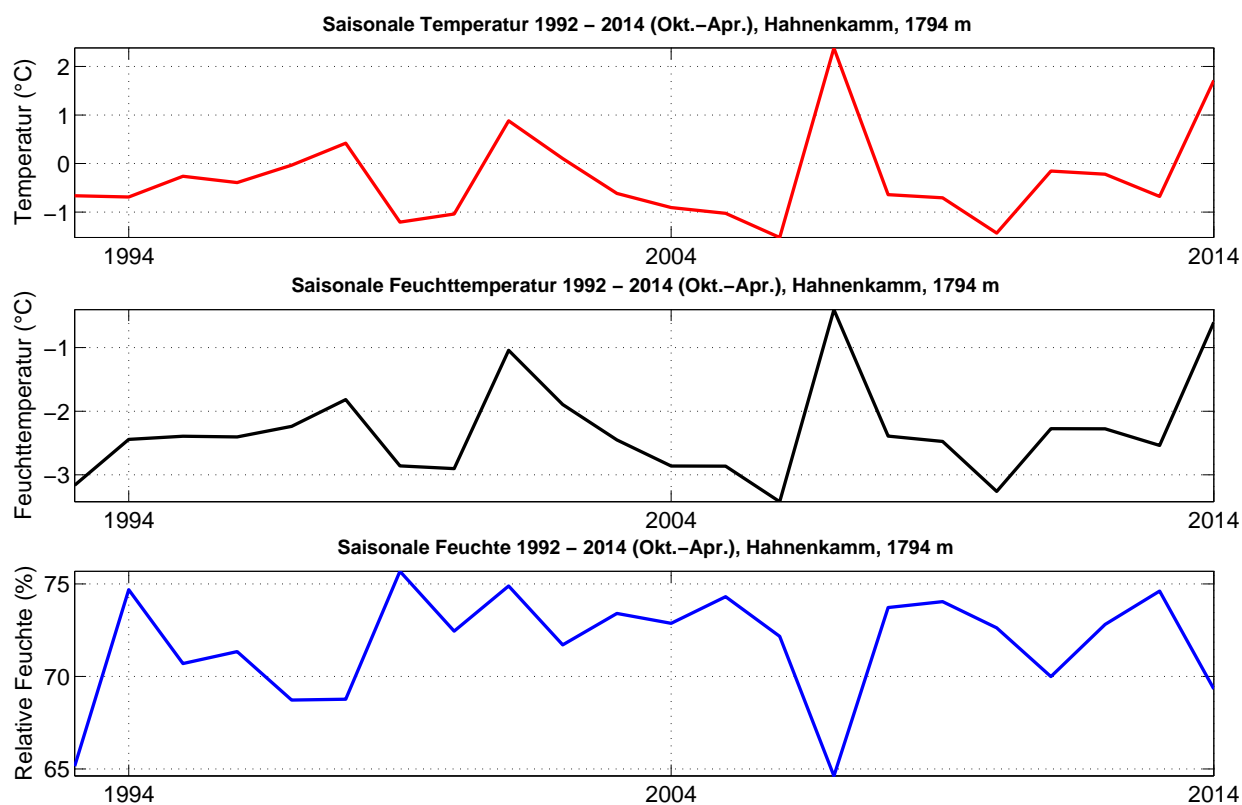


Abbildung 3.1: Saisonale Lufttemperatur, relative Feuchte und Feuchttemperatur, Hahnenkamm, Okt.-Apr. 1992-2014.

Die Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Tagesmittel der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$) beträgt im Mittel 102 Tage und unterliegt einer natürlichen, intersaisonalen Schwankung von etwa 15 Tagen.

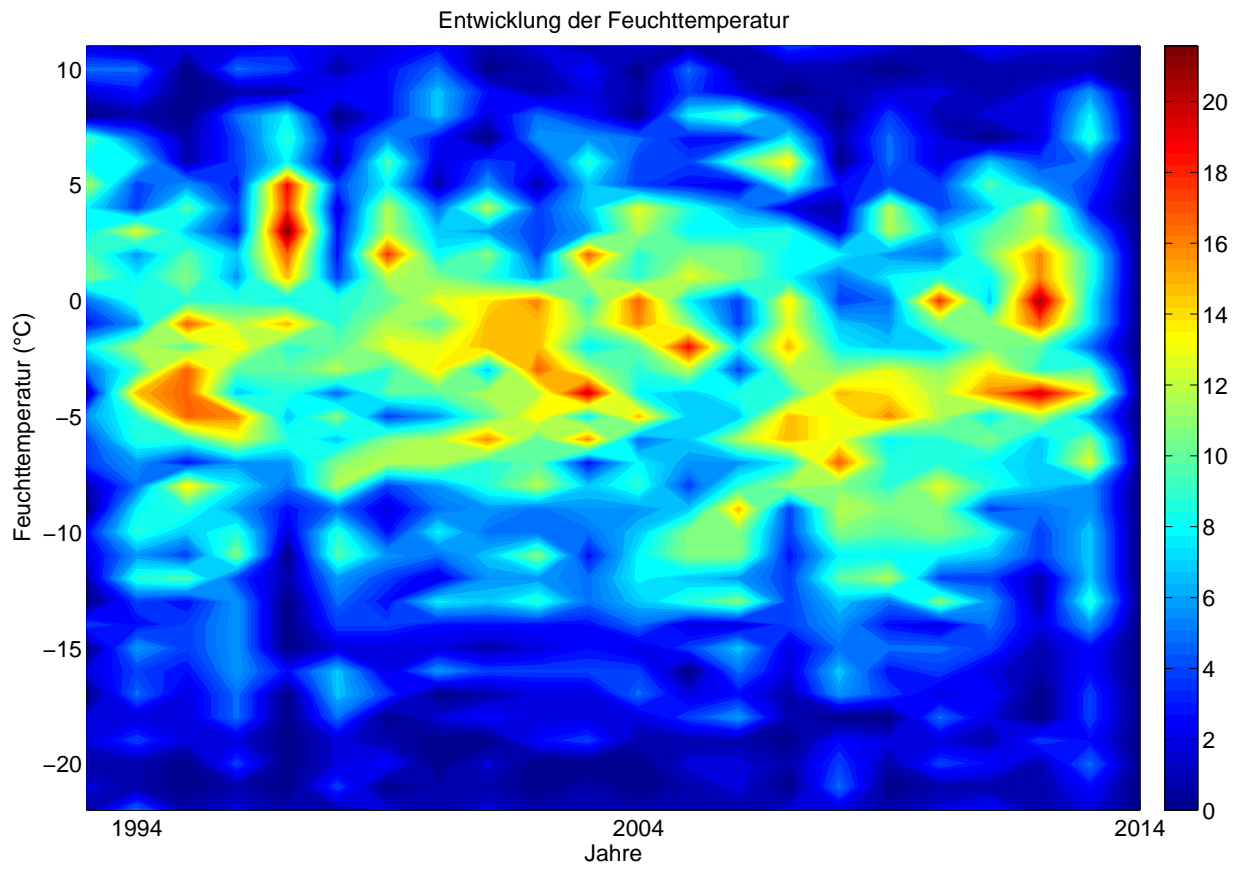


Abbildung 3.2: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1992-2014, Hahnenkamm.

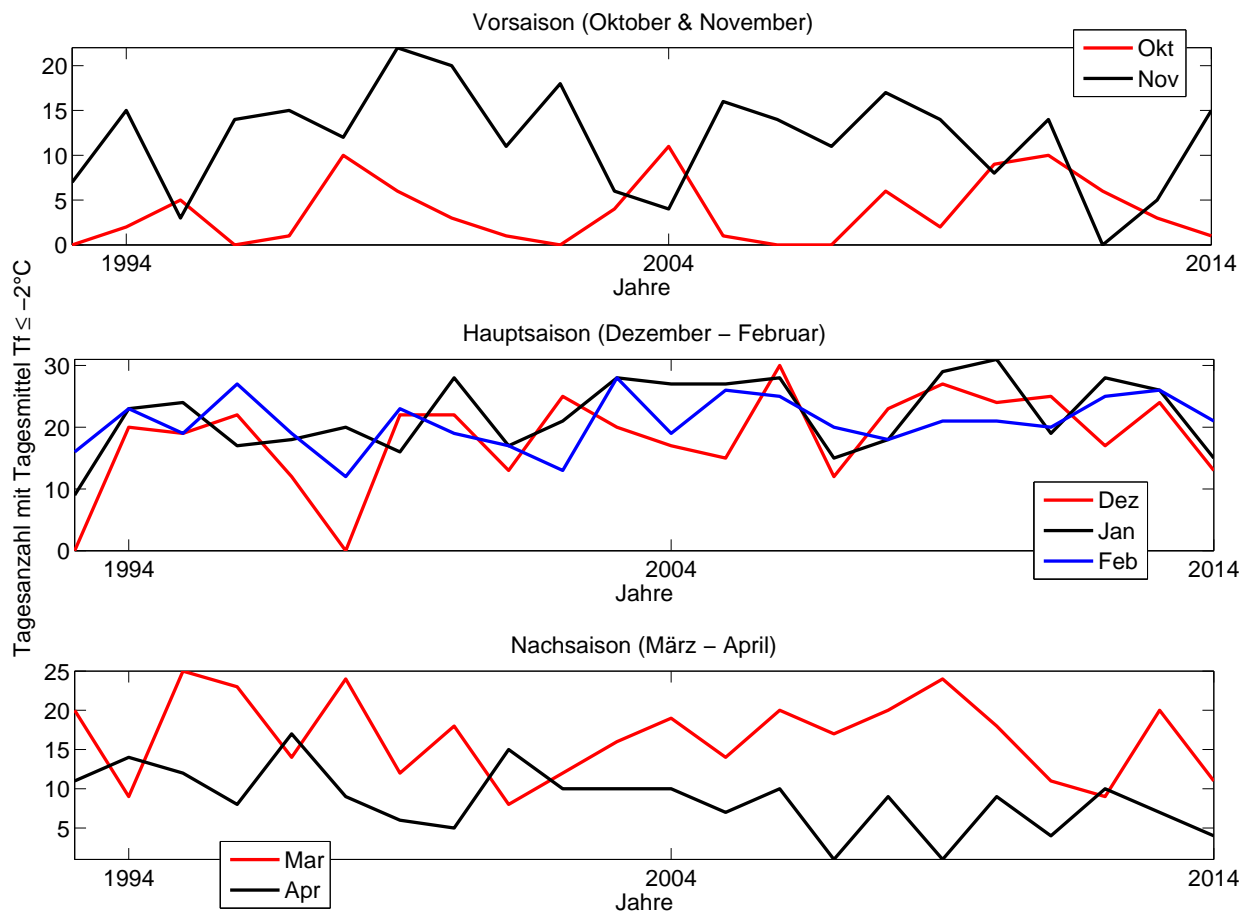


Abbildung 3.3: Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$, aufgeteilt in Monate.

Im Januar gibt es im Durchschnitt am meisten Schneitage (22) im Oktober (4) am wenigsten. Die intersaisonale Variabilität liegt zwischen etwa 4 (Oktober, Februar, April) und knapp 8 Tagen (Dezember). Siehe Abb. 3.3.

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1992 – 2014) ,Hahnenkamm 1794 m

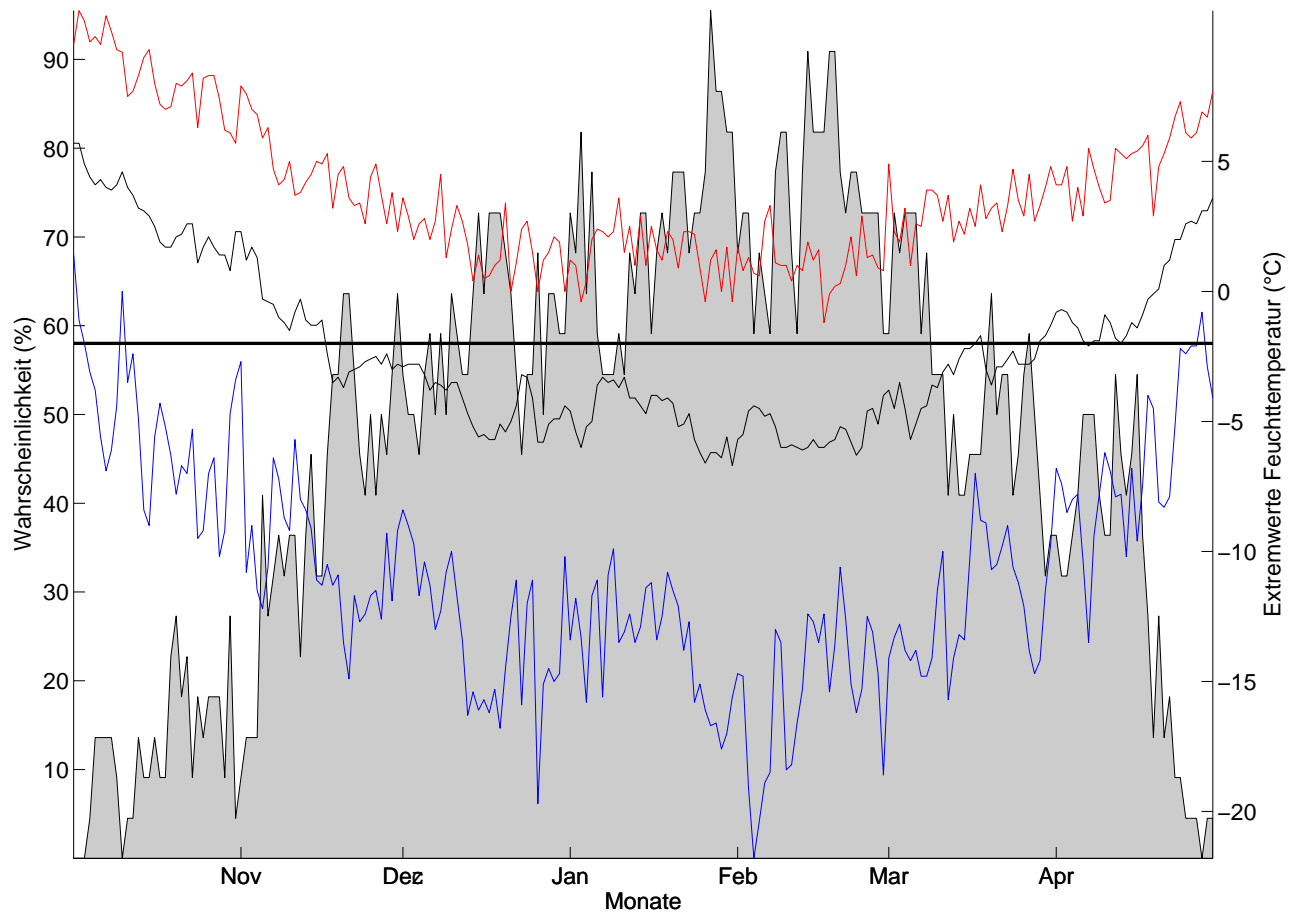


Abbildung 3.4: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Galzig, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1992-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Beschneitage Galzig pro Saison und Monat							
Mittelwert	4	12	18	22	21	17	9
SD	3,6	5,6	7,6	5,8	4,2	5,2	4,0
Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
1992/93	0	7	0	9	16	20	11
1993/94	2	15	20	23	23	9	14
1994/95	5	3	19	24	19	25	12
1995/96	0	14	22	17	27	23	8
1996/97	1	15	12	18	19	14	17
1997/98	10	12	0	20	12	24	9
1998/99	6	22	22	16	23	12	6
1999/00	3	20	22	28	19	18	5
2000/01	1	11	13	17	17	8	15
2001/02	0	18	25	21	13	12	10
2002/03	4	6	20	28	28	16	10
2003/04	11	4	17	27	19	19	10
2004/05	1	16	15	27	26	14	7
2005/06	0	14	30	28	25	20	10
2006/07	0	11	12	15	20	17	1
2007/08	6	17	23	18	18	20	9
2008/09	2	14	27	29	21	24	1
2009/10	9	8	24	31	21	18	9
2010/11	10	14	25	19	20	11	4
2011/12	6	0	17	28	25	9	10
2012/13	3	5	24	26	26	20	7
2013/14	1	15	13	15	21	11	4

Tabelle 3.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1992 - 2014, Hahnenkamm.

3.5.2 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

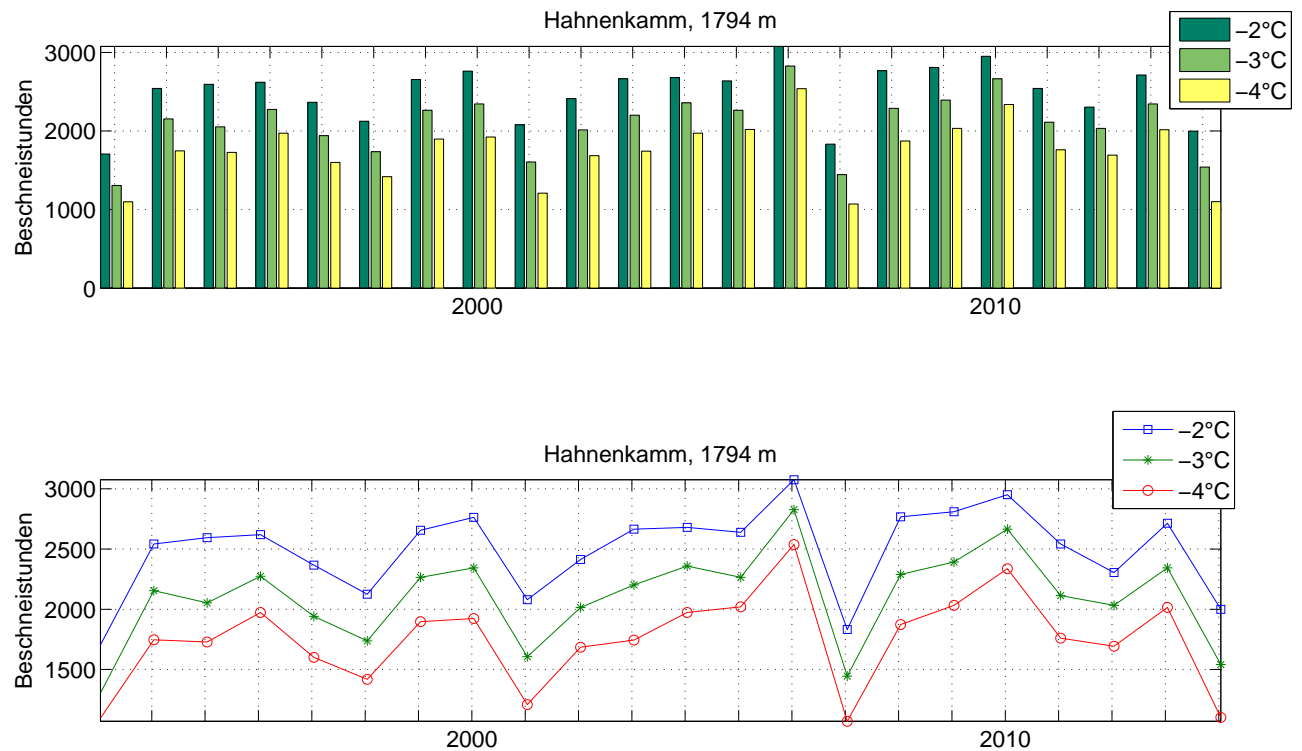
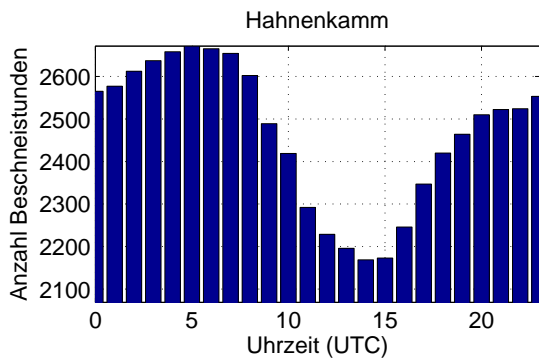
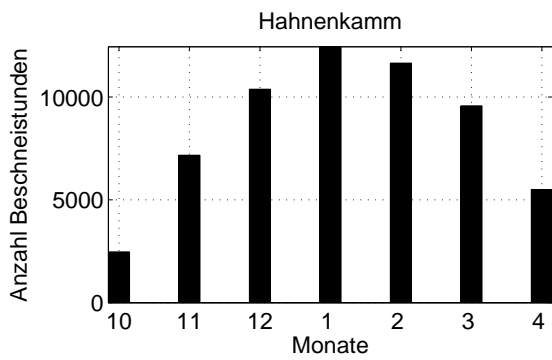
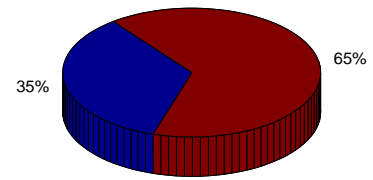


Abbildung 3.5: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 283 Stunden (12 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es im Mittel 2493 potentielle Beschneistunden (ca. 104 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 348 Stunden (ca. 15 Tage). Siehe Abb. 3.5.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

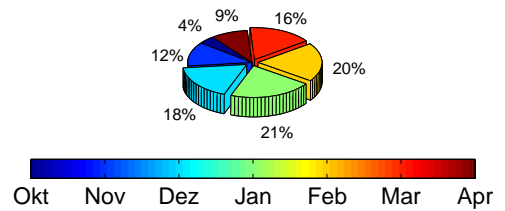


Abbildung 3.6: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

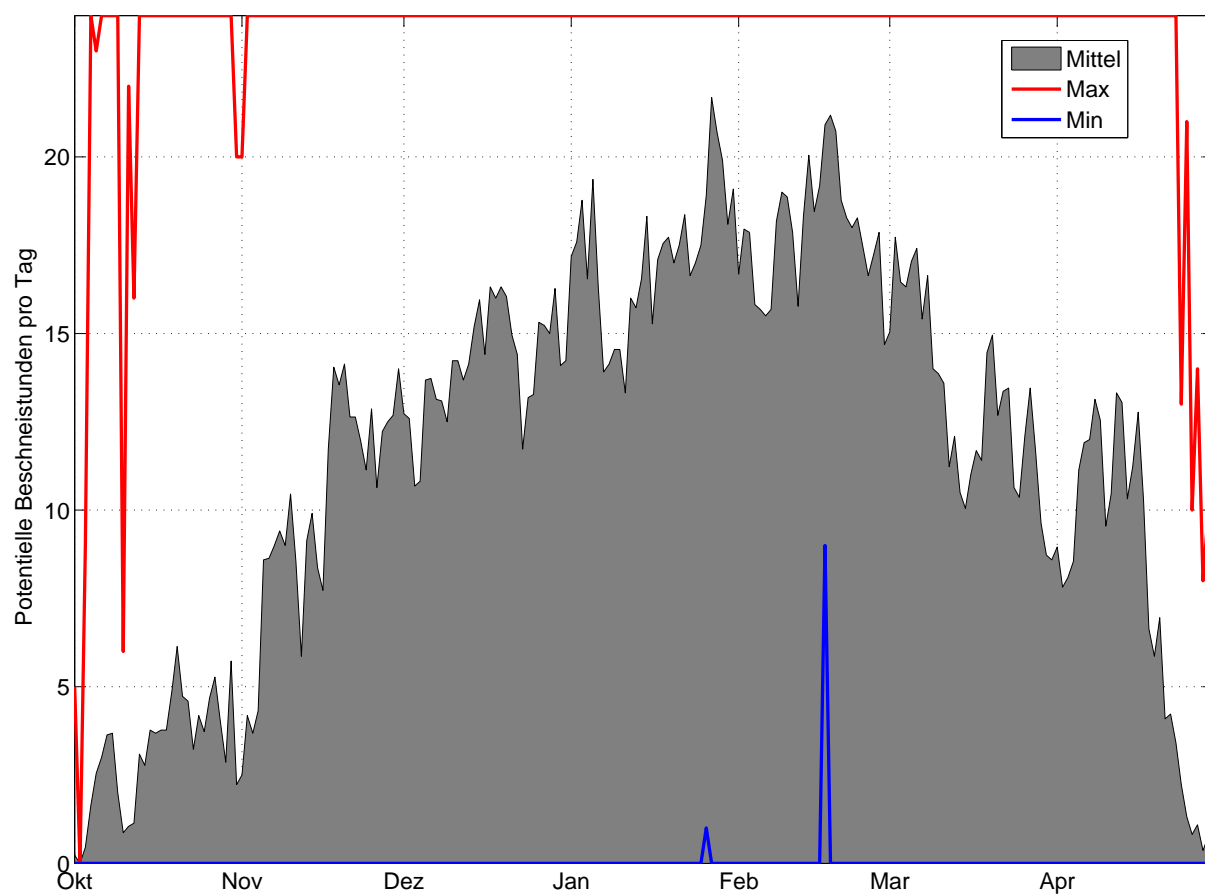


Abbildung 3.7: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1992-2014, Station Hahnenkamm, 1794 m.

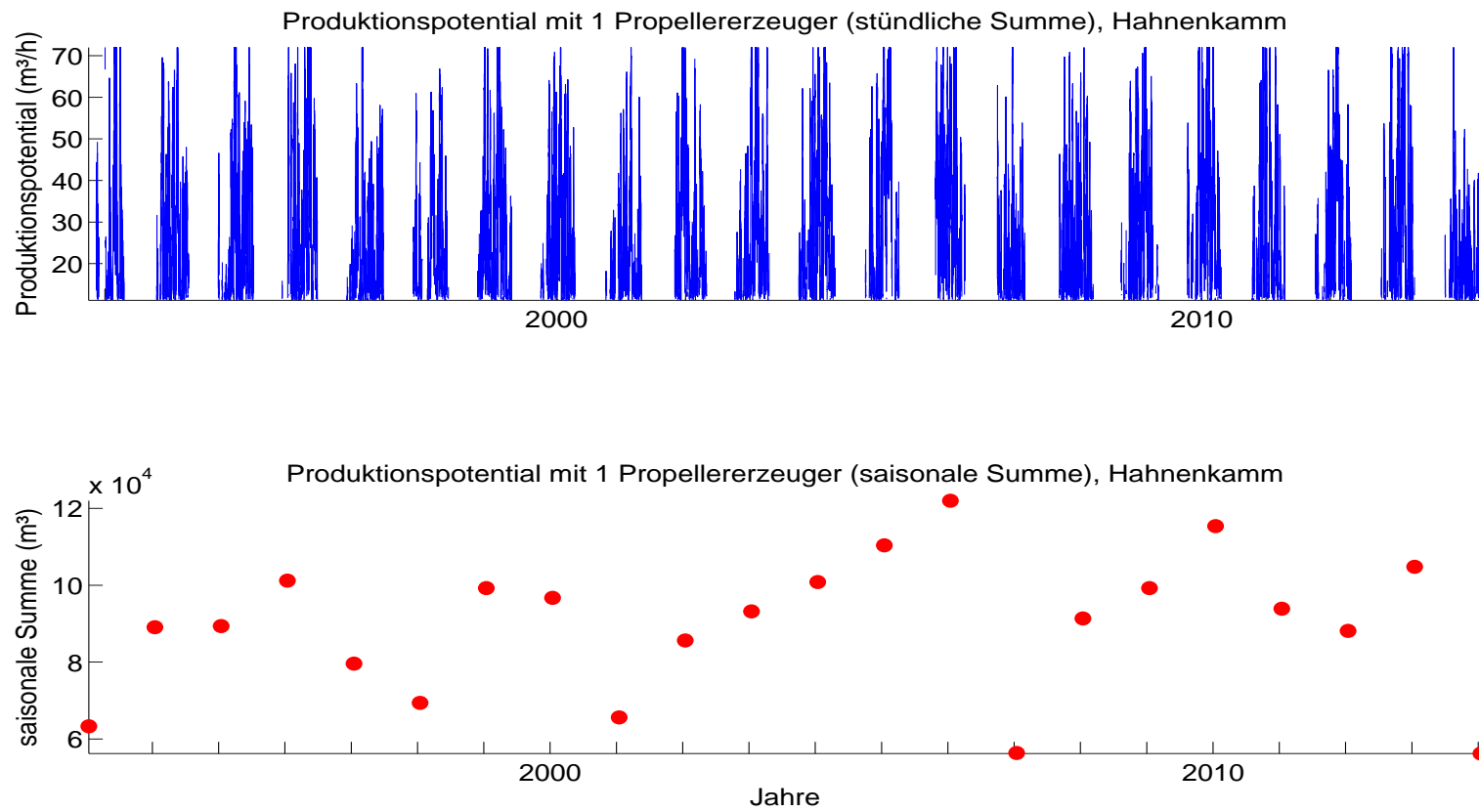


Abbildung 3.8: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

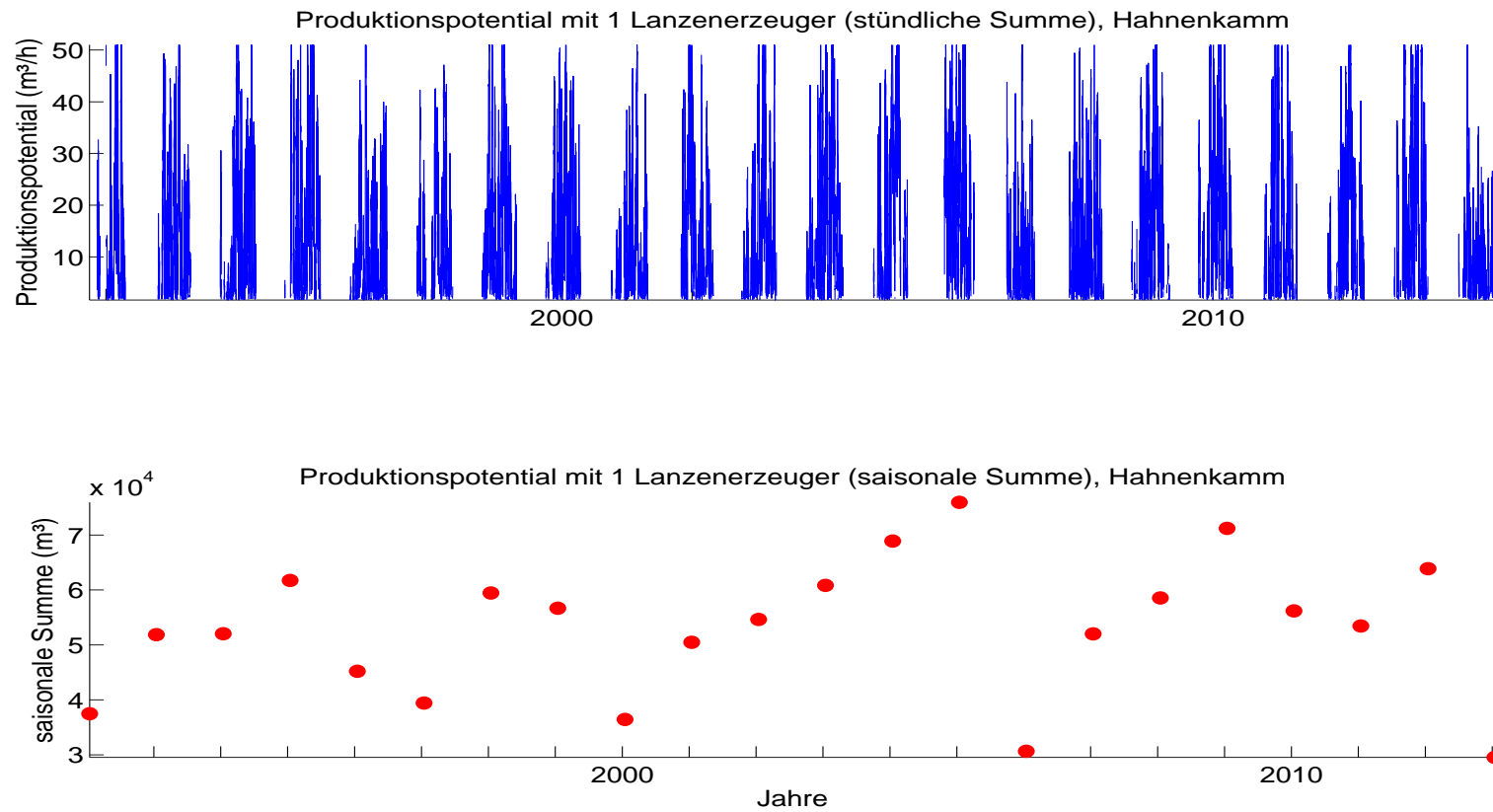


Abbildung 3.9: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 15532 m^3 (Propellergerät), bzw. 13109 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 94801 m^3 (Propellergerät), bzw. 79833 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 30 ha (Propellergerät), bzw. ca. 28 ha (Lanze) eine Grundbeschneigung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 3.8 und 3.9.

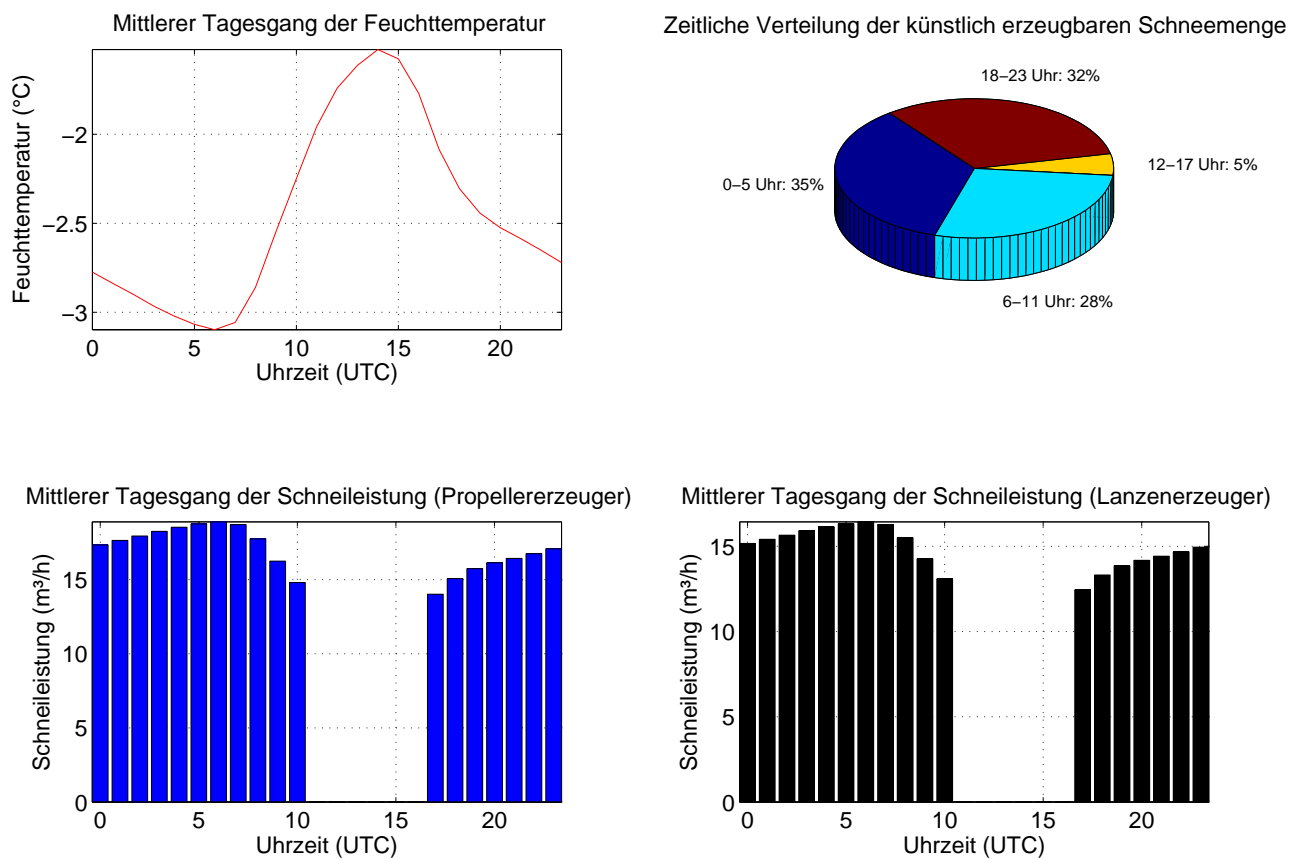


Abbildung 3.10: Mittlerer Tagesgang der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1992-2014, Hahnenkamm, 1794 m.

Die künstlich erzeugbare Schneemenge ist in den Nacht- und Morgenstunden am höchsten. An einem durchschnittlichen Tag können mit einem Propellererzeuger $13 \text{ m}^3/\text{h}$, mit einem Lanzenerzeuger $11 \text{ m}^3/\text{h}$ produziert werden. Siehe Abb. 3.10.

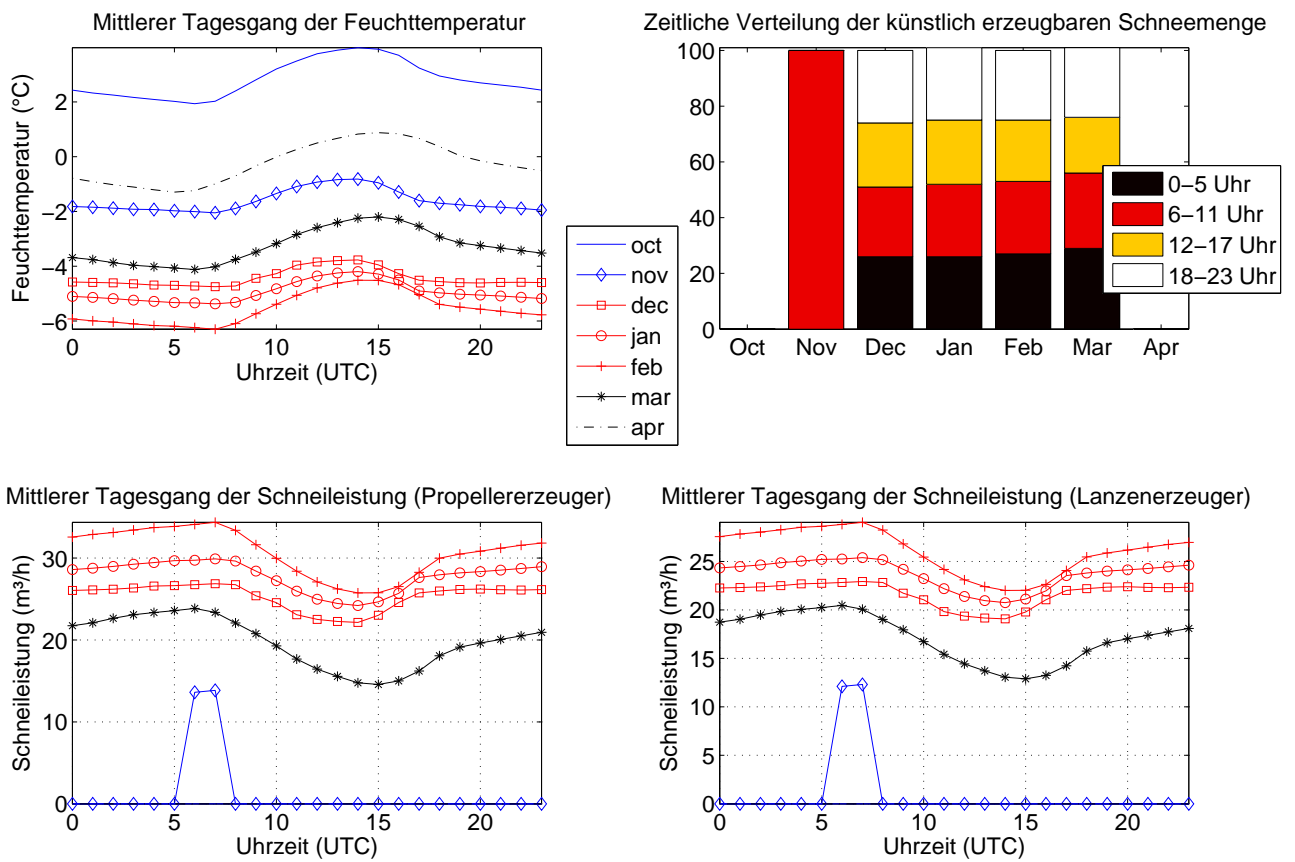


Abbildung 3.11: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1992-2014, Hahnenkamm, 1794 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

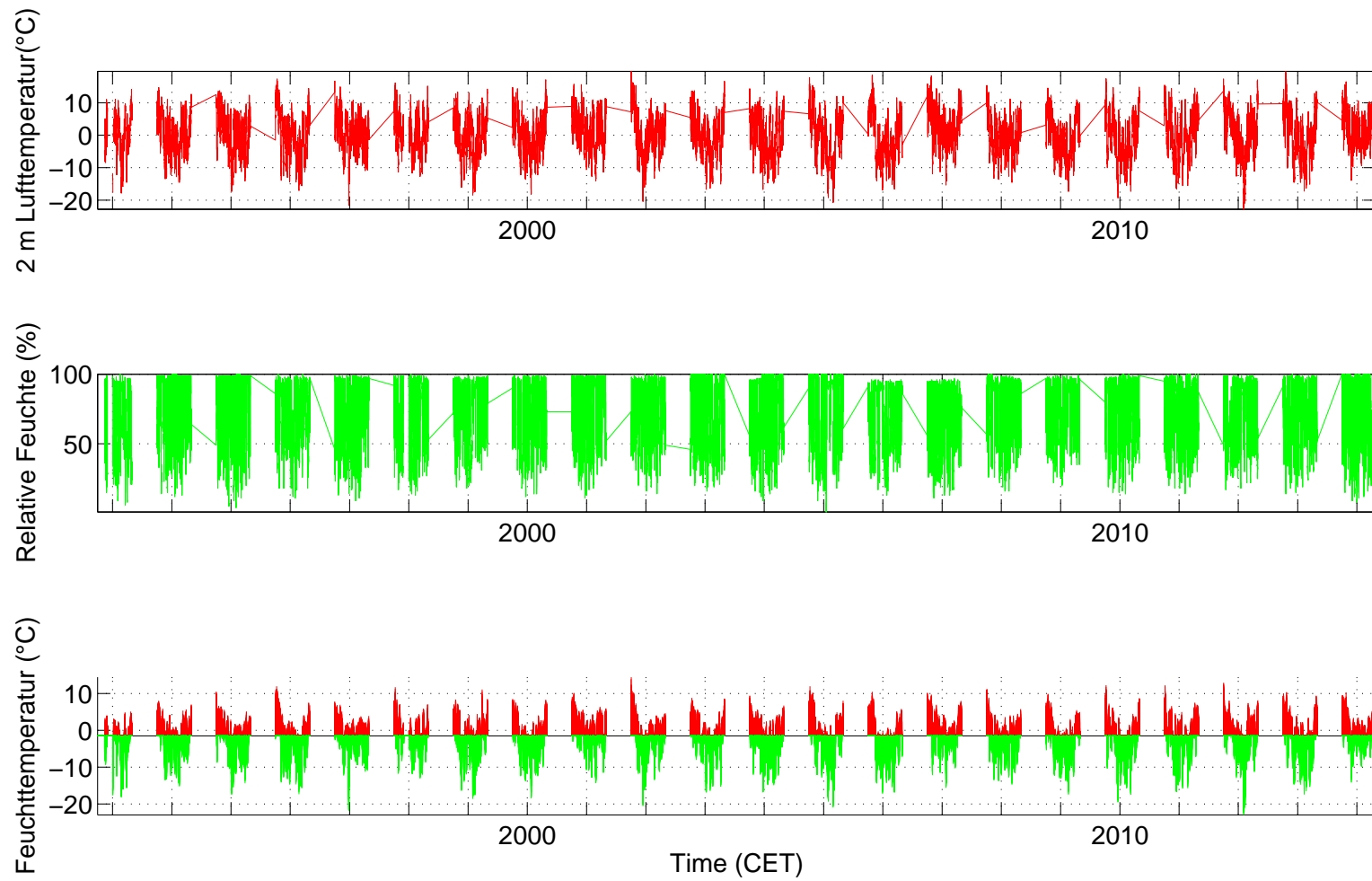


Abbildung 3.12: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

	Klimaparameter (Saisonmittel, Hahnenkamm)			Schneitage	Schneistunden mit versch. Grenztemp.			
	Lufttemp. (°C)	Rel. Feuchte (%)	Feuchttemp.(°C)		-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	-0,3	71,8	-2,3	102	2691	2493	2099	1747
SD	0,9	2,9	0,8	15,4	338	348	372	375
Saison								
1992/93	-0,7	65,1	-3,2	63	1896	1706	1307	1098
1993/94	-0,7	74,7	-2,4	106	2796	2542	2154	1747
1994/95	-0,3	70,7	-2,4	107	2801	2594	2053	1728
1995/96	-0,4	71,3	-2,4	111	2793	2620	2274	1973
1996/97	0,0	68,7	-2,2	96	2648	2366	1941	1600
1997/98	0,4	68,8	-1,8	87	2309	2125	1737	1418
1998/99	-1,2	75,7	-2,9	107	2885	2656	2265	1897
1999/00	-1,0	72,5	-2,9	115	2981	2763	2344	1923
2000/01	0,9	74,9	-1,0	82	2294	2079	1606	1208
2001/02	0,1	71,7	-1,9	99	2598	2413	2014	1685
2002/03	-0,6	73,4	-2,5	112	2870	2665	2202	1744
2003/04	-0,9	72,9	-2,9	107	2875	2680	2359	1973
2004/05	-1,0	74,3	-2,9	106	2830	2639	2265	2020
2005/06	-1,5	72,2	-3,4	127	3162	3076	2827	2538
2006/07	2,4	64,6	-0,4	76	2056	1832	1444	1070
2007/08	-0,6	73,7	-2,4	111	3023	2768	2289	1873
2008/09	-0,7	74,0	-2,5	118	3011	2810	2393	2033
2009/10	-1,4	72,6	-3,3	120	3071	2951	2665	2337
2010/11	-0,2	70,0	-2,3	103	2734	2542	2113	1760

2011/12	-0,2	72,8	-2,3	95	2469	2305	2033	1693
2012/13	-0,7	74,6	-2,5	111	2900	2714	2344	2016
2013/14	1,7	69,3	-0,6	80	2192	1999	1541	1101

Tabelle 3.2: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Hahnenkamm)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	97	296	437	533	501	406	225
SD	87	139	176	127	101	125	92
Saison							
1992/93	NaN	184	NaN	288	441	513	280
1993/94	55	408	494	478	561	222	328
1994/95	141	96	454	612	442	598	252
1995/96	5	359	464	414	623	528	227
1996/97	55	361	328	456	448	331	387
1997/98	244	263	NaN	509	282	549	278
1998/99	142	574	507	415	549	296	173
1999/00	80	472	533	656	451	427	144
2000/01	46	270	303	454	426	193	387
2001/02	0	440	610	505	303	285	270
2002/03	79	185	463	634	631	414	270
2003/04	284	121	404	678	471	456	270
2004/05	37	402	413	614	633	346	200
2005/06	0	341	700	672	632	514	217
2006/07	0	242	318	354	467	405	46
2007/08	164	432	557	407	449	512	247
2008/09	70	294	596	697	533	577	43
2009/10	205	231	545	743	522	470	235
2010/11	225	349	602	486	467	296	117
2011/12	168	13	432	642	592	204	254
2012/13	112	114	562	603	642	488	193
2013/14	29	362	331	405	454	298	121

Tabelle 3.3: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Propeller (m ³) (Hahnenkamm)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	3301	10779	18965	20529	20349	15532	7220
SD	2642	5287	5581	6027	7010	5798	3218
Saison							
1992/93	NaN	6633,8	NaN	10369	19555	24048	7101
1993/94	2218	16958	17565	18535	20941	7409	10926
1994/95	5048	3285	15348	28339	12569	23263	7679
1995/96	213	14697	19168	12460	27436	23894	8516
1996/97	2935	12697	17663	12795	14455	10849	15610
1997/98	7584	7989	NaN	19267	10523	20693	8093
1998/99	3408	21219	19875	16648	27748	10936	5269
1999/00	2447	16945	22128	25485	16022	13940	4797
2000/01	1283	7468	10278	16141	17909	6075	11733
2001/02	29	14808	29418	18806	10521	10632	7466
2002/03	2707	5818	12463	26090	27053	12759	10977
2003/04	9591	4415	16822	28982	20358	18845	6689
2004/05	986	15146	15971	27197	32138	17658	6141
2005/06	210	16436	28873	24674	24632	22939	7377
2006/07	200	8072	11437	15063	12572	13703	1553
2007/08	5699	16028	19567	13733	14042	19745	8422
2008/09	2108	11172	19116	24947	25087	19587	1532
2009/10	7088	5944	24881	30685	23159	20477	7072
2010/11	5830	12419	28394	21806	16138	10520	3412
2011/12	4338	1736	16524	23621	32184	7330	8513
2012/13	4236	4492	22440	23274	30523	17801	6251
2013/14	1164	12754	11378	12715	12111	8593	3712

Tabelle 3.4: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Lanze, (m ³) (Galzig)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	2909	9229	15847	17192	16824	13101	6303
SD	2264	4336	4283	4794	5338	4591	2721
Saison							
1992/93	NaN	5727	NaN	8833	15902	19401	6311
1993/94	2028	14274	15005	15842	17510	6533	9408
1994/95	4442	3062	13191	23220	10912	19589	6706
1995/96	211	12450	16145	10869	22495	19461	7367
1996/97	2737	10814	14228	11127	12442	9467	13374
1997/98	6518	7048	NaN	16425	9155	17441	7111
1998/99	3026	17577	16736	13809	22218	9514	4698
1999/00	2223	14406	18539	21107	13676	12047	4300
2000/01	1192	6616	8863	13807	14893	5419	10088
2001/02	37	12727	23846	15955	9158	9230	6632
2002/03	2503	5126	10849	21389	22166	11047	9219
2003/04	8308	3984	14051	24024	16985	15745	5860
2004/05	887	12927	13747	21609	26169	14392	5477
2005/06	229	13694	23772	20808	20443	18782	6457
2006/07	231	6968	9969	12470	10935	11868	1458
2007/08	4925	13606	16593	11923	12053	16688	7415
2008/09	1890	9574	16321	21084	20415	16711	1418
2009/10	6111	5275	19832	25357	18975	16731	6213
2010/11	5088	10586	22509	18081	13635	9204	3016
2011/12	3802	1762	14184	19980	24725	6482	7464
2012/13	3621	4053	18579	19467	24747	14882	5440
2013/14	1088	10774	9983	11031	10524	7578	3246

Tabelle 3.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

3.5.3 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

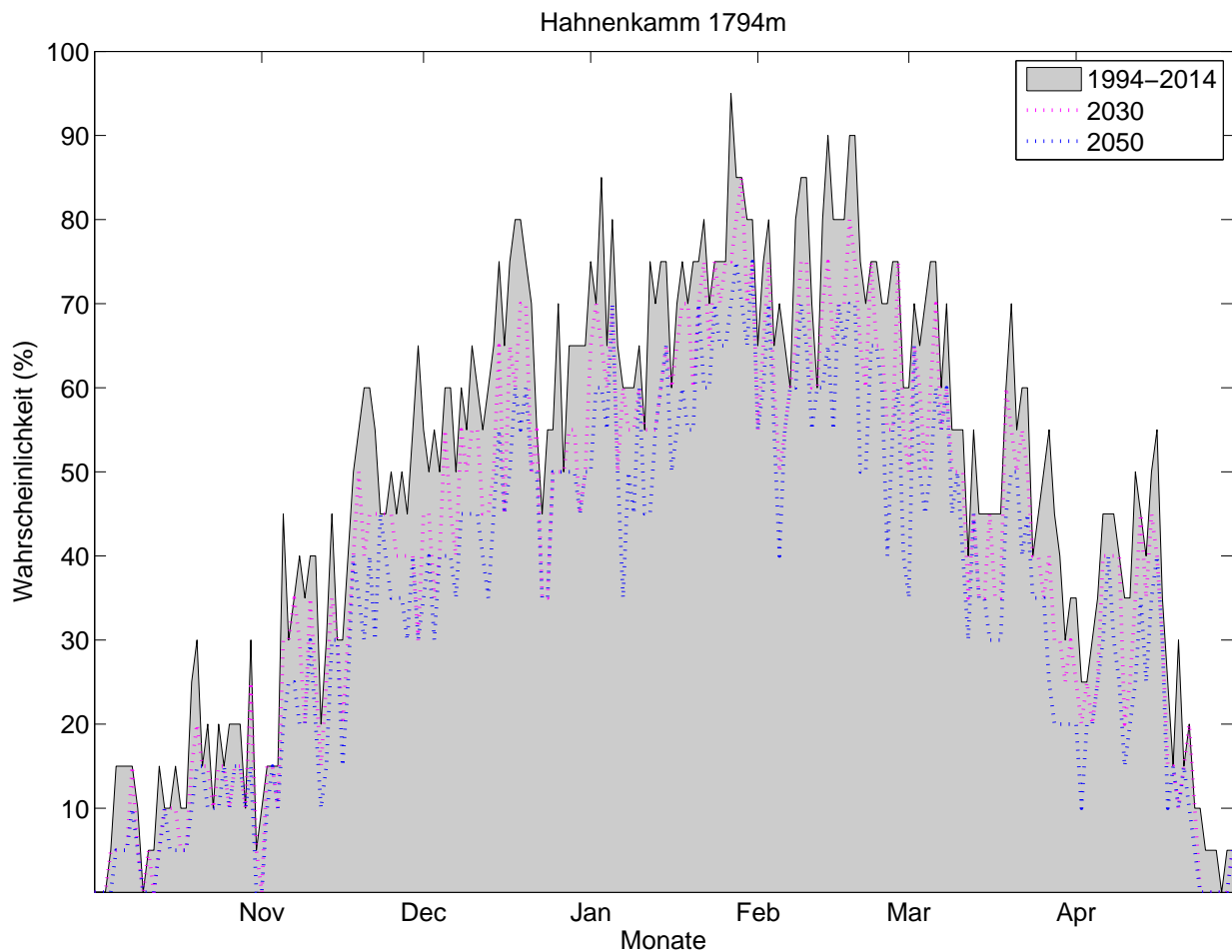


Abbildung 3.13: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Hahnenkamm-Ehrenbachhöhe, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

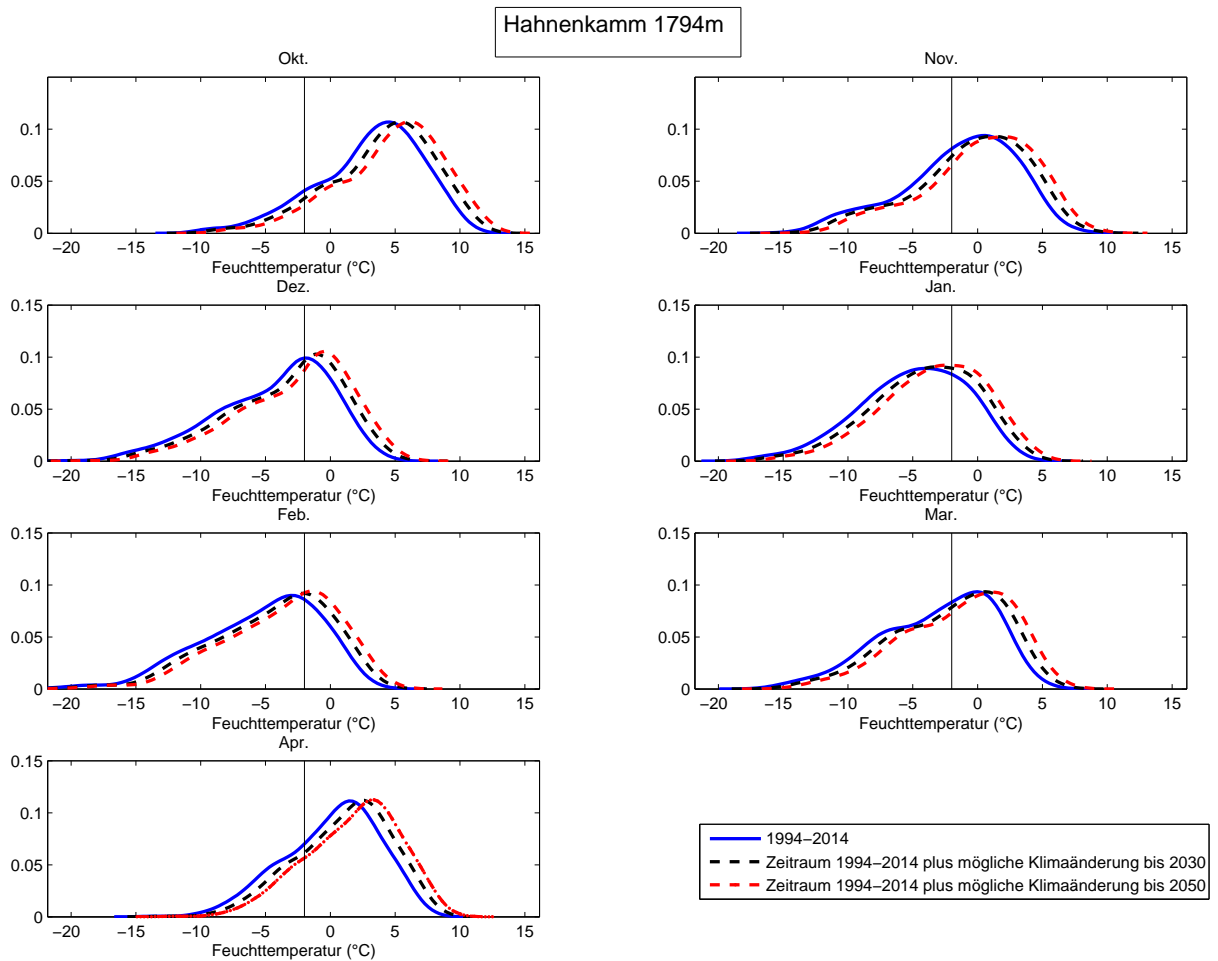


Abbildung 3.14: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchttemperatur unter -2°C pro Monat, Hahnenkamm-Ehrenbachhöhe.

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Periode							
1994-2014	4,0	12,0	19,1	22,6	21,0	16,8	8,2
mit Klimaänderung bis 2030	2,8	9,5	15,7	20,4	18,3	14,3	6,4
mit Klimaänderung bis 2050	2,2	7,9	14,0	18,3	16,5	12,3	5,2
Abnahme bis 2050 in Tagen	1,8	4,1	5,1	4,4	4,5	4,5	3,1
Abnahme bis 2050 in %	46	34	27	19	21	27	37

Tabelle 3.6: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1994-2014 und mit möglicher Erwärmung bis 2030 ($+1^{\circ}\text{C}$) bzw. 2050 ($+1,8^{\circ}\text{C}$).

3.6 Warth (1478 m)

3.6.1 Langzeitanalyse - Trends und Klima

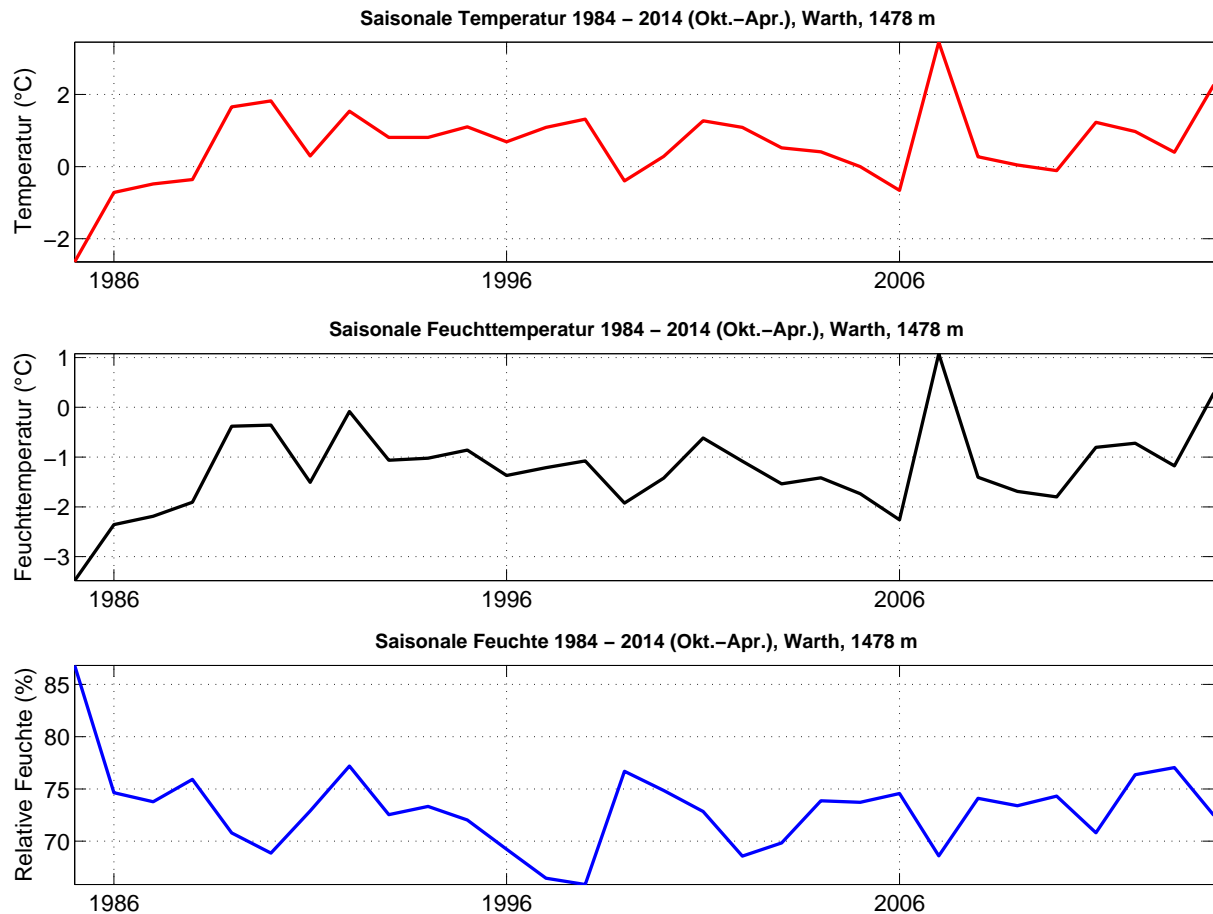


Abbildung 3.15: Saisonale Lufttemperatur, relative Feuchte und Feuchttemperatur, Warth, Okt.-Apr. 1984-2014.

Die Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Tagesmittel der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$) beträgt im Mittel 84 Tage und unterliegt einer natürlichen, intersaisonalen Schwankung von etwa 16 Tagen.

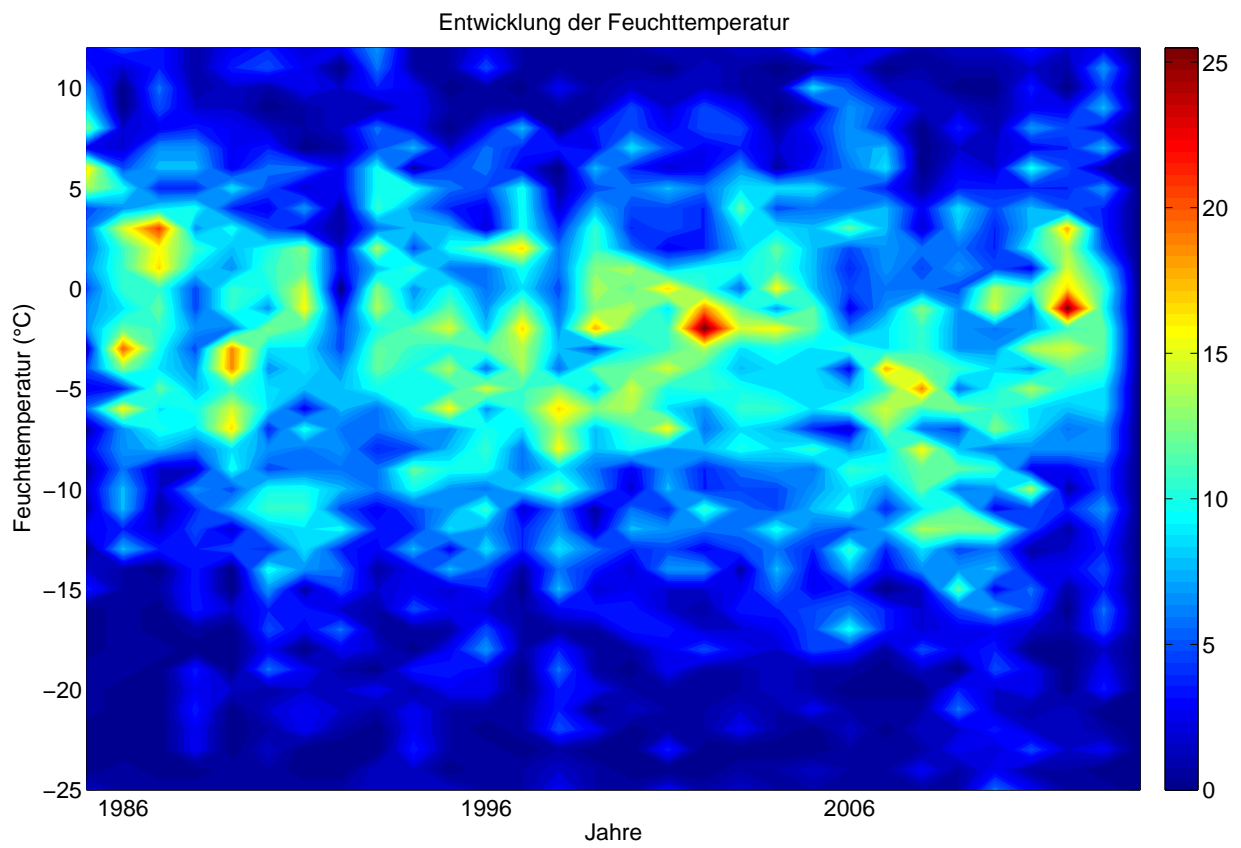


Abbildung 3.16: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1984-2014, Warth.

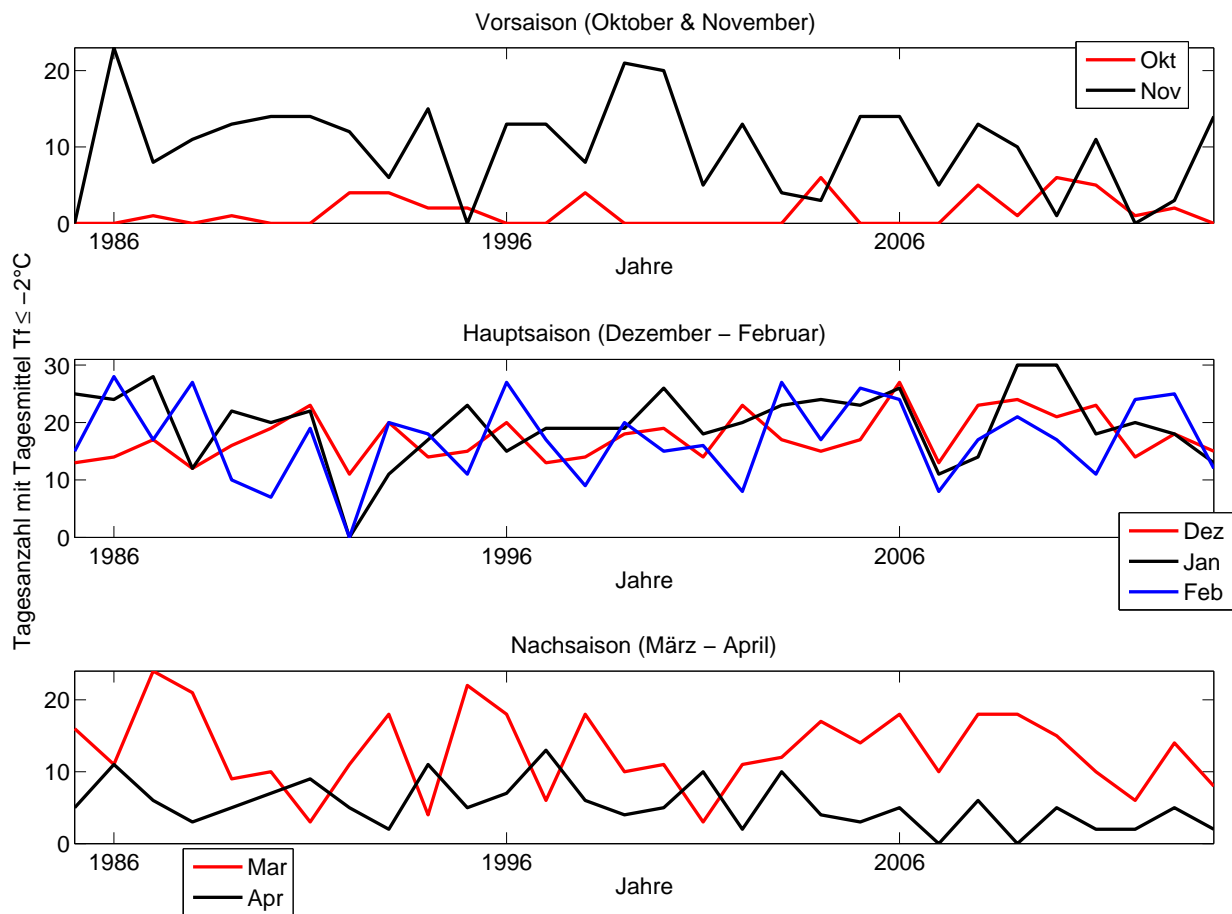


Abbildung 3.17: Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$, aufgeteilt in Monate.

Im Januar gibt es im Durchschnitt am meisten Schneitage (20) im Oktober (2) und April (5) am wenigsten. Die intersaisonale Variabilität liegt zwischen etwa 7 (Januar, Februar) und 2 Tagen (Oktober - hier ist die Variabilität gering, da Schneitage selten sind.). Siehe Abb. 3.17.

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1984 – 2014) , Warth 1478 m

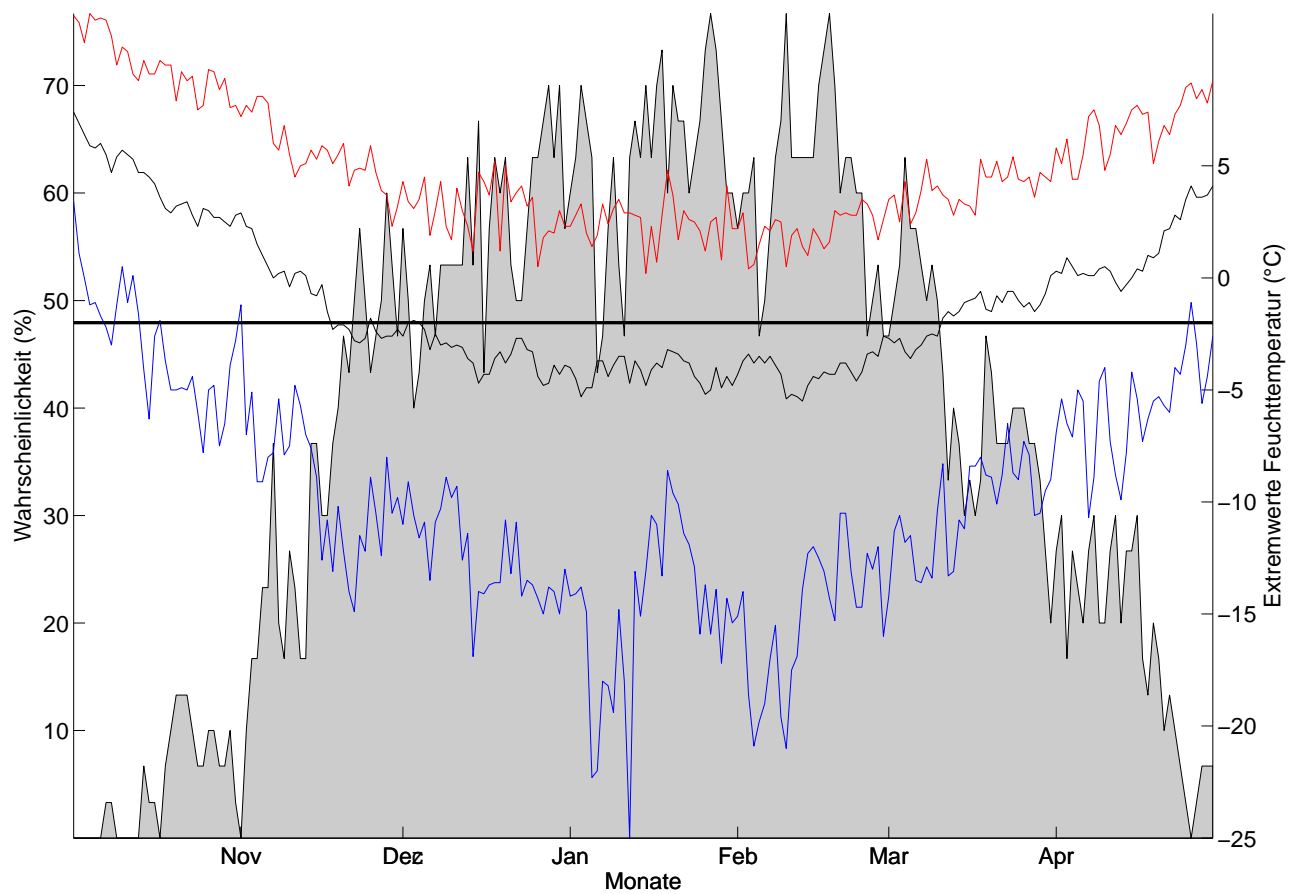


Abbildung 3.18: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Warth, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1984-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Beschneitage Warth pro Saison und Monat

Mittelwert	2	10	17	20	17	13	5
SD	2,0	6,2	4,1	6,3	7,0	5,5	3,2
Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
1984/85	NaN	NaN	13	25	15	16	5
1985/86	0	23	14	24	28	11	11
1986/87	1	8	17	28	17	24	6
1987/88	0	11	12	12	27	21	3
1988/89	1	13	16	22	10	9	5
1989/90	0	14	19	20	7	10	7
1990/91	0	14	23	22	19	3	9
1991/92	4	12	11	0	0	11	5
1992/93	4	6	20	11	20	18	2
1993/94	2	15	14	17	18	4	11
1994/95	2	0	15	23	11	22	5
1995/96	0	13	20	15	27	18	7
1996/97	0	13	13	19	17	6	13
1997/98	4	8	14	19	9	18	6
1998/99	0	21	18	19	20	10	4
1999/00	0	20	19	26	15	11	5
2000/01	0	5	14	18	16	3	10
2001/02	0	13	23	20	8	11	2
2002/03	0	4	17	23	27	12	10
2003/04	6	3	15	24	17	17	4
2004/05	0	14	17	23	26	14	3
2005/06	0	14	27	26	24	18	5
2006/07	0	5	13	11	8	10	0
2007/08	5	13	23	14	17	18	6
2008/09	1	10	24	30	21	18	0
2009/10	6	1	21	30	17	15	5
2010/11	5	11	23	18	11	10	2
2011/12	1	0	14	20	24	6	2
2012/13	2	3	18	18	25	14	5
2013/14	0	14	15	13	12	8	2

Tabelle 3.7: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen
(Monatsweise) für die Periode 1984 - 2014, Warth.

3.6.2 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

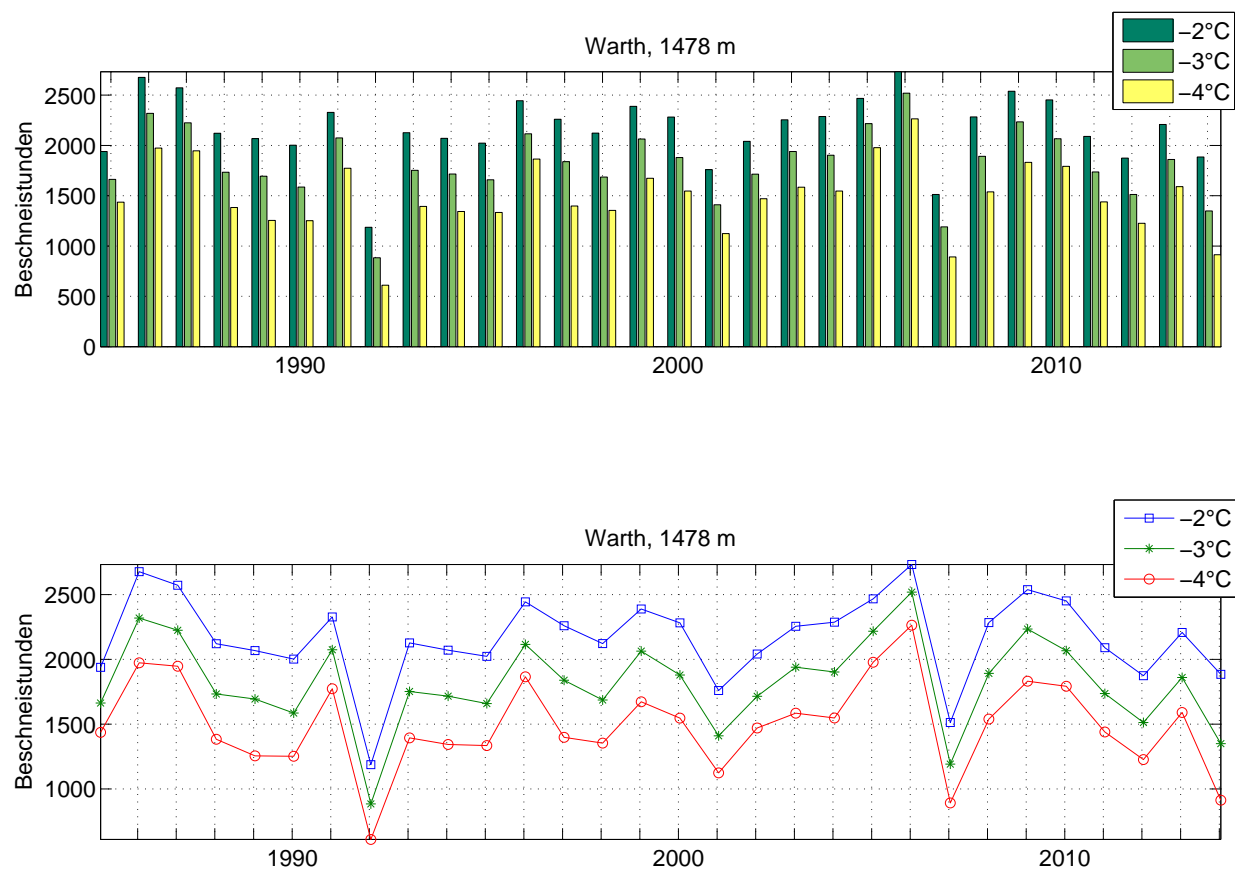
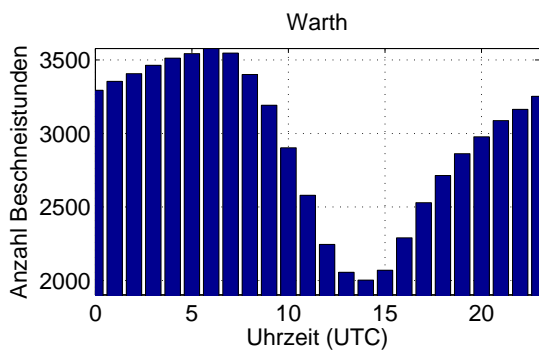
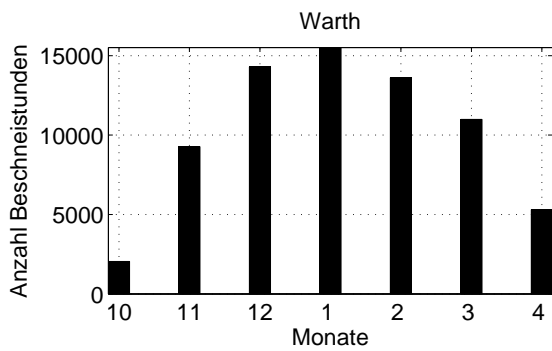
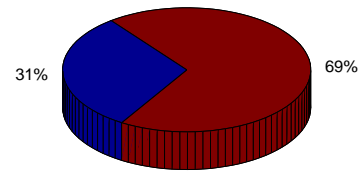


Abbildung 3.19: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 323 Stunden (13 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es im Mittel 2167 potentielle Beschneistunden (ca. 90 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 323 Stunden (ca. 13 Tage). Siehe Abb. 3.19.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

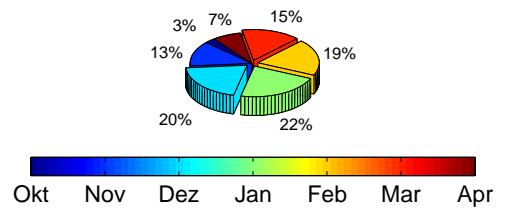


Abbildung 3.20: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

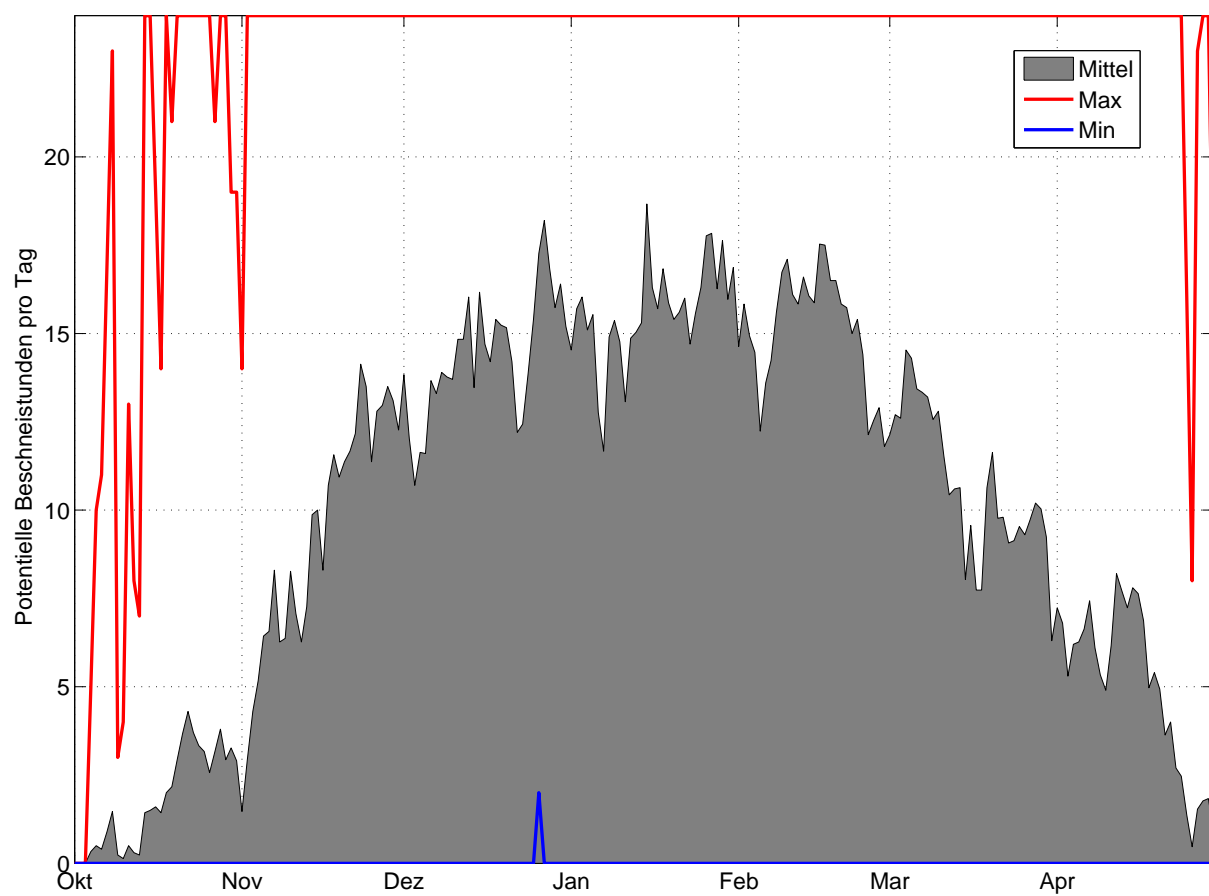


Abbildung 3.21: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1984-2014, Station Warth, 1478 m.

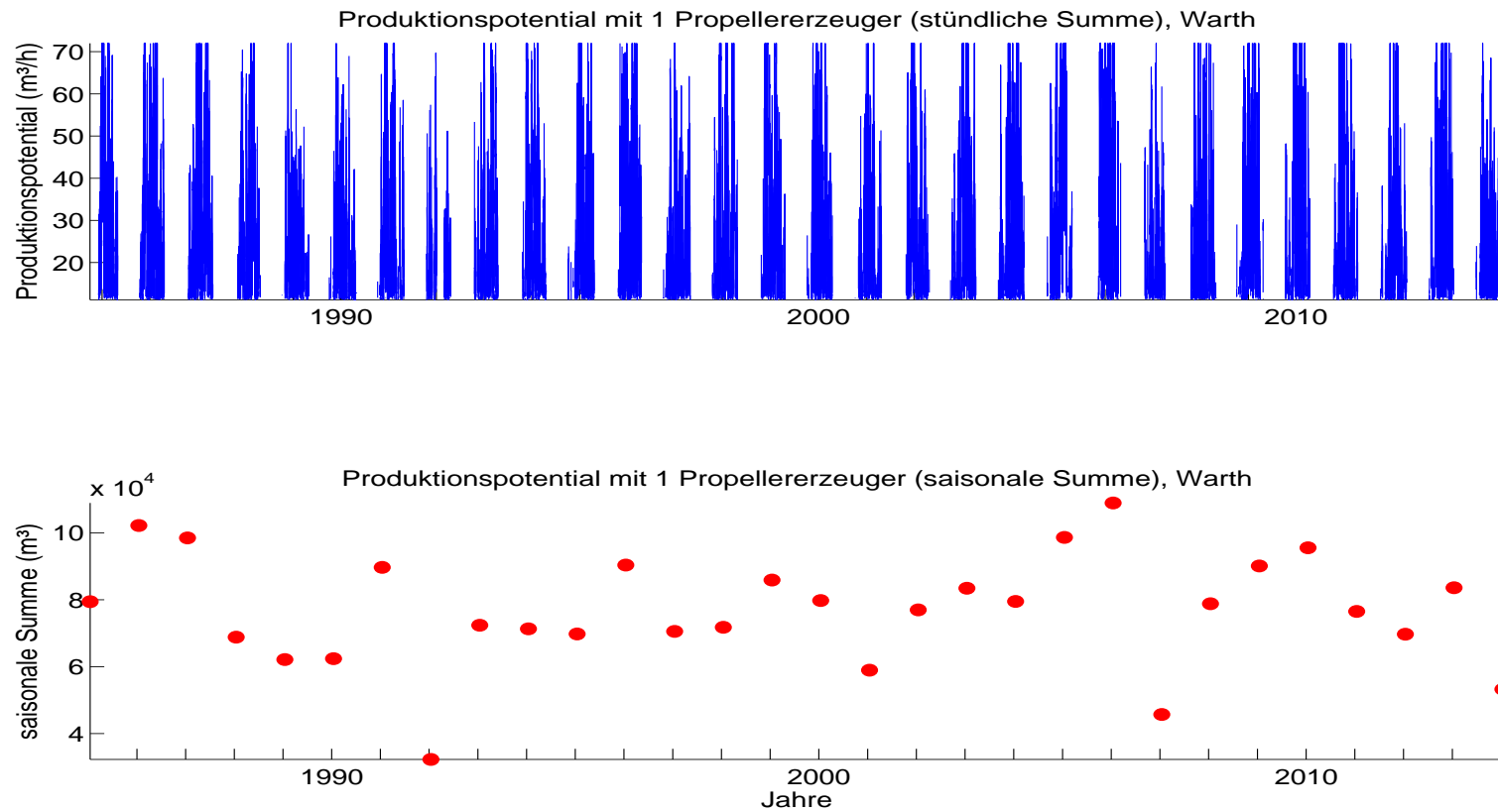


Abbildung 3.22: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

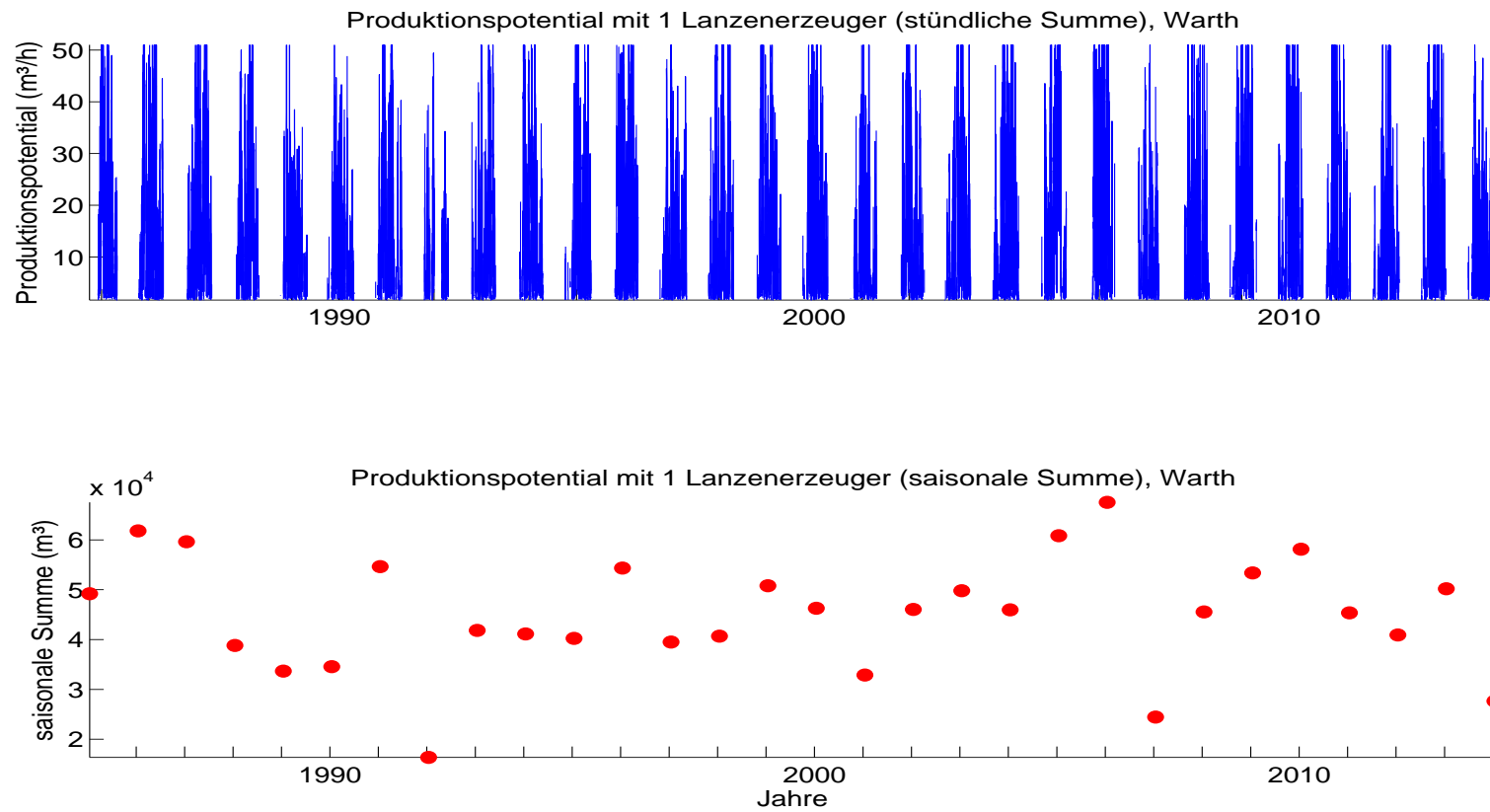
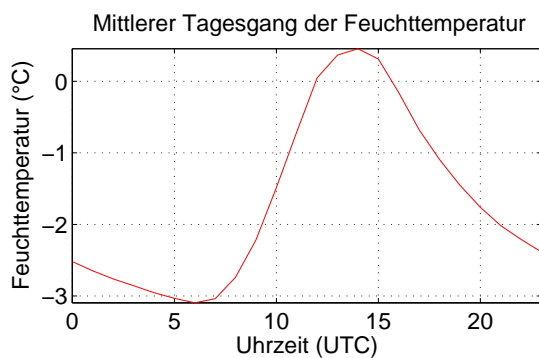
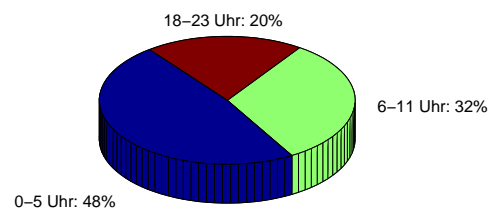


Abbildung 3.23: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

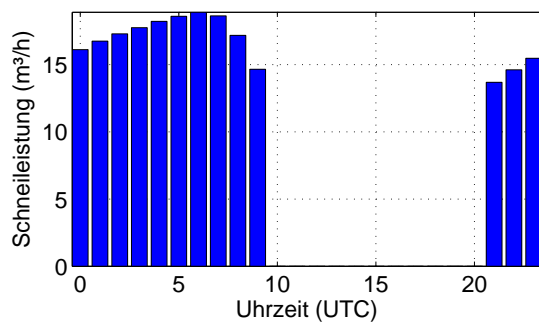
Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 16252 m^3 (Propellergerät), bzw. 12965 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 82224 m^3 (Propellergerät), bzw. 69307 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 28 ha (Propellergerät), bzw. ca. 24 ha (Lanze) eine Grundbeschneieung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 3.22 und 3.23.



Zeitliche Verteilung der künstlich erzeugbaren Schneemenge



Mittlerer Tagesgang der Schneileistung (Propellererzeuger)



Mittlerer Tagesgang der Schneileistung (Lanzenerzeuger)

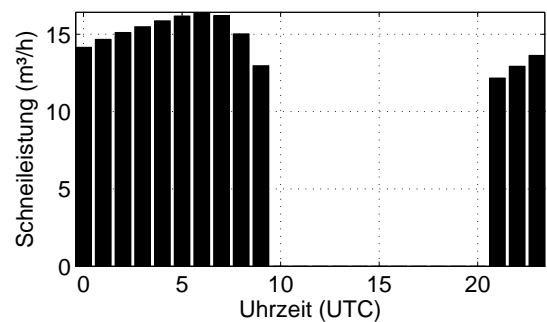


Abbildung 3.24: Mittlerer Tagesgang der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1984-2014, Warth, 1478 m.

Die künstlich erzeugbare Schneemenge ist in den Nacht- und Morgenstunden am höchsten. 48% der möglichen Schneizeit fällt zwischen 0 und 5 hr UTC. Zwischen 10 und 20 Uhr kann im Schnitt nicht beschneit werden. An einem durchschnittlichen Tag können mit einem Propellererzeuger $9 \text{ m}^3/\text{h}$, mit einem Lanzenerzeuger $8 \text{ m}^3/\text{h}$ produziert werden. Siehe Abb. 3.24.

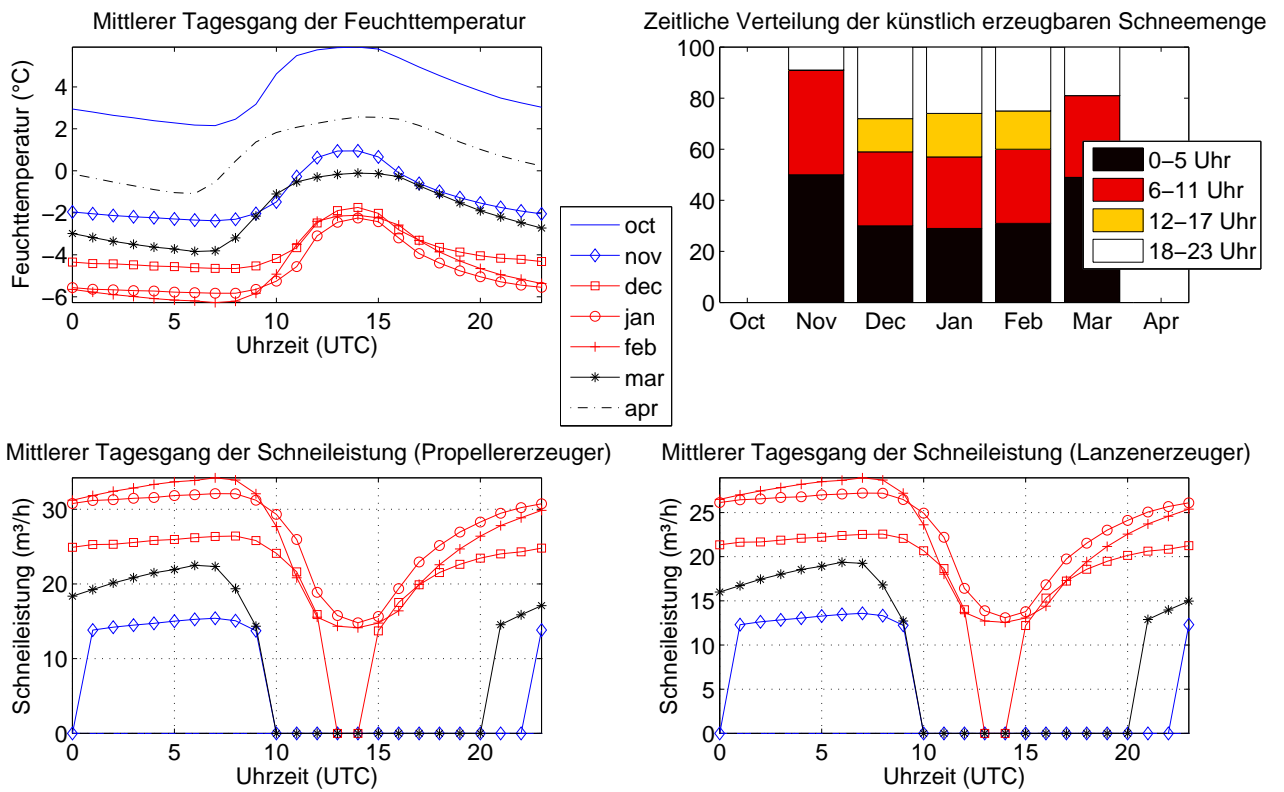


Abbildung 3.25: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1984-2014, Warth, 1478 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

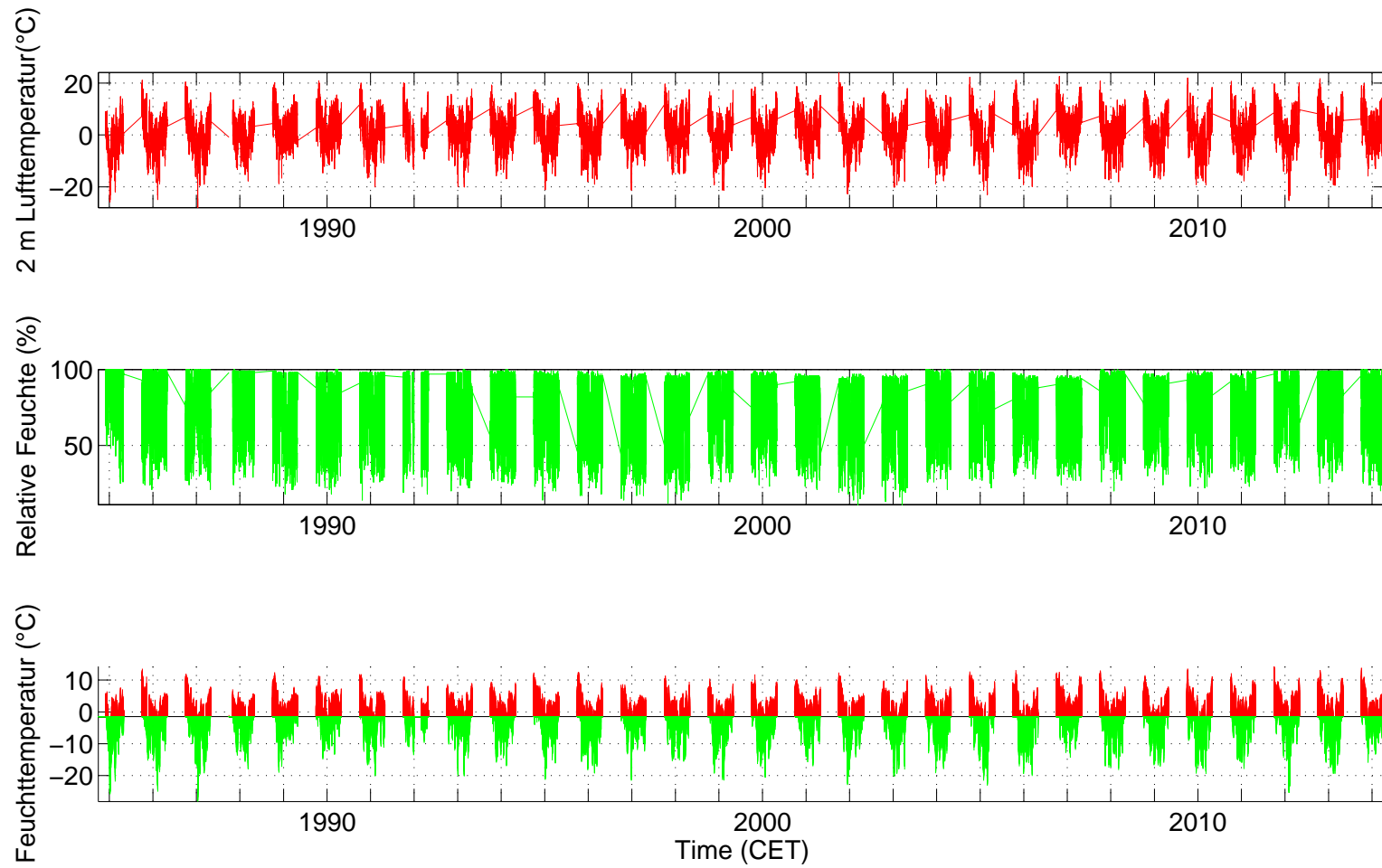


Abbildung 3.26: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Klimaparameter Warth

	Klimaparameter (Saisonmittel, Warth)			Schneitage	Schneistunden mit versch. Grenztemp.			
	Lufttemp. (°C)	Rel. Feuchte (%)	Feuchttemp.(°C)		-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	0,6	73,1	-1,2	84	2367	2167	1815	1491
SD	1,1	3,9	0,9	16	315	323	342	349
Saison								
1984/85	-2,6	86,8	-3,5	74	2084	1939	1663	1436
1985/86	-0,7	74,6	-2,4	111	2886	2677	2319	1974
1986/87	-0,5	73,8	-2,2	101	2773	2572	2225	1947
1987/88	-0,4	75,9	-1,9	86	2327	2121	1733	1383
1988/89	1,7	70,8	-0,4	76	2283	2068	1694	1255
1989/90	1,8	68,9	-0,4	77	2195	2002	1586	1252
1990/91	0,3	72,9	-1,5	90	2483	2328	2074	1773
1991/92	1,5	77,2	-0,1	43	1342	1187	884	610
1992/93	0,8	72,5	-1,1	81	2308	2127	1752	1394
1993/94	0,8	73,3	-1,0	81	2288	2071	1716	1343
1994/95	1,1	72,0	-0,9	78	2239	2023	1659	1334
1995/96	0,7	69,2	-1,4	100	2598	2444	2116	1865
1996/97	1,1	66,5	-1,2	81	2422	2260	1839	1398
1997/98	1,3	65,9	-1,1	78	2398	2122	1686	1354
1998/99	-0,4	76,7	-1,9	92	2582	2389	2064	1673
1999/00	0,3	74,9	-1,4	96	2517	2282	1879	1546
2000/01	1,3	72,8	-0,6	66	2040	1760	1410	1124
2001/02	1,1	68,6	-1,1	77	2243	2041	1715	1470

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

2002/03	0,5	69,8	-1,5	93	2444	2255	1940	1585
2003/04	0,4	73,9	-1,4	86	2534	2287	1903	1547
2004/05	0,0	73,7	-1,7	97	2628	2467	2217	1978
2005/06	-0,7	74,6	-2,3	114	2857	2733	2519	2264
2006/07	3,5	68,6	1,1	47	1728	1513	1191	891
2007/08	0,3	74,1	-1,4	96	2516	2284	1892	1539
2008/09	0,0	73,4	-1,7	104	2699	2538	2234	1832
2009/10	-0,1	74,3	-1,8	95	2651	2452	2067	1792
2010/11	1,2	70,8	-0,8	80	2289	2090	1736	1439
2011/12	1,0	76,4	-0,7	67	2132	1874	1512	1226
2012/13	0,4	77,0	-1,2	85	2415	2208	1860	1590
2013/14	2,3	72,5	0,3	64	2121	1885	1349	913

Tabelle 3.8: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Warth)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	55	277	446	484	424	332	150
SD	55	137	91	143	142	120	74
Saison							
1984/85	NaN	NaN	375	590	360	440	185
1985/86	51	537	290	575	618	361	246
1986/87	60	244	463	655	414	563	174
1987/88	0	309	324	346	574	481	87
1988/89	20	392	432	517	349	206	152
1989/90	17	371	440	500	219	250	205
1990/91	13	371	574	524	488	117	241
1991/92	132	318	235	NaN	NaN	318	183
1992/93	121	159	516	299	515	443	74
1993/94	81	380	407	388	444	114	257
1994/95	62	44	398	563	285	518	153
1995/96	7	349	471	417	583	445	172
1996/97	42	317	416	536	397	224	328
1997/98	132	239	384	475	294	427	171
1998/99	25	516	490	477	480	264	137
1999/00	29	482	462	585	338	296	90
2000/01	0	215	313	464	400	107	261
2001/02	0	363	556	506	232	285	99
2002/03	33	110	391	554	606	334	227
2003/04	195	105	426	560	449	424	129
2004/05	13	351	510	549	606	333	105
2005/06	0	342	626	653	553	412	147
2006/07	0	160	425	312	291	301	24
2007/08	131	353	568	306	351	405	170
2008/09	39	248	571	699	525	448	8
2009/10	154	114	511	711	455	387	120
2010/11	108	298	542	464	380	235	63
2011/12	71	104	377	482	562	174	104
2012/13	85	148	438	465	594	366	112
2013/14	25	367	446	344	346	289	69

Tabelle 3.9: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C).

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Propeller (m³) (Warth)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	2021	10234	16962	20128	17704	11984	4859
SD	1705	5040	4642	5533	6764	5090	2188
Saison							
1984/85	NaN	NaN	14625	30369	17599	15481	5838
1985/86	1993	22549	11363	21925	30116	10522	8071
1986/87	2208	8092	17564	30087	15458	24605	5655
1987/88	9	9406	13123	11854	19757	16802	2974
1988/89	708	15038	14826	16545	9980	6599	4496
1989/90	991	12603	14867	18359	7221	8433	5543
1990/91	796	11902	25441	19844	23530	4388	8220
1991/92	4057	9302	7886	NaN	NaN	9700	5314
1992/93	3855	4672	17000	12767	19836	16959	2983
1993/94	2765	16845	13511	15701	17036	3780	7516
1994/95	2165	1727	13855	24763	9258	18695	4556
1995/96	320	12478	19025	14493	23837	19019	5905
1996/97	1667	10618	17028	17764	12776	6525	10104
1997/98	4466	7947	15309	19443	11639	14748	5168
1998/99	1424	19423	19241	16656	21936	8768	4150
1999/00	1235	16605	18340	23584	12396	9756	3433
2000/01	405	6967	11749	18859	15361	4506	8414
2001/02	31	12019	27283	21719	7872	10026	4099
2002/03	1665	4303	12861	24792	27318	10366	7799
2003/04	6971	3494	15900	22112	16939	15442	4212
2004/05	538	12113	17623	24327	29599	15050	3497
2005/06	194	14303	26461	27319	20926	18443	4797
2006/07	81	5460	13468	11651	9258	10141	881
2007/08	3922	13516	20924	12481	13924	15167	5164
2008/09	1410	10193	19879	27956	20413	14364	1056
2009/10	4771	3800	21369	28890	20359	16504	4337
2010/11	3683	10734	24622	20536	12480	7689	1848
2011/12	2518	3721	11884	17872	29450	6163	4007
2012/13	3067	4844	18246	18961	26475	13126	3761

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Propeller – Fortsetzung

2013/14	693	12122	13575	12090	10658	7750	1972
----------------	-----	-------	-------	-------	-------	------	------

Tabelle 3.10: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Lanze (m³) (Warth)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	1825	8742	14205	16752	14650	10215	4316
SD	1482	4079	3617	4294	5151	4099	1867
Saison							
1984/85	NaN	NaN	12441	23453	14202	13284	5224
1985/86	1811	18828	9758	18254	23808	9204	6967
1986/87	1983	7088	14775	24174	13230	20113	4991
1987/88	8	8183	11198	10308	16673	14245	2702
1988/89	652	12431	12530	14215	8677	5827	4094
1989/90	992	10765	12687	15653	6360	7266	5001
1990/91	776	10267	20781	16866	19026	3913	7182
1991/92	3581	8155	6691	NaN	NaN	8526	4764
1992/93	3458	4169	14520	10610	16316	14252	2768
1993/94	2495	13715	11634	13271	14253	3440	6575
1994/95	1985	1684	11851	20291	8134	15788	4055
1995/96	311	10554	15950	12495	19740	15768	5143
1996/97	1591	9119	13942	15196	11030	5806	8784
1997/98	3923	6997	12912	16407	9959	12413	4633
1998/99	1373	15999	16221	13875	17878	7682	3727
1999/00	1176	13933	15305	19465	10626	8533	3117
2000/01	418	6235	10090	15871	12950	4109	7392
2001/02	45	10391	21960	18065	6911	8708	3766
2002/03	1570	3926	11107	20165	22087	9031	6626
2003/04	6076	3200	13331	18566	14196	13002	3816
2004/05	513	10424	14860	19641	23846	12318	3161
2005/06	226	11901	21832	22733	17445	15217	4231
2006/07	95	4815	11563	9920	8141	8860	832
2007/08	3468	11332	17294	10666	11833	12875	4607
2008/09	1311	8764	16694	23302	16871	12344	1068
2009/10	4190	3482	17092	24021	16522	13736	3850
2010/11	3315	9086	19971	16983	10721	6725	1664
2011/12	2298	3402	10259	14958	22566	5459	3630
2012/13	2645	4358	15188	15905	21510	11193	3324

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Lanze – Fortsetzung

2013/14	651	10318	11702	10465	9335	6829	1782
----------------	-----	-------	-------	-------	------	------	------

Tabelle 3.11: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

3.6.3 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

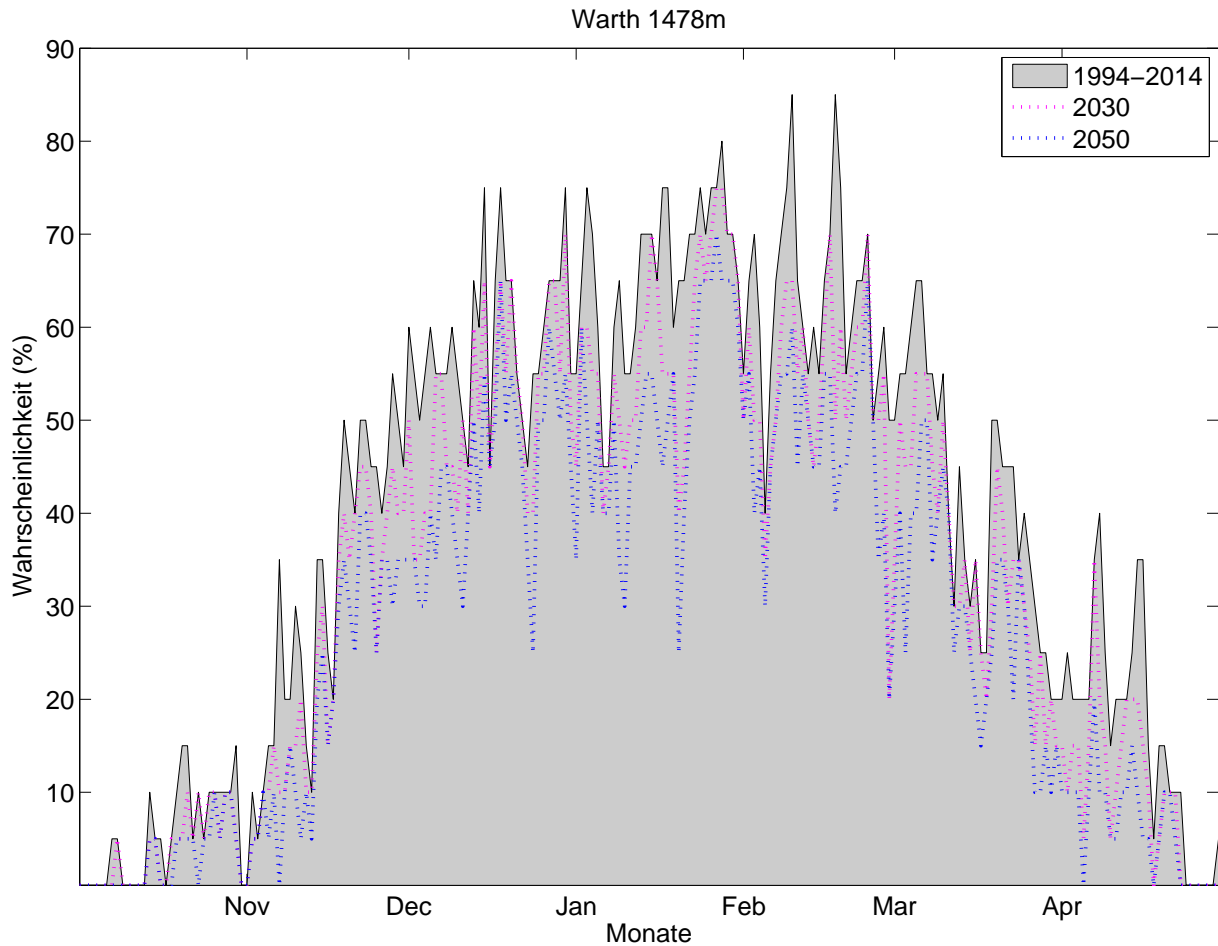


Abbildung 3.27: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Warth, für alle Tage d. Saison (1.10.–30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

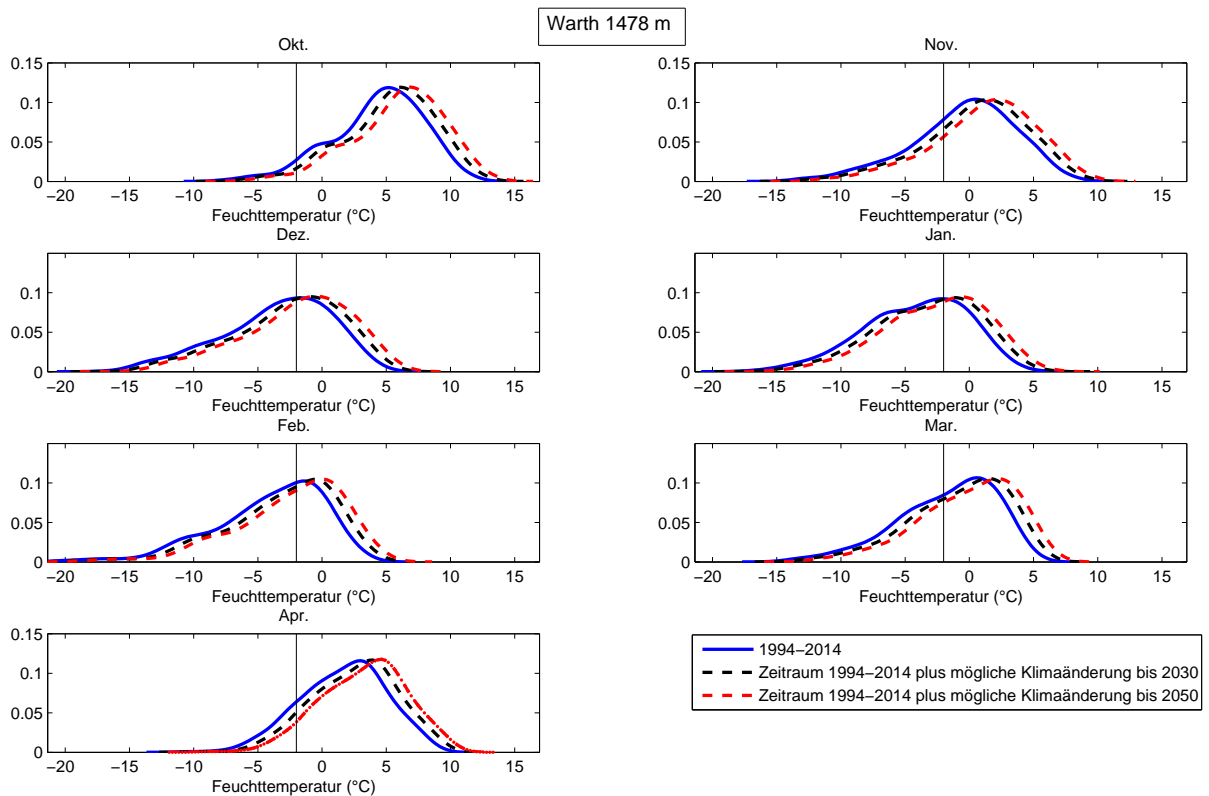


Abbildung 3.28: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchttemperatur unter -2°C pro Monat, Warth.								
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	
Periode								
1994-2014	1,6	9,3	18,2	20,5	17,6	13,0	4,8	
mit Klimaänderung bis 2030	1,1	7,3	15,9	18,0	15,0	10,8	3,0	
mit Klimaänderung bis 2050	0,8	6,0	13,7	15,7	13,4	8,9	1,9	
Abnahme bis 2050 in Tagen	0,8	3,3	4,5	4,8	4,3	4,1	3,0	
Abnahme bis 2050 in %	50	35	25	23	24	31	61	

Tabelle 3.12: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1994-2014 und mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

3.7 Ramsau (1207 m)

3.7.1 Naturschnee

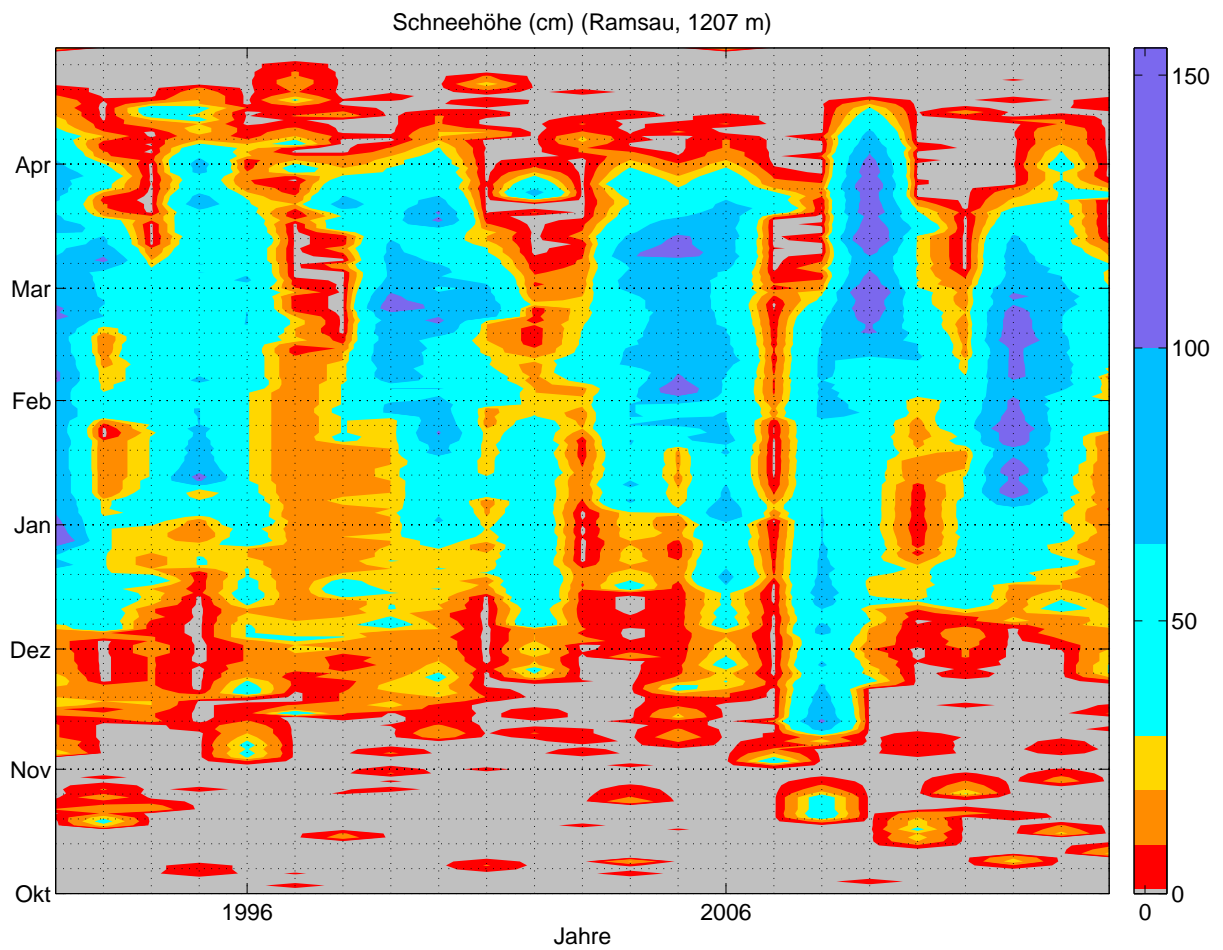


Abbildung 3.1: Tageswerte der Schneehöhe, Ramsau, Okt.-Apr. 1991-2014. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt.

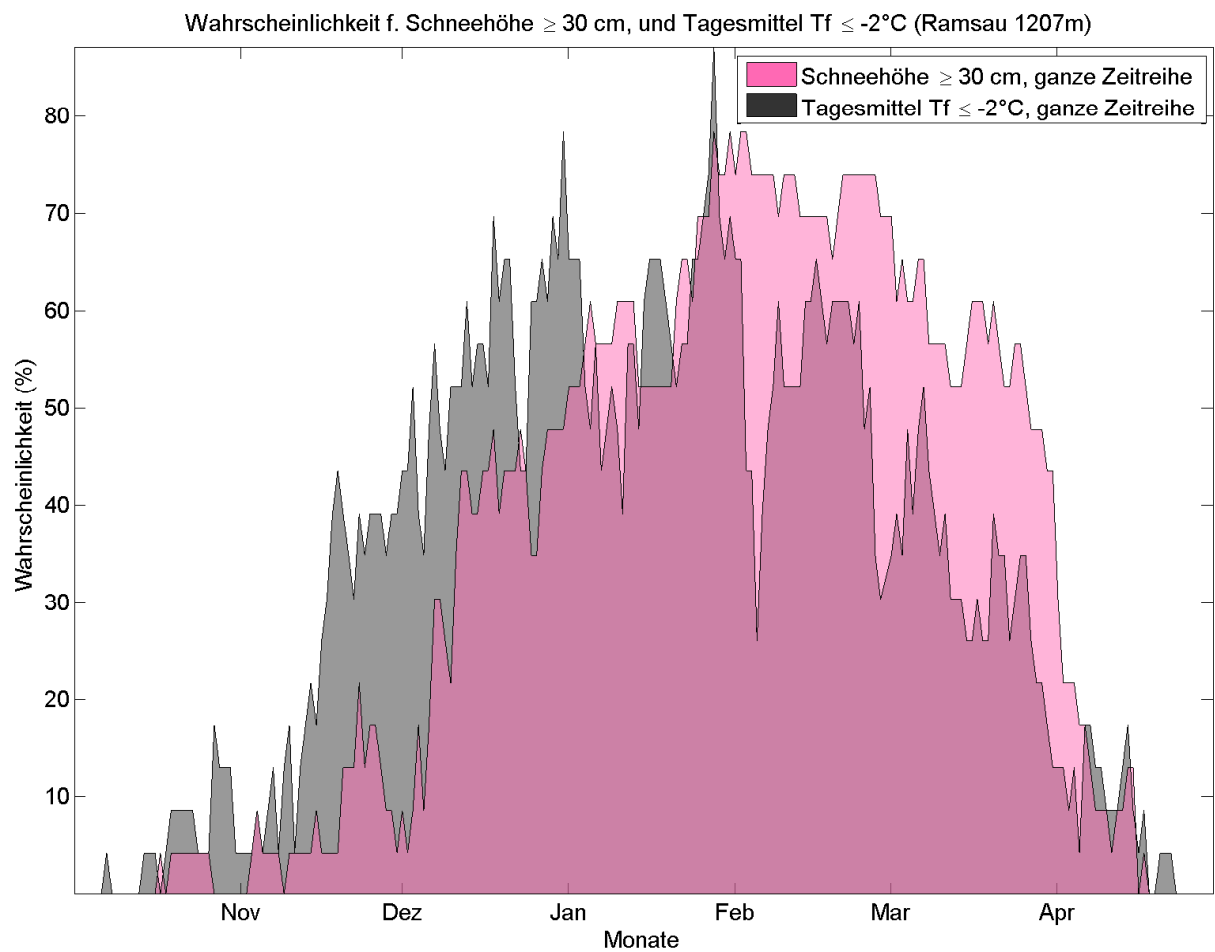


Abbildung 3.2: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchtttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Beschneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (ab 1991).

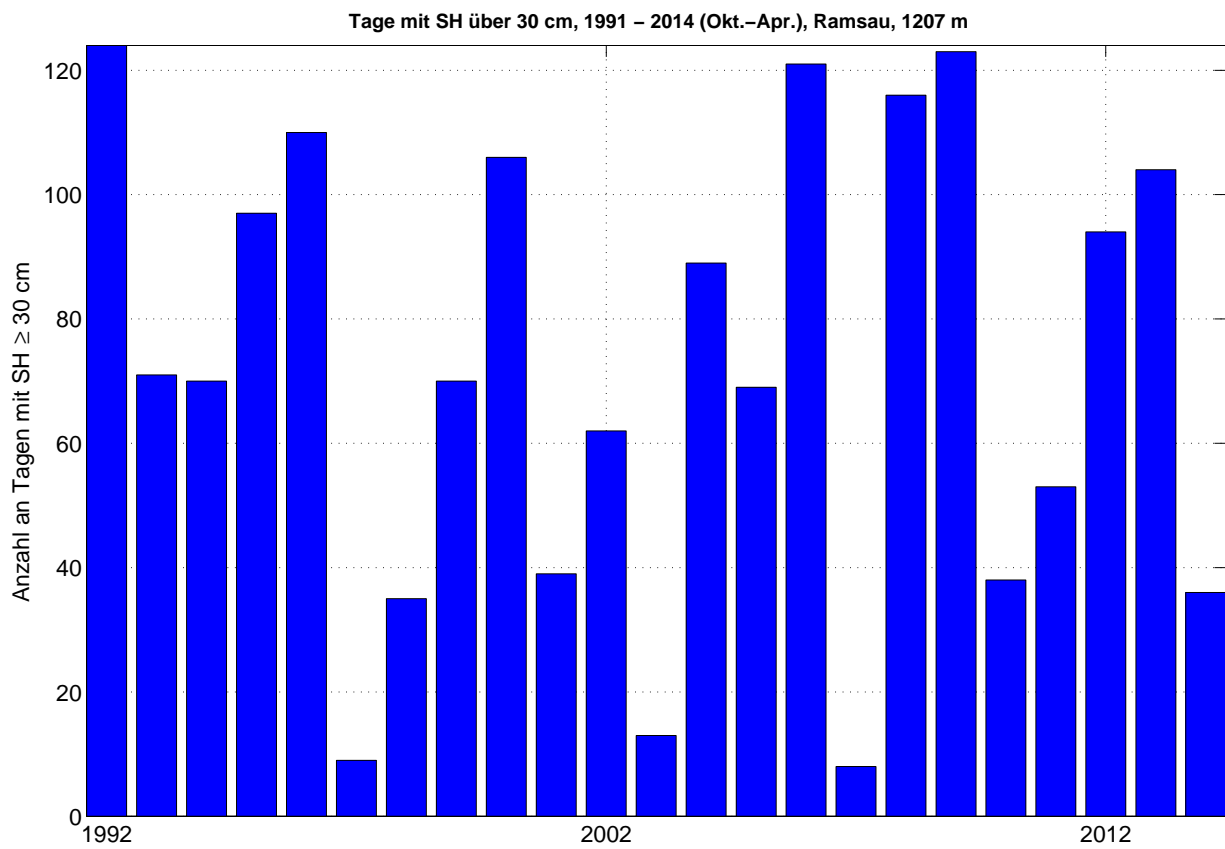


Abbildung 3.3: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1991-2014

3.7.2 Langzeitanalyse - Trends und Klima

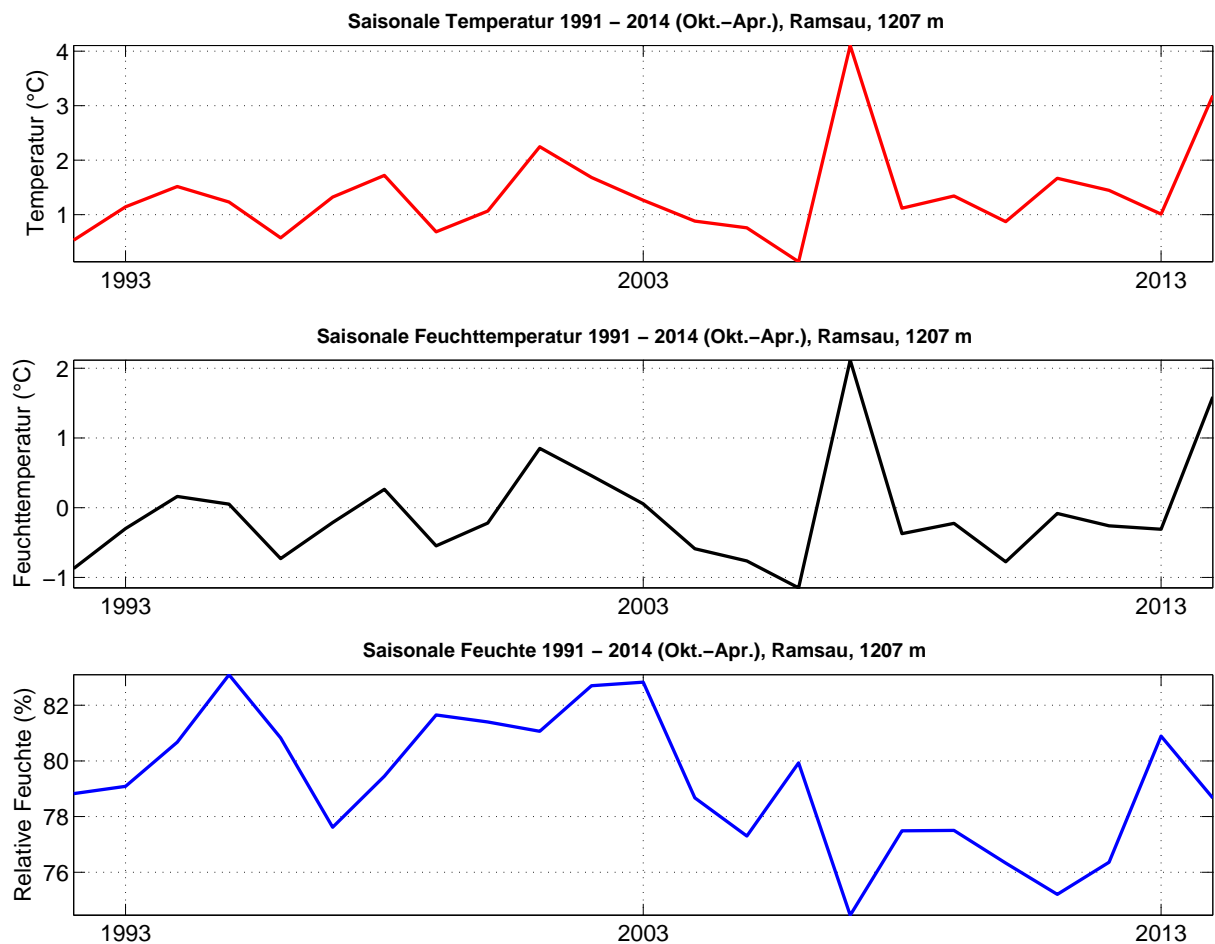


Abbildung 3.4: Saisonale Lufttemperatur, relative Feuchte und Feuchttemperatur, Ramsau, Okt.-Apr. 1991-2014.

Die Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Tagesmittel der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$) beträgt im Mittel 71 Tage und unterliegt einer natürlichen, intersaisonalen Schwankung von etwa 18 Tagen.

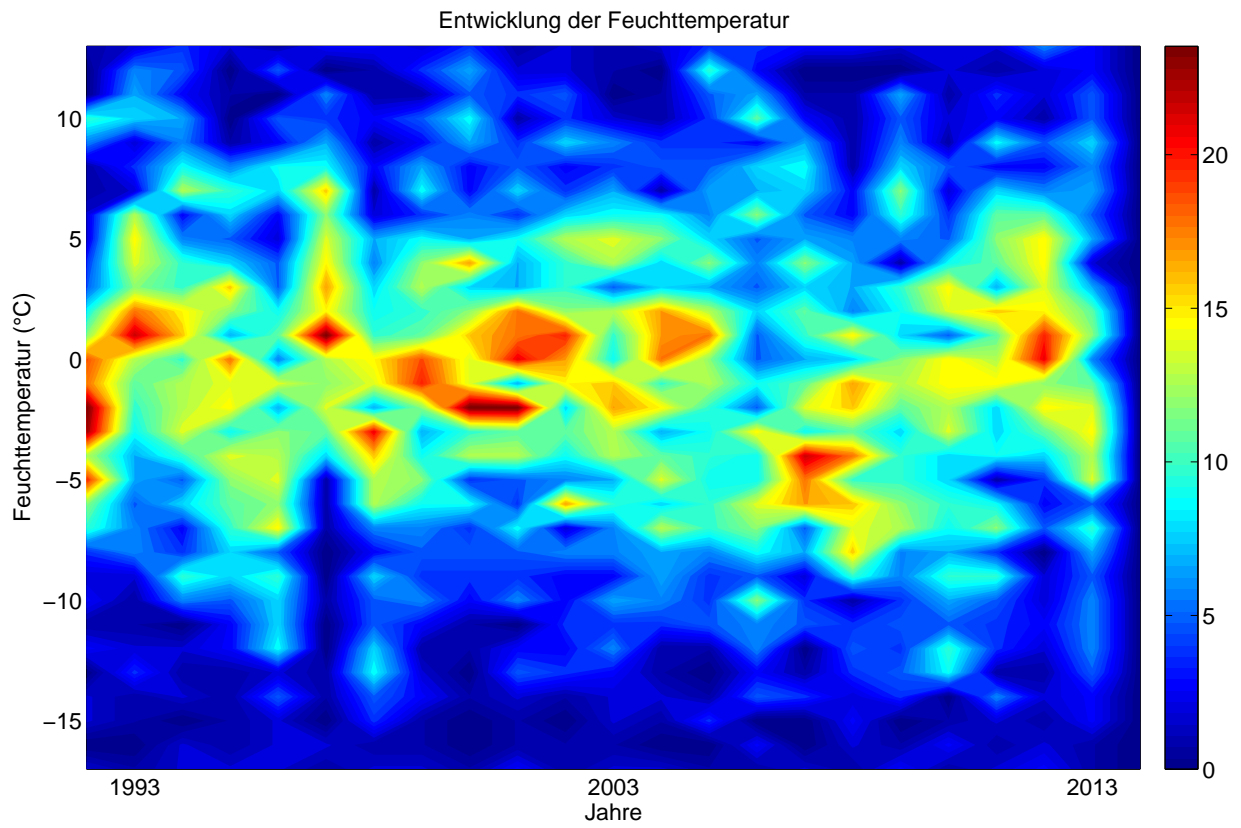


Abbildung 3.5: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1991-2014, Ramsau.

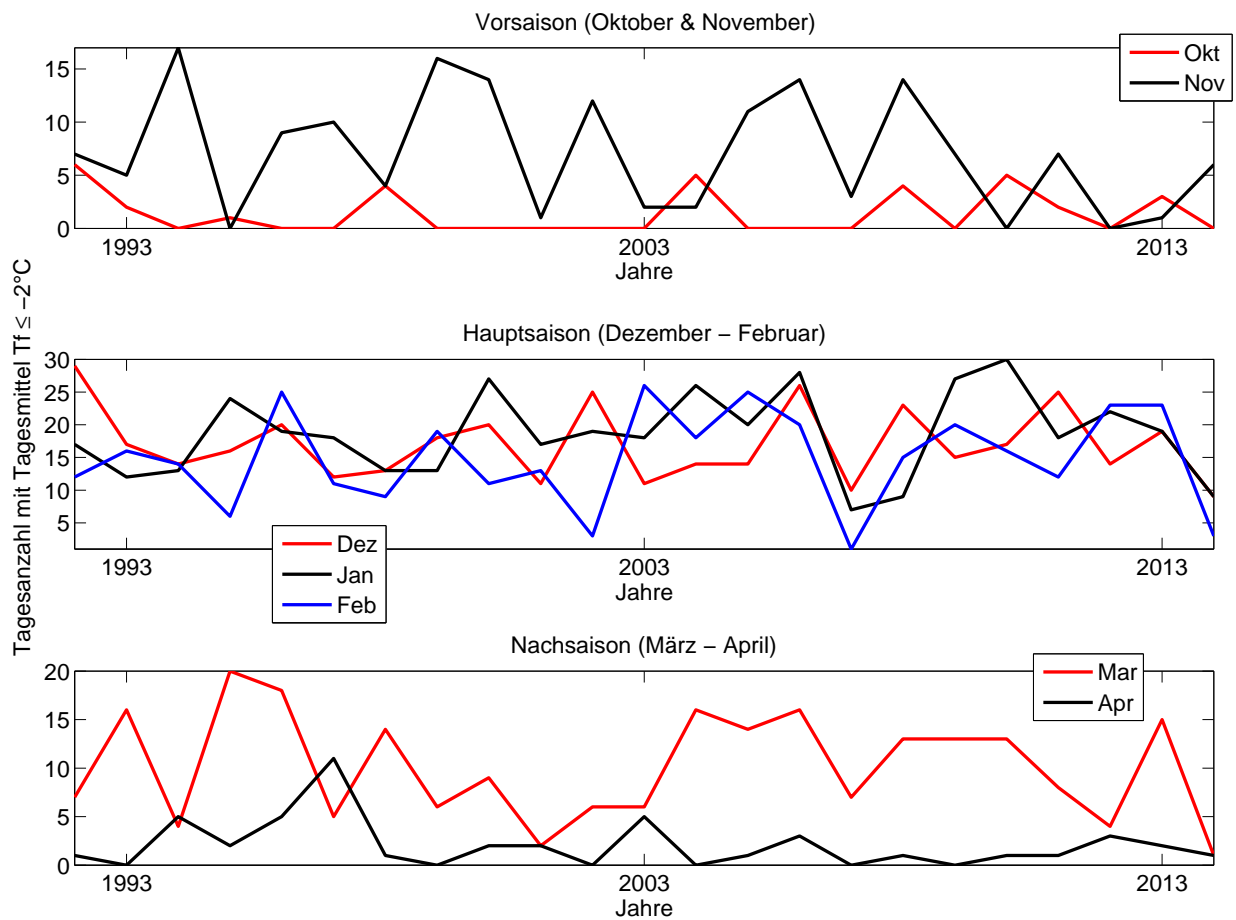


Abbildung 3.6: Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$, aufgeteilt in Monate.

Im Januar gibt es im Durchschnitt am meisten Schneitage (18) im Oktober (1) und April (2) am wenigsten. Die intersaisonale Variabilität liegt zwischen im Januar und Februar bei etwa einer Woche. Siehe Abb. 3.6.

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchtemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1991 – 2014) ,Ramsau 1207 m

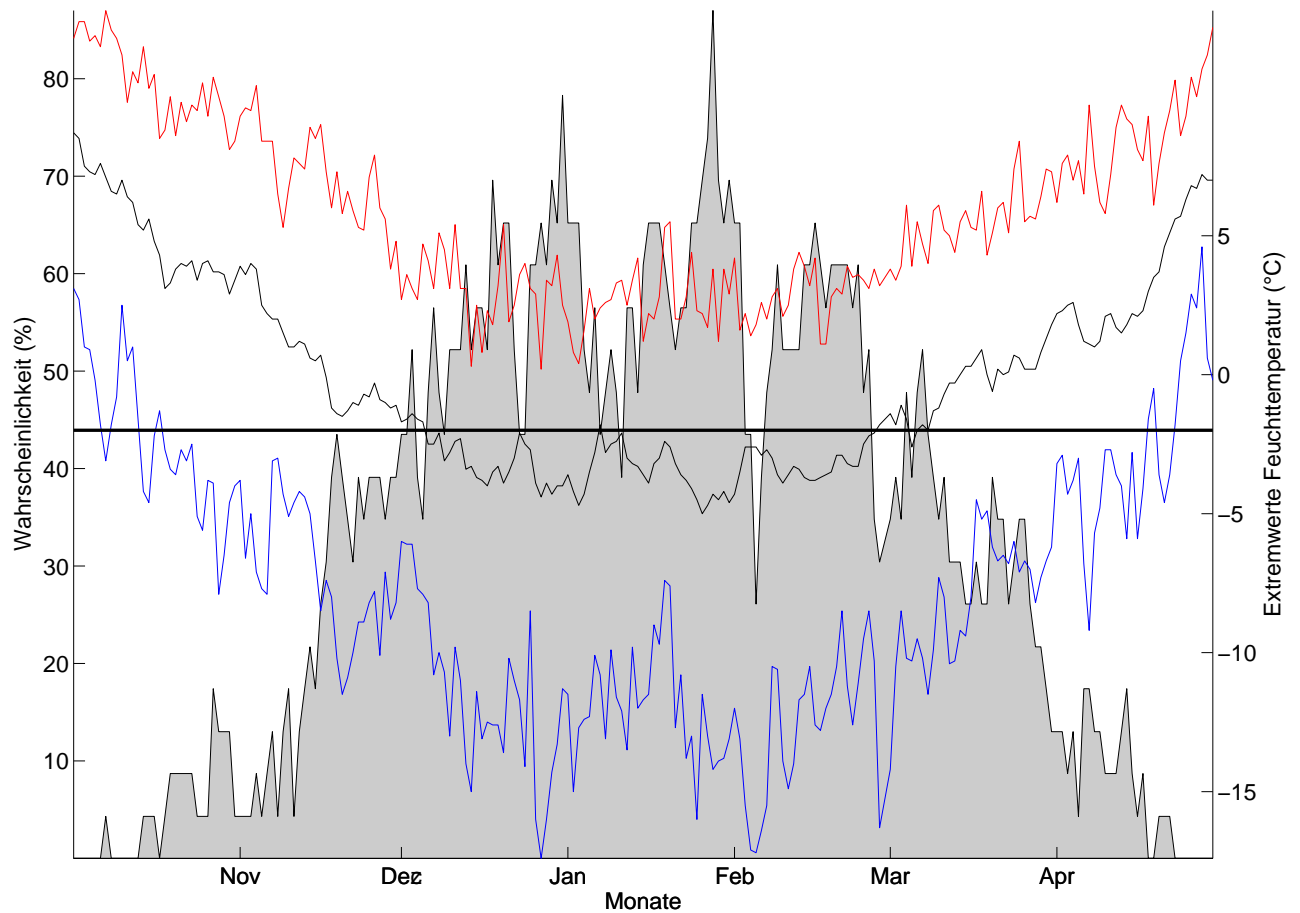


Abbildung 3.7: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Ramsau, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1991-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchtemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Beschneitage Ramsau pro Saison und Monat							
Mittelwert	1	7	17	18	15	10	2
SD	2	5	5	6	7	5	2
Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
1991/92	6	7	29	17	12	7	1
1992/93	2	5	17	12	16	16	0
1993/94	0	17	14	13	14	4	5
1994/95	1	0	16	24	6	20	2
1995/96	0	9	20	19	25	18	5
1996/97	0	10	12	18	11	5	11
1997/98	4	4	13	13	9	14	1
1998/99	0	16	18	13	19	6	0
1999/00	0	14	20	27	11	9	2
2000/01	0	1	11	17	13	2	2
2001/02	0	12	25	19	3	6	0
2002/03	0	2	11	18	26	6	5
2003/04	5	2	14	26	18	16	0
2004/05	0	11	14	20	25	14	1
2005/06	0	14	26	28	20	16	3
2006/07	0	3	10	7	1	7	0
2007/08	4	14	23	9	15	13	1
2008/09	0	7	15	27	20	13	0
2009/10	5	0	17	30	16	13	1
2010/11	2	7	25	18	12	8	1
2011/12	0	0	14	22	23	4	3
2012/13	3	1	19	19	23	15	2
2013/14	0	6	9	9	3	1	1

Tabelle 3.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1991 - 2014, Ramsau.

3.7.3 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

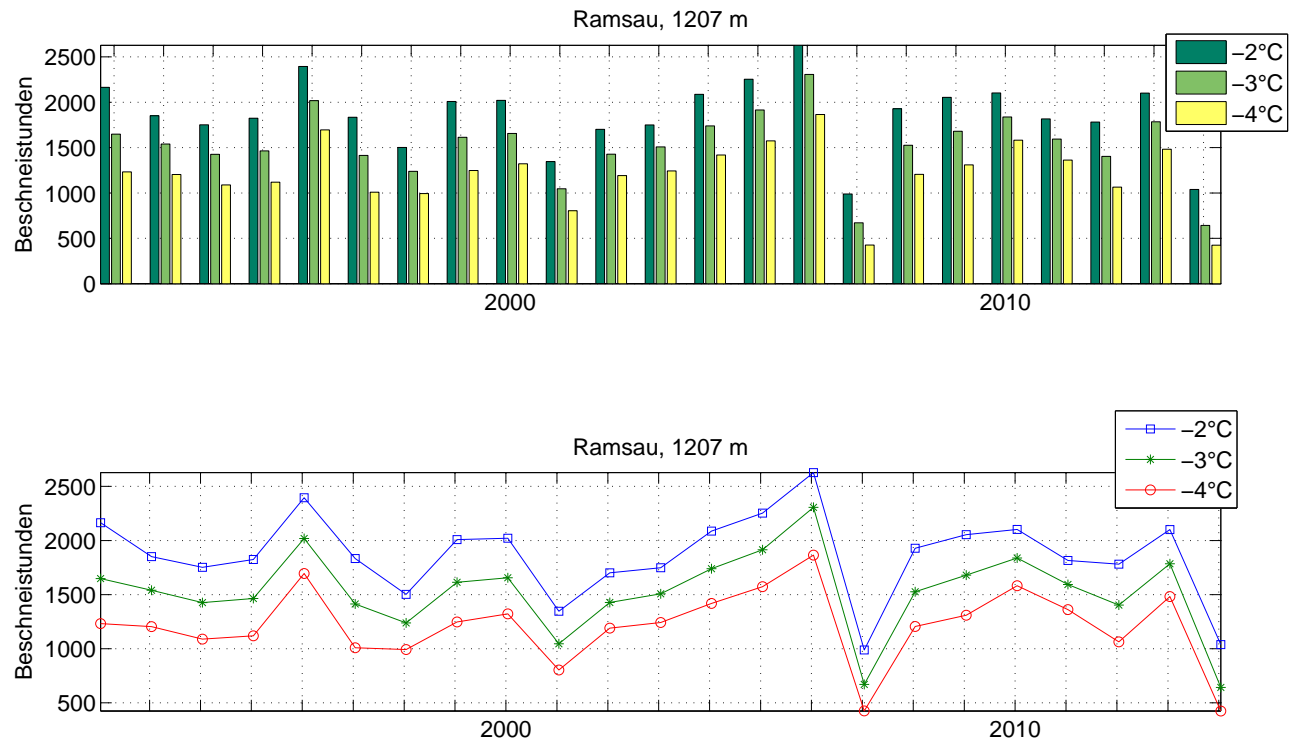
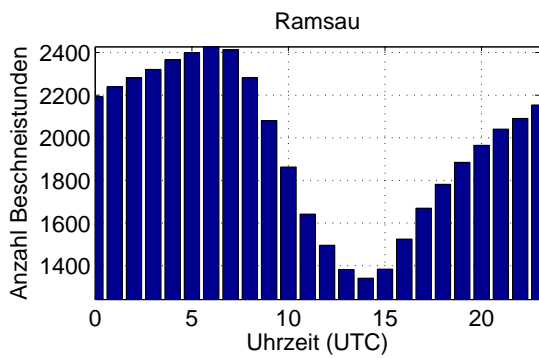


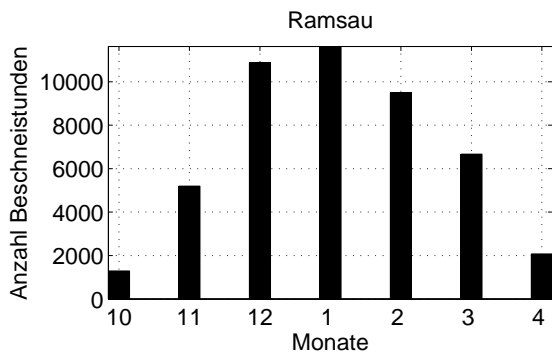
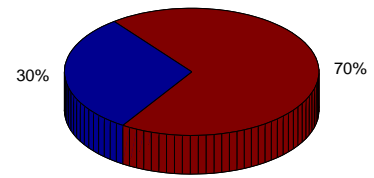
Abbildung 3.8: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 377 Stunden (16 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es im Mittel 1866 potentielle Beschneistunden (ca. 78 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 377 Stunden (ca. 16 Tage). Siehe Abb. 3.8.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden

(9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

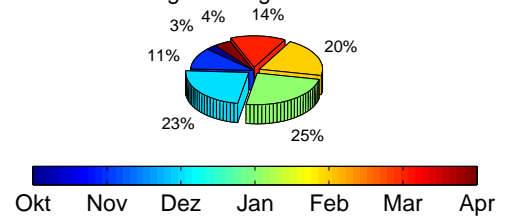


Abbildung 3.9: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

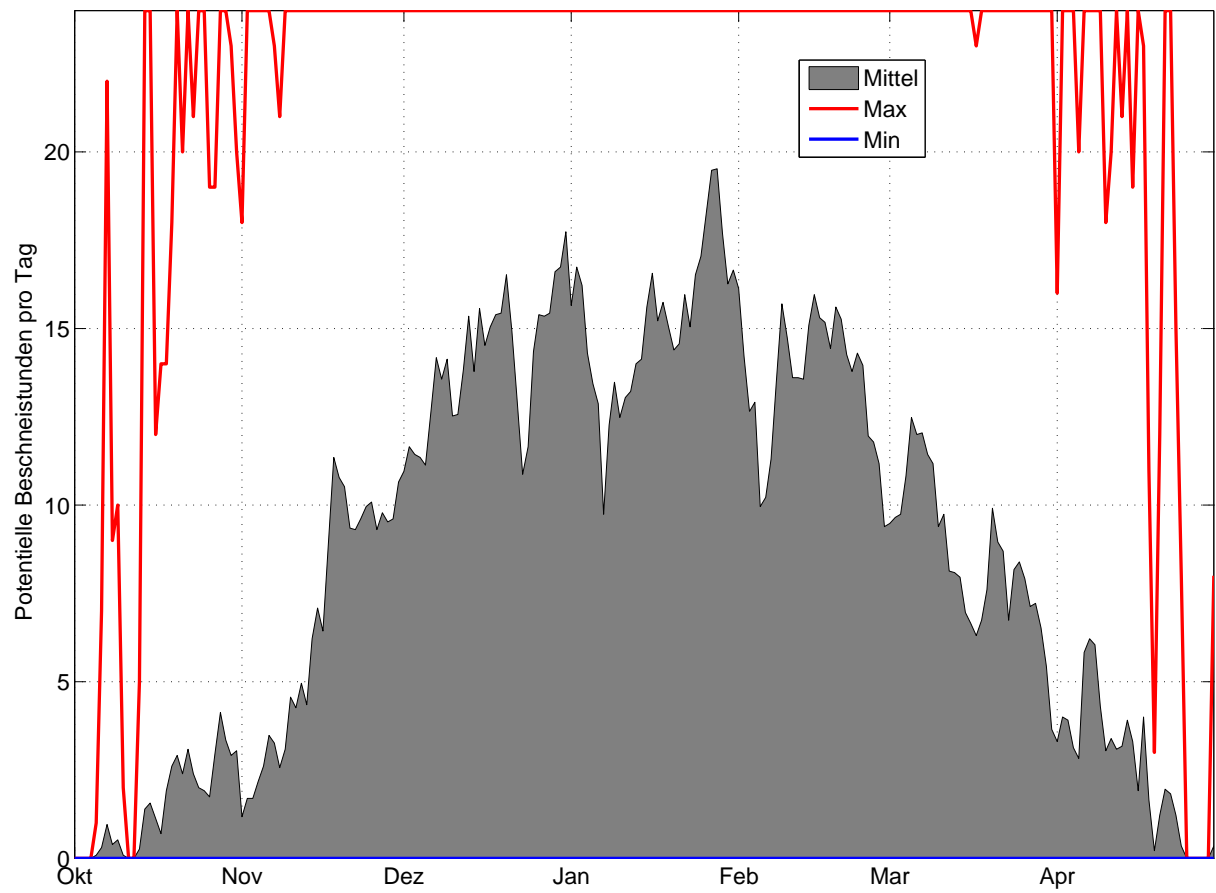


Abbildung 3.10: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1991-2014, Station Ramsau, 1207 m.

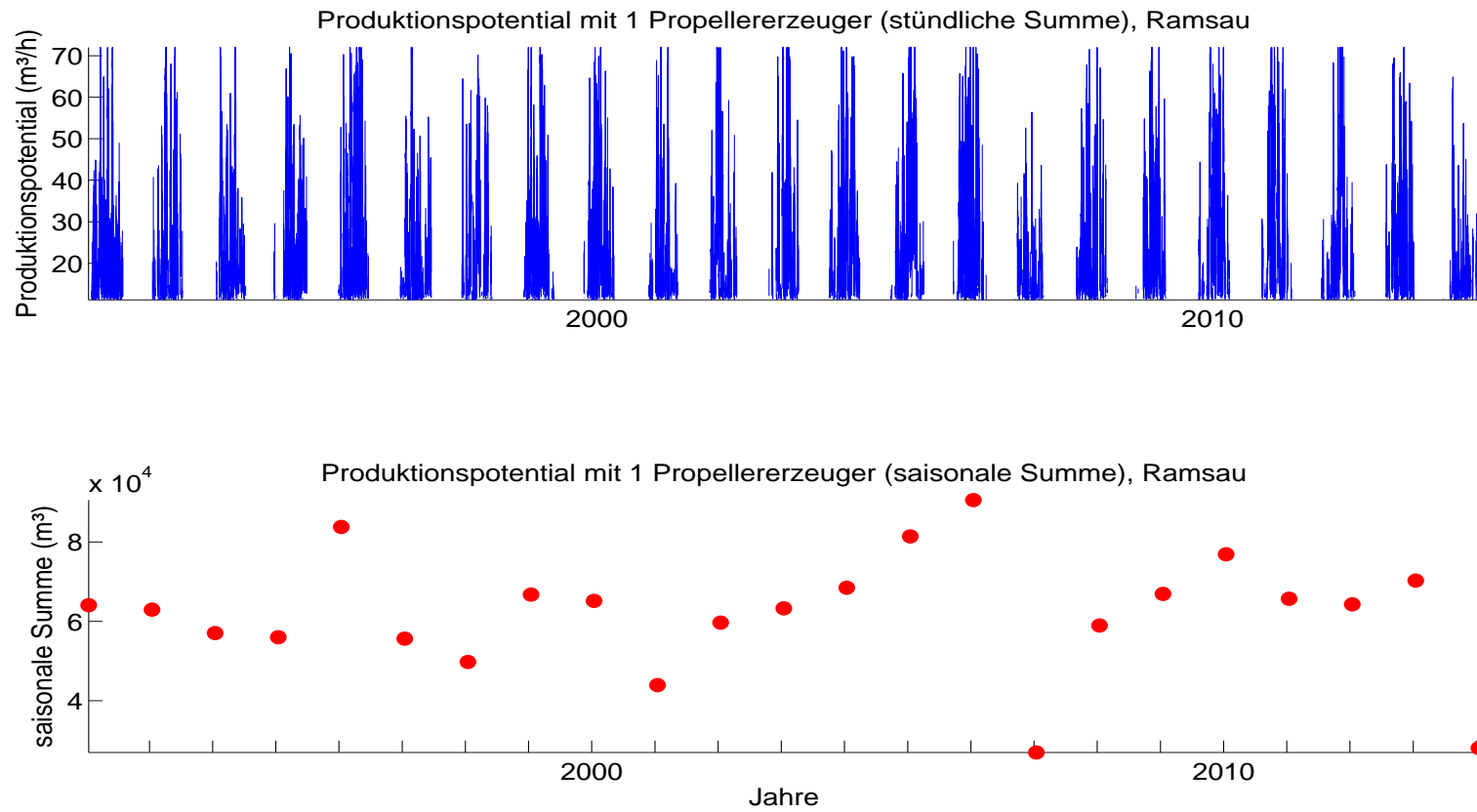


Abbildung 3.11: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

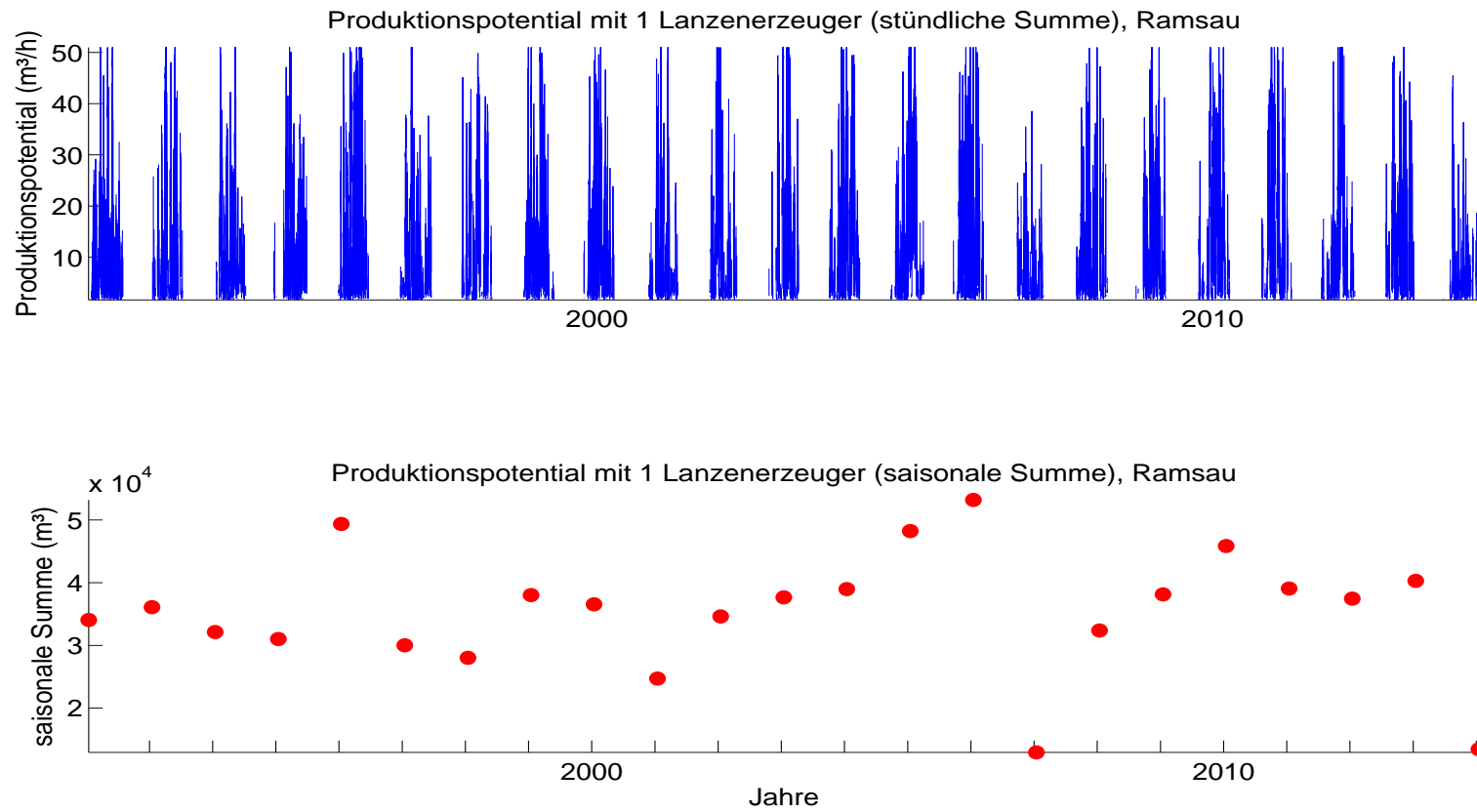


Abbildung 3.12: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 14080 m^3 (Propellengerät), bzw. 11485 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 67462 m^3 (Propellengerät), bzw. 57607 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 23 ha (Propellengerät), bzw. ca. 20 ha (Lanze) eine Grundbeschneieung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 3.11 und 3.12.

Über die Saison gesehen liegt der Tagesgang der Feuchttemperatur immer über dem Schwellwert für die Kunstschneproduktion.

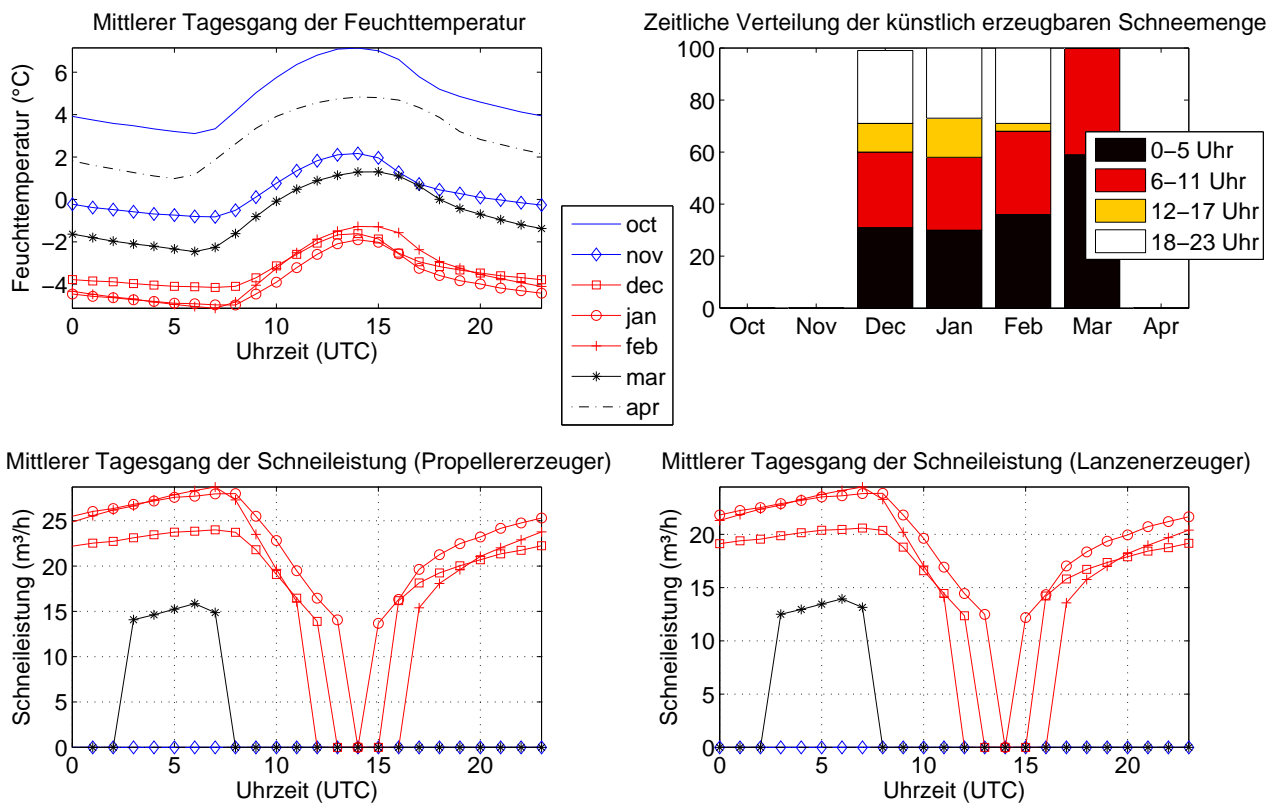


Abbildung 3.13: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1991-2014, Ramsau, 1207 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

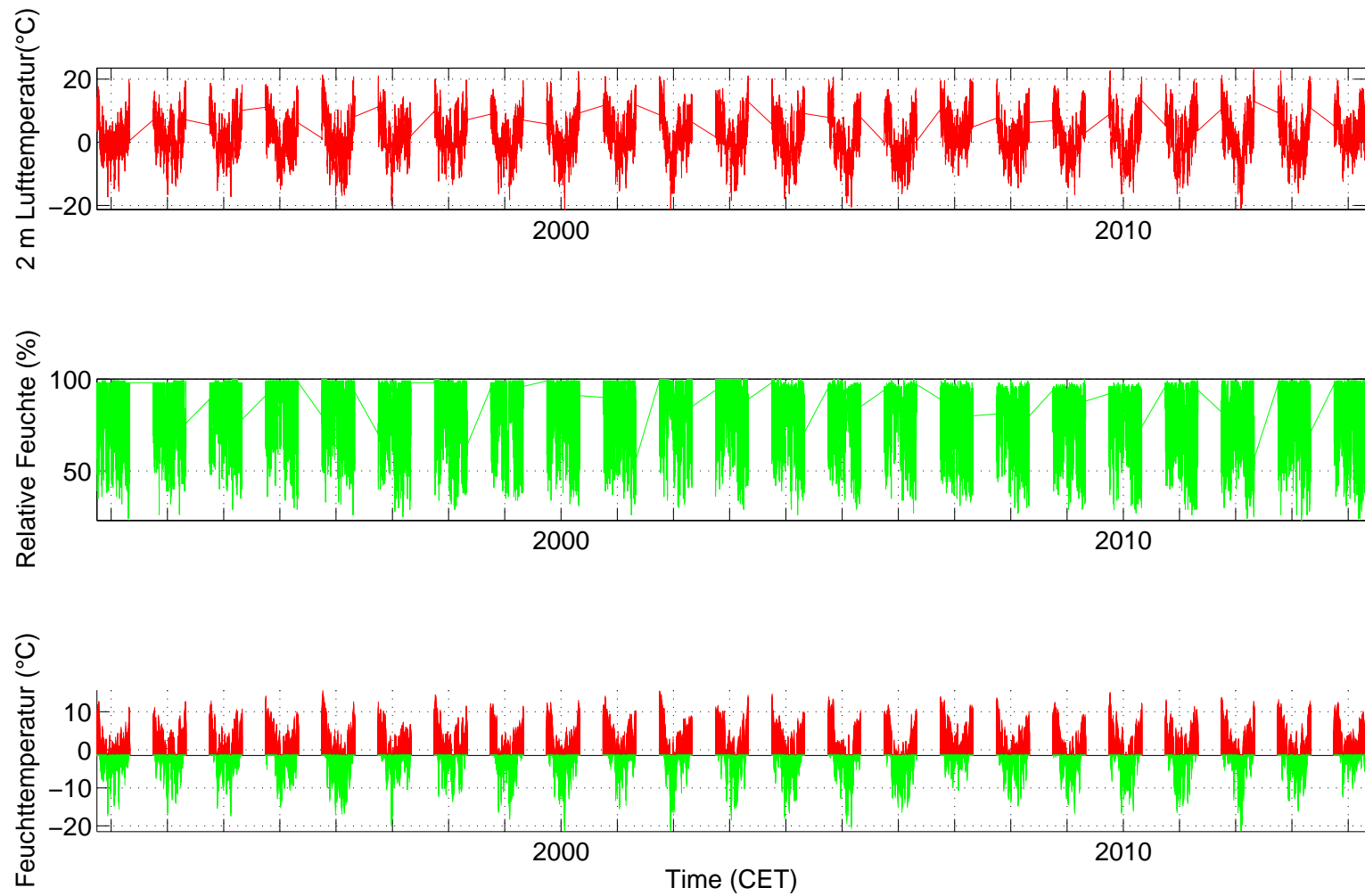


Abbildung 3.14: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Klimaparameter Ramsau									
	Klimaparameter (Saisonmittel, Ramsau)			Schneitage	Schneistunden mit versch. Grenztemp.				
	Lufttemp. (°C)	Rel. Feuchte (%)	Feuchttemp.(°C)		-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C	
Mittelwert	1,4	79,2	-0,1	71	2053	1866	1526	1211	
SD	0,8	2,4	0,7	18	370	377	371	338	
Saison									
1991/92	0,5	78,8	-0,9	79	2448	2165	1648	1232	
1992/93	1,1	79,1	-0,3	68	2050	1851	1540	1204	
1993/94	1,5	80,7	0,2	67	1937	1752	1426	1089	
1994/95	1,2	83,1	0,1	69	1973	1824	1464	1119	
1995/96	0,6	80,8	-0,7	96	2550	2395	2018	1695	
1996/97	1,3	77,6	-0,2	67	2064	1834	1414	1009	
1997/98	1,7	79,5	0,3	58	1692	1502	1239	993	
1998/99	0,7	81,7	-0,5	72	2206	2008	1614	1248	
1999/00	1,1	81,4	-0,2	83	2227	2021	1656	1322	
2000/01	2,2	81,1	0,8	46	1497	1346	1046	804	
2001/02	1,7	82,7	0,5	65	1887	1701	1427	1191	
2002/03	1,3	82,8	0,1	68	1875	1749	1508	1243	
2003/04	0,9	78,7	-0,6	81	2268	2087	1739	1419	
2004/05	0,8	77,3	-0,8	85	2439	2253	1914	1574	
2005/06	0,1	79,9	-1,1	107	2779	2628	2307	1865	
2006/07	4,1	74,5	2,1	28	1218	989	671	426	
2007/08	1,1	77,5	-0,4	79	2113	1929	1526	1205	
2008/09	1,3	77,5	-0,2	82	2213	2054	1680	1310	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

2009/10	0,9	76,3	-0,8	82	2266	2102	1838	1582
2010/11	1,7	75,2	-0,1	73	1952	1816	1594	1362
2011/12	1,4	76,4	-0,3	66	2008	1782	1403	1064
2012/13	1,0	80,9	-0,3	82	2288	2101	1785	1482
2013/14	3,2	78,7	1,6	29	1273	1038	642	425

Tabelle 3.2: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Ramsau)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	45	198	434	471	380	265	74
SD	52	123	109	133	147	125	67
Saison							
1991/92	141	239	613	456	354	264	98
1992/93	82	148	473	269	457	411	11
1993/94	11	380	402	338	365	88	168
1994/95	49	9	401	600	211	451	103
1995/96	2	281	466	481	565	459	141
1996/97	13	232	414	442	301	142	290
1997/98	111	144	283	400	194	340	30
1998/99	8	403	485	427	486	178	21
1999/00	37	356	474	595	296	222	41
2000/01	0	62	277	478	331	87	111
2001/02	0	304	593	464	111	181	49
2002/03	6	63	237	495	602	193	156
2003/04	173	66	392	625	395	407	29
2004/05	3	296	429	525	599	329	72
2005/06	10	337	618	678	478	426	81
2006/07	0	108	297	224	159	201	0
2007/08	101	357	519	278	305	326	43
2008/09	2	203	418	636	485	310	0
2009/10	109	30	442	710	417	338	56
2010/11	56	192	580	439	328	207	14
2011/12	40	107	393	528	543	97	74
2012/13	75	80	477	467	561	365	76
2013/14	0	164	288	281	187	76	42

Tabelle 3.3: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Propeller (m ³) (Ramsau)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	1621	6845	15494	17445	14656	8905	2496
Standardabweichung	1552	3988	4487	5001	6595	4452	1783
Saison							
1991/92	4381	7272	20287	15369	12612	7862	3394
1992/93	2901	4143	15996	13173	16750	14158	1235
1993/94	874	14539	12416	12443	15625	2720	4118
1994/95	1958	568	11762	23305	6417	13764	3034
1995/96	288	10269	16785	17975	21994	17004	3776
1996/97	720	7468	18492	12928	9508	4294	8405
1997/98	4351	5512	10453	15005	7765	11890	1716
1998/99	648	13934	16804	13634	20465	5542	1214
1999/00	1121	11955	17641	22031	9313	6839	1836
2000/01	110	2490	9938	17749	12197	3246	4032
2001/02	0	9024	25299	17719	4728	5679	1727
2002/03	419	2390	10383	19913	24382	6161	5308
2003/04	5248	2662	13640	23418	13622	13364	1273
2004/05	556	9328	13685	21317	25149	13689	2107
2005/06	452	11532	21687	24500	17134	15727	2610
2006/07	64	3872	9166	8500	5539	5837	217
2007/08	2619	11317	17446	10723	11136	10336	2248
2008/09	266	6749	14258	23403	17528	9172	18
2009/10	3751	1988	18356	26260	17085	12638	2040
2010/11	1973	6841	23498	18398	12094	6834	842
2011/12	1876	3527	11703	18700	28519	2880	2587
2012/13	2383	2761	17492	16412	21049	12352	2480
2013/14	323	7291	9179	8362	6476	2836	1189

Tabelle 3.4: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Lanze, (m ³) (Ramsau)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert 1473	5977	13145	14709	12329	7710	2263	
Standardabweichung	1357	3336	3583	4070	5175	3696	1535
Saison							
1991/92	3872	6516	17100	13145	10795	7002	3117
1992/93	2656	3695	13711	10823	14109	12082	1238
1993/94	837	12237	10783	10780	12932	2452	3691
1994/95	1821	618	10155	19542	5756	11874	2732
1995/96	277	8840	14130	15257	18098	14343	3333
1996/97	716	6445	14823	11242	8308	3897	7284
1997/98	3802	4953	9127	12841	6653	10257	1635
1998/99	663	11850	14362	11461	17095	4931	1179
1999/00	1025	10317	14990	18327	8137	6076	1684
2000/01	138	2347	8575	14867	10485	2939	3670
2001/02	1	7899	20851	14925	4284	4989	1623
2002/03	452	2176	8989	16425	20281	5461	4615
2003/04	4643	2457	11465	19521	11651	11425	1256
2004/05	545	8126	11824	17517	20711	11363	1933
2005/06	426	9819	18279	20500	14554	13366	2341
2006/07	72	3476	8041	7440	5079	5216	232
2007/08	2350	9806	14909	9354	9511	8981	2085
2008/09	277	5863	12304	19668	14765	8104	28
2009/10	3305	1932	15196	22154	14519	10658	1908
2010/11	1837	5936	19521	15396	10377	5958	799
2011/12	1763	3233	10206	15718	21921	2626	2338
2012/13	2076	2548	14873	14053	17698	10664	2238
2013/14	332	6395	8129	7352	5855	2668	1082

Tabelle 3.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

3.7.4 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

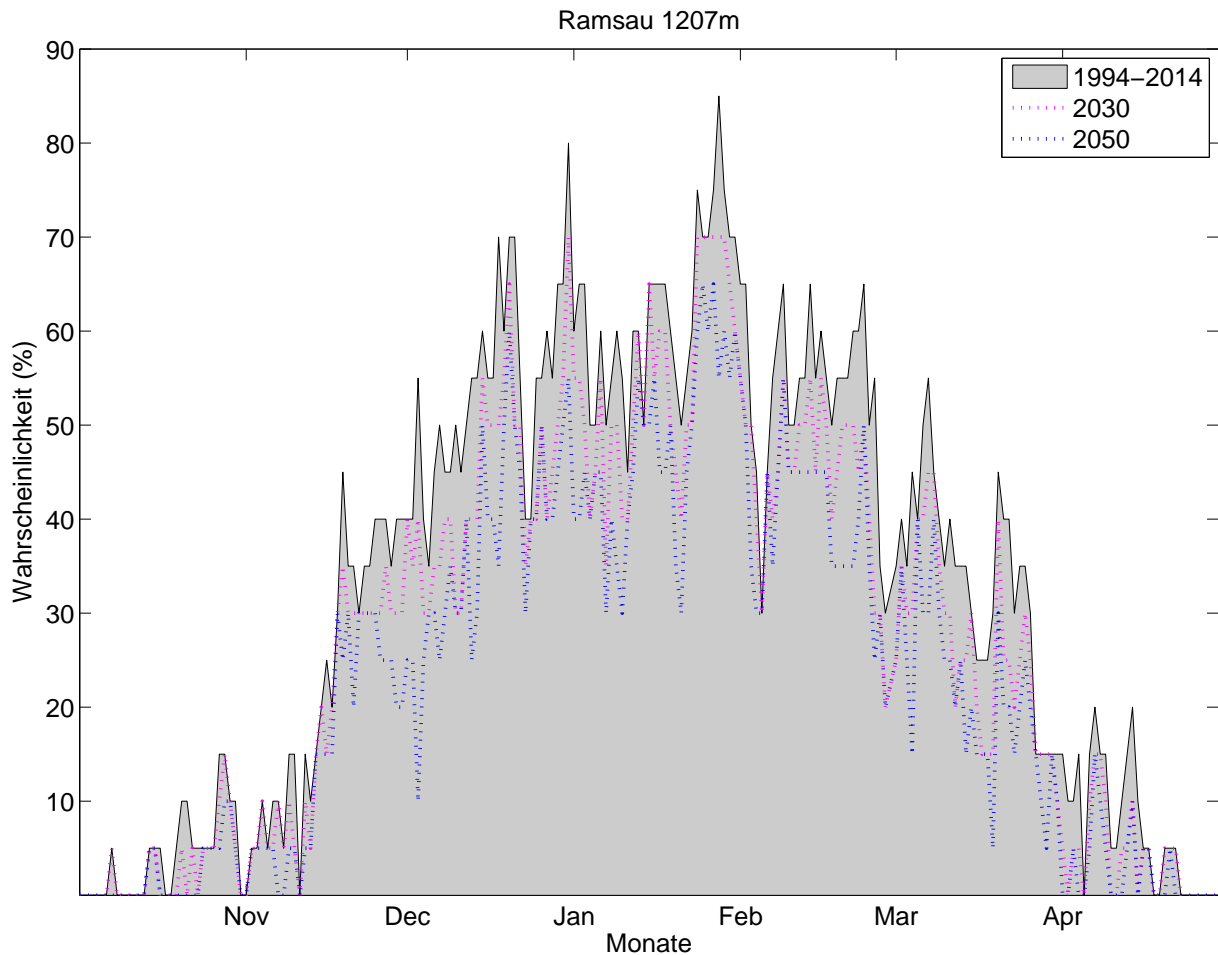


Abbildung 3.15: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Ramsau a. D., für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

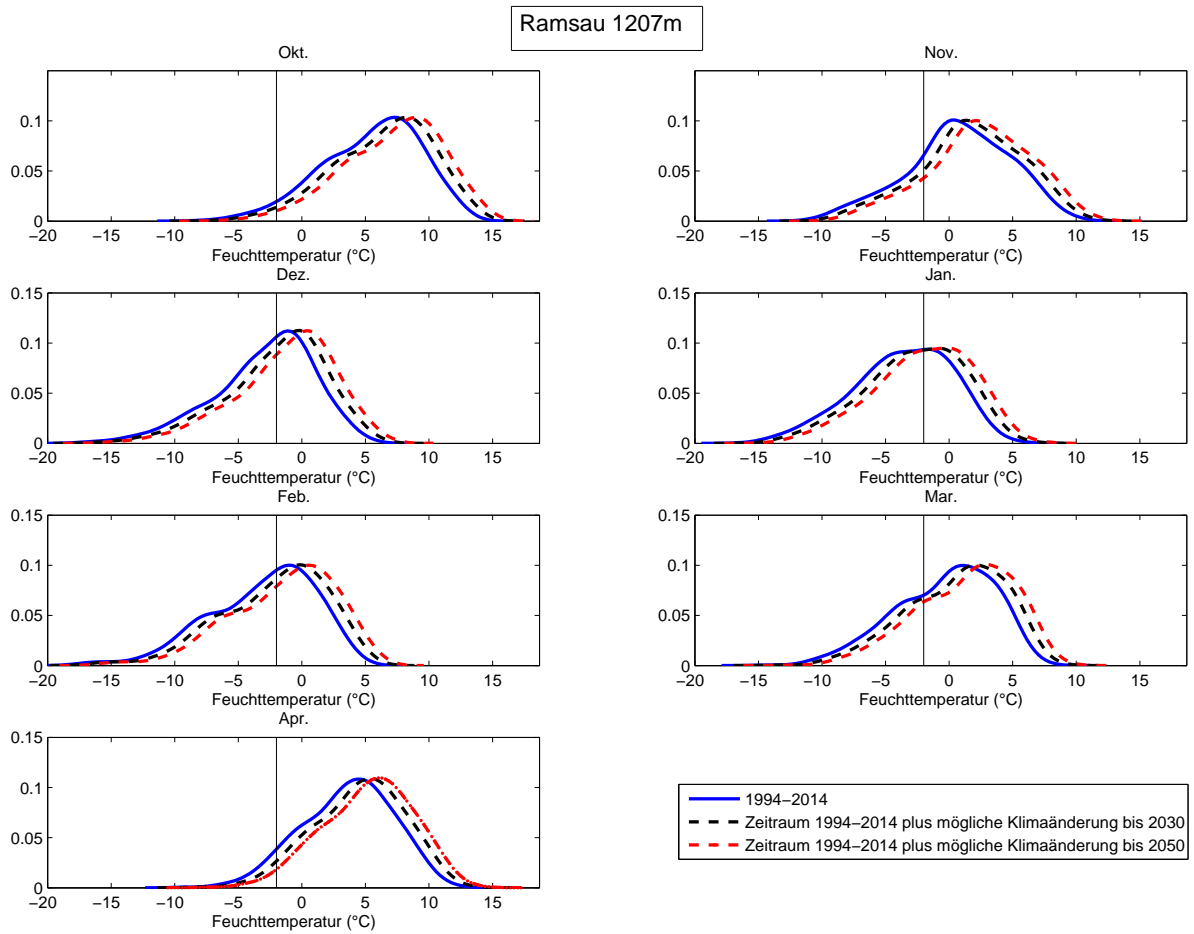


Abbildung 3.16: Häufigkeitsverteilung der Feuchtttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchtttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchtttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchtttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchtttemperatur unter -2°C pro Monat, Ramsau.								
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	
Periode								
1994-2014	1,2	6,7	16,9	19,2	15,0	10,3	2,1	
mit Klimaänderung bis 2030	0,8	5,5	13,6	17,0	12,6	8,1	1,1	
mit Klimaänderung bis 2050	0,6	4,5	11,5	14,7	11,2	6,6	0,7	
Abnahme bis 2050 in Tagen	0,7	2,2	5,4	4,5	3,8	3,8	1,4	
Abnahme bis 2050 in %	54	33	32	23	25	36	66	

Tabelle 3.6: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1994-2014 und mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

3.8 Obertauern (1722 m)

3.8.1 Langzeitanalyse - Trends und Klima

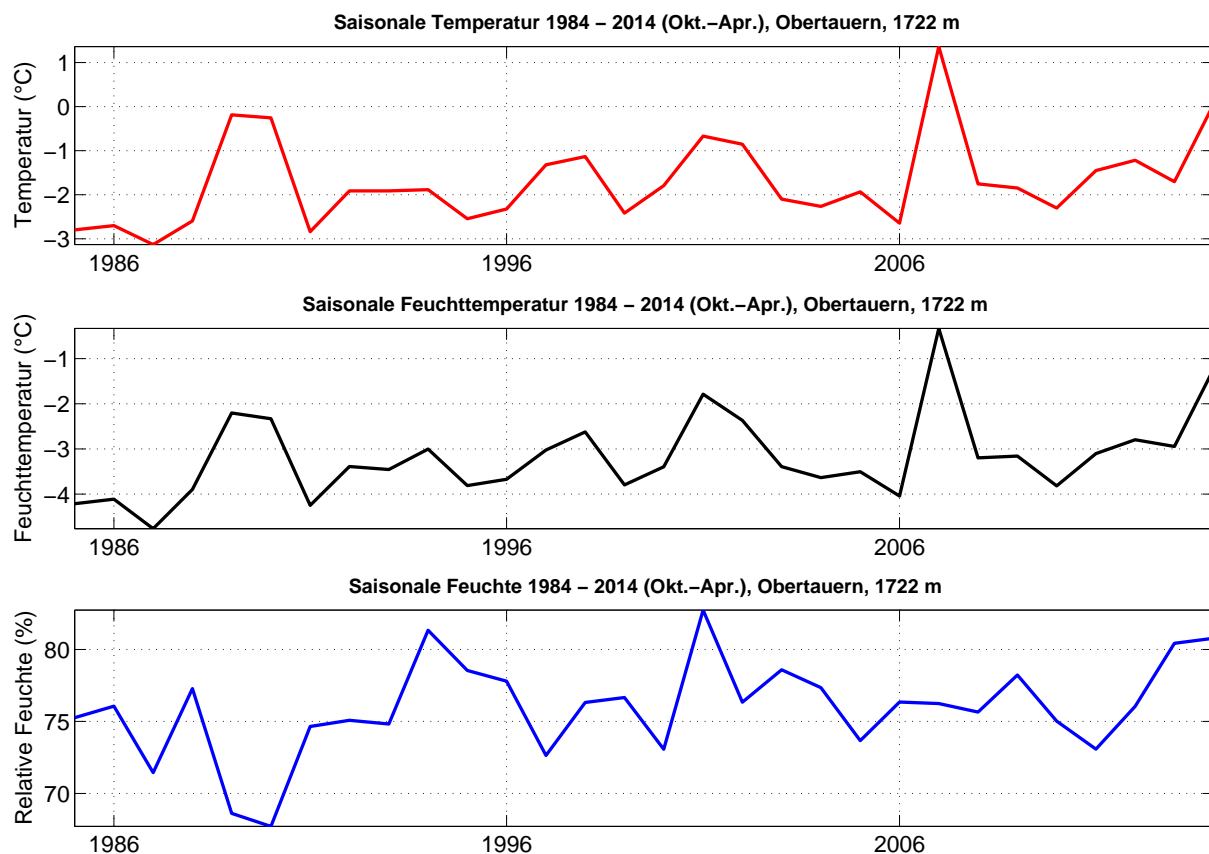


Abbildung 3.1: Saisonale Lufttemperatur, relative Feuchte und Feuchttemperatur, Obertauern, Okt.-Apr. 1984-2014.

Die Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Tagesmittel der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$) beträgt im Mittel 115 Tage und unterliegt einer natürlichen, intersaisonalen Schwankung von etwa 15 Tagen.

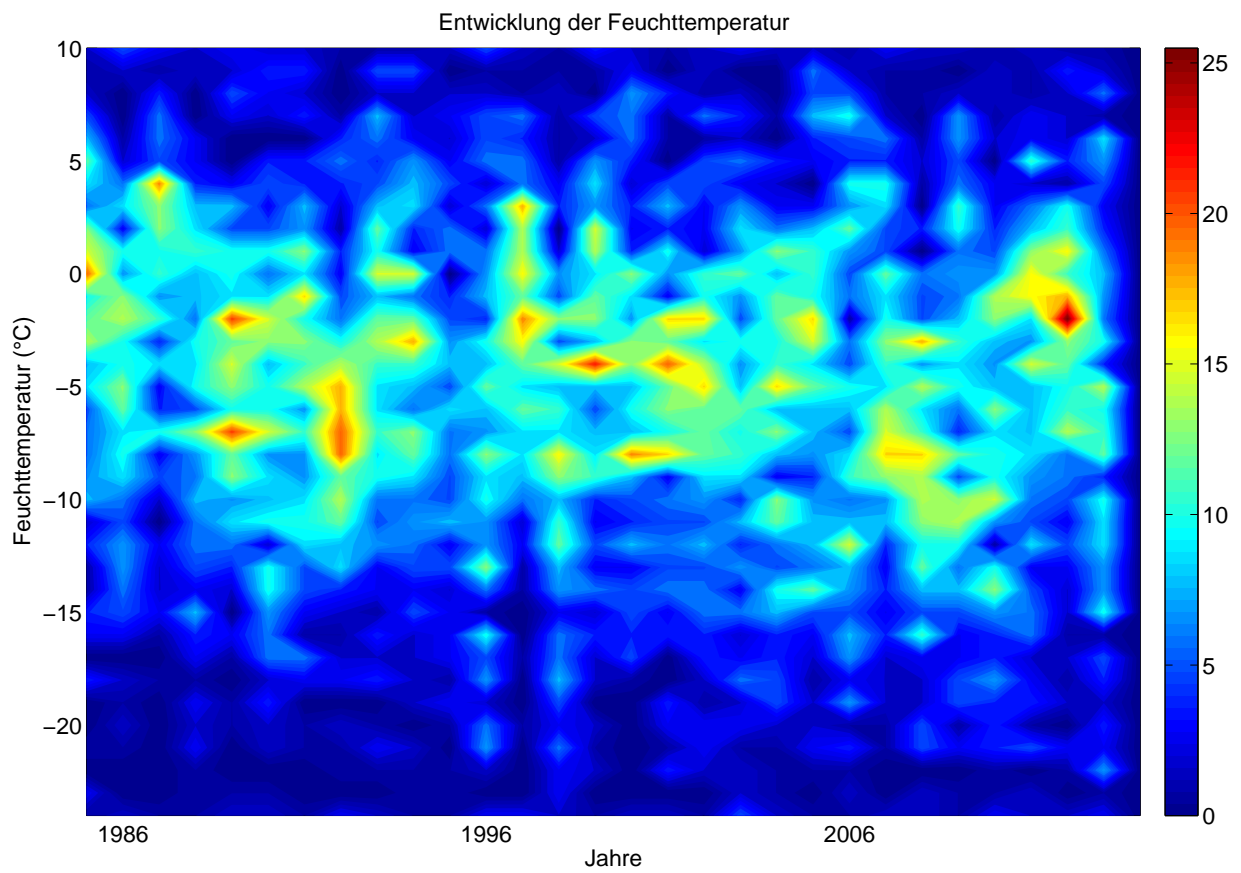


Abbildung 3.2: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1984-2014, Obertauern.

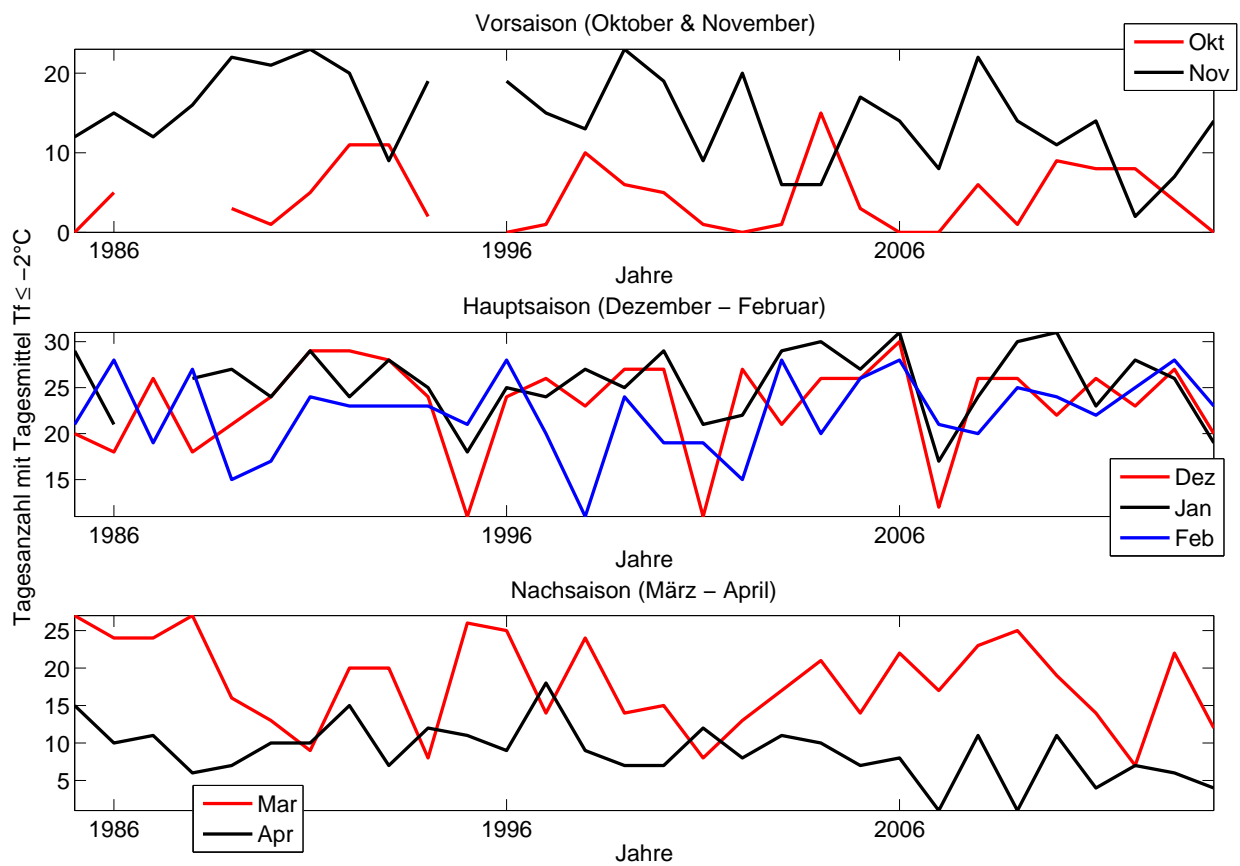


Abbildung 3.3: Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$, aufgeteilt in Monate.

Im Januar gibt es im Durchschnitt am meisten Schneitage (25) im Oktober (4) und April (9) am wenigsten. Die intersaisonale Variabilität liegt zwischen 4 und 6 Tagen pro Monat. Siehe Abb. 3.3.

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1984 – 2014) ,Obertauern 1722 m

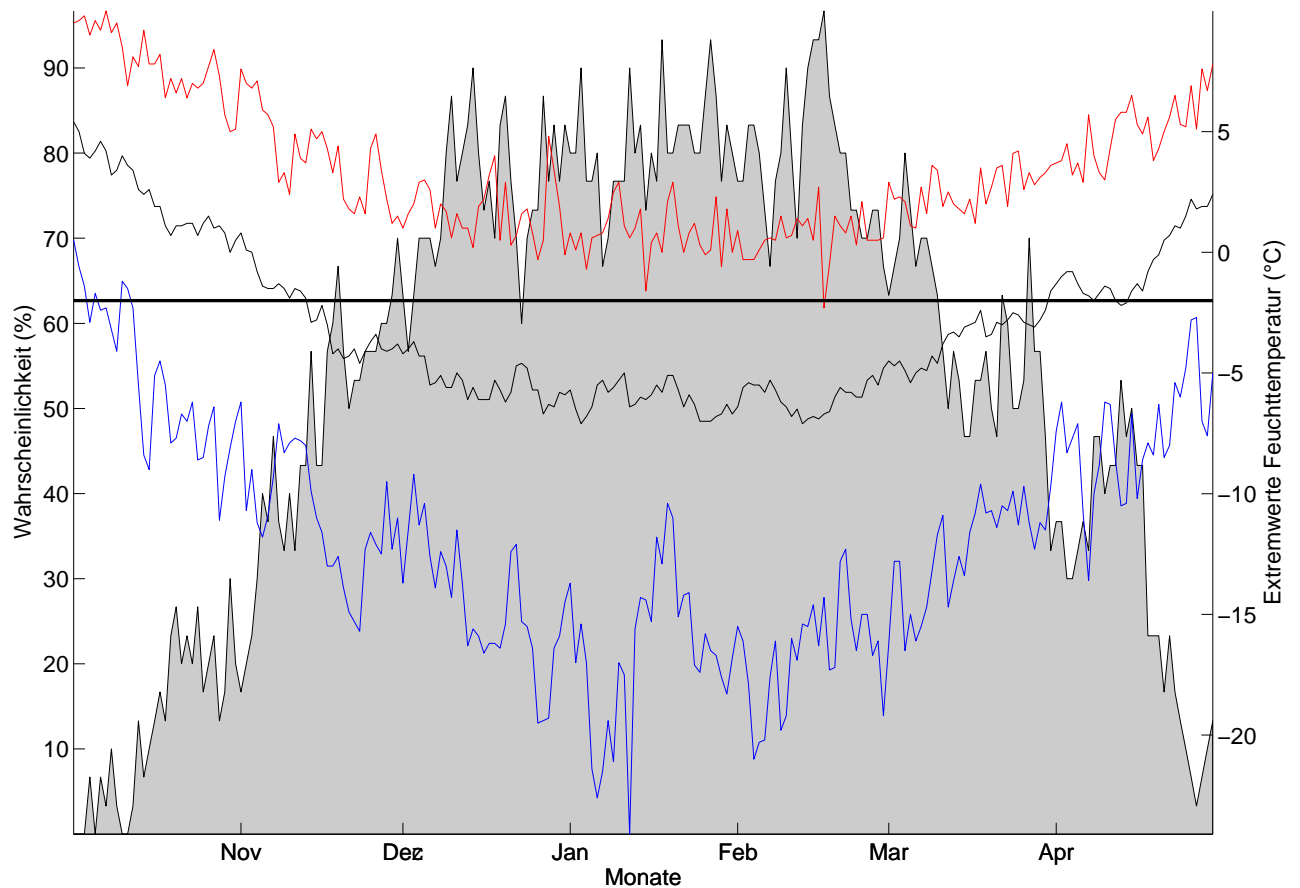


Abbildung 3.4: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Obertauern, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1984-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Beschneitage Ramsau pro Saison und Monat

Mittelwert	4	15	23	25	22	18	9
SD	4	15	23	25	22	18	9
Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
1984/85	0	12	20	29	21	27	15
1985/86	5	15	18	21	28	24	10
1986/87	NaN	12	26	NaN	19	24	11
1987/88	NaN	16	18	26	27	27	6
1988/89	3	22	21	27	15	16	7
1989/90	1	21	24	24	17	13	10
1990/91	5	23	29	29	24	9	10
1991/92	11	20	29	24	23	20	15
1992/93	11	9	28	28	23	20	7
1993/94	2	19	24	25	23	8	12
1994/95	NaN	NaN	11	18	21	26	11
1995/96	0	19	24	25	28	25	9
1996/97	1	15	26	24	20	14	18
1997/98	10	13	23	27	11	24	9
1998/99	6	23	27	25	24	14	7
1999/00	5	19	27	29	19	15	7
2000/01	1	9	11	21	19	8	12
2001/02	0	20	27	22	15	13	8
2002/03	1	6	21	29	28	17	11
2003/04	15	6	26	30	20	21	10
2004/05	3	17	26	27	26	14	7
2005/06	0	14	30	31	28	22	8
2006/07	0	8	12	17	21	17	1
2007/08	6	22	26	24	20	23	11
2008/09	1	14	26	30	25	25	1
2009/10	9	11	22	31	24	19	11
2010/11	8	14	26	23	22	14	4
2011/12	8	2	23	28	25	7	7
2012/13	4	7	27	26	28	22	6
2013/14	0	14	20	19	23	12	4

Tabelle 3.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen
(Monatsweise) für die Periode 1984 - 2014, Obertauern.

3.8.2 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

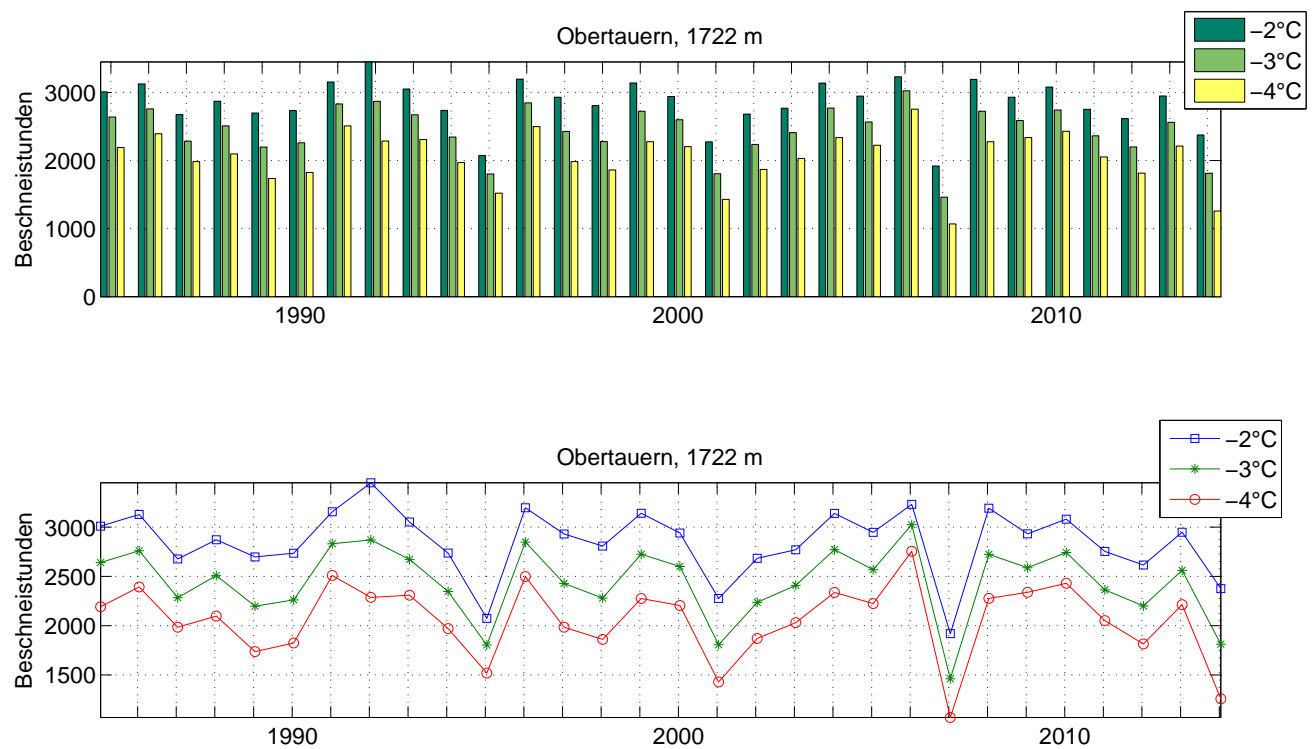
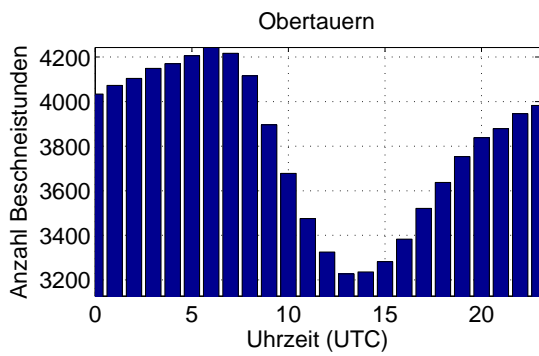
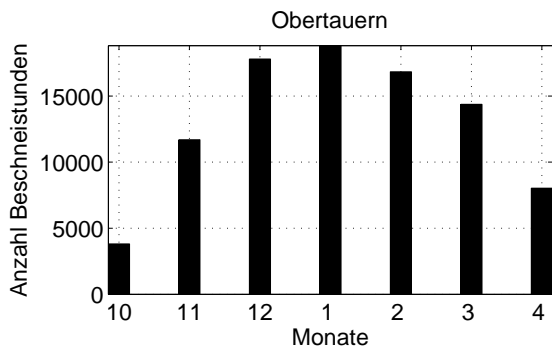
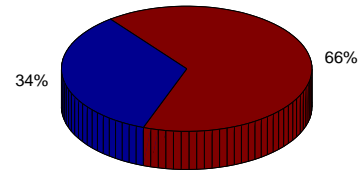


Abbildung 3.5: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 339 Stunden (14 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es im Mittel 2849 potentielle Beschneistunden (ca. 119 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 339 Stunden (ca. 14 Tage). Siehe Abb. 3.5.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

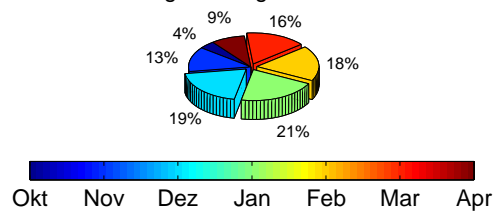


Abbildung 3.6: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

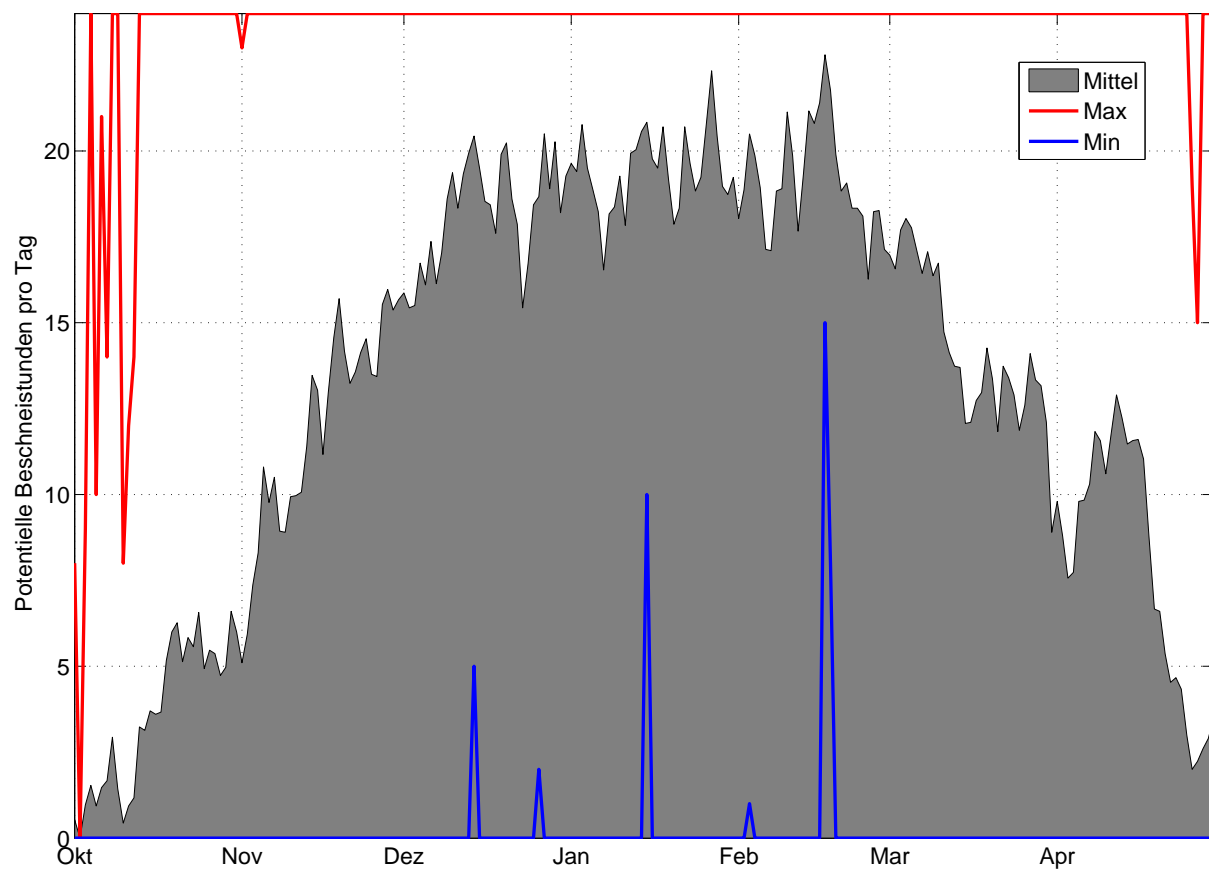


Abbildung 3.7: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1984-2014, Station Ramsau, 1722 m.

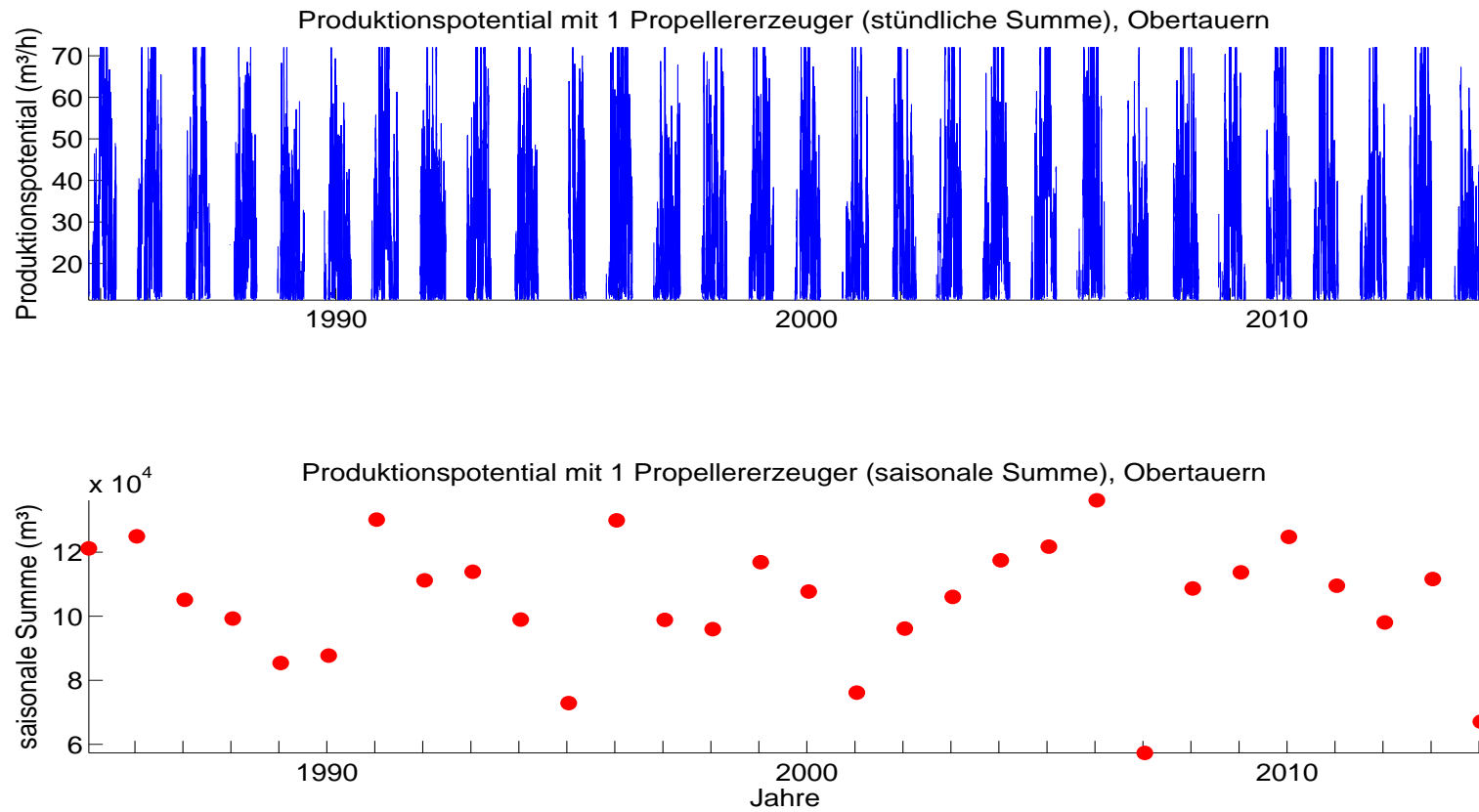


Abbildung 3.8: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

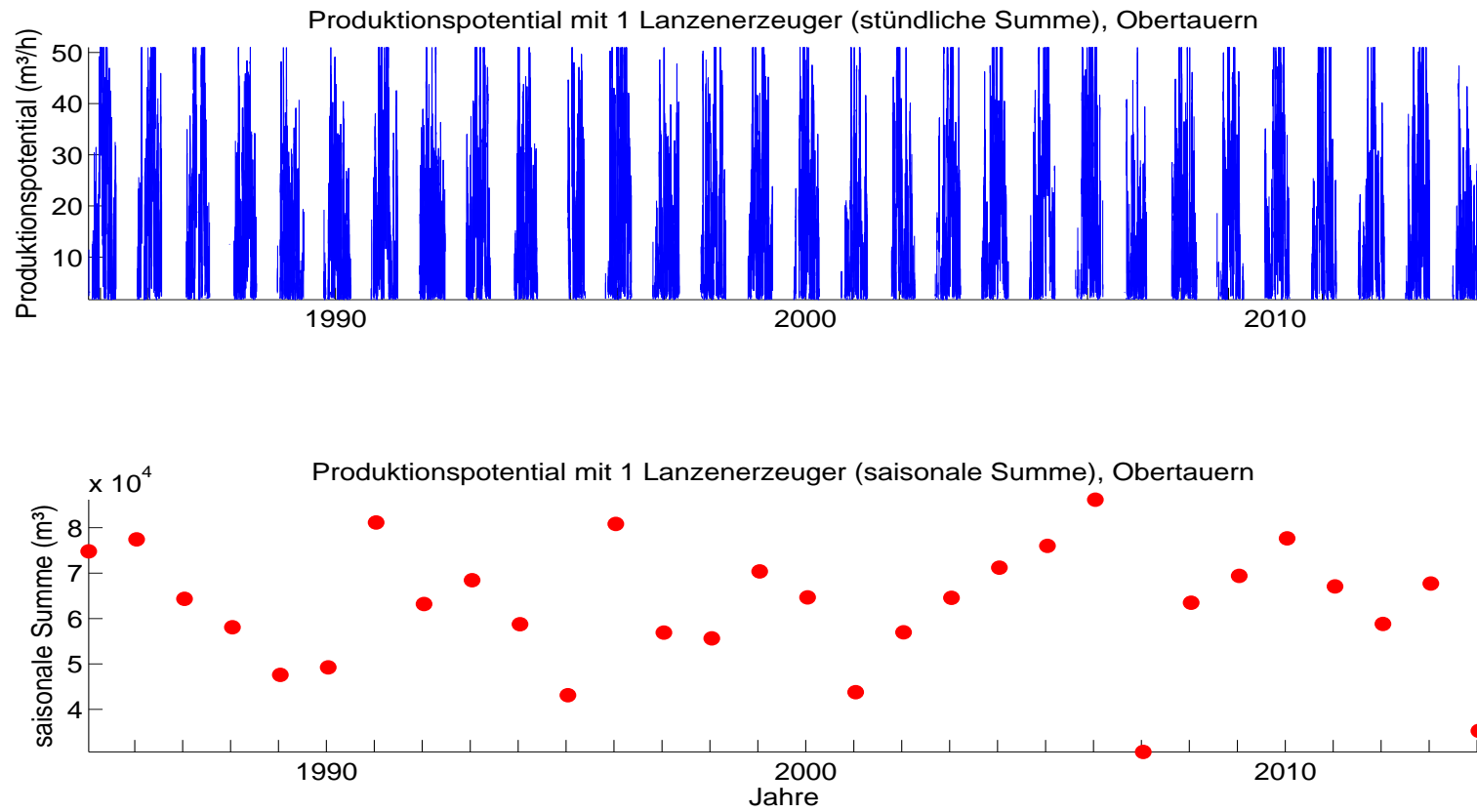
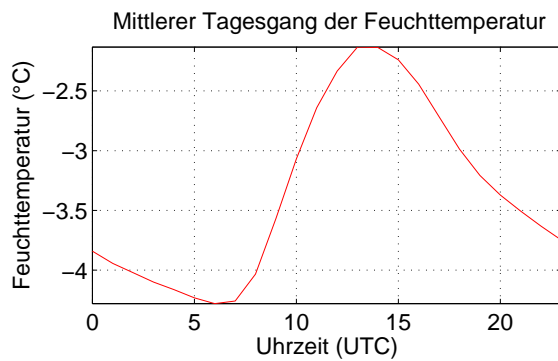
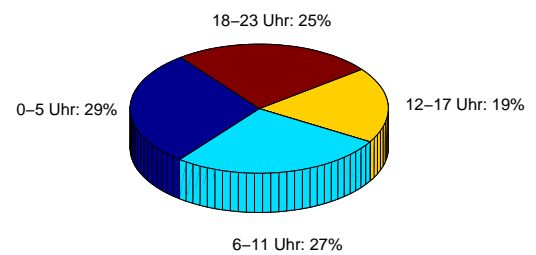


Abbildung 3.9: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

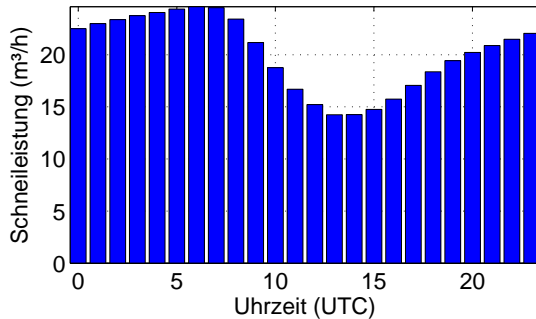
Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 18473 m^3 (Propellergerät), bzw. 14491 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 109627 m^3 (Propellergerät), bzw. 91658 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 38 ha (Propellergerät), bzw. ca. 31 ha (Lanze) eine Grundbeschneieung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 3.8 und 3.9.



Zeitliche Verteilung der künstlich erzeugbaren Schneemenge



Mittlerer Tagesgang der Schneileistung (Propellererzeuger)



Mittlerer Tagesgang der Schneileistung (Lanzenerzeuger)

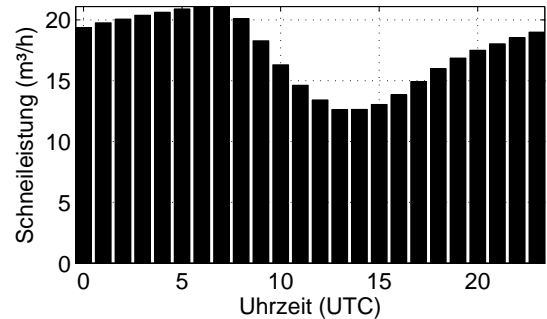


Abbildung 3.10: Mittlerer Tagesgang der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1984-2014, Obertauern, 1722 m.

Die künstlich erzeugbare Schneemenge ist in den Nacht- und Morgenstunden am höchsten und zwischen 12 und 17 Uhr (19%) am geringsten. An einem durchschnittlichen Tag können mit einem Propellererzeuger $20 \text{ m}^3/\text{h}$, mit einem Lanzenerzeuger $17 \text{ m}^3/\text{h}$ produziert werden. Siehe Abb. 3.10.

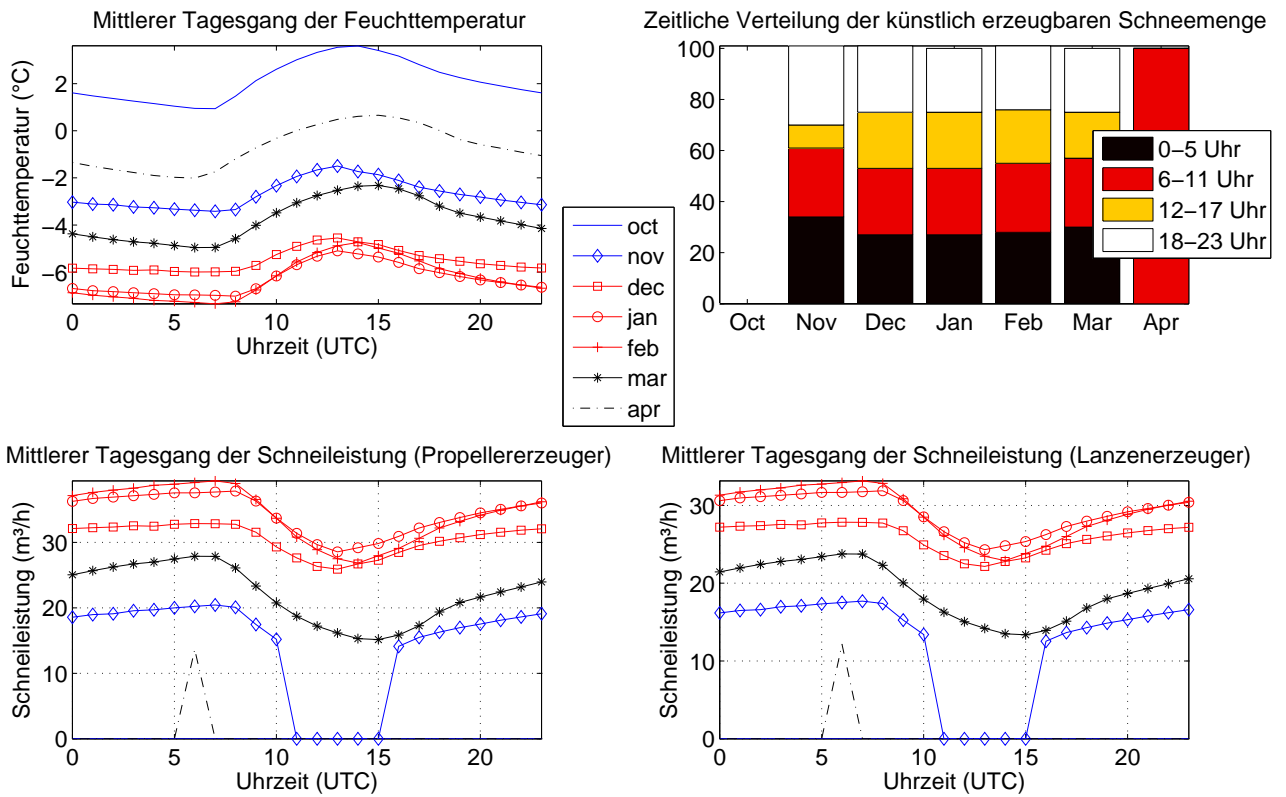


Abbildung 3.11: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1984-2014, Obertauern, 1722 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

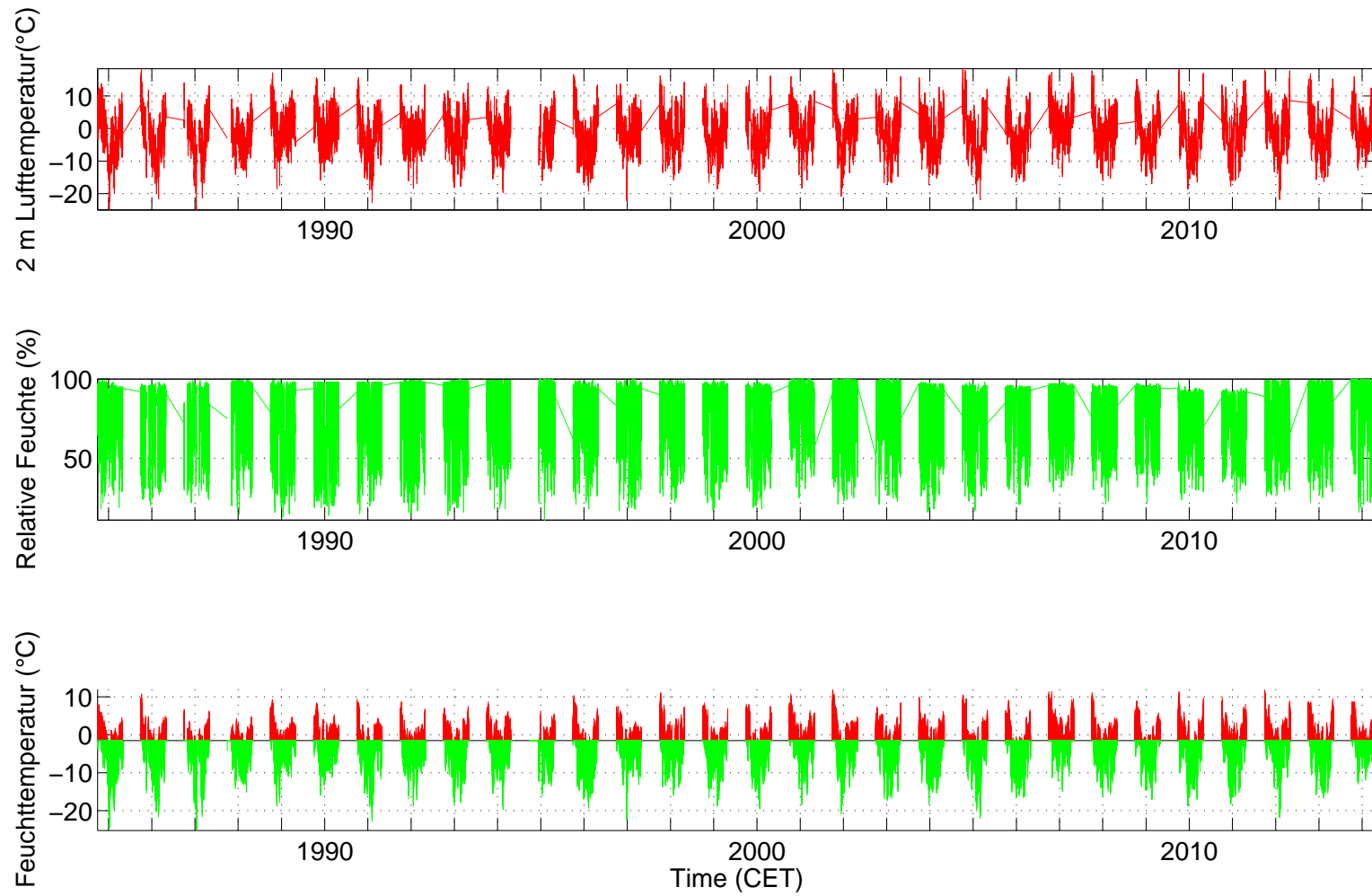


Abbildung 3.12: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Klimaparameter Obertauern									
	Klimaparameter (Saisonmittel, Obertauern)			Schneitage	Schneistunden mit versch. Grenztemp.				
	Lufttemp. (°C)	Rel. Feuchte (%)	Feuchttemp.(°C)		-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C	
Mittelwert	-1,7	75,9	-3,2	115	3046	2849	2444	2058	
SD	1,0	3,3	0,9	15	334	339	361	375	
Saison									
1984/85	-2,8	75,3	-4,2	124	3215	3009	2640	2192	
1985/86	-2,7	76,1	-4,1	121	3277	3127	2760	2393	
1986/87	-3,1	71,5	-4,8	104	2863	2677	2284	1984	
1987/88	-2,6	77,3	-3,9	120	3072	2872	2508	2097	
1988/89	-0,2	68,6	-2,2	111	2957	2698	2198	1737	
1989/90	-0,3	67,7	-2,3	110	2996	2735	2261	1825	
1990/91	-2,8	74,7	-4,2	129	3348	3155	2831	2509	
1991/92	-1,9	75,1	-3,4	142	3690	3450	2870	2286	
1992/93	-1,9	74,8	-3,5	126	3277	3051	2672	2309	
1993/94	-1,9	81,3	-3,0	113	2947	2736	2346	1970	
1994/95	-2,5	78,5	-3,8	87	2191	2074	1803	1520	
1995/96	-2,3	77,8	-3,7	130	3368	3196	2848	2498	
1996/97	-1,3	72,6	-3,0	118	3180	2930	2429	1984	
1997/98	-1,1	76,3	-2,6	117	3040	2808	2279	1861	
1998/99	-2,4	76,7	-3,8	126	3344	3140	2725	2276	
1999/00	-1,8	73,1	-3,4	121	3116	2940	2600	2205	
2000/01	-0,7	82,7	-1,8	81	2458	2275	1806	1429	
2001/02	-0,9	76,3	-2,4	105	2881	2683	2237	1870	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

2002/03	-2,1	78,6	-3,4	113	2943	2770	2409	2031
2003/04	-2,3	77,4	-3,6	128	3298	3139	2771	2337
2004/05	-1,9	73,7	-3,5	120	3117	2947	2568	2224
2005/06	-2,6	76,3	-4,0	133	3340	3231	3025	2755
2006/07	1,4	76,2	-0,3	76	2166	1919	1461	1069
2007/08	-1,8	75,6	-3,2	132	3376	3192	2724	2277
2008/09	-1,8	78,2	-3,2	122	3131	2931	2588	2338
2009/10	-2,3	75,0	-3,8	127	3228	3080	2742	2430
2010/11	-1,5	73,1	-3,1	111	2980	2753	2363	2052
2011/12	-1,2	76,1	-2,8	100	2832	2615	2201	1815
2012/13	-1,7	80,4	-2,9	120	3126	2948	2561	2213
2013/14	0,1	80,8	-1,2	92	2614	2376	1812	1257

Tabelle 3.2: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Obertauern)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	110	357	563	602	537	442	238
SD	100	135	111	95	97	132	87
Saison							
1984/85	19	333	515	684	500	603	355
1985/86	159	371	420	646	670	577	284
1986/87	11	369	641	323	437	610	286
1987/88	1	388	448	591	644	624	176
1988/89	71	545	532	633	398	321	198
1989/90	65	478	567	600	388	325	312
1990/91	155	527	687	684	583	225	294
1991/92	284	471	677	607	550	521	340
1992/93	248	246	664	625	564	499	205
1993/94	87	450	573	543	569	200	314
1994/95	0	0	282	440	474	629	252
1995/96	26	452	613	639	660	579	227
1996/97	83	354	607	604	523	356	404
1997/98	255	350	514	607	277	545	260
1998/99	152	596	638	611	550	388	205
1999/00	134	458	658	672	480	348	190
2000/01	25	267	312	525	506	263	377
2001/02	0	496	660	564	389	343	231
2002/03	37	178	488	668	663	446	290
2003/04	361	249	555	716	496	513	249
2004/05	80	413	600	649	634	358	213
2005/06	35	356	723	727	649	537	204
2006/07	0	201	360	428	489	404	37
2007/08	163	529	651	542	479	544	284
2008/09	56	318	658	705	602	559	33
2009/10	218	242	545	743	607	480	245
2010/11	231	340	623	549	515	366	129
2011/12	211	174	539	654	598	206	233
2012/13	114	178	632	615	659	564	186
2013/14	17	380	515	470	544	341	116

Tabelle 3.3: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C).

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Propeller (m³) (Obertauern)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	3660	13194	22031	24189	22494	16859	7762
SD	2999	4886	6090	5661	7404	6343	3019
Saison							
1984/85	1070	9464	20236	36953	26365	21208	10462
1985/86	4706	14553	15023	29521	37363	17977	9726
1986/87	504	11292	23812	17359	16009	31757	8550
1987/88	24	11906	17304	18542	26264	23702	6355
1988/89	2333	20760	20294	18730	13078	10278	6445
1989/90	2613	17935	19652	20459	12977	10838	9384
1990/91	4519	17159	33750	29348	30669	8405	11569
1991/92	8544	14521	27022	20434	19962	15743	9729
1992/93	7463	9138,2	26376	24775	22763	22202	5862
1993/94	2583	20428	20538	19896	23221	7060	10045
1994/95	NaN	NaN	9671	18936	13591	24981	7866
1995/96	802	17400	24332	24651	30629	26813	9008
1996/97	3162	13612	23433	19403	16792	11815	16583
1997/98	8645	10737	18530	22762	12306	21475	6920
1998/99	3771	22833	24936	21068	28787	13870	6281
1999/00	4050	17278	26793	28555	17220	11980	5931
2000/01	1026	7837	10762	22224	20596	8355	11548
2001/02	51	15731	32041	21918	12086	12275	7575
2002/03	1517	5530	17057	27870	32664	14032	11434
2003/04	11385	6737	20931	32482	22142	21859	6672
2004/05	2189	15296	19959	28610	34464	19285	7048
2005/06	1095	17553	31158	32236	25775	24154	6913
2006/07	339	7626	11859	14812	13207	13382	1448
2007/08	6340	19391	24054	18129	17010	20263	8810
2008/09	1794	12811	24101	29939	27581	19730	1631
2009/10	7971	6743	25485	33726	26398	21009	7276
2010/11	6980	12623	32029	26562	18389	14013	3968
2011/12	5230	5556	19133	26148	32857	7613	8092
2012/13	4295	6651	25825	23947	28821	20346	5935

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Propeller – Fortsetzung

2013/14	1172	13515	14819	15659	14831	9358	3803
----------------	------	-------	-------	-------	-------	------	------

Tabelle 3.4: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Lanze (m³) (Obertauern)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	3226	11240	18295	19944	18423	14219	6794
SD	2557	3934	4738	4352	5534	5016	2545
Saison							
1984/85	1051	8279	16899	28385	20740	18039	9049
1985/86	4192	12092	12904	24174	29144	15319	8382
1986/87	486	9851	19551	13540	13421	25394	7483
1987/88	21	10364	14742	15870	22054	19922	5700
1988/89	2073	17134	16929	16031	11305	9003	5806
1989/90	2414	15100	16634	17412	11206	9391	8320
1990/91	3998	14643	27572	24224	23637	7403	10062
1991/92	7337	12551	22587	17190	16427	13574	8502
1992/93	6518	8019,2	21794	20206	18528	18433	5213
1993/94	2340	16803	17467	16963	18850	6243	8641
1994/95	NaN	Nan	8235,4	15637	11747	21010	6836
1995/96	753	14669	20112	20506	24679	21877	7799
1996/97	2933	11564	18722	16572	14368	10277	14174
1997/98	7300	9323	15811	19139	10525	18050	6090
1998/99	3359	18837	20871	17418	22983	12000	5620
1999/00	3580	14470	22231	23444	14662	10311	5255
2000/01	975	6975	9306	18169	17107	7389	9971
2001/02	65	13477	25767	18245	10460	10599	6738
2002/03	1398	4827	14313	22632	26395	12086	9621
2003/04	9795	6009	17403	26561	18527	18237	5899
2004/05	1962	13073	16903	22749	27733	15580	6282
2005/06	1021	14624	25577	26291	21303	19751	6075
2006/07	369	6630	10315	12375	11438	11565	1356
2007/08	5512	16452	20134	15210	14397	17141	7773
2008/09	1637	10928	20119	24887	22327	16825	1604
2009/10	6874	6021	20372	27598	21766	17128	6396
2010/11	6143	10731	25237	21633	15398	12036	3514
2011/12	4587	5047	16318	21687	25174	6748	7115
2012/13	3693	5966	21185	20066	23615	16994	5177

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Lanze – Fortsetzung

2013/14	1159	11512	12832	13491	12770	8241	3373
----------------	------	-------	-------	-------	-------	------	------

Tabelle 3.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

3.8.3 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

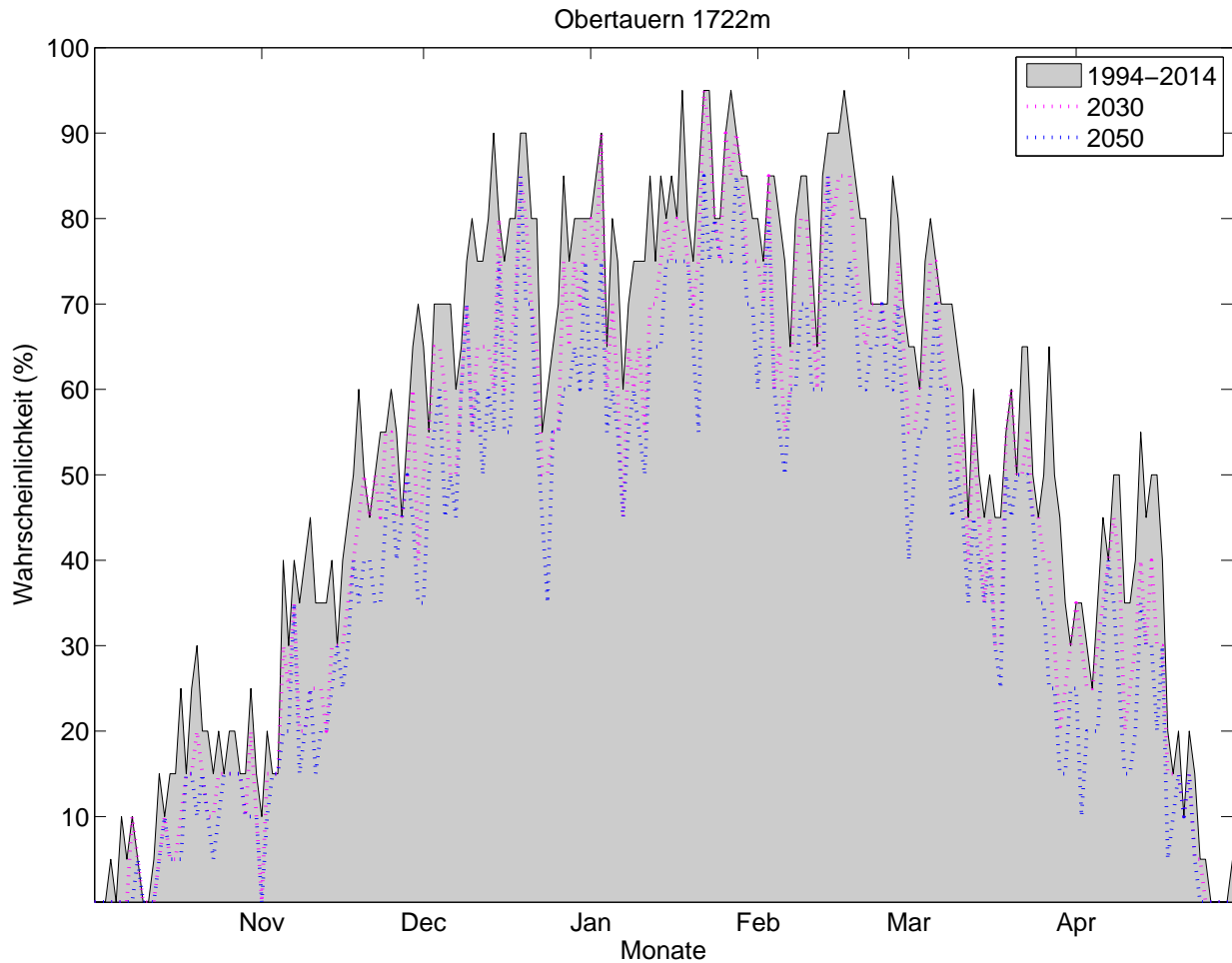


Abbildung 3.13: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Obertauern, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

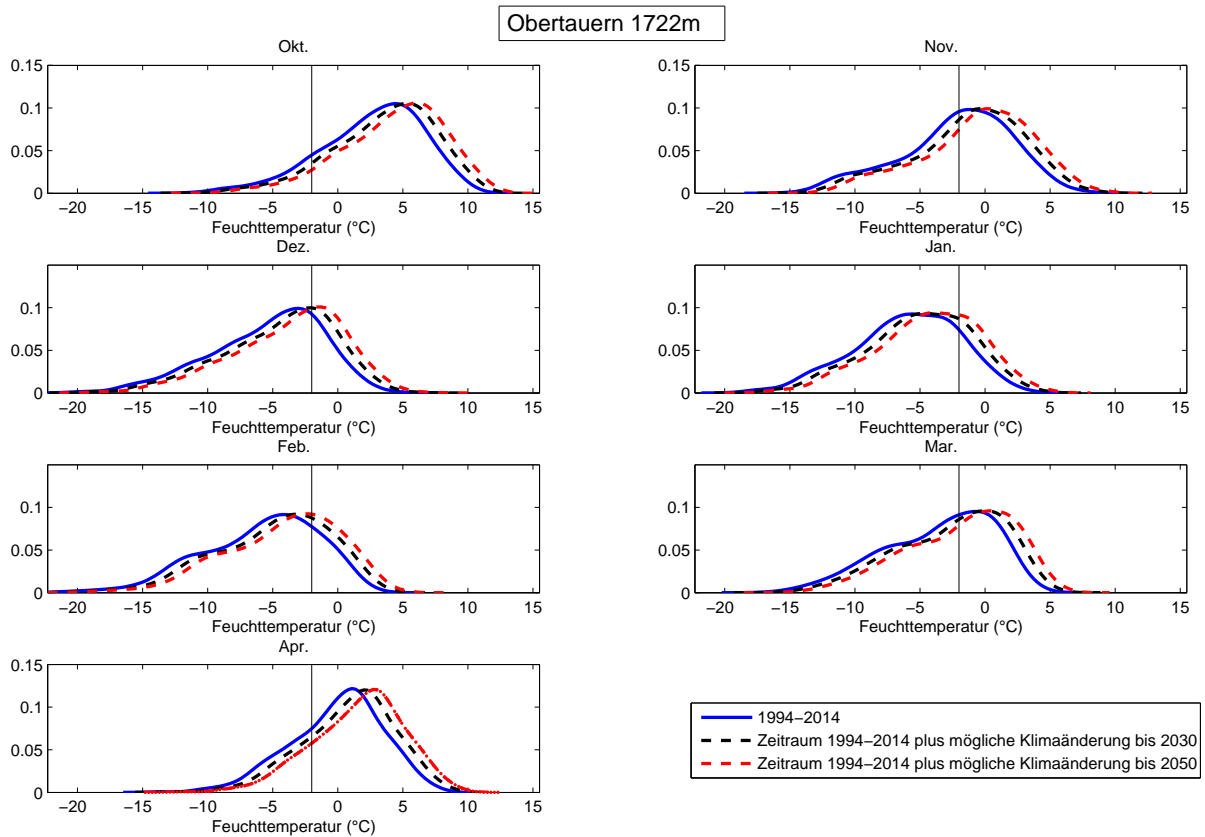


Abbildung 3.14: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchttemperatur unter -2°C pro Monat, Obertauern.								
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	
Periode								
1994-2014	3,9	12,7	23,1	25,3	22,4	17,6	8,1	
mit Klimaänderung bis 2030	2,5	10,2	19,9	23,2	20,3	15,0	6,3	
mit Klimaänderung bis 2050	2,1	8,8	17,9	21,0	18,2	13,1	4,8	
Abnahme bis 2050 in Tagen	1,9	3,9	5,2	4,4	4,2	4,6	3,3	
Abnahme bis 2050 in %	47	31	22	17	19	26	41	

Tabelle 3.6: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1994-2014 und mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

3.9 Gmunden (424 m)

3.9.1 Naturschnee

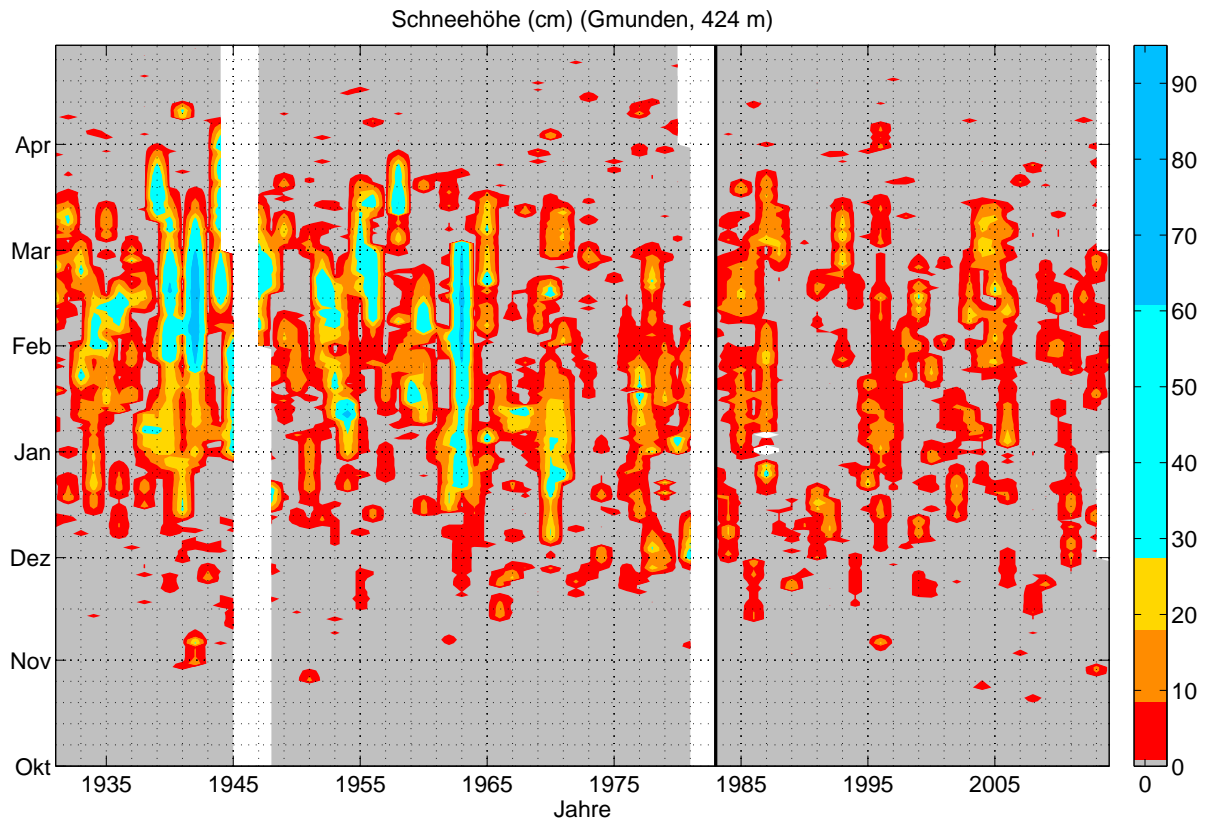


Abbildung 3.1: Tageswerte der Schneehöhe, Gmunden, Okt.-Apr. 1930-2012. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt. Standortwechsel der Schneehöhenmessstation in der Saison 1981/82 ist mit einer schwarzen Linie markiert.

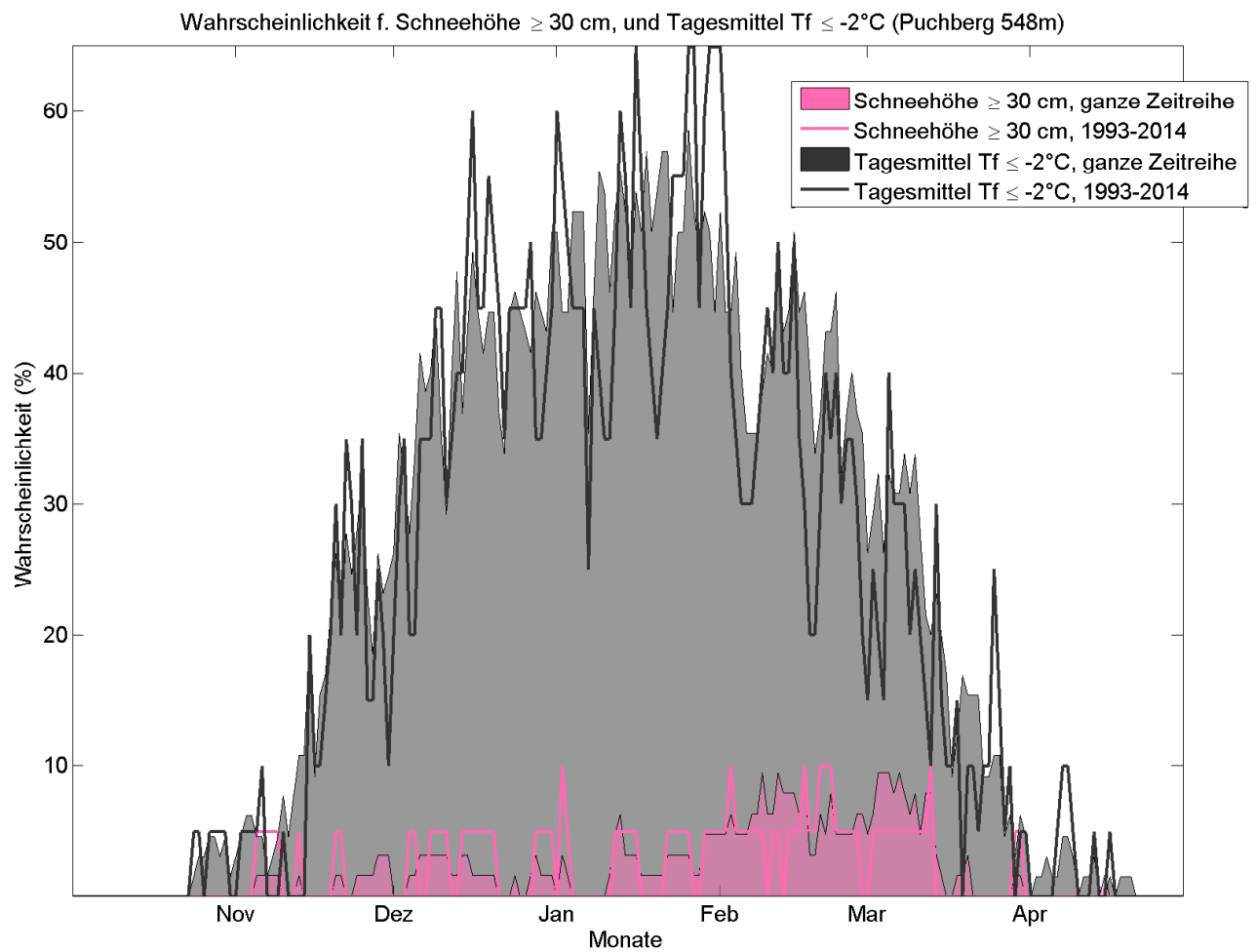


Abbildung 3.2: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchtttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Beschneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (ab 1930) und die letzten 20 Jahre.

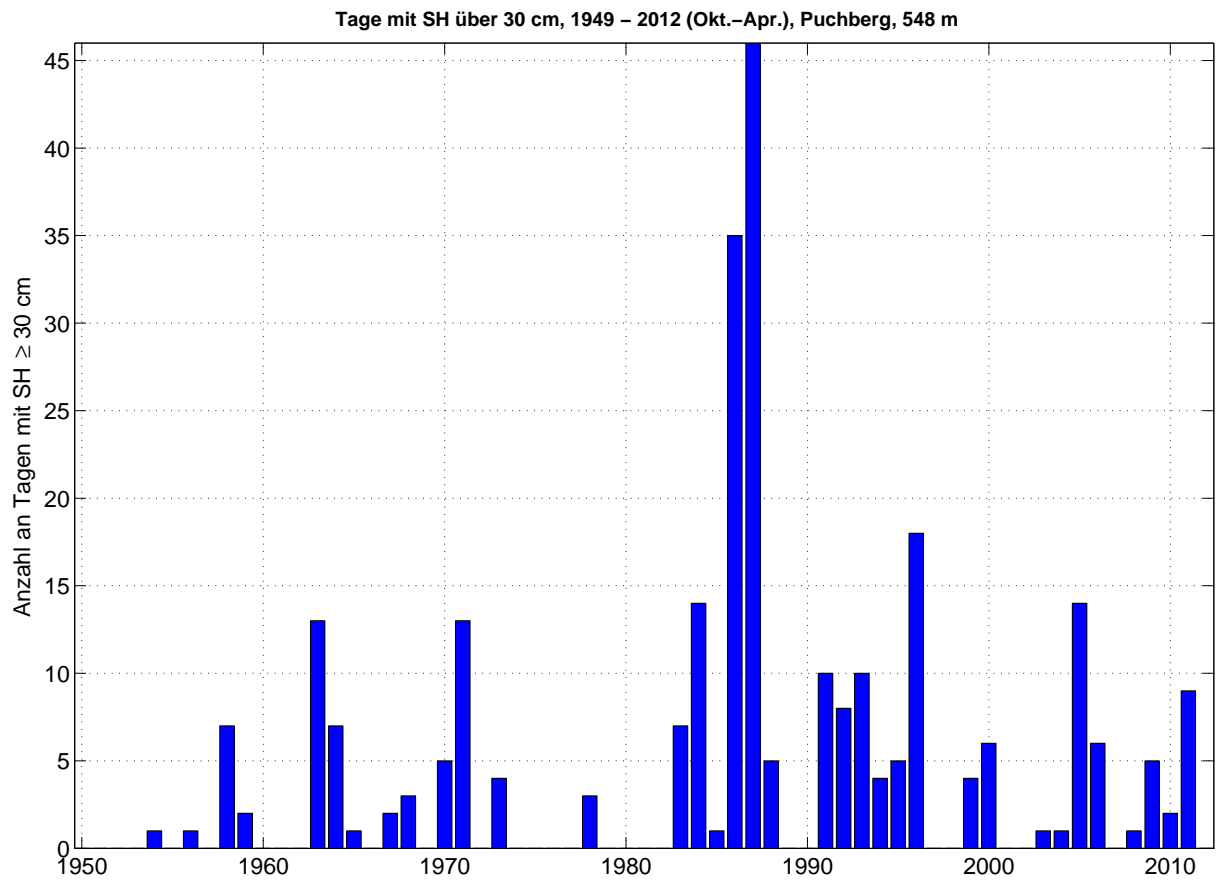


Abbildung 3.3: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1949-2012

3.9.2 Langzeitanalyse - Trends und Klima

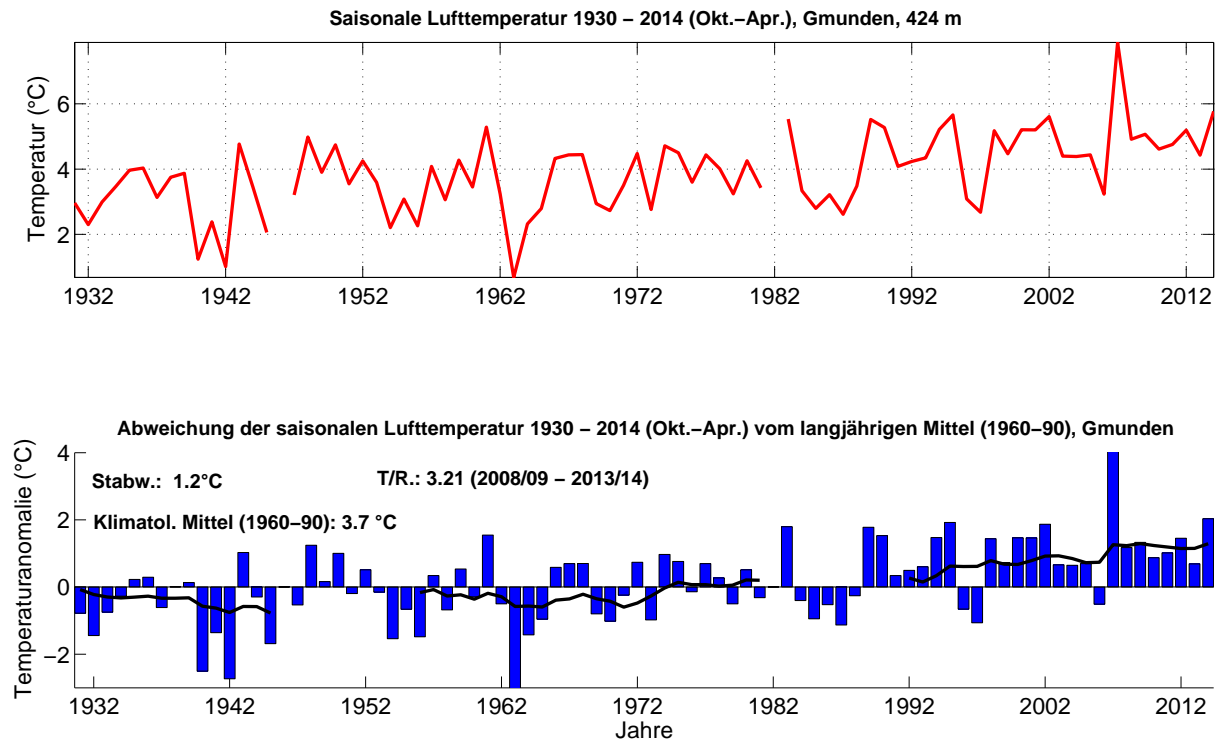


Abbildung 3.4: Langzeitanalyse der saisonalen Lufttemperatur, Gmunden, Okt.-Apr. 1930-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2008 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

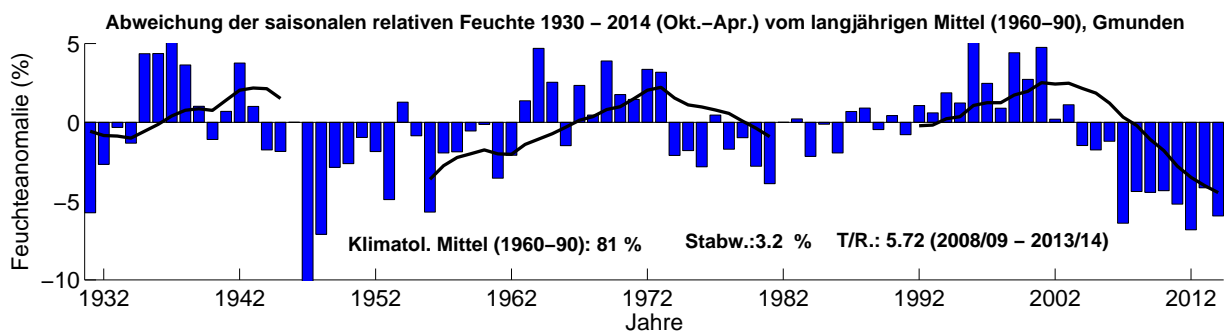
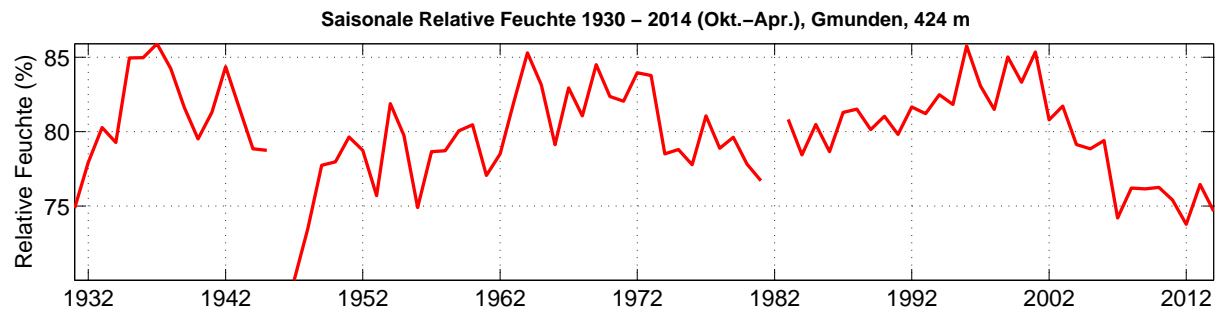


Abbildung 3.5: Langzeitanalyse der saisonalen relativen Feuchte, Gmunden, Okt.-Apr. 1930-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2008 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

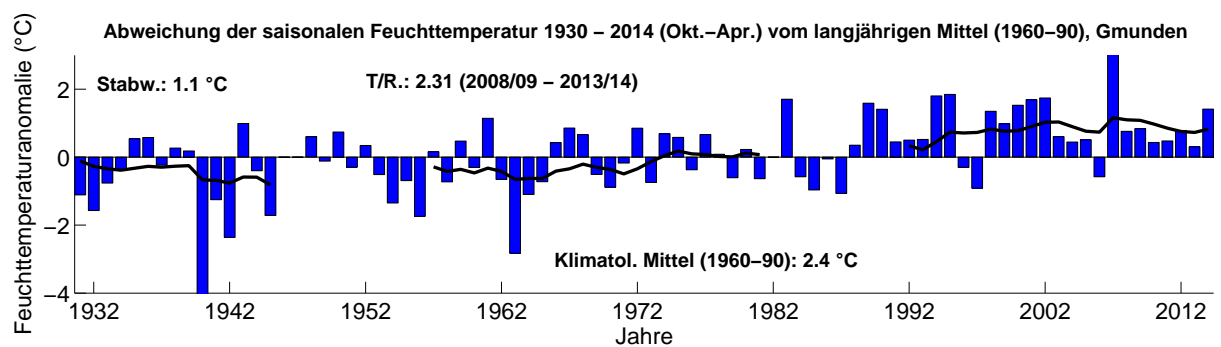
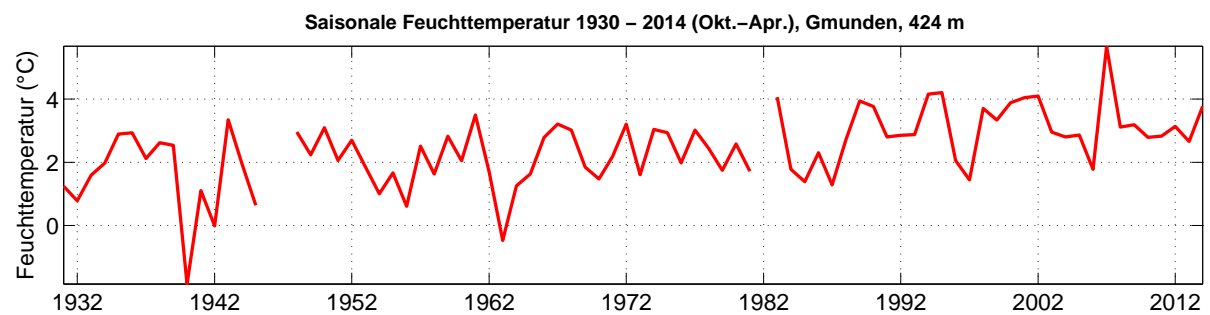


Abbildung 3.6: Langzeitanalyse der saisonalen Feuchttemperatur, Gmunden, Okt.-Apr. 1930-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2008 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

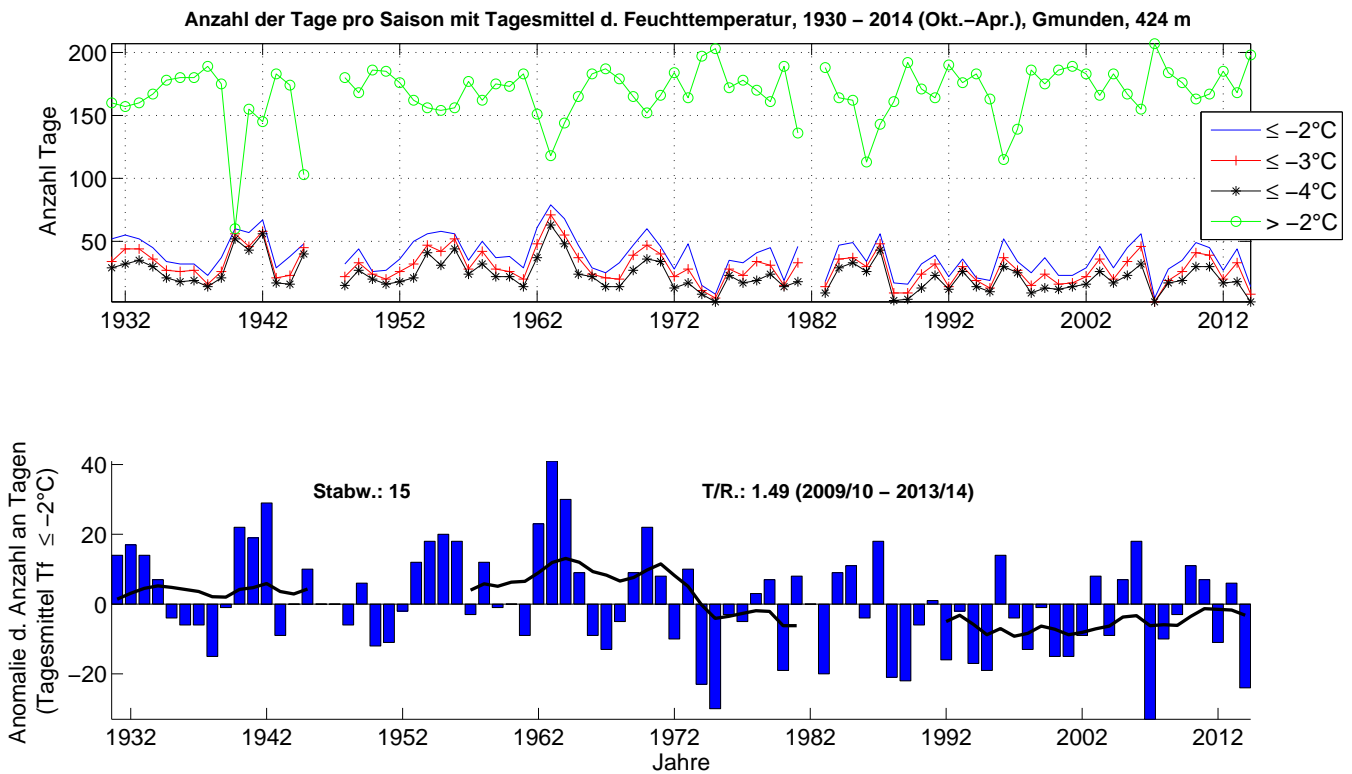


Abbildung 3.7: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchtttemperatur von -2°C , -3°C und -4°C , bzw. Überschreitung von -2°C , Periode 1930-2014, Gmunden. Abweichung vom langjährigen Mittel für Tagesmittel $\leq -2^{\circ}\text{C}$ (unten).

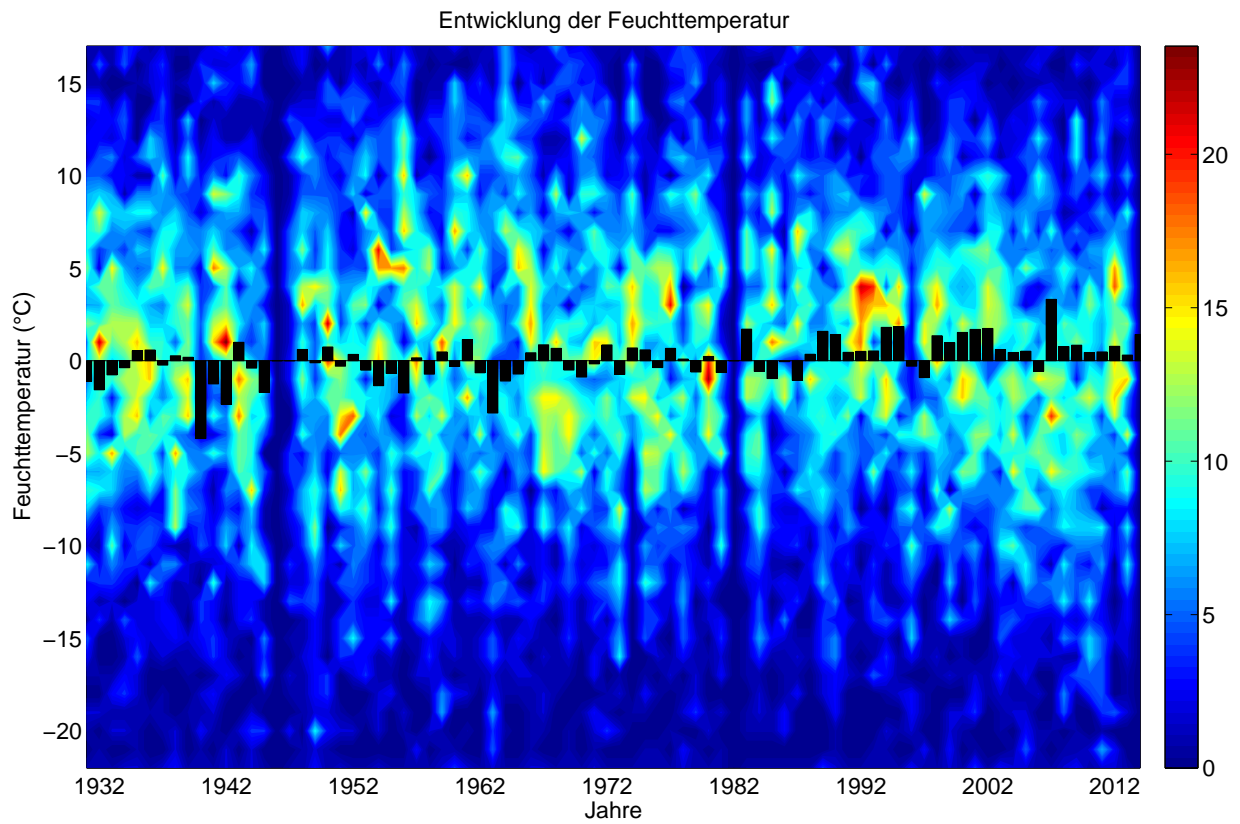


Abbildung 3.8: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1930-2014, Gmunden. Die schwarzen Balken zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel (1960-90).

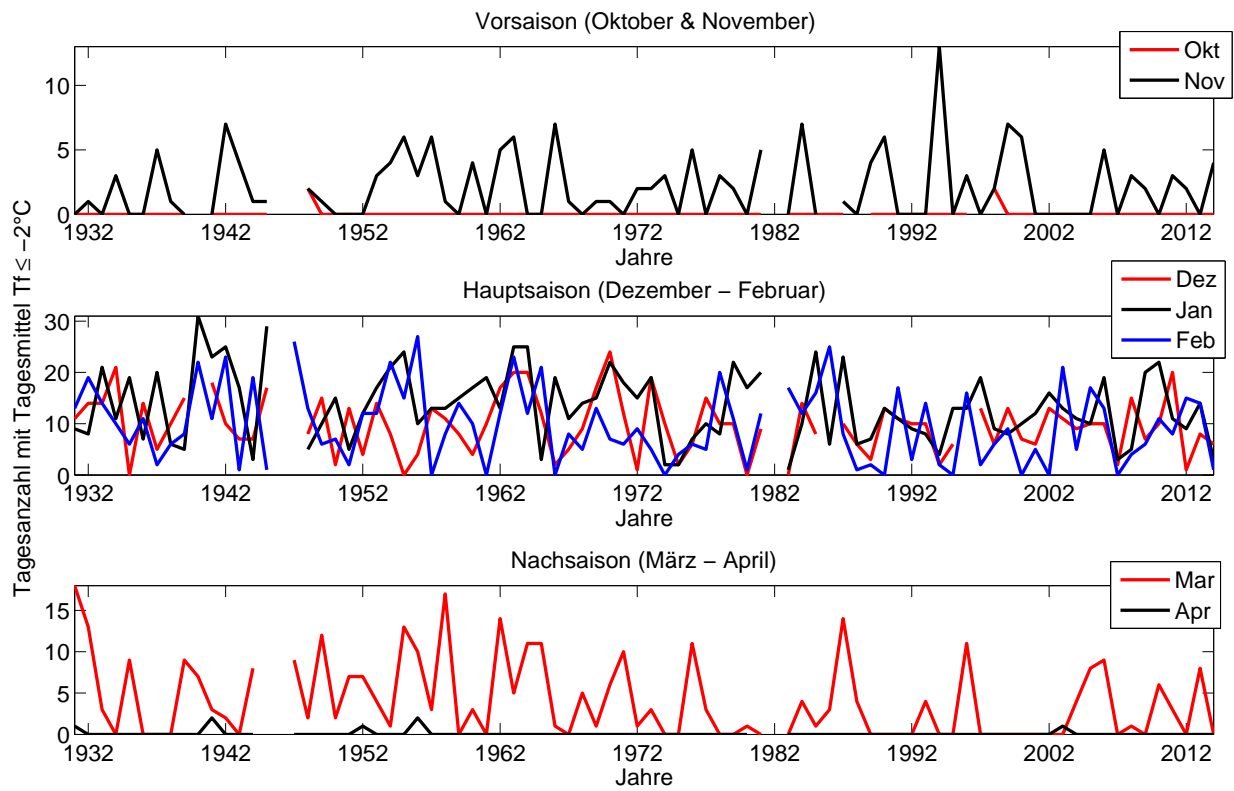


Abbildung 3.9: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Schneitagen pro Saison, nach Monaten.

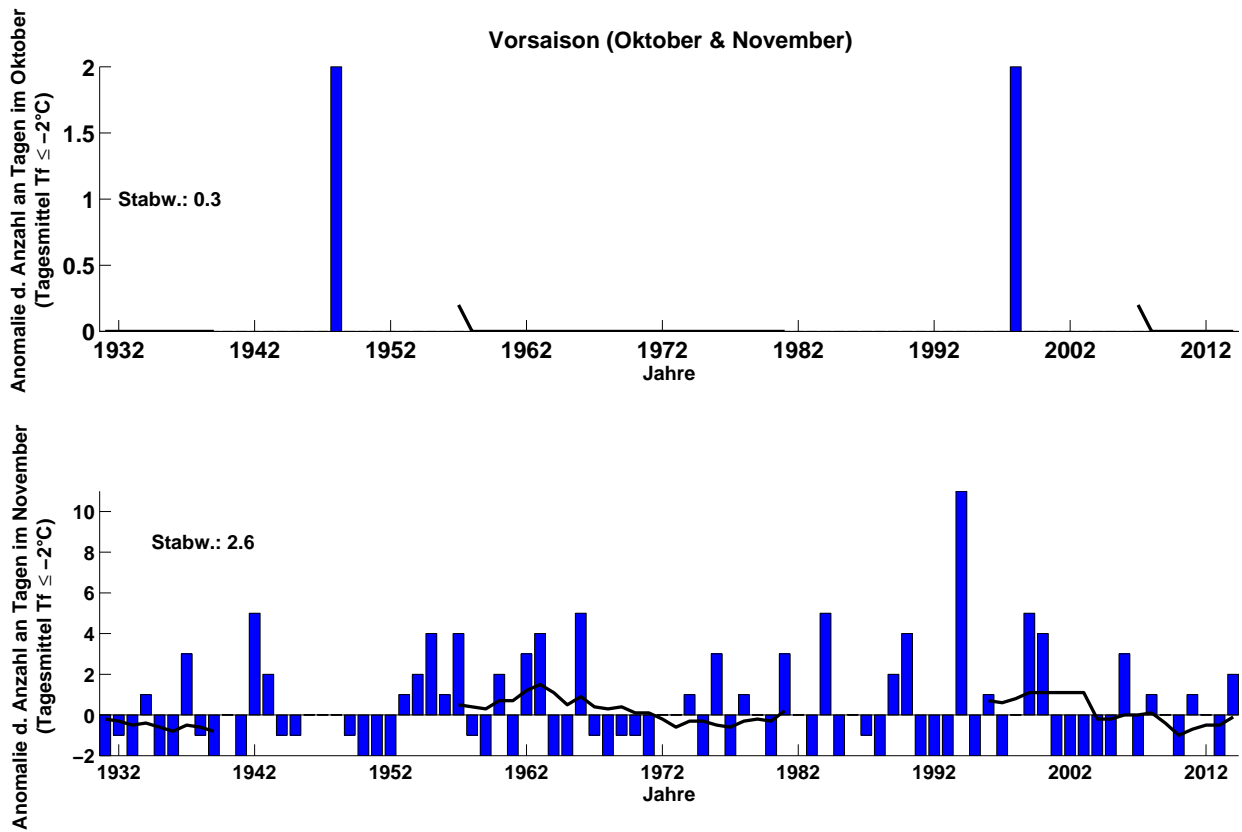


Abbildung 3.10: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Oktober und November (Vorsaison).

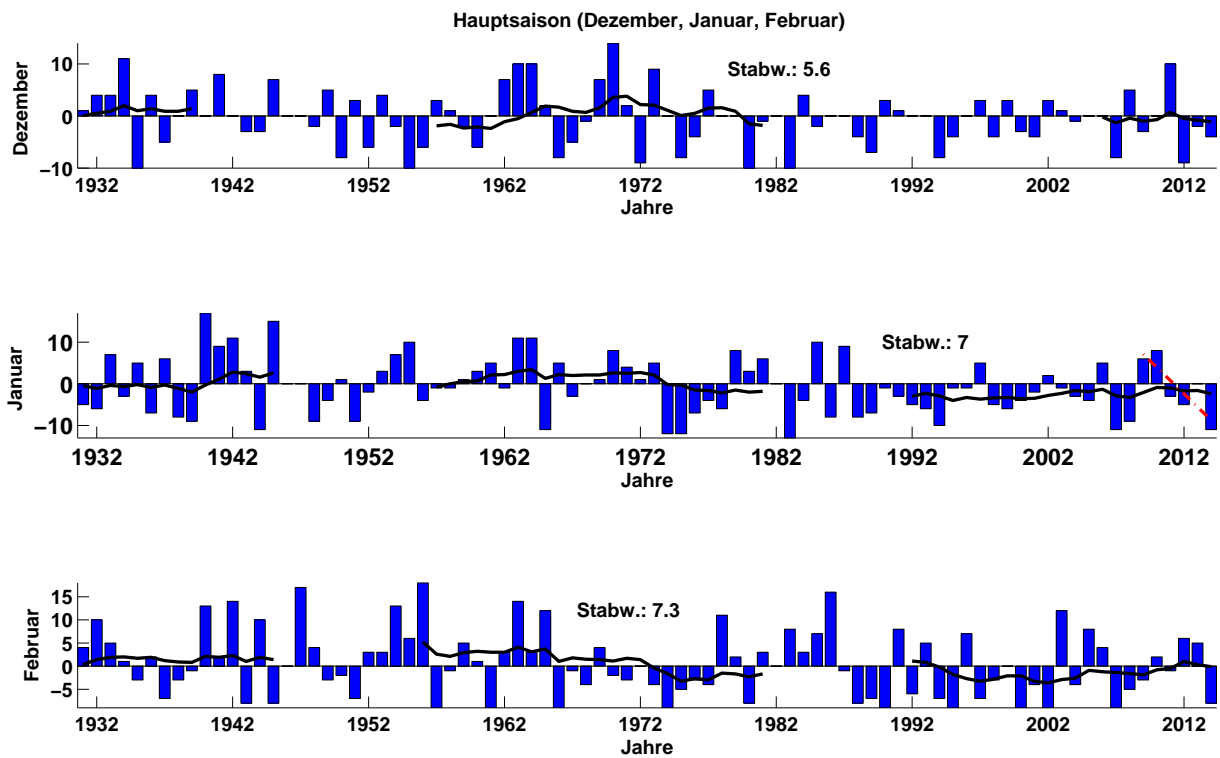


Abbildung 3.11: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Dezember, Januar und Februar (Hauptsaison).

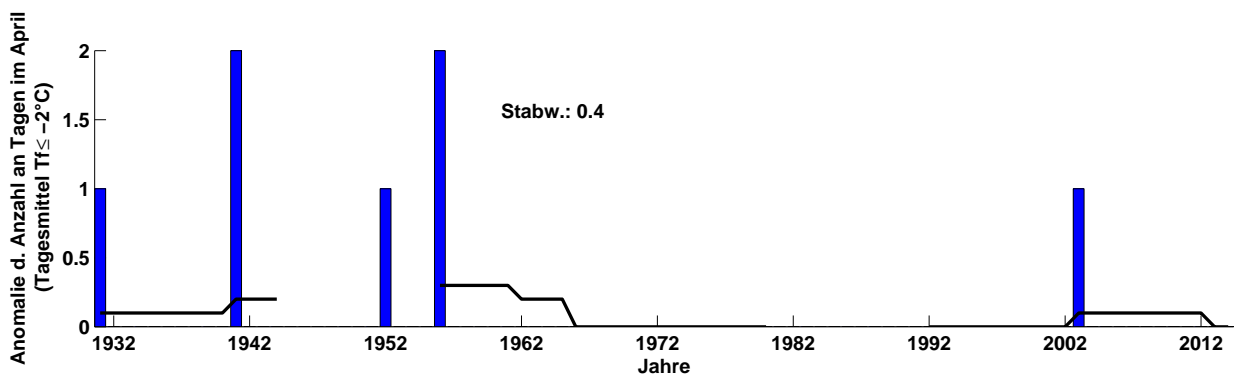
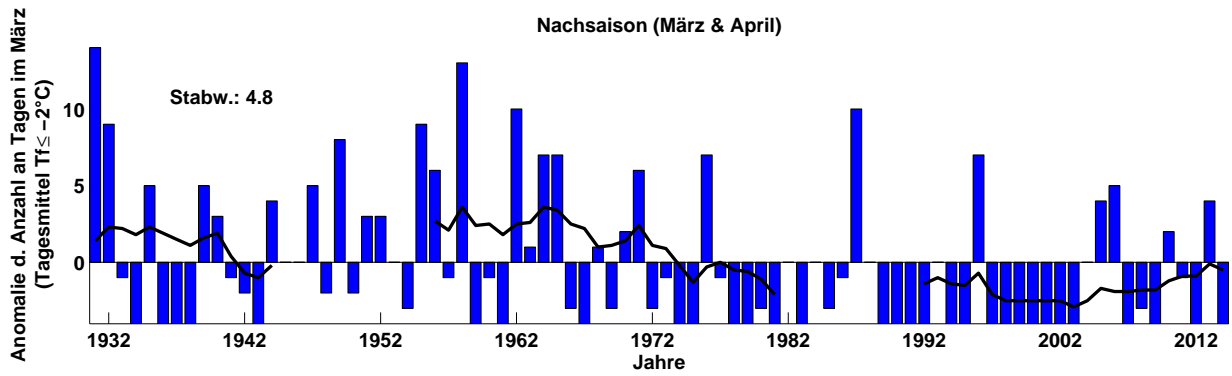


Abbildung 3.12: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt n Monate: März und April (Nachsaison).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1930 – 2014) ,Gmunden 424 m

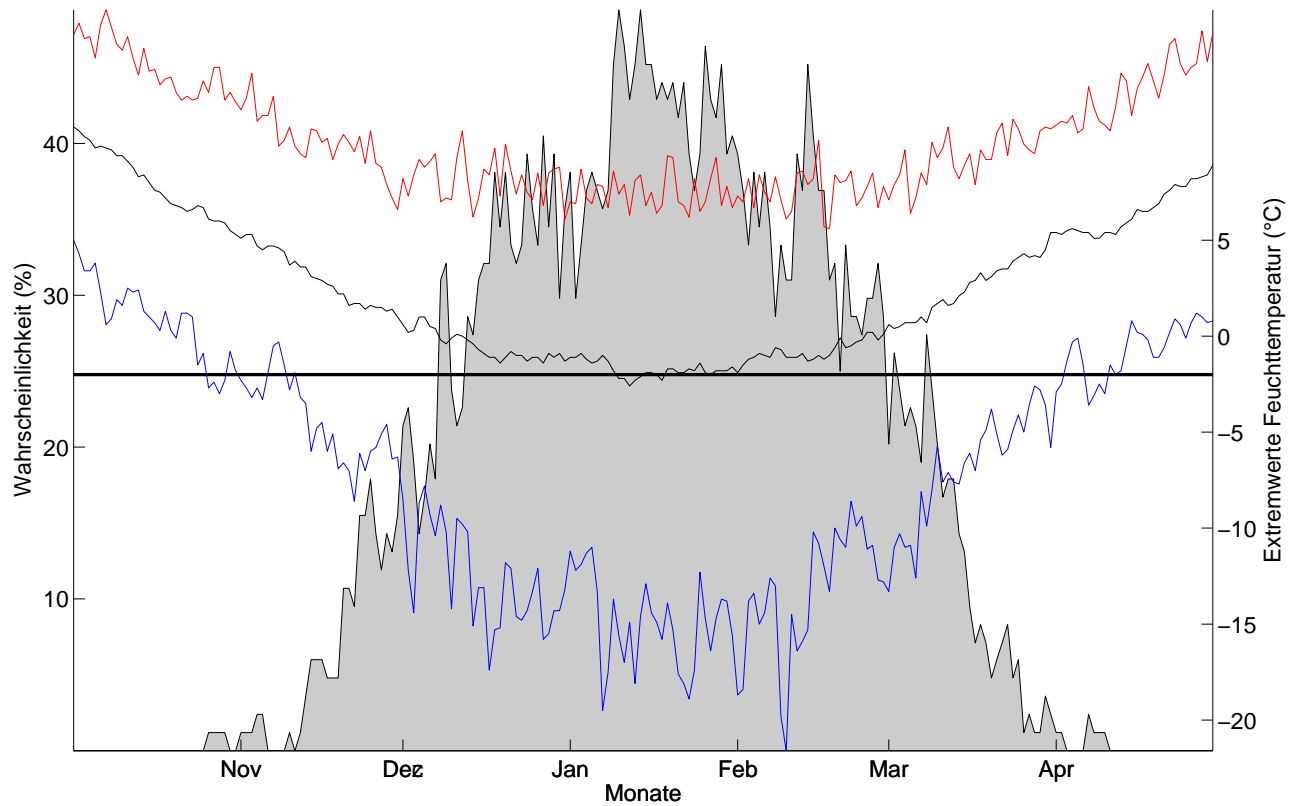


Abbildung 3.13: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Gmunden, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1930-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), Gmunden 424m

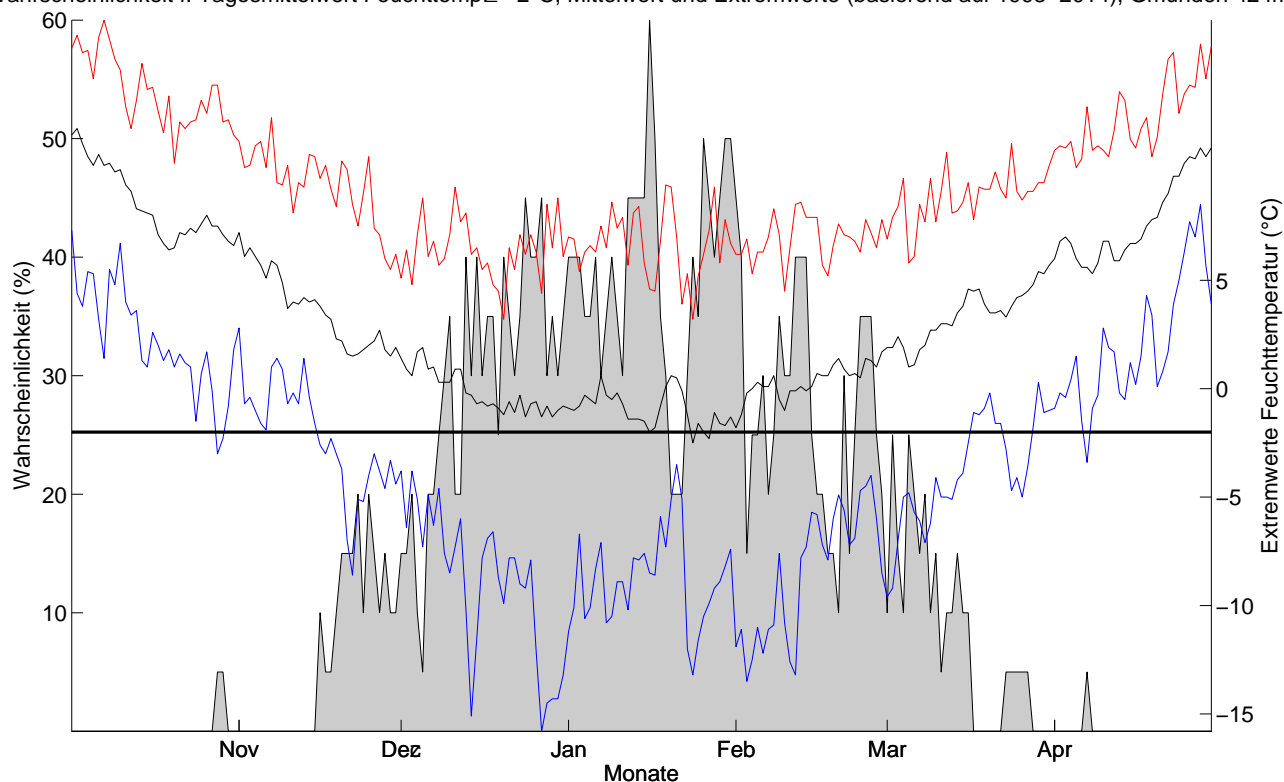


Abbildung 3.14: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Gmunden, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

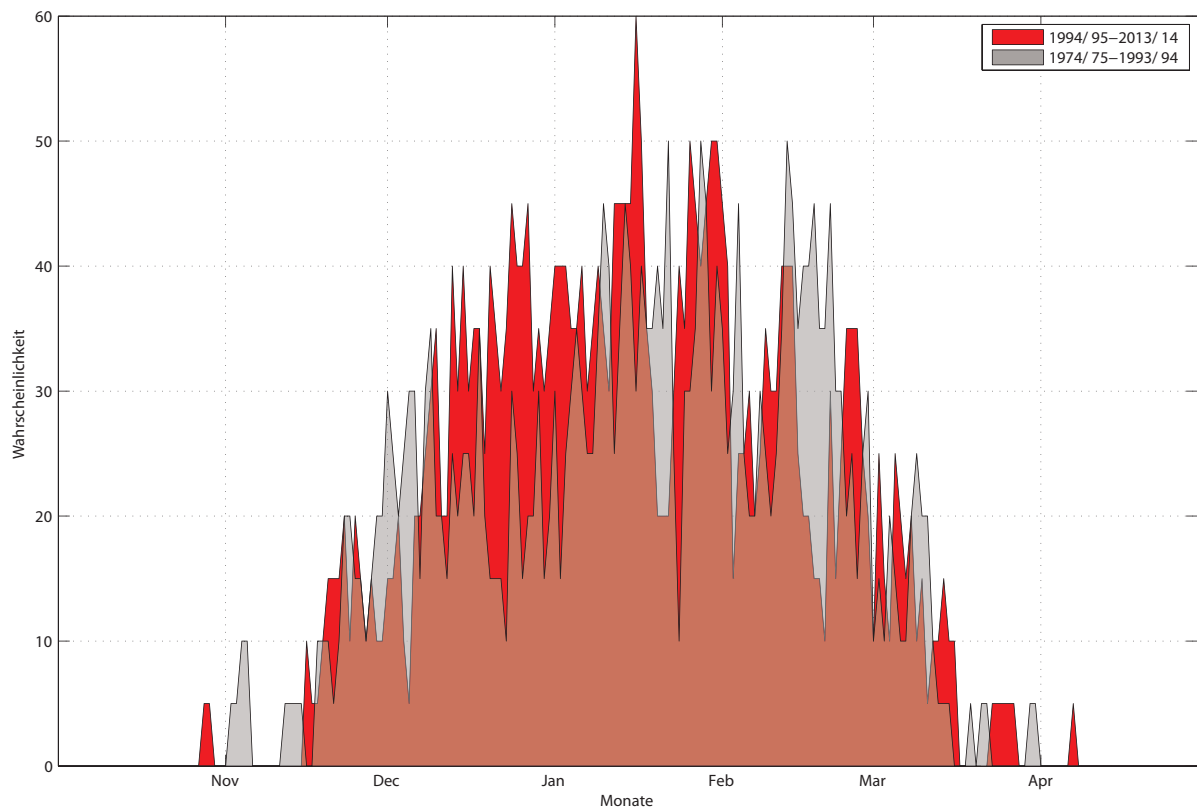


Abbildung 3.15: Vergleich Beschneigungswahrscheinlichkeit (Tagesmittelwert $T_f \leq -2^\circ\text{C}$) der letzten 20 Jahre mit den 20 Jahren davor für alle Tage der Saison (1.10.-30.4.).

Beschneitage Gmunden pro Saison und Monat

Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	0	2	10	13	10	4	0
SD	0	3	6	7	7	5	0
1930/31	0	0	11	9	13	18	1
1931/32	0	1	14	8	19	13	0
1932/33	0	0	14	21	14	3	0
1933/34	0	3	21	11	10	0	0
1934/35	0	0	0	19	6	9	0
1935/36	0	0	14	7	11	0	0
1936/37	0	5	5	20	2	0	0
1937/38	0	1	10	6	6	0	0
1938/39	0	0	15	5	8	9	0
1939/40	NaN	NaN	NaN	31	22	7	0
1940/41	0	0	18	23	11	3	2
1941/42	0	7	10	25	23	2	0
1942/43	0	4	7	17	1	0	0
1943/44	0	1	7	3	19	8	0
1944/45	0	1	17	29	1	NaN	NaN
1945/46	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1946/47	NaN	NaN	NaN	NaN	26	9	0
1947/48	2	2	8	5	13	2	0
1948/49	0	1	15	10	6	12	0
1949/50	0	0	2	15	7	2	0
1950/51	0	0	13	5	2	7	0
1951/52	0	0	4	12	12	7	1
1952/53	0	3	14	17	12	4	0
1953/54	0	4	8	21	22	1	0
1954/55	0	6	0	24	15	13	0
1955/56	0	3	4	10	27	10	2
1956/57	0	6	13	13	0	3	0
1957/58	0	1	11	13	8	17	0
1958/59	0	0	8	15	14	0	0
1959/60	0	4	4	17	10	3	0

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

1960/61	0	0	10	19	0	0	0
1961/62	0	5	17	13	12	14	0
1962/63	0	6	20	25	23	5	0
1963/64	0	0	20	25	12	11	0
1964/65	0	0	12	3	21	11	0
1965/66	0	7	2	19	0	1	0
1966/67	0	1	5	11	8	0	0
1967/68	0	0	9	14	5	5	0
1968/69	0	1	17	15	13	1	0
1969/70	0	1	24	22	7	6	0
1970/71	0	0	12	18	6	10	0
1971/72	0	2	1	15	9	1	0
1972/73	0	2	19	19	5	3	0
1973/74	0	3	10	2	0	0	0
1974/75	0	0	2	2	4	0	0
1975/76	0	5	6	7	6	11	0
1976/77	0	0	15	10	5	3	0
1977/78	0	3	10	8	20	0	0
1978/79	0	2	10	22	11	0	0
1979/80	0	0	0	17	1	1	0
1980/81	0	5	9	20	12	0	NaN
1981/82	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1982/83	0	0	0	1	17	0	0
1983/84	0	7	14	10	12	4	0
1984/85	0	0	8	24	16	1	0
1985/86	0	NaN	NaN	6	25	3	0
1986/87	0	1	10	23	8	14	0
1987/88	NaN	0	6	6	1	4	0
1988/89	0	4	3	7	2	0	0
1989/90	0	6	13	13	0	0	0
1990/91	0	0	11	11	17	0	0
1991/92	0	0	10	9	3	0	0
1992/93	0	0	10	8	14	4	0

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

1993/94	0	13	2	4	2	0	0
1994/95	0	0	6	13	0	0	0
1995/96	0	3	NaN	13	16	11	0
1996/97	NaN	0	13	19	2	0	0
1997/98	2	2	6	9	6	0	0
1998/99	0	7	13	8	9	0	0
1999/00	0	6	7	10	0	0	0
2000/01	0	0	6	12	5	0	0
2001/02	0	0	13	16	0	0	0
2002/03	0	0	11	13	21	0	1
2003/04	0	0	9	11	5	4	0
2004/05	0	0	10	10	17	8	0
2005/06	0	5	10	19	13	9	0
2006/07	0	0	2	3	0	0	0
2007/08	0	3	15	5	4	1	0
2008/09	0	2	7	20	6	0	0
2009/10	0	0	10	22	11	6	0
2010/11	0	3	20	11	8	3	0
2011/12	0	2	1	9	15	0	0
2012/13	0	0	8	14	14	8	0
2013/14	0	4	6	3	1	0	0

Tabelle 3.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1930 - 2014, Gmunden.

Klimaparameter (Saisonmittel) und Schneitage				
Jahr	Temperatur	Relative Luftfeuchte	Feuchttemperatur	Schneitage
Jahr	°C	%	°C	-
Mittelwert	3,9	80,0	2,4	38
SD	1,2	3,2	1,1	15
1930/31	3,0	74,9	1,2	52
1931/32	2,3	77,9	0,8	55
<i>Fortsetzung auf der nächsten Seite</i>				

Klimaparamter – Fortsetzung

1932/33	3,0	80,3	1,6	52
1933/34	3,5	79,3	2,0	45
1934/35	4,0	85,0	2,9	34
1935/36	4,0	85,0	2,9	32
1936/37	3,1	85,9	2,1	32
1937/38	3,7	84,2	2,6	23
1938/39	3,9	81,6	2,5	37
1939/40	1,2	79,5	-1,8	60
1940/41	2,4	81,3	1,1	57
1941/42	1,0	84,4	0,0	67
1942/43	4,8	81,6	3,3	29
1943/44	3,4	78,8	2,0	38
1944/45	2,1	78,7	0,6	48
1945/46	NaN	NaN	NaN	NaN
1946/47	3,2	70,0	NaN	NaN
1947/48	5,0	73,5	3,0	32
1948/49	3,9	77,7	2,2	44
1949/50	4,7	78,0	3,1	26
1950/51	3,5	79,6	2,1	27
1951/52	4,3	78,7	2,7	36
1952/53	3,6	75,7	1,8	50
1953/54	2,2	81,9	1,0	56
1954/55	3,1	79,7	1,7	58
1955/56	2,3	74,9	0,6	56
1956/57	4,1	78,7	2,5	35
1957/58	3,1	78,7	1,6	50
1958/59	4,3	80,1	2,8	37
1959/60	3,4	80,5	2,1	38
1960/61	5,3	77,1	3,5	29
1961/62	3,2	78,5	1,7	61
1962/63	0,7	82,0	-0,5	79
1963/64	2,3	85,3	1,3	68
1964/65	2,8	83,1	1,6	47
<i>Fortsetzung auf der nächsten Seite</i>				

Klimaparamter – Fortsetzung

1965/66	4,3	79,1	2,8	29
1966/67	4,4	82,9	3,2	25
1967/68	4,4	81,1	3,0	33
1968/69	2,9	84,5	1,8	47
1969/70	2,7	82,4	1,5	60
1970/71	3,5	82,0	2,2	46
1971/72	4,5	84,0	3,2	28
1972/73	2,8	83,8	1,6	48
1973/74	4,7	78,5	3,0	15
1974/75	4,5	78,8	2,9	8
1975/76	3,6	77,8	2,0	35
1976/77	4,4	81,1	3,0	33
1977/78	4,0	78,9	2,4	41
1978/79	3,2	79,6	1,7	45
1979/80	4,3	77,8	2,6	19
1980/81	3,4	76,7	1,7	46
1981/82	NaN	NaN	NaN	NaN
1982/83	5,5	80,8	4,1	18
1983/84	3,3	78,4	1,8	47
1984/85	2,8	80,5	1,4	49
1985/86	3,2	78,7	2,3	34
1986/87	2,6	81,3	1,3	56
1987/88	3,5	81,5	2,7	17
1988/89	5,5	80,1	3,9	16
1989/90	5,3	81,0	3,8	32
1990/91	4,1	79,8	2,8	39
1991/92	4,2	81,7	2,9	22
1992/93	4,3	81,2	2,9	36
1993/94	5,2	82,5	4,2	21
1994/95	5,7	81,8	4,2	19
1995/96	3,1	85,8	2,1	52
1996/97	2,7	83,1	1,4	34
1997/98	5,2	81,5	3,7	25
<i>Fortsetzung auf der nächsten Seite</i>				

Klimaparamter – Fortsetzung

1998/99	4,5	85,0	3,3	37
1999/00	5,2	83,3	3,9	23
2000/01	5,2	85,4	4,0	23
2001/02	5,6	80,8	4,1	29
2002/03	4,4	81,7	3,0	46
2003/04	4,4	79,1	2,8	29
2004/05	4,4	78,8	2,9	45
2005/06	3,2	79,4	1,8	56
2006/07	7,9	74,2	5,7	5
2007/08	4,9	76,2	3,1	28
2008/09	5,1	76,2	3,2	35
2009/10	4,6	76,3	2,8	49
2010/11	4,8	75,4	2,8	45
2011/12	5,2	73,8	3,1	27
2012/13	4,4	76,4	2,7	44
2013/14	5,8	74,7	3,8	14

Tabelle 3.2: Saisonale Klimaparameter und Schneitage für die Periode 1930-2014, Gmunden.

3.9.3 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

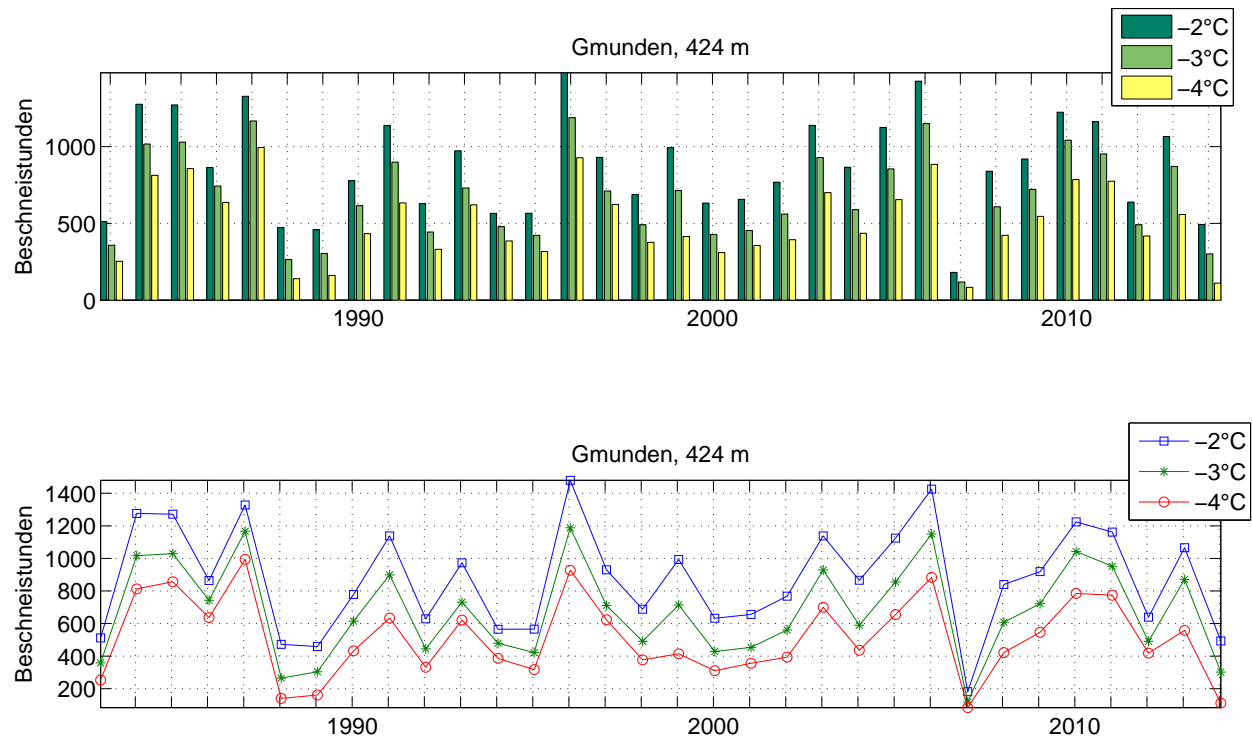
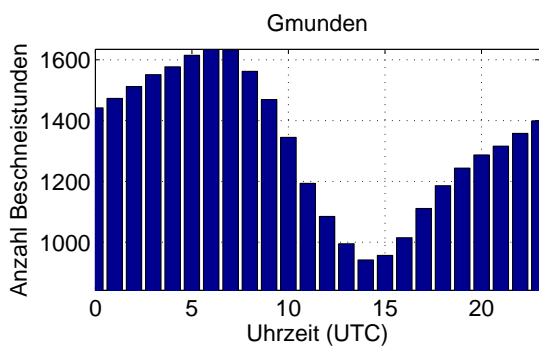
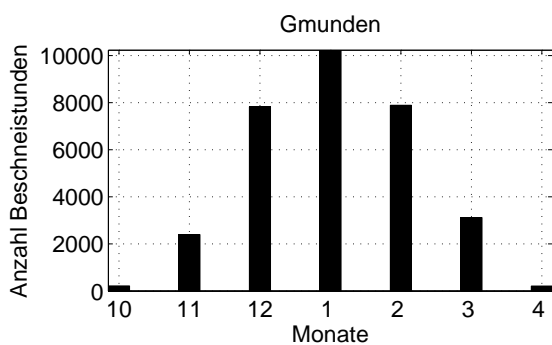
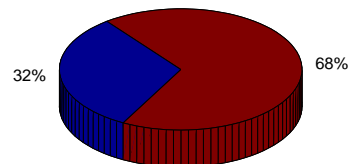


Abbildung 3.16: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 332 Stunden (14 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es im Mittel 997 potentielle Beschneistunden (ca. 42 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 332 Stunden (ca. 14 Tage). Siehe Abb. 3.16.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

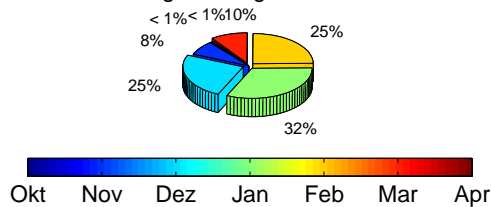


Abbildung 3.17: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

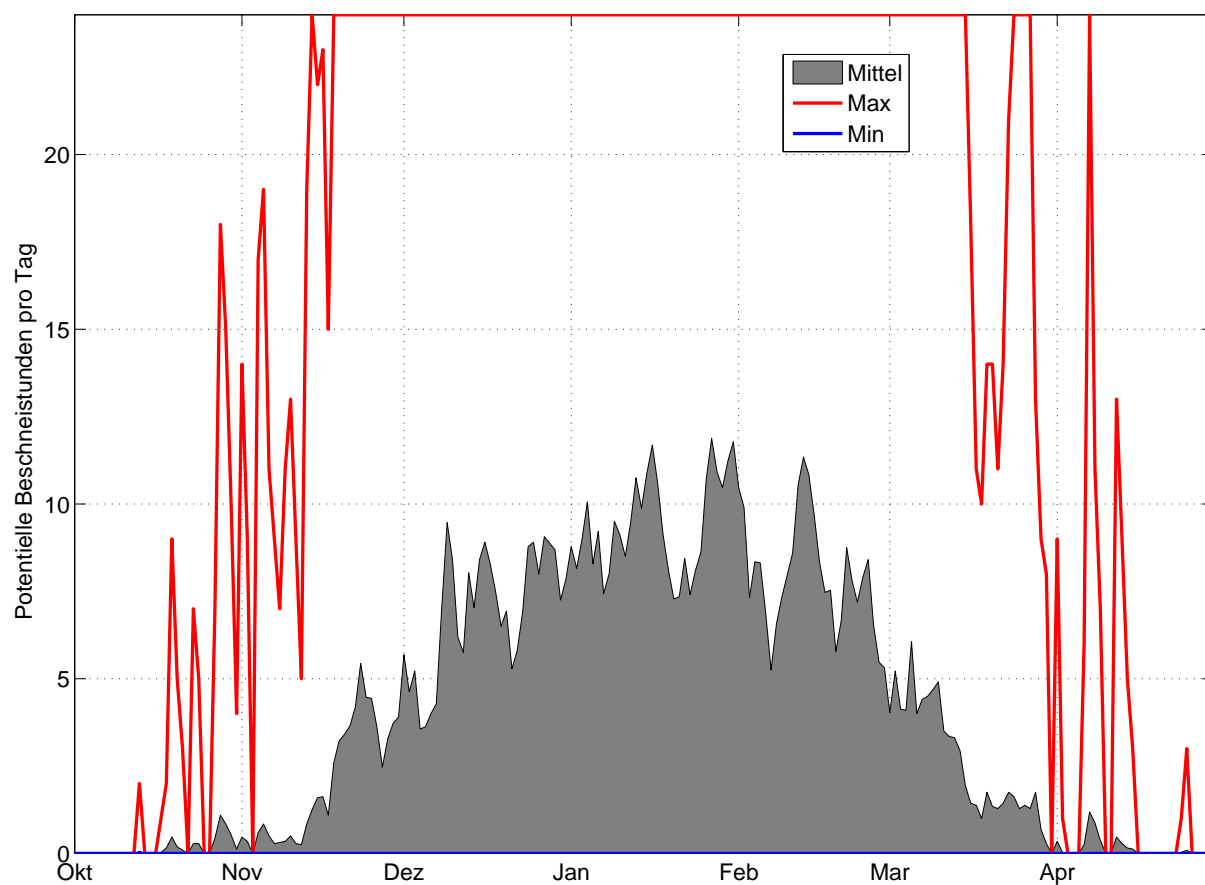


Abbildung 3.18: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1982-2014, Station Gmunden, 424 m.

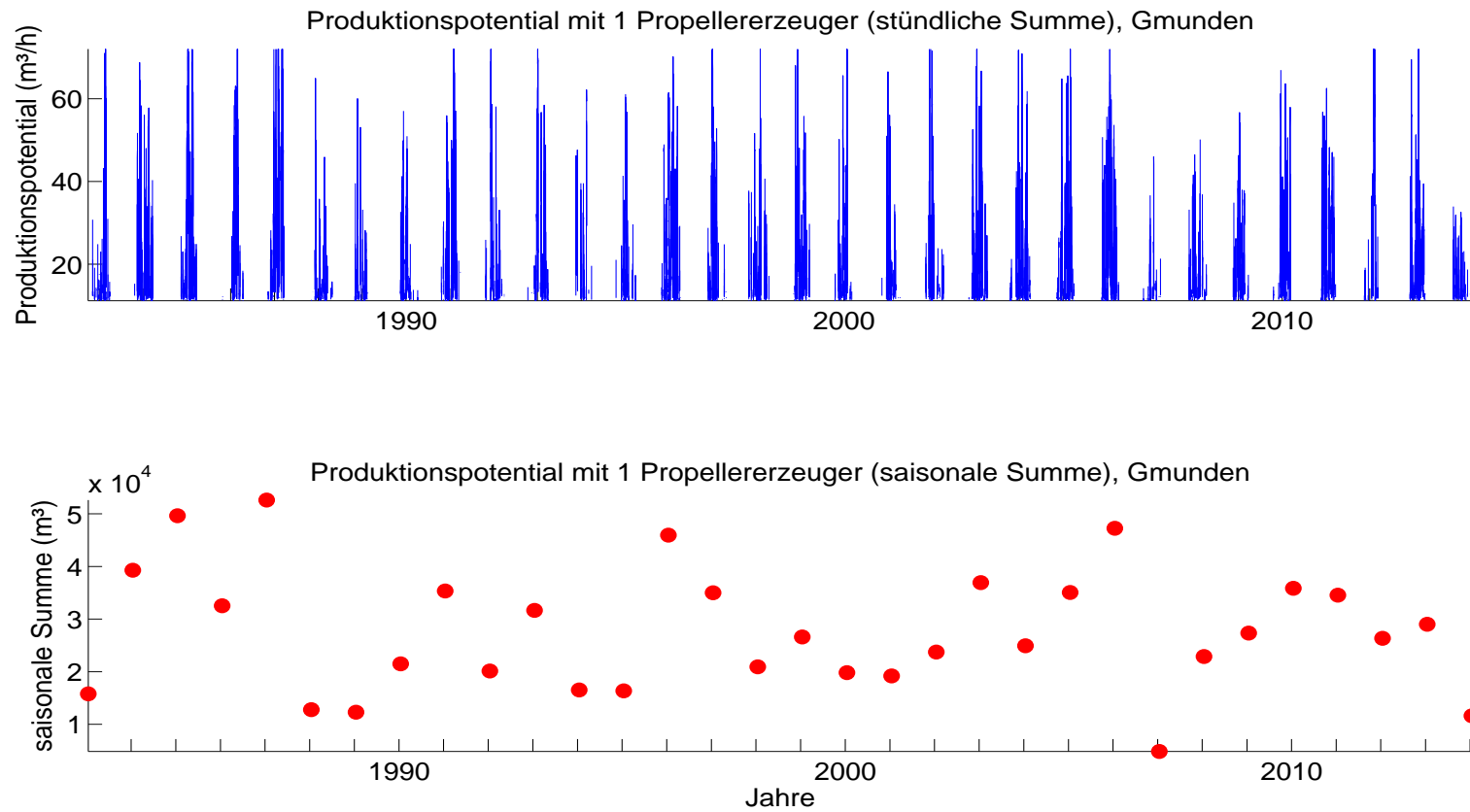


Abbildung 3.19: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

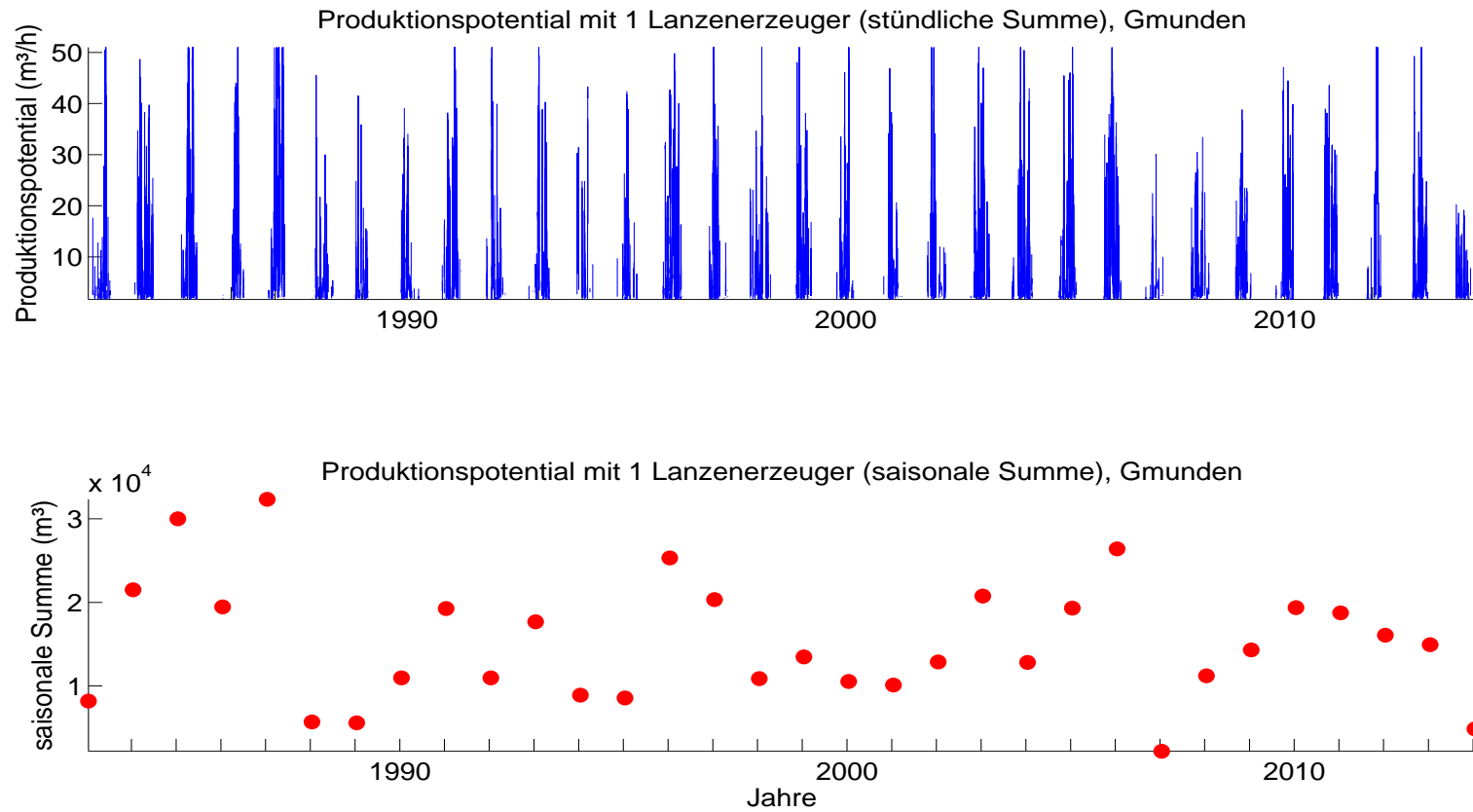


Abbildung 3.20: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 11835 m³ (Propellergerät), bzw. 9781 m³ (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 31366 m³ (Propellergerät), bzw. 27132 m³ (Lanze). Damit kann auf ca. 11 ha (Propellergerät), bzw. ca. 9 ha (Lanze) eine Grundbeschneigung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 3.19 und 3.20.

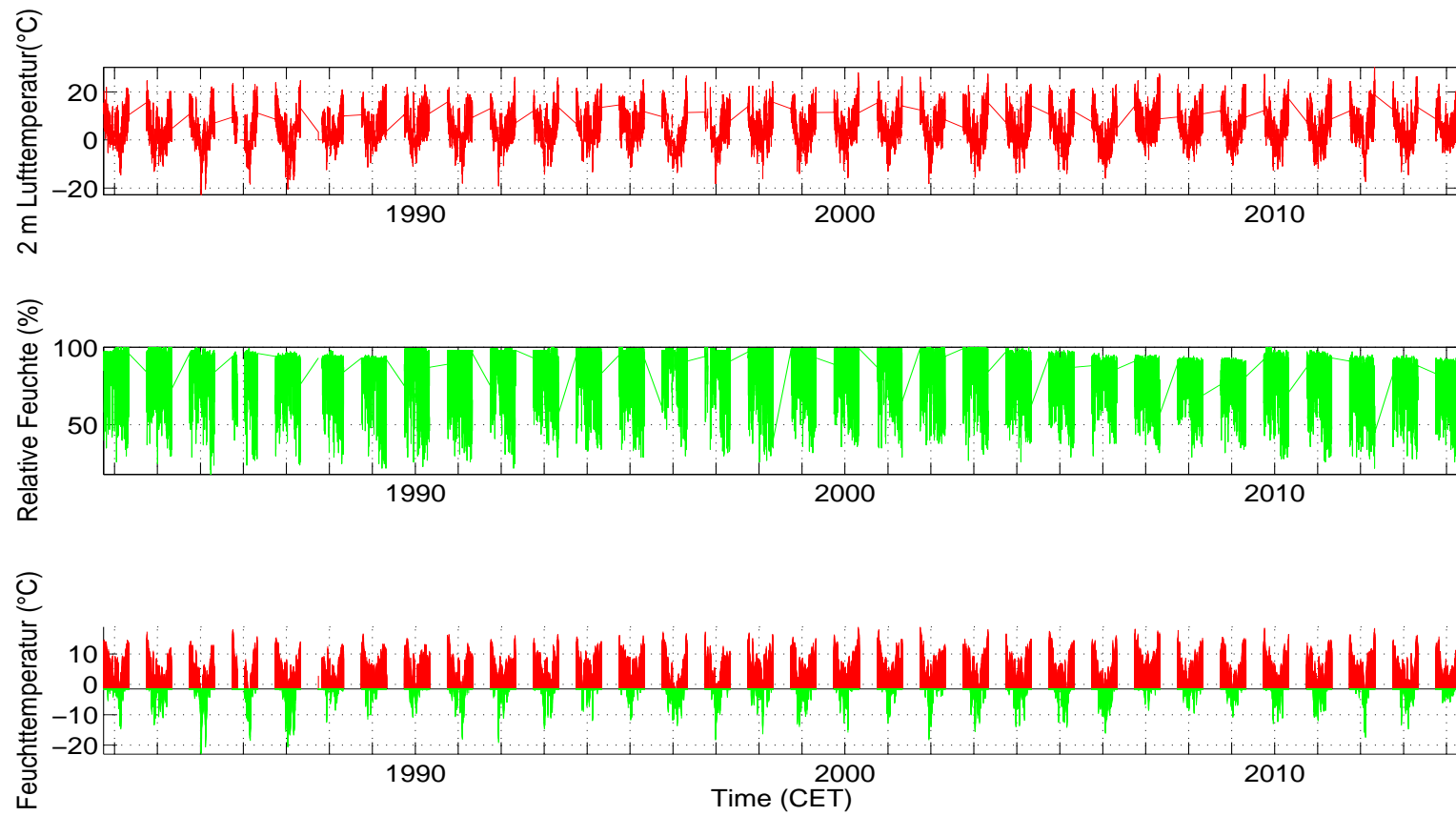


Abbildung 3.21: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Schneistunden

Schneistunden mit versch. Grenztemp.

	-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	997	877	677	511
SD	332	318	285	244
<hr/>				
Saison				
1982/83	629	512	358	253
1983/84	1416	1276	1017	813
1984/85	1402	1271	1029	857
1985/86	949	864	743	637
1986/87	1416	1328	1167	994
1987/88	635	472	265	140
1988/89	596	459	304	161
1989/90	882	778	615	433
1990/91	1285	1138	899	633
1991/92	732	629	444	331
1992/93	1091	973	731	621
1993/94	618	565	479	386
1994/95	642	566	422	317
1995/96	1632	1480	1188	927
1996/97	1101	930	711	623
1997/98	832	688	491	377
1998/99	1105	993	714	414
1999/00	756	632	428	310
2000/01	745	656	454	356
2001/02	870	768	561	394
2002/03	1259	1138	929	700
2003/04	1010	866	589	436
2004/05	1247	1125	855	655
2005/06	1631	1426	1150	884
2006/07	237	181	118	84
2007/08	999	840	608	422
2008/09	1074	919	722	546
2009/10	1326	1224	1042	785

<i>Fortsetzung auf der nächsten Seite</i>

Schneistunden – Fortsetzung

2010/11	1266	1162	952	774
2011/12	726	639	491	418
2012/13	1172	1066	871	558
2013/14	621	493	302	111

Tabelle 3.3: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Gmunden)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	5	60	215	291	222	81	4
SD	11	72	113	138	163	94	10
Saison							
1982/83	0	29	17	38	409	19	0
1983/84	2	202	363	247	308	154	0
1984/85	0	51	211	570	380	59	0
1985/86	0	0	0	161	589	87	27
1986/87	0	21	207	544	204	352	0
1987/88	0	0	169	136	60	102	5
1988/89	0	107	69	201	82	0	0
1989/90	0	150	314	297	15	1	1
1990/91	12	45	314	280	465	22	0
1991/92	31	23	245	211	112	7	0
1992/93	2	0	264	189	358	160	0
1993/94	0	313	75	110	61	6	0
1994/95	10	0	150	360	9	37	0
1995/96	0	87	283	435	420	246	9
1996/97	0	23	323	482	86	0	16
1997/98	50	39	133	238	137	88	3
1998/99	0	157	312	251	253	20	0
1999/00	13	139	162	308	10	0	0
2000/01	0	3	158	347	132	16	0
2001/02	0	26	308	380	24	16	14
2002/03	0	0	292	293	480	28	50
2003/04	23	0	224	324	152	143	0
2004/05	0	31	257	237	375	222	3
2005/06	0	115	259	476	330	243	3
2006/07	0	2	78	82	14	5	0
2007/08	0	84	361	177	176	38	4
2008/09	0	47	194	449	218	11	0
2009/10	4	0	252	522	303	144	0
2010/11	0	73	490	279	221	99	0

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Pot. Schneistunden – Fortsetzung

2011/12	0	50	15	204	360	10	0
2012/13	0	0	187	338	312	229	0
2013/14	0	88	187	136	63	19	0

Tabelle 3.4: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C).

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Propeller (m³) (Gmunden)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	233	2166	7478	10114	8178	2953	246
SD	398	2146	3839	5708	6290	3254	327
Saison							
1982/83	2	1131	1596	1721	13730	1129	15
1983/84	178	6178	13530	7494	11158	5656	283
1984/85	32	1803	6614	26232	16995	2712	67
1985/86	362	71	0	5091	25013	3206	959
1986/87	86	1104	6794	22303	10140	15573	2
1987/88	0	489	6168	4228	3264	3066	359
1988/89	55	4397	3331	5736	2765	134	8
1989/90	0	5030	8778	9464	770	262	90
1990/91	414	1424	9566	9134	16940	1014	281
1991/92	1232	719	11717	6379	3589	639	119
1992/93	174	153	9196	9201	11233	5392	7
1993/94	0	9324	2380	3506	2974	210	134
1994/95	321	7	4683	12226	390	1459	17
1995/96	12	3923	9263	13891	14585	7584	593
1996/97	0	1199	16652	17335	3028	300	943
1997/98	1582	1878	4771	7523	5725	2981	122
1998/99	0	5486	9339	6819	7869	733	0
1999/00	452	4000	6133	11637	871	381	78
2000/01	0	393	5511	12021	3444	615	296
2001/02	0	1562	11525	11711	858	965	447
2002/03	0	269	8597	11847	16585	1713	1366
2003/04	1322	214	8553	10259	4410	4675	7
2004/05	41	1576	7803	8619	12895	7771	220
2005/06	53	4133	8649	21712	10352	6793	213
2006/07	0	506	3412	2594	682	654	32
2007/08	33	3162	10622	5684	4846	2032	133
2008/09	0	2154	6206	15411	6975	889	0
2009/10	265	15	8977	14868	9867	5086	26
2010/11	115	2386	15294	10087	7492	3108	0

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Propeller – Fortsetzung

2011/12	160	2363	841	5585	20008	481	307
2012/13	477	188	7316	8951	9490	6368	691
2013/14	70	2062	5468	4397	2763	904	74

Tabelle 3.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Lanze (m³) (Gmunden)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	221	1957	6466	8640	6982	2624	242
SD	362	1852	3161	4620	5175	2720	303
Saison							
1982/83	3	1057	1571	1627	11700	1087	17
1983/84	176	5393	11475	6637	9611	5075	311
1984/85	40	1660	5929	21236	13891	2583	87
1985/86	383	81	0	4476	20707	2871	875
1986/87	89	1060	5966	17909	8294	12786	5
1987/88	0	535	5385	3804	3053	2806	361
1988/89	58	3934	2995	5159	2555	148	11
1989/90	1	4497	7592	8191	749	283	93
1990/91	388	1296	8359	7867	14084	985	318
1991/92	1126	735	9925	5663	3242	670	134
1992/93	173	169	8032	7628	9751	4790	15
1993/94	0	7973	2159	3106	2584	204	148
1994/95	304	10	4187	10494	386	1399	28
1995/96	19	3539	7981	11886	12432	6629	605
1996/97	0	1128	13284	14863	2723	314	912
1997/98	1396	1777	4182	6595	4739	2690	112
1998/99	0	4804	8072	5984	6880	693	0
1999/00	423	3562	5368	9904	855	397	88
2000/01	2	395	4785	10379	3070	602	293
2001/02	0	1536	9609	9967	813	964	417
2002/03	0	281	7461	9984	14152	1612	1235
2003/04	1245	228	7401	8861	3930	4211	10
2004/05	48	1496	6878	7406	11090	6616	211
2005/06	54	3653	7601	18083	8957	5977	216
2006/07	0	507	3136	2288	663	680	32
2007/08	49	2919	9120	5017	4259	1900	128
2008/09	2	1965	5467	13248	6196	872	0
2009/10	268	24	7724	12800	8557	4416	31
2010/11	124	2108	13103	8765	6548	2765	2

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Lanze – Fortsetzung

2011/12	176	2229	879	4918	16136	468	301
2012/13	463	241	6359	7738	8269	5614	675
2013/14	74	1824	4916	4004	2550	864	83

Tabelle 3.6: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

3.9.4 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

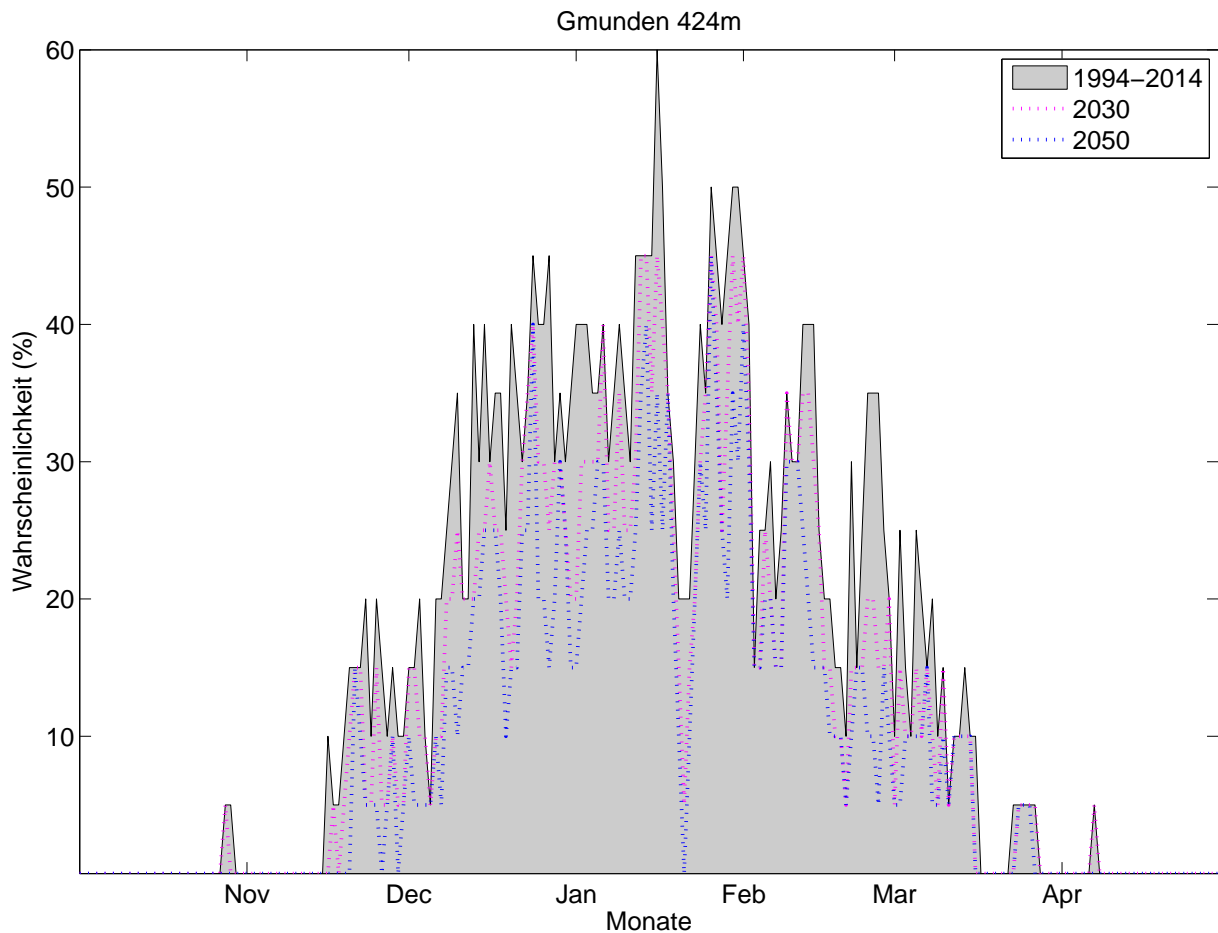


Abbildung 3.22: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Gmunden, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

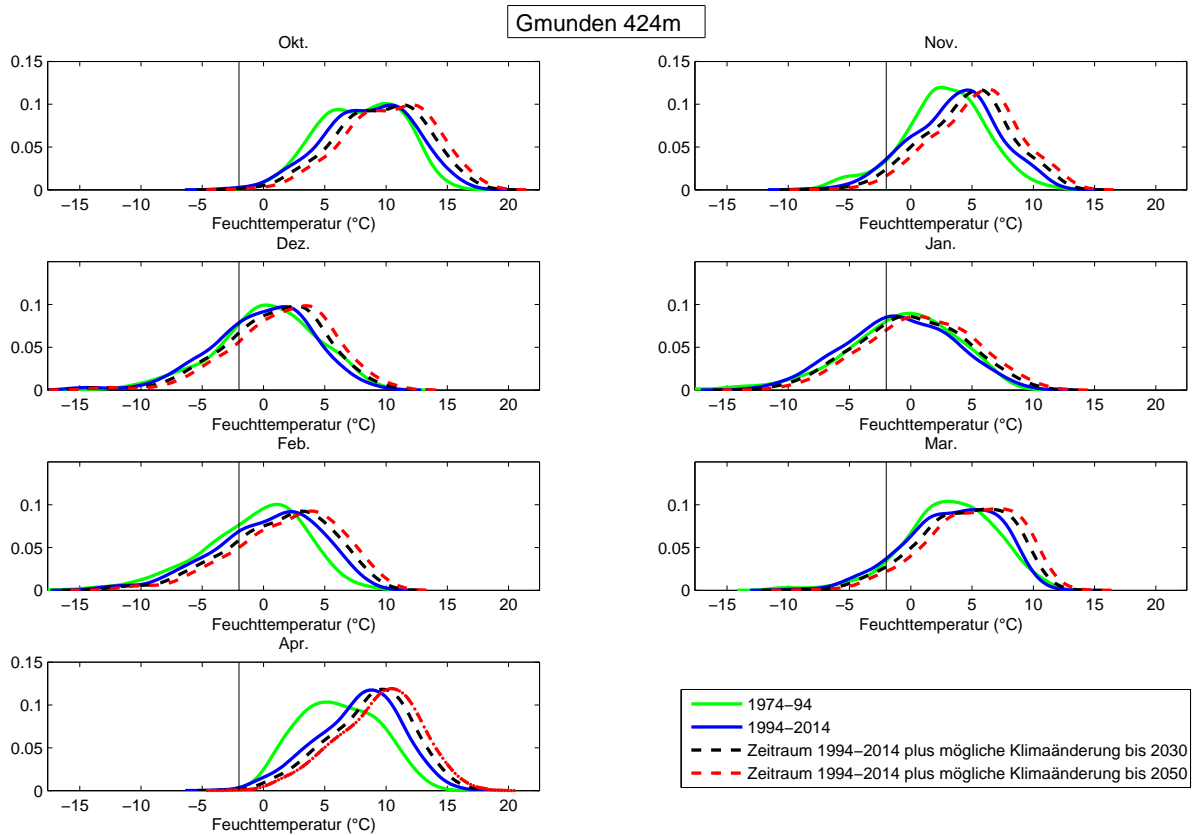


Abbildung 3.23: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchtttemperatur unter -2°C pro Monat, Gmunden.								
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	
Periode								
1974-1994	0,0	2,3	7,0	10,4	8,8	2,3	0,0	
1994-2014	0,1	1,9	9,1	12,0	7,7	2,5	0,1	
mit Klimaänderung bis 2030	0,1	1,05	6,8	9,7	6,0	1,8	0,1	
mit Klimaänderung bis 2050	0	0,6	5,25	7,8	4,8	1,5	0	
Abnahme bis 2050 in Tagen	0,1	1,3	3,9	4,3	2,9	1,1	0,1	
Abnahme bis 2050 in %	100	68	42	35	38	42	100	

Tabelle 3.7: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1974-94, 1994-2014 und 1994-2014 mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

3.10 Kitzbühel (746 m)

3.10.1 Langzeitanalyse - Trends und Klima

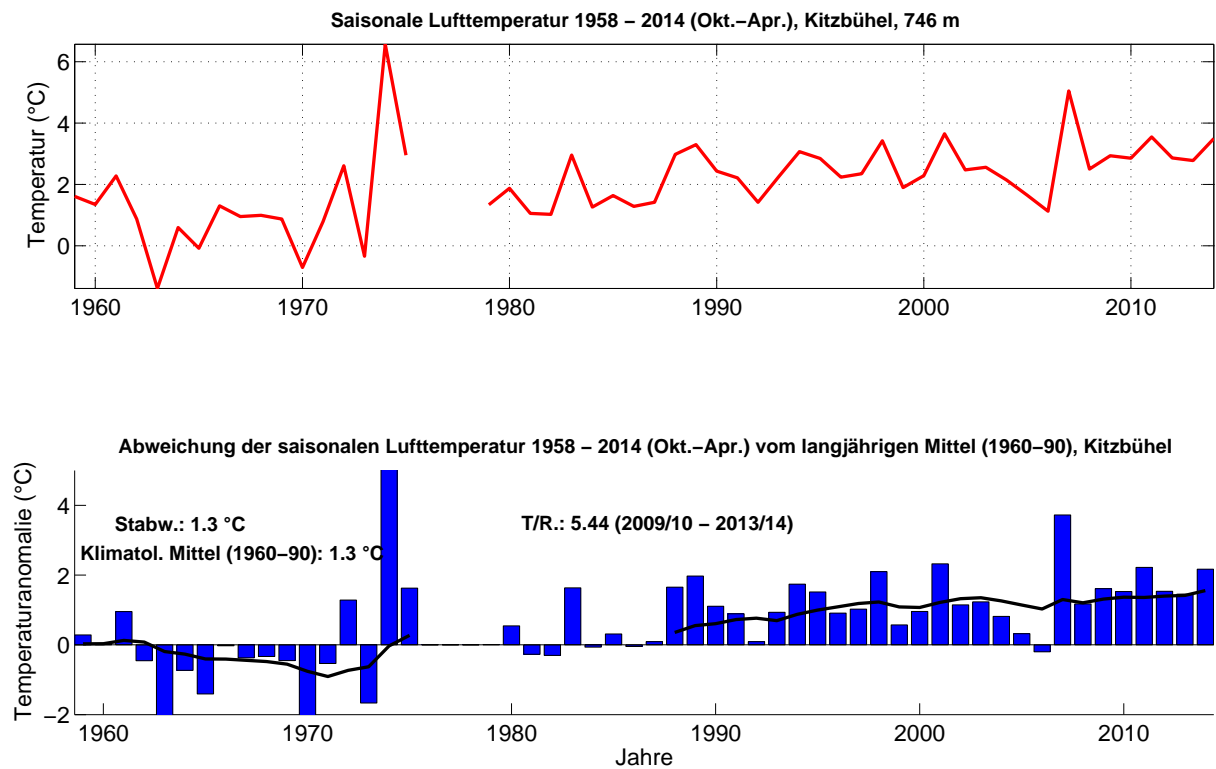


Abbildung 3.1: Langzeitanalyse der saisonalen Lufttemperatur, Kitzbühel, Okt.-Apr. 1958-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2009 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

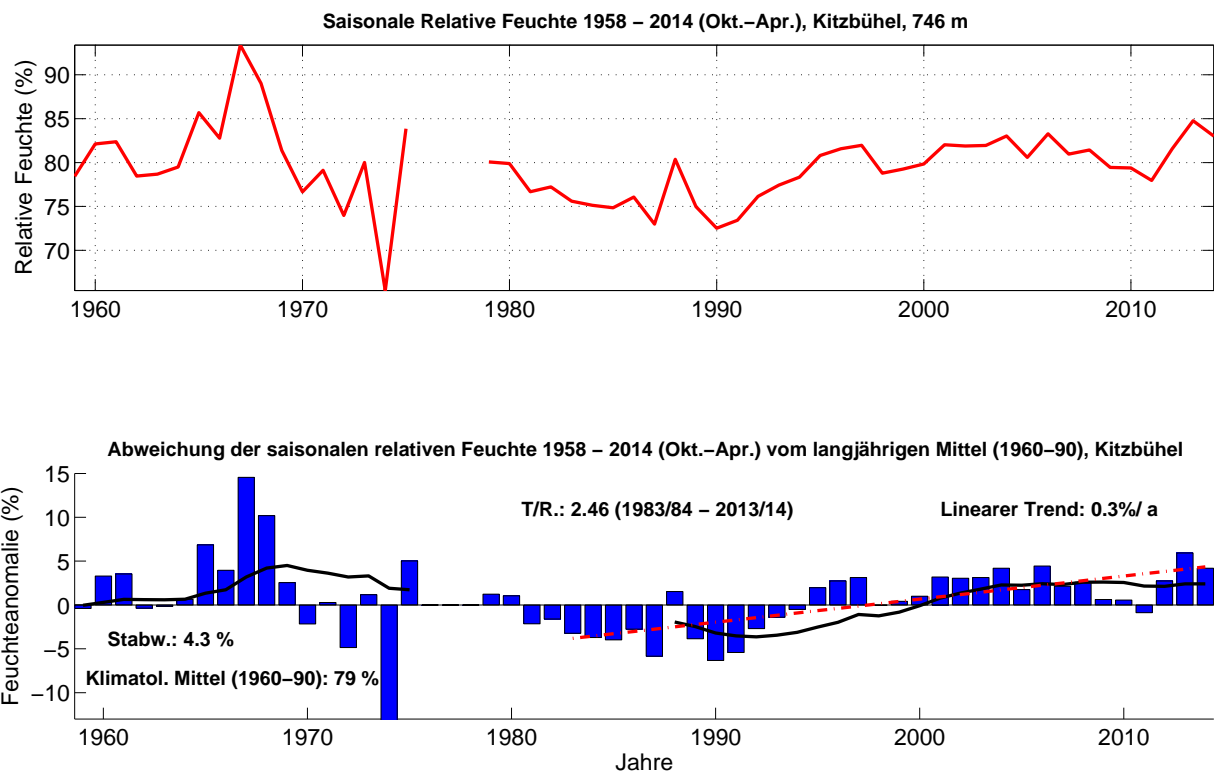


Abbildung 3.2: Langzeitanalyse der saisonalen relativen Feuchte, Gmunden, Okt.-Apr. 1958–2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 1983 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

Die relative Feuchte nimmt seit 1983/84 signifikant um 0.3% pro Jahr zu. Siehe Abb. 3.2.

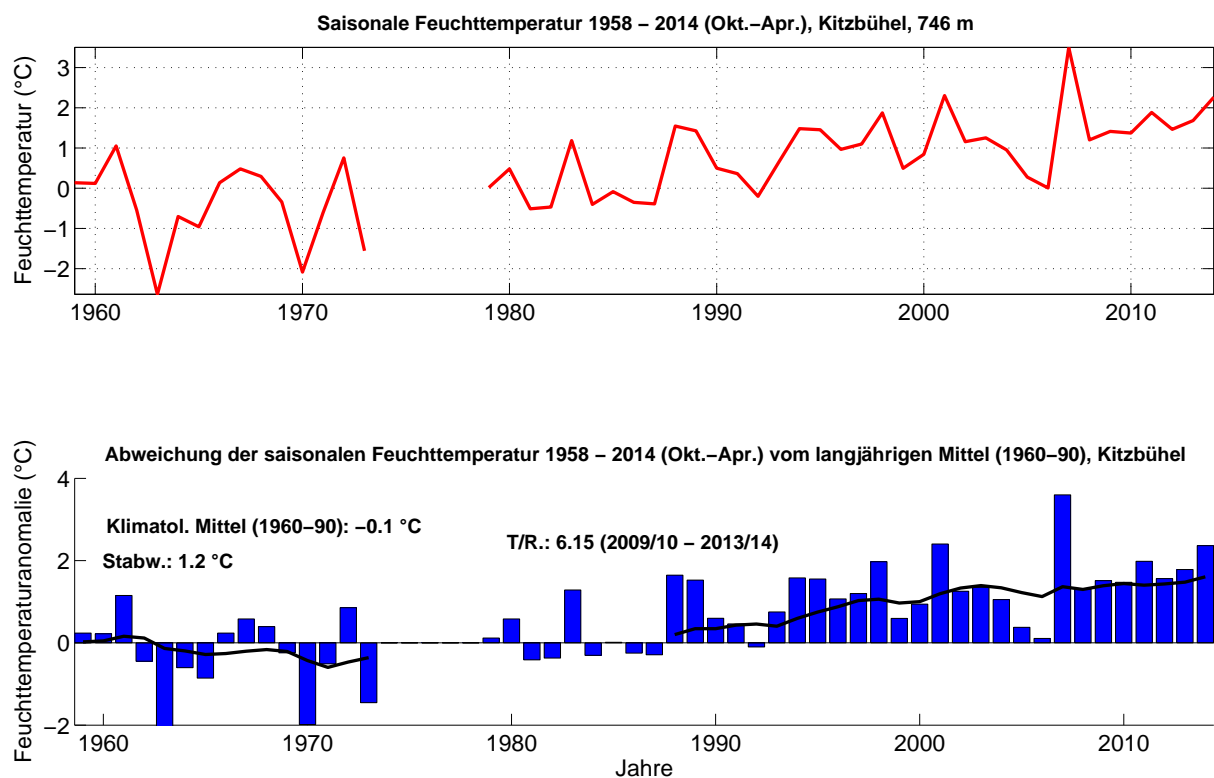


Abbildung 3.3: Langzeitanalyse der saisonalen Feuchttemperatur, Kitzbühel, Okt.-Apr. 1958-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2008 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

Seit Ende der 80er Jahre gab es fast ausschließlich Jahre mit Feuchttemperaturwerten über dem langjährigen Mittel. Ein signifikanter, langfristiger Trend nach Mann-Kendall ist dennoch nicht zu sehen. Siehe Abb. 3.3.

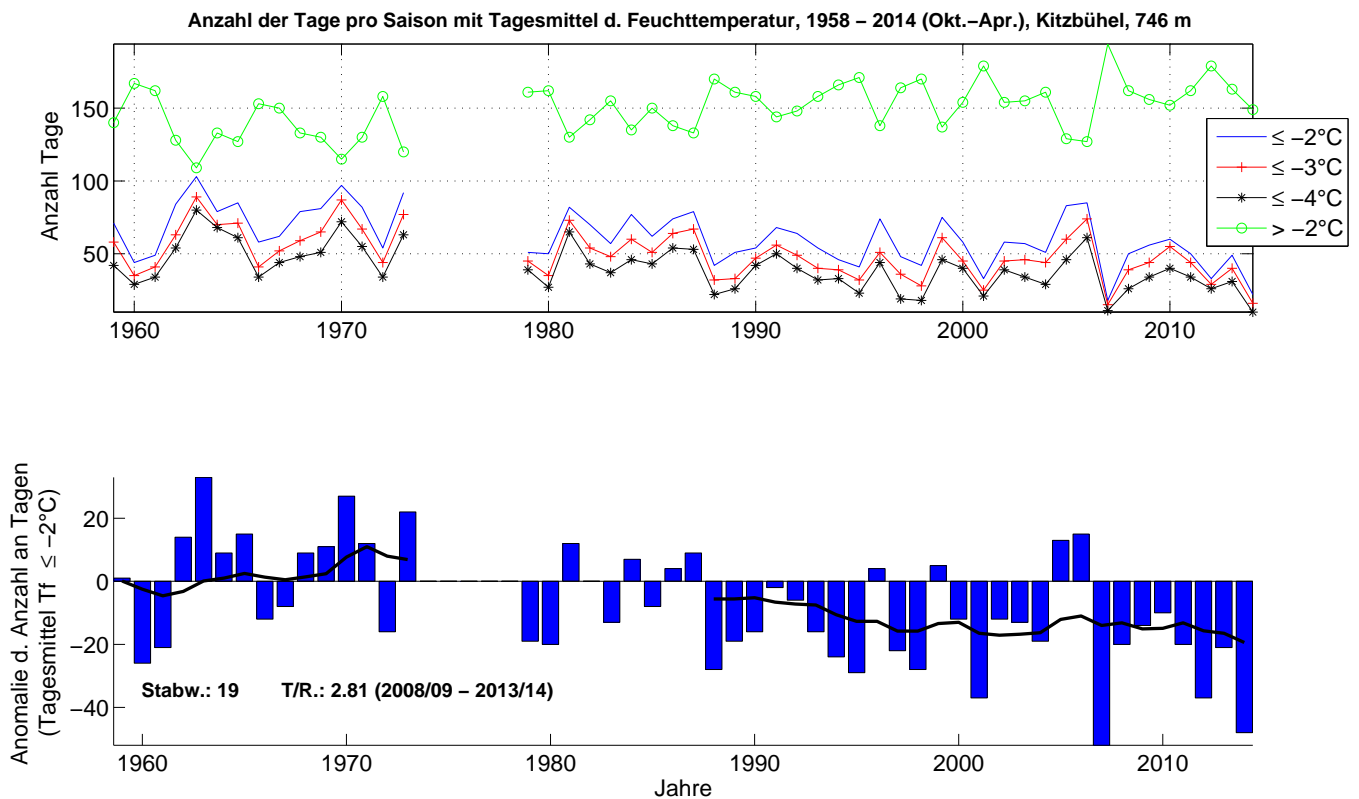


Abbildung 3.4: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchtttemperatur von -2°C , -3°C und -4°C , bzw. Überschreitung von -2°C , Periode 1958-2014, Kitzbühel. Abweichung vom langjährigen Mittel für Tagesmittel $\leq -2^{\circ}\text{C}$ (unten).

Die Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Tagesmittel der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$) unterliegt einer natürlichen, intersaisonalen Schwankung von 19 Tagen. Seit Ende der 80er Jahre gab es lediglich 4 Saisons mit einer überdurchschnittlichen Anzahl an Schneitagen. Siehe Abb. 3.4.

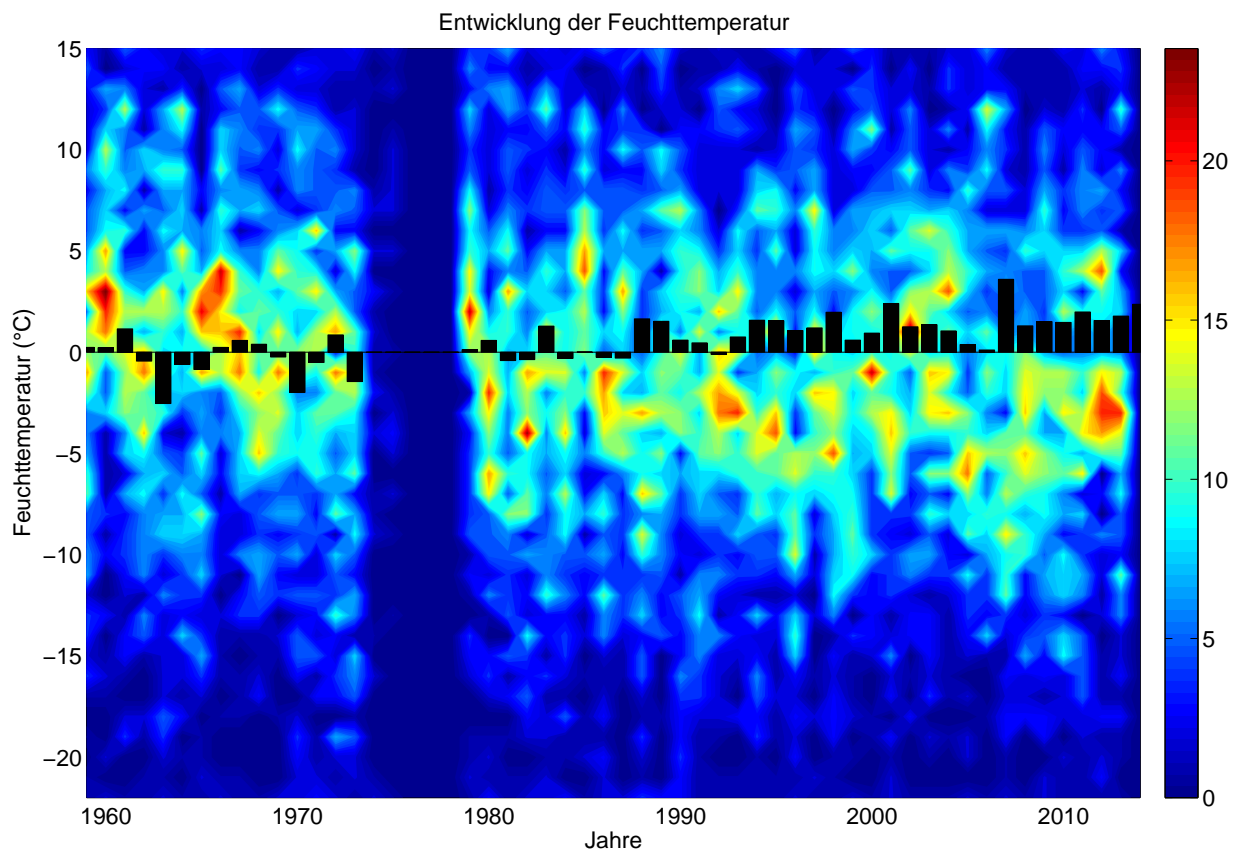


Abbildung 3.5: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1958-2014, Kitzbühel. Die schwarzen Balken zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel (1960-90).

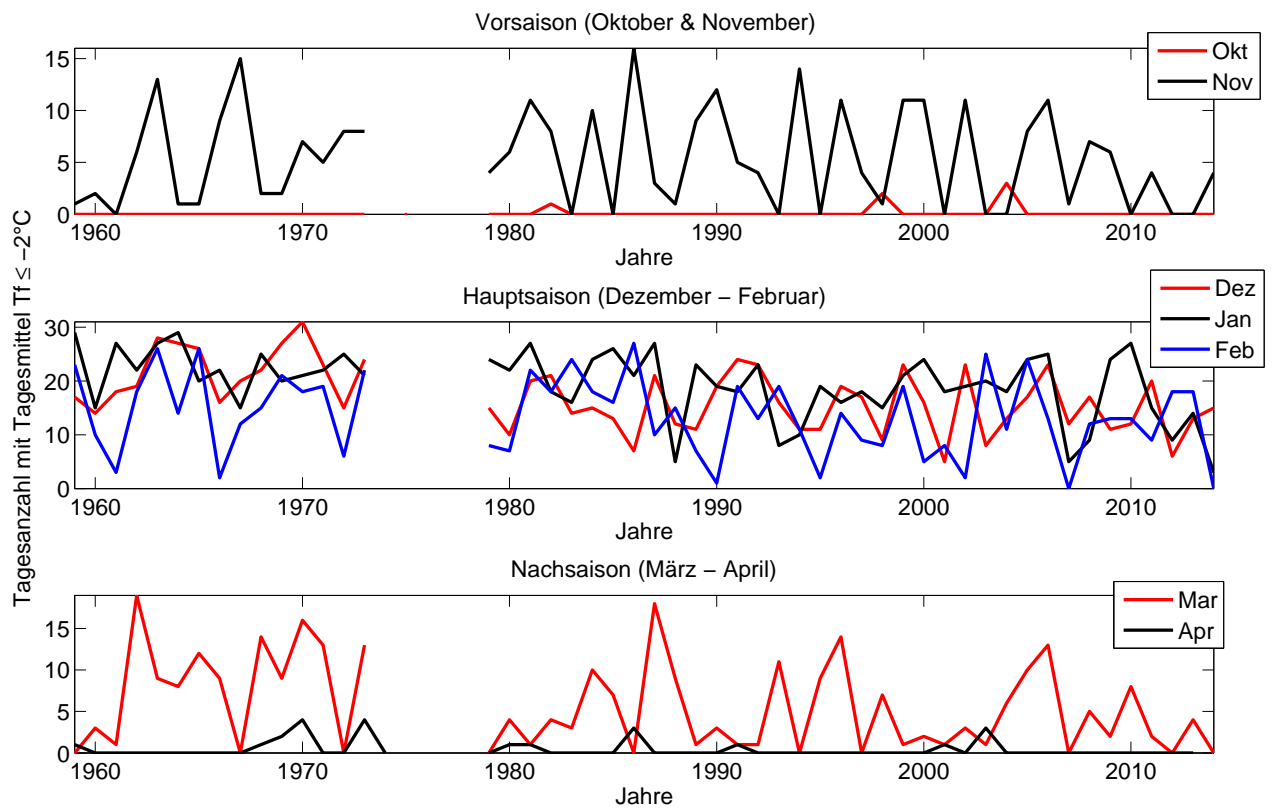


Abbildung 3.6: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Schneitagen pro Saison, nach Monaten.

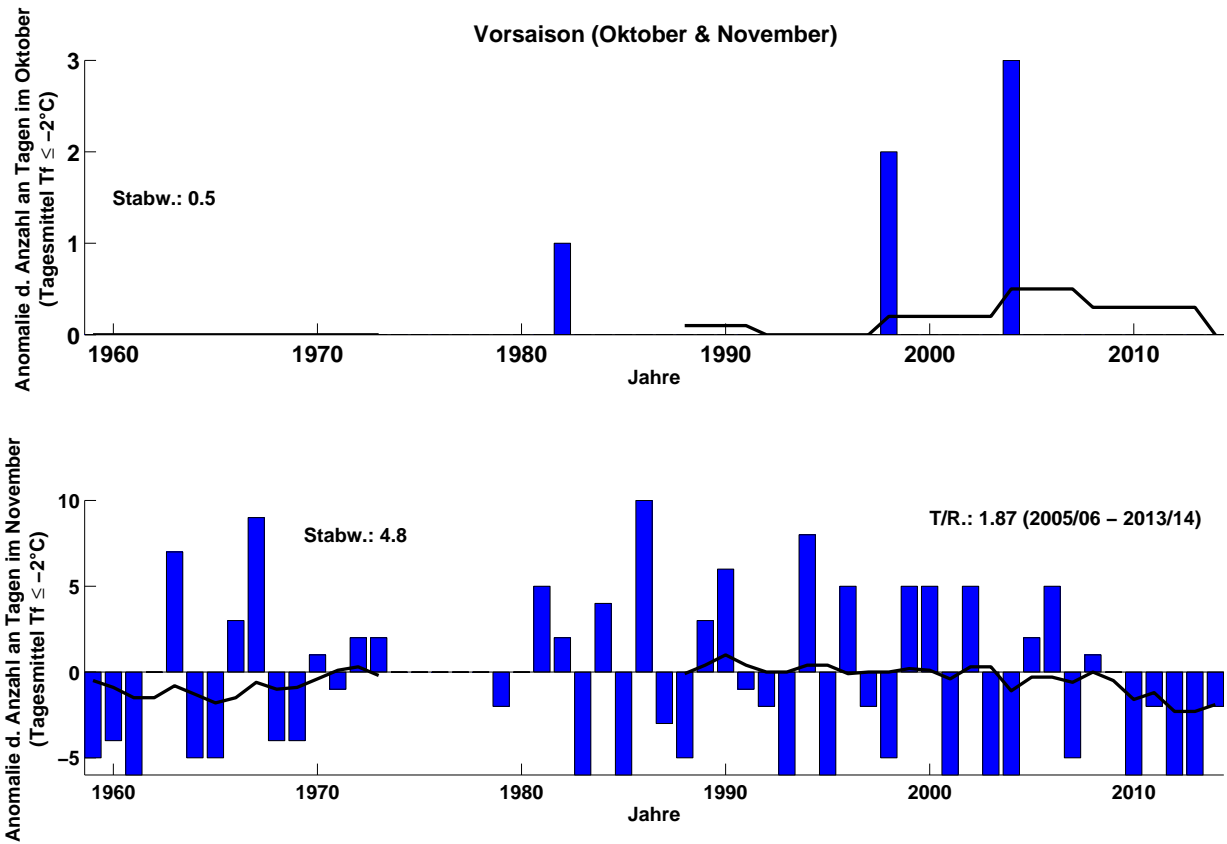


Abbildung 3.7: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Oktober und November (Vorsaison).

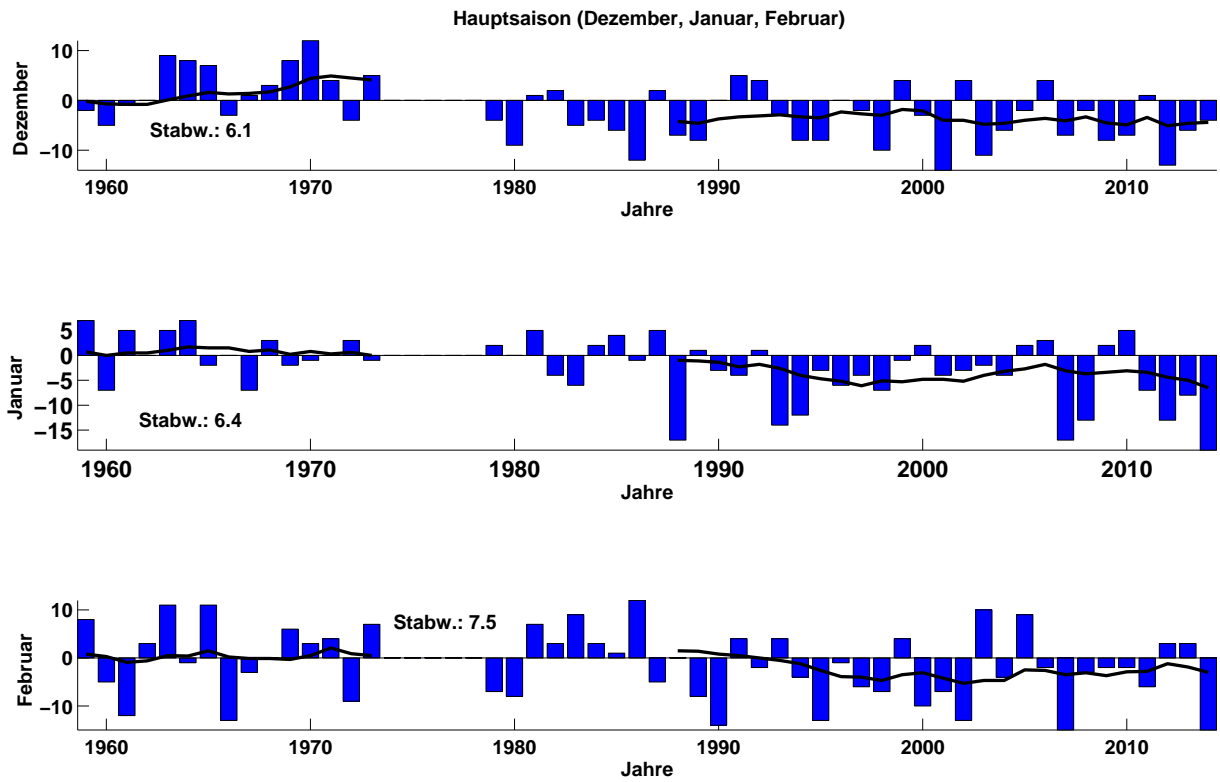


Abbildung 3.8: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Dezember, Januar und Februar (Hauptsaison).

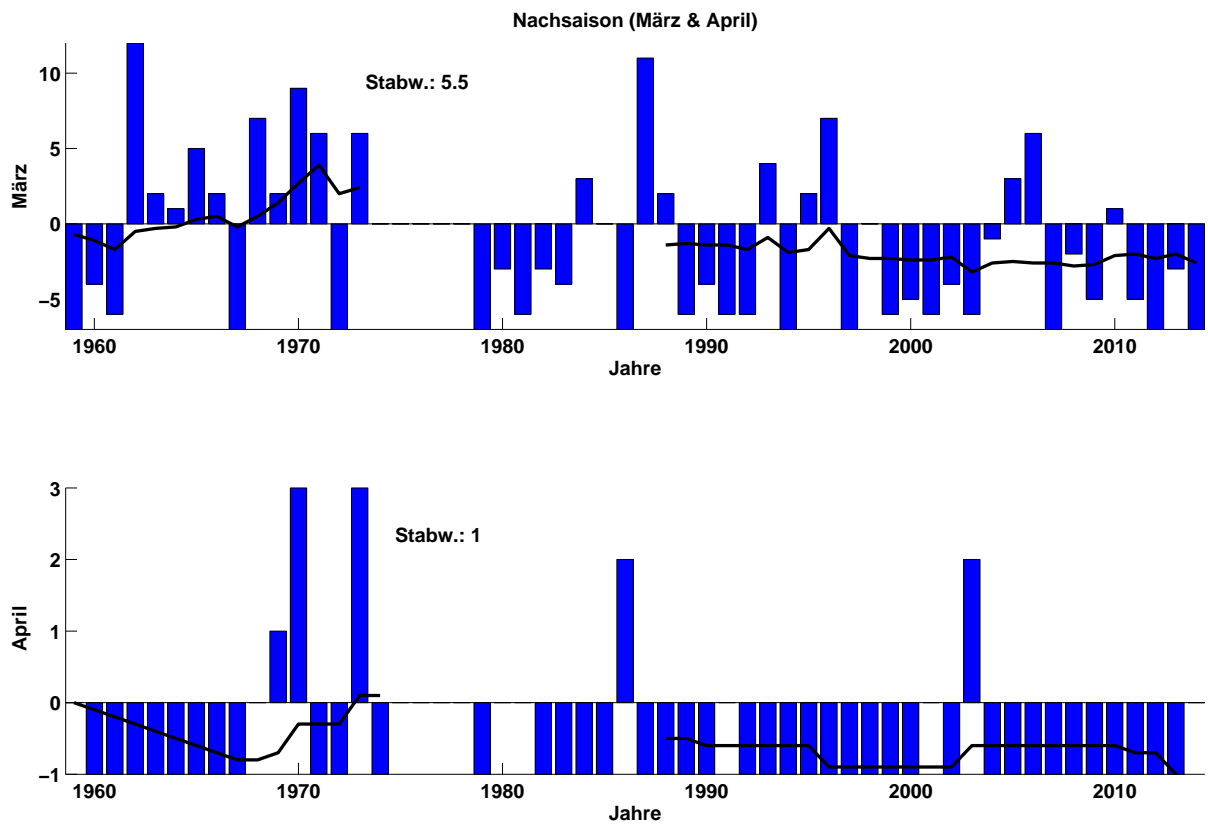


Abbildung 3.9: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt n Monate: März und April (Nachsaison).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1958 – 2014) ,Kitzbühel 746 m

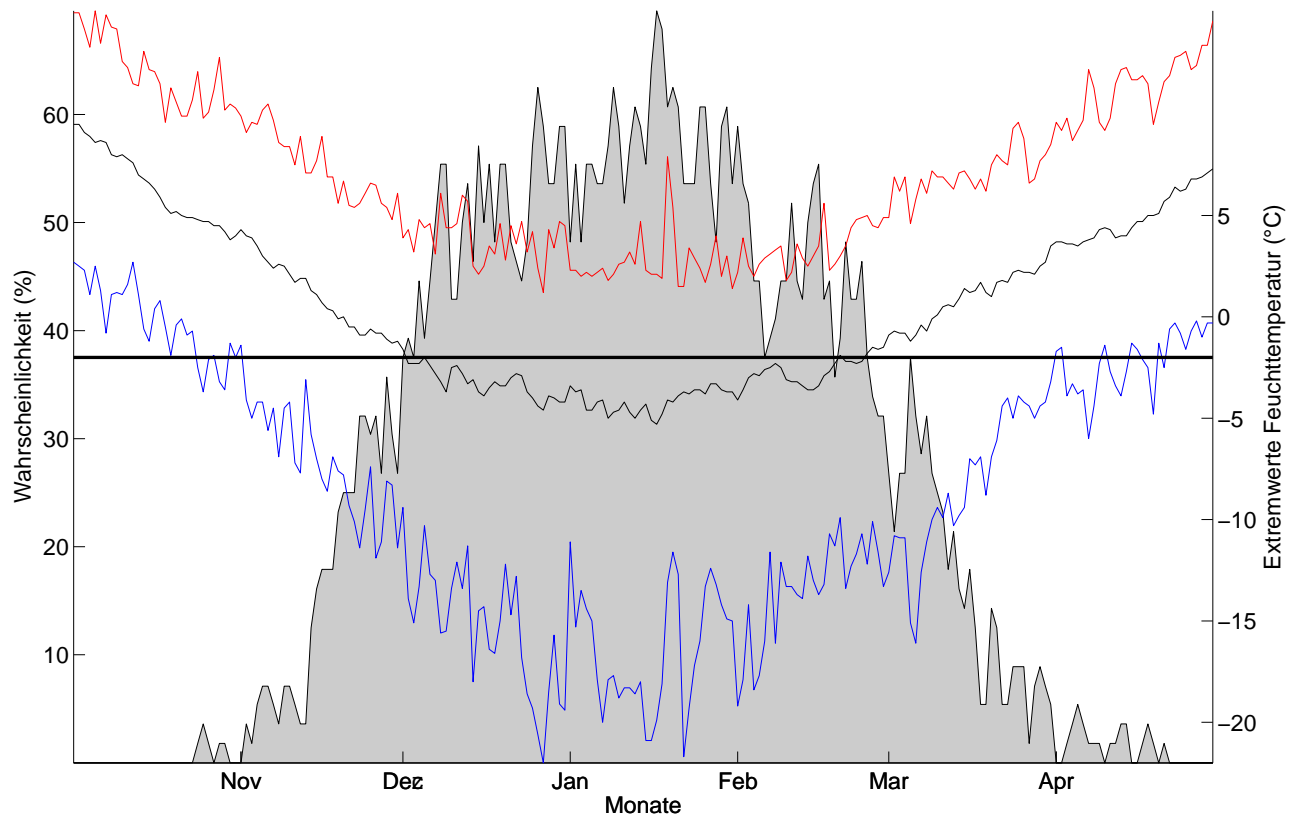


Abbildung 3.10: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Kitzbühel, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1958-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), Kitzbühel 746m

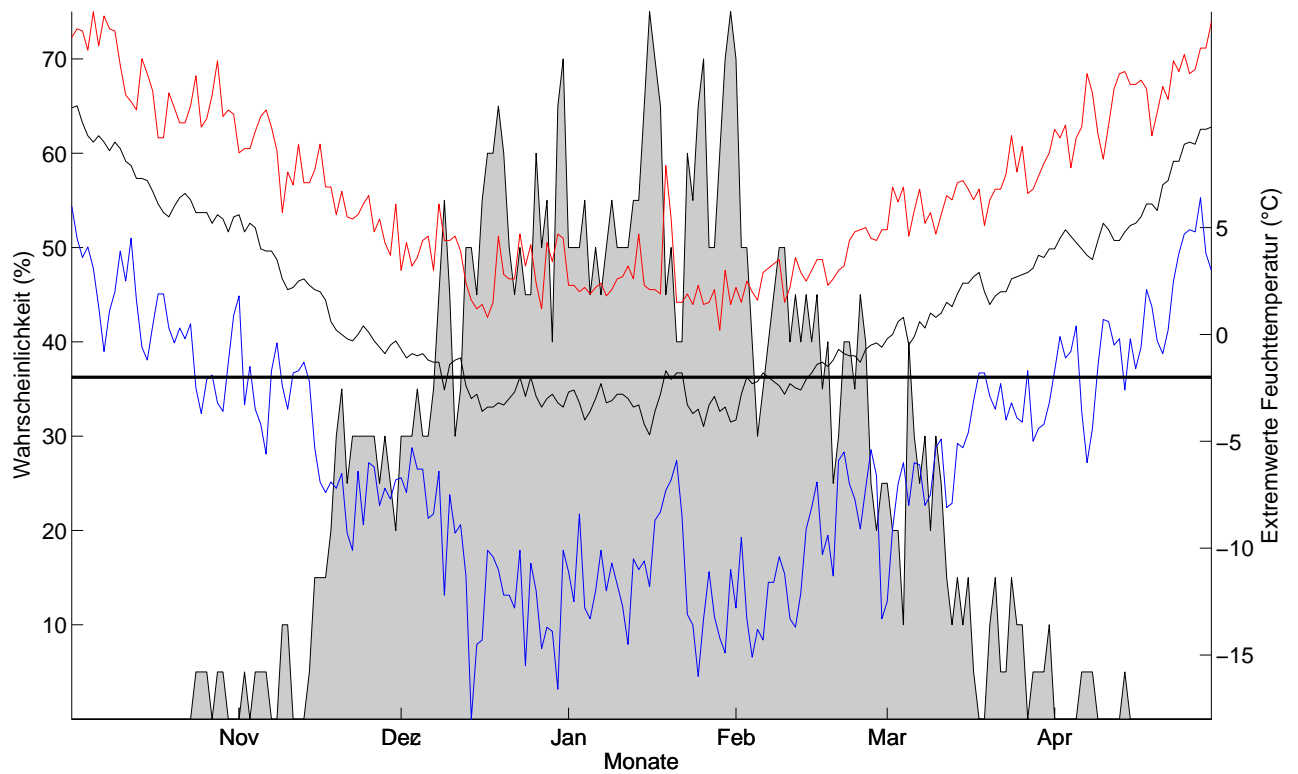


Abbildung 3.11: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Kitzbühel, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

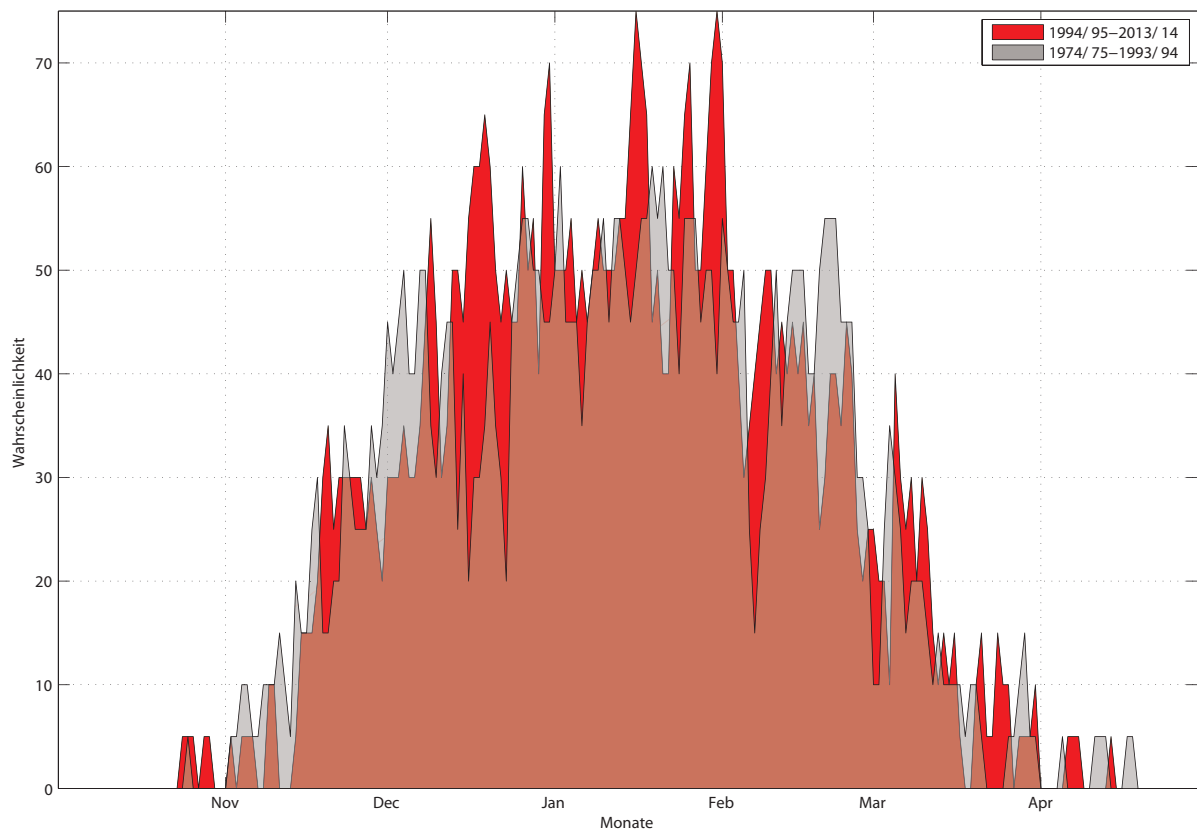


Abbildung 3.12: Vergleich Beschneigungswahrscheinlichkeit (Tagesmittelwert $T_f \leq -2^\circ\text{C}$) der letzten 20 Jahre mit den 20 Jahren davor für alle Tage der Saison (1.10.-30.4.).

Im Mittel über die gesamte Saison gesehen, ist die Wahrscheinlichkeit Beschneien zu können, in den letzten 20 Jahren im Vergleich zu den 20 Jahren davor von etwa 26 auf etwa 23% gesunken. Die Variabilität der Schneiwahrscheinlichkeit hat zugenommen. Siehe Abb. 3.12

Beschneitage Kitzbühel pro Saison und Monat

Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	0,1	5,4	17,0	19,5	13,6	5,6	0,4
SD	0,5	4,7	6,0	6,3	7,4	5,4	1,0
1958/59	0	1	17	29	23	0	1
1959/60	0	2	14	15	10	3	0
1960/61	0	0	18	27	3	1	0
1961/62	0	6	19	22	18	19	0
1962/63	0	13	28	27	26	9	0
1963/64	0	1	27	29	14	8	0
1964/65	0	1	26	20	26	12	0
1965/66	0	9	16	22	2	9	0
1966/67	0	15	20	15	12	0	0
1967/68	0	2	22	25	15	14	1
1968/69	0	2	27	20	21	9	2
1969/70	0	7	31	21	18	16	4
1970/71	0	5	23	22	19	13	0
1971/72	0	8	15	25	6	0	0
1972/73	0	8	24	21	22	13	4
1973/74	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1974/75	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1975/76	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1976/77	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1977/78	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1978/79	0	4	15	24	8	0	0
1979/80	0	6	10	22	7	4	1
1980/81	0	11	20	27	22	1	1
1981/82	1	8	21	18	18	4	0
1982/83	0	0	14	16	24	3	0
1983/84	0	10	15	24	18	10	0
1984/85	0	0	13	26	16	7	0
1985/86	0	16	7	21	27	0	3
1986/87	0	3	21	27	10	18	0
1987/88	0	1	12	5	15	9	0

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

1988/89	0	9	11	23	7	1	0
1989/90	0	12	19	19	1	3	0
1990/91	0	5	24	18	19	1	1
1991/92	0	4	23	23	13	1	0
1992/93	0	0	16	8	19	11	0
1993/94	0	14	11	10	11	0	0
1994/95	0	0	11	19	2	9	0
1995/96	0	11	19	16	14	14	0
1996/97	0	4	17	18	9	0	0
1997/98	2	1	9	15	8	7	0
1998/99	0	11	23	21	19	1	0
1999/00	0	11	16	24	5	2	0
2000/01	0	0	5	18	8	1	1
2001/02	0	11	23	19	2	3	0
2002/03	0	0	8	20	25	1	3
2003/04	3	0	13	18	11	6	0
2004/05	0	8	17	24	24	10	0
2005/06	0	11	23	25	13	13	0
2006/07	0	1	12	5	0	0	0
2007/08	0	7	17	9	12	5	0
2008/09	0	6	11	24	13	2	0
2009/10	0	0	12	27	13	8	0
2010/11	0	4	20	15	9	2	0
2011/12	0	0	6	9	18	0	0
2012/13	0	0	13	14	18	4	0
2013/14	0	4	15	3	0	0	0

Tabelle 3.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1958 - 2014, Kitzbühel.

Klimaparameter (Saisonmittel) und Schneitage				
Jahr	Temperatur	Relative Luftfeuchte	Feuchttemperatur	Schneitage
<i>Fortsetzung auf der nächsten Seite</i>				

Klimaparamter – Fortsetzung

Jahr	°C	%	°C	-
Mittelwert	2,0	79,5	0,6	62
SD	1,3	4,3	1,2	19
1958/59	1,6	78,4	0,1	71
1959/60	1,3	82,1	0,1	44
1960/61	2,3	82,4	1,1	49
1961/62	0,9	78,5	-0,5	84
1962/63	-1,4	78,7	-2,6	103
1963/64	0,6	79,5	-0,7	79
1964/65	-0,1	85,7	-1,0	85
1965/66	1,3	82,8	0,1	58
1966/67	1,0	93,4	0,5	62
1967/68	1,0	89,0	0,3	79
1968/69	0,9	81,4	-0,3	81
1969/70	-0,7	76,7	-2,1	97
1970/71	0,8	79,1	-0,6	82
1971/72	2,6	74,0	0,8	54
1972/73	-0,3	80,0	-1,6	92
1973/74	6,6	65,4	3,7	NaN
1974/75	3,0	83,9	1,8	NaN
1975/76	NaN	NaN	NaN	NaN
1976/77	NaN	NaN	NaN	NaN
1977/78	NaN	NaN	NaN	NaN
1978/79	1,3	80,1	0,0	51
1979/80	1,9	79,9	0,5	50
1980/81	1,1	76,7	-0,5	82
1981/82	1,0	77,2	-0,5	70
1982/83	3,0	75,6	1,2	57
1983/84	1,3	75,1	-0,4	77
1984/85	1,6	74,9	-0,1	62
1985/86	1,3	76,1	-0,4	74
1986/87	1,4	73,0	-0,4	79
<i>Fortsetzung auf der nächsten Seite</i>				

Klimaparamter – Fortsetzung

1987/88	3,0	80,4	1,5	42
1988/89	3,3	75,0	1,4	51
1989/90	2,4	72,5	0,5	54
1990/91	2,2	73,4	0,4	68
1991/92	1,4	76,1	-0,2	64
1992/93	2,3	77,4	0,7	54
1993/94	3,1	78,3	1,5	46
1994/95	2,8	80,8	1,5	41
1995/96	2,2	81,6	1,0	74
1996/97	2,3	82,0	1,1	48
1997/98	3,4	78,8	1,9	42
1998/99	1,9	79,3	0,5	75
1999/00	2,3	79,8	0,8	58
2000/01	3,6	82,0	2,3	33
2001/02	2,5	81,9	1,2	58
2002/03	2,6	82,0	1,3	57
2003/04	2,1	83,0	1,0	51
2004/05	1,6	80,6	0,3	83
2005/06	1,1	83,3	0,0	85
2006/07	5,0	81,0	3,5	18
2007/08	2,5	81,4	1,2	50
2008/09	2,9	79,5	1,4	56
2009/10	2,9	79,4	1,4	60
2010/11	3,5	78,0	1,9	50
2011/12	2,9	81,6	1,5	33
2012/13	2,8	84,8	1,7	49
2013/14	3,5	83,0	2,3	22

Tabelle 3.2: Saisonale Klimaparameter und Schneitage für die Periode 1958-2014, Kitzbühel.

3.10.2 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

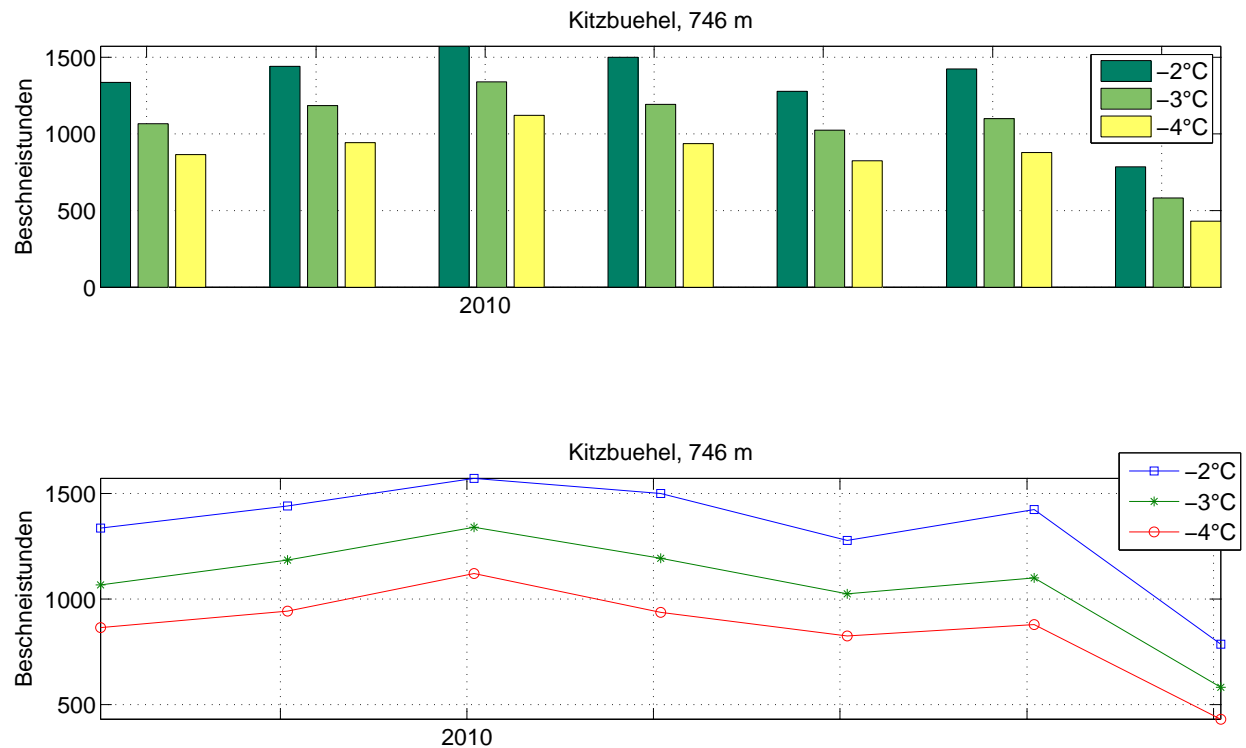
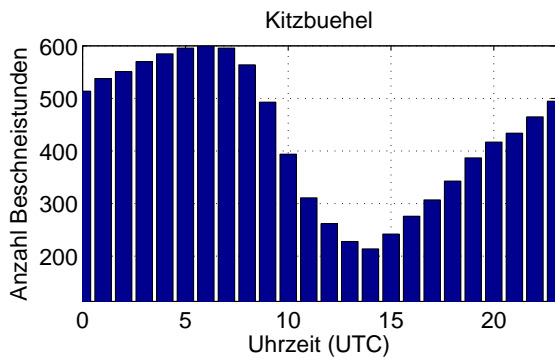
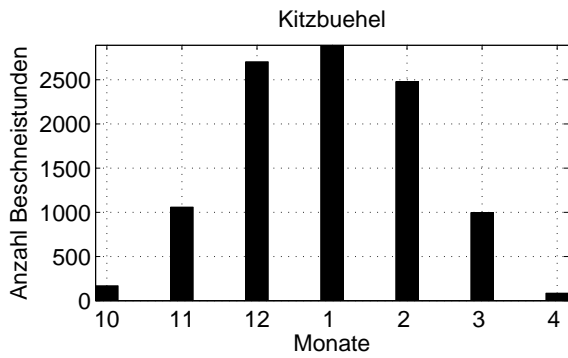
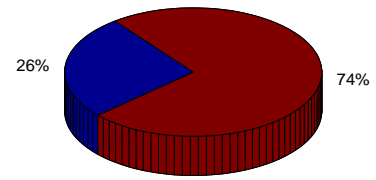


Abbildung 3.13: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 241 Stunden (10 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es im Mittel 1334 potentielle Beschneistunden (ca. 56 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 241 Stunden (ca. 10 Tage). Siehe Abb. 3.13.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

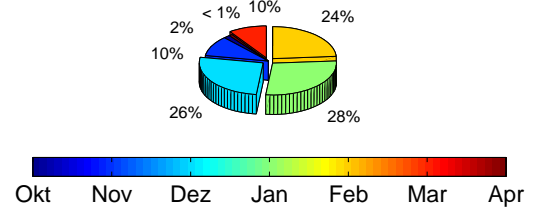


Abbildung 3.14: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

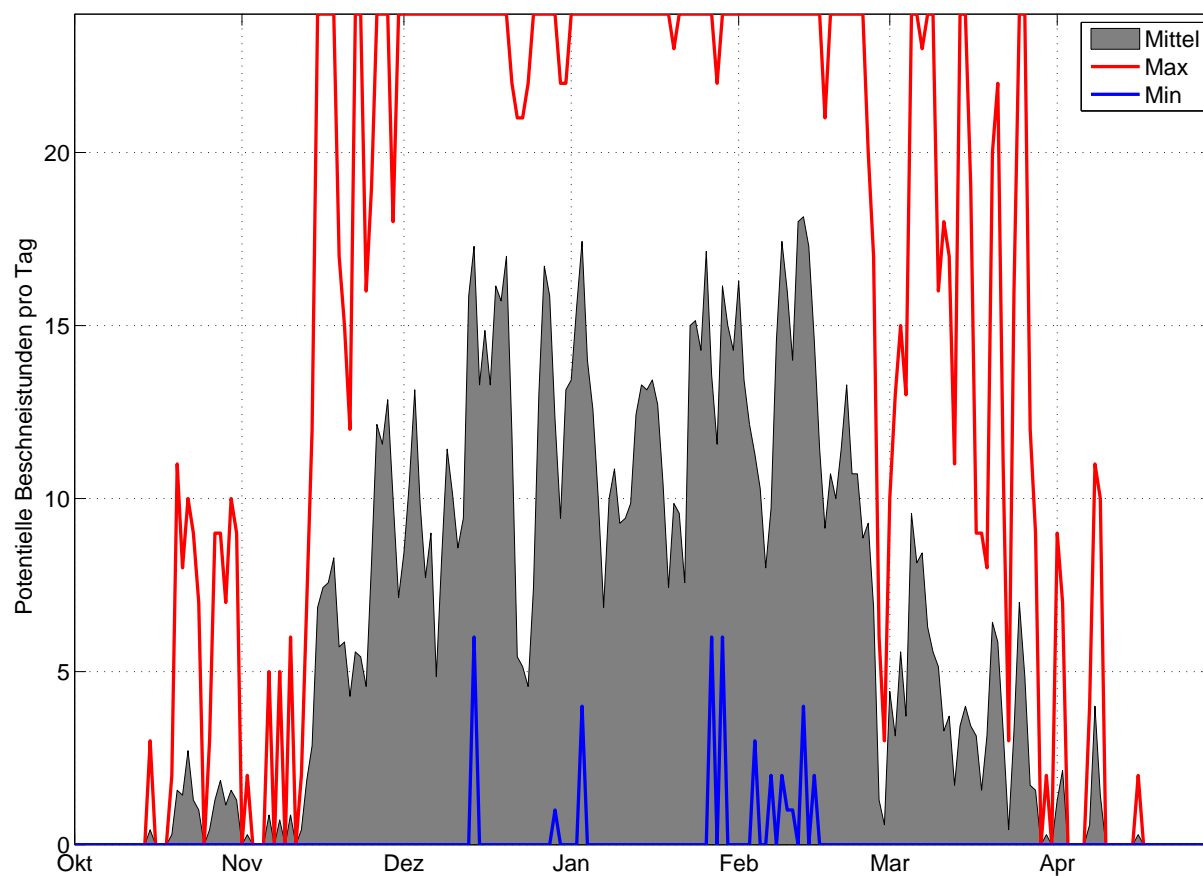


Abbildung 3.15: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 2007-2014, Station Kitzbühel, 746 m.

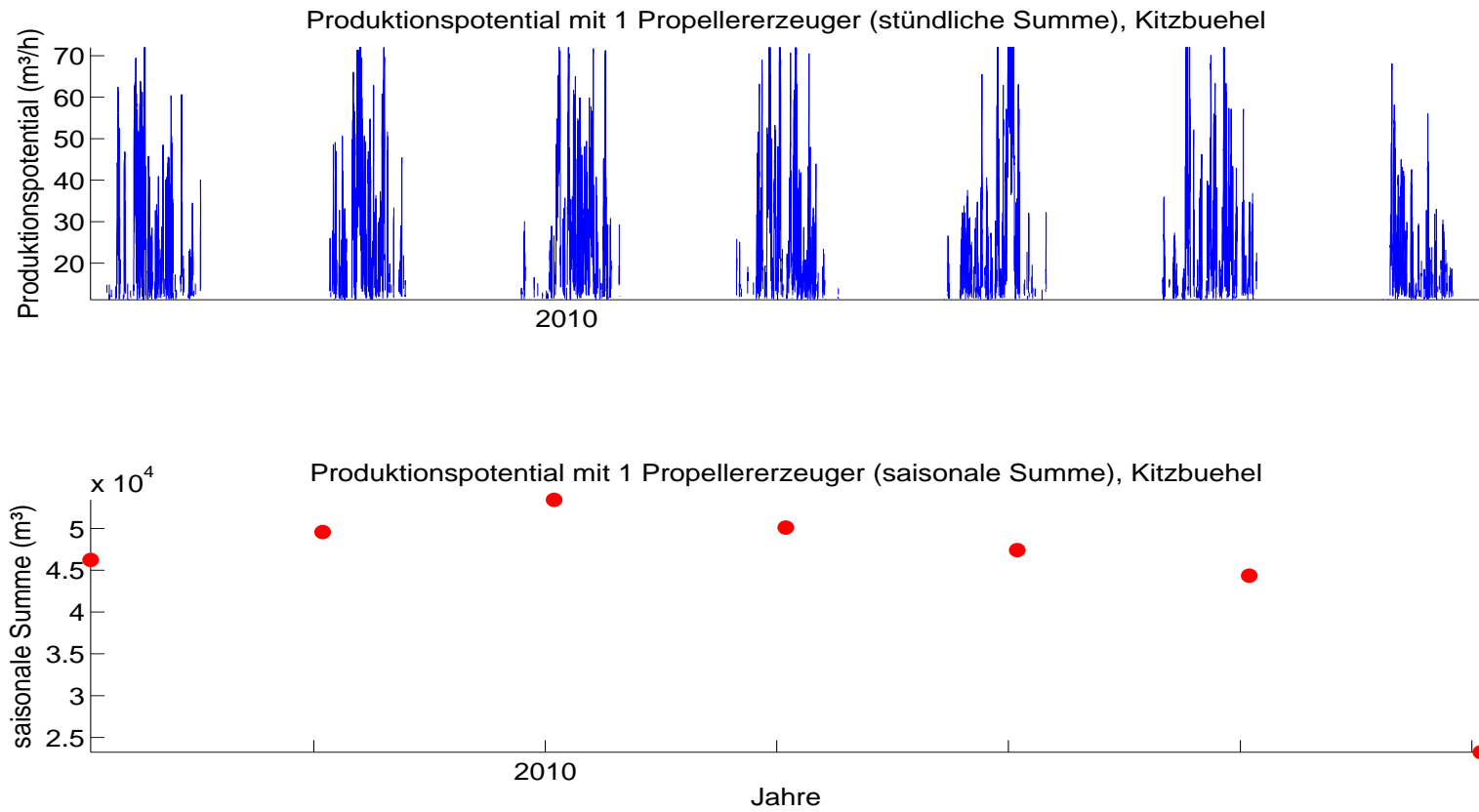


Abbildung 3.16: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

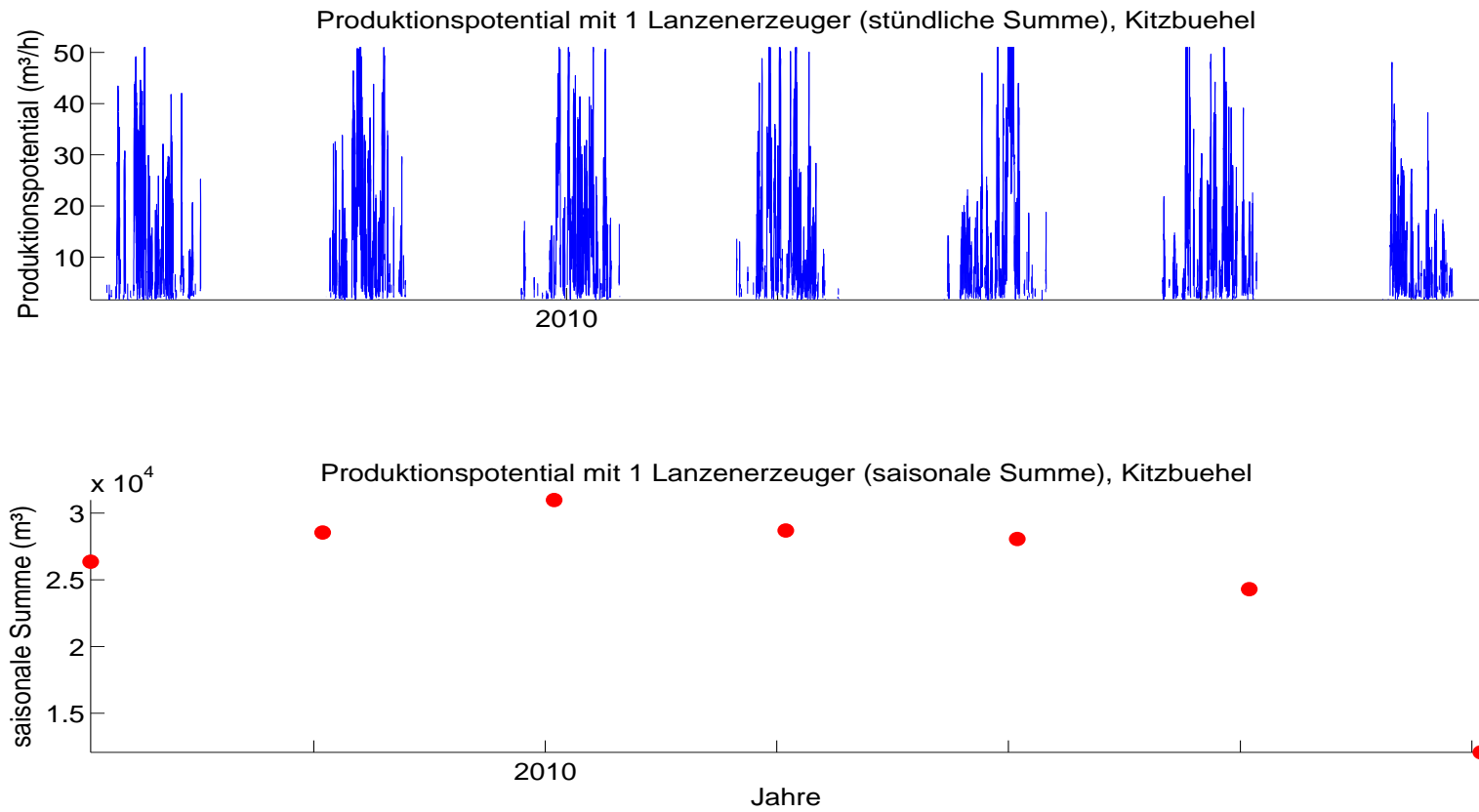


Abbildung 3.17: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 9341 m^3 (Propellergerät), bzw. 7669 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 49863 m^3 (Propellergerät), bzw. 42679 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 17 ha (Propellergerät), bzw. ca. 15 ha (Lanze) eine Grundbeschneung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 3.16 und 3.17.

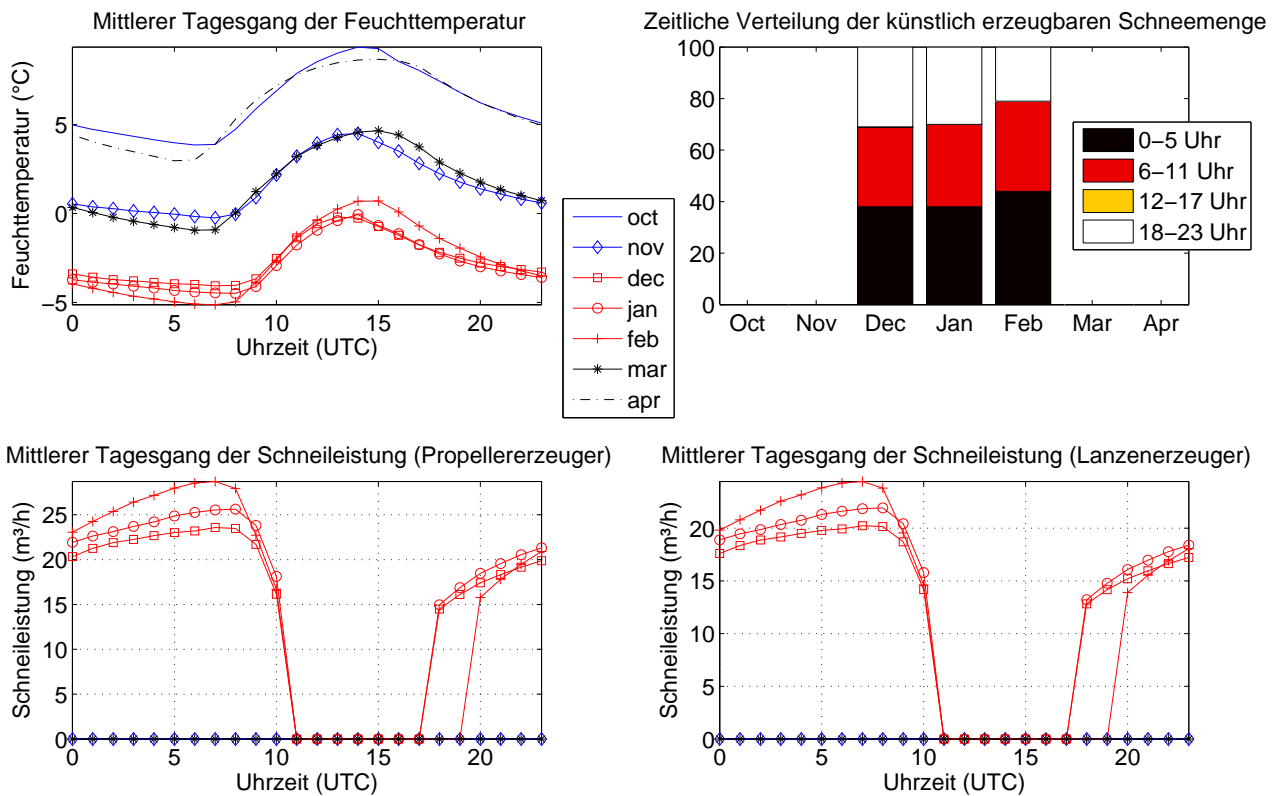


Abbildung 3.18: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 2007-2014, Kitzbühel, 746 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

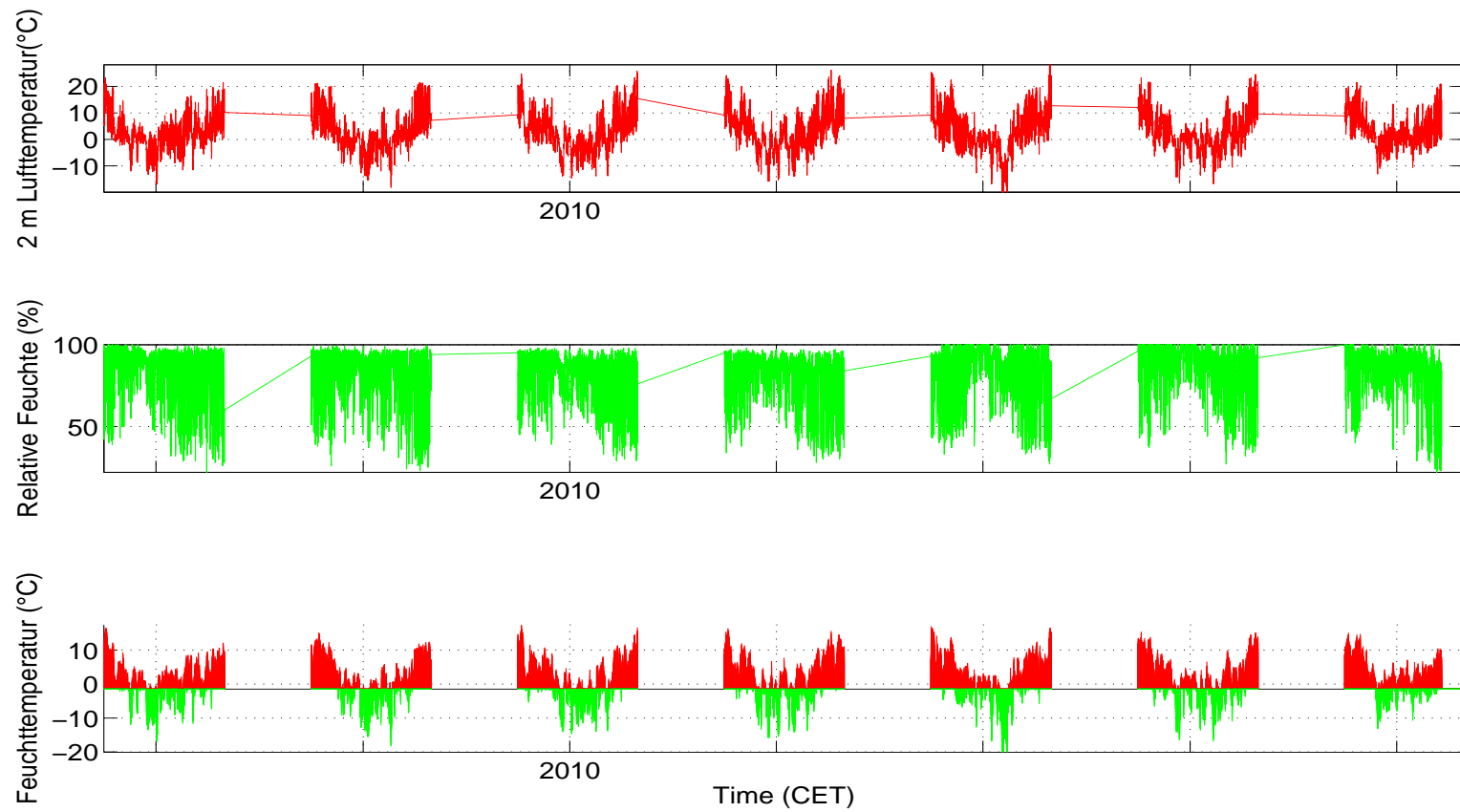


Abbildung 3.19: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Schneistunden mit versch. Grenztemp.				
	-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	1483	1334	1070	857
SD	241	241	221	195
Saison				
2007/08	1524	1336	1067	865
2008/09	1595	1441	1185	943
2009/10	1691	1572	1340	1121
2010/11	1634	1500	1193	937
2011/12	1420	1278	1025	825
2012/13	1593	1424	1100	879
2013/14	925	786	582	431

Tabelle 3.3: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Kitzbühel)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	16	131	350	381	325	122	10
SD	15	77	83	164	108	72	10
Saison							
2007/08	1	205	381	310	264	161	14
2008/09	0	163	301	546	337	94	0
2009/10	24	7	336	630	361	207	7
2010/11	27	122	494	402	327	126	2
2011/12	27	233	226	293	447	35	23
2012/13	35	77	331	346	419	199	22
2013/14	0	112	378	142	123	33	0

Tabelle 3.4: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C).

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Propeller (m ³) (Kitzbüchel)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	733	4477	13233	14166	12716	4125	413
SD	486	2157	3267	5397	5705	2101	300
Saison							
2007/08	582	7935	17367	10802	9201	5098	670
2008/09	60	5222	11624	22055	12201	3640	51
2009/10	1178	1084	13090	21156	13367	7371	493
2010/11	861	4198	18057	15658	11561	3797	203
2011/12	1190	6400	7776	11615	24042	1734	729
2012/13	1235	2311	11900	11948	14892	6150	747
2013/14	26	4192	12819	5927	3748	1082	0

Tabelle 3.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Lanze, (m ³) (Kitzbühel)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	696	3940	11331	12001	10650	3669	397
SD	439	1850	2653	4396	4371	1791	278
Saison							
2007/08	618	6932	14740	9138	7956	4534	640
2008/09	79	4568	10073	18356	10399	3398	62
2009/10	1086	1041	11115	17846	11372	6366	467
2010/11	806	3679	15234	13089	9817	3365	199
2011/12	1140	5595	6941	9941	18952	1634	672
2012/13	1105	2117	10136	10275	12637	5392	700
2013/14	39	3651	11075	5361	3416	996	0

Tabelle 3.6: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

3.10.3 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

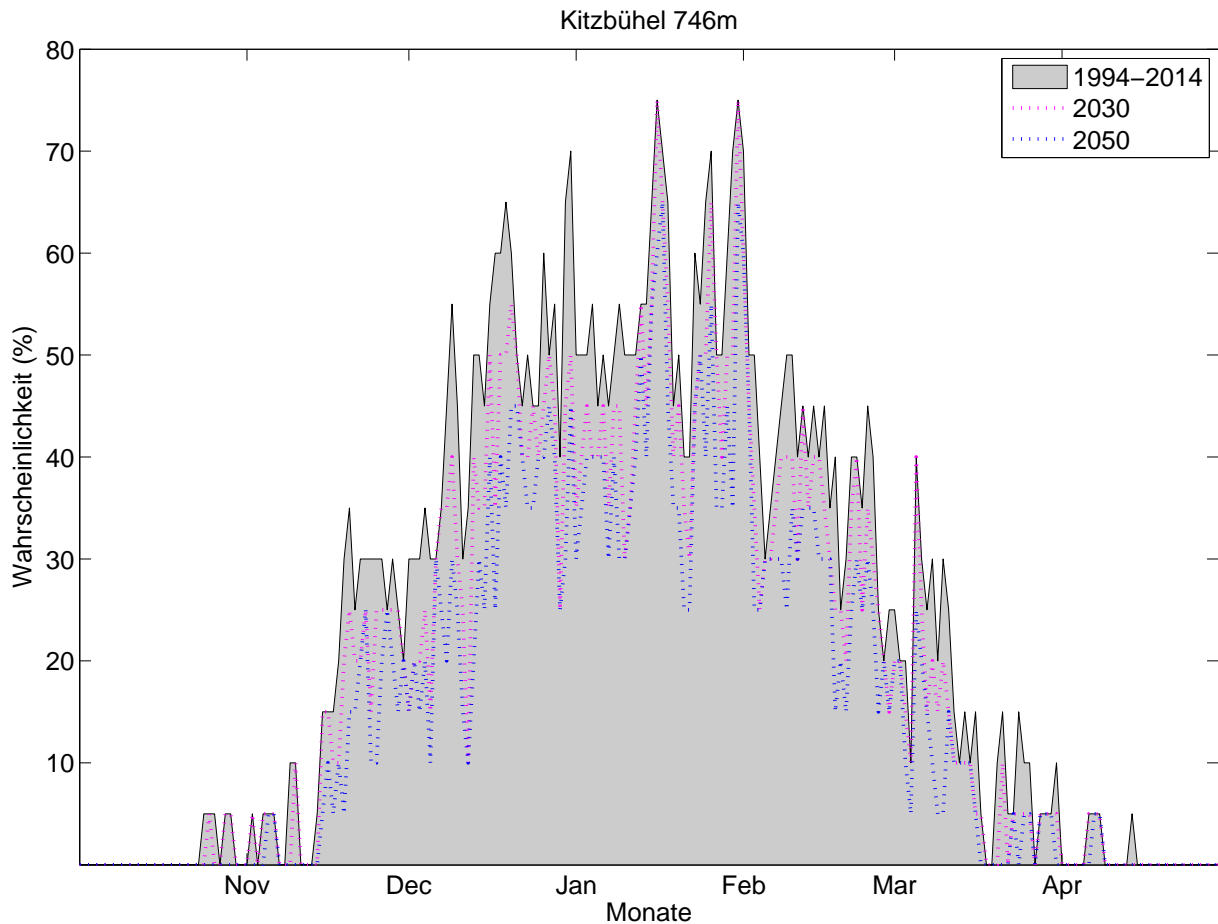


Abbildung 3.20: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Kitzbühel, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

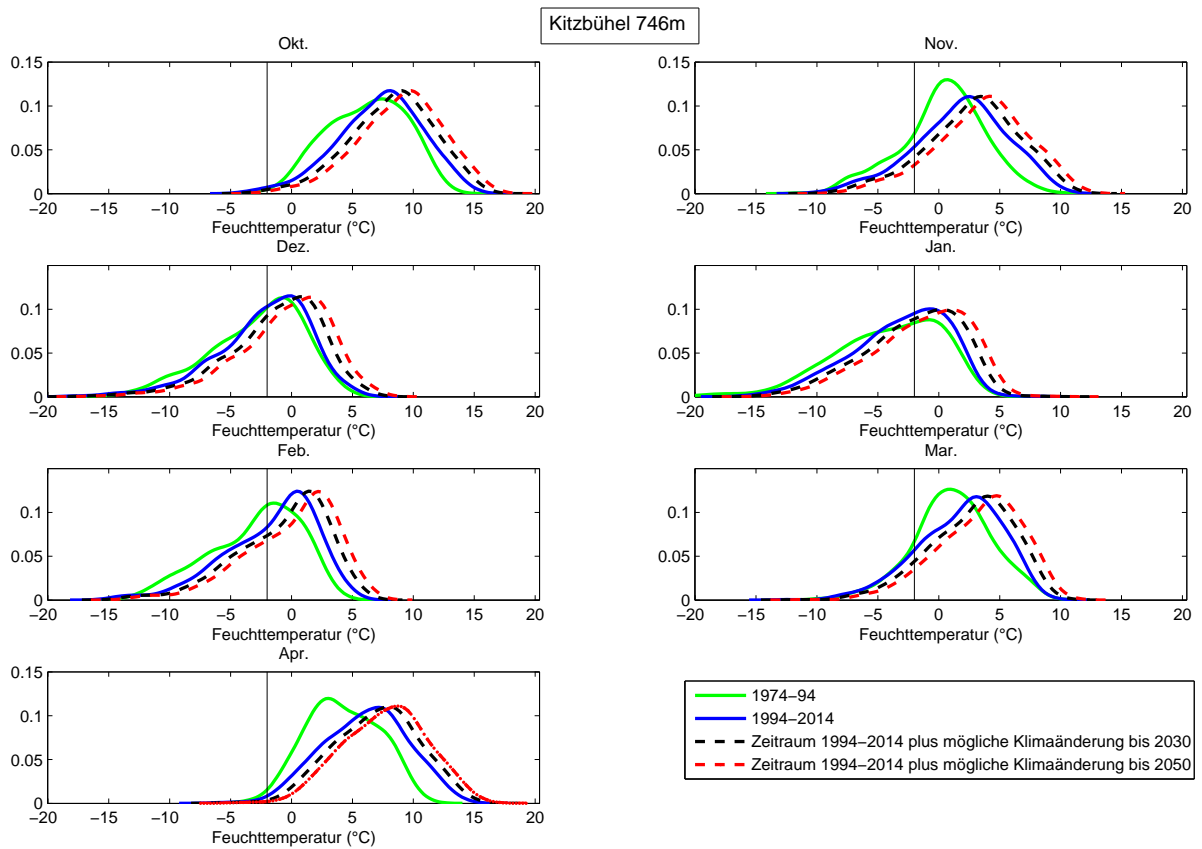


Abbildung 3.21: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchttemperatur unter -2°C pro Monat, Kitzbühel.								
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	
Periode								
1974-1994	0,1	5,2	12,6	15,6	11,8	3,7	0,3	
1994-2014	0,3	4,5	14,5	17,2	11,2	4,4	0,2	
mit Klimaänderung bis 2030	0,2	3,5	11,3	14,6	9,3	3,2	0,2	
mit Klimaänderung bis 2050	0,0	2,4	9,2	12,7	8,0	2,3	0,1	
Abnahme bis 2050 in Tagen	0,3	2,1	5,4	4,5	3,2	2,2	0,1	
Abnahme bis 2050 in %	100	47	37	26	29	49	50	

Tabelle 3.7: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1974-94, 1994-2014 und 1994-2014 mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

3.11 Patscherkofel (2251 m)

3.11.1 Langzeitanalyse - Trends und Klima

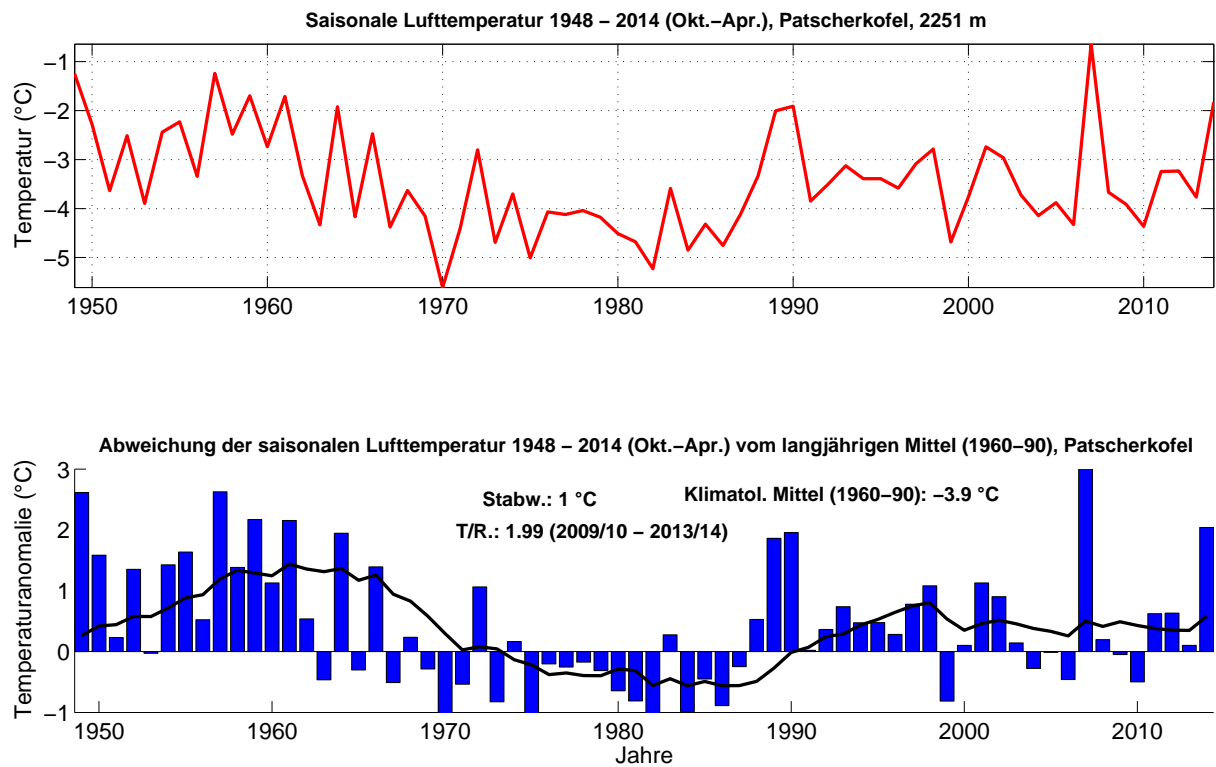


Abbildung 3.1: Langzeitanalyse der saisonalen Lufttemperatur, Patscherkofel, Okt.-Apr. 1948-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2009 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

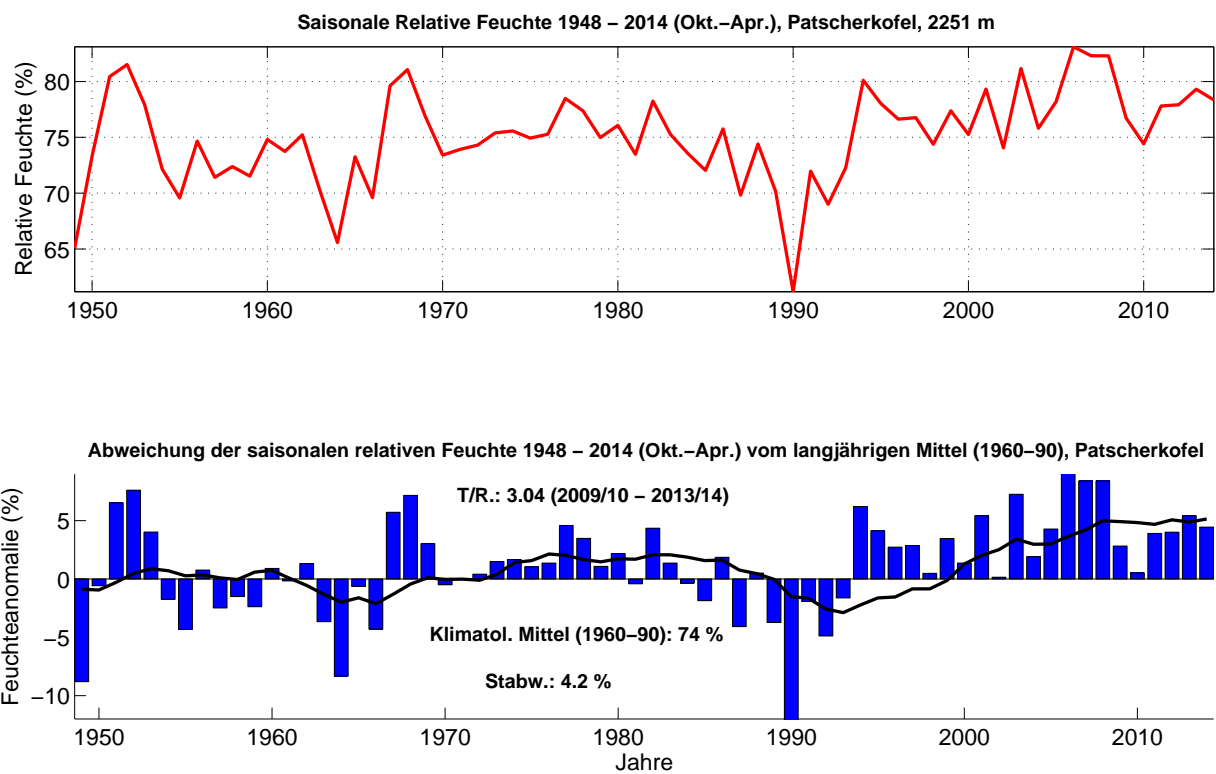


Abbildung 3.2: Langzeitanalyse der saisonalen relativen Feuchte, Patscherkofel, Okt.-Apr. 1948-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2009 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

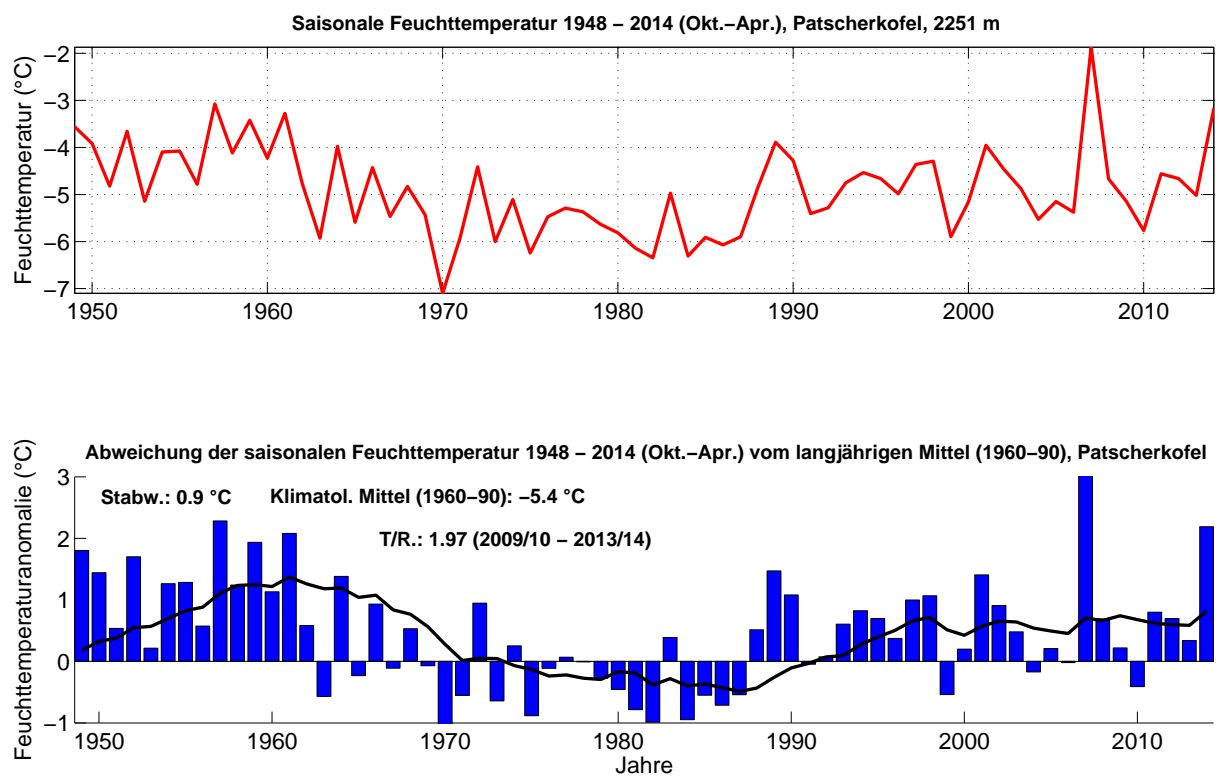


Abbildung 3.3: Langzeitanalyse der saisonalen Feuchttemperatur, Patscherkofel, Okt.-Apr. 1948-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2009 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

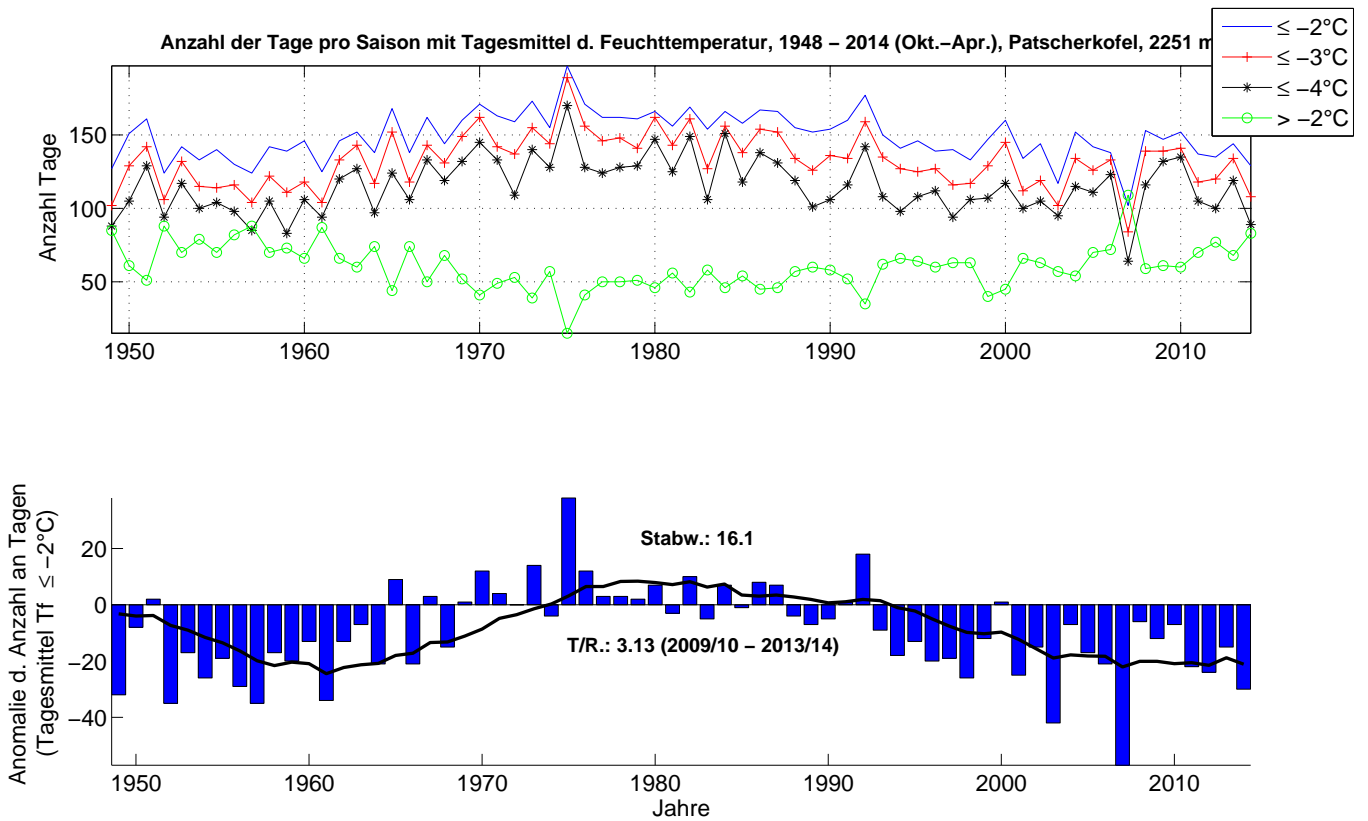


Abbildung 3.4: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur von -2°C , -3°C und -4°C , bzw. Überschreitung von -2°C , Periode 1948-2014, Patscherkofel. Abweichung vom langjährigen Mittel für Tagesmittel $\leq -2^{\circ}\text{C}$ (unten).

Die Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Tagesmittel der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$) unterliegt einer natürlichen, intersaisonalen Schwankung von 16 Tagen. 2006/07 sticht als Saison mit besonders wenigen Schneitage hervor. 1992 war das letzte Jahr mit deutlich positiver Abweichungen der Zahl der Schneitage. Seither häufen sich Jahre mit negativen Abweichungen. In den 50er Jahren gab es eine Periode ähnlich negativer Abweichungen. Siehe Abb. 3.4.

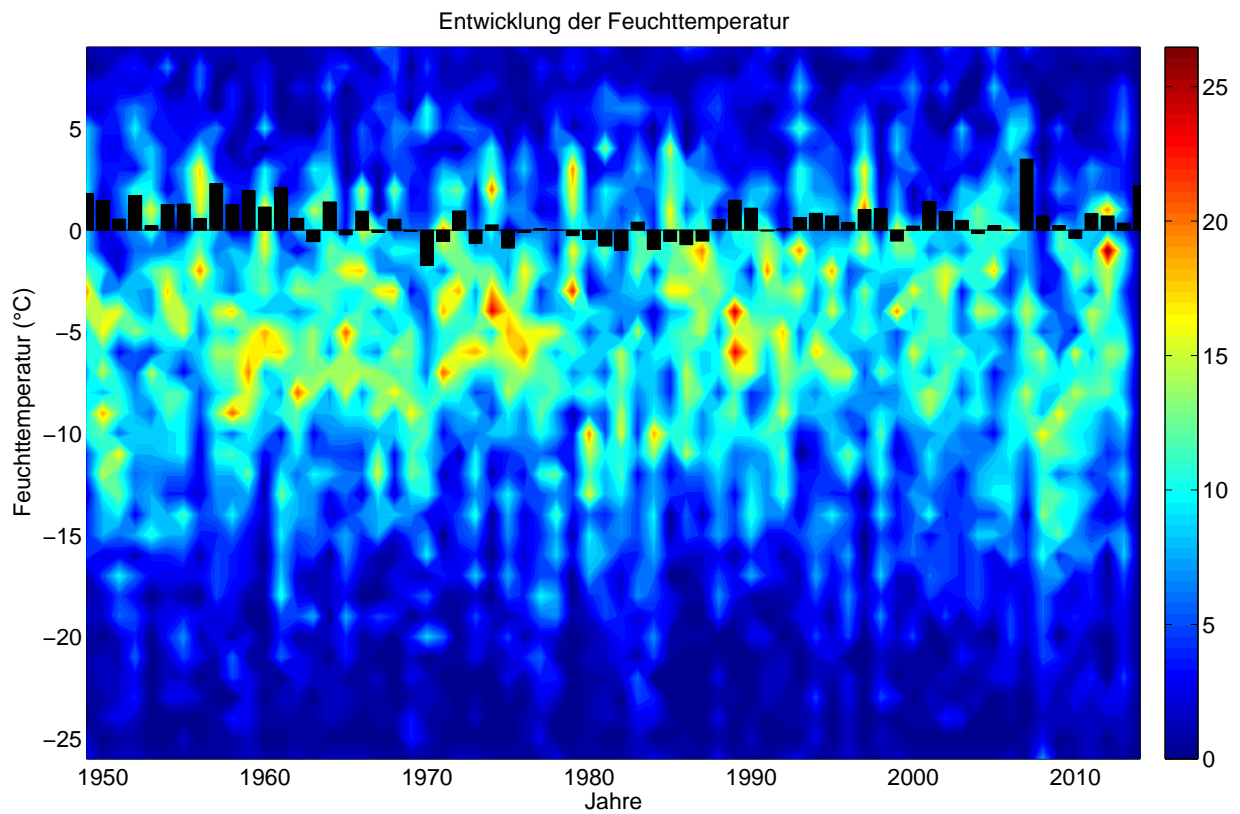


Abbildung 3.5: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1948-2014, Patscherkofel. Die schwarzen Balken zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel (1960-90).

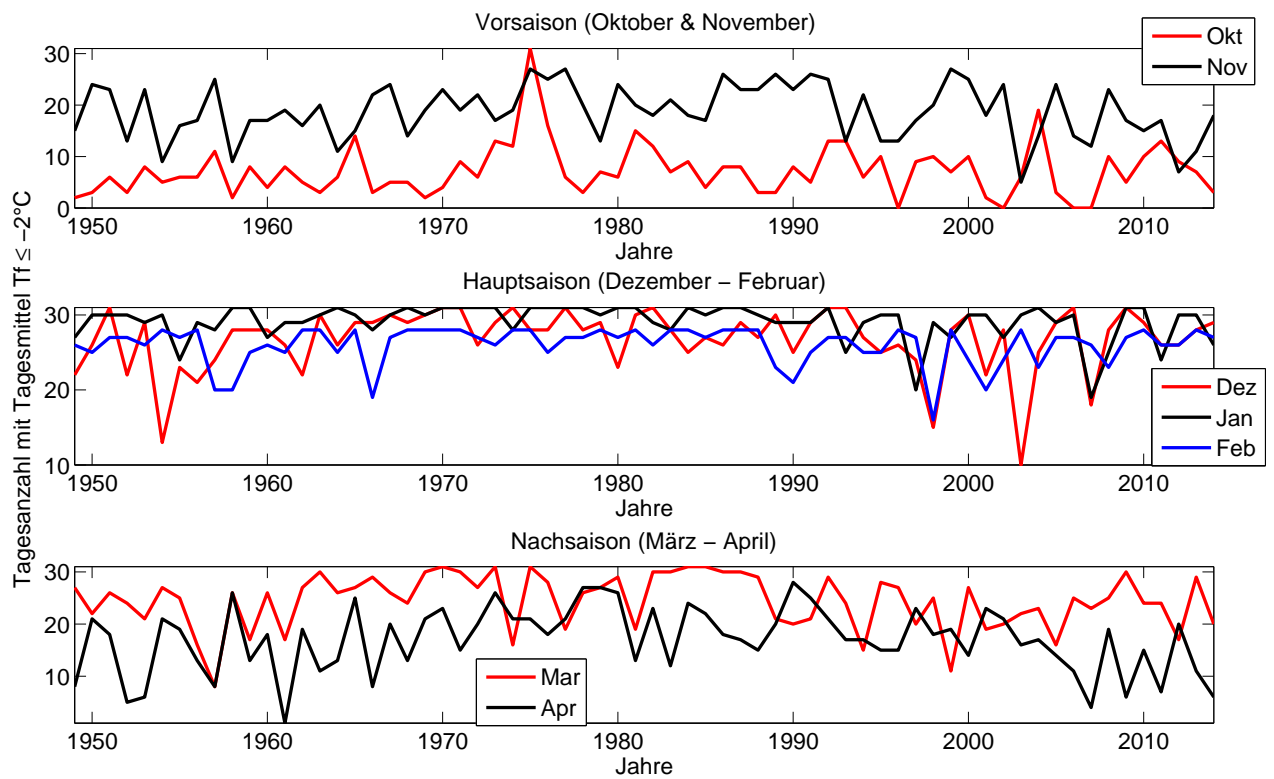


Abbildung 3.6: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Schneitagen pro Saison, nach Monaten.

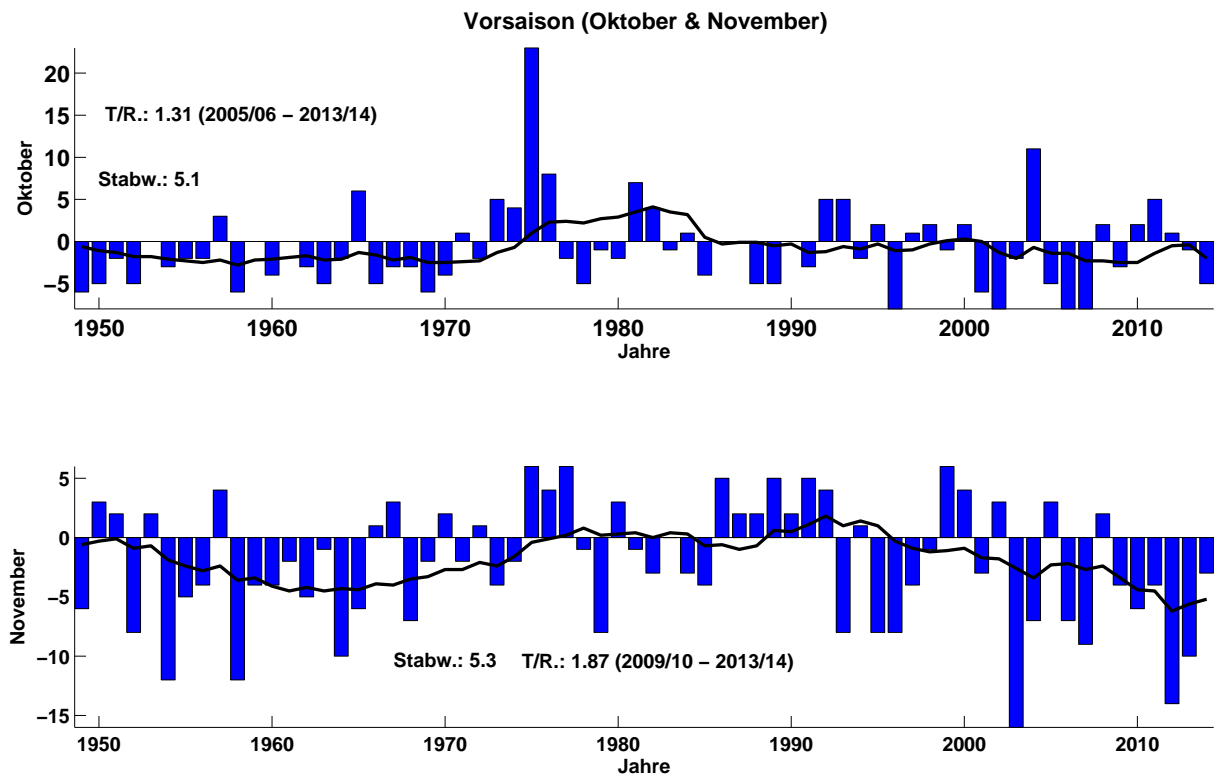


Abbildung 3.7: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Oktober und November (Vorsaison).

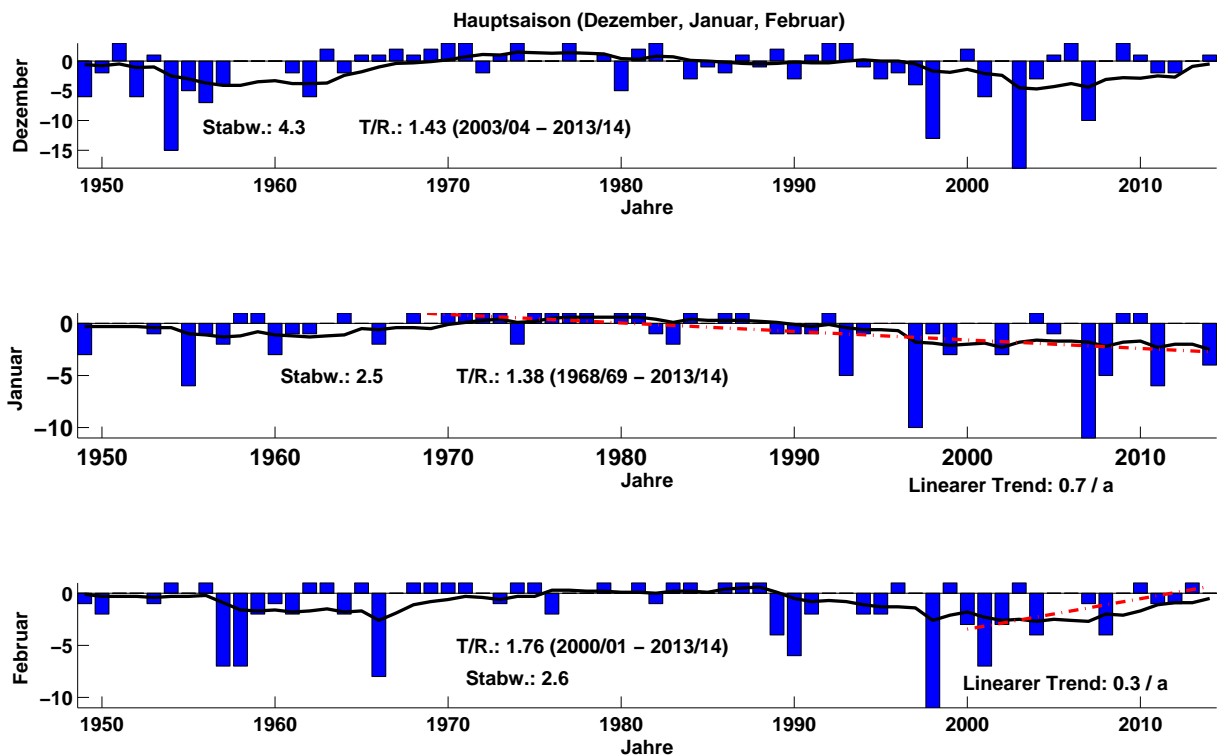


Abbildung 3.8: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Dezember, Januar und Februar (Hauptsaison).

Die natürliche Variabilität in der Hauptsaison liegt zwischen knapp 3 und 4 Tagen. Die Anzahl der Schneitage im Januar nimmt seit 1968/69 knapp unter der Signifikanzgrenze ab, im Dezember hingegen seit 2000/01 um 0.3 Tage pro Jahr signifikant zu. Siehe Abb. 3.8.

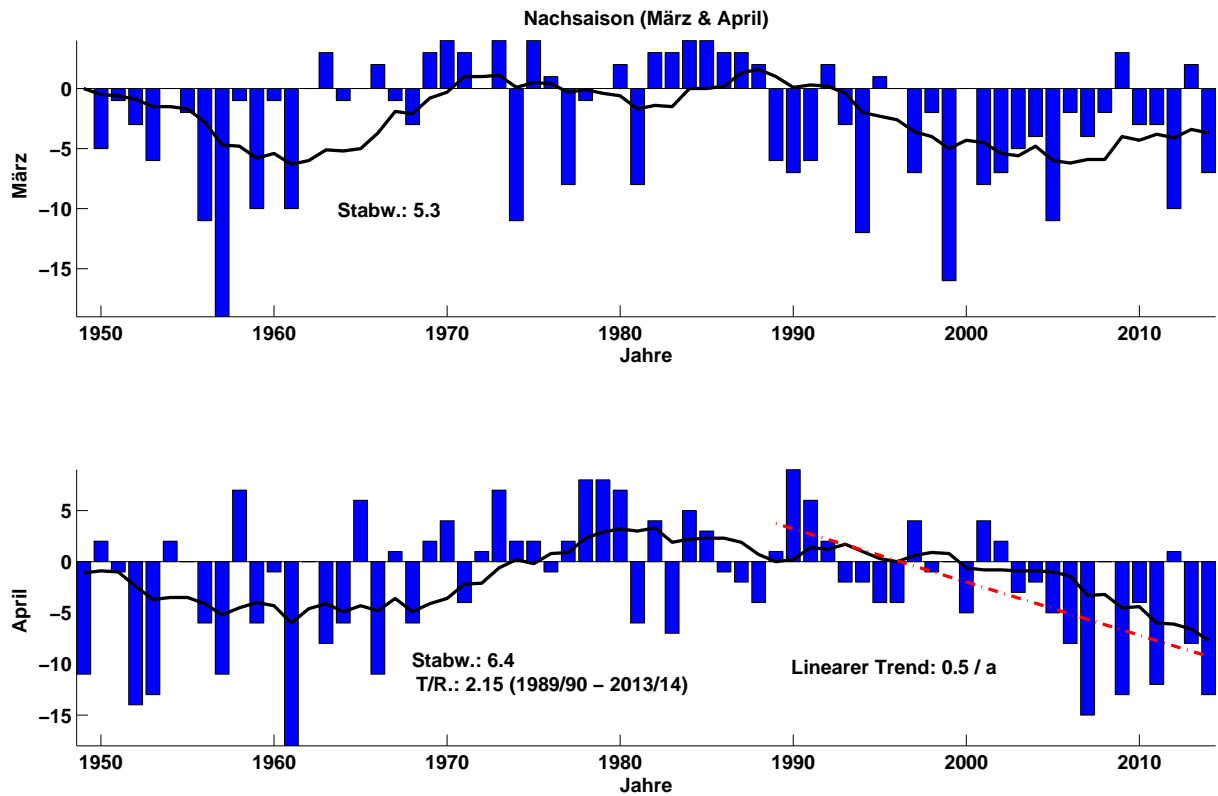


Abbildung 3.9: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt n Monate: März und April (Nachsaison).

Im März zeigen sich keine signifikanten Trends. Die Anzahl der Schneitage im April nimmt seit 1989/90 um 0.5 Tage pro Jahr ab. Die natürliche Schwankung im April beträgt 6 Tage. Siehe Abb. 3.9.

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1948 – 2014) ,Patscherkofel 2251 m

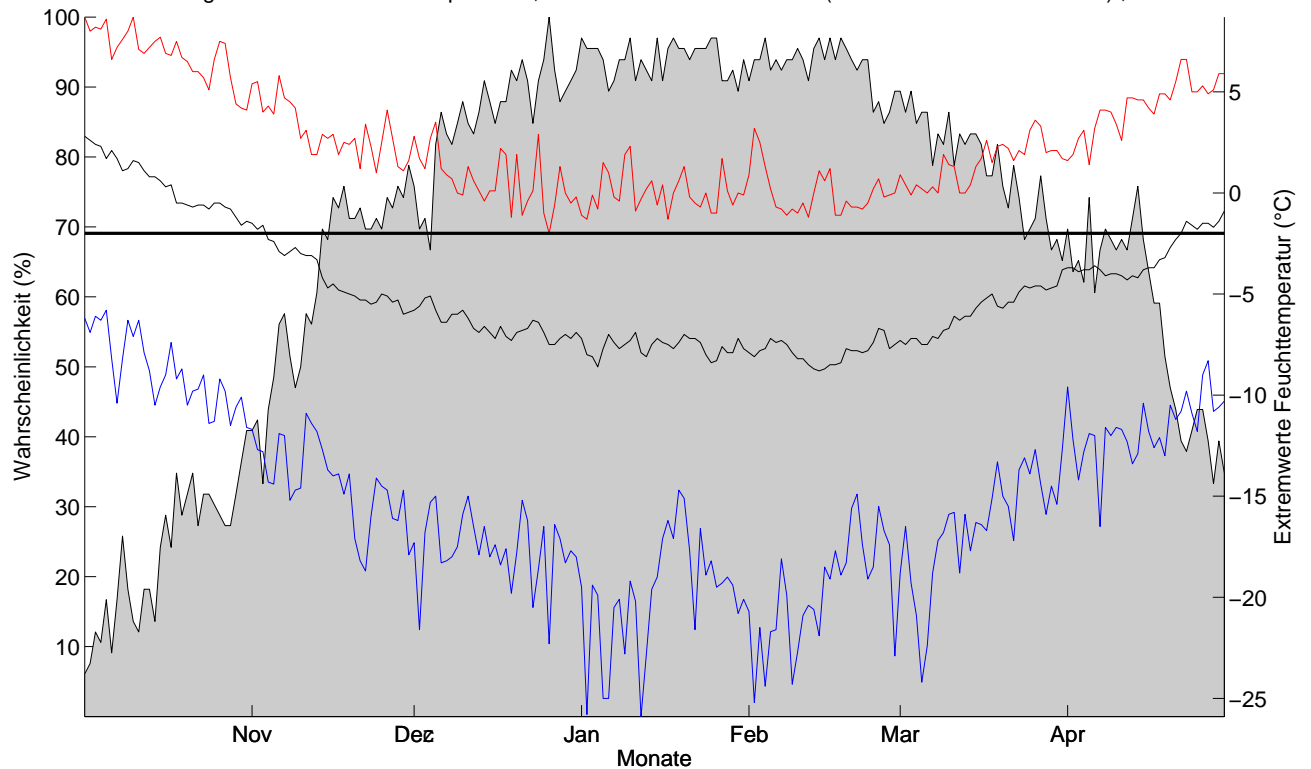


Abbildung 3.10: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Patscherkofel, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1948-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), Patscherkofel 2251m

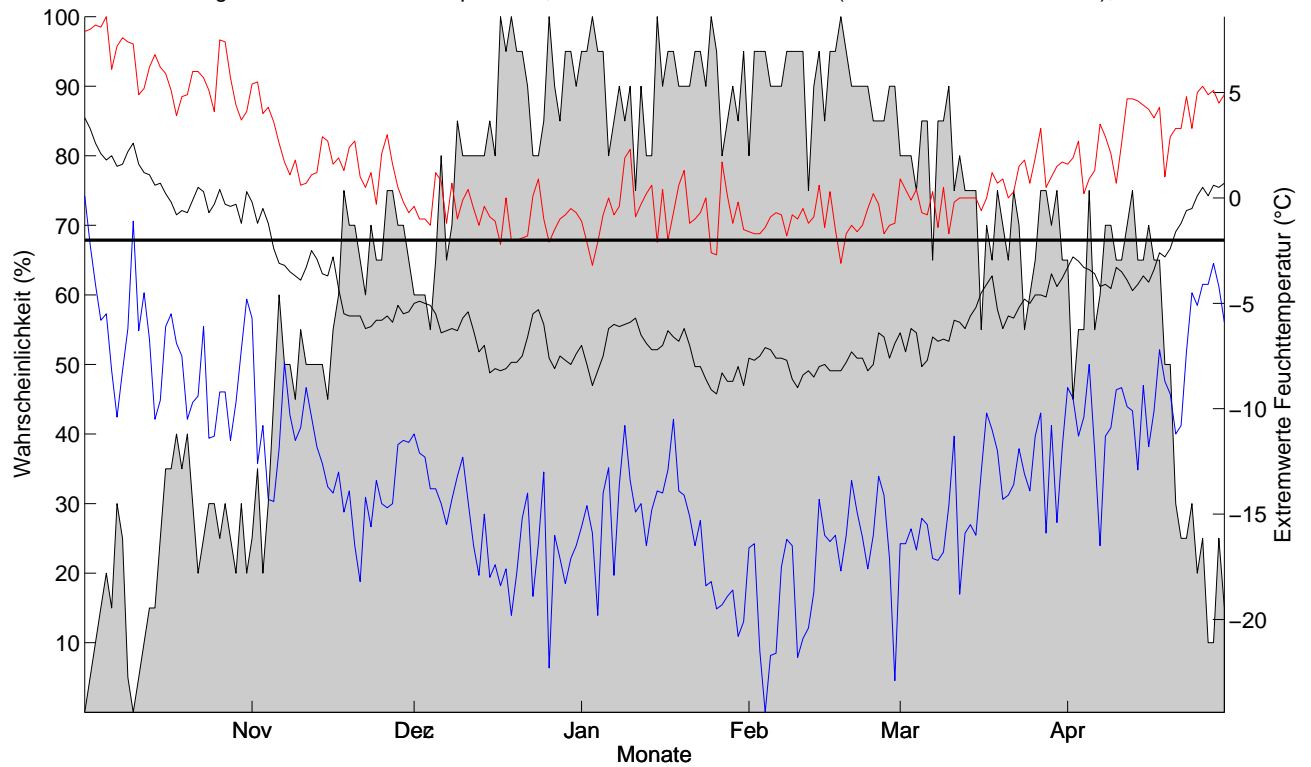


Abbildung 3.11: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Patscherkofel, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

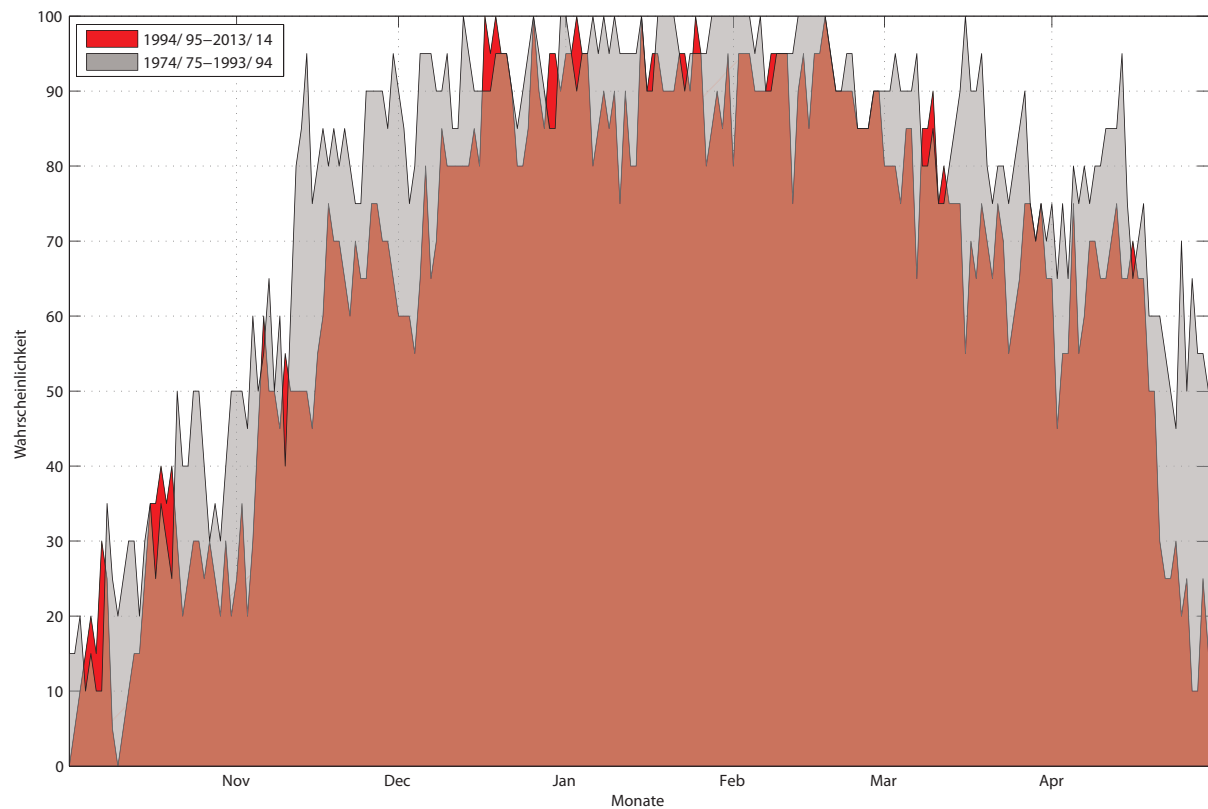


Abbildung 3.12: Vergleich Beschneigungswahrscheinlichkeit (Tagesmittelwert $T_f \leq -2^\circ\text{C}$) der letzten 20 Jahre mit den 20 Jahren davor für alle Tage der Saison (1.10.-30.4.).

Im Mittel über die gesamte Saison gesehen, ist die Wahrscheinlichkeit Beschneien zu können, in den letzten 20 Jahren im Vergleich zu den 20 Jahren davor von etwa 76 auf etwa 66% gesunken. Die größten Einbrüche gibt es von Anfang November bis Mitte Dezember und in der Nachsaison. Siehe Abb. 3.12

Beschneitage Patscherkofel pro Saison und Monat

Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	7,2	18,8	26,7	29,1	26,0	24,4	16,9
SD	5,1	5,3	4,2	2,4	2,6	5,2	6,3
1948/49	2	15	22	27	26	27	8
1949/50	3	24	26	30	25	22	21
1950/51	6	23	31	30	27	26	18
1951/52	3	13	22	30	27	24	5
1952/53	8	23	29	29	26	21	6
1953/54	5	9	13	30	28	27	21
1954/55	6	16	23	24	27	25	19
1955/56	6	17	21	29	28	16	13
1956/57	11	25	24	28	20	8	8
1957/58	2	9	28	31	20	26	26
1958/59	8	17	28	31	25	17	13
1959/60	4	17	28	27	26	26	18
1960/61	8	19	26	29	25	17	1
1961/62	5	16	22	29	28	27	19
1962/63	3	20	30	30	28	30	11
1963/64	6	11	26	31	25	26	13
1964/65	14	15	29	30	28	27	25
1965/66	3	22	29	28	19	29	8
1966/67	5	24	30	30	27	26	20
1967/68	5	14	29	31	28	24	13
1968/69	2	19	30	30	28	30	21
1969/70	4	23	31	31	28	31	23
1970(71)	9	19	31	31	28	30	15
1971/72	6	22	26	31	27	27	20
1972/73	13	17	29	31	26	31	26
1973/74	12	19	31	28	28	16	21
1974/75	31	27	28	31	28	31	21
1975/76	16	25	28	31	25	28	18
1976/77	6	27	31	31	27	19	21
1977/78	3	20	28	31	27	26	27

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

1978/79	7	13	29	30	28	27	27
1979/80	6	24	23	31	27	29	26
1980/81	15	20	30	31	28	19	13
1981/82	12	18	31	29	26	30	23
1982/83	7	21	28	28	28	30	12
1983/84	9	18	25	31	28	31	24
1984/85	4	17	27	30	27	31	22
1985/86	8	26	26	31	28	30	18
1986/87	8	23	29	31	28	30	17
1987/88	3	23	27	30	28	29	15
1988/89	3	26	30	29	23	21	20
1989/90	8	23	25	29	21	20	28
1990/91	5	26	29	29	25	21	25
1991/92	13	25	31	31	27	29	21
1992/93	13	13	31	25	27	24	17
1993/94	6	22	27	29	25	15	17
1994/95	10	13	25	30	25	28	15
1995/96	0	13	26	30	28	27	15
1996/97	9	17	24	20	27	20	23
1997/98	10	20	15	29	16	25	18
1998/99	7	27	28	27	28	11	19
1999/00	10	25	30	30	24	27	14
2000/01	2	18	22	30	20	19	23
2001/02	0	24	28	27	24	20	21
2002/03	6	5	10	30	28	22	16
2003/04	19	14	25	31	23	23	17
2004/05	3	24	29	29	27	16	14
2005/06	0	14	31	30	27	25	11
2006/07	0	12	18	19	26	23	4
2007/08	10	23	28	25	23	25	19
2008/09	5	17	31	31	27	30	6
2009/10	10	15	29	31	28	24	15
2010/11	13	17	26	24	26	24	7

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

2011/12	9	7	26	30	26	17	20
2012/13	7	11	28	30	28	29	11
2013/14	3	18	29	26	27	20	6

Tabelle 3.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1948 - 2014, Patscherkofel.

Klimaparameter (Saisonmittel) und Schneitage

Jahr	Temperatur °C	Relative Luftfeuchte %	Feuchttemperatur °C	Schneitage -
Mittelwert	-3,4	75,1	-4,9	149
SD	1,0	4,2	0,9	16
1948/49	-1,3	65,1	-3,6	127
1949/50	-2,3	73,3	-3,9	151
1950/51	-3,6	80,4	-4,8	161
1951/52	-2,5	81,5	-3,7	124
1952/53	-3,9	77,9	-5,1	142
1953/54	-2,4	72,2	-4,1	133
1954/55	-2,2	69,6	-4,1	140
1955/56	-3,3	74,7	-4,8	130
1956/57	-1,2	71,4	-3,1	124
1957/58	-2,5	72,4	-4,1	142
1958/59	-1,7	71,5	-3,4	139
1959/60	-2,7	74,8	-4,2	146
1960/61	-1,7	73,7	-3,3	125
1961/62	-3,3	75,2	-4,8	146
1962/63	-4,3	70,2	-5,9	152
1963/64	-1,9	65,6	-4,0	138
1964/65	-4,2	73,3	-5,6	168
1965/66	-2,5	69,6	-4,4	138
1966/67	-4,4	79,6	-5,5	162
1967/68	-3,6	81,1	-4,8	144

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparamter – Fortsetzung

1968/69	-4,2	76,9	-5,4	160
1969/70	-5,6	73,4	-7,1	171
1970/71	-4,4	73,9	-5,9	163
1971/72	-2,8	74,3	-4,4	159
1972/73	-4,7	75,4	-6,0	173
1973/74	-3,7	75,6	-5,1	155
1974/75	-5,0	74,9	-6,2	197
1975/76	-4,1	75,3	-5,5	171
1976/77	-4,1	78,5	-5,3	162
1977/78	-4,0	77,4	-5,4	162
1978/79	-4,2	75,0	-5,6	161
1979/80	-4,5	76,1	-5,8	166
1980/81	-4,7	73,5	-6,1	156
1981/82	-5,2	78,2	-6,3	169
1982/83	-3,6	75,3	-5,0	154
1983/84	-4,9	73,5	-6,3	166
1984/85	-4,3	72,0	-5,9	158
1985/86	-4,8	75,8	-6,1	167
1986/87	-4,1	69,8	-5,9	166
1987/88	-3,3	74,4	-4,8	155
1988/89	-2,0	70,2	-3,9	152
1989/90	-1,9	61,2	-4,3	154
1990/91	-3,8	72,0	-5,4	160
1991/92	-3,5	69,0	-5,3	177
1992/93	-3,1	72,3	-4,8	150
1993/94	-3,4	80,1	-4,5	141
1994/95	-3,4	78,0	-4,7	146
1995/96	-3,6	76,6	-5,0	139
1996/97	-3,1	76,8	-4,4	140
1997/98	-2,8	74,4	-4,3	133
1998/99	-4,7	77,4	-5,9	147
1999/00	-3,8	75,3	-5,2	160
2000/01	-2,7	79,3	-4,0	134

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparamter – Fortsetzung

2001/02	-3,0	74,1	-4,5	144
2002/03	-3,7	81,2	-4,9	117
2003/04	-4,1	75,8	-5,5	152
2004/05	-3,9	78,2	-5,2	142
2005/06	-4,3	83,1	-5,4	138
2006/07	-0,6	82,3	-1,9	102
2007/08	-3,7	82,3	-4,7	153
2008/09	-3,9	76,7	-5,1	147
2009/10	-4,4	74,4	-5,8	152
2010/11	-3,2	77,8	-4,6	137
2011/12	-3,2	77,9	-4,7	135
2012/13	-3,8	79,3	-5,0	144
2013/14	-1,8	78,3	-3,2	129

Tabelle 3.2: Saisonale Klimaparameter und Schneitage für die Periode 1948-2014, Patscherkofel.

3.11.2 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

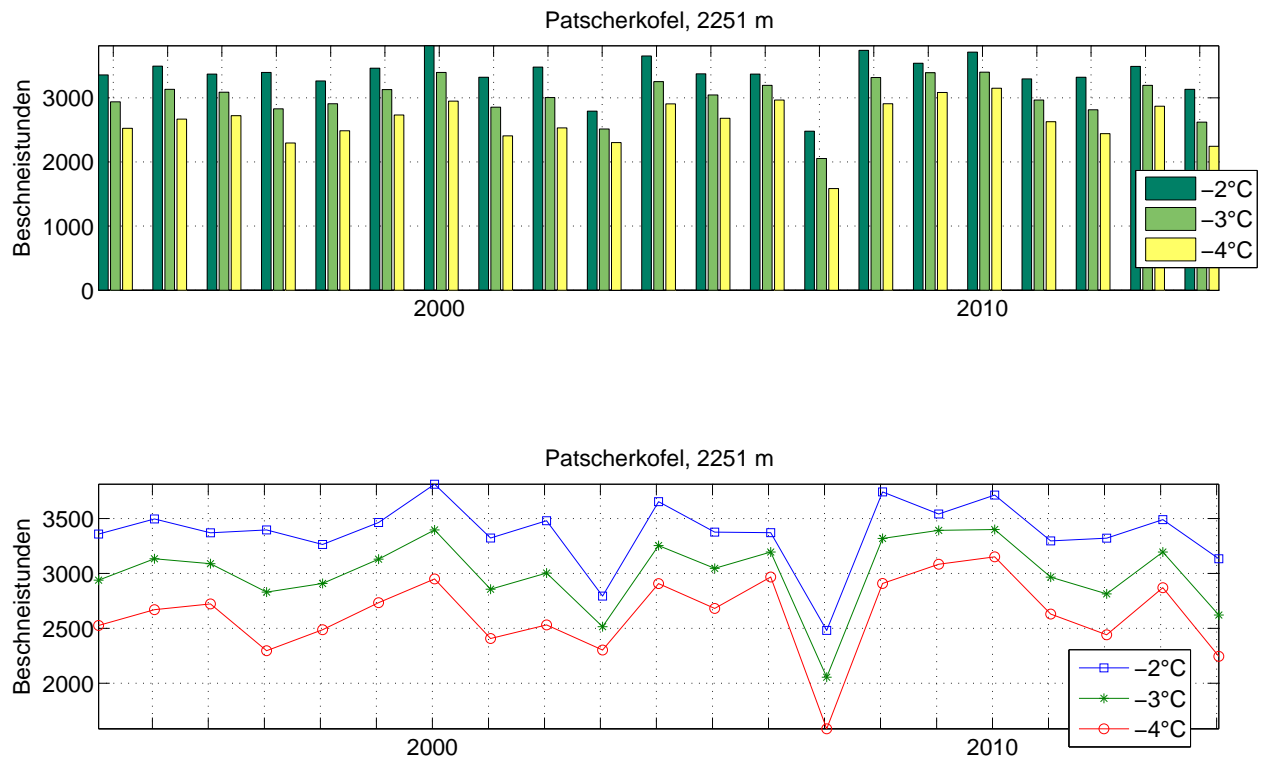
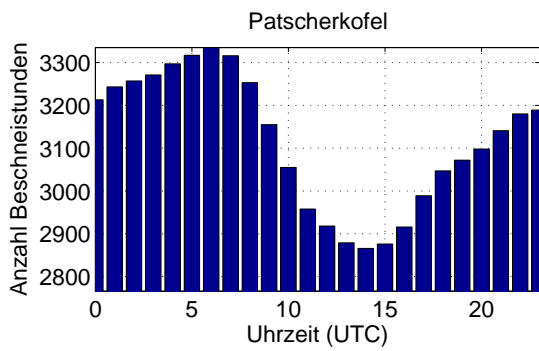
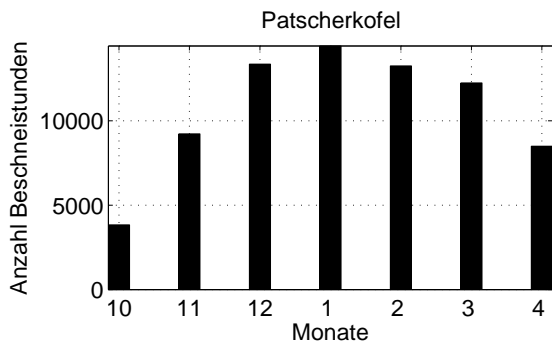
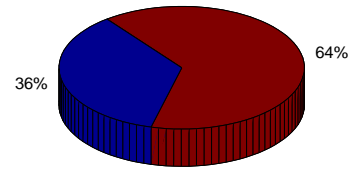


Abbildung 3.13: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 294 Stunden (12 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es im Mittel 3375 potentielle Beschneistunden (ca. 141 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 294 Stunden (ca. 12 Tage). Siehe Abb. 3.13.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

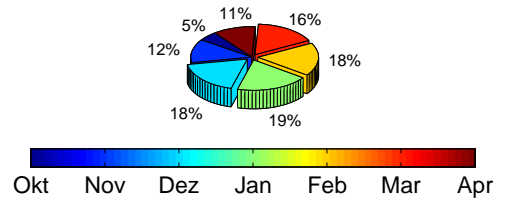


Abbildung 3.14: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

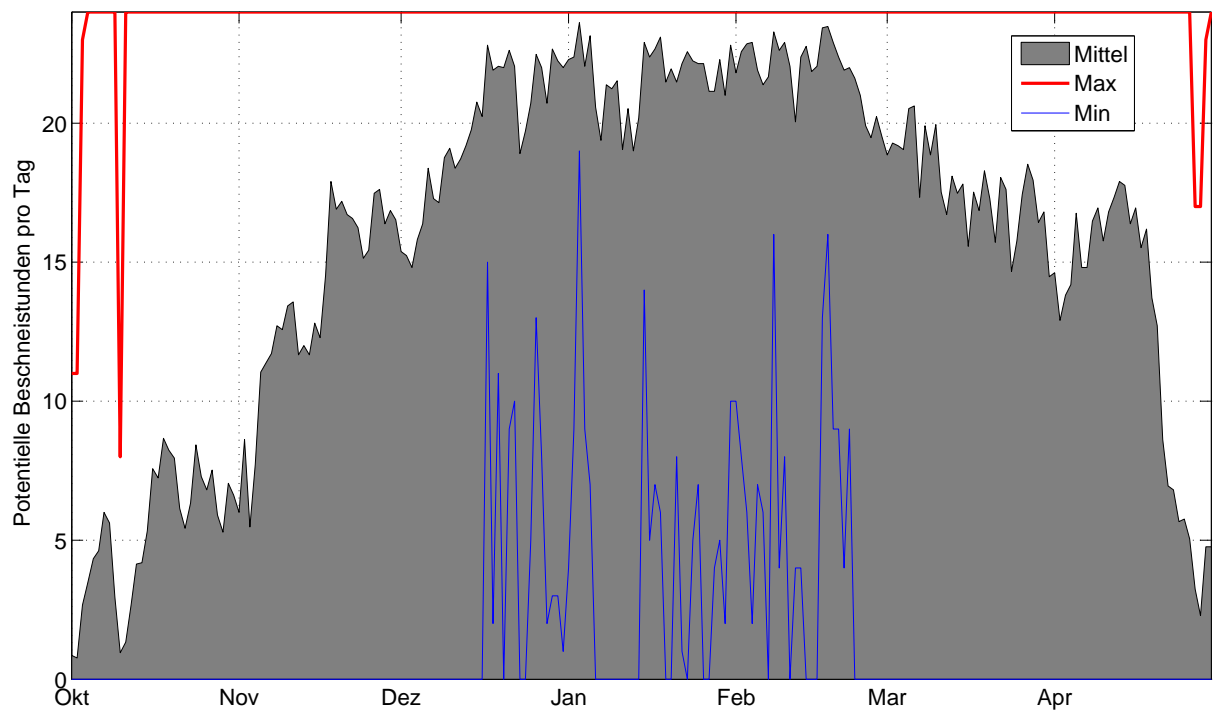


Abbildung 3.15: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1993-2014, Station Patscherkofel, 2251 m.

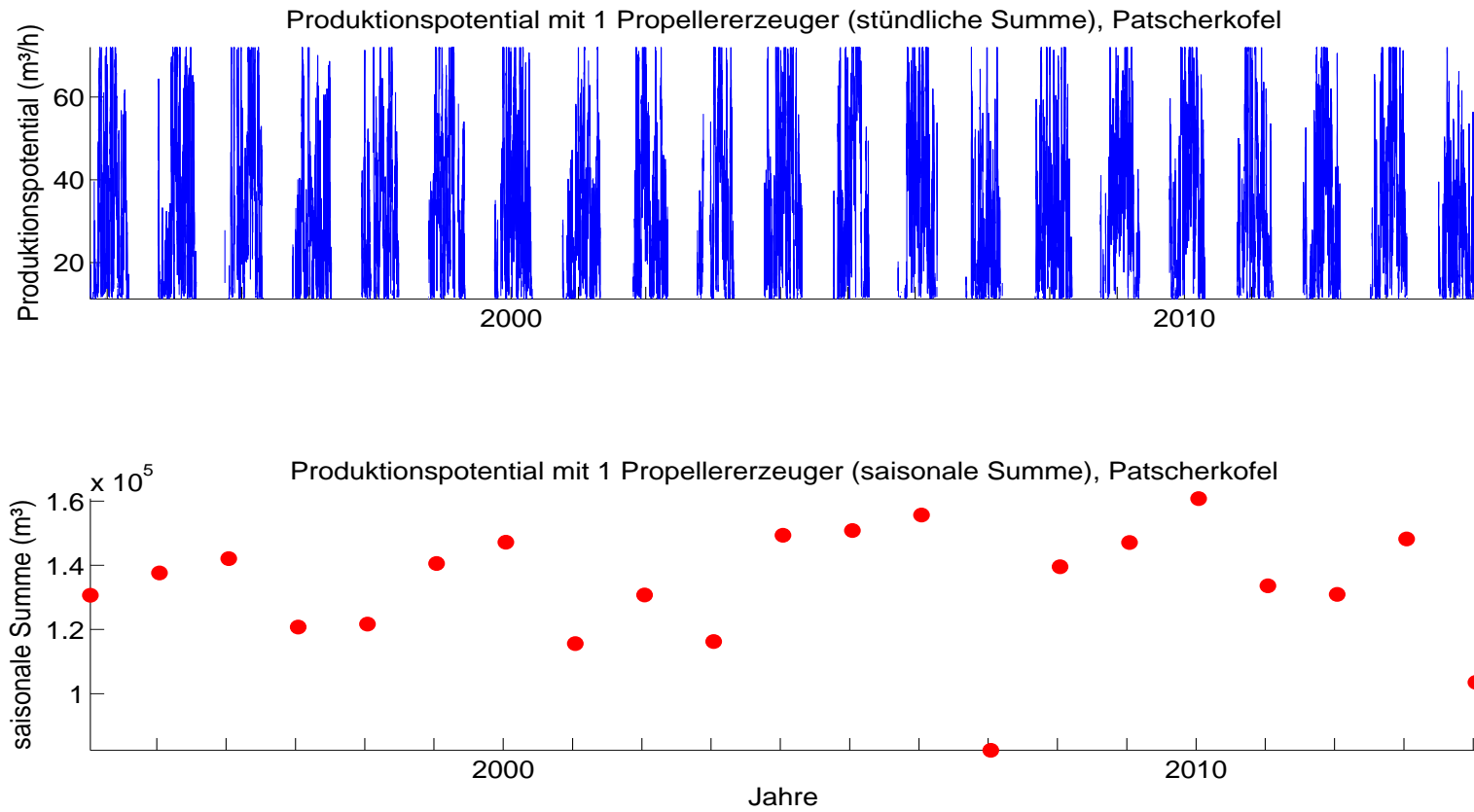


Abbildung 3.16: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

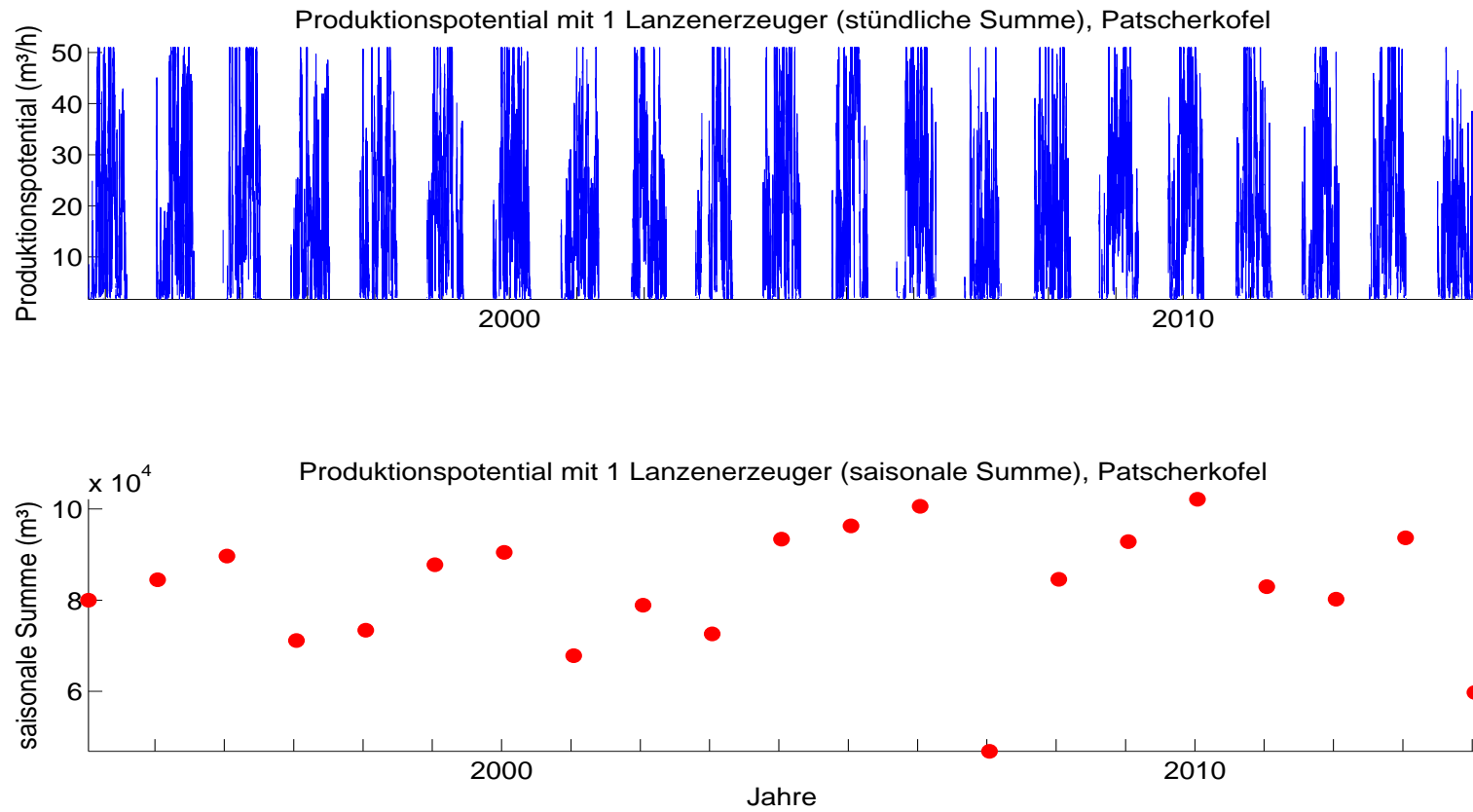


Abbildung 3.17: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 17780 m^3 (Propellergerät), bzw. 13564 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 138063 m^3 (Propellergerät), bzw. 11239 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 47 ha (Propellergerät), bzw. ca. 39 ha (Lanze) eine Grundbeschneieung (30 cm kompakte Schneesauflage) gewährleistet werden. Siehe 3.16 und 3.17.

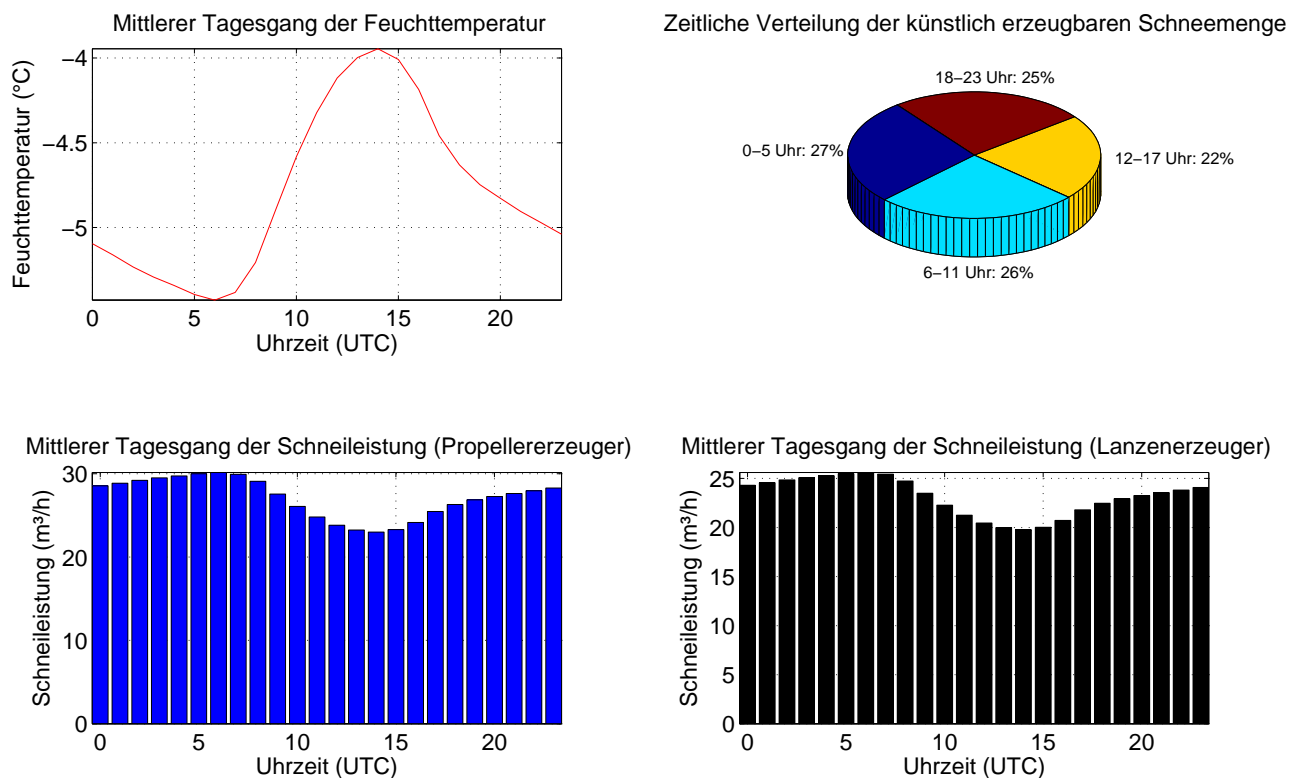


Abbildung 3.18: Mittlerer Tagesgang der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1993-2014, Patscherkofel, 2251 m.

Die Feuchttemperatur liegt im Saisonmittel stets unter der Grenzwert für die Kunstschneproduktion. An einem durchschnittlichen Tag können mit einem Propellererzeuger $27 \text{ m}^3/\text{h}$, mit einem Lanzenerzeuger $23 \text{ m}^3/\text{h}$ produziert werden. Siehe Abb. 3.18.

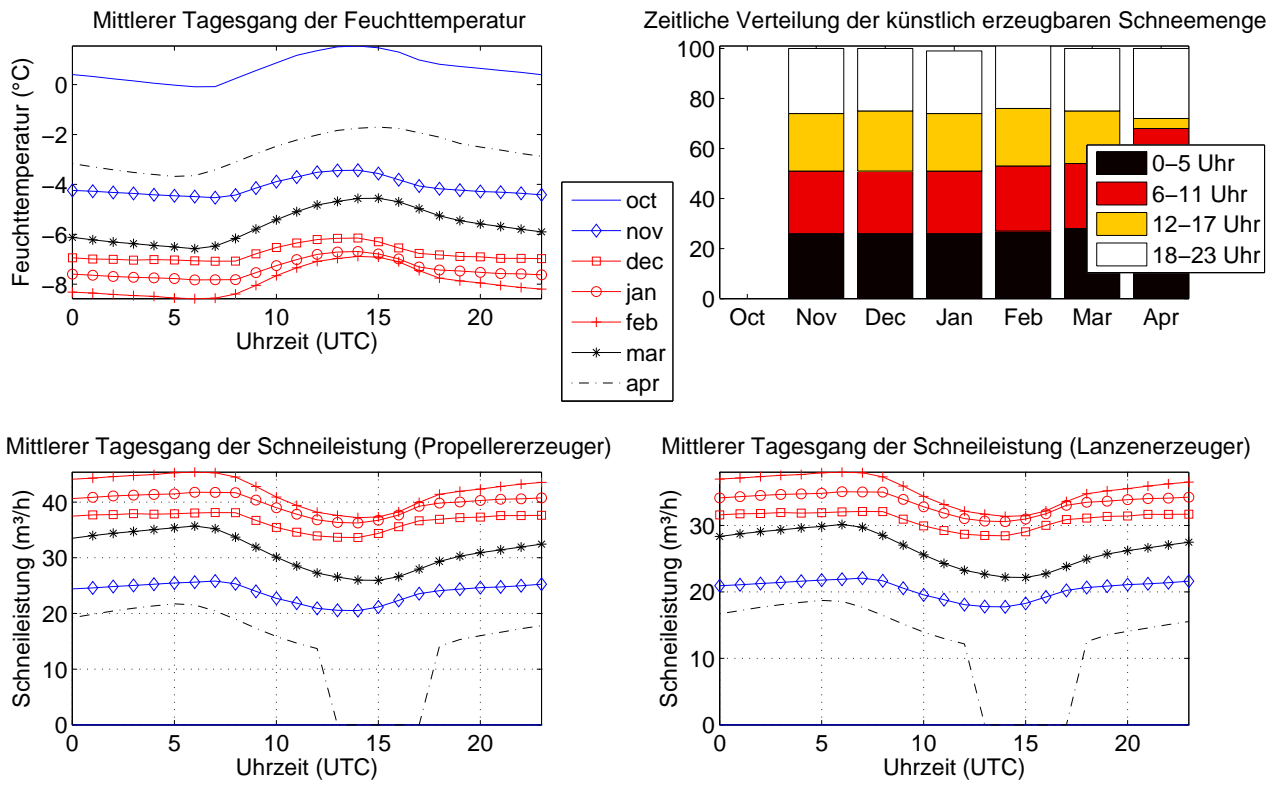


Abbildung 3.19: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1993-2014, Patscherkofel, 2251 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

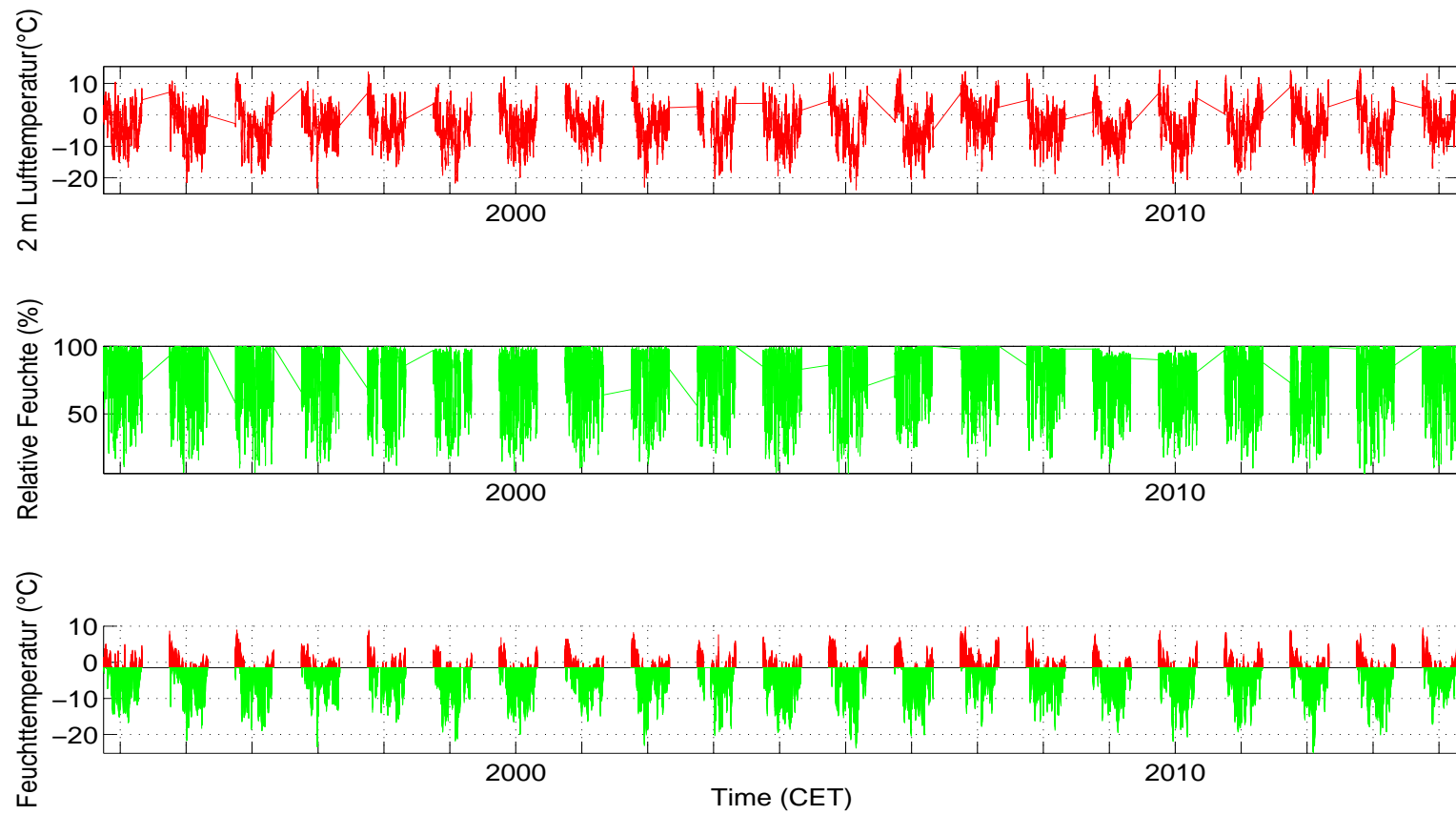


Abbildung 3.20: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Schneistunden mit versch. Grenztemp.				
	-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	3564	3375	3003	2623
SD	280	294	318	346
Saison				
1993/94	3571	3358	2939	2526
1994/95	3723	3496	3134	2669
1995/96	3508	3370	3088	2722
1996/97	3671	3396	2830	2296
1997/98	3470	3264	2908	2487
1998/99	3597	3464	3130	2733
1999/00	3968	3813	3396	2950
2000/01	3555	3322	2856	2407
2001/02	3722	3480	3004	2531
2002/03	2974	2793	2515	2302
2003/04	3810	3653	3254	2907
2004/05	3572	3376	3046	2681
2005/06	3528	3371	3195	2967
2006/07	2733	2481	2054	1585
2007/08	3927	3742	3318	2909
2008/09	3637	3541	3392	3083
2009/10	3880	3714	3400	3151
2010/11	3481	3296	2966	2629
2011/12	3558	3321	2814	2441
2012/13	3639	3490	3195	2870
2013/14	3317	3134	2621	2245

Tabelle 3.3: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen -1,5 und -4 °C.

Potentielle Beschneistunden (Patscherkofel)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	162	406	610	672	613	550	366
SD	111	132	126	72	60	114	130
Saison							
1993/94	144	511	621	672	613	391	411
1994/95	236	255	615	720	609	701	360
1995/96	22	321	630	709	672	642	374
1996/97	205	414	563	506	615	494	600
1997/98	264	480	380	692	438	575	435
1998/99	156	646	653	649	652	254	454
1999/00	201	586	697	726	609	655	339
2000/01	69	433	535	718	512	526	529
2001/02	8	565	672	648	584	526	477
2002/03	182	123	218	694	672	534	384
2003/04	449	330	629	732	560	563	390
2004/05	77	535	676	694	655	394	364
2005/06	16	364	740	721	662	586	294
2006/07	9	282	444	475	601	577	109
2007/08	209	535	695	630	555	631	488
2008/09	123	393	735	744	659	725	162
2009/10	251	376	698	744	668	580	397
2010/11	310	435	623	603	588	582	161
2011/12	227	211	635	707	625	440	485
2012/13	149	318	673	688	672	688	308
2013/14	103	416	682	638	650	489	171

Tabelle 3.4: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C).

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Propeller (m ³) (Patscherkofel)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	5728	16151	25368	28653	27091	21998	13074
SD	3669	6166	6998	5887	7106	6463	4590
Saison							
1993/94	5045	21919	25388	25271	27250	12324	18499
1994/95	8182	7414	22960	36736	20809	32114	13994
1995/96	1150	16222	24748	22539	35401	30806	14297
1996/97	6335	18911	22766	16058	21681	17826	23006
1997/98	10107	13843	14651	27857	16354	27601	15415
1998/99	5961	28402	28754	25433	33967	7250	14564
1999/00	5477	23993	30154	31949	24708	23146	10042
2000/01	2930	13028	20699	29844	18615	15482	19982
2001/02	813	20696	35970	25867	18963	18532	14436
2002/03	5572	4621	6918	32718	34172	19734	16584
2003/04	15222	10097	24897	37341	27001	26798	13424
2004/05	2704	21029	24135	32956	39454	23110	11495
2005/06	897	22048	35246	32499	30219	26901	11375
2006/07	776	10990	16146	18837	17956	20209	3200
2007/08	8540	22204	26872	21731	21072	28076	15572
2008/09	3754	17347	28731	33537	32557	28560	6711
2009/10	10118	12570	32706	37641	31365	27553	13461
2010/11	9605	18252	33963	28539	22081	19048	6585
2011/12	7769	6462	25414	31642	36323	14820	14311
2012/13	6054	11044	31529	30242	37036	26129	10072
2013/14	3283	18072	20089	22467	21923	15938	7532

Tabelle 3.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Lanze, (m ³) (Patscherkofel)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	5023	13483	20723	23467	21895	18208	11239
SD	3103	4858	5342	4487	5044	4981	3801
Saison							
1993/94	4582	18038	21002	21034	22152	10669	15783
1994/95	7082	6601	19194	28749	17598	26126	12106
1995/96	1092	12958	20030	19142	28211	24623	12260
1996/97	5691	15845	18118	13710	18334	15290	19401
1997/98	8649	11951	12256	23231	14005	22438	13229
1998/99	5338	22928	23151	20908	26310	6185	12582
1999/00	4844	19771	24366	26078	20362	19383	8626
2000/01	2721	11248	17437	24878	15376	13358	16840
2001/02	807	17238	28349	21633	15935	15723	12488
2002/03	4976	3935	6008,2	26142	27289	16664	13796
2003/04	12953	8815	20397	30003	21762	22006	11626
2004/05	2435	17426	20191	25947	30357	18365	10013
2005/06	900	17855	28238	26798	24348	21184	9882
2006/07	749	9433,6	13877	15451	15330	17155	2852
2007/08	7369	18372	22428	18081	17769	22888	13413
2008/09	3322	14189	24099	27957	25769	23654	6176
2009/10	8732	10929	26066	30408	25271	22202	11587
2010/11	8335	15090	26457	22905	18353	16288	5808
2011/12	6792	5892,3	21110	25877	27696	12822	12232
2012/13	5180	9709	25284	24831	28998	21601	8636
2013/14	2935	14922	17130	19042	18566	13751	6687

Tabelle 3.6: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

3.11.3 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

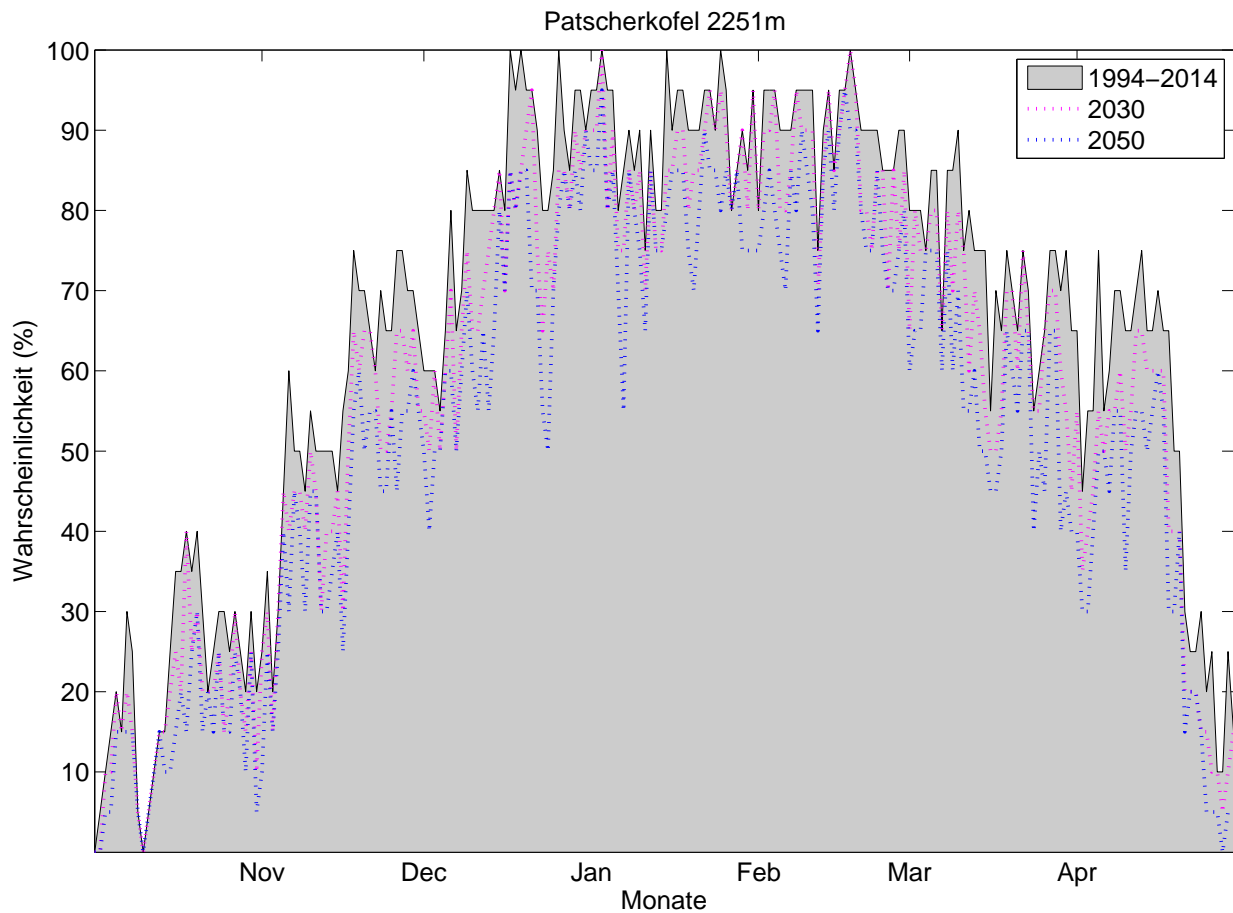


Abbildung 3.21: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Patscherkofel, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994–2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

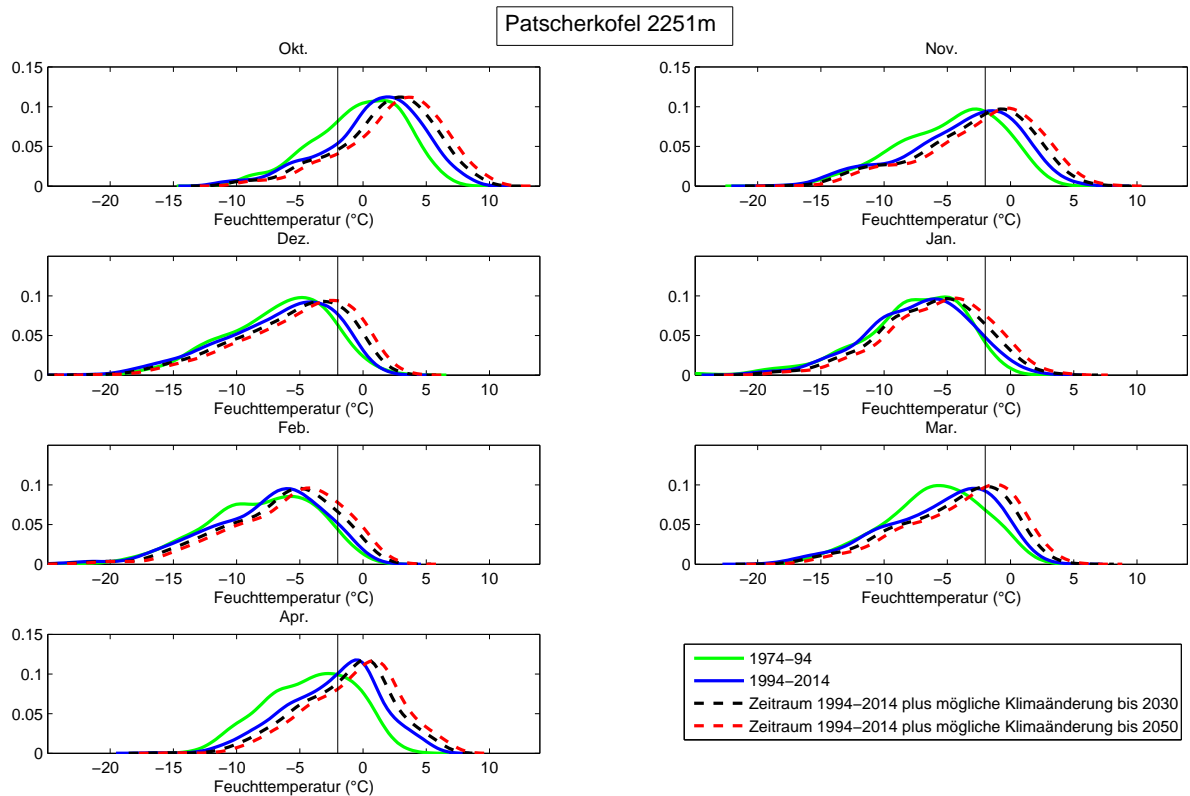


Abbildung 3.22: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchttemperatur unter -2°C pro Monat, Patscherkofel.

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Periode							
1974-1994	9,2	21,9	28,2	29,9	26,6	26,0	20,6
1994-2014	6,7	16,7	25,4	28,0	25,4	22,8	14,7
mit Klimaänderung bis 2030	5,2	14,3	22,8	26,5	24,0	20,5	11,9
mit Klimaänderung bis 2050	4,2	12,4	20,9	24,7	22,6	17,9	10,1
Abnahme bis 2050 in Tagen	2,5	4,3	4,5	3,3	2,9	4,9	4,7
Abnahme bis 2050 in %	37	26	18	12	11	21	32

Tabelle 3.7: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1974-94, 1994-2014 und 1994-2014 mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

3.12 Sonnblick (3109 m)

3.12.1 Langzeitanalyse - Trends und Klima

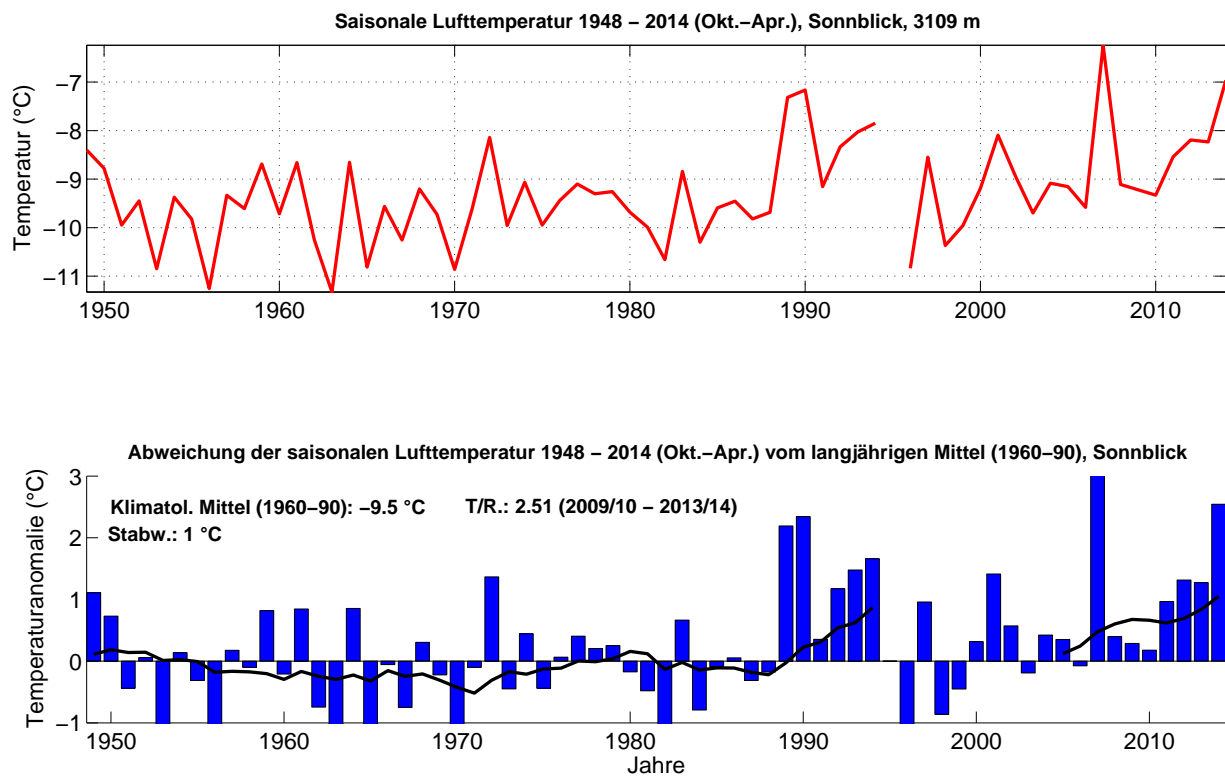


Abbildung 3.1: Langzeitanalyse der saisonalen Lufttemperatur, Sonnblick, Okt.-Apr. 1948-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2009 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

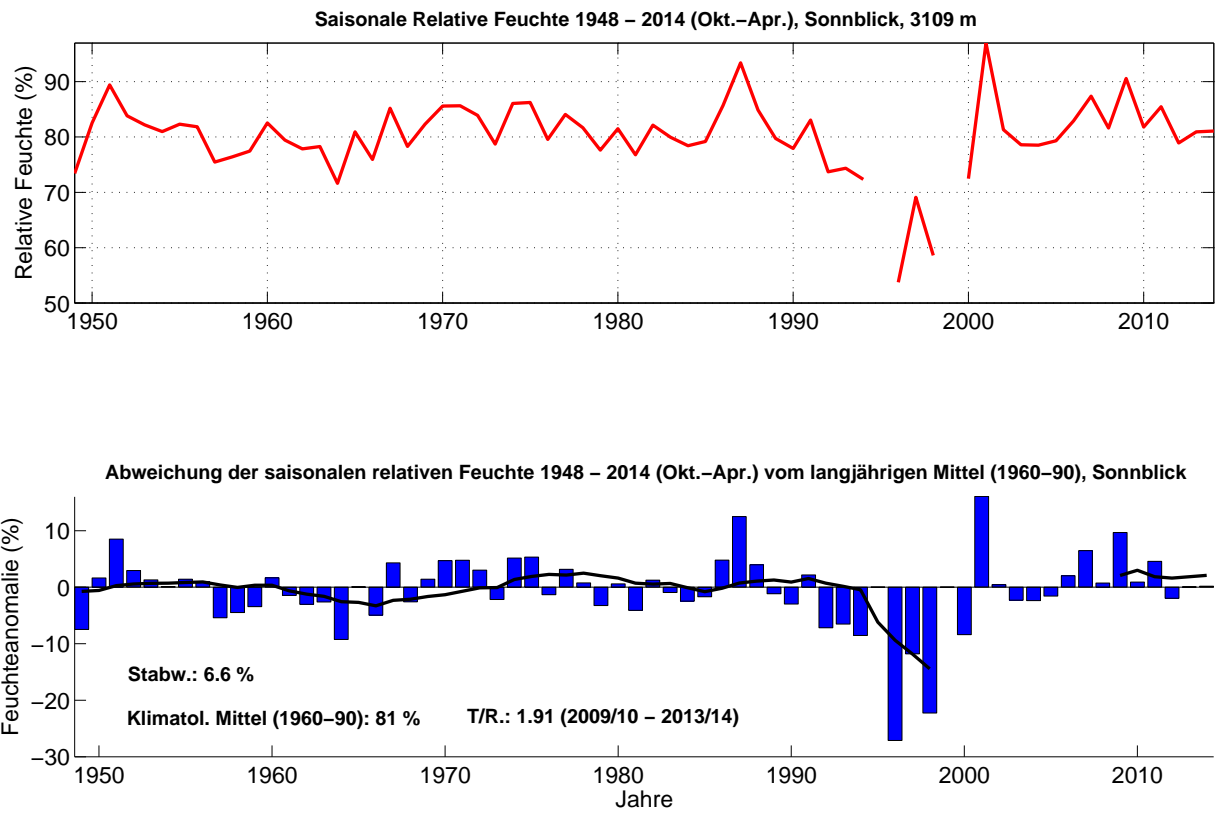


Abbildung 3.2: Langzeitanalyse der saisonalen relativen Feuchte, Sonnblick, Okt.-Apr. 1948-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2009 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

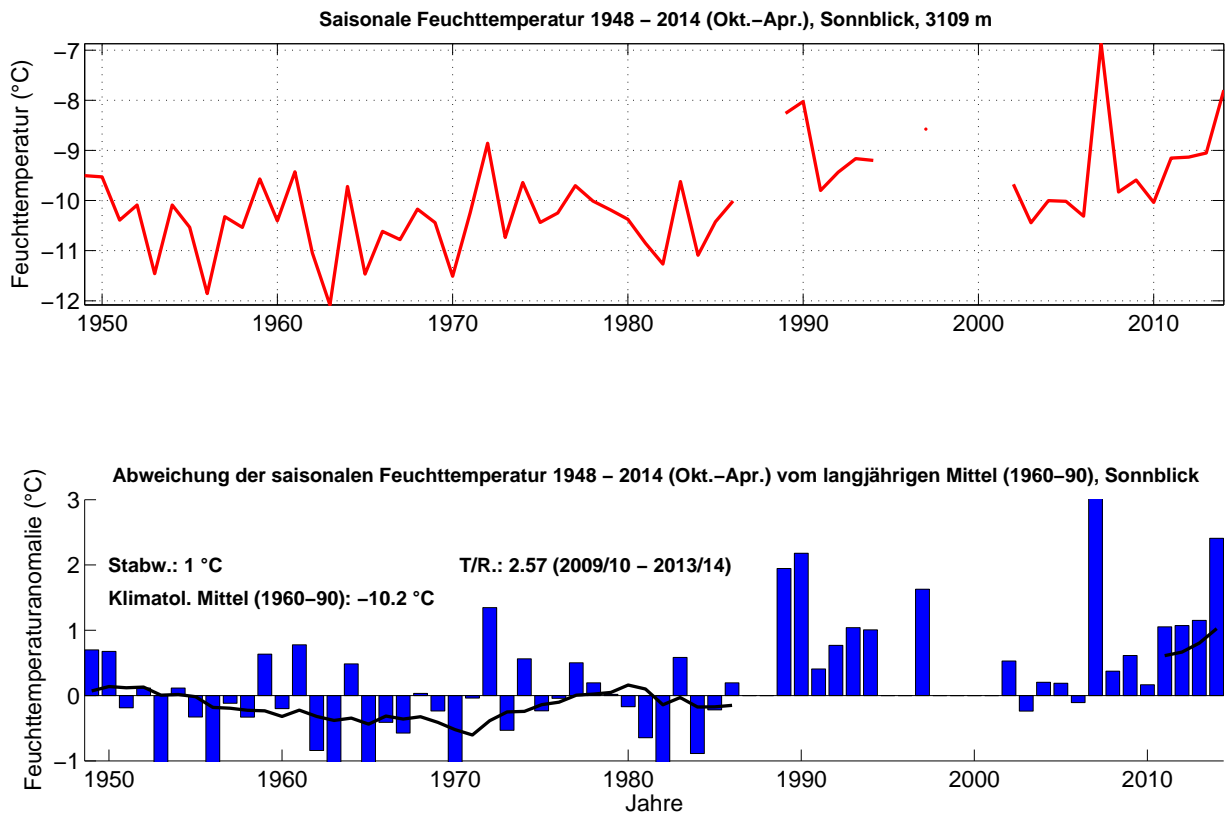


Abbildung 3.3: Langzeitanalyse der saisonalen Feuchttemperatur, Sonnblick, Okt.-Apr. 1948-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2009 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

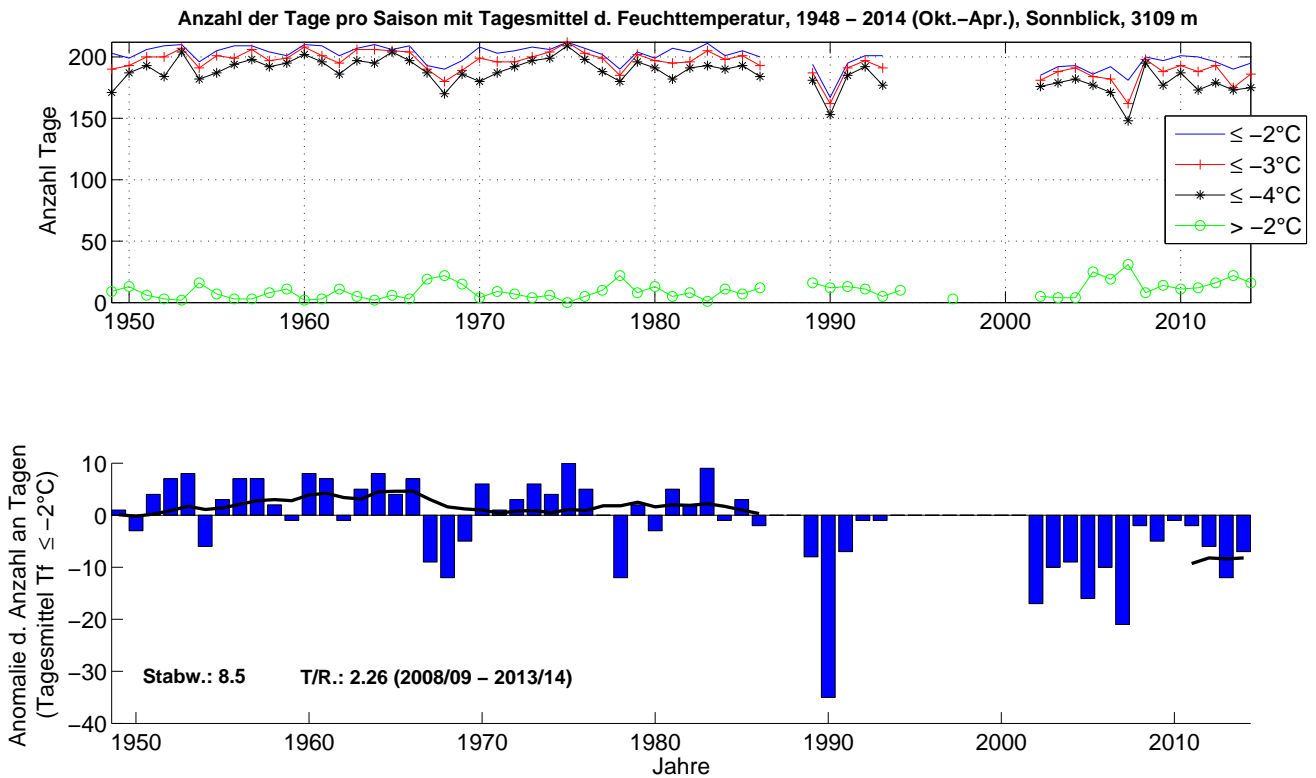


Abbildung 3.4: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchtemperatur von -2°C , -3°C und -4°C , bzw. Überschreitung von -2°C , Periode 1948-2014, Sonnblick. Abweichung vom langjährigen Mittel für Tagesmittel $\leq -2^{\circ}\text{C}$ (unten).

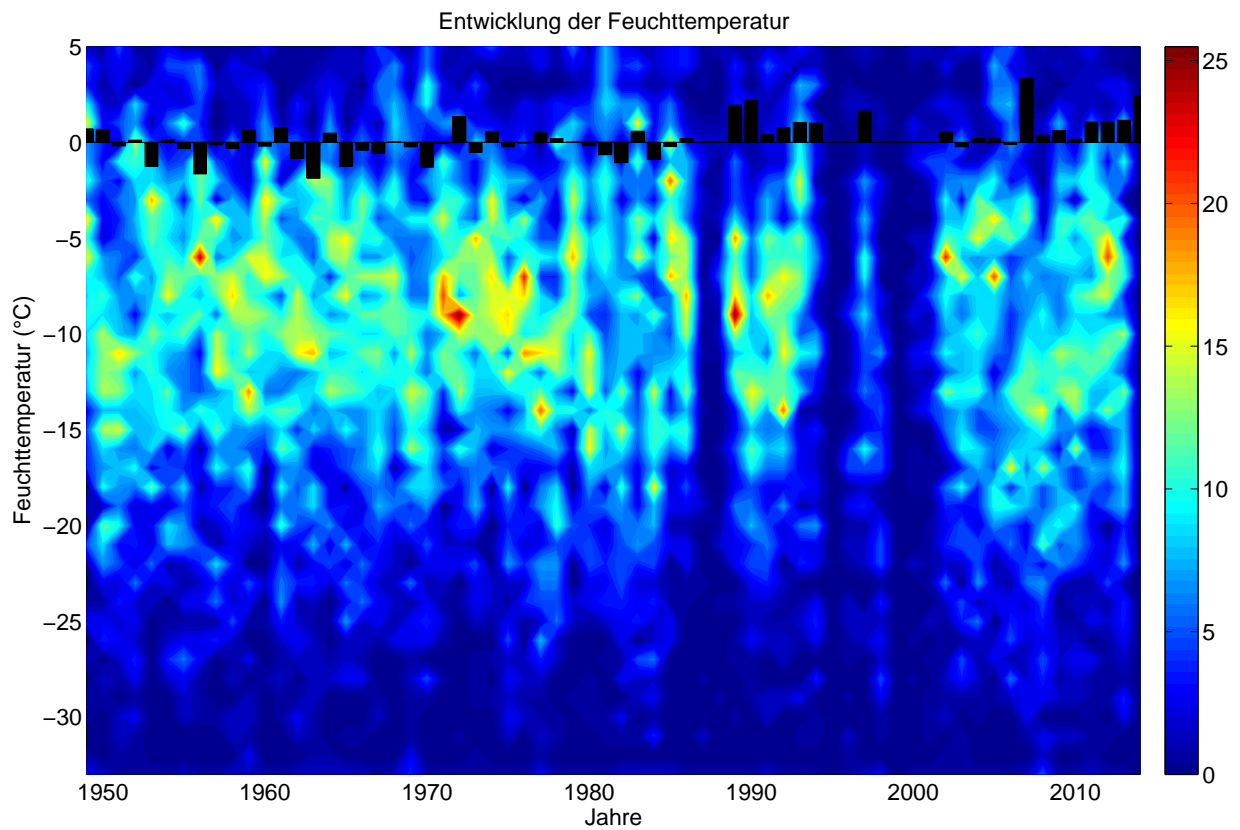


Abbildung 3.5: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1948-2014, Sonnblick. Die schwarzen Balken zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel (1960-90).

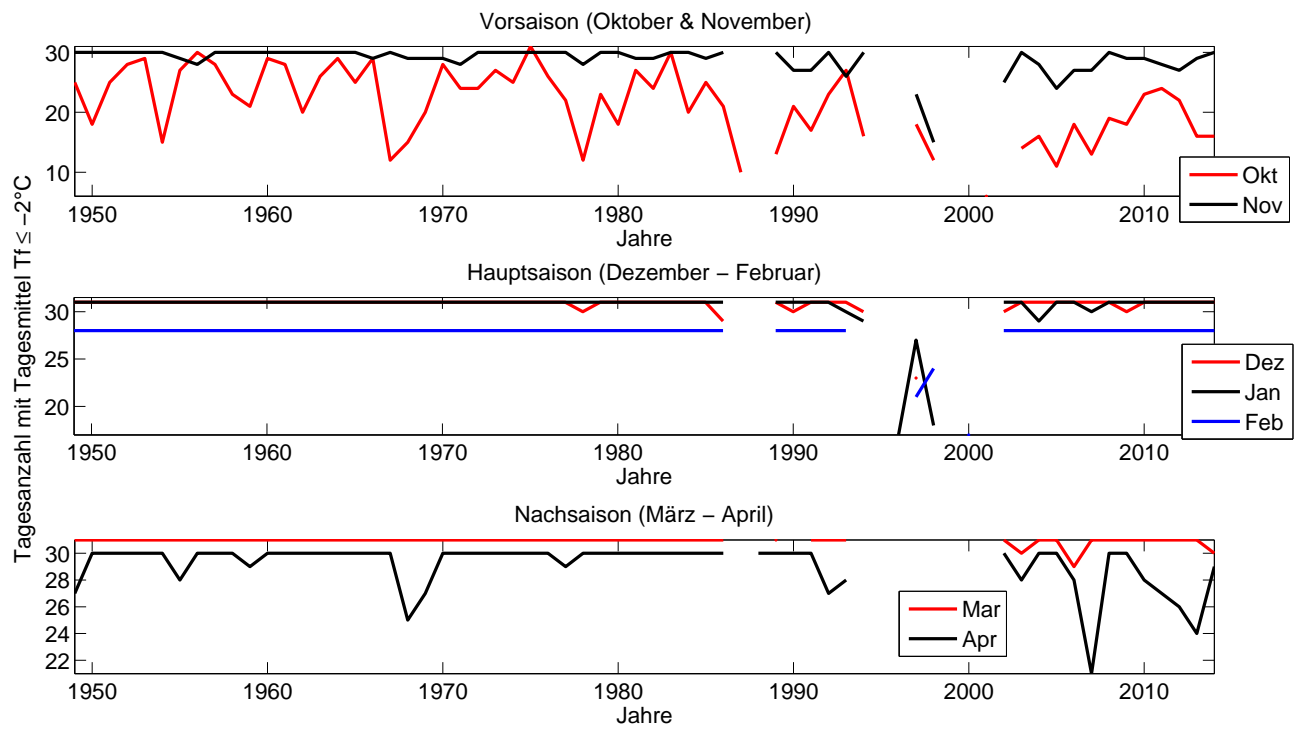


Abbildung 3.6: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Schneitagen pro Saison, nach Monaten.

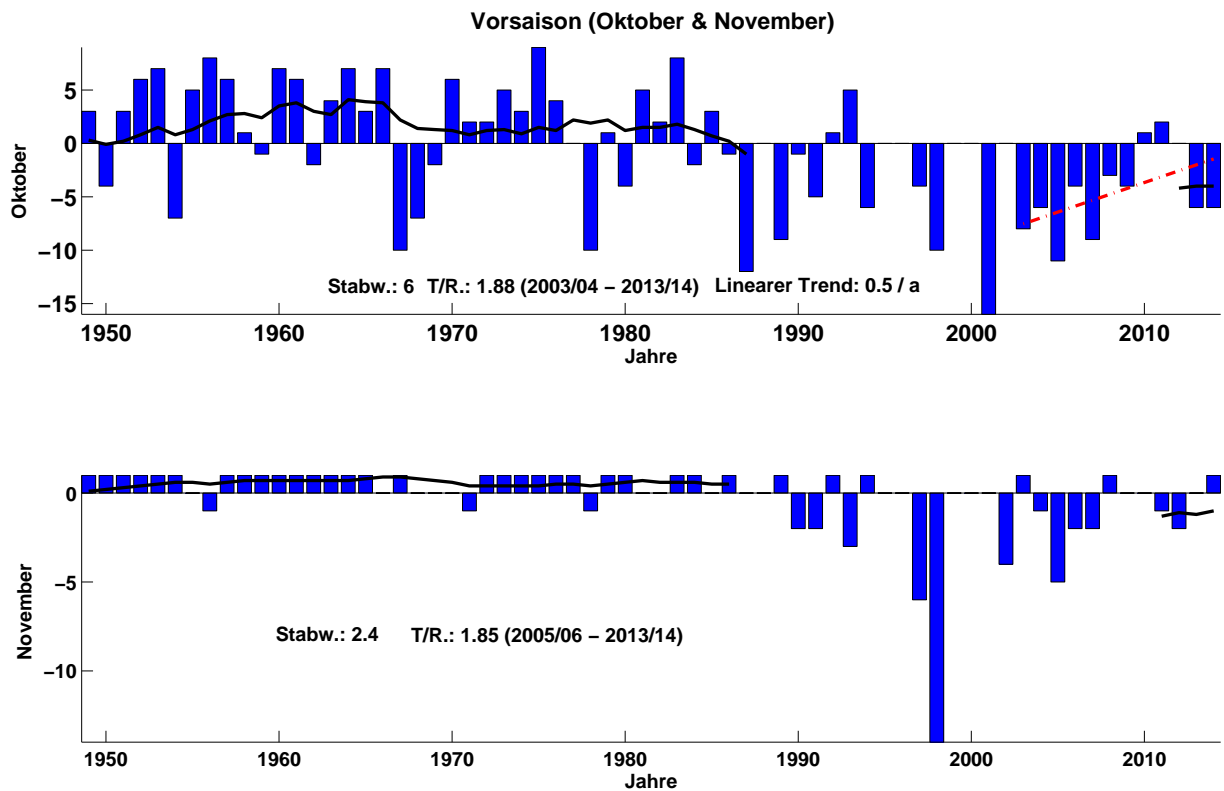


Abbildung 3.7: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Oktober und November (Vorsaison).

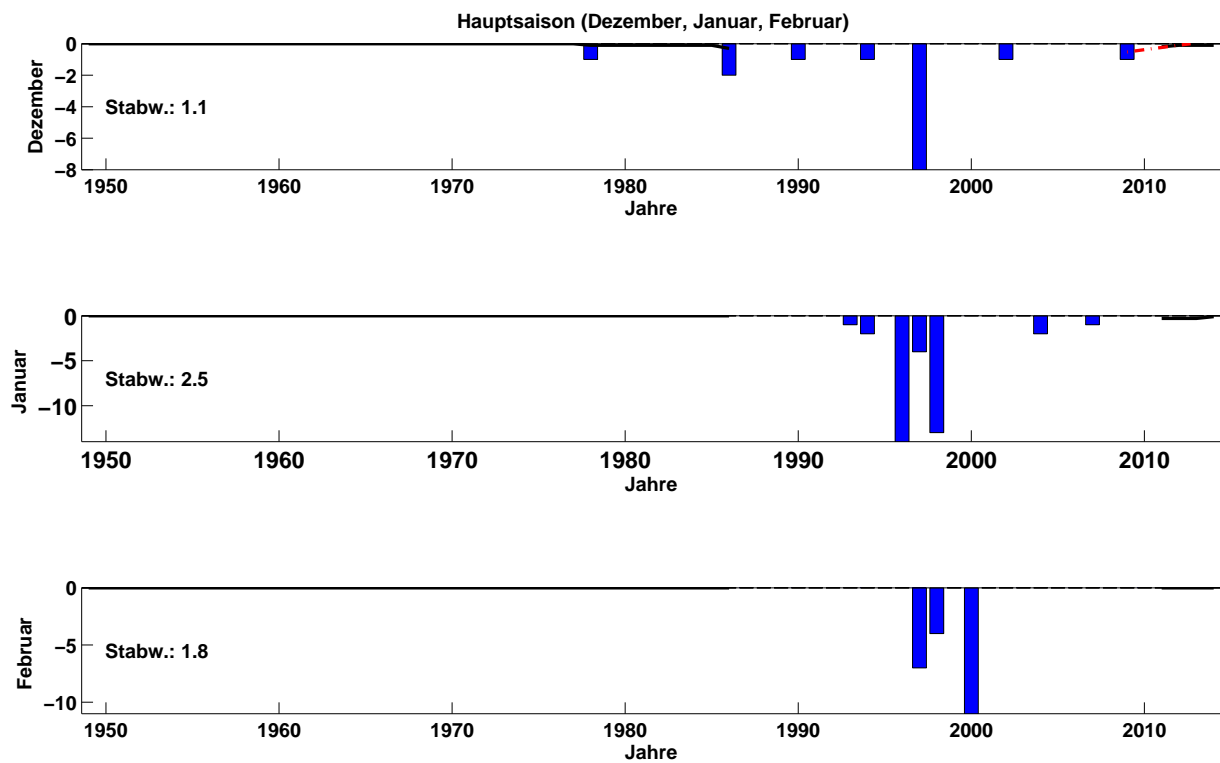


Abbildung 3.8: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Dezember, Januar und Februar (Hauptsaison).

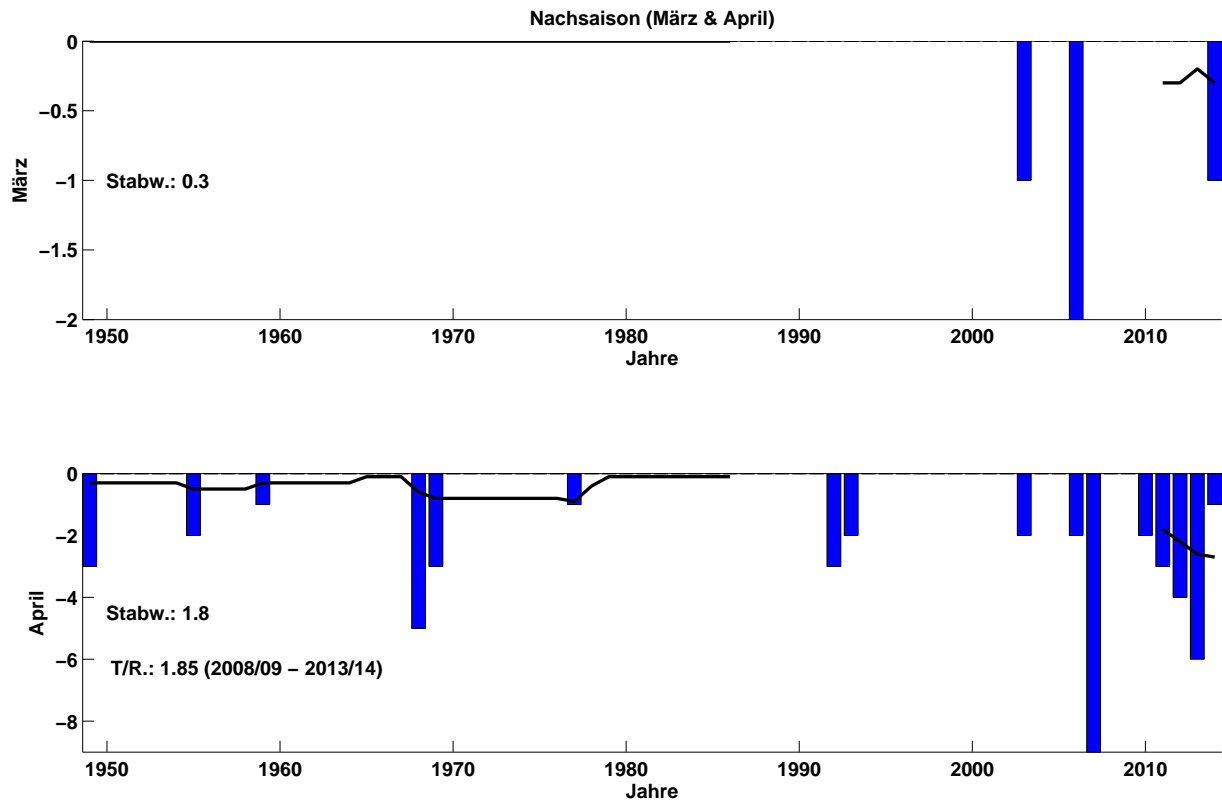


Abbildung 3.9: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt n Monate: März und April (Nachsaison).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1948 – 2014) ,Sonnblick 3109 m

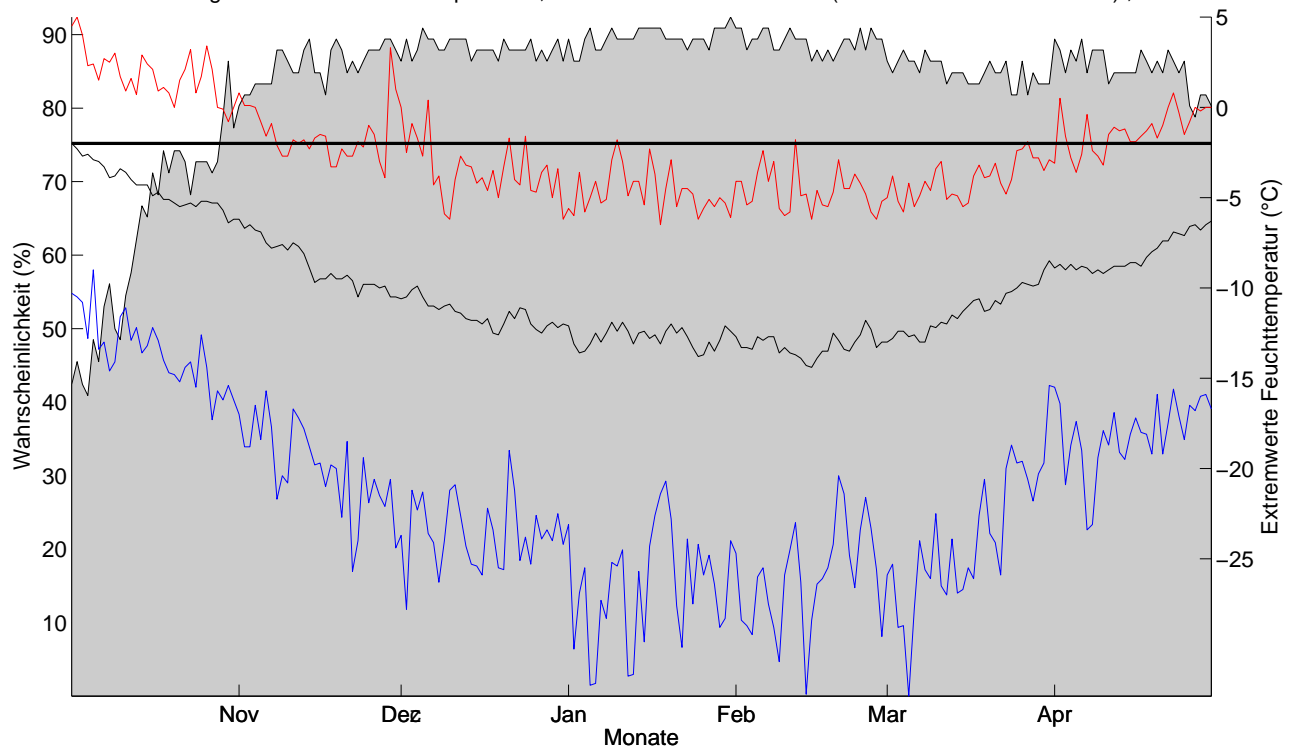


Abbildung 3.10: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Sonnblick, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1948-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), Sonnblick 3109m

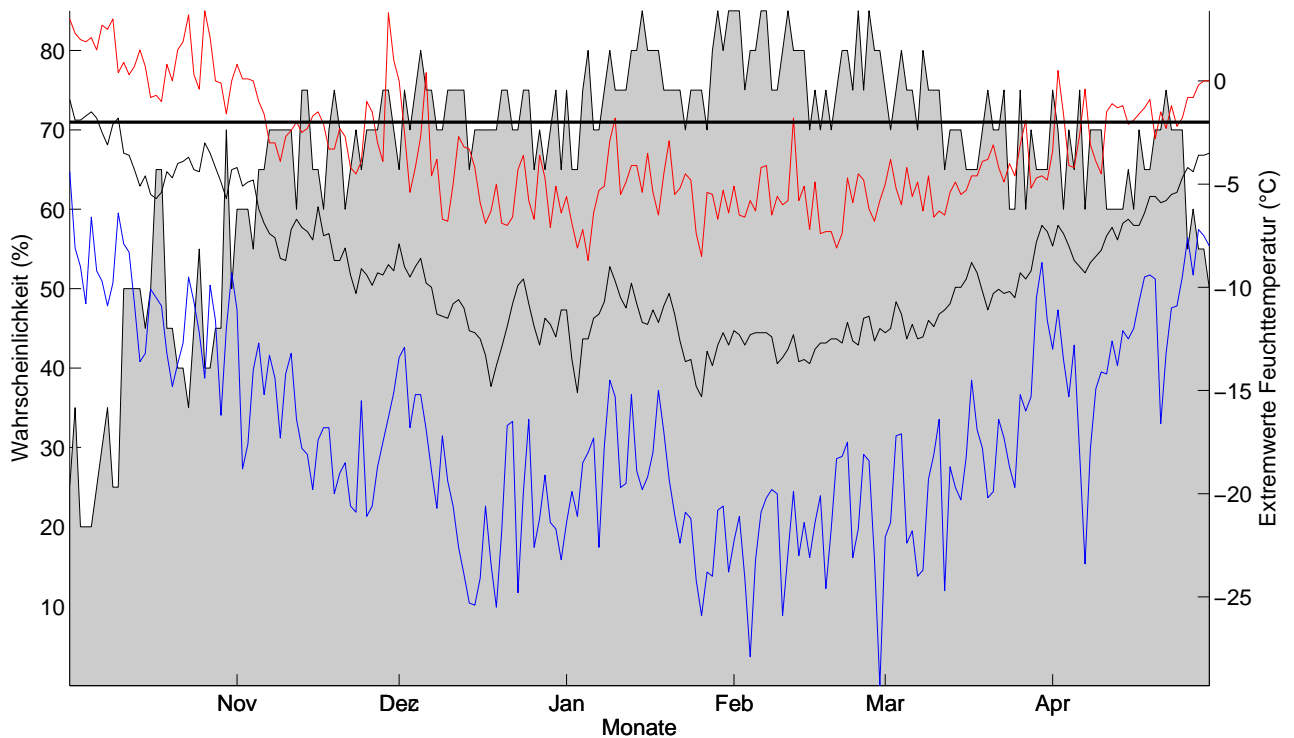


Abbildung 3.11: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Sonnblick, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve). In der Datenreihe sind vor allem im Hochwinter viele Fehlerwerte enthalten, daher ist anzunehmen, dass die Beschneiwahrscheinlichkeit am Sonnblick unterschätzt wird und tatsächlich über den angegeben Werten liegt.

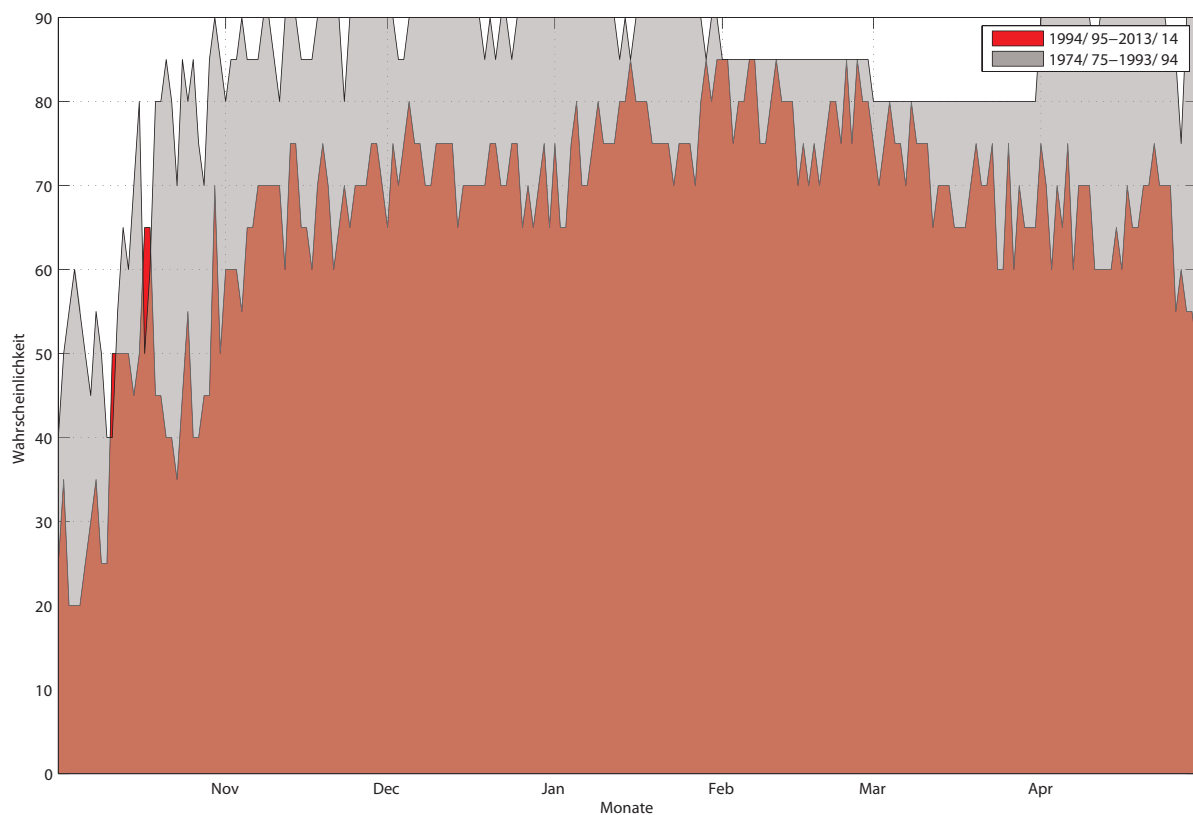


Abbildung 3.12: Vergleich Beschneigungswahrscheinlichkeit (Tagesmittelwert $T_f \leq -2^\circ\text{C}$) der letzten 20 Jahre mit den 20 Jahren davor für alle Tage der Saison (1.10.-30.4.).

Im Mittel über die gesamte Saison gesehen, ist die Wahrscheinlichkeit Beschneien zu können, in den letzten 20 Jahren im Vergleich zu den 20 Jahren davor von etwa 84 auf etwa 67% gesunken. Die Einbrüche sind relativ gleichmäßig über die Saison verteilt. In der Datenreihe sind vor allem im Hochwinter viele Fehlerwerte enthalten, daher ist anzunehmen, dass die Beschneiwahrscheinlichkeit am Sonnblick unterschätzt wird und tatsächlich über den angegebenen Werten liegt. Siehe Abb. 3.12

Beschneitage Sonnblick pro Saison und Monat

Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	21,4	28,8	30,7	30,4	27,6	30,9	29,1
SD	6,0	2,4	1,1	2,5	1,7	0,3	1,8
1948/49	25	30	31	31	28	31	27
1949/50	18	30	31	31	28	31	30
1950/51	25	30	31	31	28	31	30
1951/52	28	30	31	31	28	31	30
1952/53	29	30	31	31	28	31	30
1953/54	15	30	31	31	28	31	30
1954/55	27	29	31	31	28	31	28
1955/56	30	28	31	31	28	31	30
1956/57	28	30	31	31	28	31	30
1957/58	23	30	31	31	28	31	30
1958/59	21	30	31	31	28	31	29
1959/60	29	30	31	31	28	31	30
1960/61	28	30	31	31	28	31	30
1961/62	20	30	31	31	28	31	30
1962/63	26	30	31	31	28	31	30
1963/64	29	30	31	31	28	31	30
1964/65	25	30	31	31	28	31	30
1965/66	29	29	31	31	28	31	30
1966/67	12	30	31	31	28	31	30
1967/68	15	29	31	31	28	31	25
1968/69	20	29	31	31	28	31	27
1969/70	28	29	31	31	28	31	30
1970/71	24	28	31	31	28	31	30
1971/72	24	30	31	31	28	31	30
1972/73	27	30	31	31	28	31	30
1973/74	25	30	31	31	28	31	30
1974/75	31	30	31	31	28	31	30
1975/76	26	30	31	31	28	31	30
1976/77	22	30	31	31	28	31	29
1977/78	12	28	30	31	28	31	30

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

1978/79	23	30	31	31	28	31	30
1979/80	18	30	31	31	28	31	30
1980/81	27	29	31	31	28	31	30
1981/82	24	29	31	31	28	31	30
1982/83	30	30	31	31	28	31	30
1983/84	20	30	31	31	28	31	30
1984/85	25	29	31	31	28	31	30
1985/86	21	30	29	31	28	31	30
1986/87	10	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1987/88	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	30
1988/89	13	30	31	31	28	31	30
1989/90	21	27	30	31	28	NaN	30
1990/91	17	27	31	31	28	31	30
1991/92	23	30	31	31	28	31	27
1992/93	27	26	31	30	28	31	28
1993/94	16	30	30	29	NaN	NaN	NaN
1994/95	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1995/96	NaN	NaN	NaN	17	NaN	NaN	NaN
1996/97	18	23	23	27	21	NaN	NaN
1997/98	12	15	NaN	18	24	NaN	NaN
1998/99	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1999/00	NaN	NaN	NaN	NaN	17	NaN	NaN
2000/01	6	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
2001/02	NaN	25	30	31	28	31	30
2002/03	14	30	31	31	28	30	28
2003/04	16	28	31	29	28	31	30
2004/05	11	24	31	31	28	31	30
2005/06	18	27	31	31	28	29	28
2006/07	13	27	31	30	28	31	21
2007/08	19	30	31	31	28	31	30
2008/09	18	29	30	31	28	31	30
2009/10	23	29	31	31	28	31	28
2010/11	24	28	31	31	28	31	27

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

2011/12	22	27	31	31	28	31	26
2012/13	16	29	31	31	28	31	24
2013/14	16	30	31	31	28	30	29

Tabelle 3.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1948 - 2014, Sonnblick.

Klimaparameter (Saisonmittel) und Schneitage

Jahr	Temperatur °C	Relative Luftfeuchte %	Feuchttemperatur °C	Schneitage -
Mittelwert	-9,3	80,1	-10	200
SD	1,0	6,6	1,0	9
1948/49	-8,4	73,4	-9,5	203
1949/50	-8,8	82,5	-9,5	199
1950/51	-9,9	89,4	-10,4	206
1951/52	-9,4	83,8	-10,1	209
1952/53	-10,8	82,2	-11,5	210
1953/54	-9,4	81,0	-10,1	196
1954/55	-9,8	82,3	-10,5	205
1955/56	-11,3	81,8	-11,9	209
1956/57	-9,3	75,5	-10,3	209
1957/58	-9,6	76,4	-10,5	204
1958/59	-8,7	77,5	-9,6	201
1959/60	-9,7	82,5	-10,4	210
1960/61	-8,7	79,4	-9,4	209
1961/62	-10,3	77,8	-11,0	201
1962/63	-11,3	78,3	-12,1	207
1963/64	-8,7	71,6	-9,7	210
1964/65	-10,8	80,9	-11,5	206
1965/66	-9,6	75,9	-10,6	209
1966/67	-10,3	85,2	-10,8	193
1967/68	-9,2	78,3	-10,2	190

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparamter – Fortsetzung

1968/69	-9,7	82,3	-10,4	197
1969/70	-10,9	85,6	-11,5	208
1970/71	-9,6	85,6	-10,2	203
1971/72	-8,1	83,9	-8,9	205
1972/73	-10,0	78,7	-10,7	208
1973/74	-9,1	86,0	-9,6	206
1974/75	-9,9	86,2	-10,4	212
1975/76	-9,4	79,6	-10,2	207
1976/77	-9,1	84,1	-9,7	202
1977/78	-9,3	81,7	-10,0	190
1978/79	-9,3	77,6	-10,2	204
1979/80	-9,7	81,5	-10,4	199
1980/81	-10,0	76,8	-10,9	207
1981/82	-10,7	82,1	-11,3	204
1982/83	-8,8	80,0	-9,6	211
1983/84	-10,3	78,4	-11,1	201
1984/85	-9,6	79,2	-10,4	205
1985/86	-9,5	85,7	-10,0	200
1986/87	-9,8	93,4	NaN	NaN
1987/88	-9,7	84,9	NaN	NaN
1988/89	-7,3	79,7	-8,3	194
1989/90	-7,2	77,9	-8,0	167
1990/91	-9,2	83,1	-9,8	195
1991/92	-8,3	73,7	-9,4	201
1992/93	-8,0	74,4	-9,2	201
1993/94	-7,8	72,3	-9,2	NaN
1994/95	NaN	NaN	NaN	NaN
1995/96	-10,8	53,8	NaN	NaN
1996/97	-8,5	69,1	-8,6	NaN
1997/98	-10,4	58,6	NaN	NaN
1998/99	-10,0	NaN	NaN	NaN
1999/00	-9,2	72,5	NaN	NaN
2000/01	-8,1	96,9	NaN	NaN

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparamter – Fortsetzung

2001/02	-8,9	81,3	-9,7	185
2002/03	-9,7	78,6	-10,4	192
2003/04	-9,1	78,5	-10,0	193
2004/05	-9,2	79,3	-10,0	186
2005/06	-9,6	82,9	-10,3	192
2006/07	-6,2	87,4	-6,9	181
2007/08	-9,1	81,6	-9,8	200
2008/09	-9,2	90,6	-9,6	197
2009/10	-9,3	81,8	-10,0	201
2010/11	-8,5	85,5	-9,2	200
2011/12	-8,2	78,9	-9,1	196
2012/13	-8,2	80,9	-9,1	190
2013/14	-7,0	81,1	-7,8	195

Tabelle 3.2: Saisonale Klimaparameter und Schneitage für die Periode 1948-2014, Sonnblick.

3.12.2 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

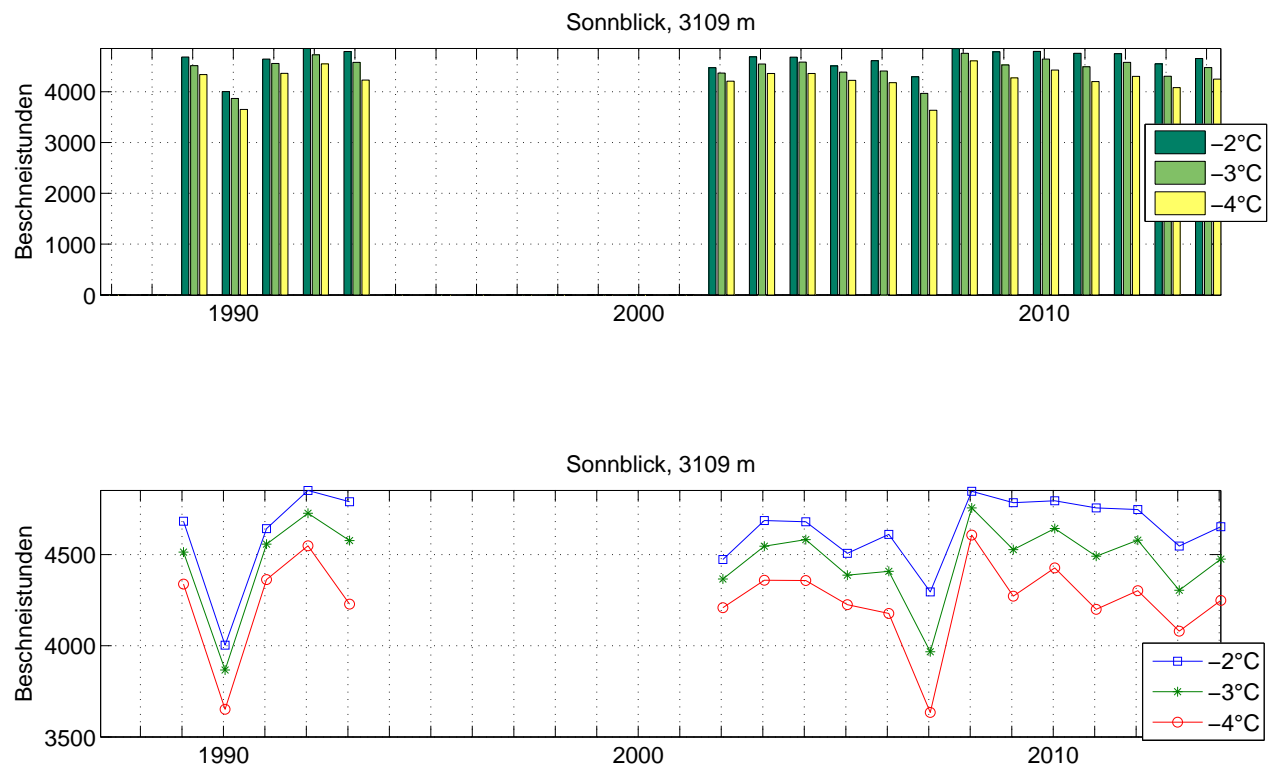
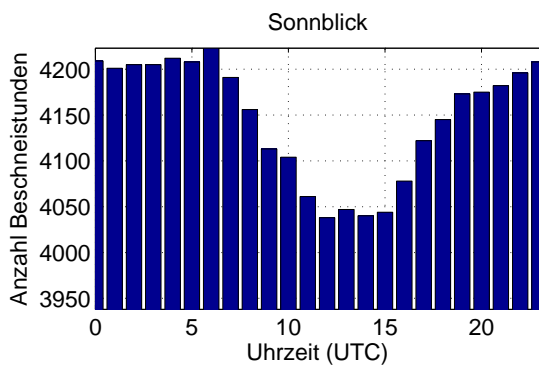
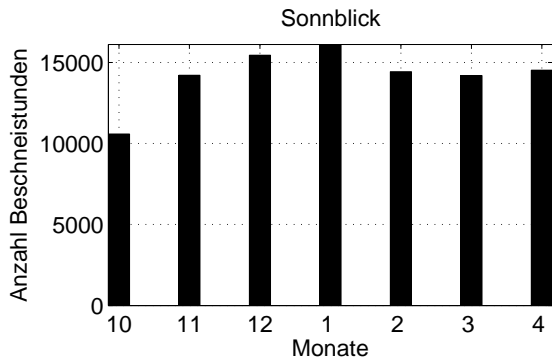
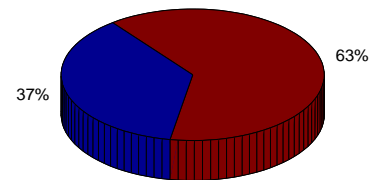


Abbildung 3.13: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 206 Stunden (9 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es im Mittel 4631 potentielle Beschneistunden (ca. 193 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 206 Stunden (ca. 9 Tage). Siehe Abb. 3.13.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

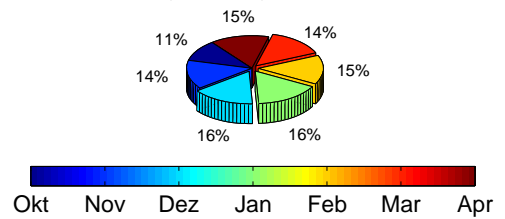


Abbildung 3.14: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

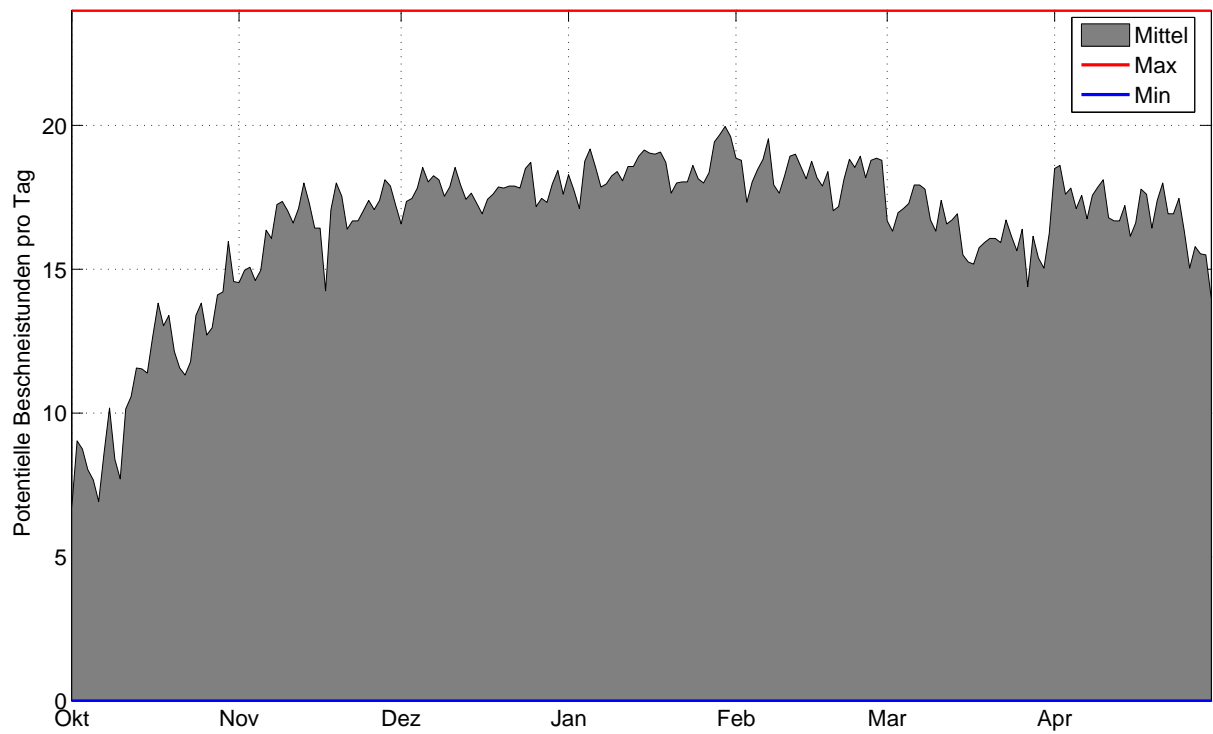


Abbildung 3.15: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1986-2014, Station Sonnblick, 3109 m.

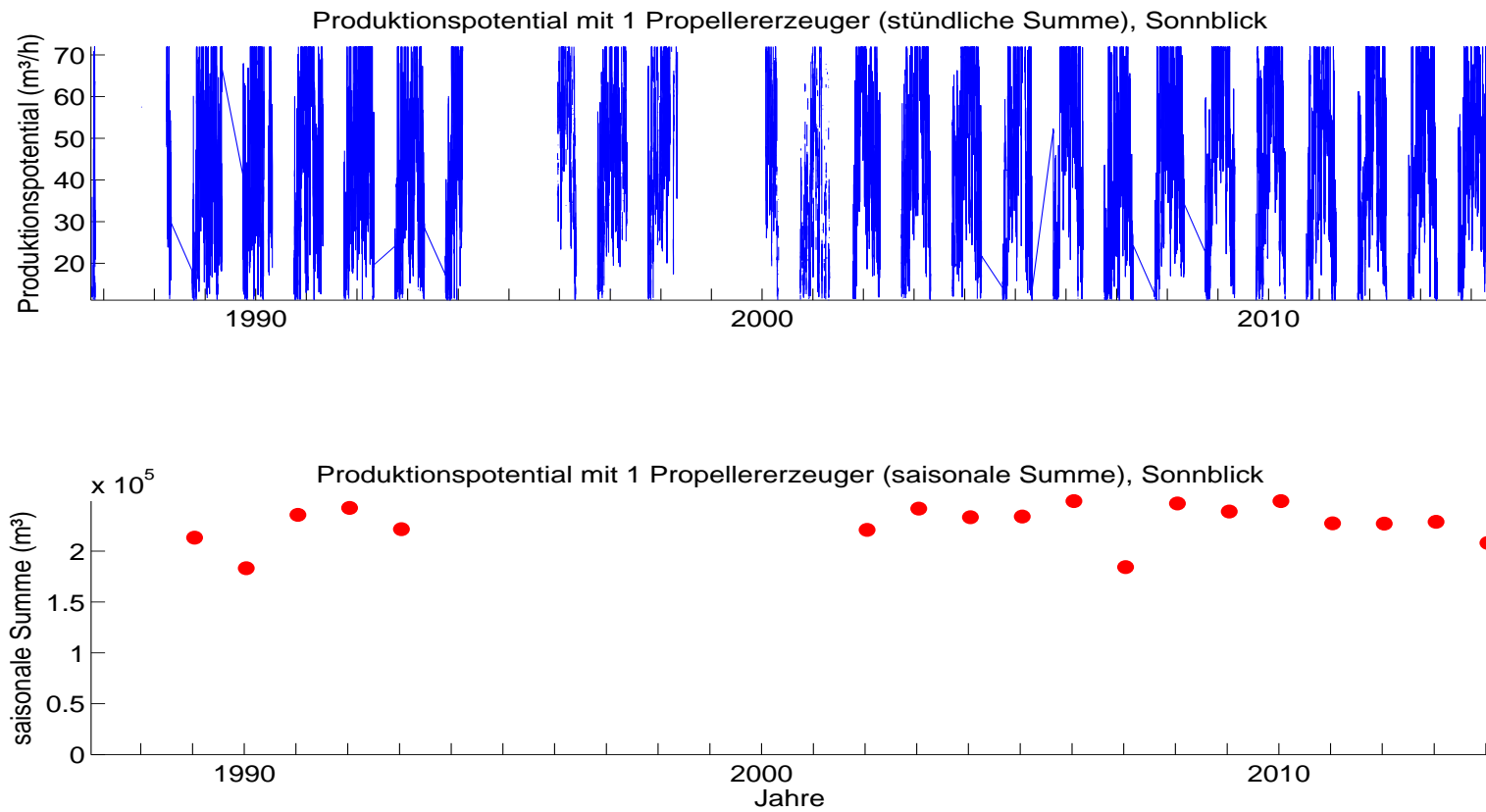
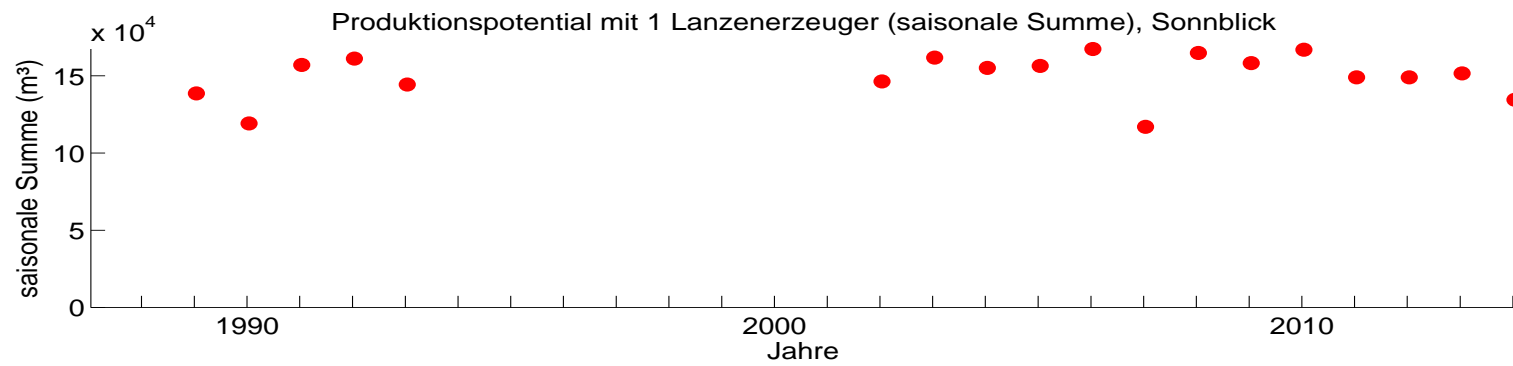
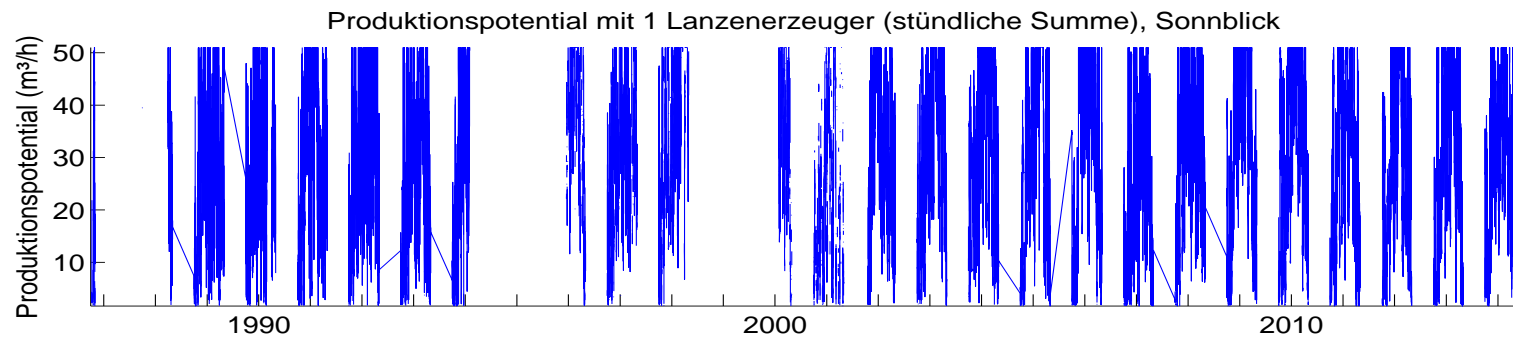


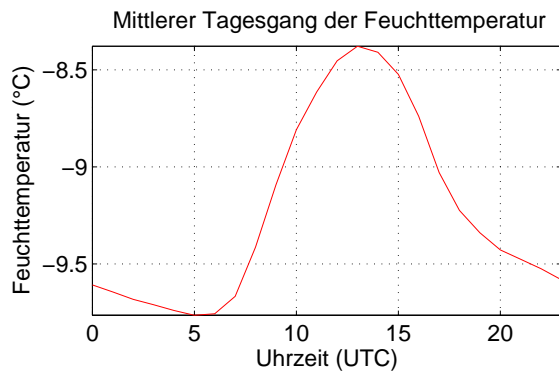
Abbildung 3.16: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.



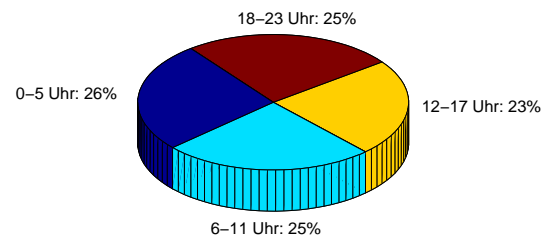
402

Abbildung 3.17: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

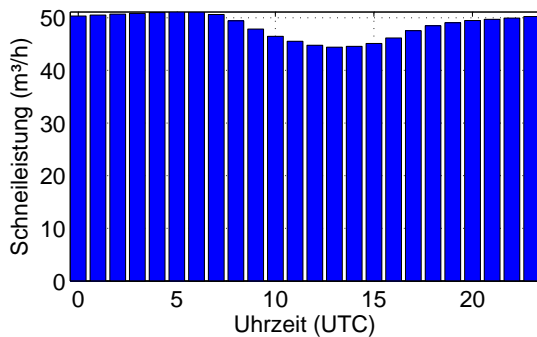
Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 28384 m^3 (Propellergerät), bzw. 21052 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 221224 m^3 (Propellergerät), bzw. 175555 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 71 ha (Propellergerät), bzw. ca. 56 ha (Lanze) eine Grundbeschneieung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 3.16 und 3.17.



Zeitliche Verteilung der künstlich erzeugbaren Schneemenge



Mittlerer Tagesgang der Schneileistung (Propellererzeuger)



Mittlerer Tagesgang der Schneileistung (Lanzenerzeuger)

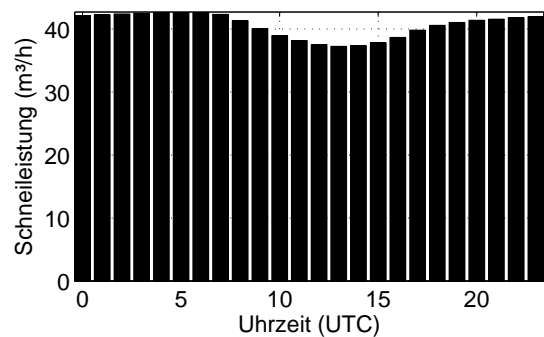


Abbildung 3.18: Mittlerer Tagesgang der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1986-2014, Sonnblick, 3109 m.

Die Feuchttemperatur liegt im Saisonmittel stets unter der Grenzwert für die Kunstschneeproduktion. An einem durchschnittlichen Tag können mit einem Propellererzeuger $49 \text{ m}^3/\text{h}$, mit einem Lanzenerzeuger $41 \text{ m}^3/\text{h}$ produziert werden. Siehe Abb. 3.18.

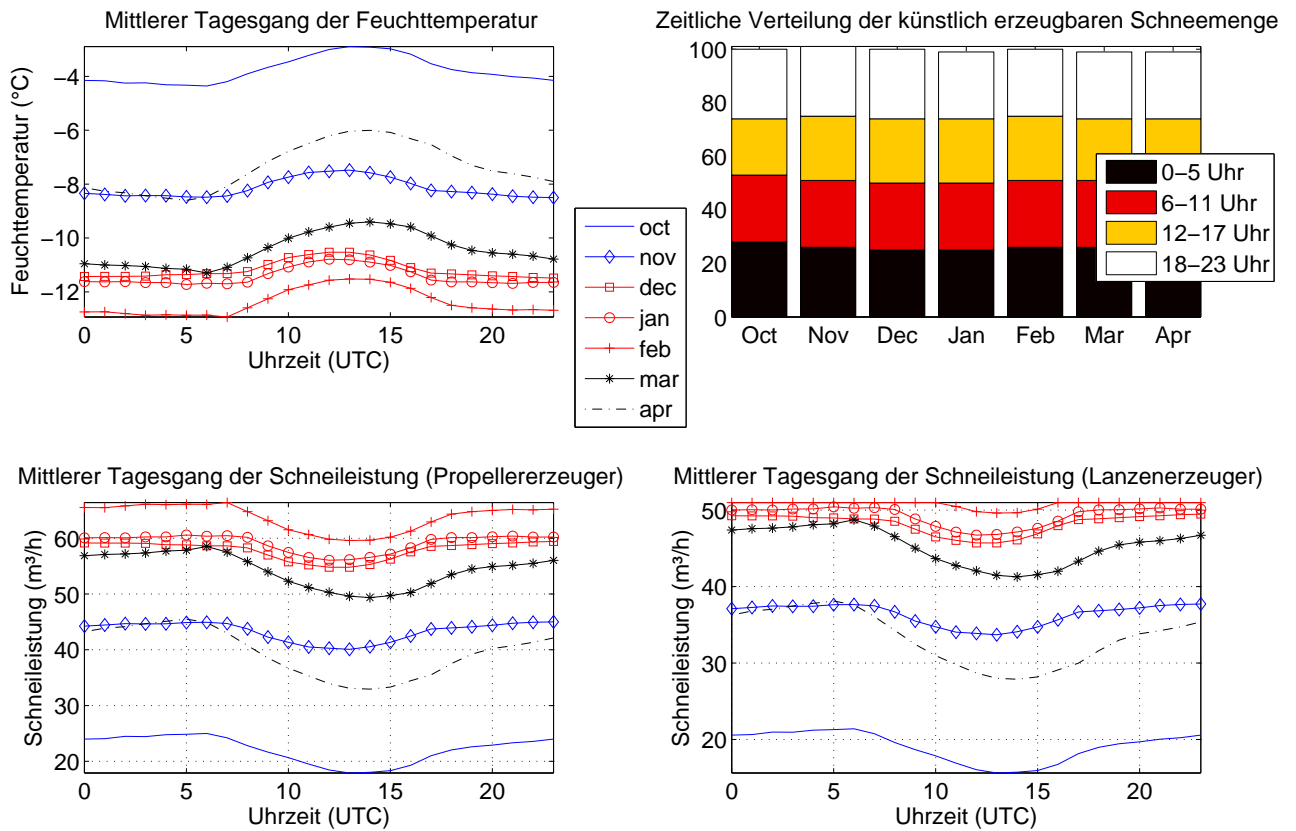


Abbildung 3.19: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1986-2014, Sonnblick, 3109 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

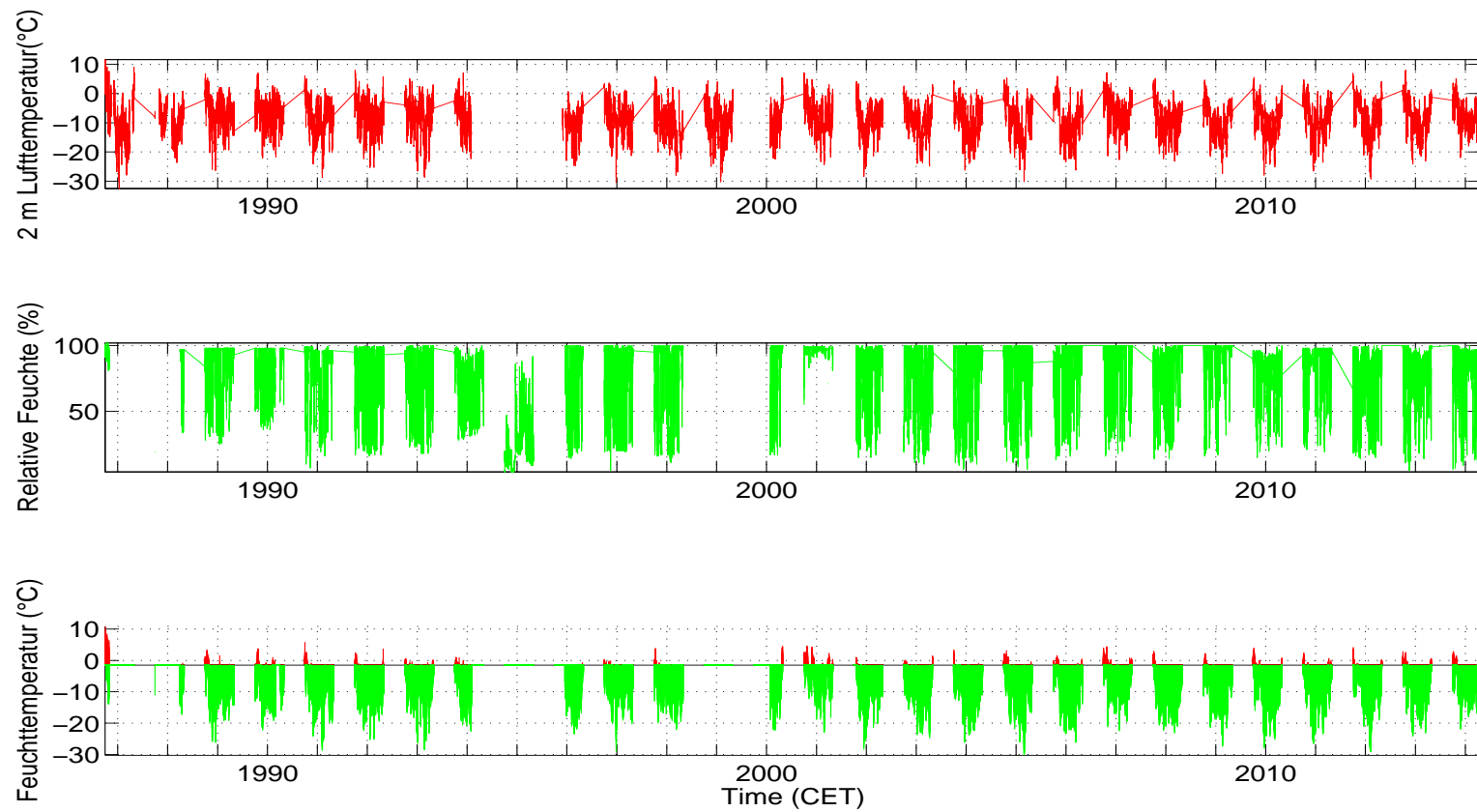


Abbildung 3.20: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchtttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Schneistunden mit versch. Grenztemp.				
	-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	4701,4	4630,7	4459,6	4198,4
SD	198,7	206,1	223,2	283,0
Saison				
1986/87	NaN	NaN	NaN	NaN
1987/88	NaN	NaN	NaN	NaN
1988/89	4728	4683	4514	4338
1989/90	4054	4003	3867	3652
1990/91	4686	4642	4557	4363
1991/92	4898	4852	4727	4548
1992/93	4852	4790	4577	4228
1993/94	NaN	NaN	NaN	NaN
1994/95	NaN	NaN	NaN	NaN
1995/96	NaN	NaN	NaN	NaN
1996/97	NaN	NaN	NaN	3542
1997/98	NaN	NaN	NaN	NaN
1998/99	NaN	NaN	NaN	NaN
1999/00	NaN	NaN	NaN	NaN
2000/01	NaN	NaN	NaN	NaN
2001/02	4512	4473	4366	4209
2002/03	4719	4687	4546	4359
2003/04	4696	4680	4582	4358
2004/05	4579	4507	4387	4225
2005/06	4760	4611	4408	4177
2006/07	4467	4295	3967	3634
2007/08	4866	4847	4756	4607
2008/09	4880	4785	4527	4272
2009/10	4850	4795	4643	4427
2010/11	4851	4756	4491	4200
2011/12	4826	4747	4579	4302
2012/13	4679	4547	4304	4080
2013/14	4722	4653	4475	4249

Tabelle 3.3: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Sonnblick)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	441	672	740	739	669	741	675
SD	104	38	6	8	12	5	49
Saison							
1986/87	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1987/88	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	706
1988/89	366	718	742	731	671	735	720
1989/90	509	681	731	743	620	NaN	718
1990/91	385	645	741	743	671	740	717
1991/92	574	708	744	744	671	744	667
1992/93	631	615	736	734	671	740	664
1993/94	487	675	721	721	NaN	NaN	NaN
1994/95	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1995/96	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1996/97	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1997/98	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1998/99	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1999/00	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
2000/01	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
2001/02	250	607	741	744	672	744	716
2002/03	421	714	733	744	672	743	664
2003/04	394	691	741	728	672	744	710
2004/05	319	599	738	744	672	739	698
2005/06	411	633	744	744	672	723	686
2006/07	259	647	744	720	672	744	533
2007/08	510	714	743	744	672	744	720
2008/09	480	703	737	744	672	744	714
2009/10	536	687	744	744	672	744	668
2010/11	567	659	744	744	672	744	626
2011/12	532	661	744	744	672	744	650
2012/13	382	686	744	744	672	743	580
2013/14	361	720	744	744	672	741	676

Tabelle 3.4: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C).

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Propeller (m ³) (Sonnblick)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	15391,2	27645,8	35959,5	37175,1	35990,1	31448,3	24522,6
SD	4675,5	6406,5	10702,1	10322,8	7761,6	11963,7	7731,9
Saison							
1986/87	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1987/88	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1988/89	12586	35836	39233	33297	32182	31812	29863
1989/90	17968	32062	33529	37628	28982	40,044	34233
1990/91	13720	30855	45021	40122	40230	30281	36893
1991/92	22002	31169	41481	38405	37512	41222	31742
1992/93	23243	23866	35431	34579	36979	40927	27478
1993/94	15192	33846	39802	40428	NaN	NaN	NaN
1994/95	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1995/96	NaN	NaN	6699,4	25608	25377	27859	12223
1996/97	19143	26051	30256	34520	30976	14570	19040
1997/98	14388	20504	12600	29442	32395	15294	14620
1998/99	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1999/00	NaN	NaN	NaN	5150,9	28714	21807	14404
2000/01	6062,8	6009	14006	13208	11383	3958,5	4960,8
2001/02	7210,5	28550	48149	40962	32854	34050	29624
2002/03	14601	27422	35921	46697	45800	39366	32866
2003/04	15088	25074	37906	48555	38686	40884	27452
2004/05	11009	32079	37480	44024	46466	36878	28270
2005/06	13574	32748	47785	46744	42565	40599	27250
2006/07	8719,1	24909	31344	33459	35329	36829	16969
2007/08	20355	36231	43961	37871	36286	41298	31232
2008/09	14177	30804	42071	46005	43009	42497	21530
2009/10	21824	25895	42685	48967	42180	40218	28309
2010/11	20991	28575	43485	40725	36649	36259	21826
2011/12	19345	20992	39156	45411	43718	32068	27607
2012/13	14505	23722	42609	42549	44684	40666	22529
2013/14	12902	31008	36457	37845	34817	33928	23100

Tabelle 3.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Lanze, (m ³) (Sonnblick)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	13039,7	22262,0	28134,9	29059,6	27735,3	24824,4	20184,2
SD	3751,1	4838,0	7979,4	7709,5	5468,9	9331,7	6250,2
Saison							
1986/87	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1987/88	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1988/89	10715	28292	30494	27563	25727	25913	24780
1989/90	15302	25894	27512	30500	22984	33,682	28081
1990/91	11880	25143	33783	31856	30227	24944	29218
1991/92	18120	25357	31950	31138	29263	32865	25851
1992/93	19221	19170	28785	27463	28272	31407	22877
1993/94	13102	26376	31159	31590	NaN	NaN	NaN
1994/95	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1995/96	NaN	NaN	5326	20602	19029	21103	10044
1996/97	16233	20516	24245	28122	24822	12121	15125
1997/98	11893	16963	9926,2	22993	25737	11359	11639
1998/99	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1999/00	NaN	NaN	NaN	4006,6	22416	17597	11772
2000/01	5356,9	5086,9	11759	10448	9044,8	3164,2	4186,8
2001/02	6242,5	22977	35650	32040	26774	27349	24591
2002/03	12409	22418	29387	35263	33924	31134	26179
2003/04	12761	21120	29966	35787	29526	31108	22841
2004/05	9659,7	25320	29956	33532	33309	28186	23418
2005/06	11820	24808	35832	35617	32424	31245	22270
2006/07	7717,7	20273	25340	26710	28929	29480	14554
2007/08	16587	28198	33840	30699	28737	31900	25669
2008/09	12283	24597	33294	35361	32111	32847	18294
2009/10	18160	21805	32741	36853	31834	31060	23430
2010/11	17525	22784	33093	31150	29087	29355	18264
2011/12	16462	17855	30595	34629	32216	26576	22819
2012/13	12203	19890	32870	33098	33259	32178	18951
2013/14	11220	24921	29599	30409	28261	28036	19382

Tabelle 3.6: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

3.12.3 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

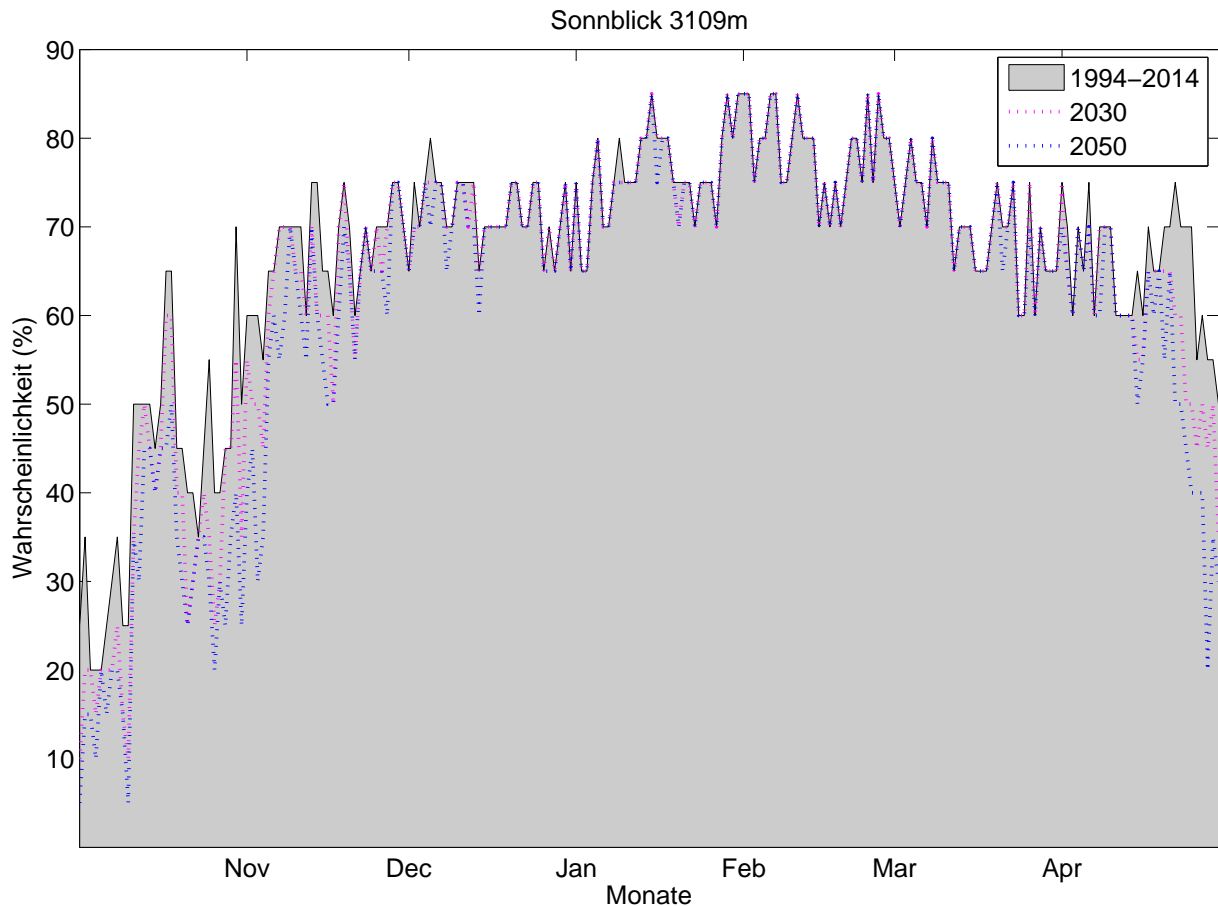


Abbildung 3.21: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Sonnblick, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

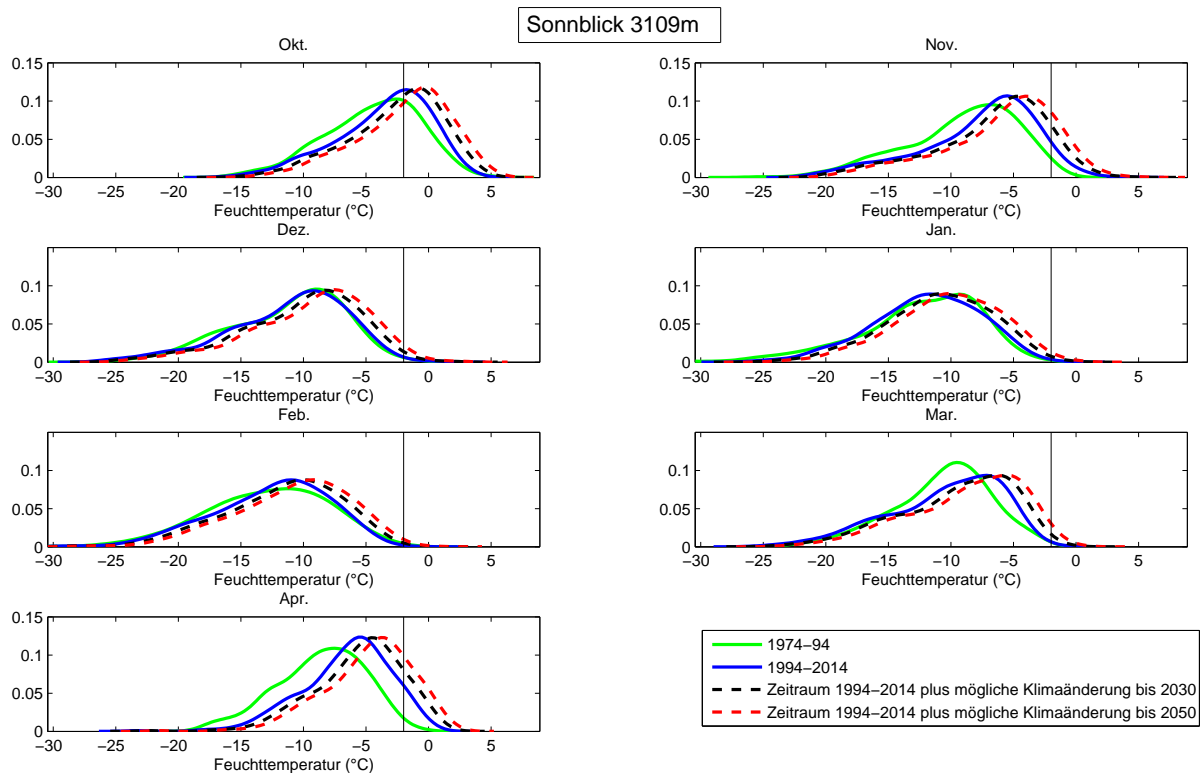


Abbildung 3.22: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um $1,8^{\circ}\text{C}$. Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050. In der Datenreihe sind vor allem im Hochwinter viele Fehlerwerte enthalten, daher ist anzunehmen, dass die Beschneiwahrscheinlichkeit am Sonnblick unterschätzt wird und tatsächlich über den angegebenen Werten liegt.

Tage mit Tagesmittel Feuchtttemperatur unter -2°C pro Monat, Sonnblick.								
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	
Periode								
1974-1994	20,3	26,3	27,7	27,8	23,8	24,8	26,7	
1994-2014	12,8	20,2	22,2	23,1	22,1	21,8	19,5	
mit Klimaänderung bis 2030	10,4	19,2	22,1	23,5	22,1	21,8	18,0	
mit Klimaänderung bis 2050	8,7	17,8	21,8	23,5	22,1	21,7	16,7	
Änderung bis 2050 in Tagen	-4,1	-2,5	-0,4	+0,4	-0,0	-0,1	-2,9	
Änderung bis 2050 in %	-32	-12	-2	+2	-0	-0	-15	

Tabelle 3.7: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1974-94, 1994-2014 und 1994-2014 mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

3.13 Zell am See (770 m)

3.13.1 Naturschnee

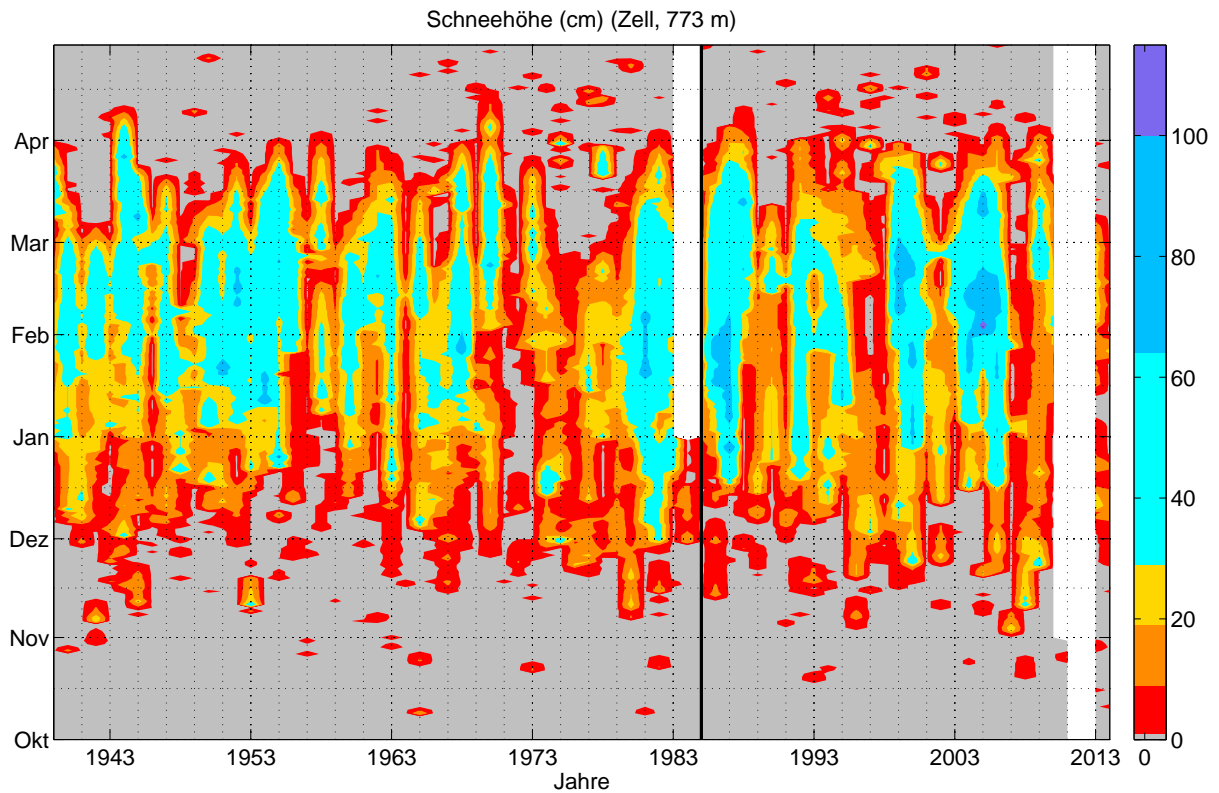


Abbildung 3.1: Tageswerte der Schneehöhe, Zell am See, Okt.-Apr. 1938-2014. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt. Standortwechsel der Schneehöhenmessstation in der Saison 1983/84 ist mit einer schwarzen Linie markiert.

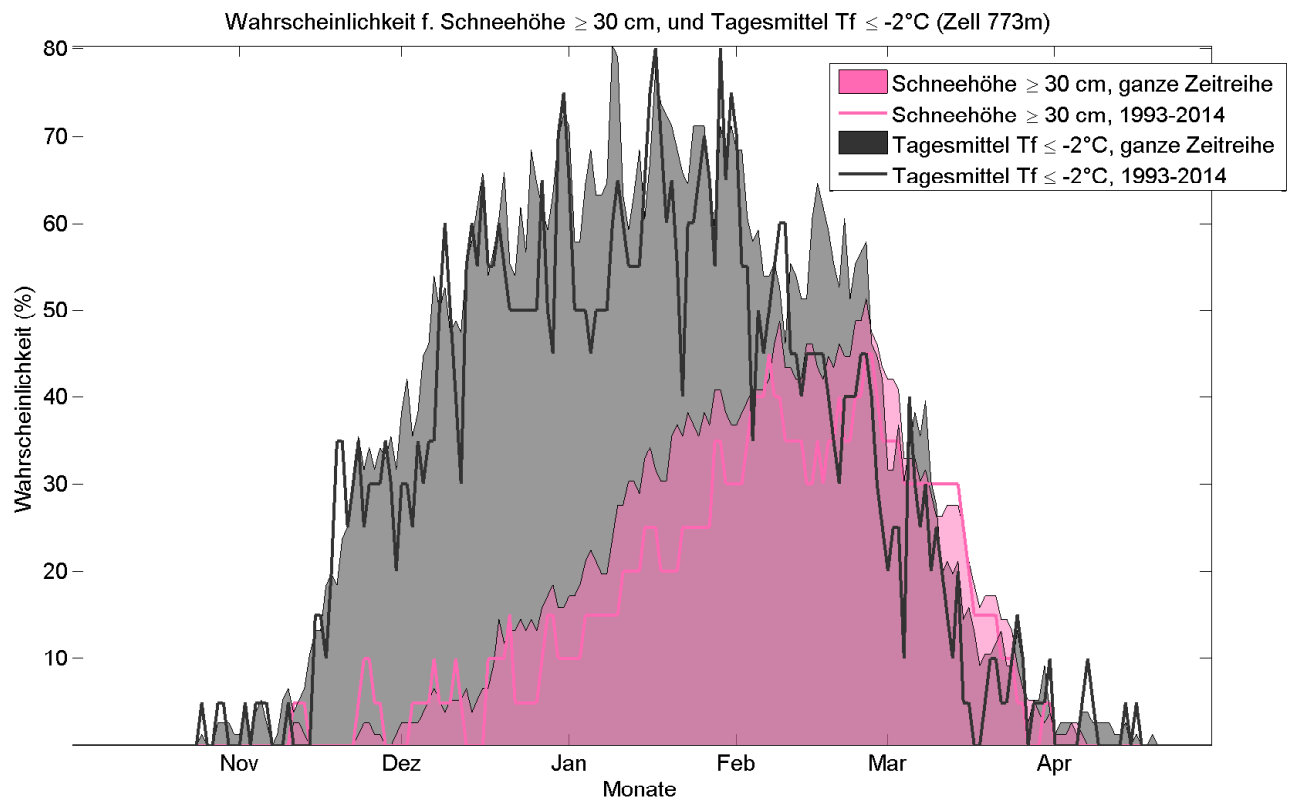


Abbildung 3.2: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchtttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Beschneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (ab 1938).

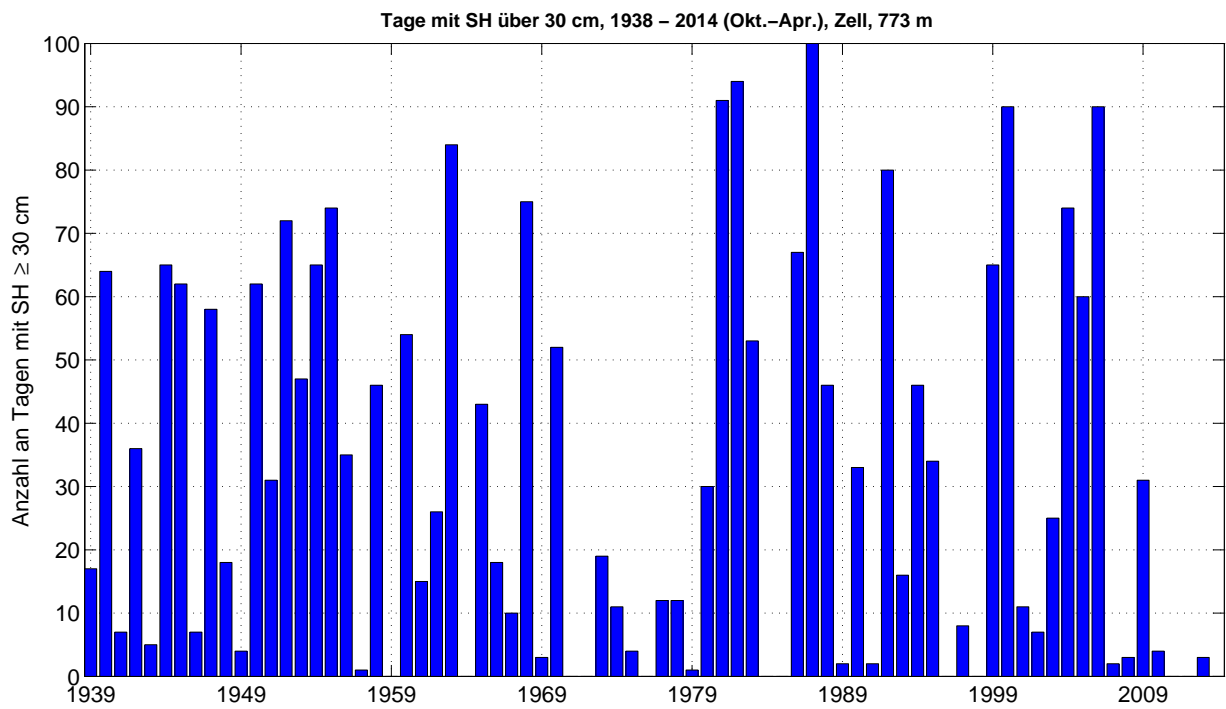


Abbildung 3.3: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1938-2012

3.13.2 Langzeitanalyse - Trends und Klima

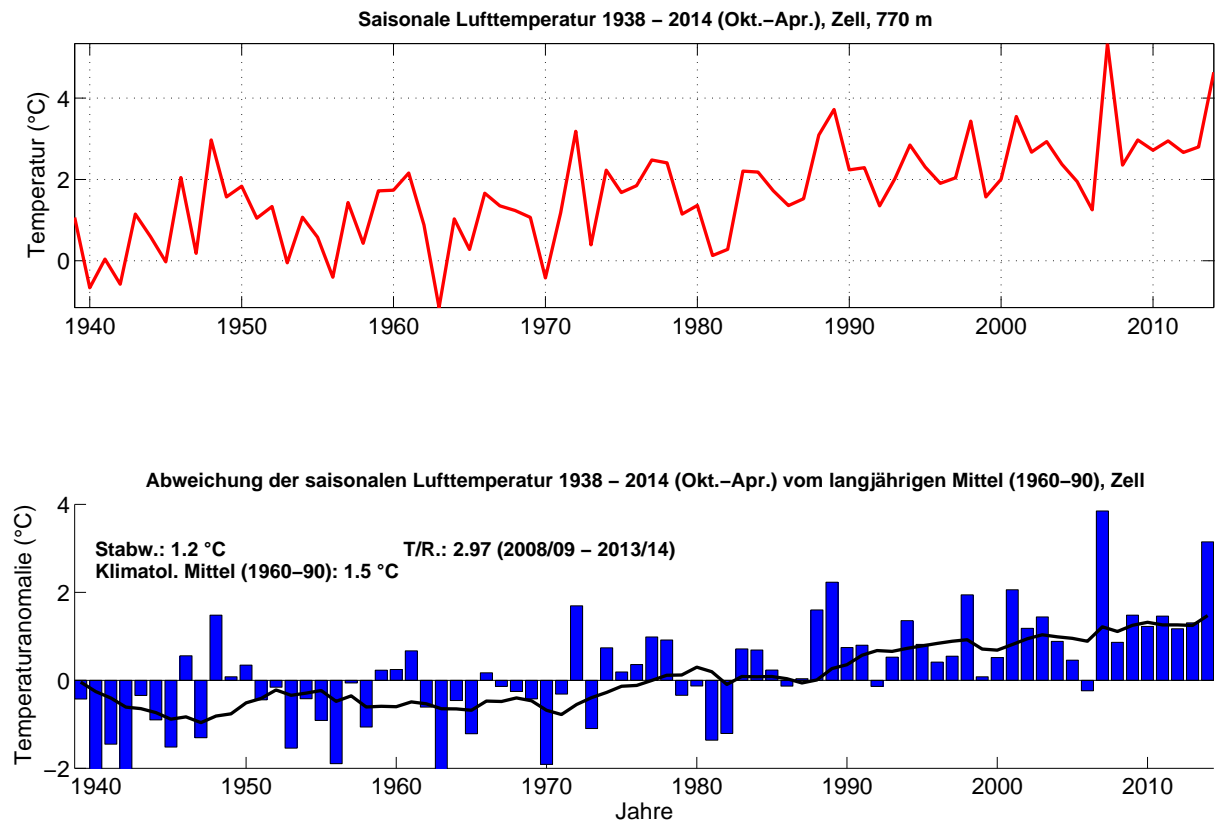


Abbildung 3.4: Langzeitanalyse der saisonalen Lufttemperatur, Zell am See, Okt.-Apr. 1938-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2008 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

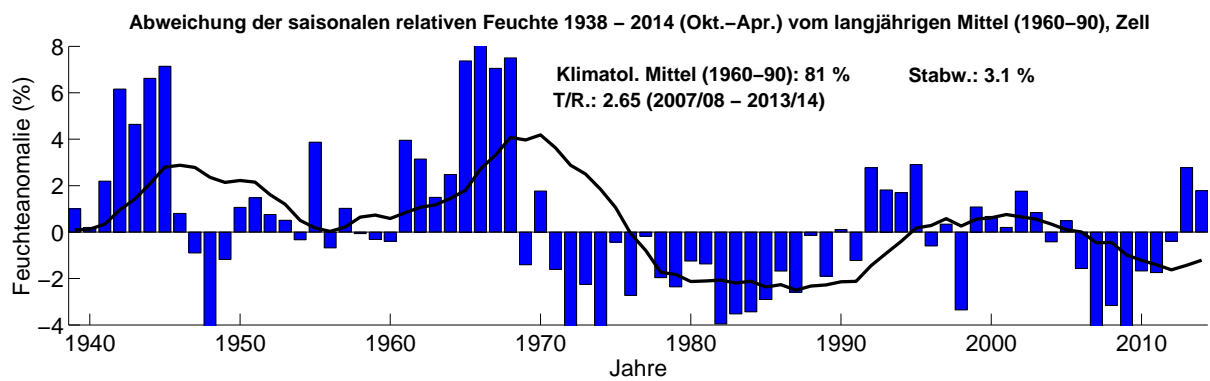
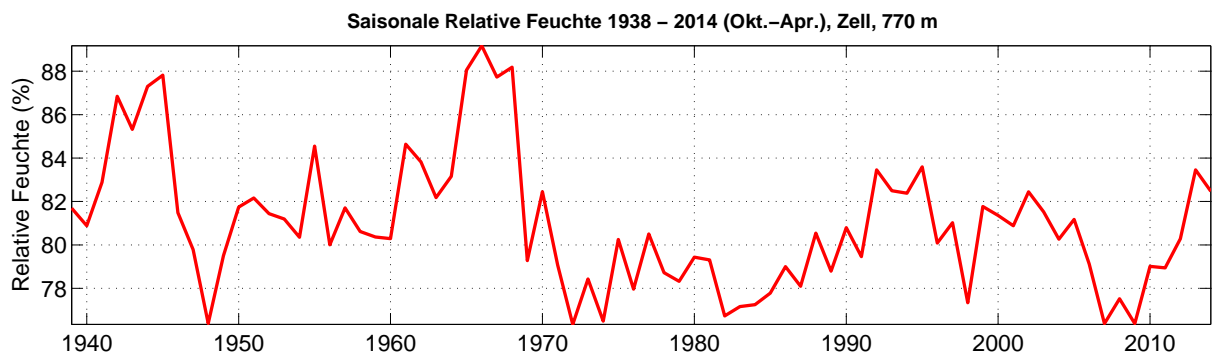


Abbildung 3.5: Langzeitanalyse der saisonalen relativen Feuchte, Zell am See, Okt.-Apr. 1938-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2009 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

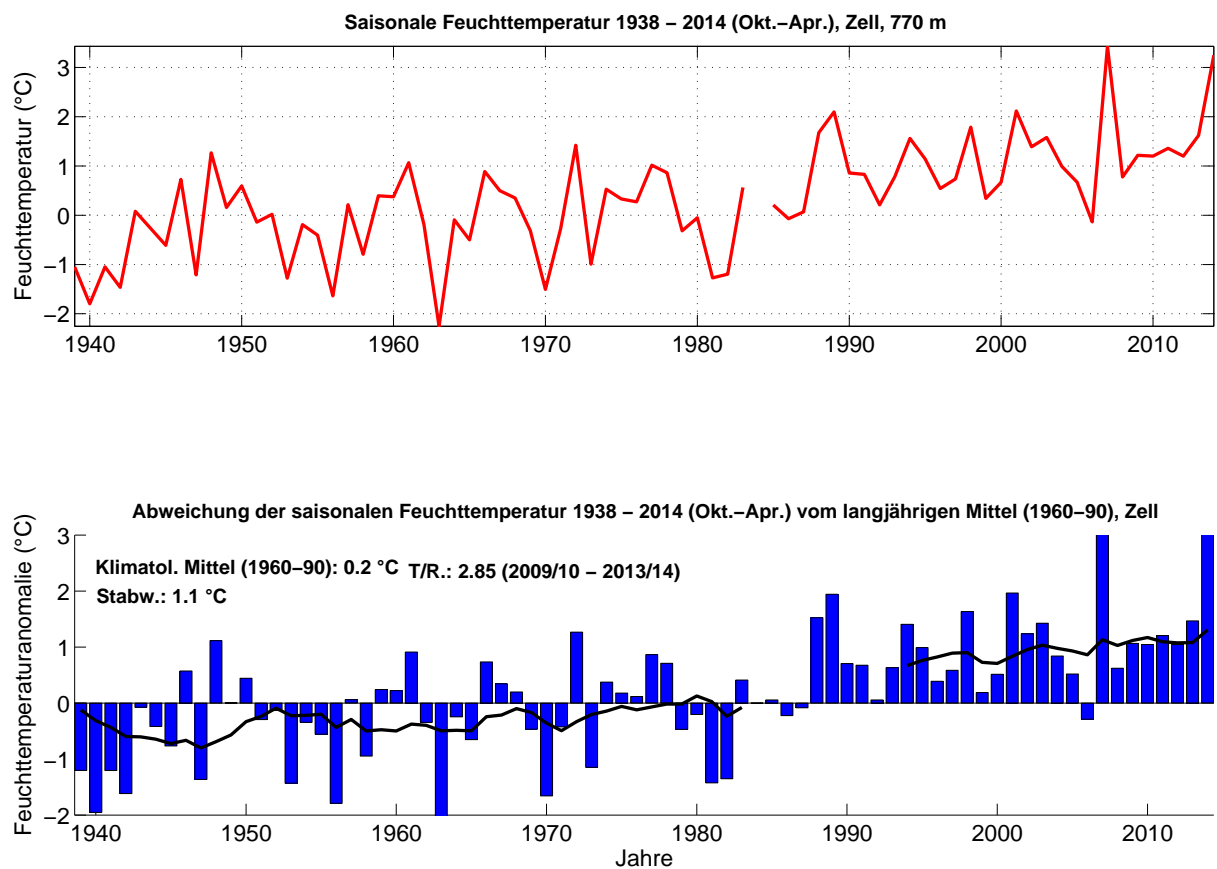


Abbildung 3.6: Langzeitanalyse der saisonalen Feuchtttemperatur, Zell am See, Okt.-Apr. 1938-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2009 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

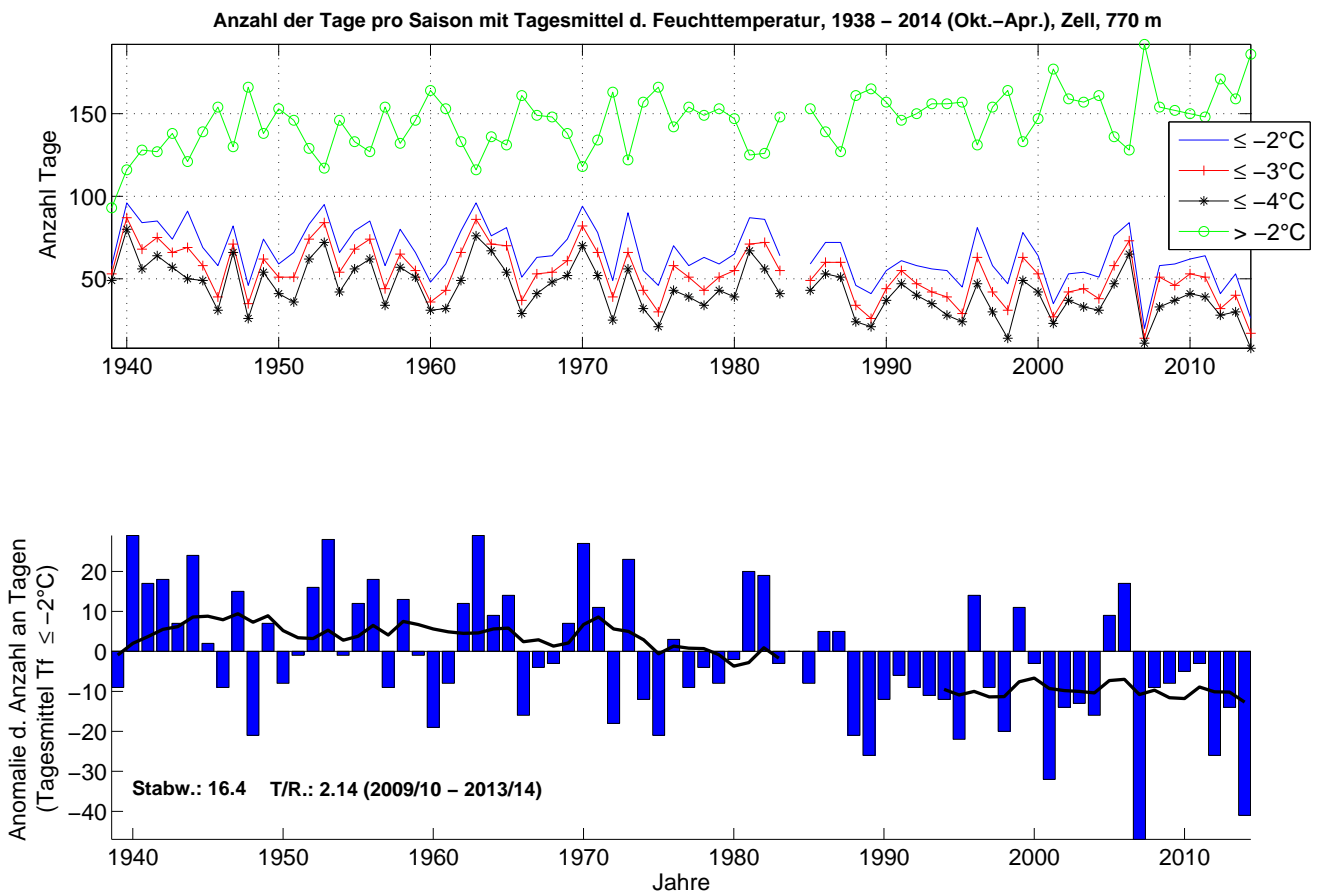


Abbildung 3.7: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur von -2°C , -3°C und -4°C , bzw. Überschreitung von -2°C , Periode 1938-2014, Zell am See. Abweichung vom langjährigen Mittel für Tagesmittel $\leq -2^{\circ}\text{C}$ (unten).

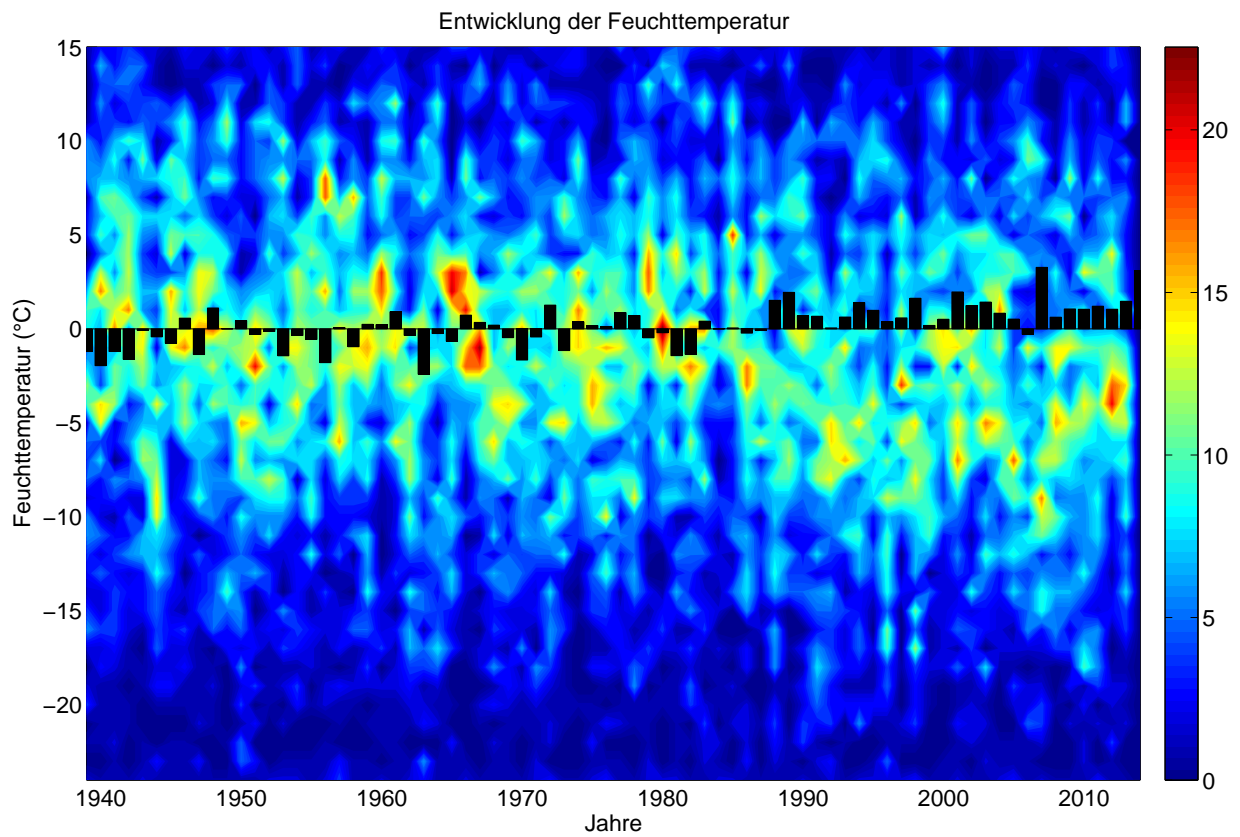


Abbildung 3.8: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1938-2014, Zell am See. Die schwarzen Balken zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel (1960-90).

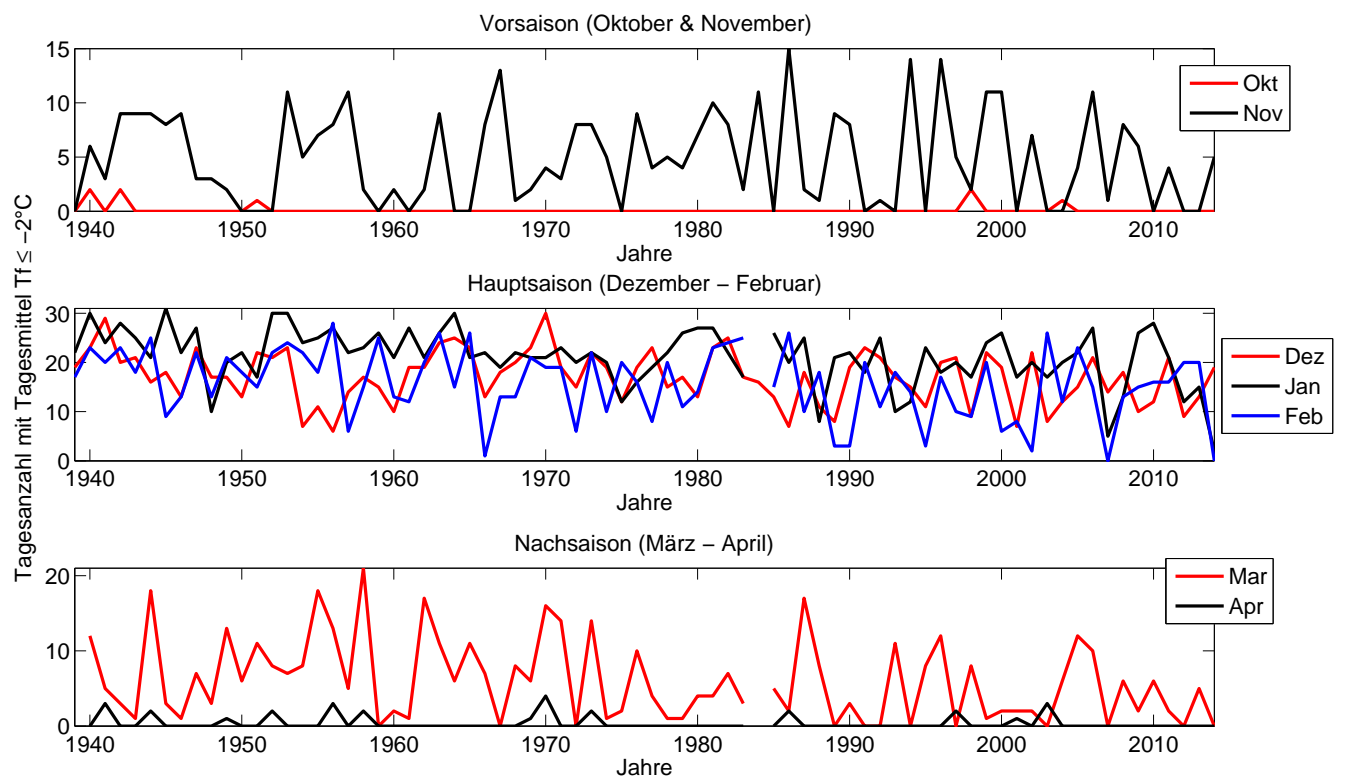


Abbildung 3.9: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Schneitagen pro Saison, nach Monaten.

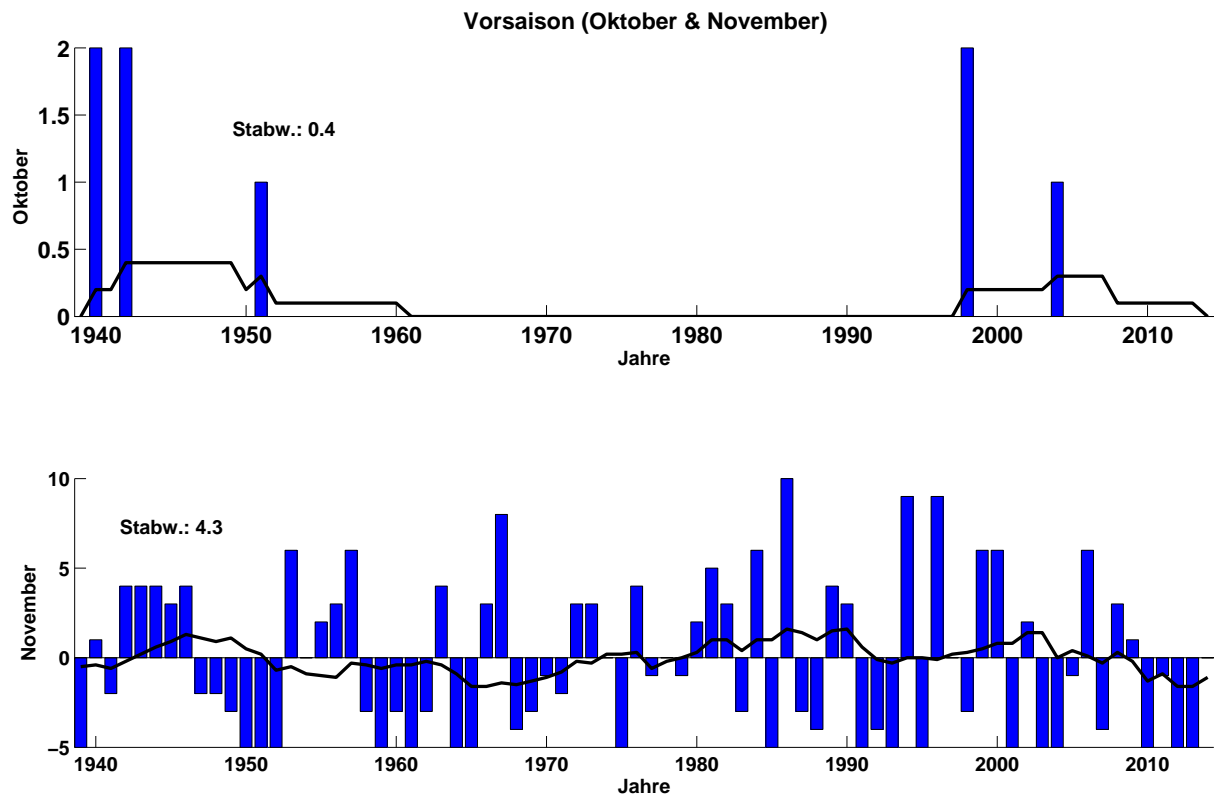


Abbildung 3.10: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Oktober und November (Vorsaison).

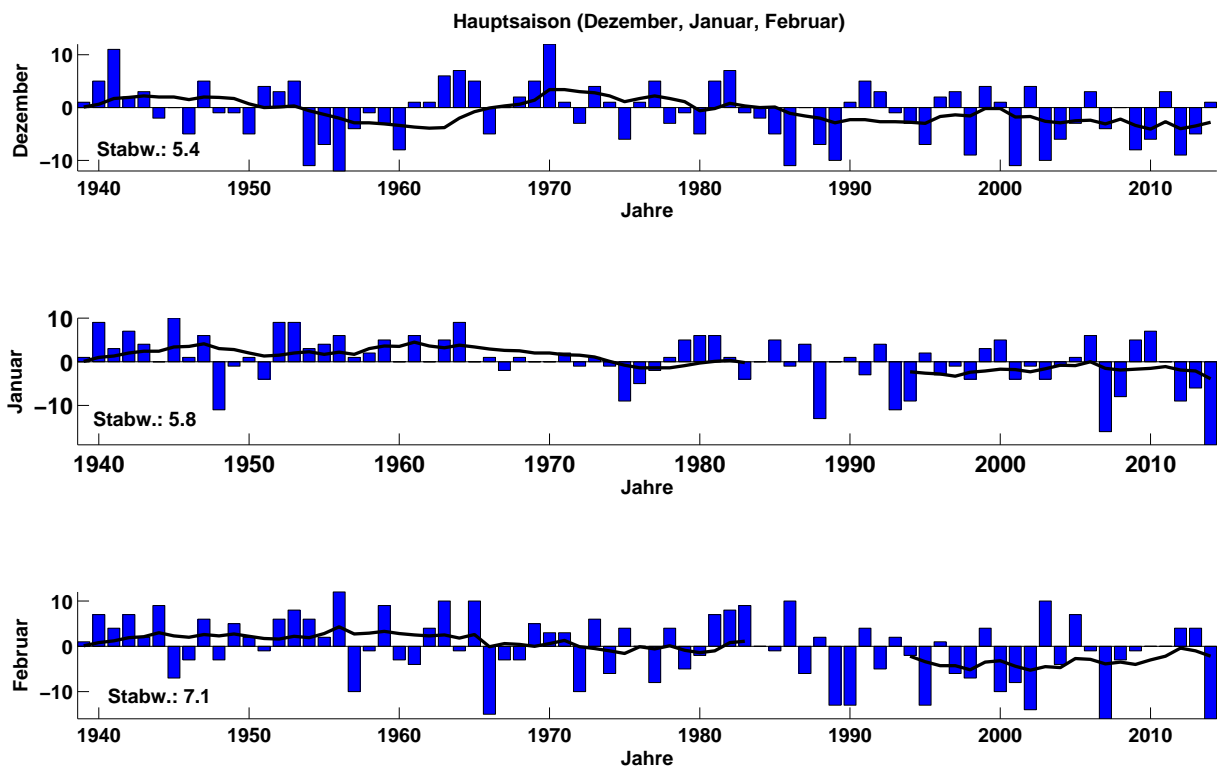


Abbildung 3.11: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Dezember, Januar und Februar (Hauptsaison).

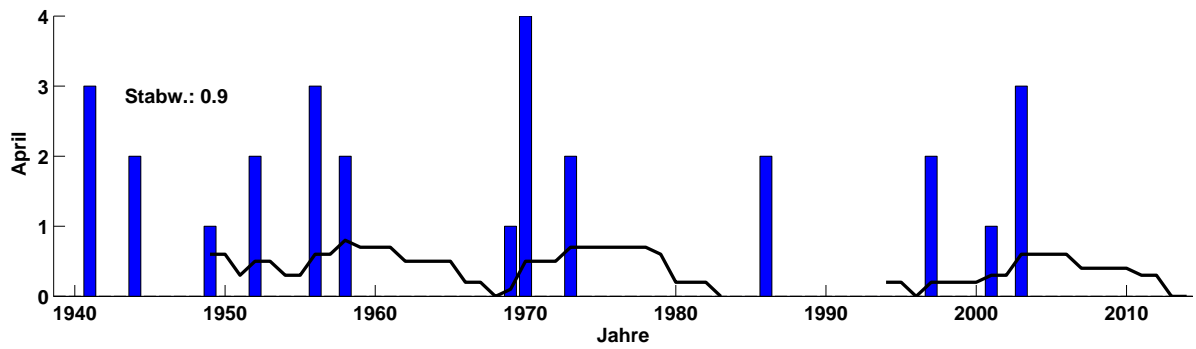
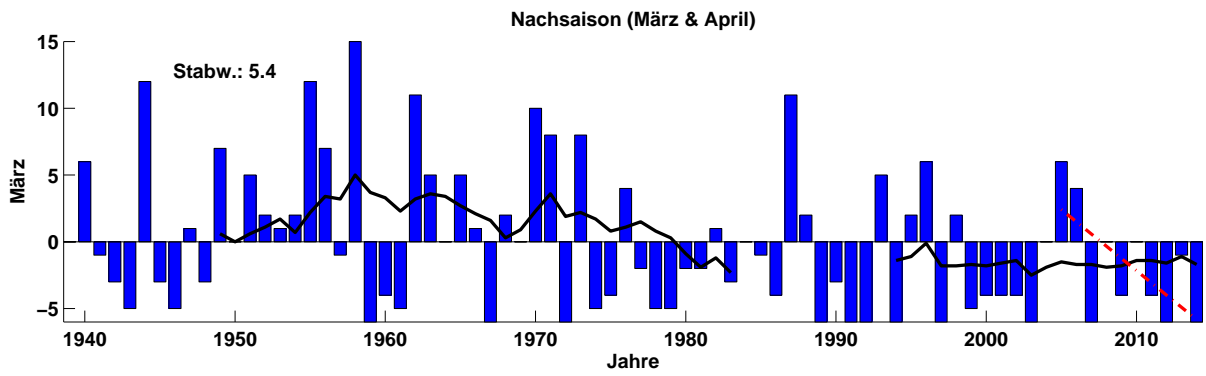


Abbildung 3.12: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt n Monate: März und April (Nachsaison).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1938 – 2014) ,Zell 770 m

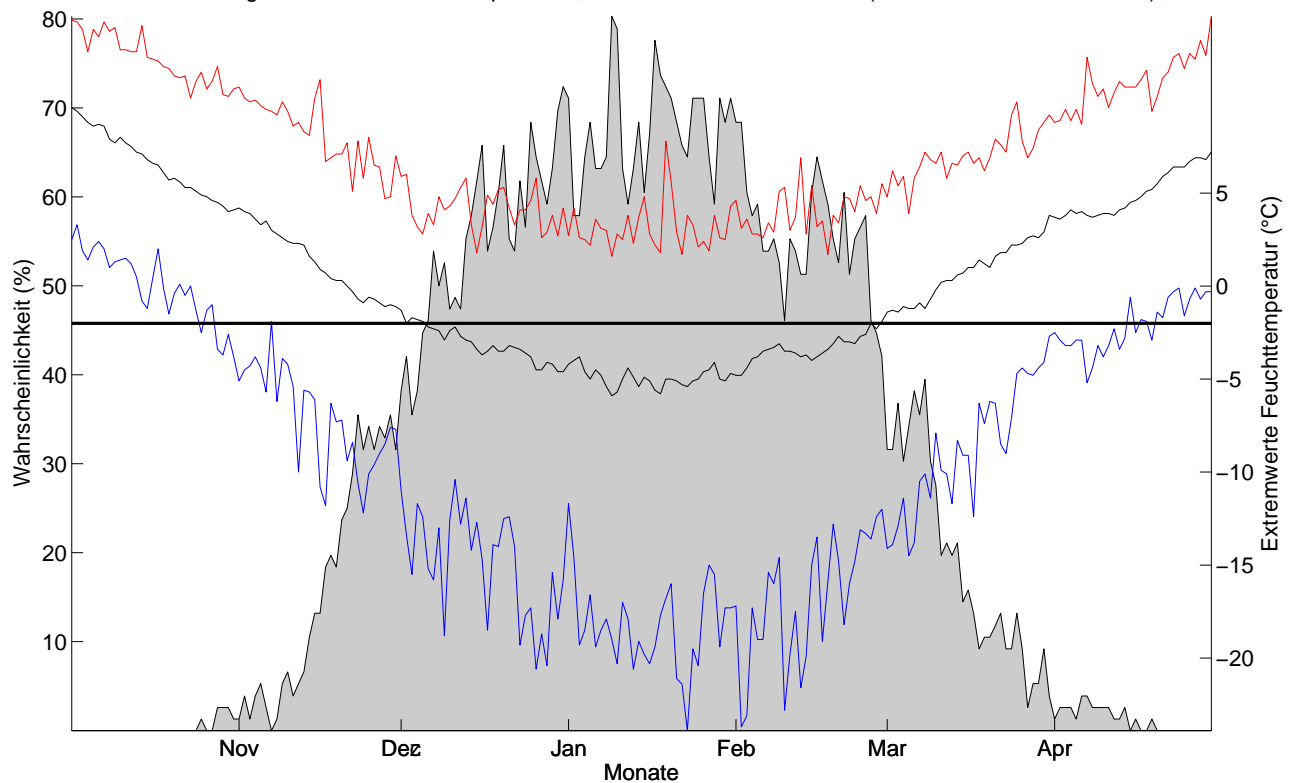


Abbildung 3.13: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Zell am See, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1938-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

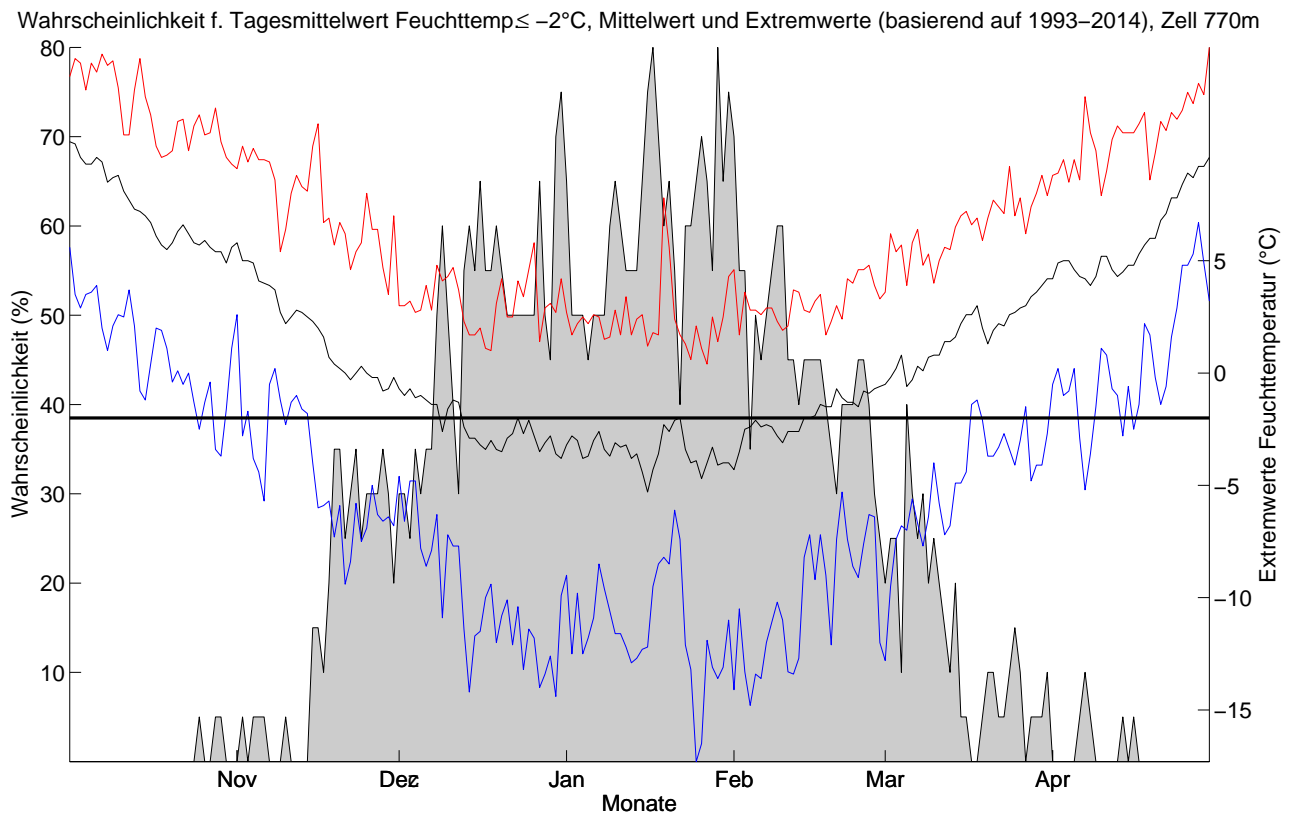


Abbildung 3.14: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Zell am See, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

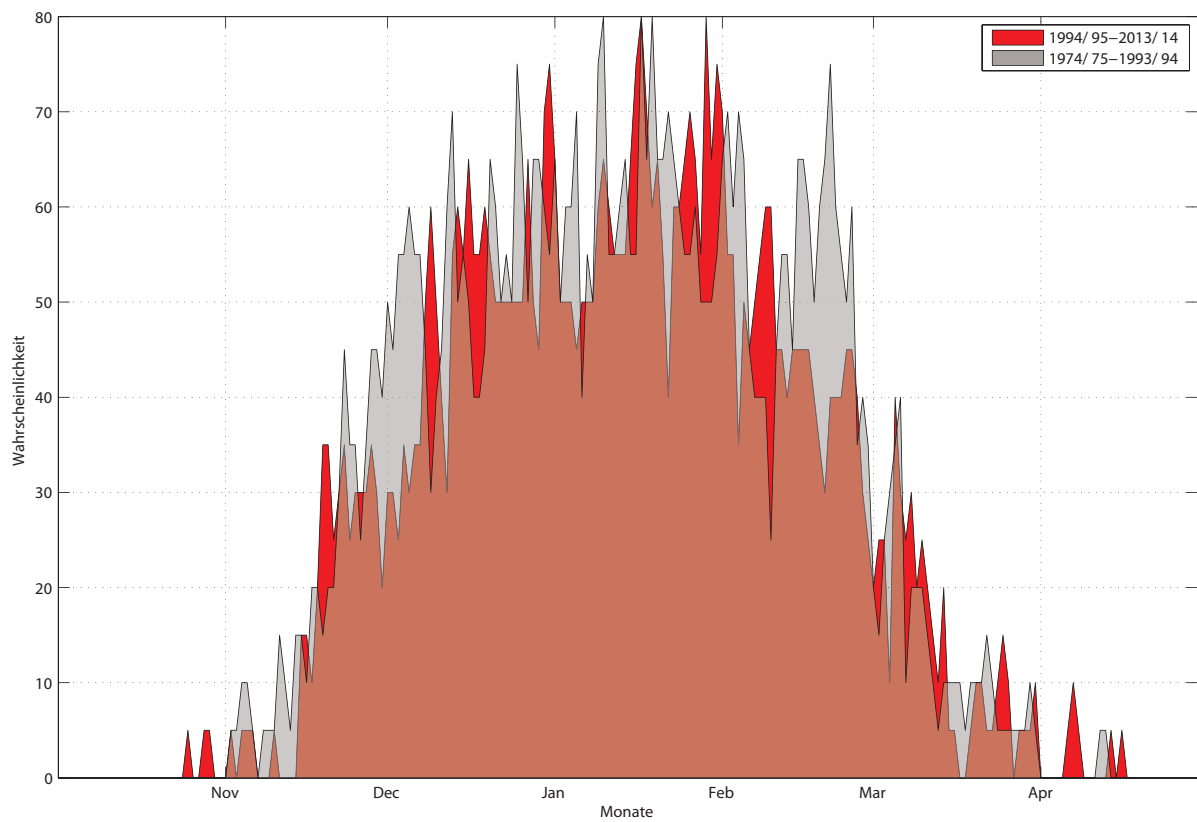


Abbildung 3.15: Vergleich Beschneigungswahrscheinlichkeit (Tagesmittelwert $T_f \leq -2^\circ\text{C}$) der letzten 20 Jahre mit den 20 Jahren davor für alle Tage der Saison (1.10.-30.4.).

Im Mittel über die gesamte Saison gesehen, ist die Wahrscheinlichkeit Beschneien zu können, in den letzten 20 Jahren im Vergleich zu den 20 Jahren davor von etwa 28 auf etwa 26% gesunken. Dabei ist die Variabilität etwas gestiegen. Siehe Abb. 3.15

Beschneitage Zell pro Saison und Monat

Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	0	5	17	21	16	6	0
SD	1	4	5	6	7	5	1
1938/39	0	0	19	22	17	NaN	NaN
1939/40	2	6	23	30	23	12	0
1940/41	0	3	29	24	20	5	3
1941/42	2	9	20	28	23	3	0
1942/43	0	9	21	25	18	1	0
1943/44	0	9	16	21	25	18	2
1944/45	0	8	18	31	9	3	0
1945/46	0	9	13	22	13	1	0
1946/47	0	3	23	27	22	7	0
1947/48	0	3	17	10	13	3	0
1948/49	0	2	17	20	21	13	1
1949/50	0	0	13	22	18	6	0
1950/51	1	0	22	17	15	11	0
1951/52	0	0	21	30	22	8	2
1952/53	0	11	23	30	24	7	0
1953/54	0	5	7	24	22	8	0
1954/55	0	7	11	25	18	18	0
1955/56	0	8	6	27	28	13	3
1956/57	0	11	14	22	6	5	0
1957/58	0	2	17	23	15	21	2
1958/59	0	0	15	26	25	0	0
1959/60	0	2	10	21	13	2	0
1960/61	0	0	19	27	12	1	0
1961/62	0	2	19	21	20	17	0
1962/63	0	9	24	26	26	11	0
1963/64	0	0	25	30	15	6	0
1964/65	0	0	23	21	26	11	0
1965/66	0	8	13	22	1	7	0
1966/67	0	13	18	19	13	0	0
1967/68	0	1	20	22	13	8	0

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

1968/69	0	2	23	21	21	6	1
1969/70	0	4	30	21	19	16	4
1970/71	0	3	19	23	19	14	0
1971/72	0	8	15	20	6	0	0
1972/73	0	8	22	22	22	14	2
1973/74	0	5	19	20	10	1	0
1974/75	0	0	12	12	20	2	0
1975/76	0	9	19	16	16	10	0
1976/77	0	4	23	19	8	4	0
1977/78	0	5	15	22	20	1	0
1978/79	0	4	17	26	11	1	0
1979/80	0	7	13	27	14	4	0
1980/81	0	10	23	27	23	4	0
1981/82	0	8	25	22	24	7	0
1982/83	0	2	17	17	25	3	0
1983/84	0	11	16	NaN	NaN	NaN	NaN
1984/85	0	0	13	26	15	5	0
1985/86	0	15	7	20	26	2	2
1986/87	0	2	18	25	10	17	0
1987/88	0	1	11	8	18	8	0
1988/89	0	9	8	21	3	0	0
1989/90	0	8	19	22	3	3	0
1990/91	0	0	23	18	20	0	0
1991/92	0	1	21	25	11	0	0
1992/93	0	0	17	10	18	11	0
1993/94	0	14	15	12	14	0	0
1994/95	0	0	11	23	3	8	0
1995/96	0	14	20	18	17	12	0
1996/97	0	5	21	20	10	0	2
1997/98	2	2	9	17	9	8	0
1998/99	0	11	22	24	20	1	0
1999/00	0	11	19	26	6	2	0
2000/01	0	0	7	17	8	2	1

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

2001/02	0	7	22	20	2	2	0
2002/03	0	0	8	17	26	0	3
2003/04	1	0	12	20	12	6	0
2004/05	0	4	15	22	23	12	0
2005/06	0	11	21	27	15	10	0
2006/07	0	1	14	5	0	0	0
2007/08	0	8	18	13	13	6	0
2008/09	0	6	10	26	15	2	0
2009/10	0	0	12	28	16	6	0
2010/11	0	4	21	21	16	2	0
2011/12	0	0	9	12	20	0	0
2012/13	0	0	13	15	20	5	0
2013/14	0	5	19	2	0	0	0

Tabelle 3.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1938 - 2014, Zell am See.

3.13.3 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

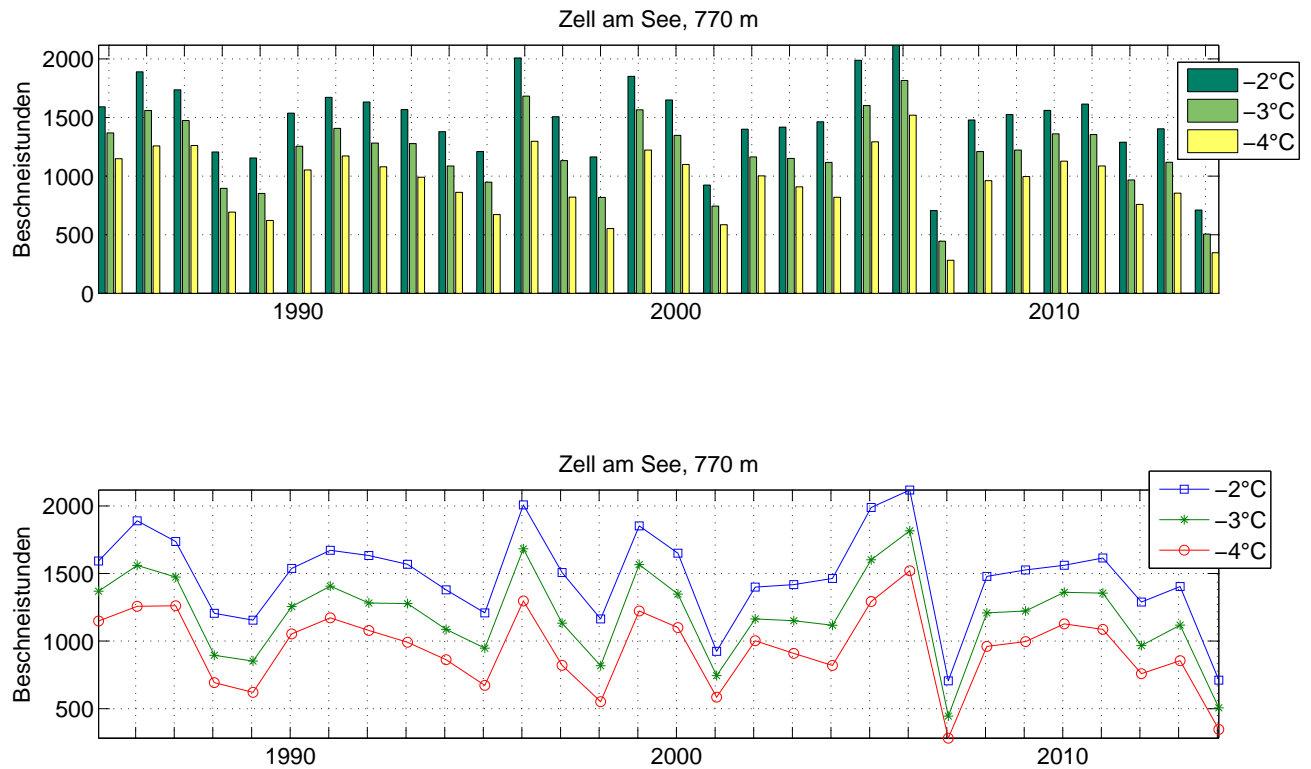
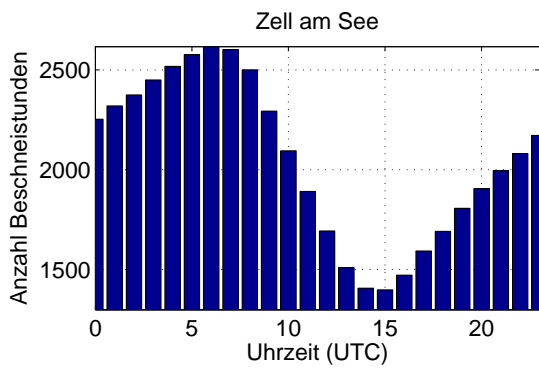
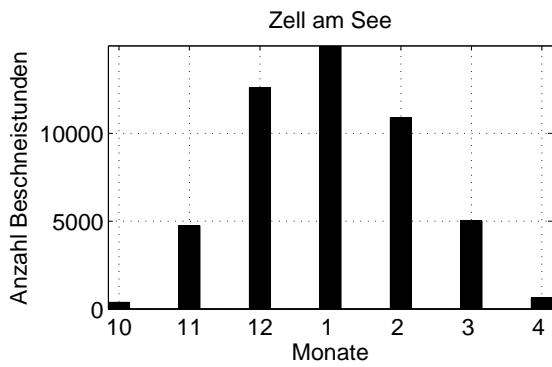
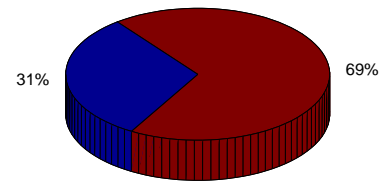


Abbildung 3.16: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 335 Stunden (14 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es im Mittel 1479 potentielle Beschneistunden (ca. 61 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 335 Stunden (ca. 14 Tage). Siehe Abb. 3.16.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

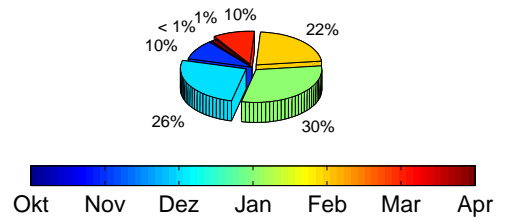


Abbildung 3.17: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

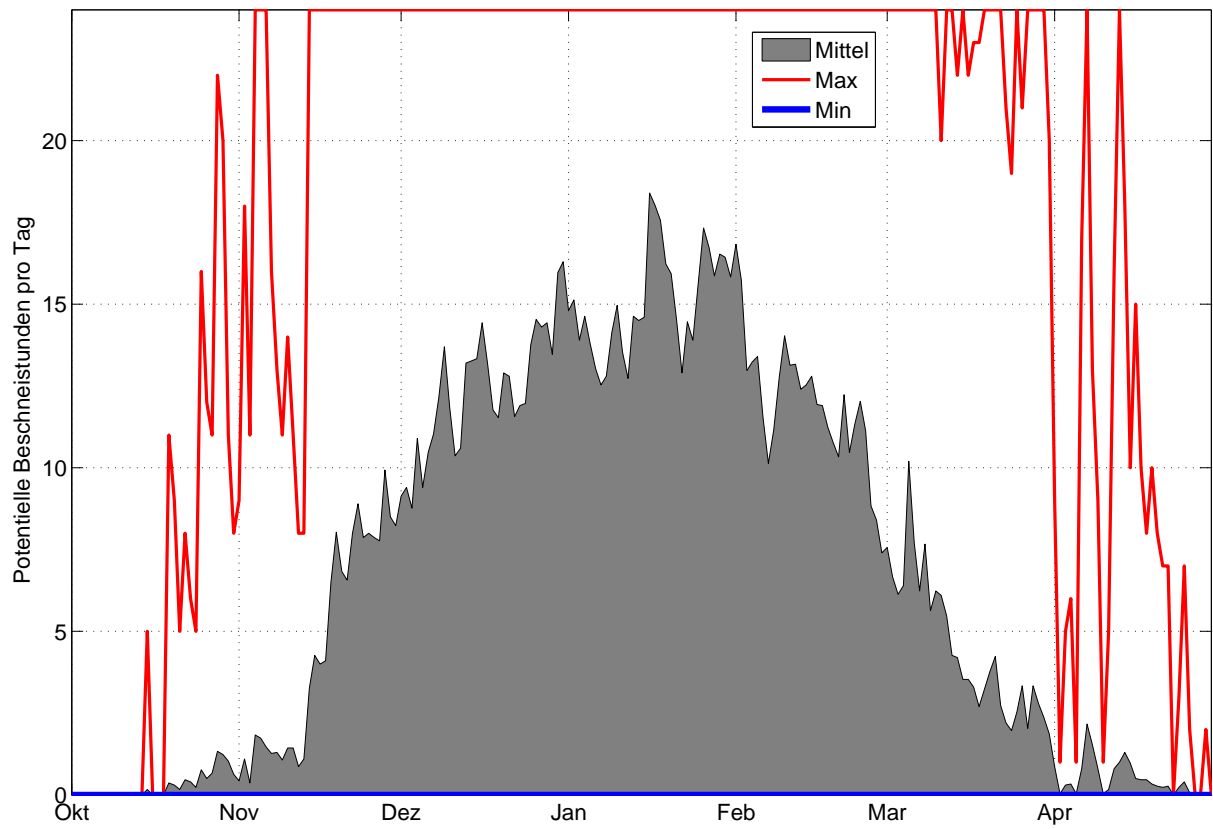


Abbildung 3.18: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1984-2014, Station Zell am See, 770 m.

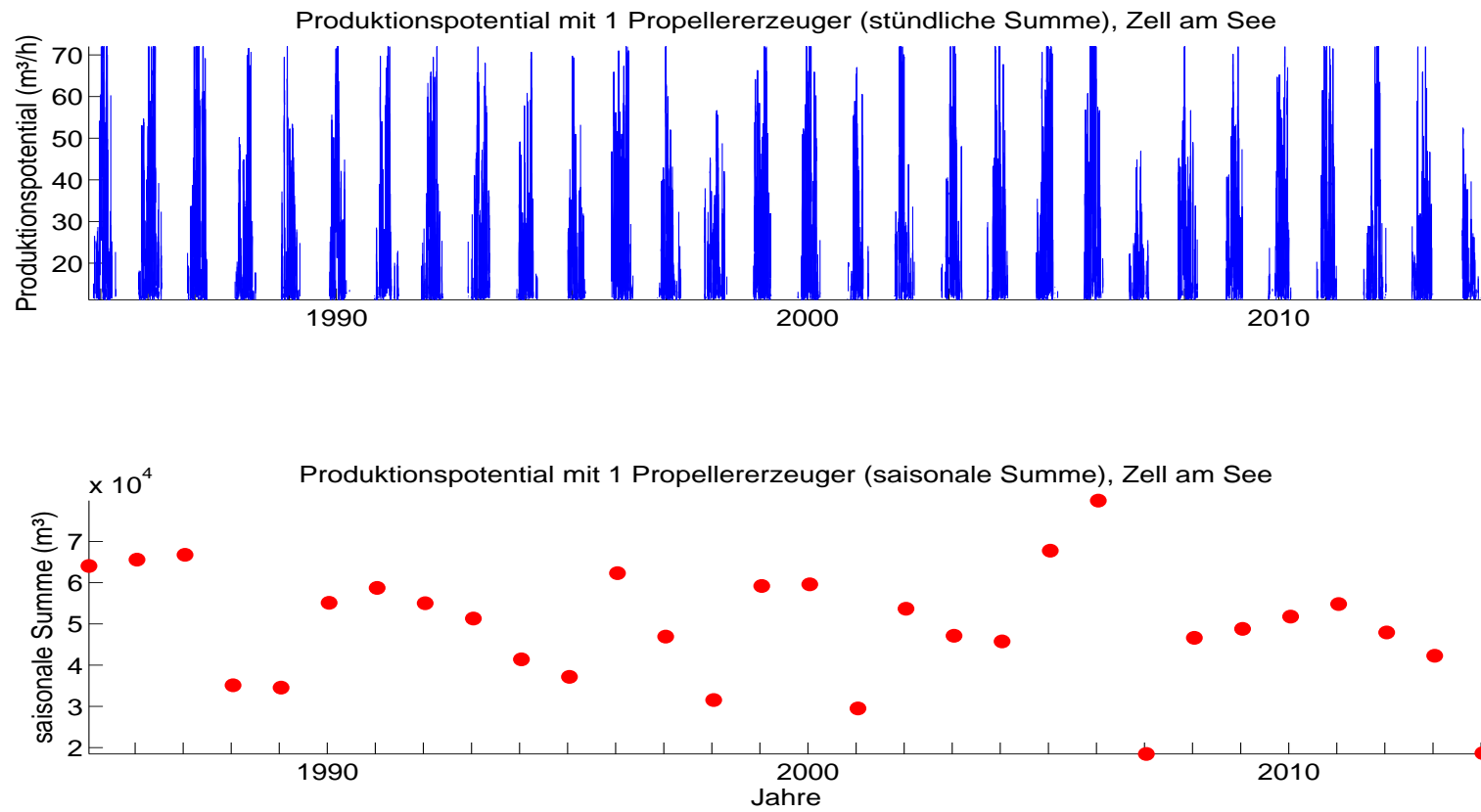


Abbildung 3.19: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

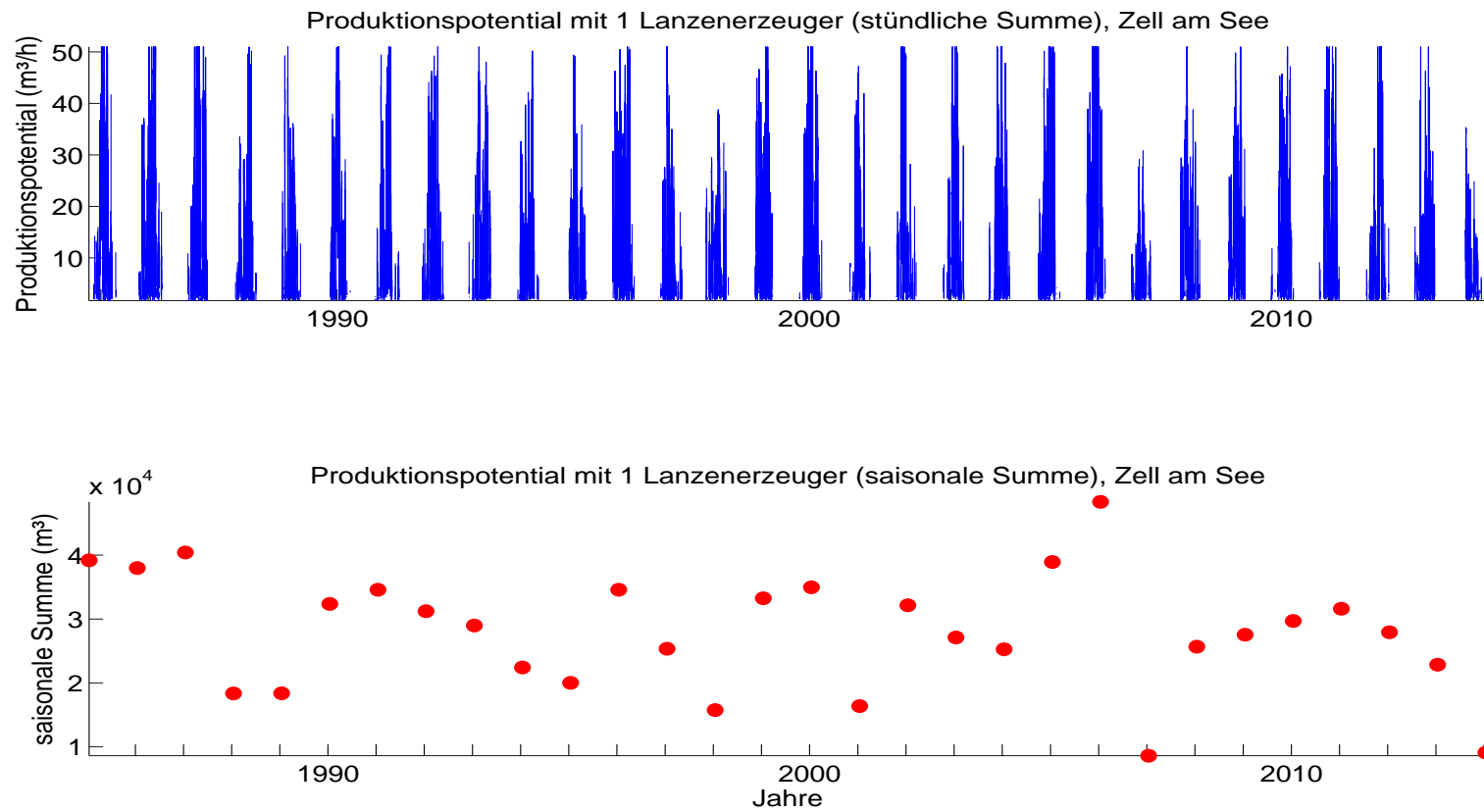


Abbildung 3.20: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 13949 m^3 (Propellengerät), bzw. 11267 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 54080 m^3 (Propellengerät), bzw. 46252 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 18 ha (Propellengerät), bzw. ca. 16 ha (Lanze) eine Grundbeschneieung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 3.19 und 3.20.

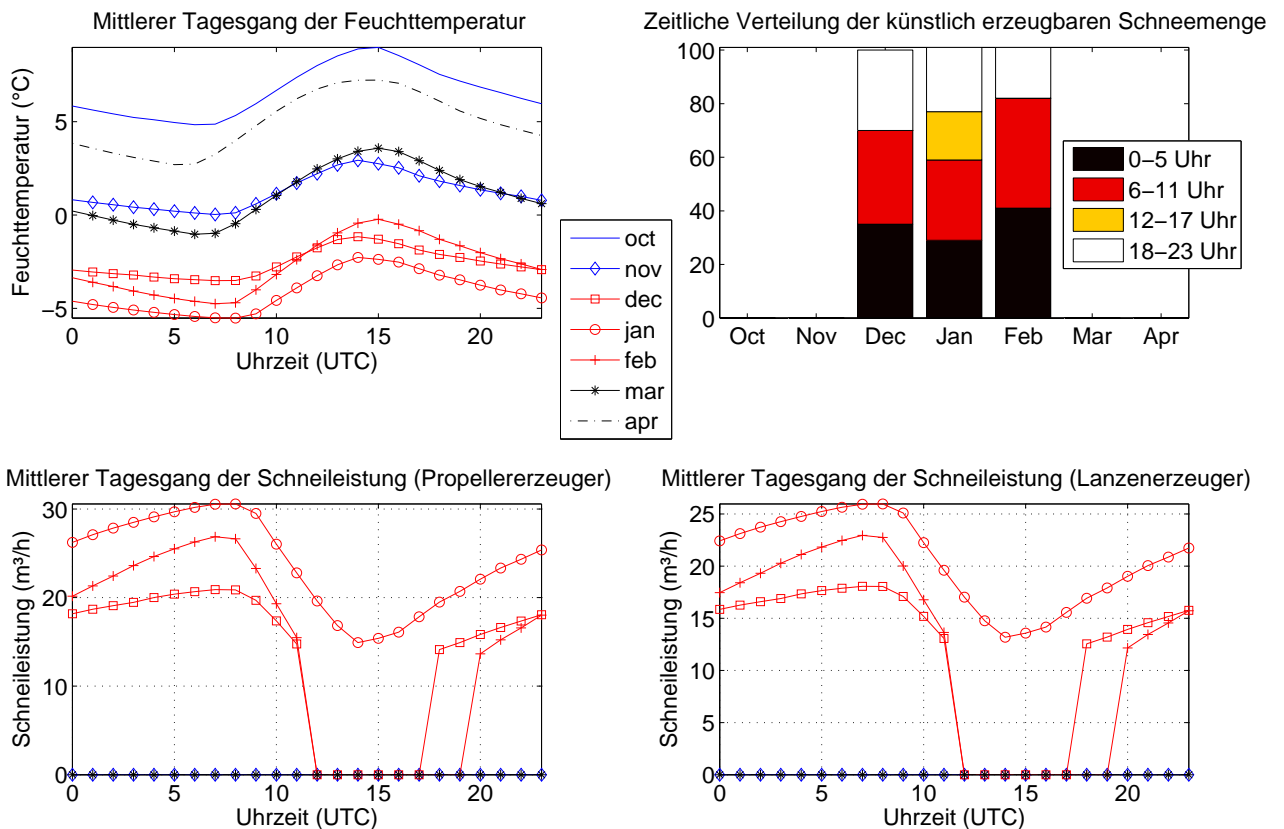


Abbildung 3.21: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1984-2014, Zell am See, 770 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

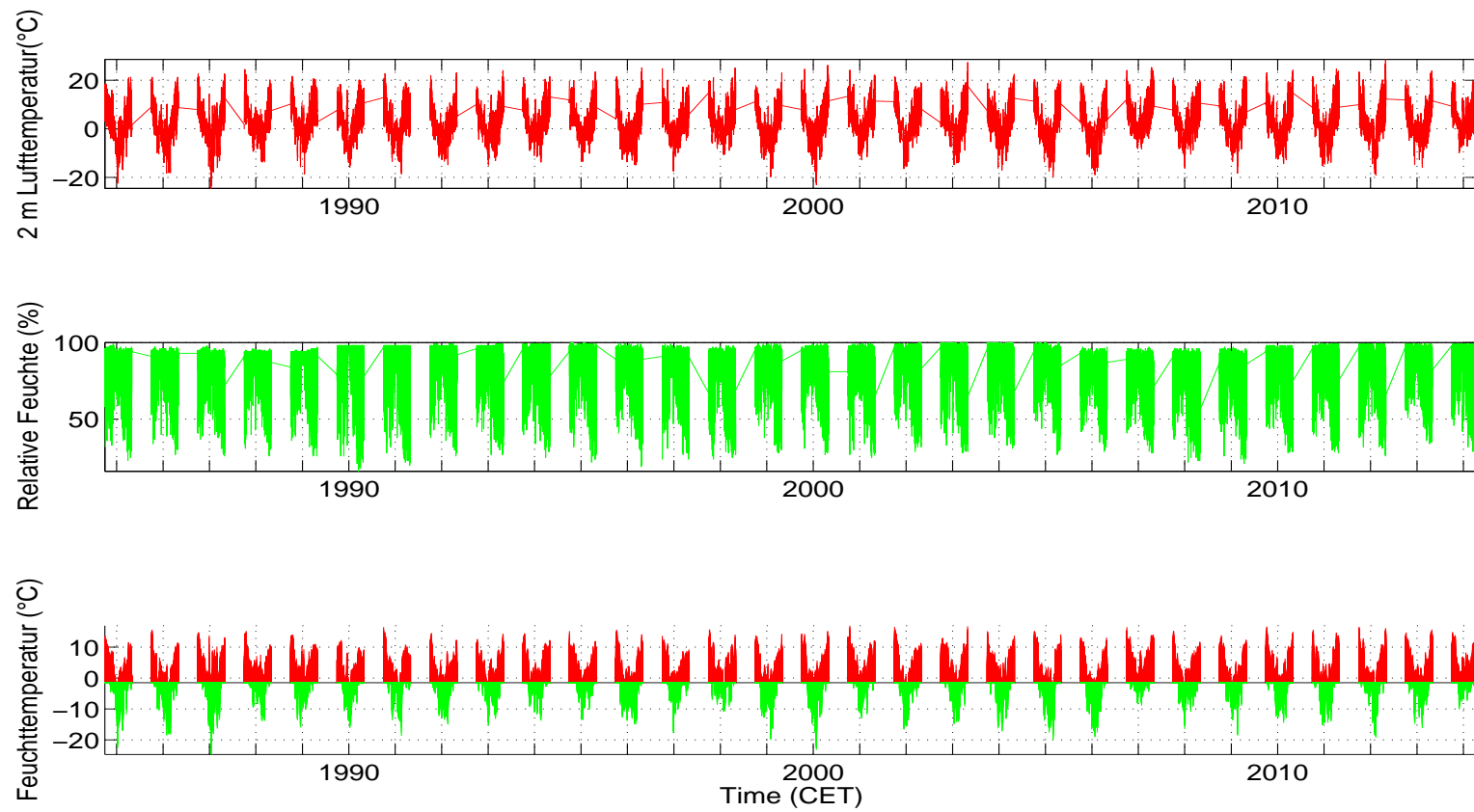


Abbildung 3.22: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Schneistunden

Schneistunden mit versch. Grenztemp.

	-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	1641	1479	1191	945
SD	343	335	318	287
1984/85	1747	1592	1369	1149
1985/86	2082	1890	1560	1257
1986/87	1880	1737	1474	1261
1987/88	1385	1206	895	693
1988/89	1321	1155	852	621
1989/90	1693	1538	1255	1053
1990/91	1794	1672	1407	1172
1991/92	1835	1633	1282	1079
1992/93	1729	1568	1278	991
1993/94	1530	1379	1087	862
1994/95	1386	1209	948	672
1995/96	2183	2008	1683	1297
1996/97	1736	1507	1132	821
1997/98	1345	1164	818	552
1998/99	2022	1852	1566	1223
1999/00	1833	1650	1348	1100
2000/01	1038	924	745	585
2001/02	1565	1400	1164	1002
2002/03	1522	1418	1151	909
2003/04	1622	1464	1117	820
2004/05	2193	1989	1602	1293
2005/06	2257	2118	1816	1520
2006/07	871	706	445	282
2007/08	1662	1479	1209	961
2008/09	1647	1526	1223	996
2009/10	1686	1561	1361	1127
2010/11	1762	1615	1355	1087
2011/12	1498	1289	967	759
2012/13	1564	1404	1118	855

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneistunden – Fortsetzung

2013/14	826	711	506	346
----------------	-----	-----	-----	-----

Tabelle 3.4: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Zell am See)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	8,27	134	382	466	334	140	14
SD	16	108	113	138	152	104	22
1984/85	0	62	352	605	383	179	11
1985/86	14	370	216	515	611	99	65
1986/87	0	81	428	601	234	384	9
1987/88	0	40	288	236	426	206	10
1988/89	3	213	224	498	187	30	0
1989/90	0	260	458	547	183	89	1
1990/91	0	74	563	468	496	30	41
1991/92	21	77	508	626	304	97	0
1992/93	11	38	438	327	471	283	0
1993/94	1	301	383	309	351	22	12
1994/95	0	0	297	561	102	246	4
1995/96	0	284	485	442	457	316	24
1996/97	0	159	499	474	264	27	84
1997/98	56	50	205	425	226	197	5
1998/99	0	274	536	526	466	50	0
1999/00	0	260	470	623	188	100	9
2000/01	0	8	203	415	226	39	33
2001/02	0	173	519	527	110	66	5
2002/03	0	18	194	442	582	119	63
2003/04	66	0	352	482	365	199	0
2004/05	0	161	453	555	552	270	1
2005/06	0	267	479	663	368	329	12
2006/07	0	47	373	169	73	44	0
2007/08	0	219	420	374	292	159	15
2008/09	0	164	280	612	377	93	0
2009/10	19	1	328	631	395	185	2
2010/11	14	110	520	496	355	120	0
2011/12	14	171	246	330	474	36	18
2012/13	29	29	338	383	447	169	9
2013/14	0	110	417	119	50	15	0

Tabelle 3.5: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C).

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Propeller (m³) (Zell am See)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	375	4514	13115	18039	12439	4945	675
SD	510	3319	4301	6842	6214	3443	726
Saison							
1984/85	34	2071	13272	30885	16113	5820	790
1985/86	829	11245	7325	19416	26324	3685	1702
1986/87	137	2913	13850	28770	10005	14854	361
1987/88	30	1805	9800	7526	13136	7159	482
1988/89	159	8473	7895	15313	5908	1360	1
1989/90	35	7943	16551	25437	6271	2883	178
1990/91	175	2488	17576	18993	20173	1329	1685
1991/92	853	3390	17738	23270	11430	3601	555
1992/93	568	1998	15650	13379	15478	9272	127
1993/94	278	9699	11413	11137	12439	956	982
1994/95	153	102	8312	21172	4526	7653	823
1995/96	43	9363	15255	14401	16622	10561	1214
1996/97	173	4000	19128	16046	8753	1761	3142
1997/98	1627	2620	5812	12668	7846	5811	281
1998/99	23	9634	16774	17579	16968	2532	NaN
1999/00	188	9343	16478	27523	6694	3875	358
2000/01	3	629	7946	15310	7929	1389	1173
2001/02	0	5218	22346	23779	3380	2566	306
2002/03	49	661	5535	16780	21719	3508	2307
2003/04	2058	625	12891	17992	10901	6783	85
2004/05	0	5295	14644	22216	19302	10783	368
2005/06	59	8428	16499	32576	15874	10256	531
2006/07	0	1824	10830	5952	2777	2128	13
2007/08	541	7581	16218	12657	9638	5119	521
2008/09	0	4648	9906	21726	13324	4033	12
2009/10	946	348	12294	20634	14434	6881	305
2010/11	631	3379	19608	18414	13169	3684	61
2011/12	534	4564	8222	13092	24933	1702	654
2012/13	1130	1422	12034	11721	15040	5443	422

2013/14	6	3715	11660	4792	2068	952	134
----------------	---	------	-------	------	------	-----	-----

Tabelle 3.6: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Lanze, (m ³) (Zell am See)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	357	4008	11253	15096	10544	4370	646
SD	459	2827	3505	5305	4986	2881	660
1984/85	41	1941	11458	24196	13373	5239	783
1985/86	785	9718	6556	16157	21582	3429	1545
1986/87	153	2690	11886	23051	8381	12534	344
1987/88	31	1757	8521	6669	11298	6205	478
1988/89	157	7358	6795	13125	5237	1281	7
1989/90	42	6902	14031	20735	5643	2621	199
1990/91	178	2307	15021	16130	16838	1252	1580
1991/92	817	3256	15159	19671	9710	3372	577
1992/93	559	1933	13429	11308	13259	8046	144
1993/94	283	8313	10013	9706	10674	907	994
1994/95	168	119	7344	17915	4169	6798	797
1995/96	50	8146	13091	12439	14137	9064	1153
1996/97	183	3572	15781	13806	7703	1689	2897
1997/98	1432	2465	5199	10998	6799	5137	294
1998/99	32	8386	14363	15030	14241	2394	NaN
1999/00	188	8093	14027	22074	6003	3508	339
2000/01	12	659	7012	13123	6990	1263	1126
2001/02	0	4720	18426	19680	3122	2356	308
2002/03	62	642	4894	14208	18234	3197	2054
2003/04	1857	667	10894	15094	9443	6028	96
2004/05	0	4777	12624	18356	16079	8944	383
2005/06	62	7297	14009	26090	13042	8852	552
2006/07	0	1719	9438	5319	2585	2013	20
2007/08	554	6653	13918	10787	8367	4564	495
2008/09	2	4048	8673	18402	11323	3739	17
2009/10	881	381	10584	17559	12310	5993	318
2010/11	625	2967	16545	15479	11220	3293	77
2011/12	526	4101	7359	11223	19779	1612	605
2012/13	1016	1372	10385	10154	12800	4815	409
2013/14	17	3279	10160	4382	1987	941	151

Tabelle 3.7: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

3.13.4 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

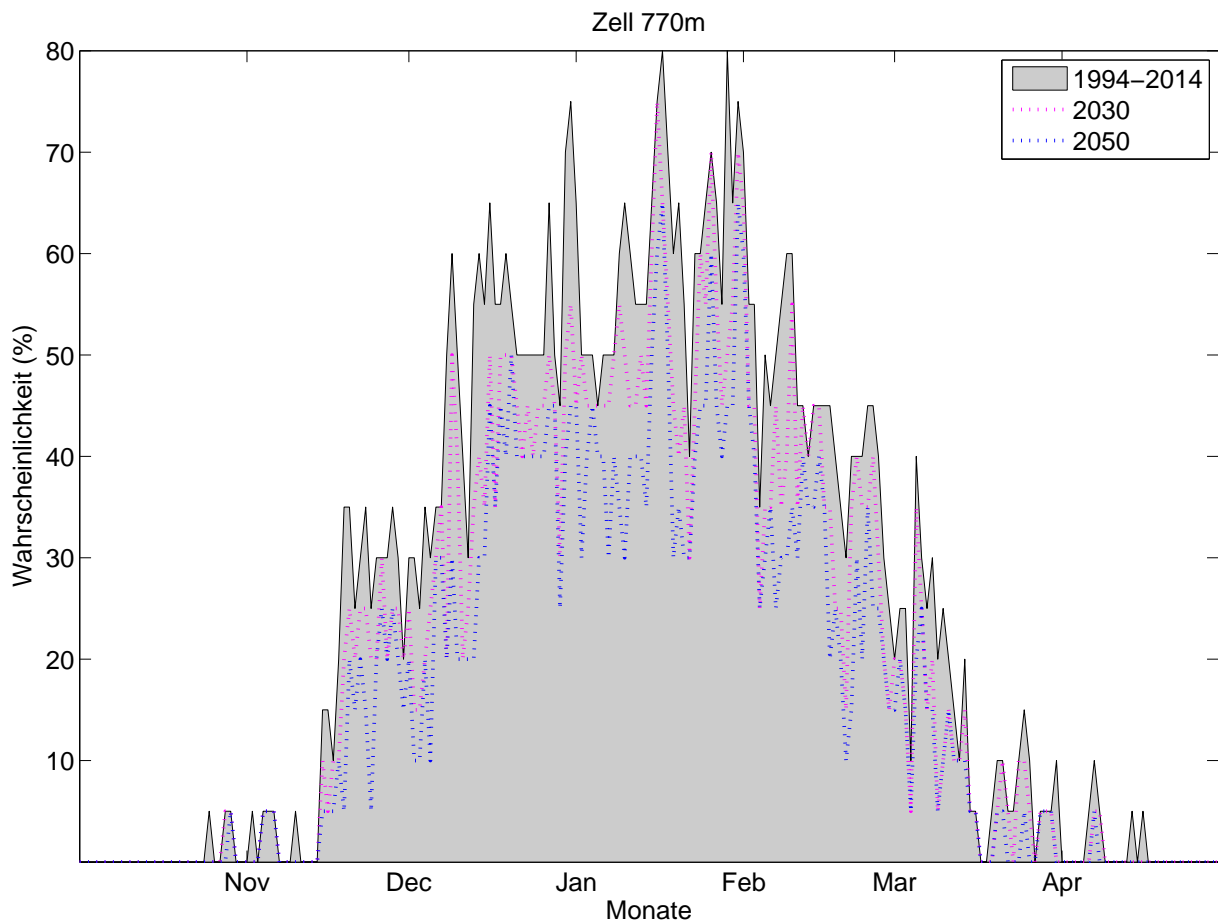


Abbildung 3.23: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Zell am See, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

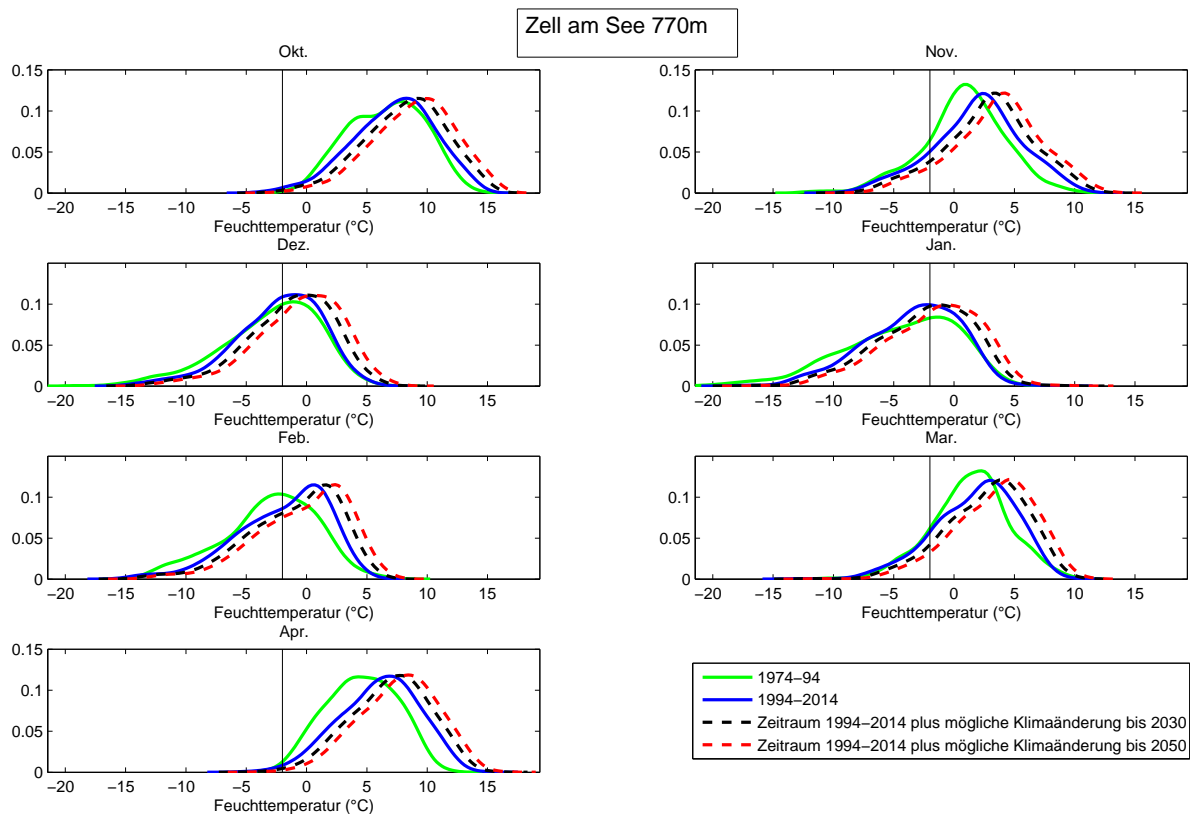


Abbildung 3.24: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchtttemperatur unter -2°C pro Monat, Zell am See.

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Periode							
1974-1994	0,0	5,5	16,6	18,8	15,0	4,1	0,1
1994-2014	0,2	4,5	15,2	18,7	12,6	4,2	0,3
mit Klimaänderung bis 2030	0,1	3,3	11,6	15,8	10,2	2,9	0,1
mit Klimaänderung bis 2050	0,1	2,5	9,8	13,1	8,3	2,3	0,1
Abnahme bis 2050 in Tagen	0,1	2,0	5,4	5,6	4,3	1,9	0,3
Abnahme bis 2050 in %	33	45	36	30	34	45	83

Tabelle 3.8: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1974-94, 1994-2014 und 1994-2014 mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

3.14 St. Jakob i. Def. (1383 m)

3.14.1 Naturschnee

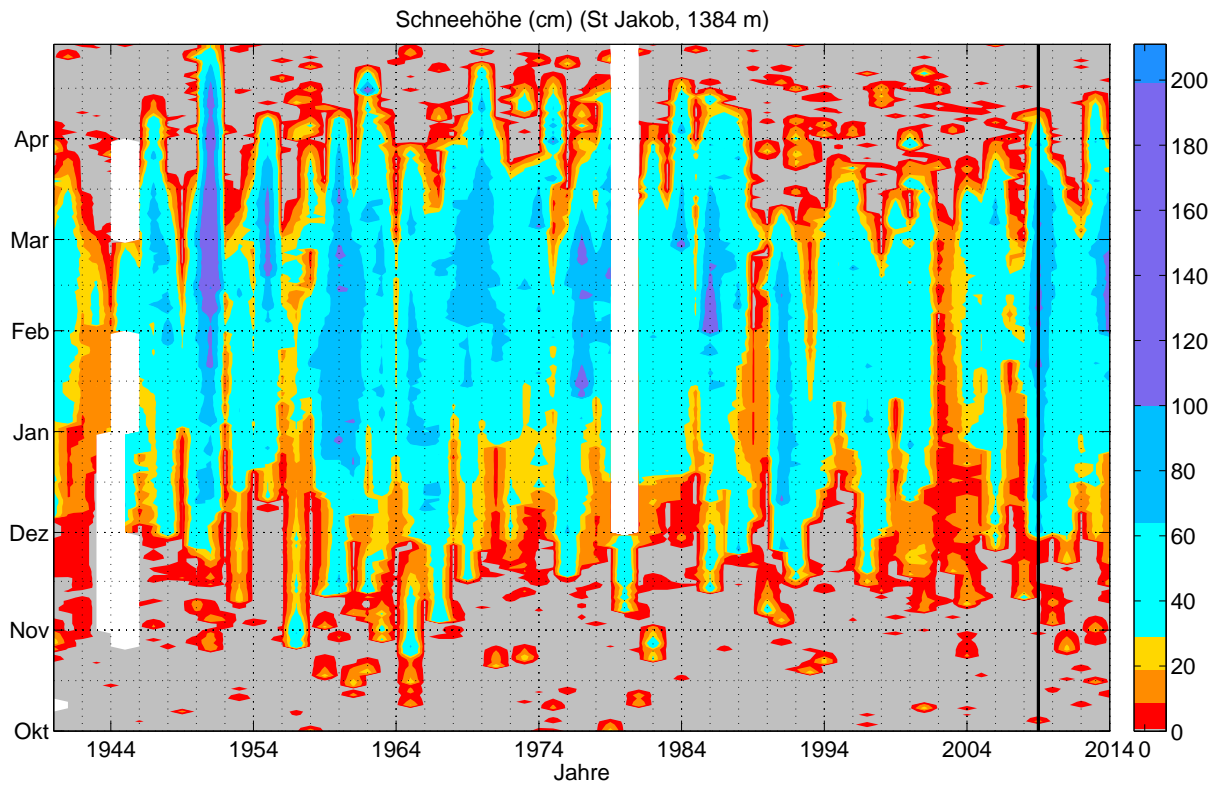


Abbildung 3.1: Tageswerte der Schneehöhe, St. Jakob, Okt.-Apr. 1939-2014. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt. Standortwechsel der Schneehöhenmessstation in der Saison 2007/08 ist mit einer schwarzen Linie markiert.

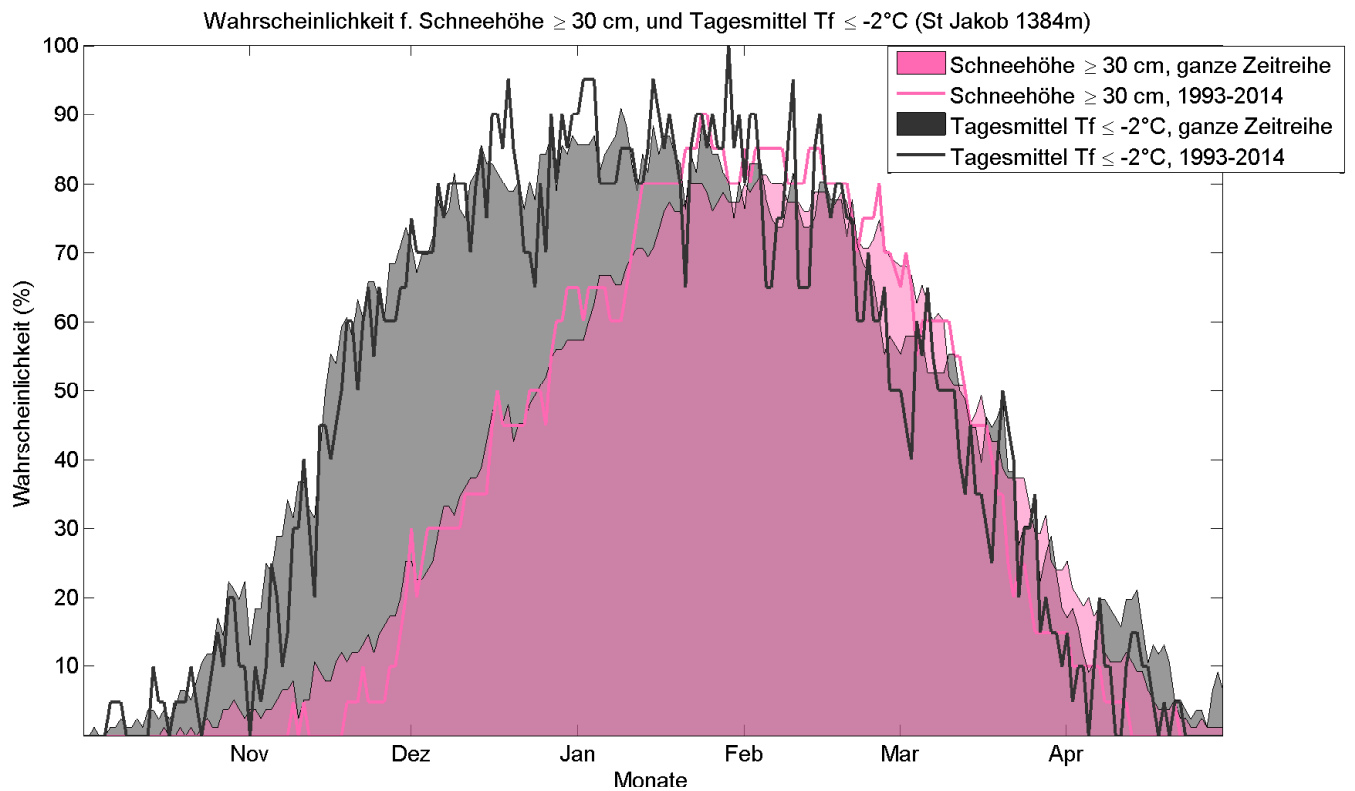


Abbildung 3.2: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchtttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Beschneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (Tf ab 1938, Schnee ab 1939).

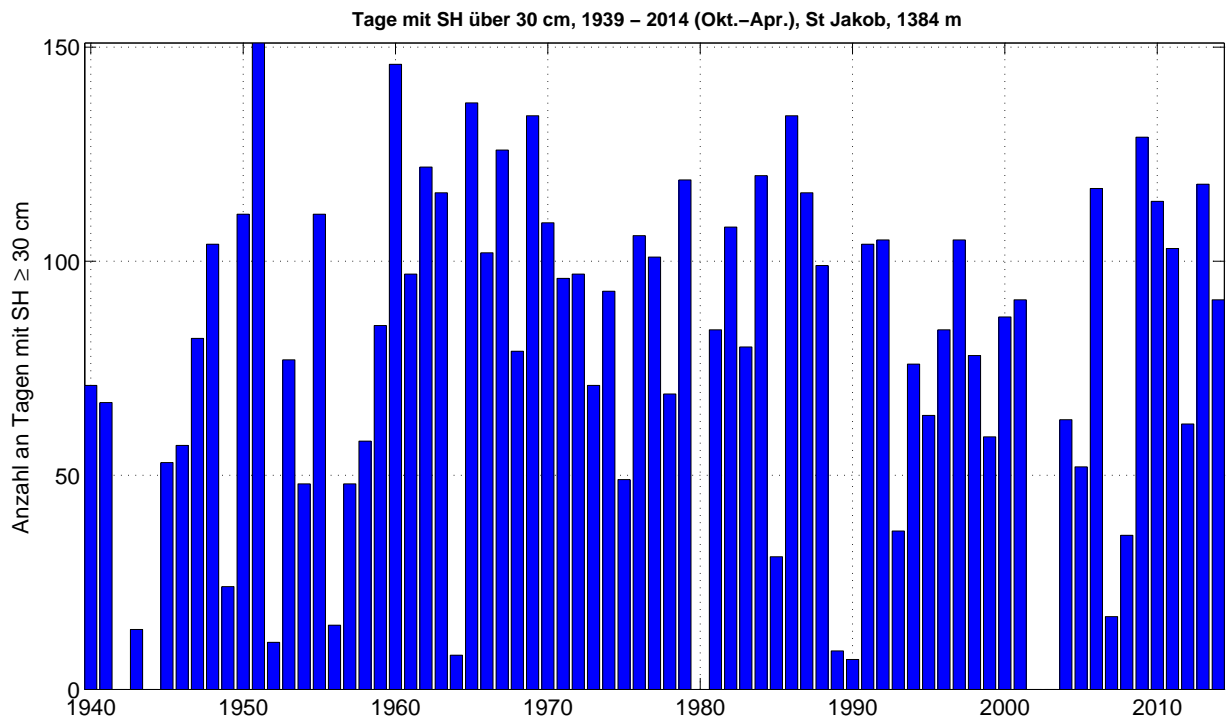


Abbildung 3.3: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1939-2014

3.14.2 Langzeitanalyse - Trends und Klima

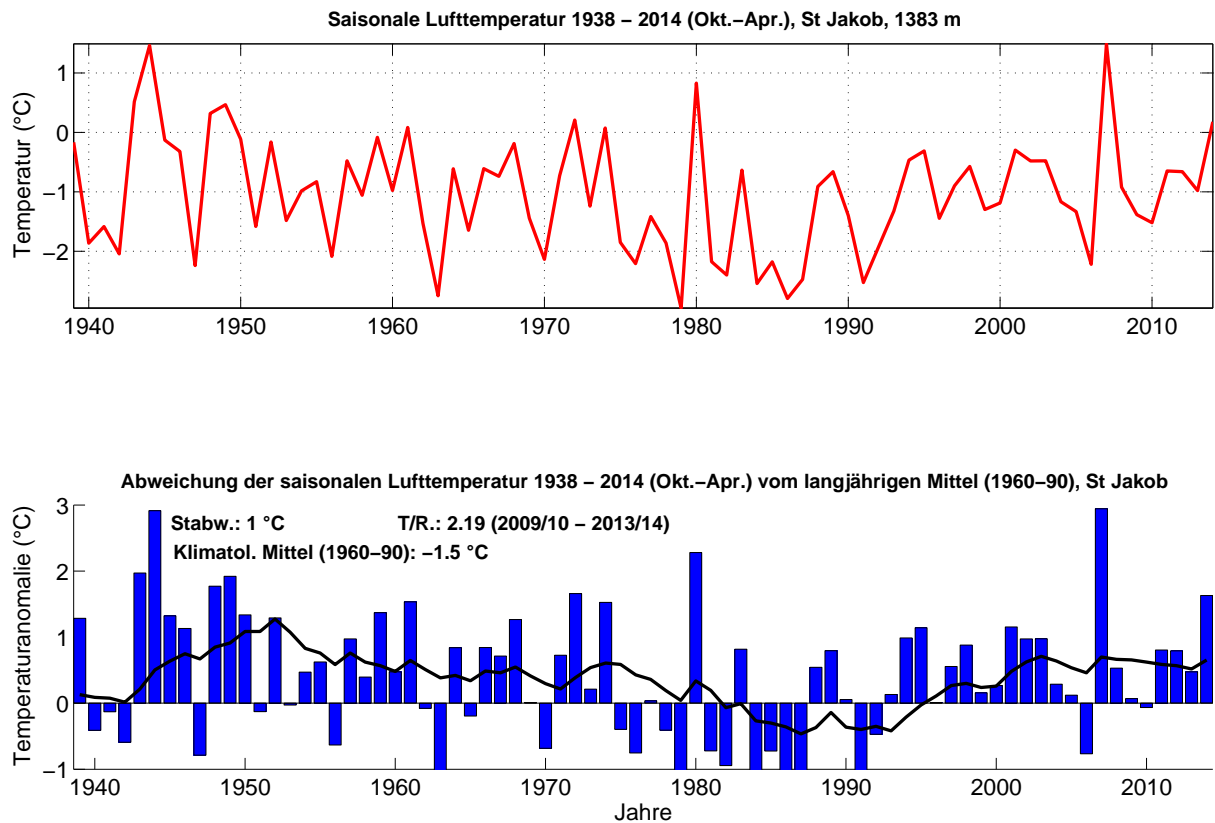


Abbildung 3.4: Langzeitanalyse der saisonalen Lufttemperatur, St. Jakob, Okt.-Apr. 1938-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2009 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

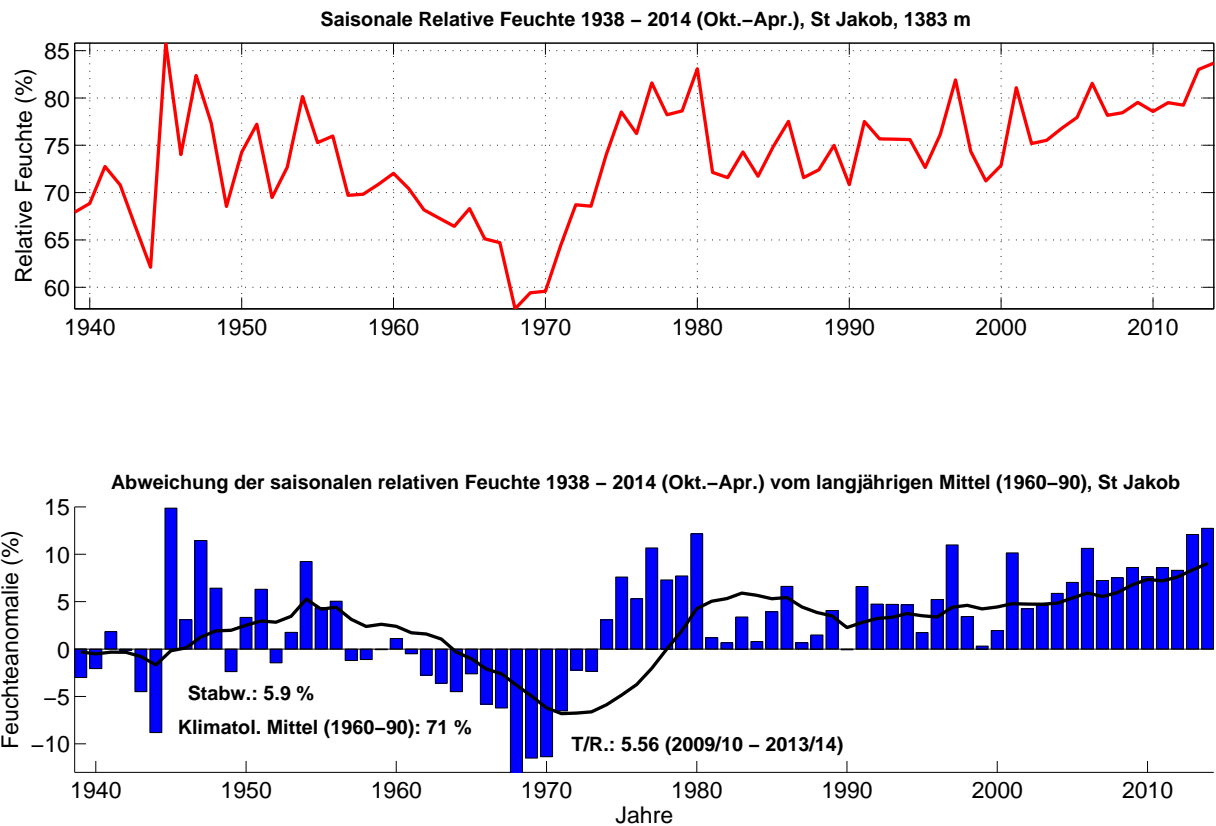


Abbildung 3.5: Langzeitanalyse der saisonalen relativen Feuchte, St. Jakob, Okt.-Apr. 1938-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2009 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

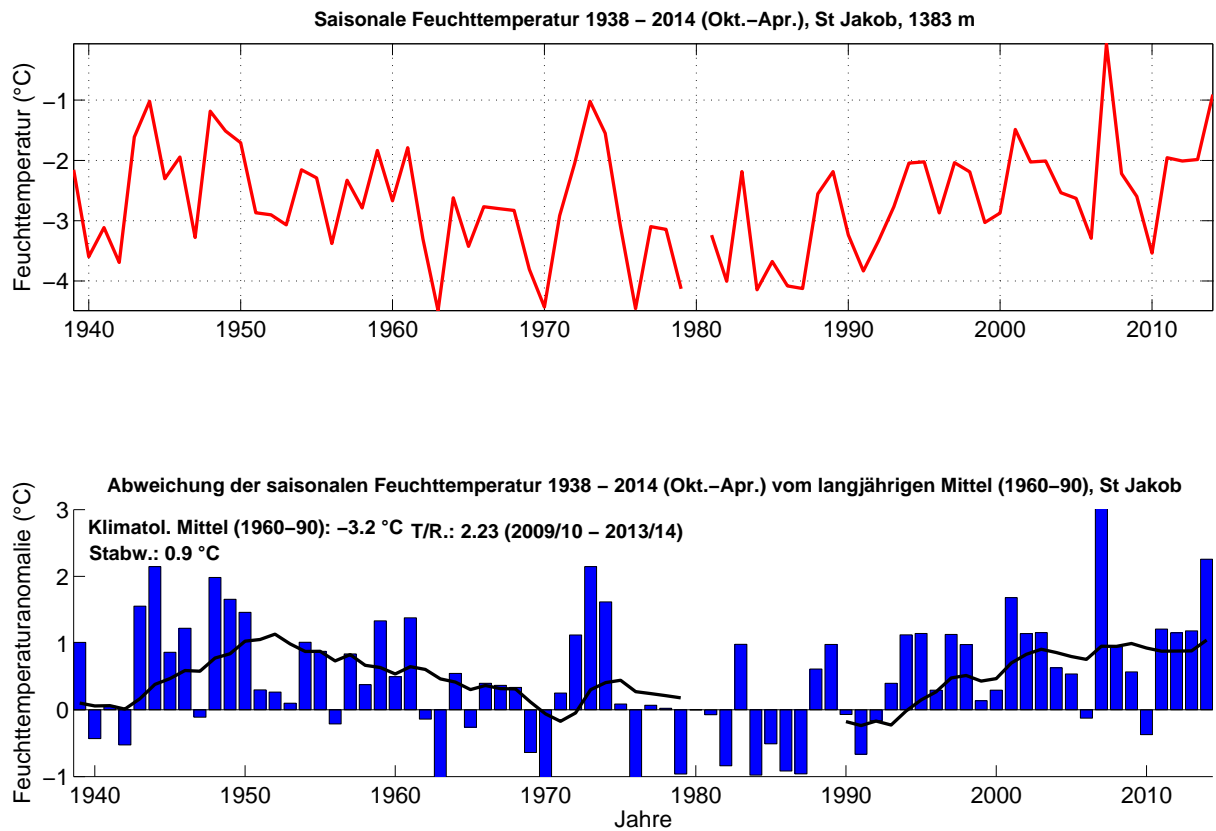


Abbildung 3.6: Langzeitanalyse der saisonalen Feuchttemperatur, St. Jakob, Okt.-Apr. 1938-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2009 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

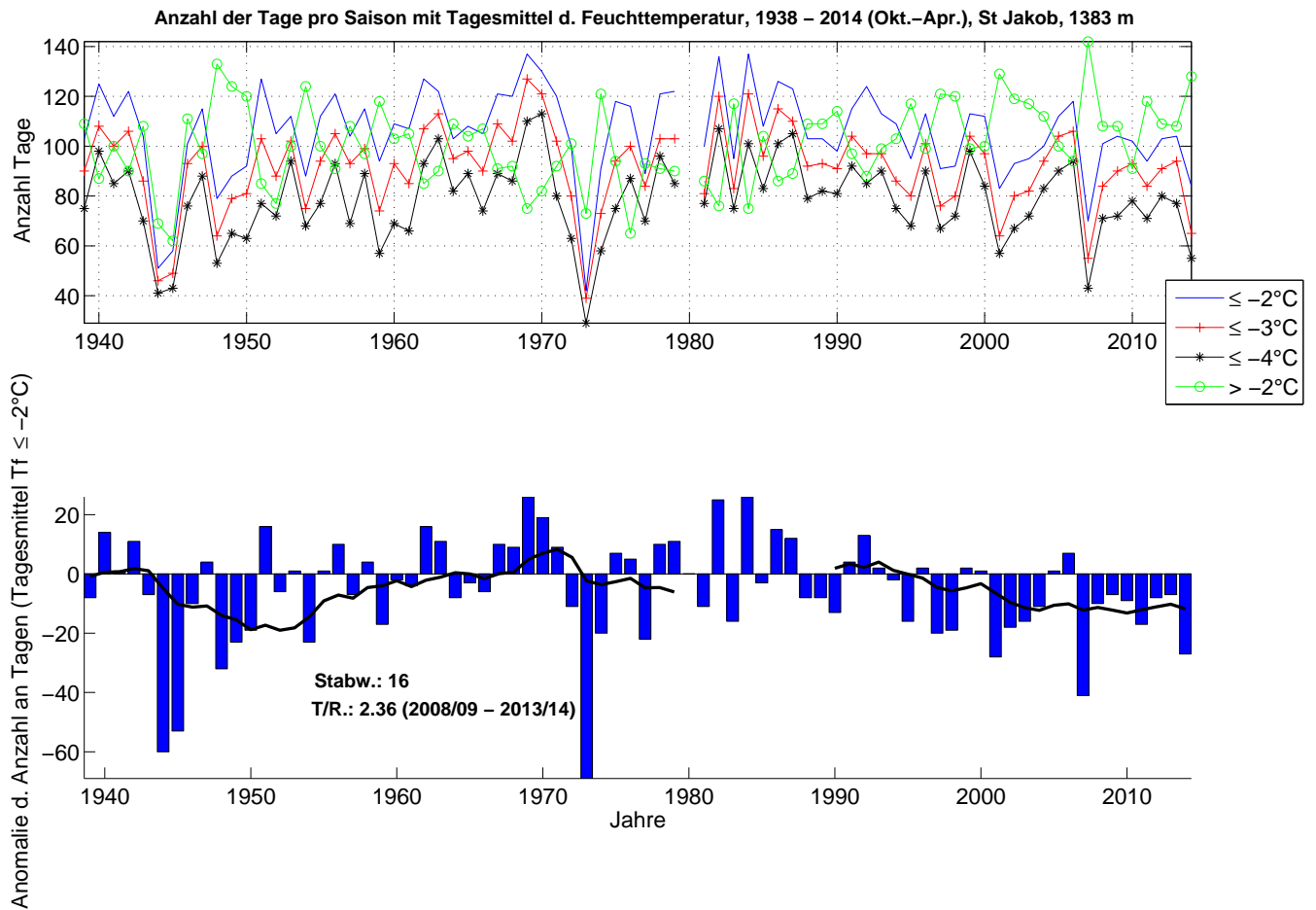


Abbildung 3.7: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur von -2°C , -3°C und -4°C , bzw. Überschreitung von -2°C , Periode 1938-2014, St. Jakob. Abweichung vom langjährigen Mittel für Tagesmittel $\leq -2^\circ\text{C}$ (unten).

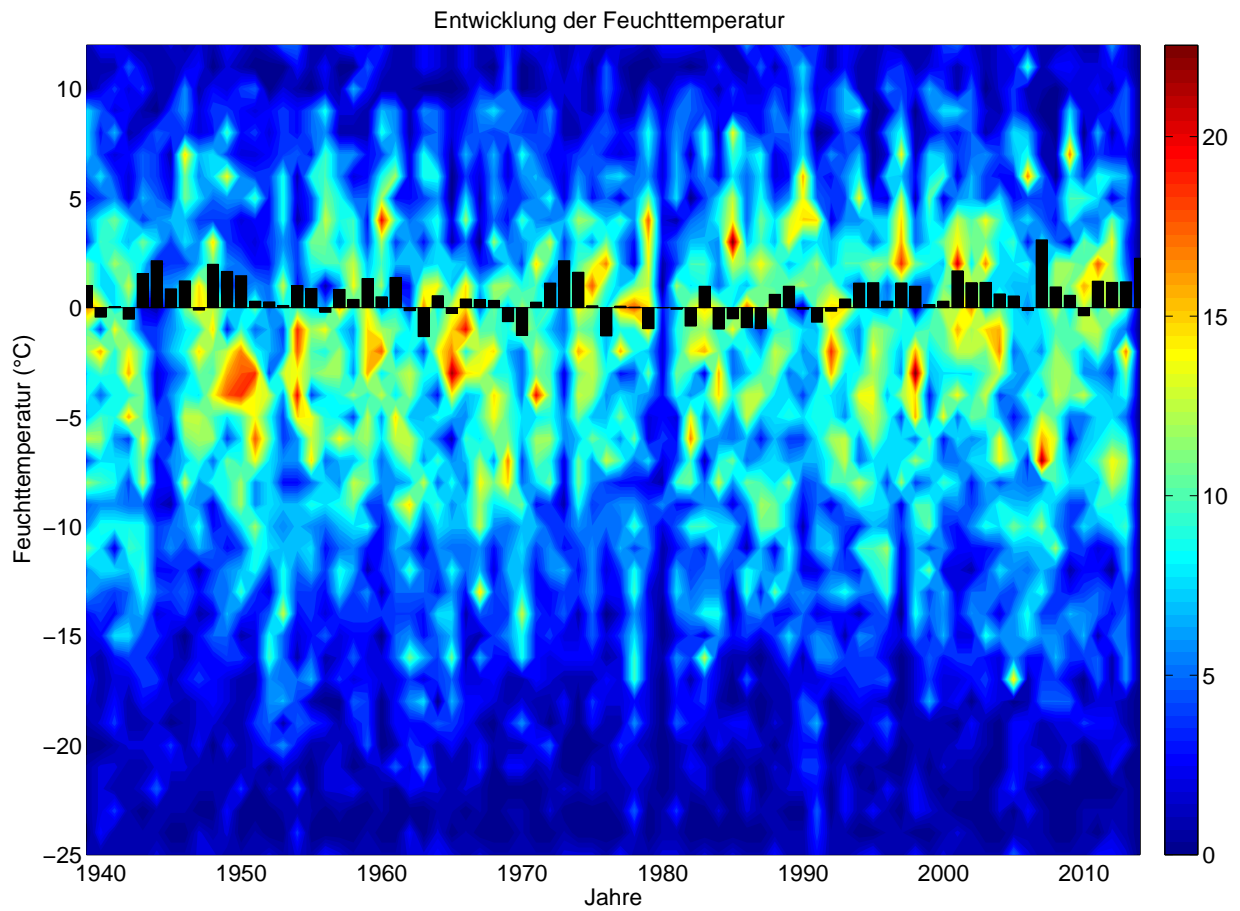


Abbildung 3.8: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1938-2014, St. Jakob. Die schwarzen Balken zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel (1960-90).

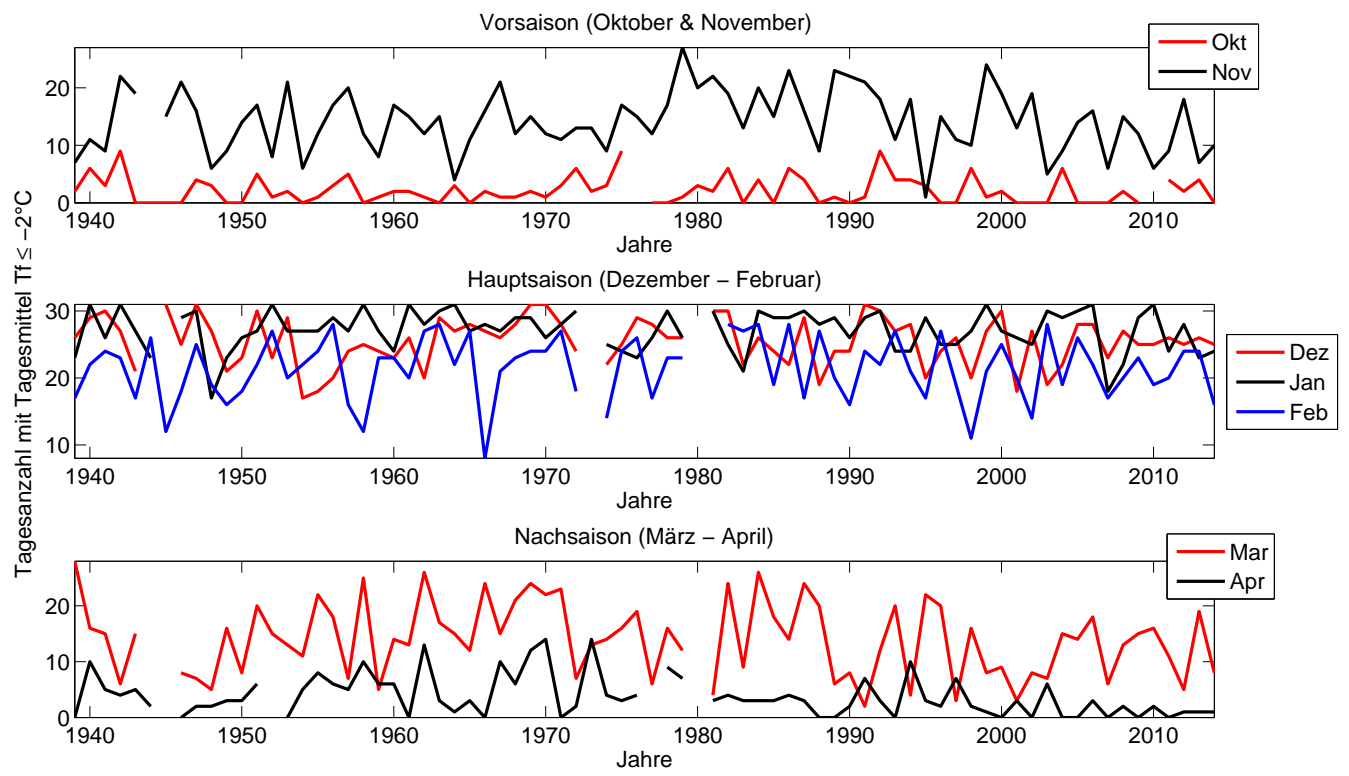


Abbildung 3.9: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Schneitagen pro Saison, nach Monaten.

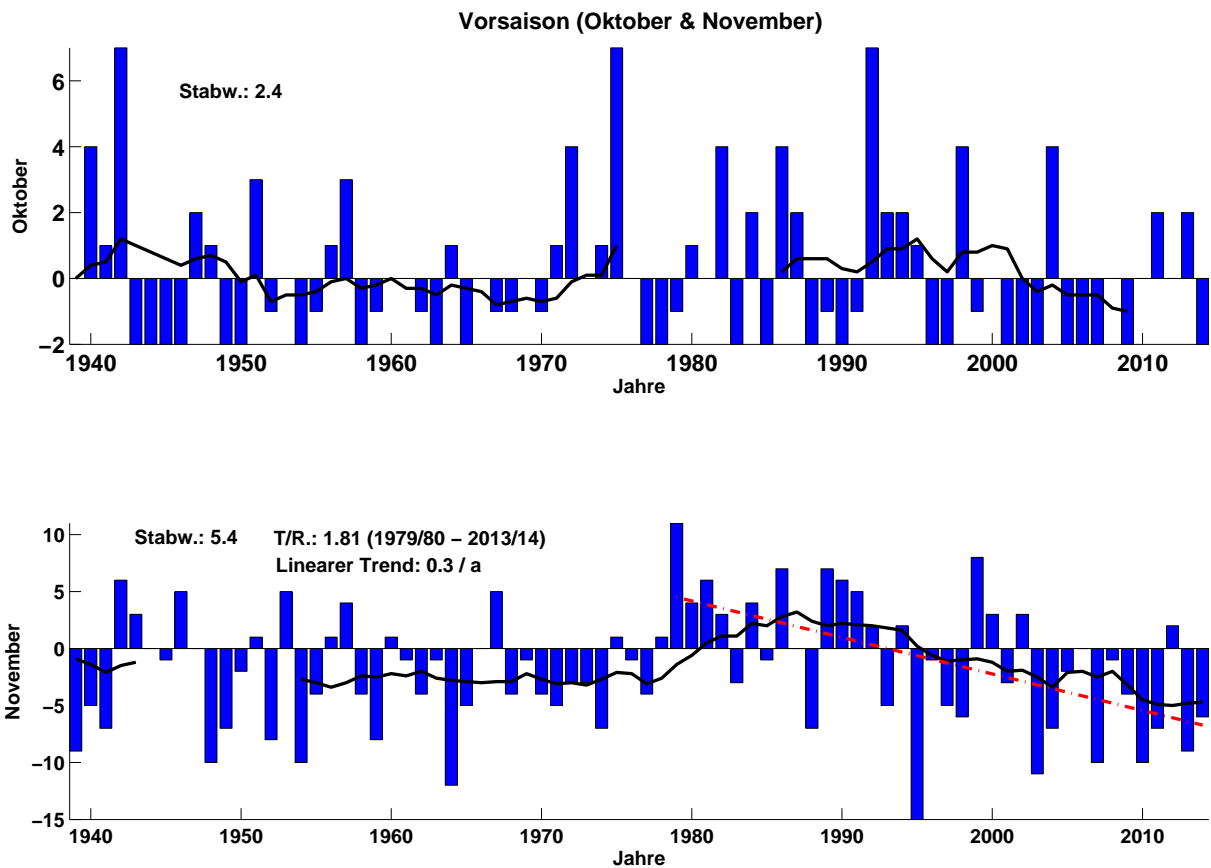


Abbildung 3.10: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Oktober und November (Vorsaison).

Die Zahl der Schneitage im November nimmt seit der Saison 1979/80 signifikant um 0.3 Tage pro Jahr ab. Im Oktober zeigen sich keine Trends. Siehe Abb. 3.10.

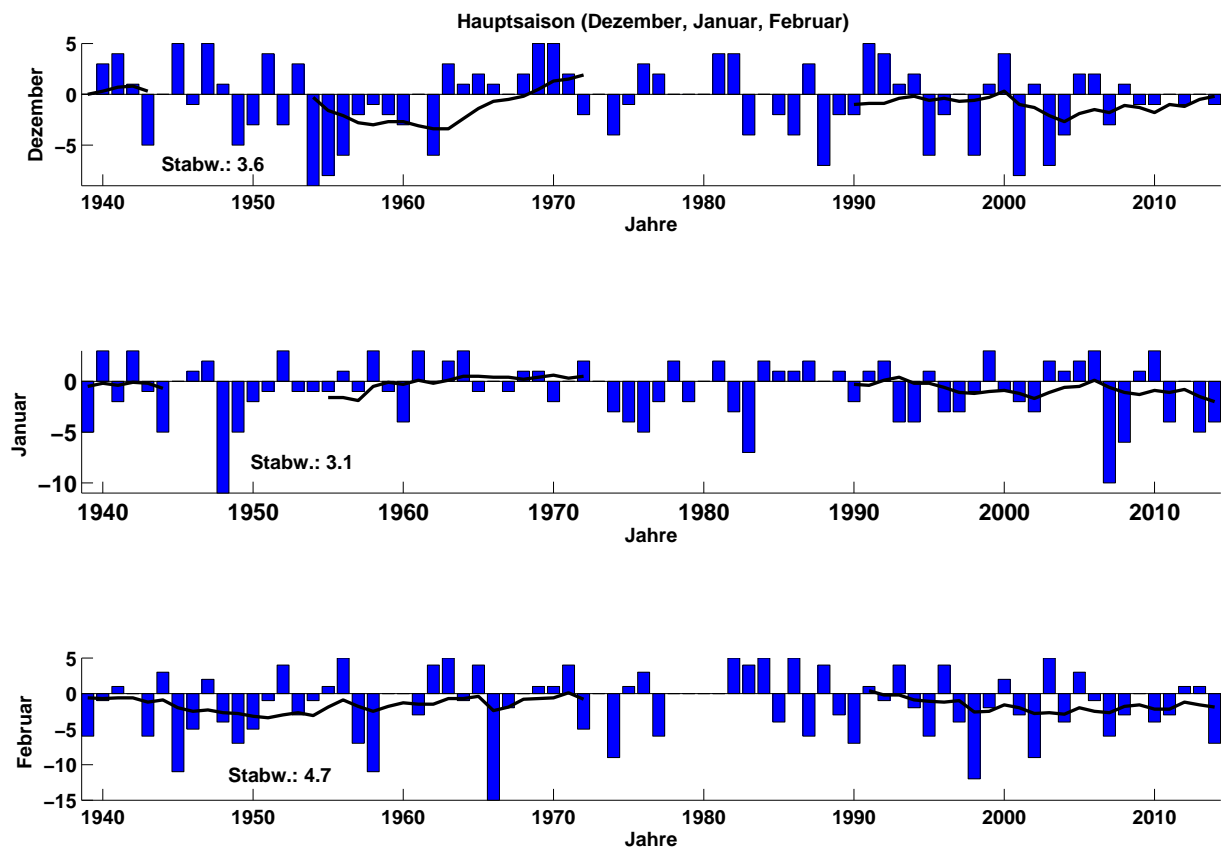


Abbildung 3.11: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Dezember, Januar und Februar (Hauptsaison).

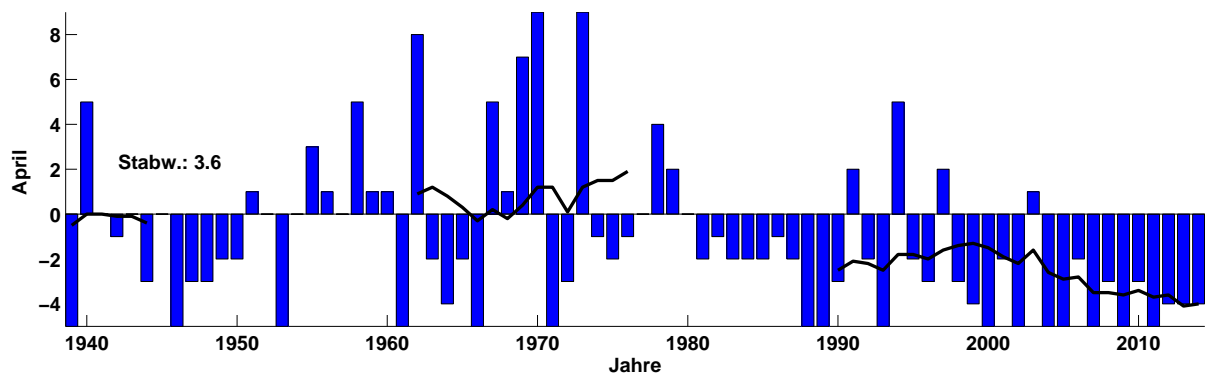
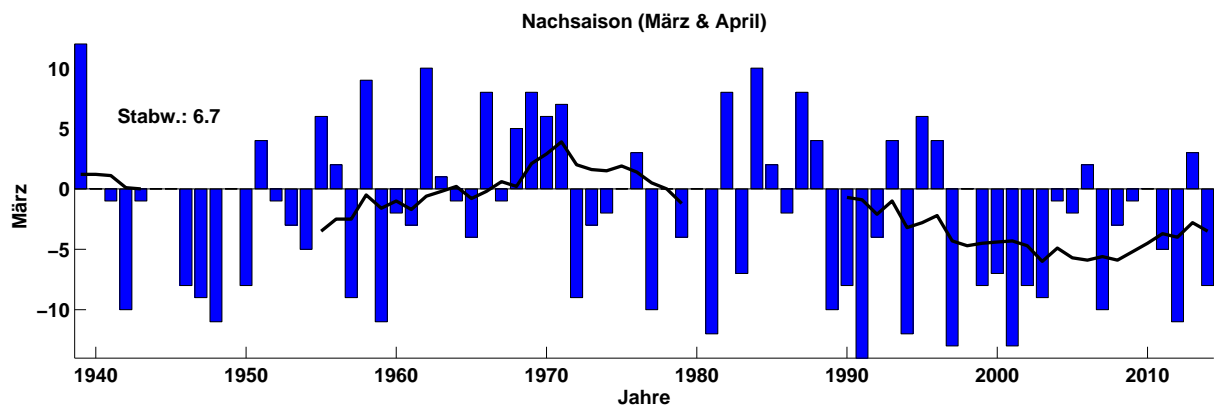


Abbildung 3.12: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt n Monate: März und April (Nachsaison).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1938 – 2014) ,St Jakob 1383 m

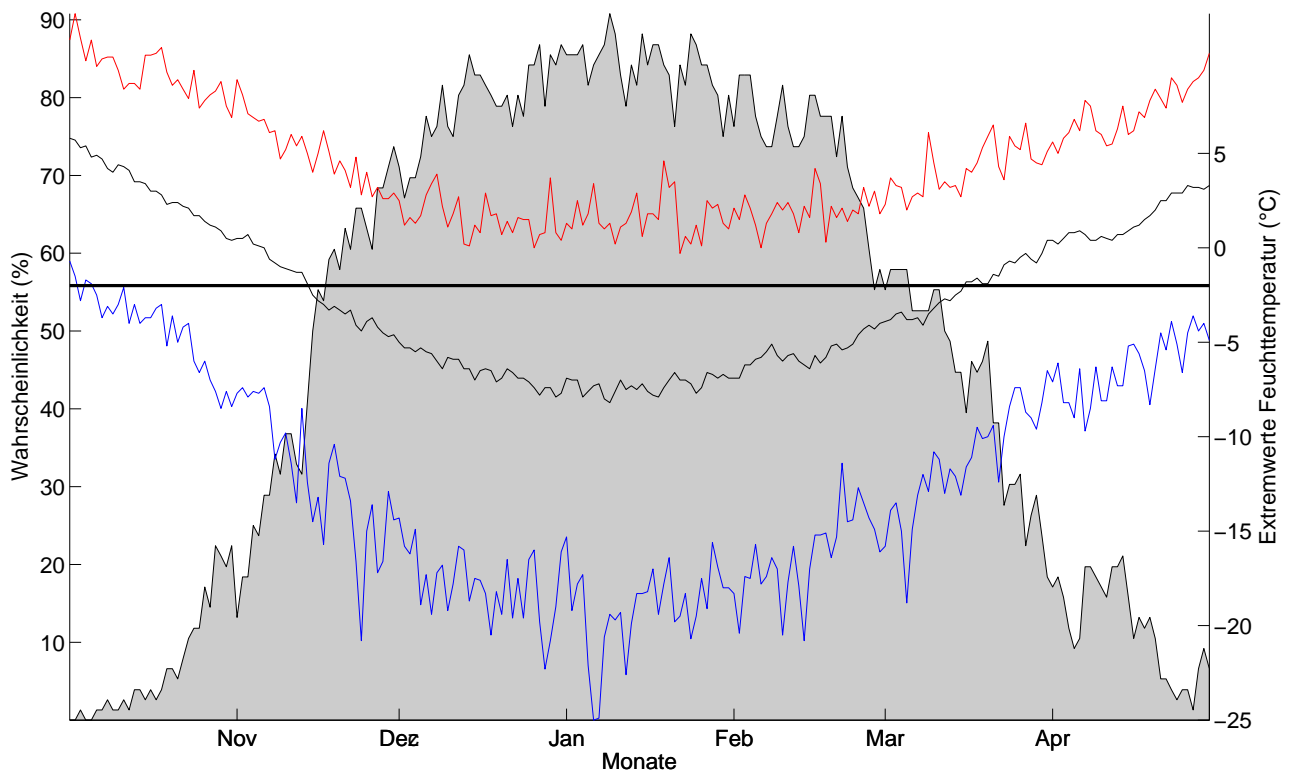


Abbildung 3.13: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, St. Jakob, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1938-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), St Jakob 1383m

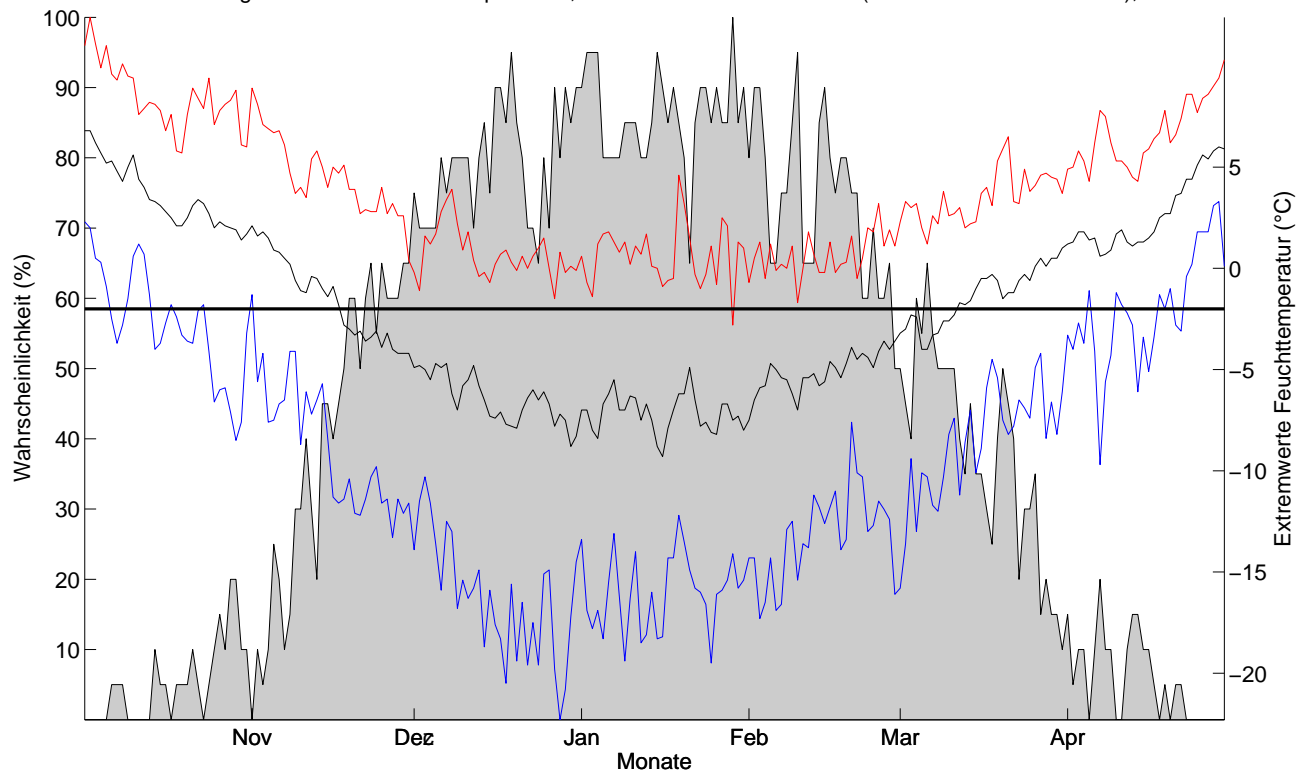


Abbildung 3.14: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, St. Jakob, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

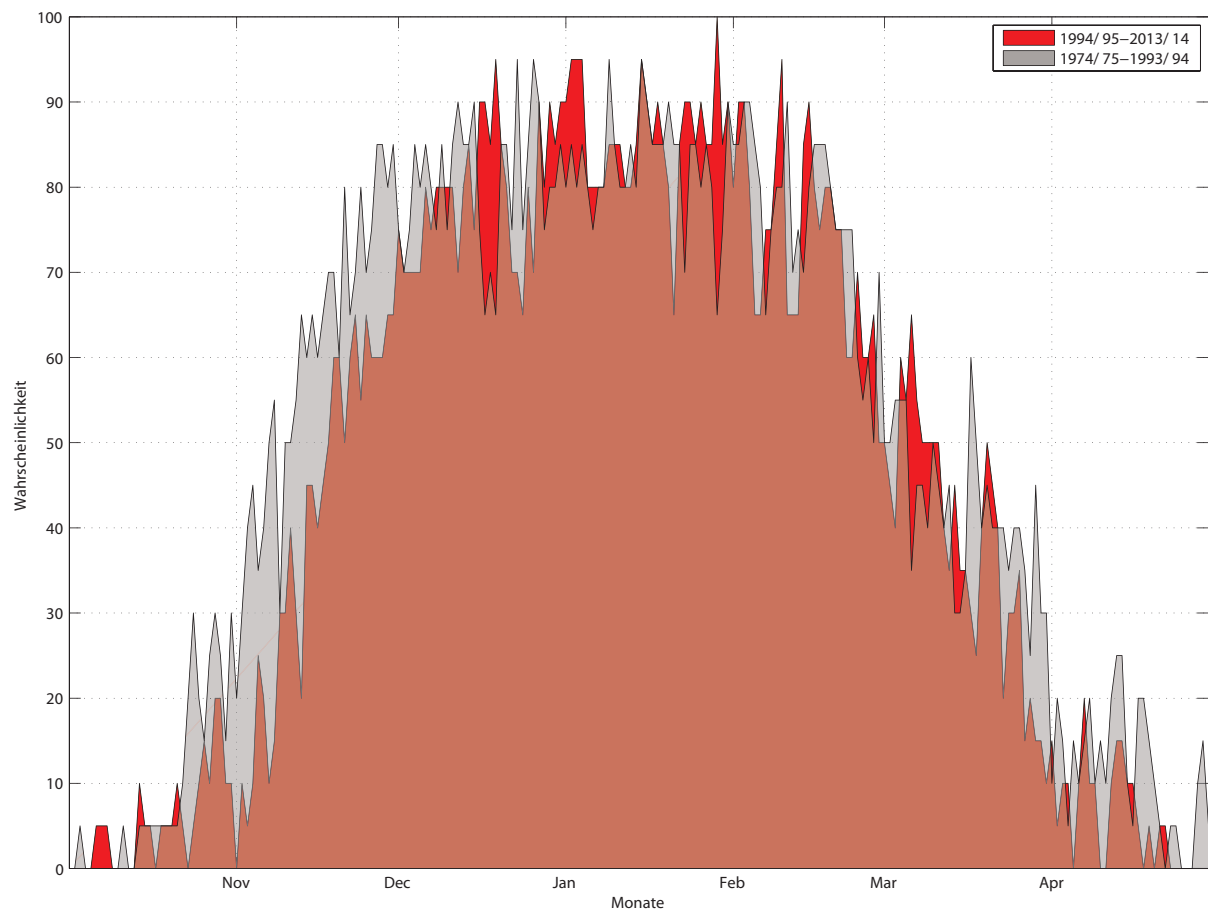


Abbildung 3.15: Vergleich Beschneigungswahrscheinlichkeit (Tagesmittelwert $T_f \leq -2^\circ\text{C}$) der letzten 20 Jahre mit den 20 Jahren davor für alle Tage der Saison (1.10.-30.4.).

Im Mittel über die gesamte Saison gesehen, ist die Wahrscheinlichkeit Beschneien zu können, in den letzten 20 Jahren im Vergleich zu den 20 Jahren davor von etwa 51% auf etwa 47% gesunken. Einbrüche zeigen sich vor allem von Ende Oktober bis Anfang Dezember und ab Mitte März. Siehe Abb. 3.15

Beschneitage St. Jakob pro Saison und Monat

Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	2,1	14,2	25,5	27,1	21,5	13,9	3,8
SD	2,3	5,3	3,5	2,8	4,7	6,5	3,7
1938/39	2	7	26	23	17	28	0
1939/40	6	11	29	31	22	16	10
1940/41	3	9	30	26	24	15	5
1941/42	9	22	27	31	23	6	4
1942/43	0	19	21	27	17	15	5
1943/44	0	NaN	NaN	23	26	NaN	2
1944/45	0	15	31	NaN	12	NaN	NaN
1945/46	0	21	25	29	18	8	0
1946/47	4	16	31	30	25	7	2
1947/48	3	6	27	17	19	5	2
1948/49	0	9	21	23	16	16	3
1949/50	0	14	23	26	18	8	3
1950/51	5	17	30	27	22	20	6
1951/52	1	8	23	31	27	15	NaN
1952/53	2	21	29	27	20	13	0
1953/54	0	6	17	27	22	11	5
1954/55	1	12	18	27	24	22	8
1955/56	3	17	20	29	28	18	6
1956/57	5	20	24	27	16	7	5
1957/58	0	12	25	31	12	25	10
1958/59	1	8	24	27	23	5	6
1959/60	2	17	23	24	23	14	6
1960/61	2	15	26	31	20	13	0
1961/62	1	12	20	28	27	26	13
1962/63	0	15	29	30	28	17	3
1963/64	3	4	27	31	22	15	1
1964/65	0	11	28	27	27	12	3
1965/66	2	16	27	28	8	24	0
1966/67	1	21	26	27	21	15	10
1967/68	1	12	28	29	23	21	6

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

1968/69	2	15	31	29	24	24	12
1969/70	1	12	31	26	24	22	14
1970/71	3	11	28	28	27	23	0
1971/72	6	13	24	30	18	7	2
1972/73	2	13	NaN	NaN	NaN	13	14
1973/74	3	9	22	25	14	14	4
1974/75	9	17	25	24	24	16	3
1975/76	NaN	15	29	23	26	19	4
1976/77	0	12	28	26	17	6	NaN
1977/78	0	17	26	30	23	16	9
1978/79	1	27	26	26	23	12	7
1979/80	3	20	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1980/81	2	22	30	30	NaN	4	3
1981/82	6	19	30	25	28	24	4
1982/83	0	13	22	21	27	9	3
1983/84	4	20	26	30	28	26	3
1984/85	0	15	24	29	19	18	3
1985/86	6	23	22	29	28	14	4
1986/87	4	16	29	30	17	24	3
1987/88	0	9	19	28	27	20	0
1988/89	1	23	24	29	20	6	0
1989/90	0	22	24	26	16	8	2
1990/91	1	21	31	29	24	2	7
1991/92	9	18	30	30	22	12	3
1992/93	4	11	27	24	27	20	0
1993/94	4	18	28	24	21	4	10
1994/95	3	1	20	29	17	22	3
1995/96	0	15	24	25	27	20	2
1996/97	0	11	26	25	19	3	7
1997/98	6	10	20	27	11	16	2
1998/99	1	24	27	31	21	8	1
1999/00	2	19	30	27	25	9	0
2000/01	0	13	18	26	20	3	3

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

2001/02	0	19	27	25	14	8	0
2002/03	0	5	19	30	28	7	6
2003/04	6	9	22	29	19	15	0
2004/05	0	14	28	30	26	14	0
2005/06	0	16	28	31	22	18	3
2006/07	0	6	23	18	17	6	0
2007/08	2	15	27	22	20	13	2
2008/09	0	12	25	29	23	15	0
2009/10	NaN	6	25	31	19	16	2
2010/11	4	9	26	24	20	11	0
2011/12	2	18	25	28	24	5	1
2012/13	4	7	26	23	24	19	1
2013/14	0	10	25	24	16	8	1

Tabelle 3.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1938 - 2014, St. Jakob.

Klimaparameter (Saisonmittel) und Schneitage				
Jahr	Temperatur	Relative Luftfeuchte	Feuchttemperatur	Schneitage
	°C	%	°C	-
Mittelwert	-1,0	73,7	-2,7	105
SD	0,9	5,7	0,9	16
1938/39	-0,2	67,9	-2,2	103
1939/40	-1,9	68,9	-3,6	125
1940/41	-1,6	72,8	-3,1	112
1941/42	-2,0	70,8	-3,7	122
1942/43	0,5	66,4	-1,6	104
1943/44	1,5	62,1	-1,0	51
1944/45	-0,1	85,8	-2,3	58
1945/46	-0,3	74,0	-1,9	101
1946/47	-2,2	82,4	-3,3	115
1947/48	0,3	77,3	-1,2	79
<i>Fortsetzung auf der nächsten Seite</i>				

Klimaparamter – Fortsetzung

1948/49	0,5	68,5	-1,5	88
1949/50	-0,1	74,3	-1,7	92
1950/51	-1,6	77,2	-2,9	127
1951/52	-0,2	69,5	-2,9	105
1952/53	-1,5	72,7	-3,1	112
1953/54	-1,0	80,2	-2,2	88
1954/55	-0,8	75,3	-2,3	112
1955/56	-2,1	76,0	-3,4	121
1956/57	-0,5	69,7	-2,3	104
1957/58	-1,1	69,8	-2,8	115
1958/59	-0,1	70,9	-1,8	94
1959/60	-1,0	72,0	-2,7	109
1960/61	0,1	70,4	-1,8	107
1961/62	-1,5	68,2	-3,3	127
1962/63	-2,7	67,3	-4,5	122
1963/64	-0,6	66,4	-2,6	103
1964/65	-1,6	68,3	-3,4	108
1965/66	-0,6	65,1	-2,8	105
1966/67	-0,7	64,7	-2,8	121
1967/68	-0,2	57,7	-2,8	120
1968/69	-1,4	59,4	-3,8	137
1969/70	-2,1	59,6	-4,4	130
1970/71	-0,7	64,4	-2,9	120
1971/72	0,2	68,7	-2,0	100
1972/73	-1,2	68,6	-1,0	42
1973/74	0,1	74,0	-1,5	91
1974/75	-1,8	78,5	-3,1	118
1975/76	-2,2	76,2	-4,5	116
1976/77	-1,4	81,6	-3,1	89
1977/78	-1,9	78,2	-3,1	121
1978/79	-3,0	78,6	-4,1	122
1979/80	0,8	83,1	NaN	NaN
1980/81	-2,2	72,1	-3,2	100
<i>Fortsetzung auf der nächsten Seite</i>				

Klimaparamter – Fortsetzung

1981/82	-2,4	71,6	-4,0	136
1982/83	-0,6	74,3	-2,2	95
1983/84	-2,5	71,7	-4,1	137
1984/85	-2,2	74,9	-3,7	108
1985/86	-2,8	77,5	-4,1	126
1986/87	-2,5	71,6	-4,1	123
1987/88	-0,9	72,4	-2,6	103
1988/89	-0,7	75,0	-2,2	103
1989/90	-1,4	70,9	-3,2	98
1990/91	-2,5	77,5	-3,8	115
1991/92	-1,9	75,7	-3,3	124
1992/93	-1,3	75,6	-2,8	113
1993/94	-0,5	75,6	-2,0	109
1994/95	-0,3	72,7	-2,0	95
1995/96	-1,4	76,2	-2,9	113
1996/97	-0,9	81,9	-2,0	91
1997/98	-0,6	74,4	-2,2	92
1998/99	-1,3	71,2	-3,0	113
1999/00	-1,2	72,9	-2,9	112
2000/01	-0,3	81,1	-1,5	83
2001/02	-0,5	75,2	-2,0	93
2002/03	-0,5	75,5	-2,0	95
2003/04	-1,2	76,8	-2,5	100
2004/05	-1,3	78,0	-2,6	112
2005/06	-2,2	81,5	-3,3	118
2006/07	1,5	78,2	-0,1	70
2007/08	-0,9	78,4	-2,2	101
2008/09	-1,4	79,5	-2,6	104
2009/10	-1,5	78,6	-3,5	102
2010/11	-0,6	79,5	-2,0	94
2011/12	-0,7	79,2	-2,0	103
2012/13	-1,0	83,0	-2,0	104
<i>Fortsetzung auf der nächsten Seite</i>				

Klimaparamter – Fortsetzung

2013/14	0,2	83,7	-0,9	84
----------------	-----	------	------	----

Tabelle 3.2: Saisonale Klimaparameter und Schneitage für die Periode 1938-2014, St. Jakob.

3.14.3 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

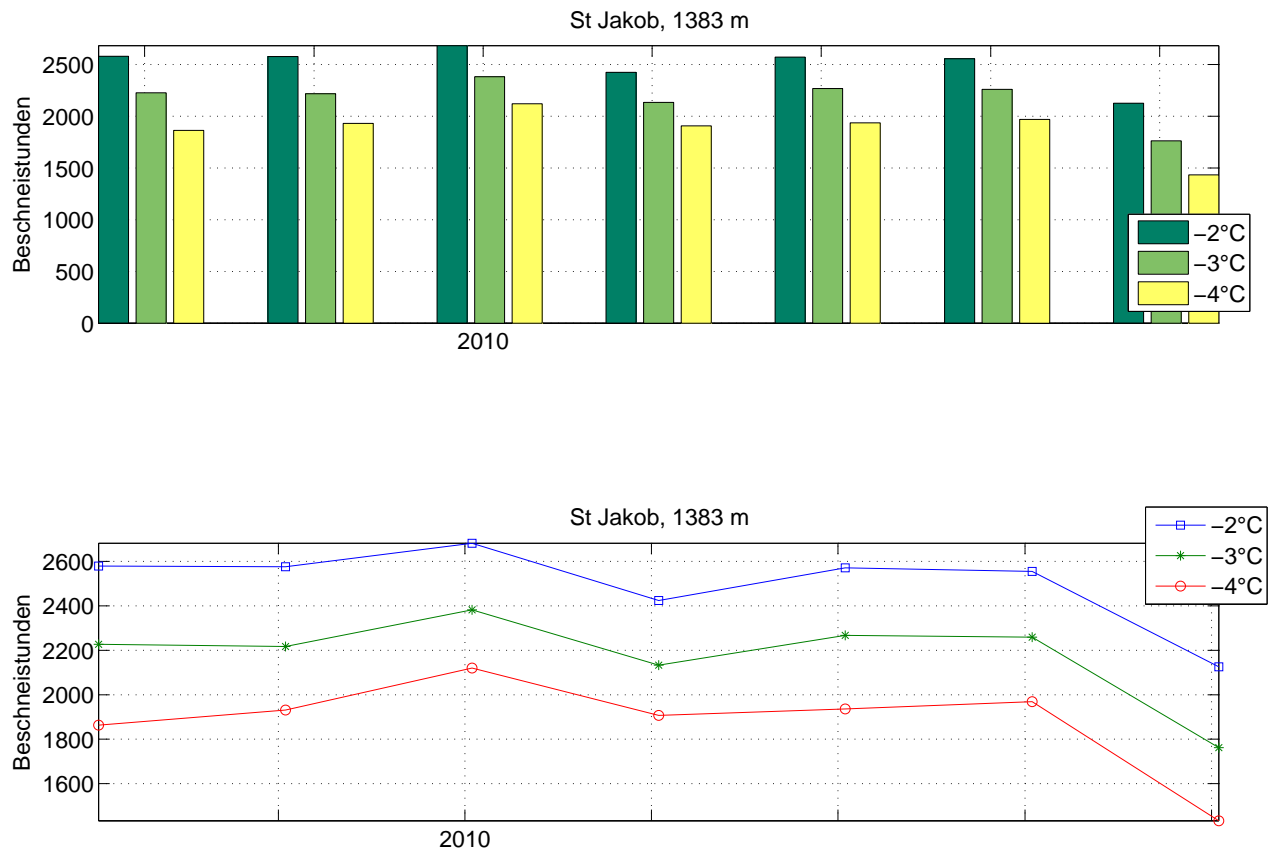
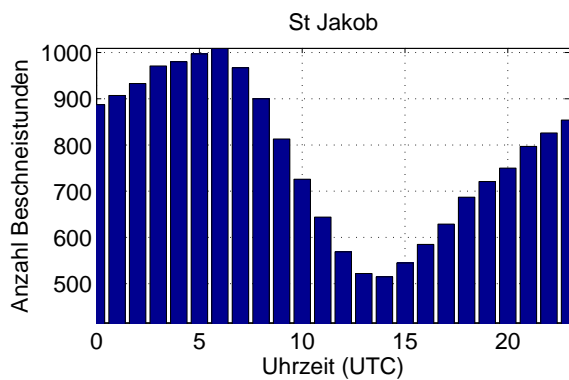
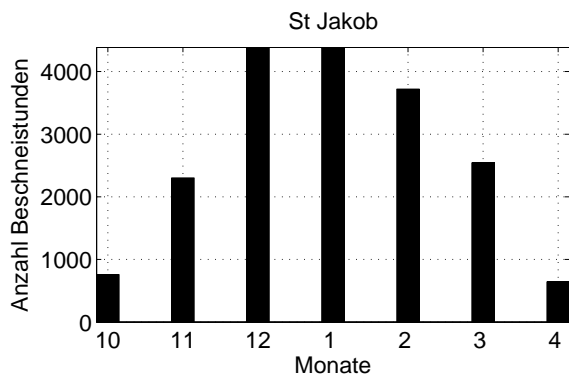
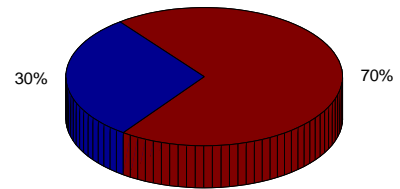


Abbildung 3.16: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 169 Stunden (7 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es im Mittel 2502 potentielle Beschneistunden (ca. 104 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 169 Stunden (ca. 7 Tage). Siehe Abb. 3.16.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

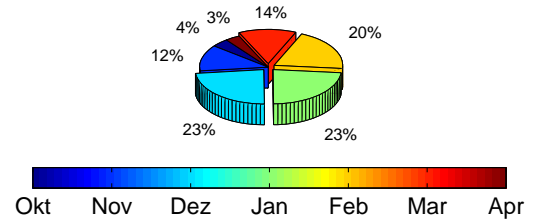


Abbildung 3.17: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

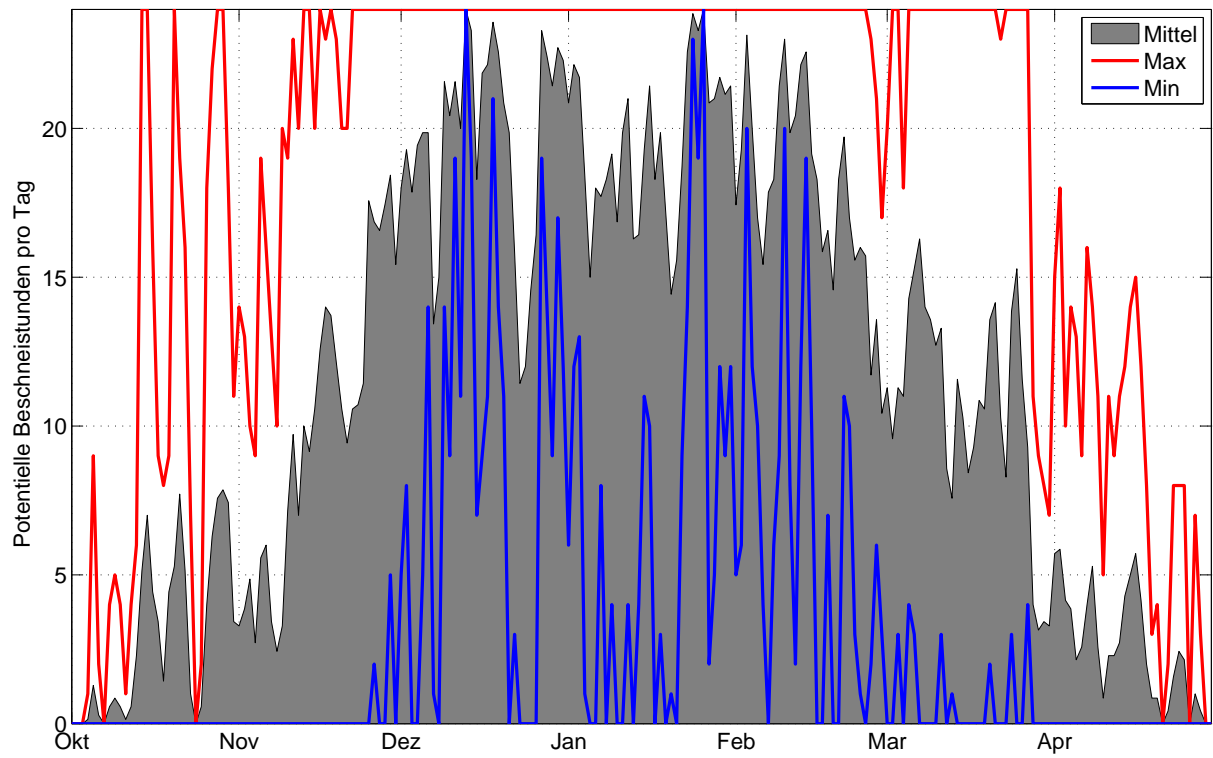


Abbildung 3.18: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 2007-2014, Station St. Jakob, 1383 m.

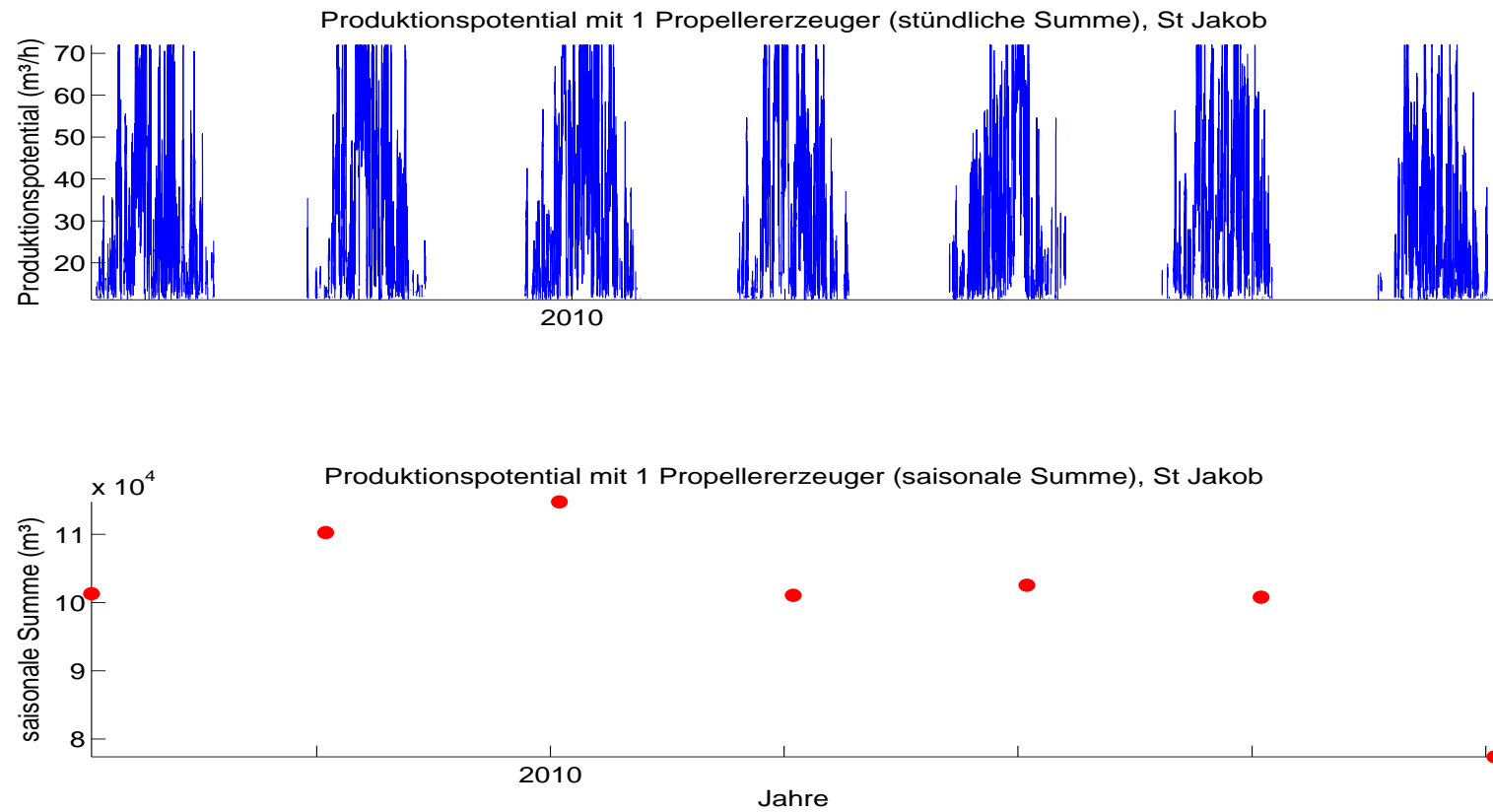


Abbildung 3.19: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

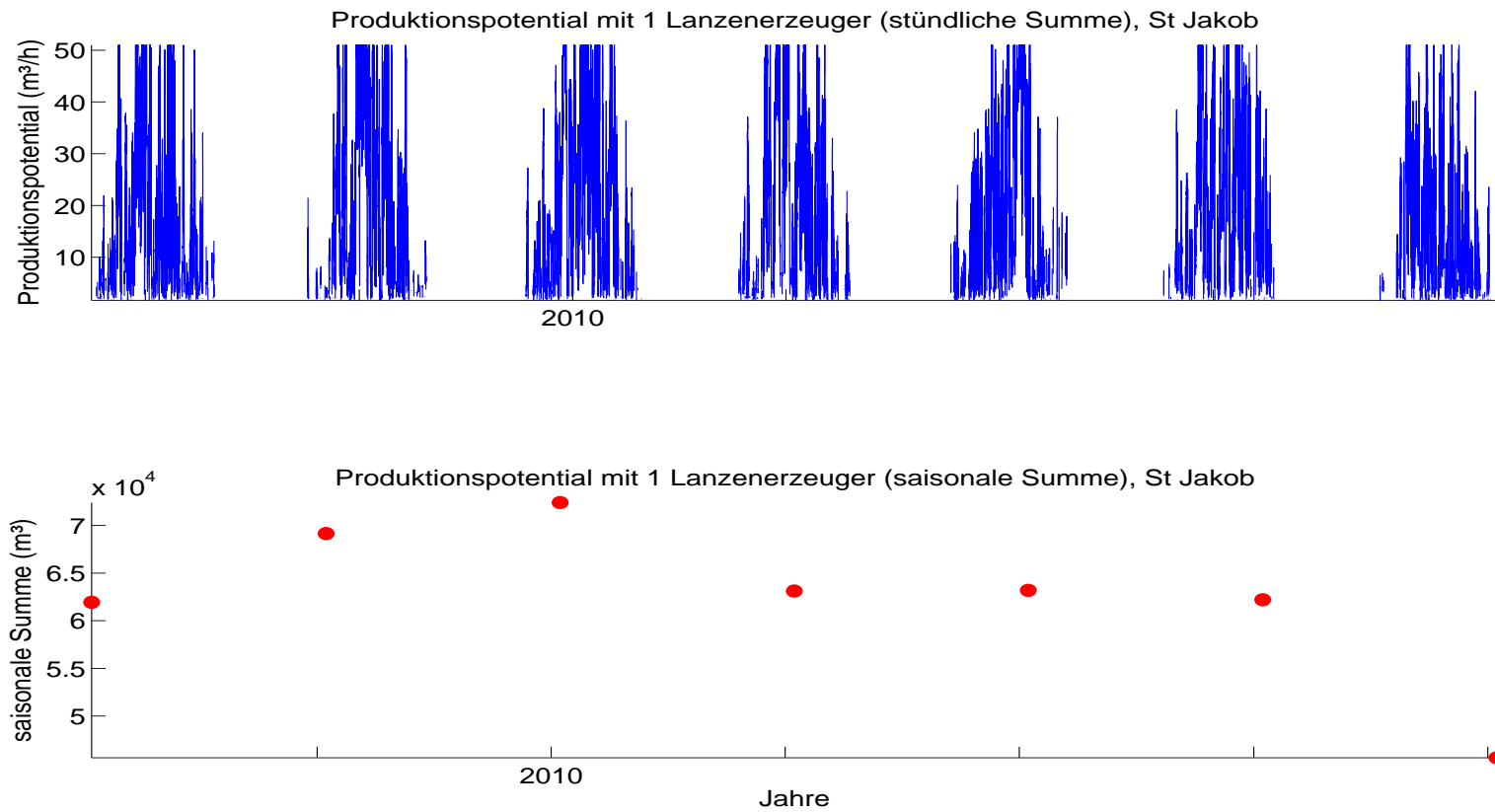
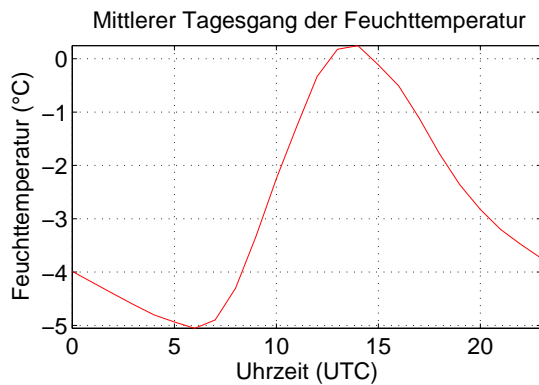
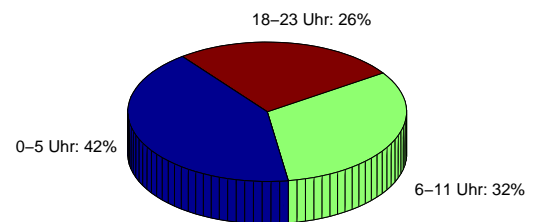


Abbildung 3.20: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

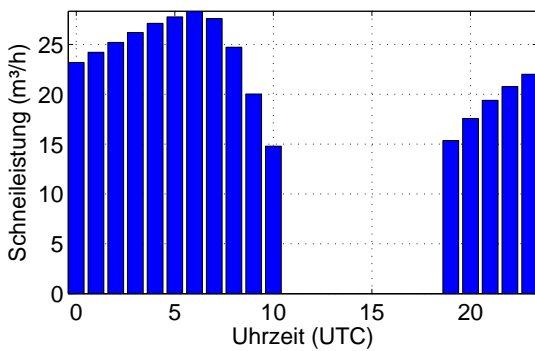
Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 10414 m^3 (Propellengerät), bzw. 7605 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 106351 m^3 (Propellengerät), bzw. 87349 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 36 ha (Propellengerät), bzw. ca. 30 ha (Lanze) eine Grundbeschneieung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 3.19 und 3.20.



Zeitliche Verteilung der künstlich erzeugbaren Schneemenge



Mittlerer Tagesgang der Schneileistung (Propellerezzeuger)



Mittlerer Tagesgang der Schneileistung (Lanzenerzeuger)

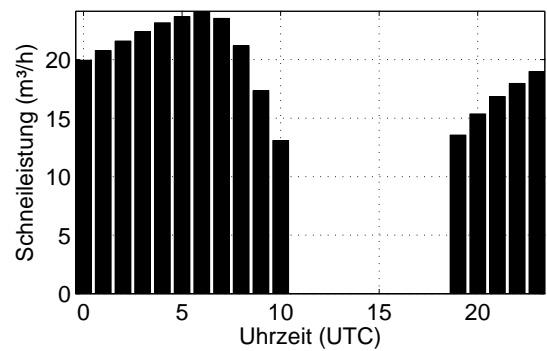


Abbildung 3.21: Mittlerer Tagesgang der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 2007-2014, St. Jakob, 1383 m.

Die Schneileistung unterliegt tageszeitlich Schwankungen. Über die ganze Saison gesehen, kann im Schnitt zwischen 11 und 18 Uhr UTC nicht effektiv beschneit werden. An einem durchschnittlichen Tag können mit einem Propellererzeuger 15 m³/h, mit einem Lanzenerzeuger 13 m³/h produziert werden. Siehe Abb. 3.21.

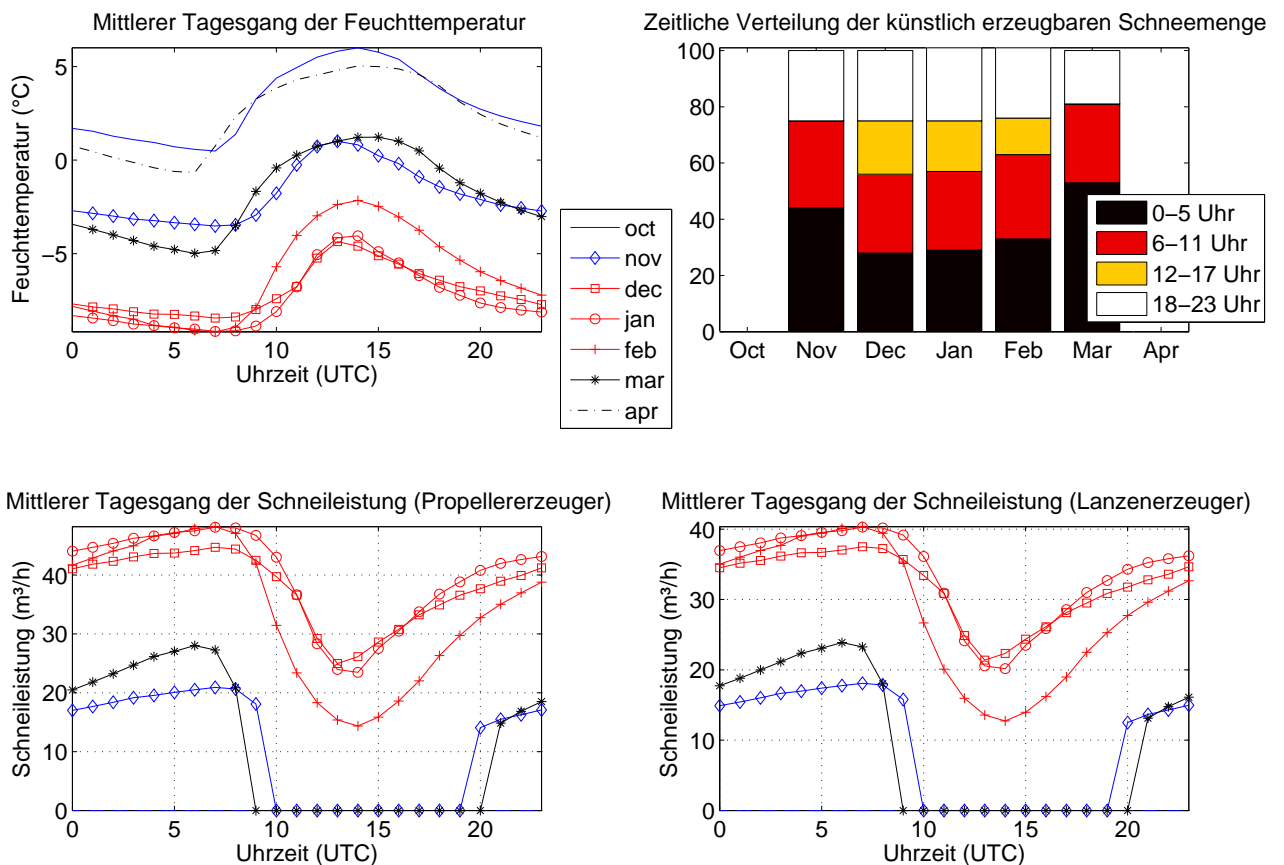


Abbildung 3.22: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 2007-2014, St. Jakob, 1383 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

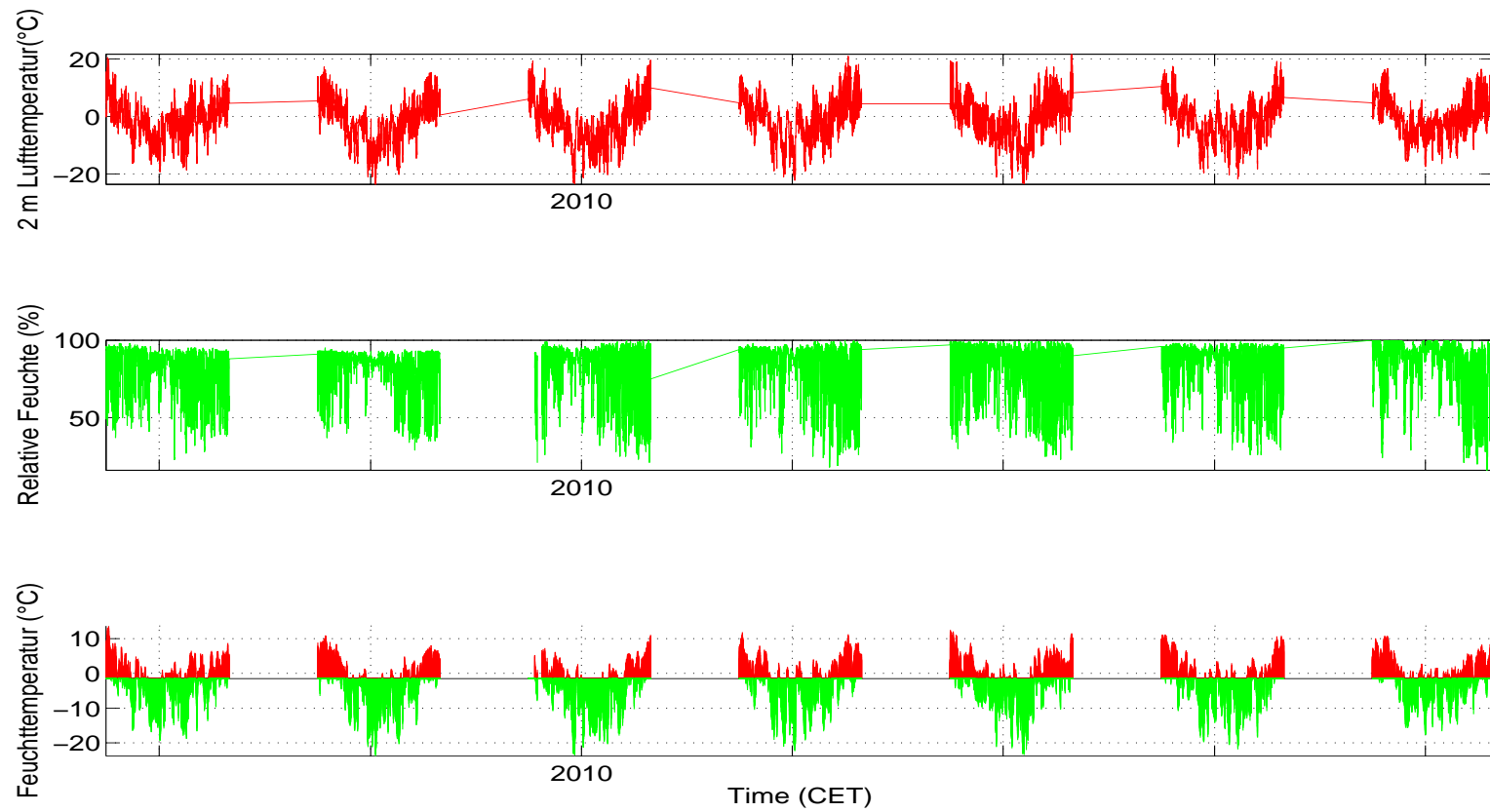


Abbildung 3.23: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Schneistunden mit versch. Grenztemp.				
	-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	2676	2502	2178	1880
SD	152	169	183	197
Saison				
2007/08	2773	2579	2227	1863
2008/09	2776	2576	2217	1931
2009/10	2833	2682	2382	2120
2010/11	2584	2424	2133	1907
2011/12	2737	2571	2267	1936
2012/13	2681	2555	2259	1969
2013/14	2350	2126	1762	1433

Tabelle 3.3: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (St. Jakob)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	89	296	605	606	500	330	75
SD	46	85	25	83	76	71	28
Saison							
2007/08	100	411	626	504	479	351	108
2008/09	39	315	601	686	539	362	34
2009/10	109	257	574	740	499	387	116
2010/11	146	232	611	576	481	317	61
2011/12	123	414	585	621	557	199	72
2012/13	87	210	648	539	592	407	72
2013/14	18	236	591	578	355	286	63

Tabelle 3.4: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C).

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Propeller (m ³) (St. Jakob)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	2948	11447	27113	28295	22169	11717	2662
SD	1253	2827	2292	5993	4816	3161	790
Saison							
2007/08	3181	15615	28996	21999	21355	12286	3695
2008/09	1669	13302	26173	36948	23681	11985	1549
2009/10	3117	8565	27777	37407	22707	16159	3876
2010/11	4943	10810	29913	28022	19063	11259	2070
2011/12	3782	13961	23006	27292	29876	6046	2689
2012/13	3132	7000	28854	23829	25295	15065	2569
2013/14	813	10876	25073	22566	13209	9221	2185

Tabelle 3.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Lanze, (m ³) (St. Jakob)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	2649	9737	21970	22620	17944	10009	2420
Standardabweichung	1091	2254	1655	4294	3538	2526	692
Saison							
2007/08	2880	13048	23539	18016	17141	10515	3348
2008/09	1549	11080	20839	28701	19238	10351	1472
2009/10	2752	7578	22322	29301	18351	13296	3474
2010/11	4358	9067	23806	22216	15705	9659	1890
2011/12	3446	11941	19113	22004	23327	5350	2429
2012/13	2776	6190	23453	19402	20560	12818	2342
2013/14	782	9253	20717	18703	11289	8072	1983

Tabelle 3.6: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

3.14.4 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

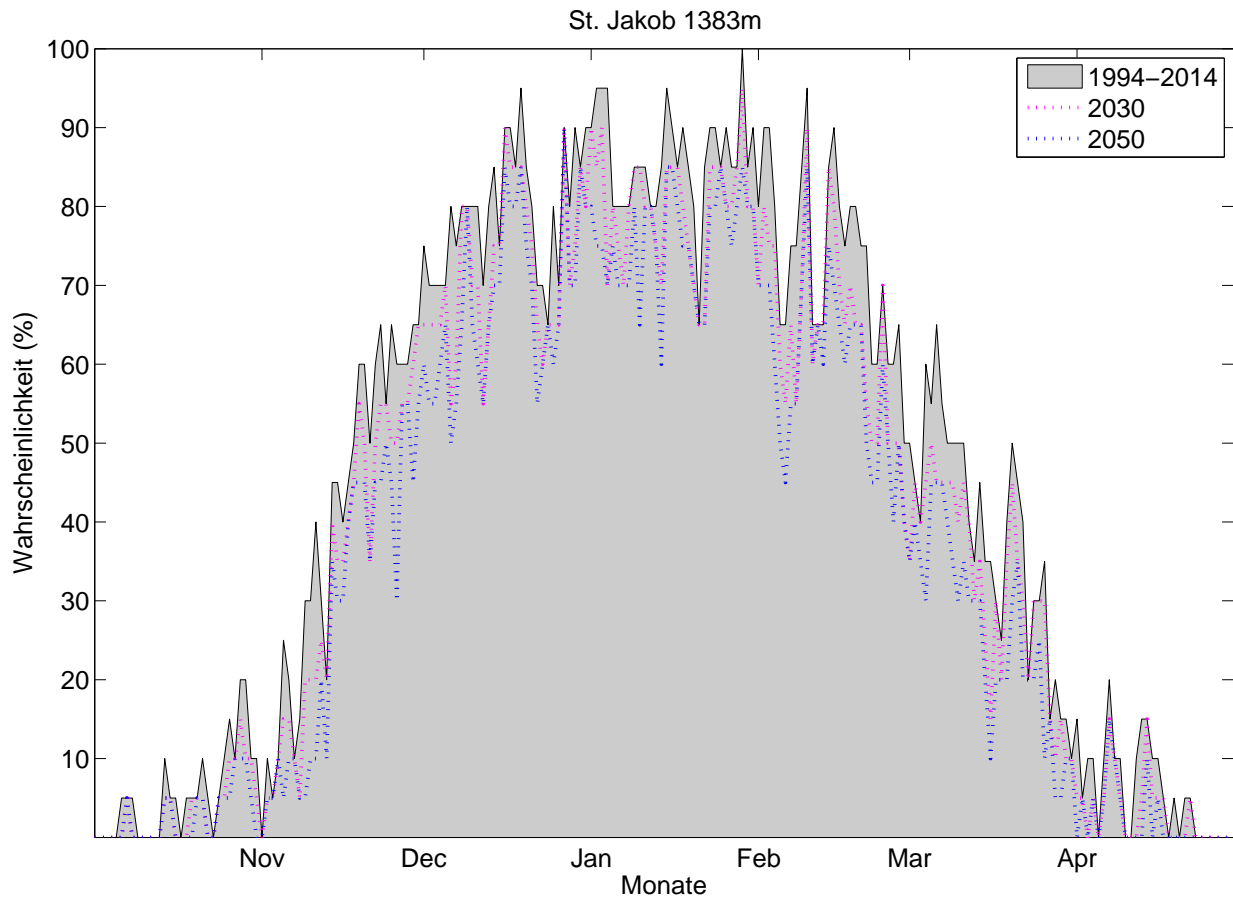


Abbildung 3.24: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, St. Jakob, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

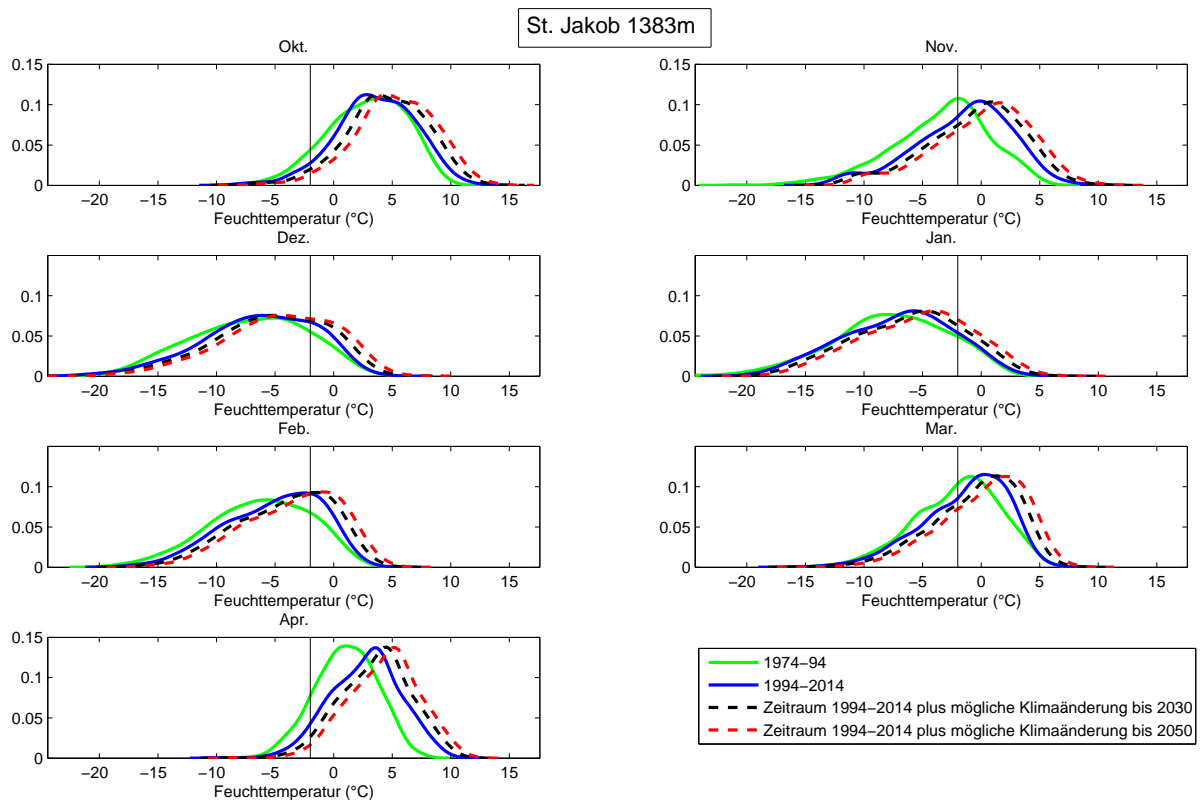


Abbildung 3.25: Häufigkeitsverteilung der Feuchtttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchtttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchtttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchtttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchttemperatur unter -2°C pro Monat, St. Jakob.								
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	
Periode								
1974-1994	2,7	17,9	25,0	25,7	21,3	13,0	3,4	
1994-2014	1,7	12,0	24,6	26,7	20,0	11,8	1,7	
mit Klimaänderung bis 2030	1,0	10,0	22,4	24,8	18,0	9,9	0,9	
mit Klimaänderung bis 2050	0,8	8,4	21,1	23,5	16,6	8,0	0,	
Abnahme bis 2050 in Tagen	0,9	3,6	3,5	3,2	3,4	3,8	1,1	
Abnahme bis 2050 in %	55	30	14	12	17	32	65	

Tabelle 3.7: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1974-94, 1994-2014 und 1994-2014 mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

3.15 St. Anton (1304 m)

3.15.1 Naturschnee

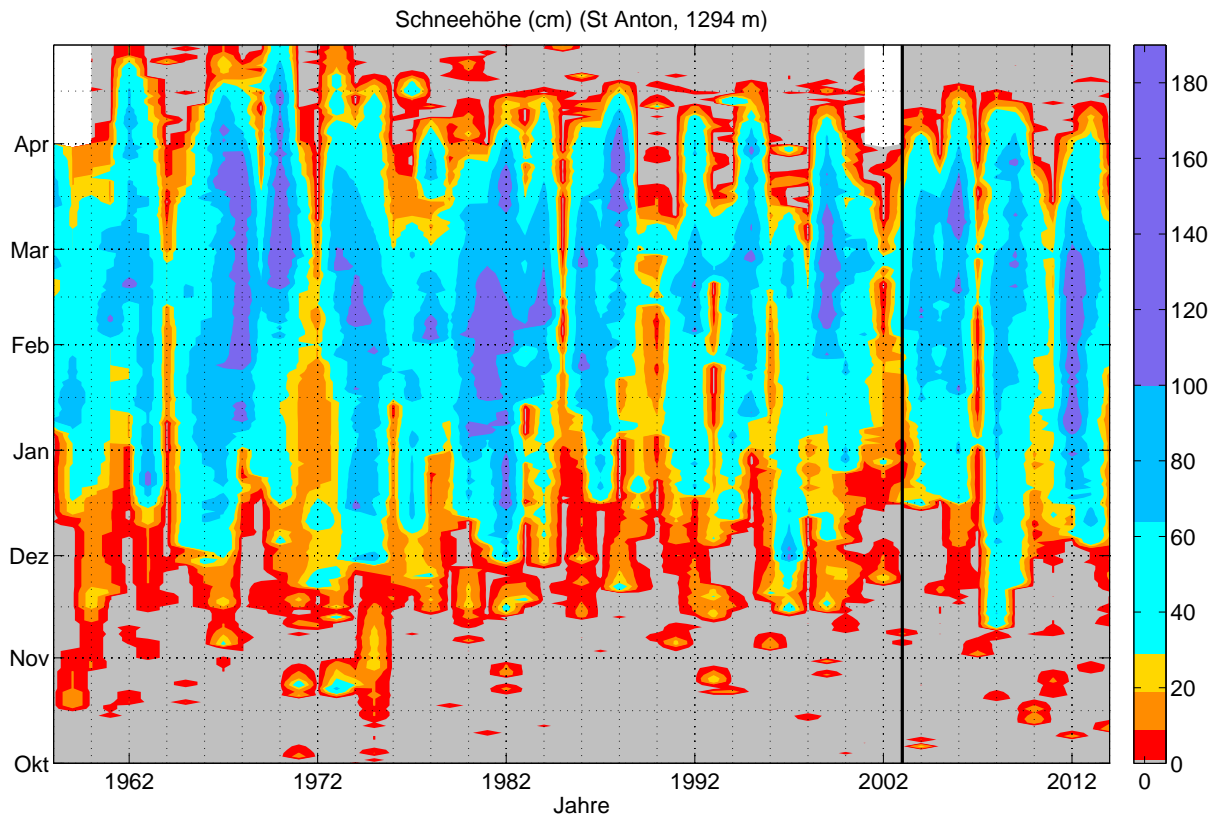


Abbildung 3.1: Tageswerte der Schneehöhe, St. Anton, Okt.-Apr. 1957-2014. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt. Standortwechsel der Schneehöhenmessstation in der Saison 2001/02 ist mit einer schwarzen Linie markiert.

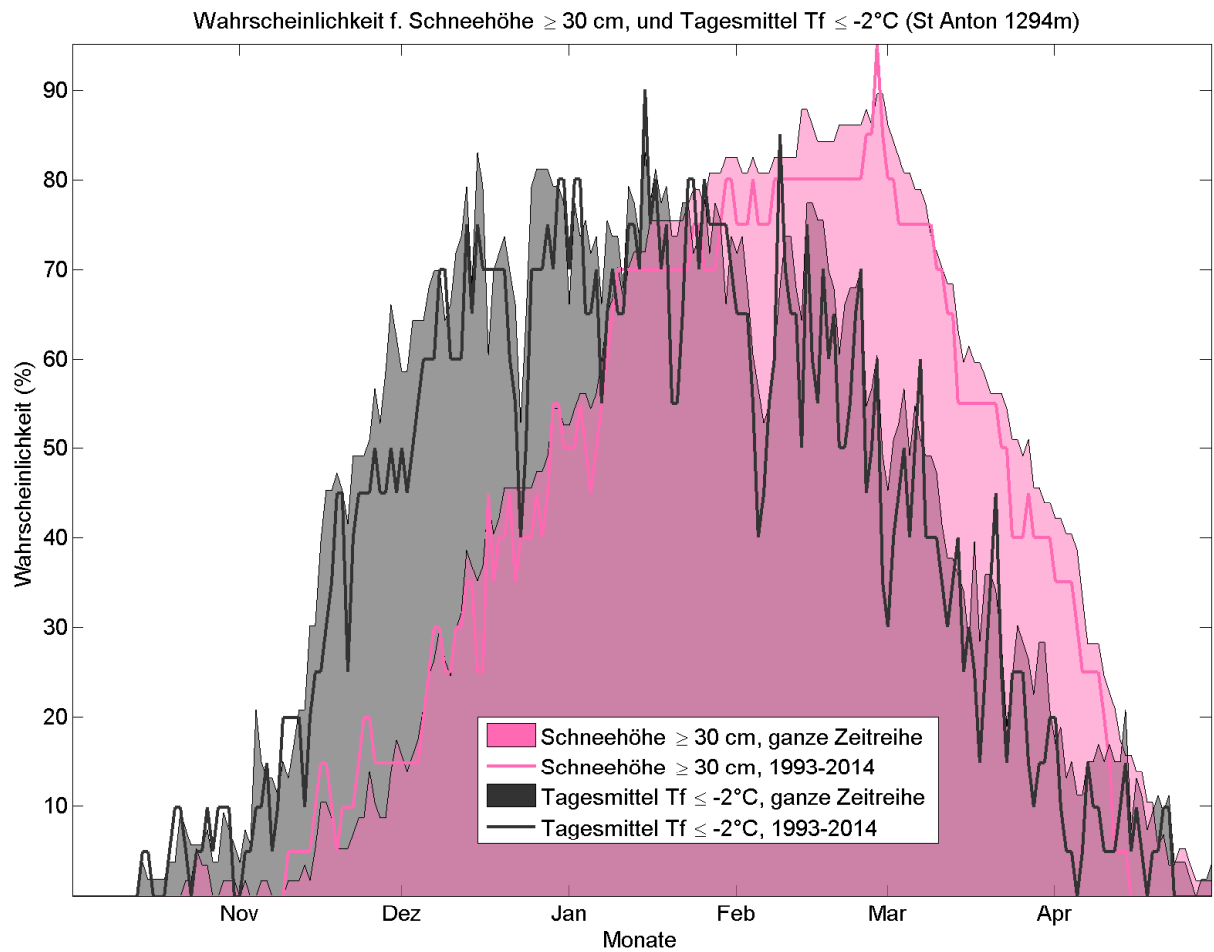


Abbildung 3.2: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Beschneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (T_f ab 1961, Schnee ab 1957).

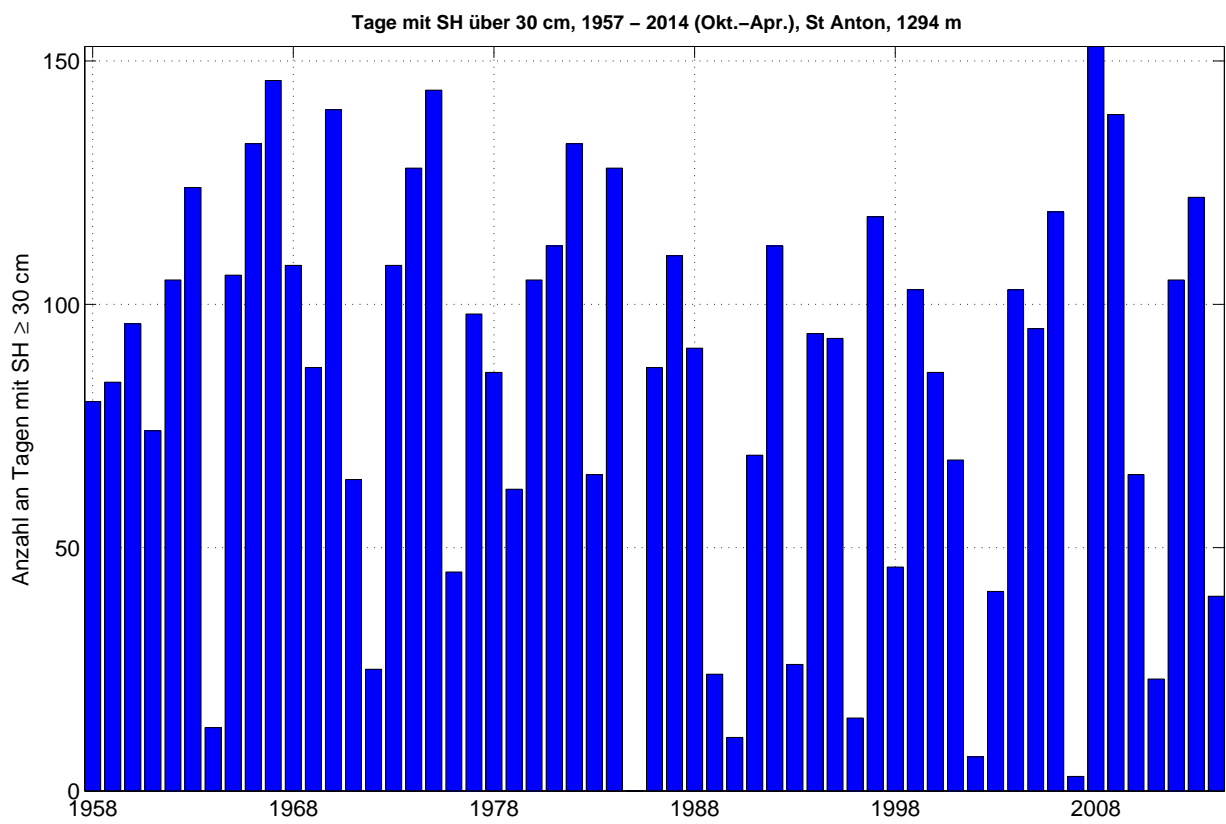


Abbildung 3.3: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1957-2012

3.15.2 Langzeitanalyse - Trends und Klima

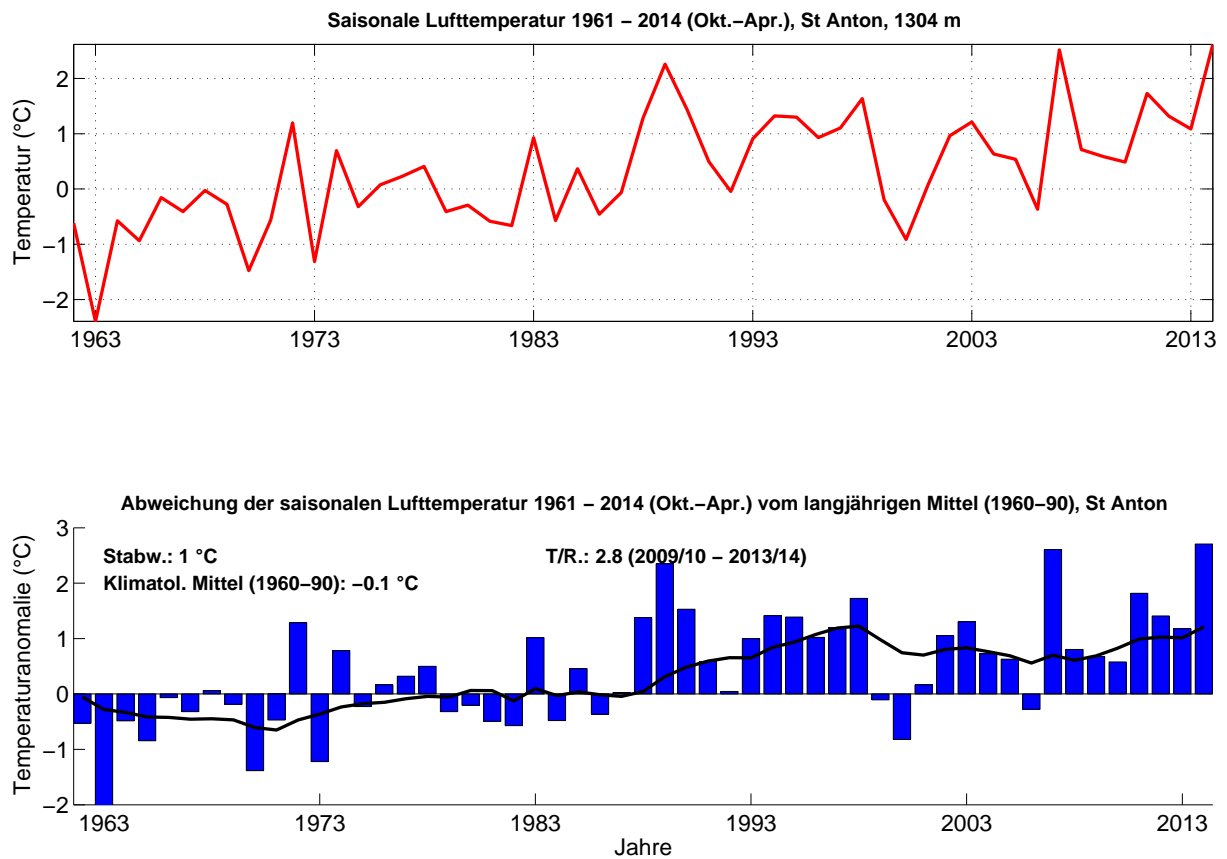


Abbildung 3.4: Langzeitanalyse der saisonalen Lufttemperatur, St. Anton, Okt.-Apr. 1961-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2009 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

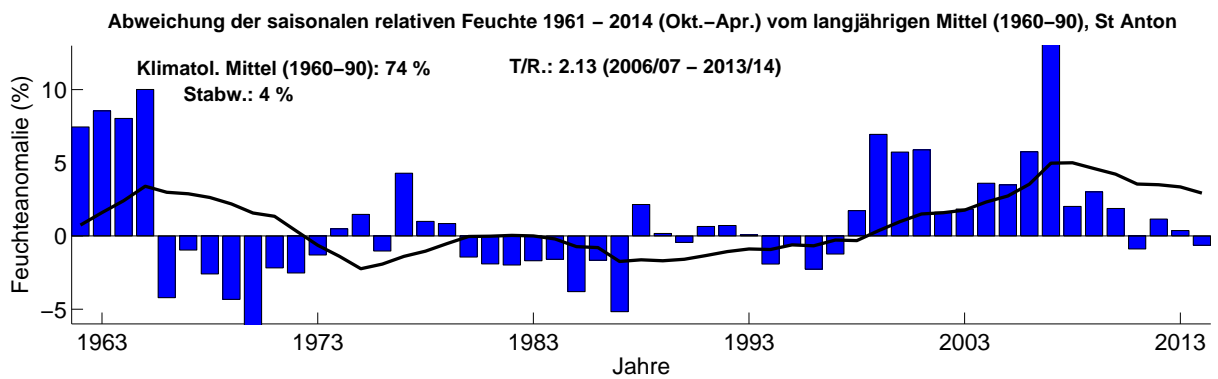
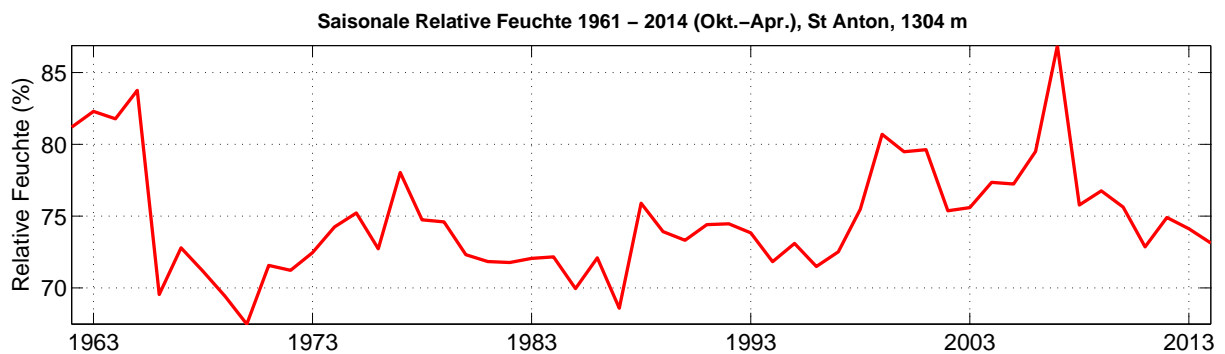


Abbildung 3.5: Langzeitanalyse der saisonalen relativen Feuchte, St. Anton, Okt.-Apr. 1961-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2006 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

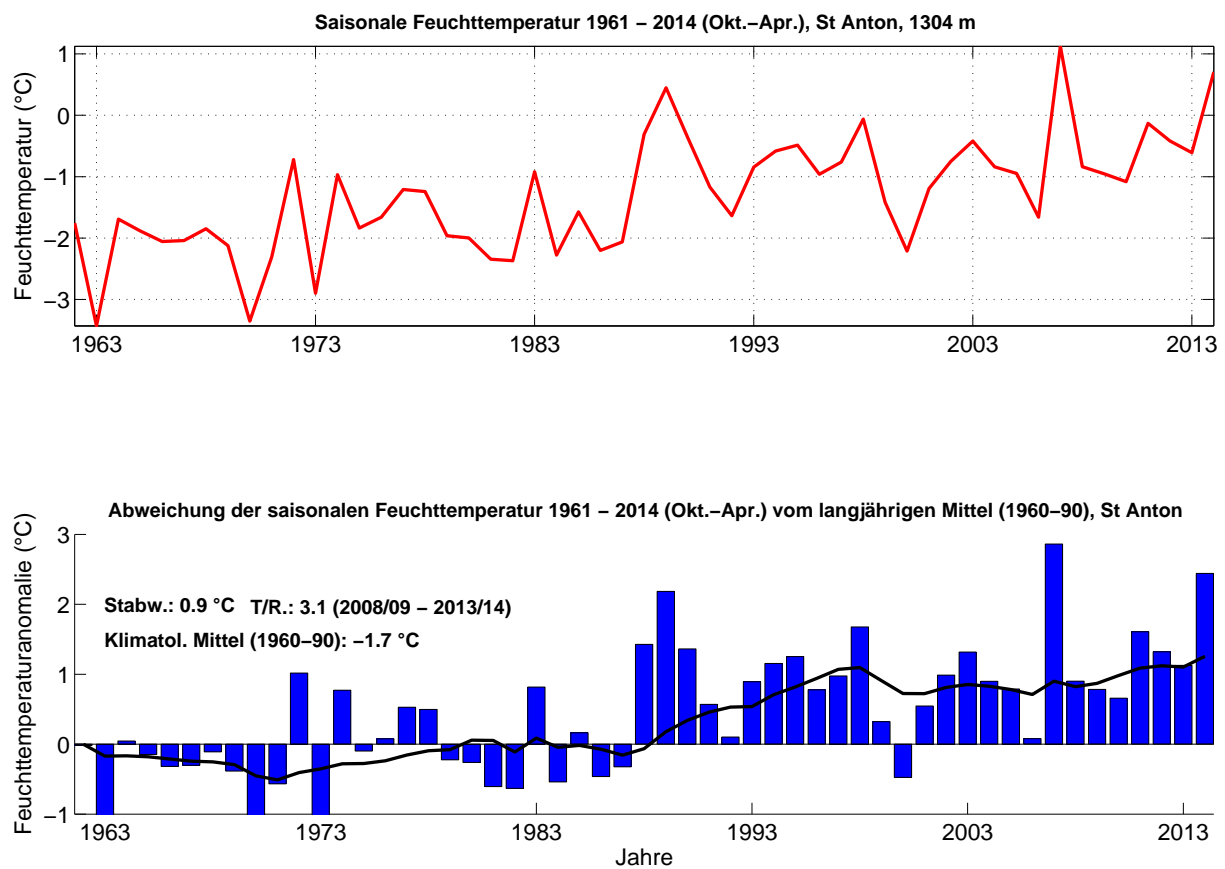


Abbildung 3.6: Langzeitanalyse der saisonalen Feuchttemperatur, St. Anton, Okt.-Apr. 1961-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2008 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

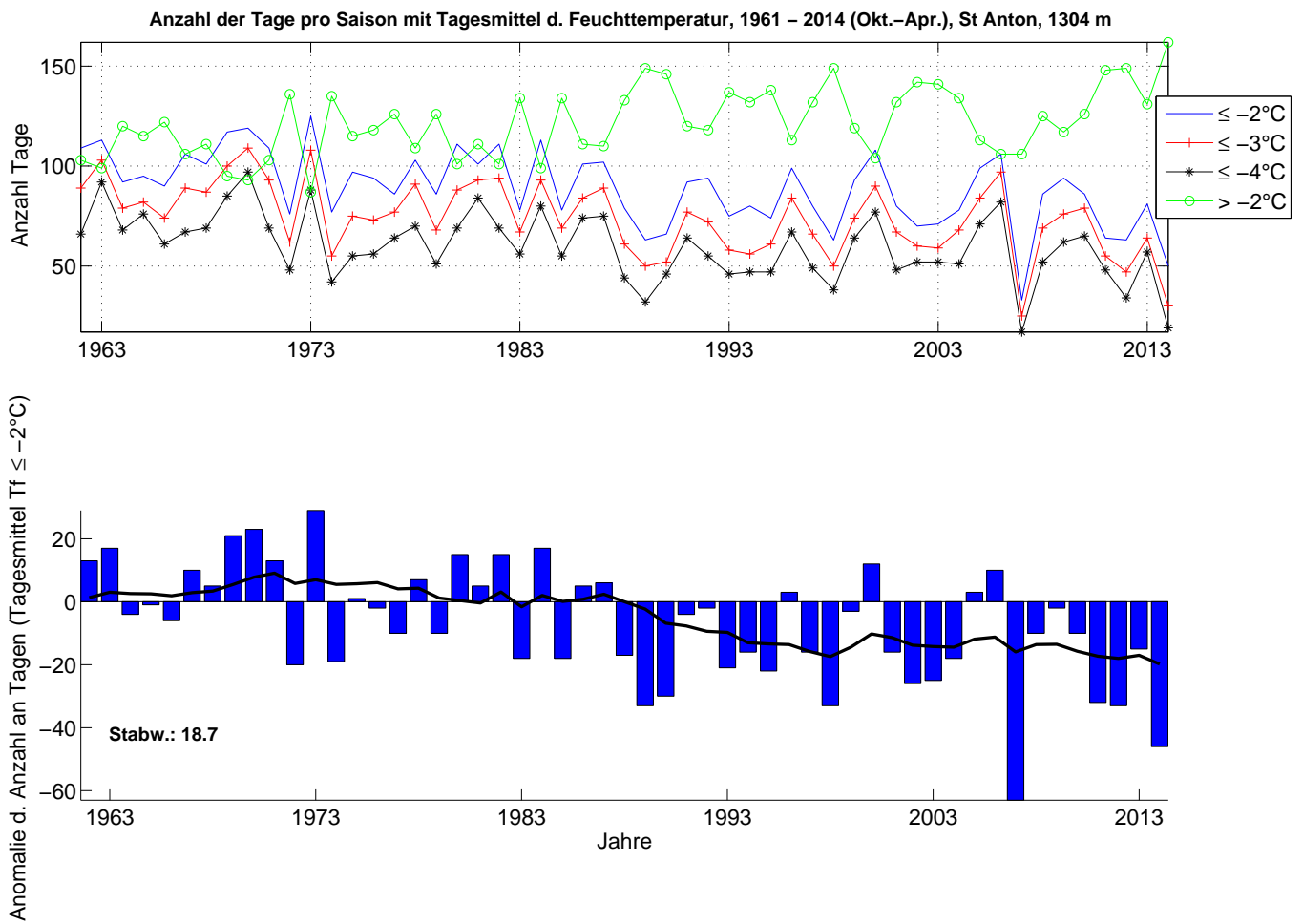


Abbildung 3.7: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur von -2°C , -3°C und -4°C , bzw. Überschreitung von -2°C , Periode 1961-2014, St. Anton. Abweichung vom langjährigen Mittel für Tagesmittel $\leq -2^{\circ}\text{C}$ (unten).

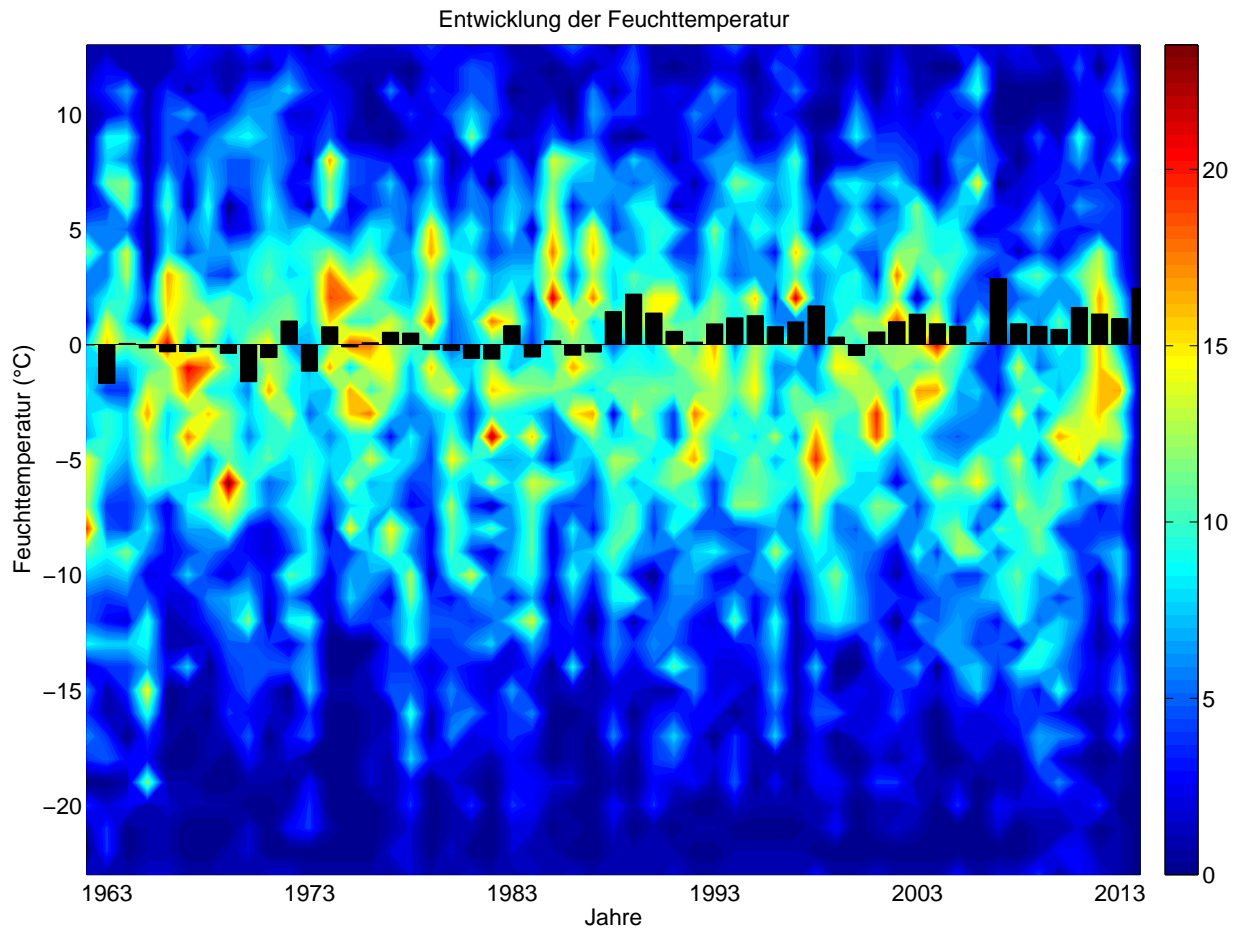


Abbildung 3.8: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1961-2014, St. Anton. Die schwarzen Balken zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel (1961-91).

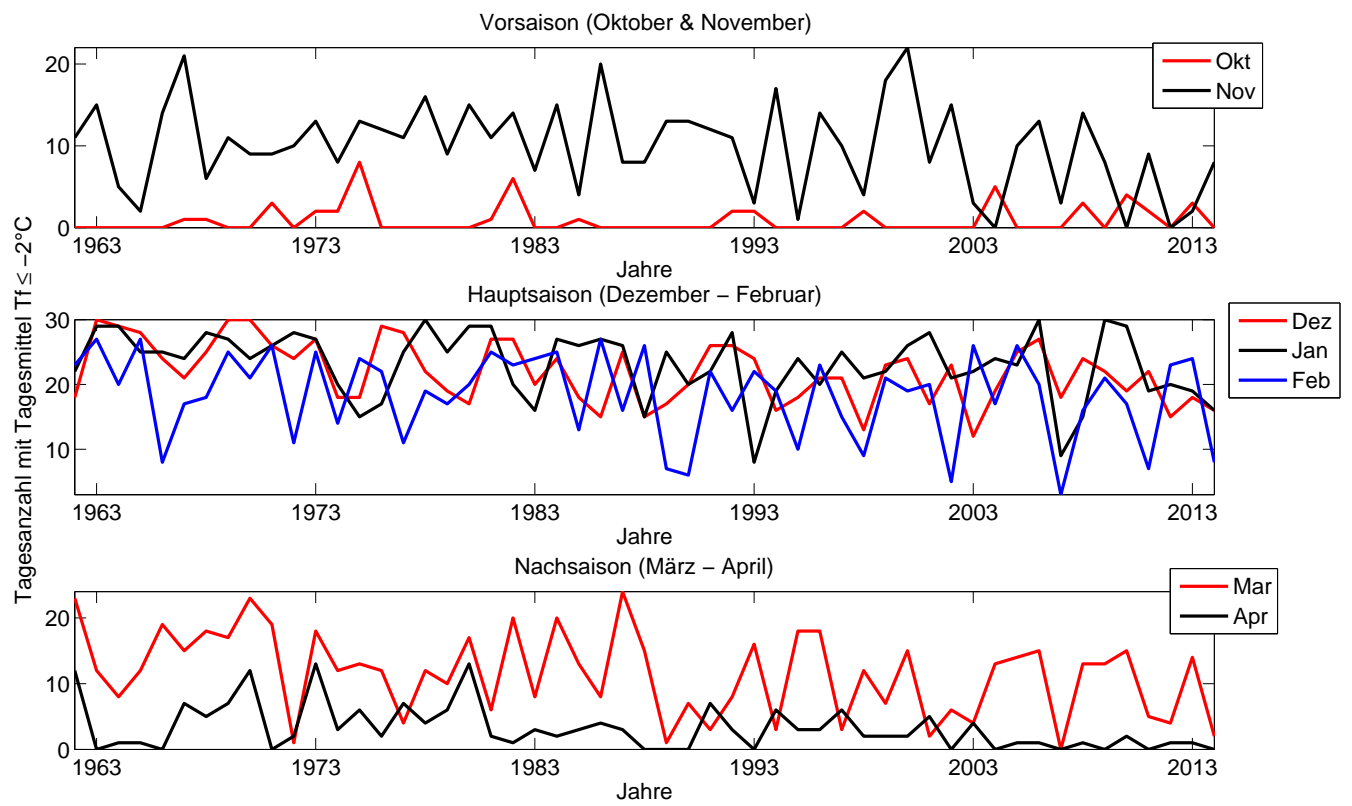


Abbildung 3.9: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Schneitagen pro Saison, nach Monaten.

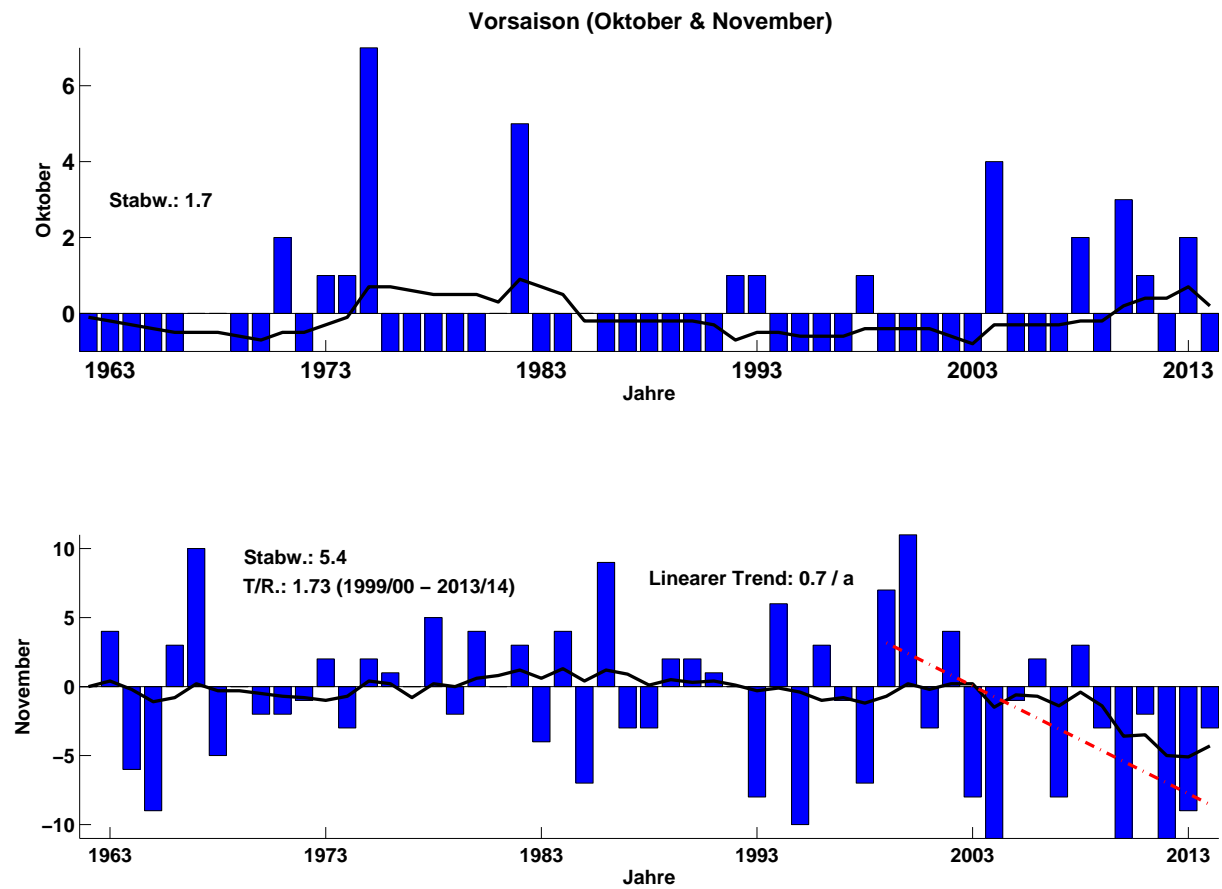


Abbildung 3.10: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Oktober und November (Vorsaison).

Die Zahl der Schneitage im November nimmt seit der Saison 1999/00 signifikant um 0.7 Tage pro Jahr ab. Im Oktober zeigen sich keine Trends. Siehe Abb. 3.10.

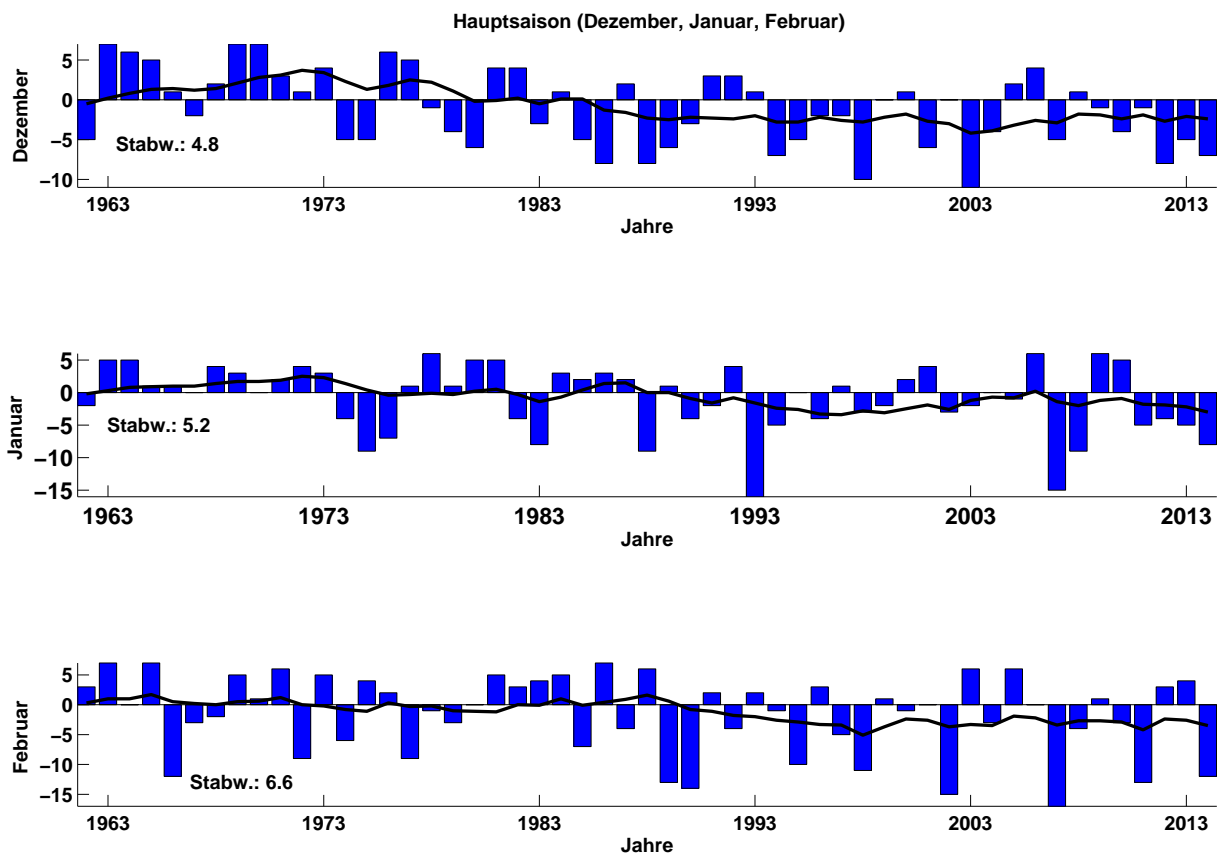


Abbildung 3.11: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Dezember, Januar und Februar (Hauptsaison).

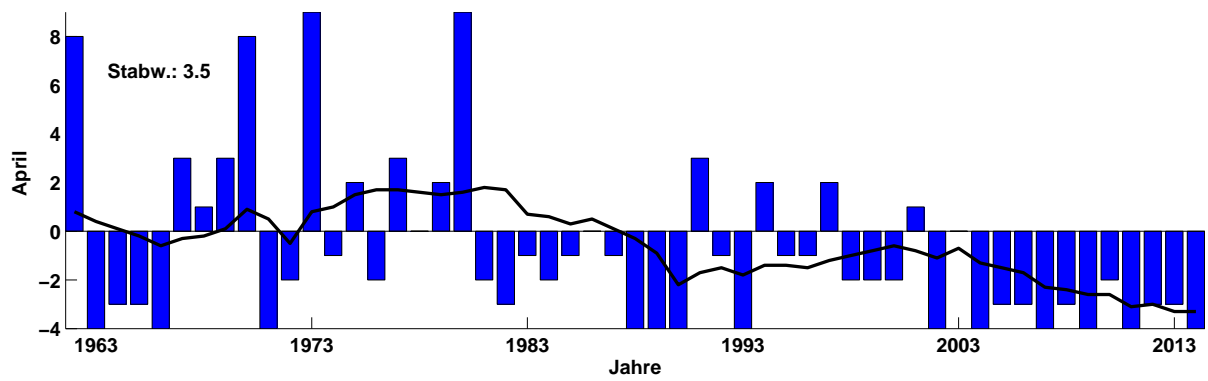
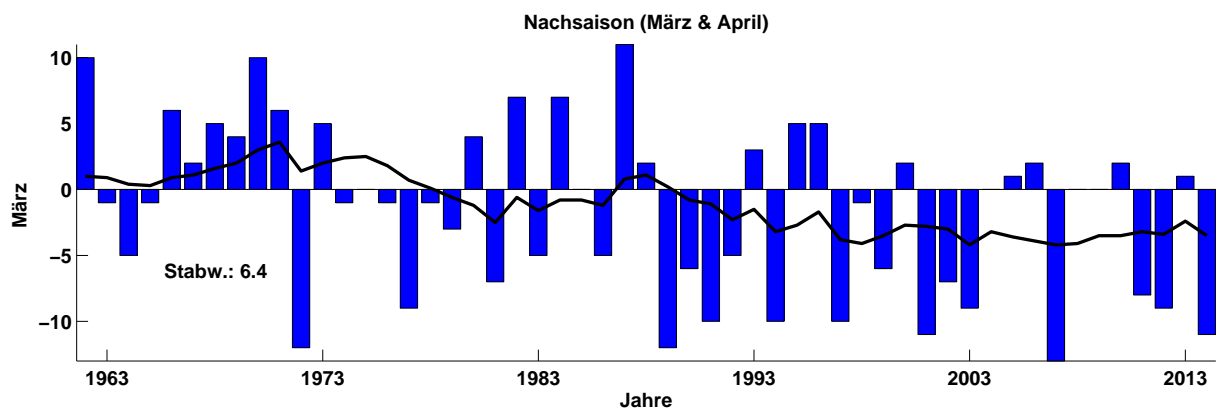


Abbildung 3.12: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt n Monate: März und April (Nachsaison).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1961 – 2014) ,St Anton 1304 m

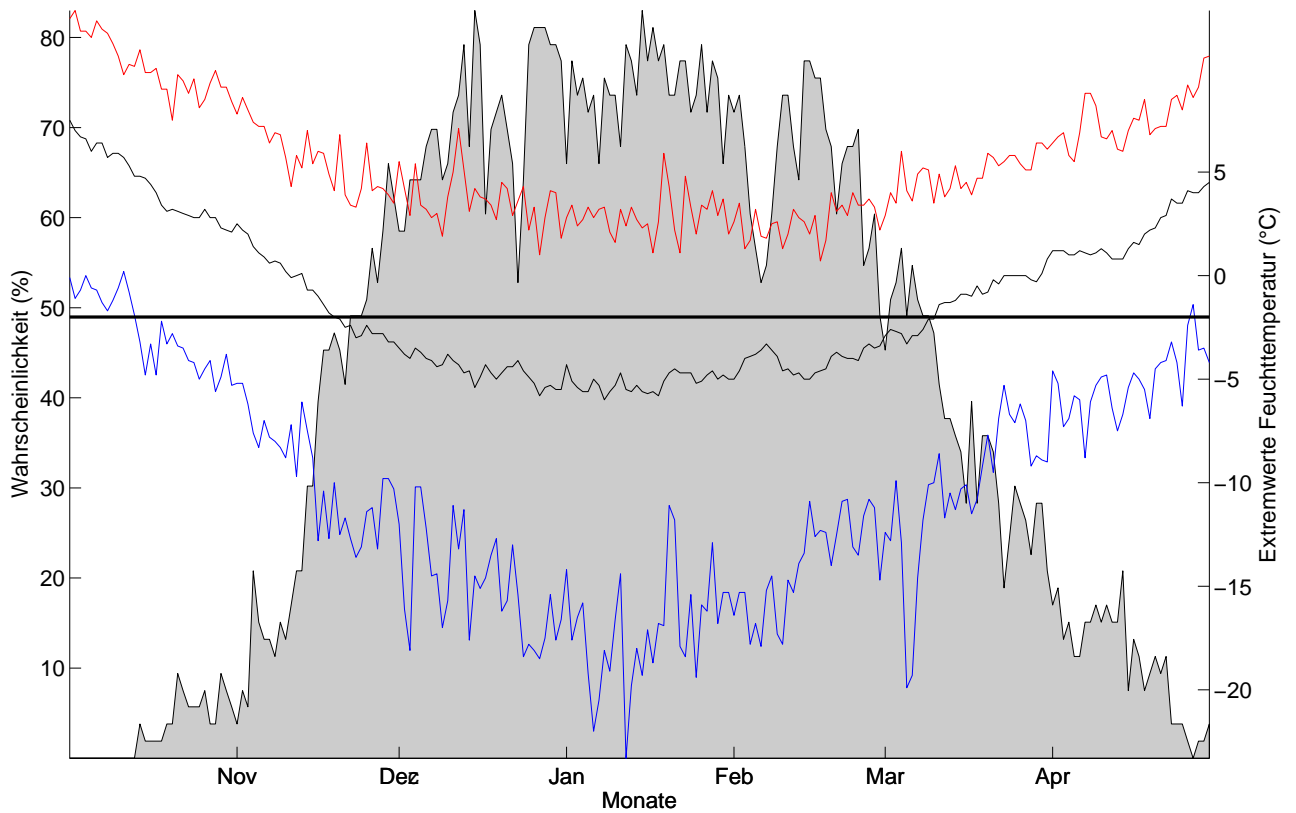


Abbildung 3.13: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, St. Anton, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1961-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), St Anton 1304m

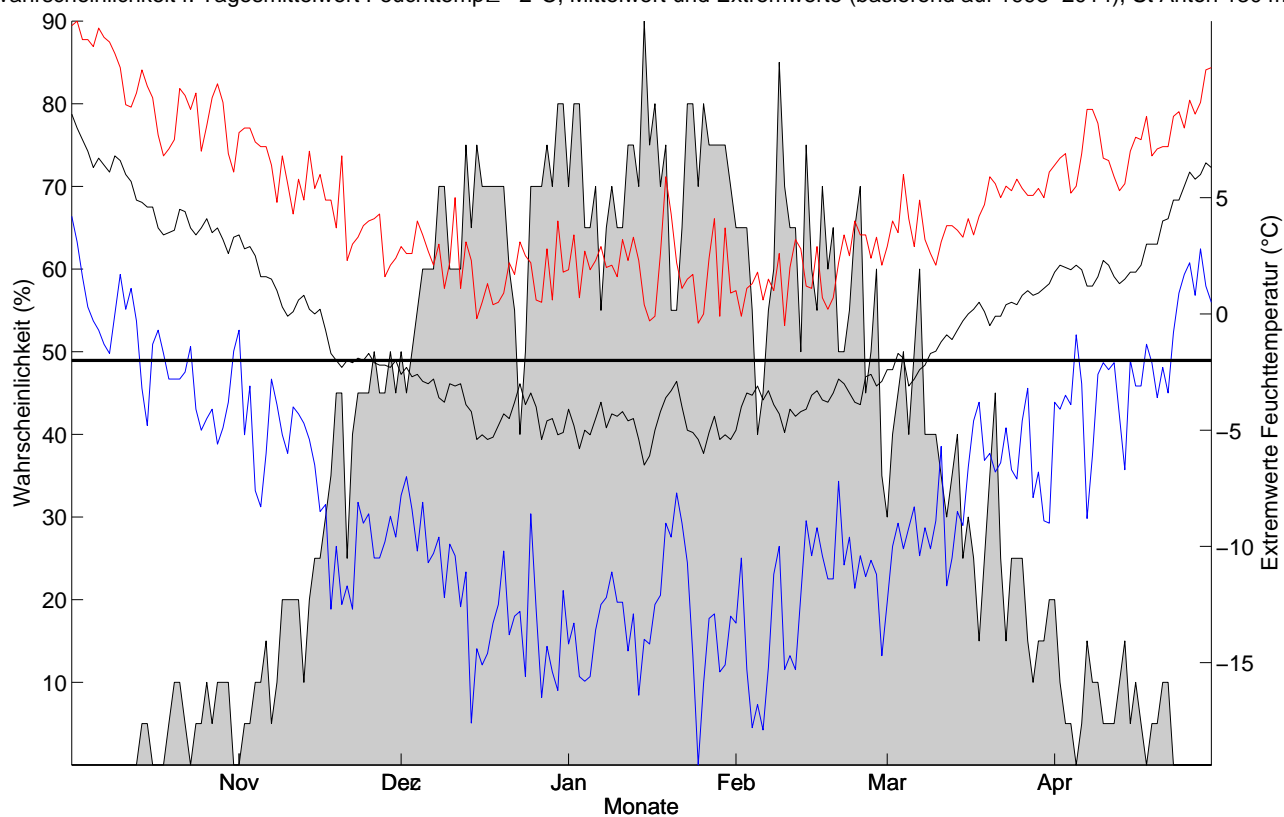


Abbildung 3.14: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, St. Anton, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

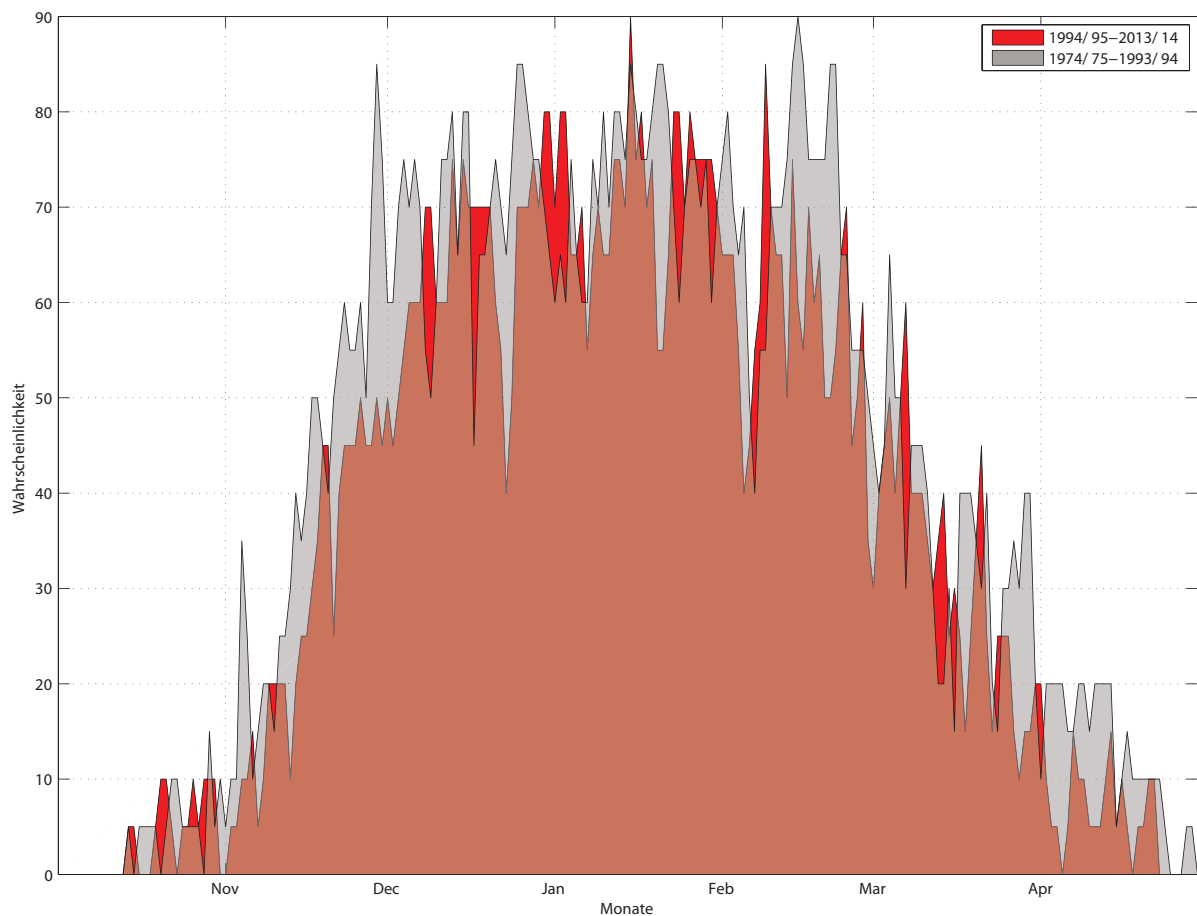


Abbildung 3.15: Vergleich Beschneigungswahrscheinlichkeit (Tagesmittelwert $T_f \leq -2^\circ\text{C}$) der letzten 20 Jahre mit den 20 Jahren davor für alle Tage der Saison (1.10.-30.4.).

Im Mittel über die gesamte Saison gesehen, ist die Wahrscheinlichkeit Beschneien zu können, in den letzten 20 Jahren im Vergleich zu den 20 Jahren davor von etwa 43 auf etwa 37% gesunken. Einbrüche zeigen sich während der gesamten Saison, besonders aber im November. Siehe Abb. 3.15

Beschneitage St. Anton pro Saison und Monat

Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	1	10	22	23	18	12	3
SD	2	5	5	5	7	6	3
1961/62	0	11	18	22	23	23	12
1962/63	0	15	30	29	27	12	0
1963/64	0	5	29	29	20	8	1
1964/65	0	2	28	25	27	12	1
1965/66	0	14	24	25	8	19	0
1966/67	1	21	21	24	17	15	7
1967/68	1	6	25	28	18	18	5
1968/69	0	11	30	27	25	17	7
1969/70	0	9	30	24	21	23	12
1970/71	3	9	26	26	26	19	0
1971/72	0	10	24	28	11	1	2
1972/73	2	13	27	27	25	18	13
1973/74	2	8	18	20	14	12	3
1974/75	8	13	18	15	24	13	6
1975/76	0	12	29	17	22	12	2
1976/77	0	11	28	25	11	4	7
1977/78	0	16	22	30	19	12	4
1978/79	0	9	19	25	17	10	6
1979/80	0	15	17	29	20	17	13
1980/81	1	11	27	29	25	6	2
1981/82	6	14	27	20	23	20	1
1982/83	0	7	20	16	24	8	3
1983/84	0	15	24	27	25	20	2
1984/85	1	4	18	26	13	13	3
1985/86	0	20	15	27	27	8	4
1986/87	0	8	25	26	16	24	3
1987/88	0	8	15	15	26	15	0
1988/89	0	13	17	25	7	1	0
1989/90	0	13	20	20	6	7	0
1990/91	0	12	26	22	22	3	7

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

1991/92	2	11	26	28	16	8	3
1992/93	2	3	24	8	22	16	0
1993/94	0	17	16	19	19	3	6
1994/95	0	1	18	24	10	18	3
1995/96	0	14	21	20	23	18	3
1996/97	0	10	21	25	15	3	6
1997/98	2	4	13	21	9	12	2
1998/99	0	18	23	22	21	7	2
1999/00	0	22	24	26	19	15	2
2000/01	0	8	17	28	20	2	5
2001/02	0	15	23	21	5	6	0
2002/03	0	3	12	22	26	4	4
2003/04	5	0	19	24	17	13	0
2004/05	0	10	25	23	26	14	1
2005/06	0	13	27	30	20	15	1
2006/07	0	3	18	9	3	0	0
2007/08	3	14	24	15	16	13	1
2008/09	0	8	22	30	21	13	0
2009/10	4	0	19	29	17	15	2
2010/11	2	9	22	19	7	5	0
2011/12	0	0	15	20	23	4	1
2012/13	3	2	18	19	24	14	1
2013/14	0	8	16	16	8	2	0

Tabelle 3.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1961 - 2014, St. Anton.

Klimaparameter (Saisonmittel) und Schneitage				
Jahr	Temperatur °C	Relative Luftfeuchte %	Feuchttemperatur °C	Schneitage -
Mittelwert	0,3	74,7	-1,3	89
SD	1,0	3,9	0,9	19
<i>Fortsetzung auf der nächsten Seite</i>				

Klimaparamter – Fortsetzung

1961/62	-0,6	81,2	-1,8	109
1962/63	-2,4	82,3	-3,4	113
1963/64	-0,6	81,8	-1,7	92
1964/65	-0,9	83,8	-1,9	95
1965/66	-0,2	69,5	-2,1	90
1966/67	-0,4	72,8	-2,0	106
1967/68	0,0	71,2	-1,8	101
1968/69	-0,3	69,4	-2,1	117
1969/70	-1,5	67,5	-3,4	119
1970/71	-0,6	71,6	-2,3	109
1971/72	1,2	71,2	-0,7	76
1972/73	-1,3	72,5	-2,9	125
1973/74	0,7	74,2	-1,0	77
1974/75	-0,3	75,2	-1,8	97
1975/76	0,1	72,7	-1,7	94
1976/77	0,2	78,0	-1,2	86
1977/78	0,4	74,7	-1,2	103
1978/79	-0,4	74,6	-2,0	86
1979/80	-0,3	72,3	-2,0	111
1980/81	-0,6	71,8	-2,3	101
1981/82	-0,7	71,8	-2,4	111
1982/83	0,9	72,1	-0,9	78
1983/84	-0,6	72,2	-2,3	113
1984/85	0,4	70,0	-1,6	78
1985/86	-0,5	72,1	-2,2	101
1986/87	-0,1	68,6	-2,1	102
1987/88	1,3	75,9	-0,3	79
1988/89	2,3	73,9	0,4	63
1989/90	1,4	73,3	-0,4	66
1990/91	0,5	74,4	-1,2	92
1991/92	0,0	74,5	-1,6	94
1992/93	0,9	73,8	-0,8	75
<i>Fortsetzung auf der nächsten Seite</i>				

Klimaparamter – Fortsetzung

1993/94	1,3	71,8	-0,6	80
1994/95	1,3	73,1	-0,5	74
1995/96	0,9	71,5	-1,0	99
1996/97	1,1	72,5	-0,8	80
1997/98	1,6	75,5	-0,1	63
1998/99	-0,2	80,7	-1,4	93
1999/00	-0,9	79,5	-2,2	108
2000/01	0,1	79,6	-1,2	80
2001/02	1,0	75,4	-0,8	70
2002/03	1,2	75,6	-0,4	71
2003/04	0,6	77,4	-0,8	78
2004/05	0,5	77,2	-0,9	99
2005/06	-0,4	79,5	-1,7	106
2006/07	2,5	86,9	1,1	33
2007/08	0,7	75,8	-0,8	86
2008/09	0,6	76,8	-1,0	94
2009/10	0,5	75,6	-1,1	86
2010/11	1,7	72,9	-0,1	64
2011/12	1,3	74,9	-0,4	63
2012/13	1,1	74,1	-0,6	81
2013/14	2,6	73,1	0,7	50

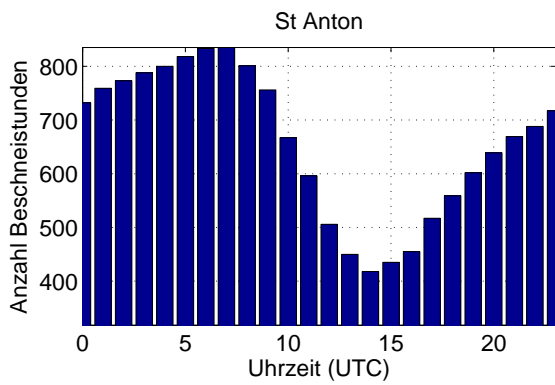
Tabelle 3.2: Saisonale Klimaparameter und Schneitage für die Periode 1961-2014, St. Anton.

3.15.3 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

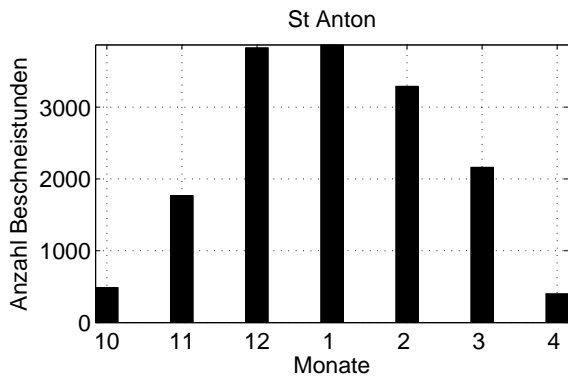
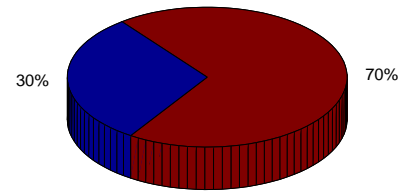


Abbildung 3.16: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 223 Stunden (9 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es im Mittel 2064 potentielle Beschneistunden (ca. 86 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 223 Stunden (ca. 9 Tage). Siehe Abb. 3.16.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

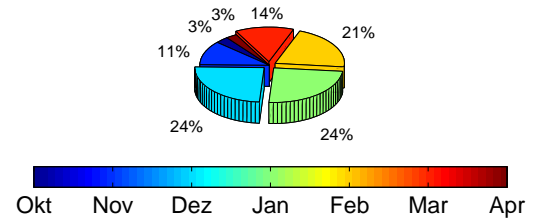


Abbildung 3.17: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

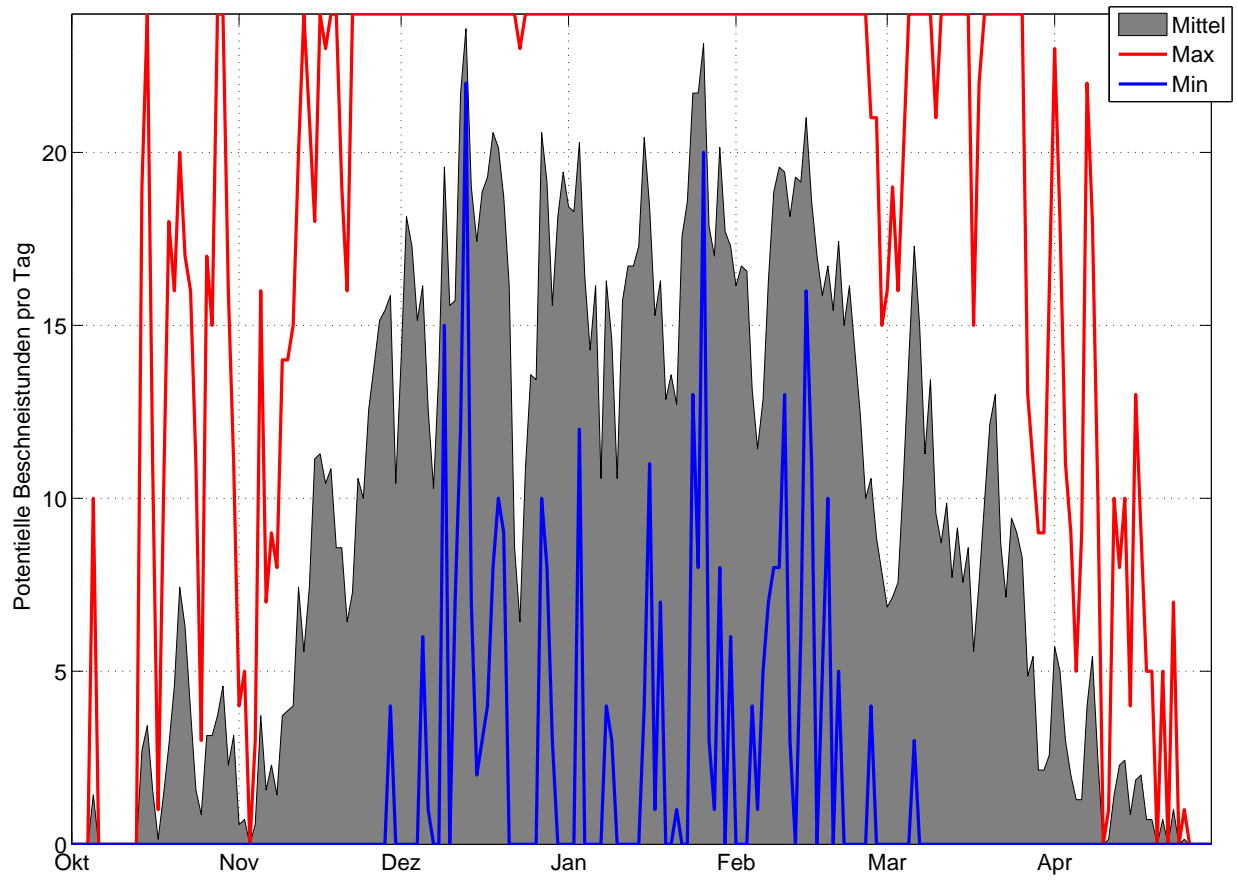


Abbildung 3.18: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 2007-2014, Station St. Anton, 1304 m.

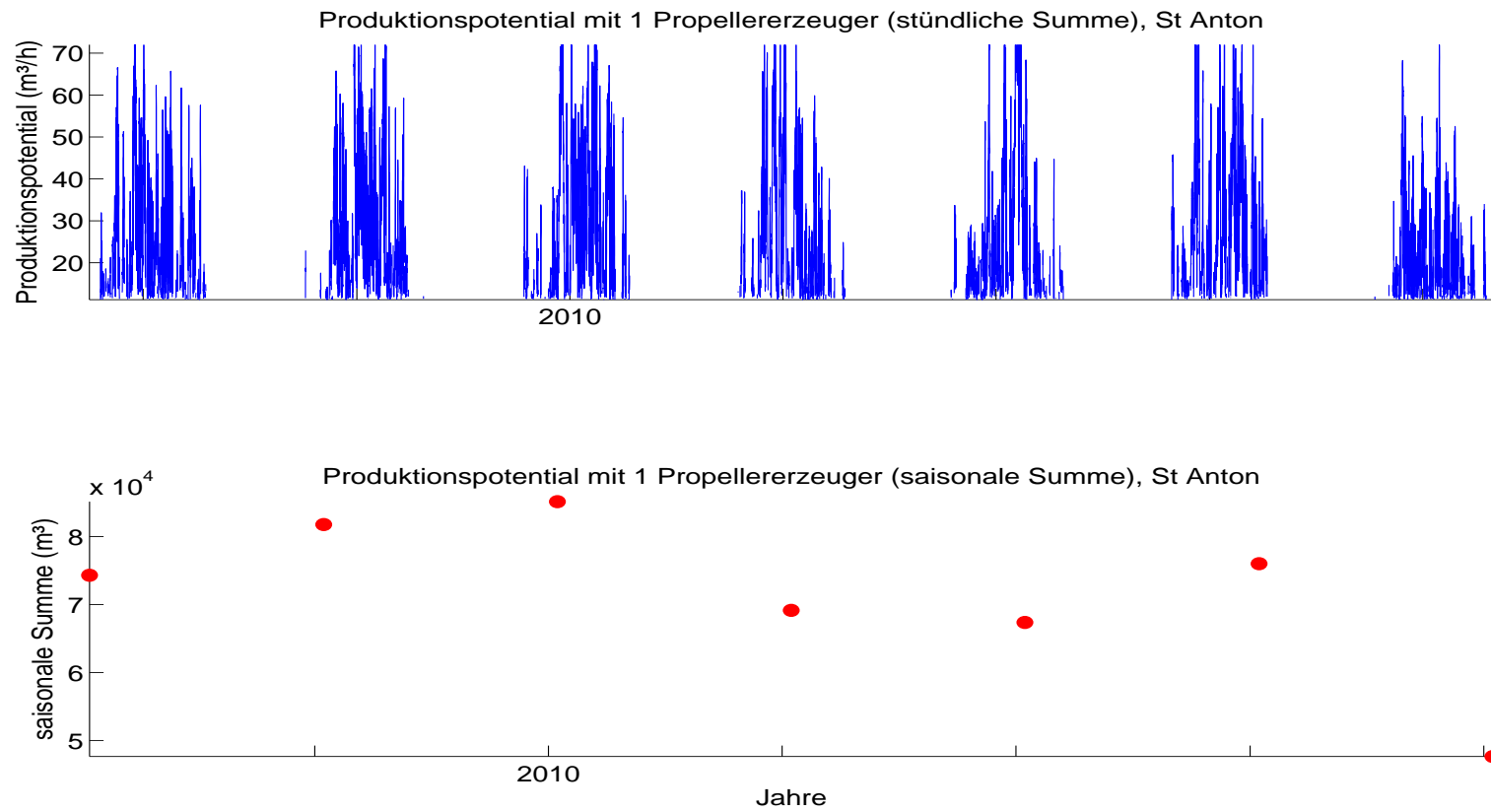


Abbildung 3.19: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

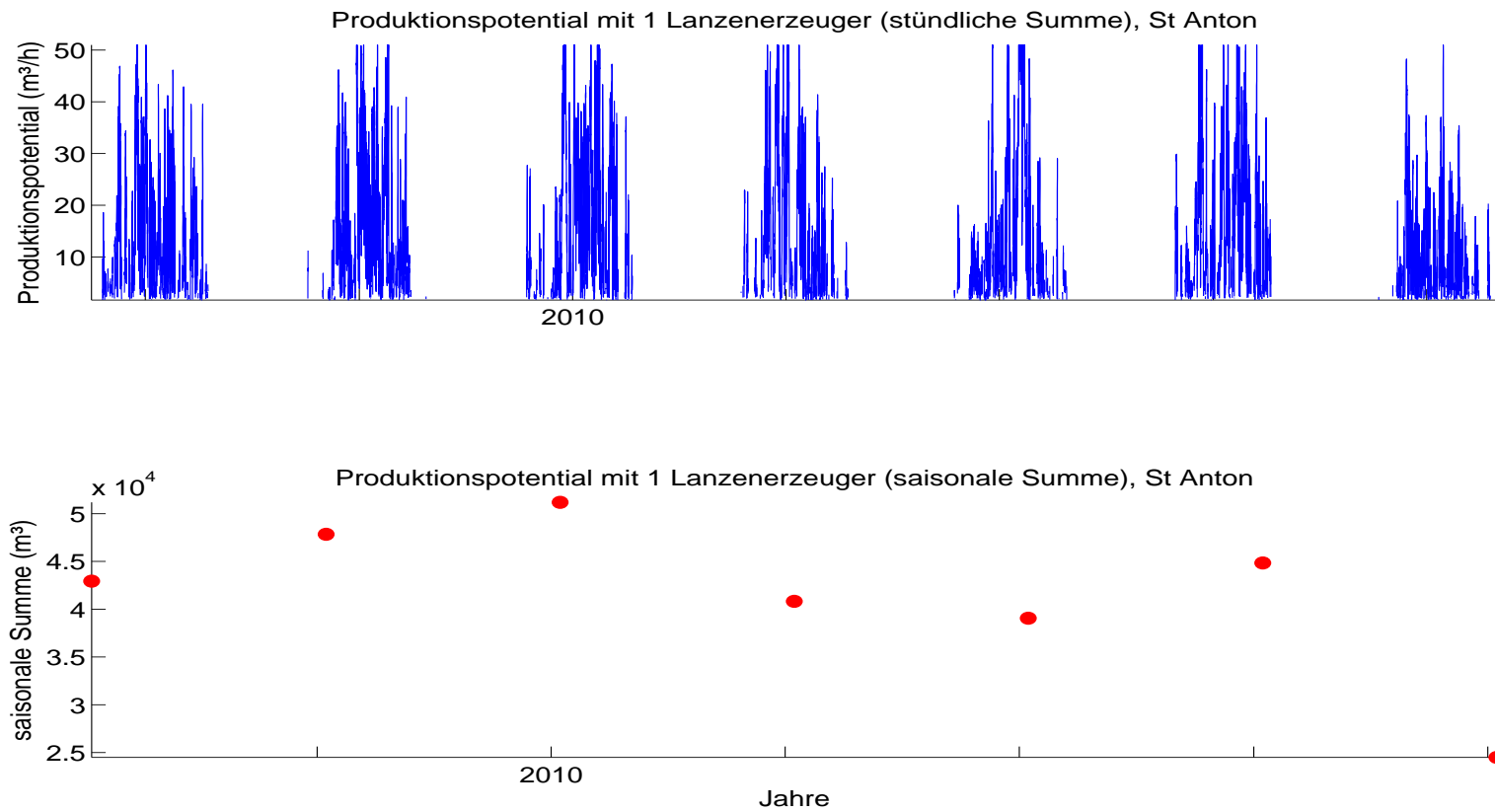


Abbildung 3.20: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 10631 m^3 (Propellengerät), bzw. 8612 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 77125 m^3 (Propellengerät), bzw. 65354 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 26 ha (Propellengerät), bzw. ca. 22 ha (Lanze) eine Grundbeschnegung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 3.19 und 3.20.

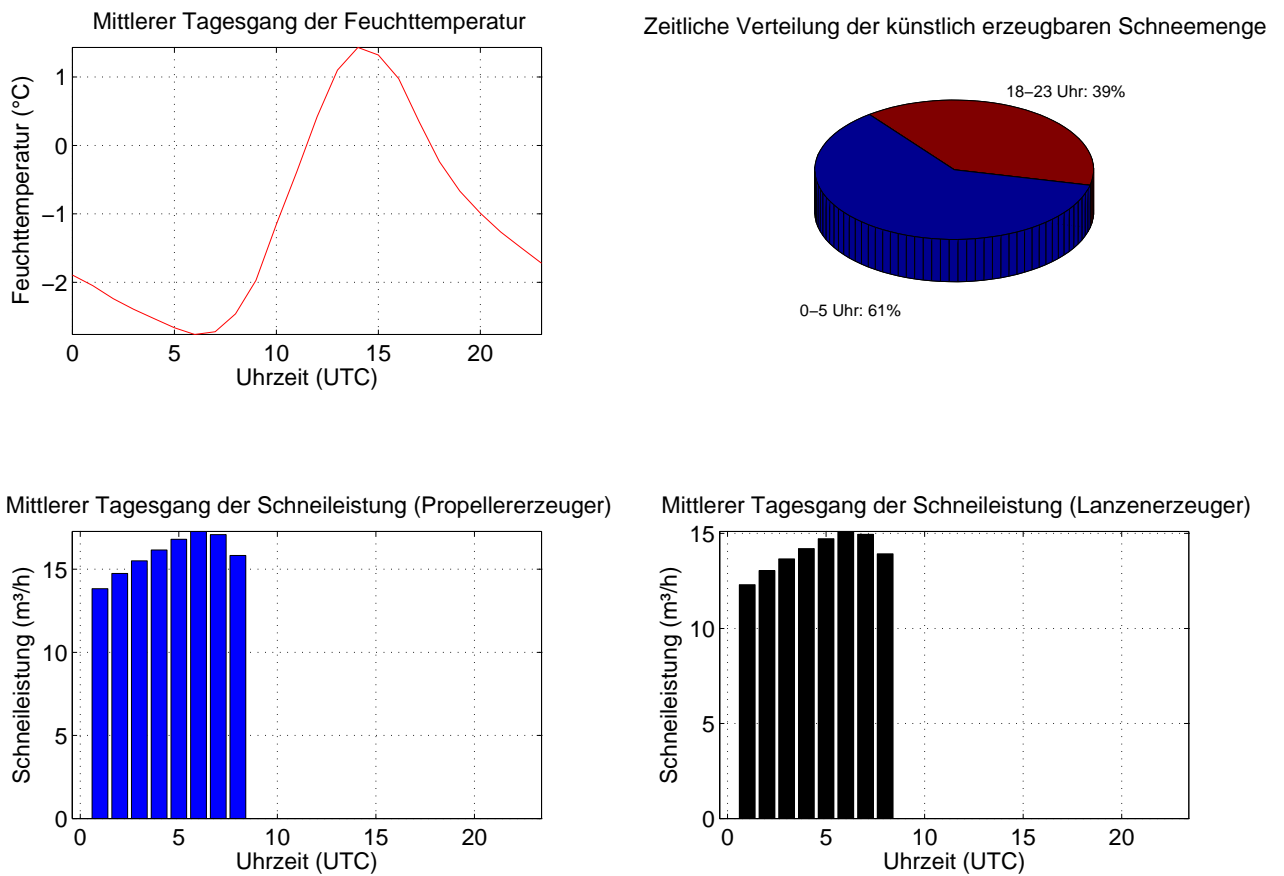


Abbildung 3.21: Mittlerer Tagesgang der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 2007-2014, St. Anton, 1304 m.

Über die gesamte Saison gemittelt kann nur in den Nacht- und frühen Morgenstunden beschneit werden. An einem durchschnittlichen Tag können mit einem Propellererzeuger 5.3 m³/h, mit einem Lanzenerzeuger 4.6 m³/h produziert werden. Siehe Abb. 3.21.

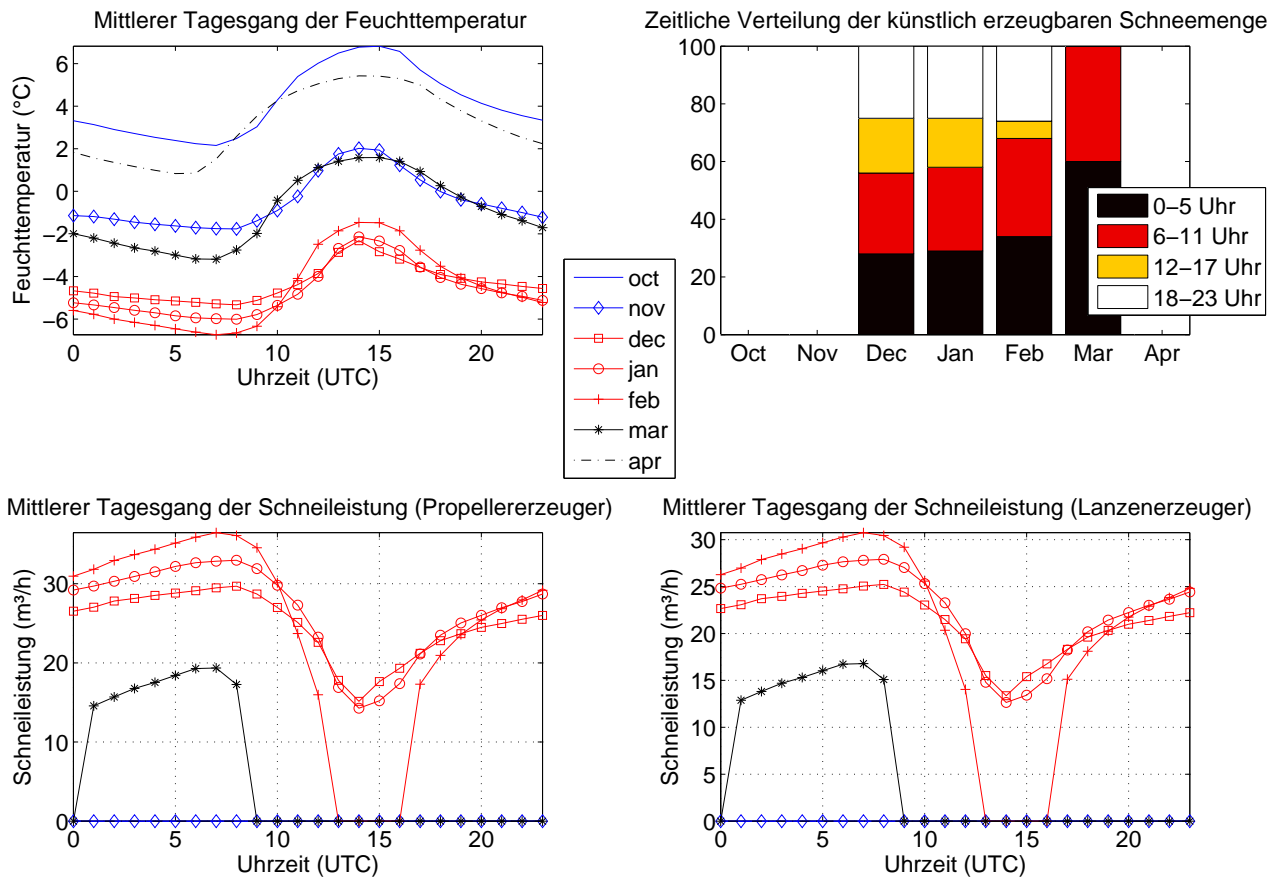


Abbildung 3.22: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 2007-2014, St. Anton, 1304 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

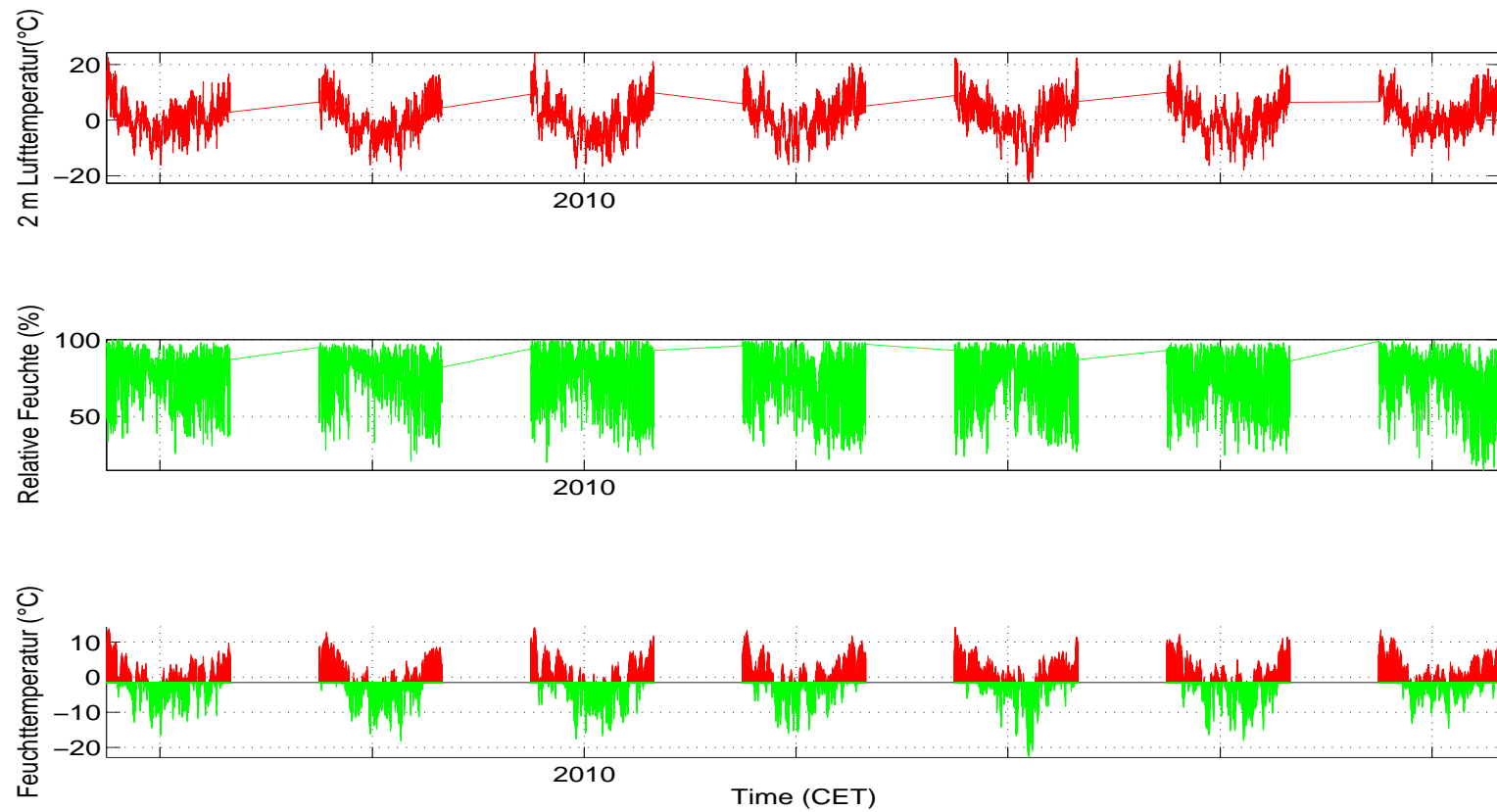


Abbildung 3.23: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Schneistunden mit versch. Grenztemp.				
	-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	2259	2064	1691	1352
SD	201	223	247	256
Saison				
2007/08	2375	2180	1783	1469
2008/09	2534	2359	1958	1552
2009/10	2452	2246	1921	1643
2010/11	2091	1909	1618	1312
2011/12	2128	1938	1529	1136
2012/13	2303	2162	1830	1501
2013/14	1930	1657	1198	853

Tabelle 3.3: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (St. Anton)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	58	221	509	525	435	272	44
SD	40	84	58	126	118	83	28
Saison							
2007/08	81	336	561	428	361	357	56
2008/09	15	245	544	706	518	331	0
2009/10	114	67	487	701	458	336	83
2010/11	63	239	587	500	300	198	22
2011/12	52	244	415	468	544	162	53
2012/13	82	168	484	464	573	325	66
2013/14	0	250	487	405	289	196	31

Tabelle 3.4: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C).

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Propeller (m ³) (St. Anton)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	2044	7748	18689	20082	17693	9034	1835
SD	1079	2822	3656	5374	6087	2977	970
Saison							
2007/08	2465	12006	21431	15585	13912	11693	3091
2008/09	657	9669	18003	28271	18691	10073	427
2009/10	3673	3564	20352	27523	19626	12953	2971
2010/11	2518	8888	24569	20731	10902	6098	839
2011/12	2025	6117	12639	17052	27751	5236	2049
2012/13	2614	4616	18547	18113	23195	11339	2314
2013/14	357	9378	15284	13297	9771	5846	1156

Tabelle 3.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Lanze, (m ³) (St. Anton)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	1860	6764	15708	16848	14625	7866	1683
SD	945	2340	2889	4414	4498	2477	857
Saison							
2007/08	2255	10343	17968	13223	11868	10096	2826
2008/09	639	8320	15165	23648	15575	8845	467
2009/10	3271	3312	16799	23029	16142	11079	2666
2010/11	2306	7635	20424	17182	9484,9	5370	778
2011/12	1913	5453	10895	14186	21434	4688	1891
2012/13	2273	4153	15522	15191	19278	9737	2079
2013/14	363	8133	13182	11477	8592	5249	1076

Tabelle 3.6: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

3.15.4 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

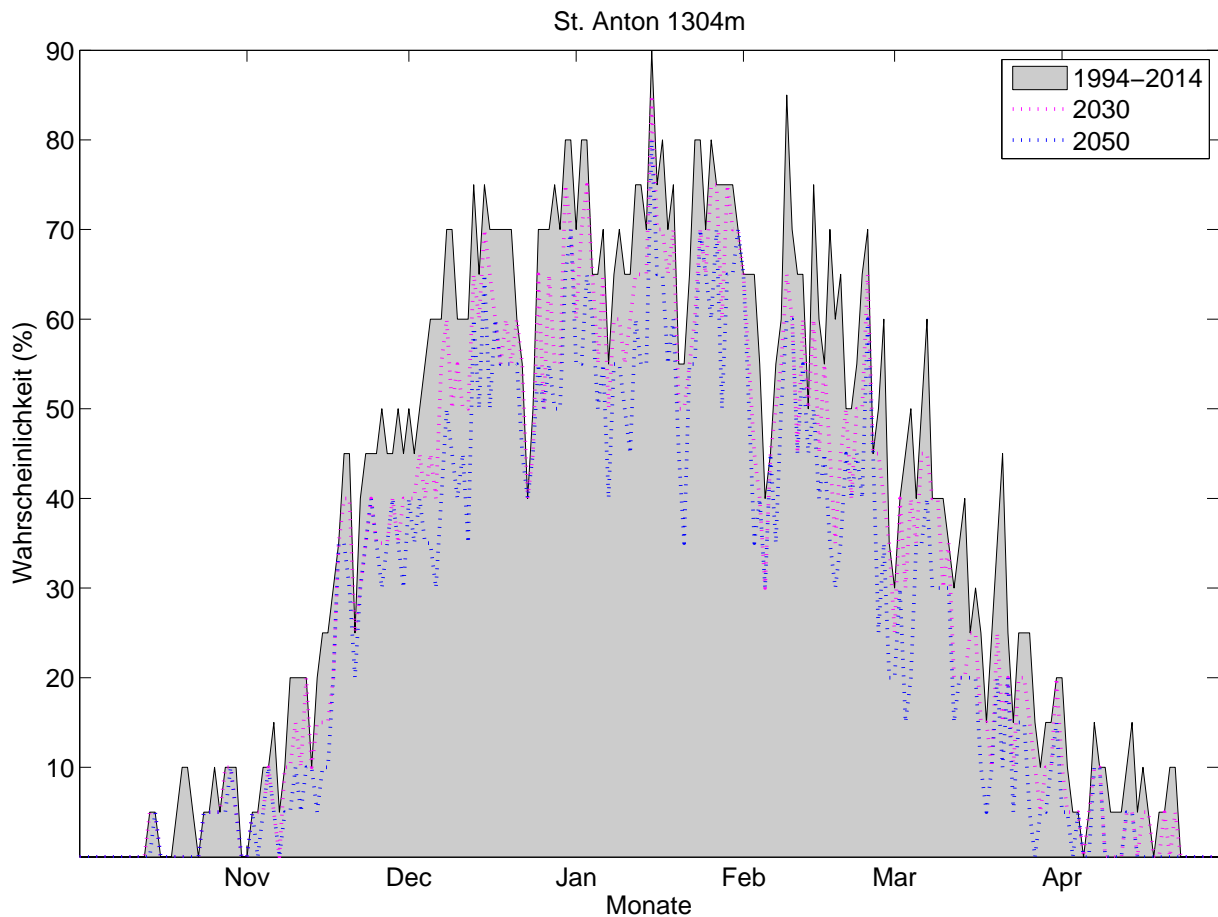


Abbildung 3.24: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, St. Anton, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

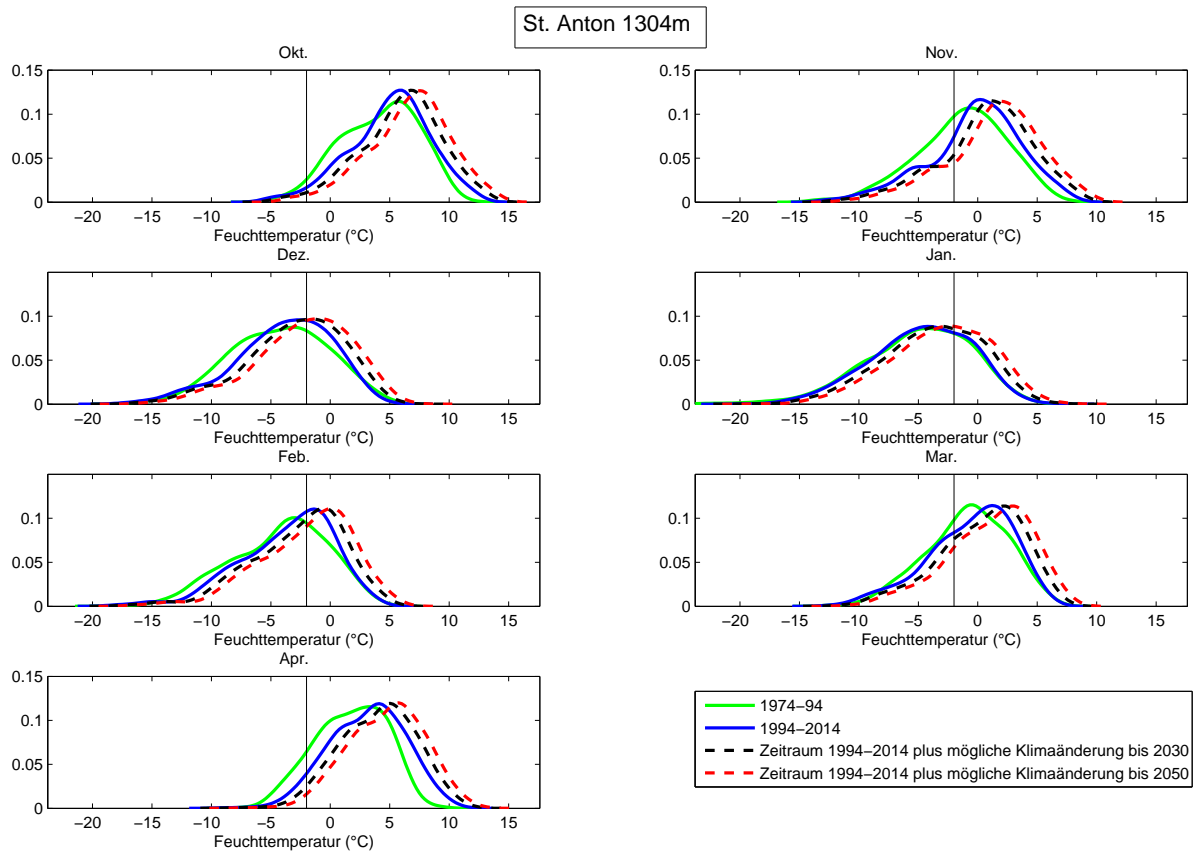


Abbildung 3.25: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchtttemperatur unter -2°C pro Monat, St. Anton.								
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	
Periode								
1974-1994	1,0	11,6	21,7	22,5	19,2	11,0	3,6	
1994-2014	1,0	8,1	19,9	22,2	16,5	9,7	1,7	
mit Klimaänderung bis 2030	0,6	6,4	17,0	20,1	13,7	7,4	0,8	
mit Klimaänderung bis 2050	0,5	5,5	15,0	17,9	12,1	5,6	0,5	
Abnahme bis 2050 in Tagen	0,5	2,7	4,9	4,3	4,5	4,1	1,3	
Abnahme bis 2050 in %	53	33	24	19	27	42	74	

Tabelle 3.7: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1974-94, 1994-2014 und 1994-2014 mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

3.16 Villacher Alpe (2140 m)

3.16.1 Naturschnee

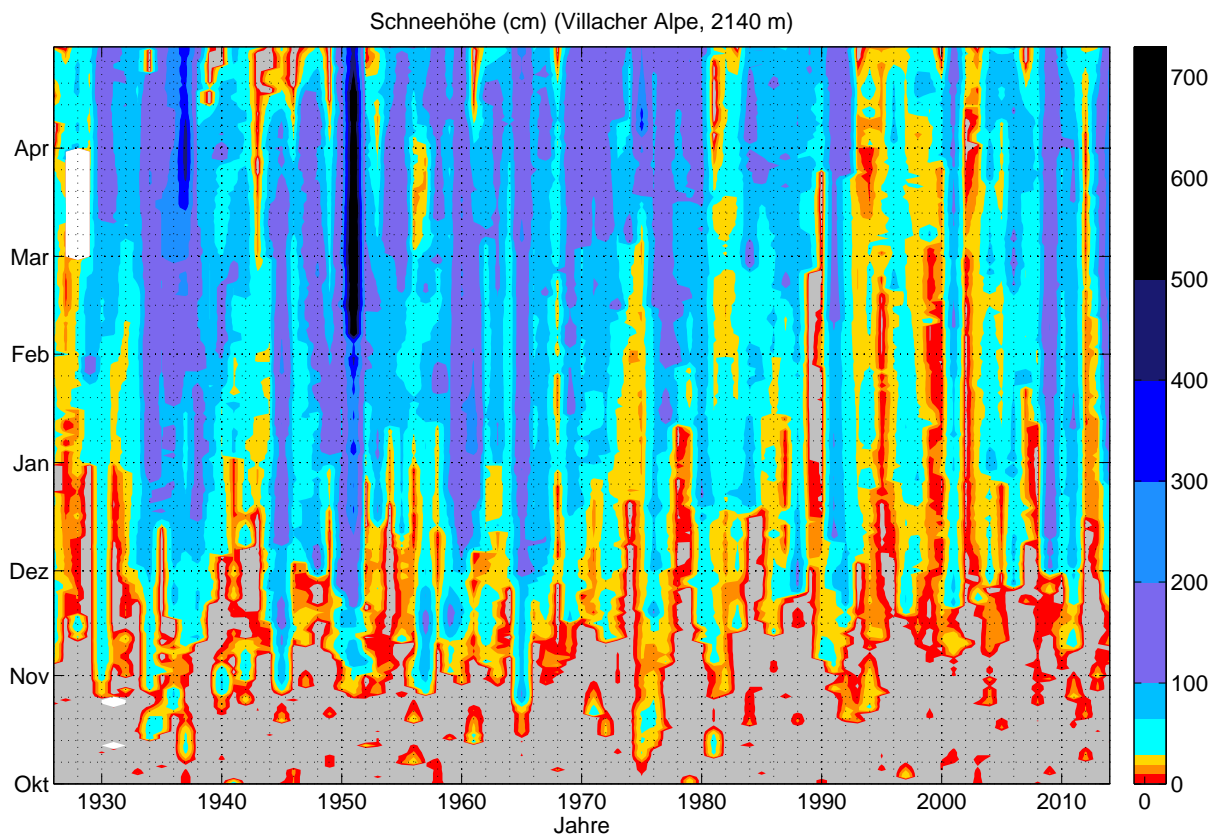


Abbildung 3.1: Tageswerte der Schneehöhe, Villacher Alpe, Okt.-Apr. 1925-2014. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt.

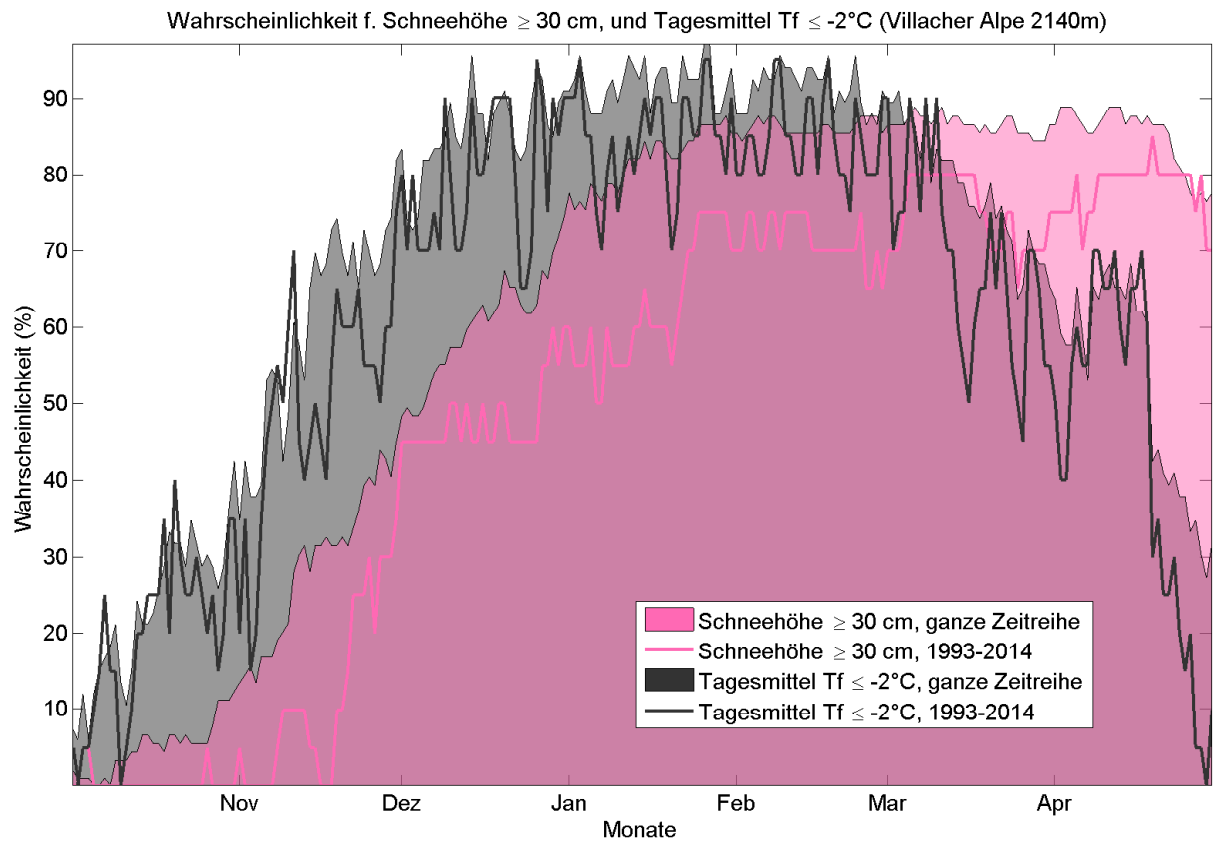


Abbildung 3.2: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchtttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Beschneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (T_f ab 1948, Schnee ab 1925).

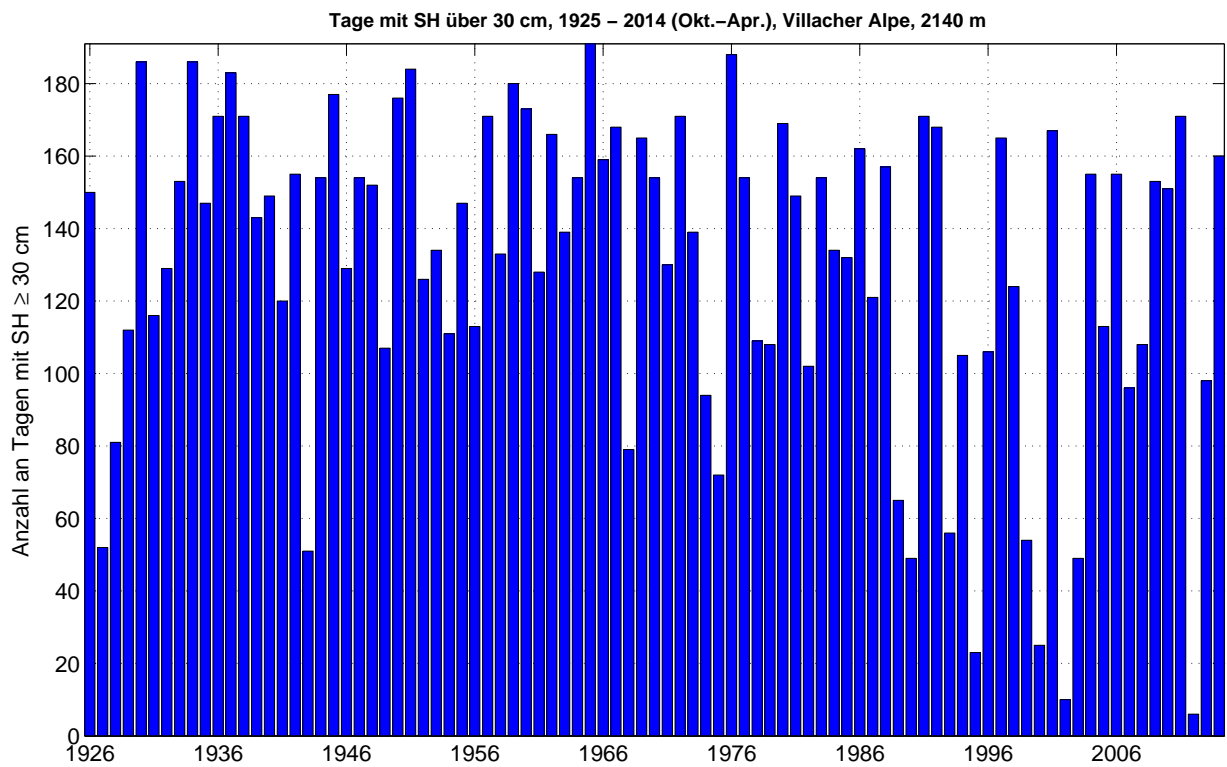


Abbildung 3.3: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1925-2012

3.16.2 Langzeitanalyse - Trends und Klima

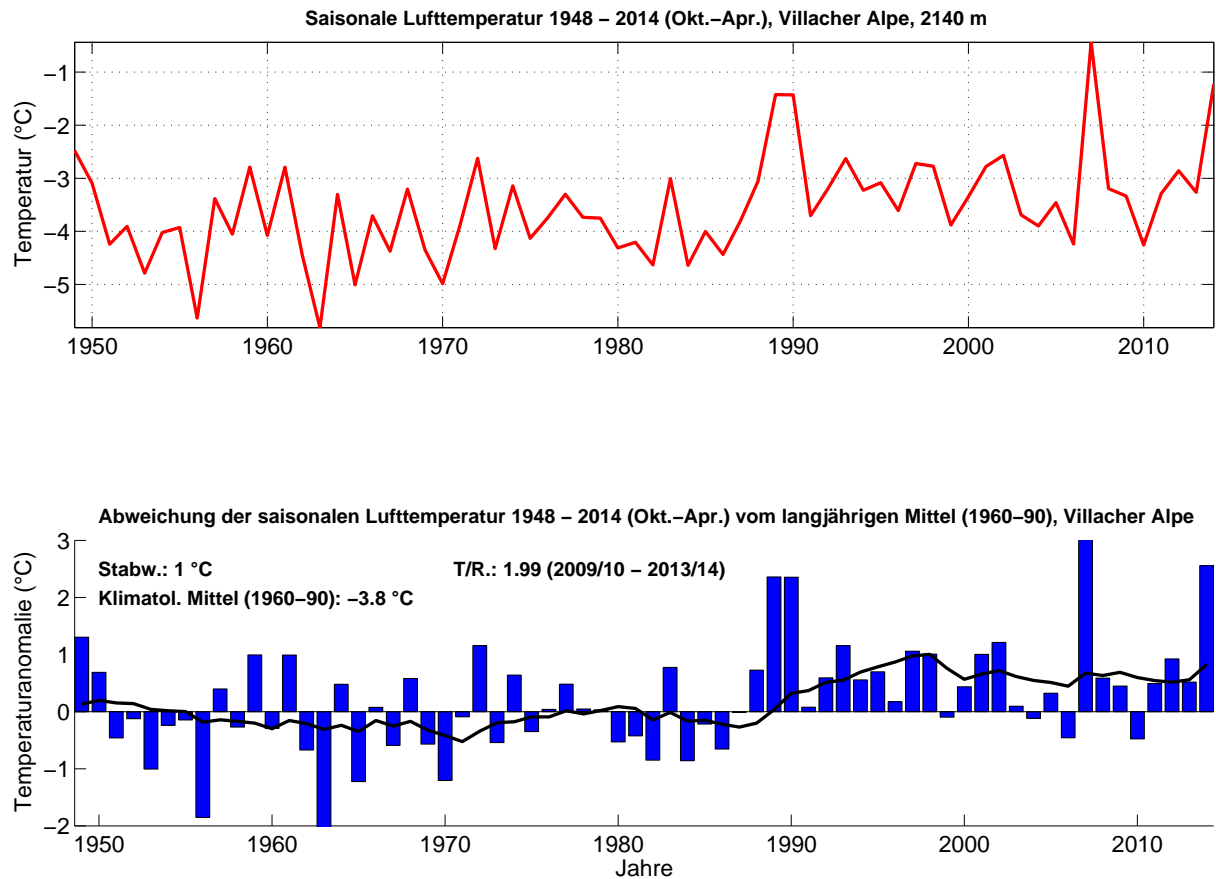


Abbildung 3.4: Langzeitanalyse der saisonalen Lufttemperatur, St. Anton, Okt.-Apr. 1948-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2009 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

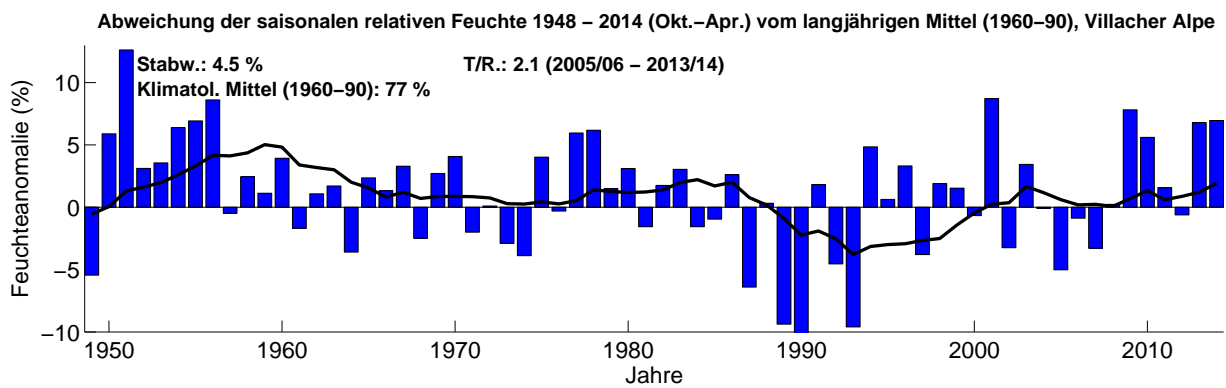
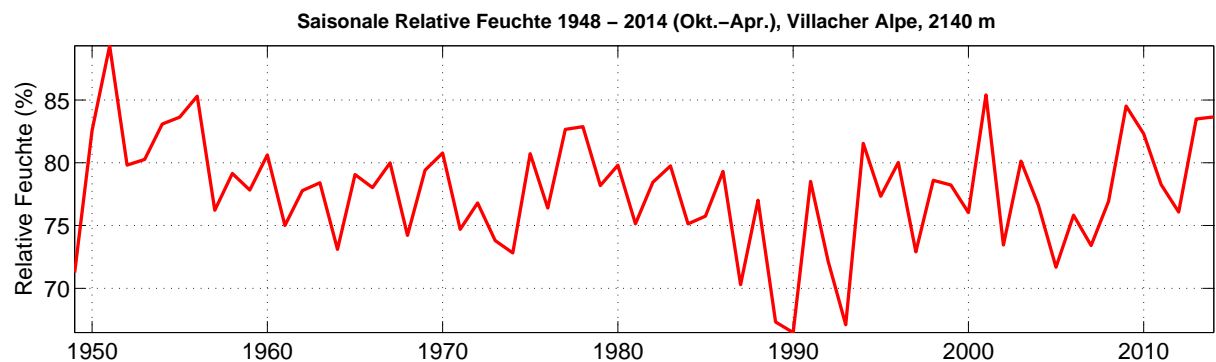


Abbildung 3.5: Langzeitanalyse der saisonalen relativen Feuchte, St. Anton, Okt.-Apr. 1948-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2005 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

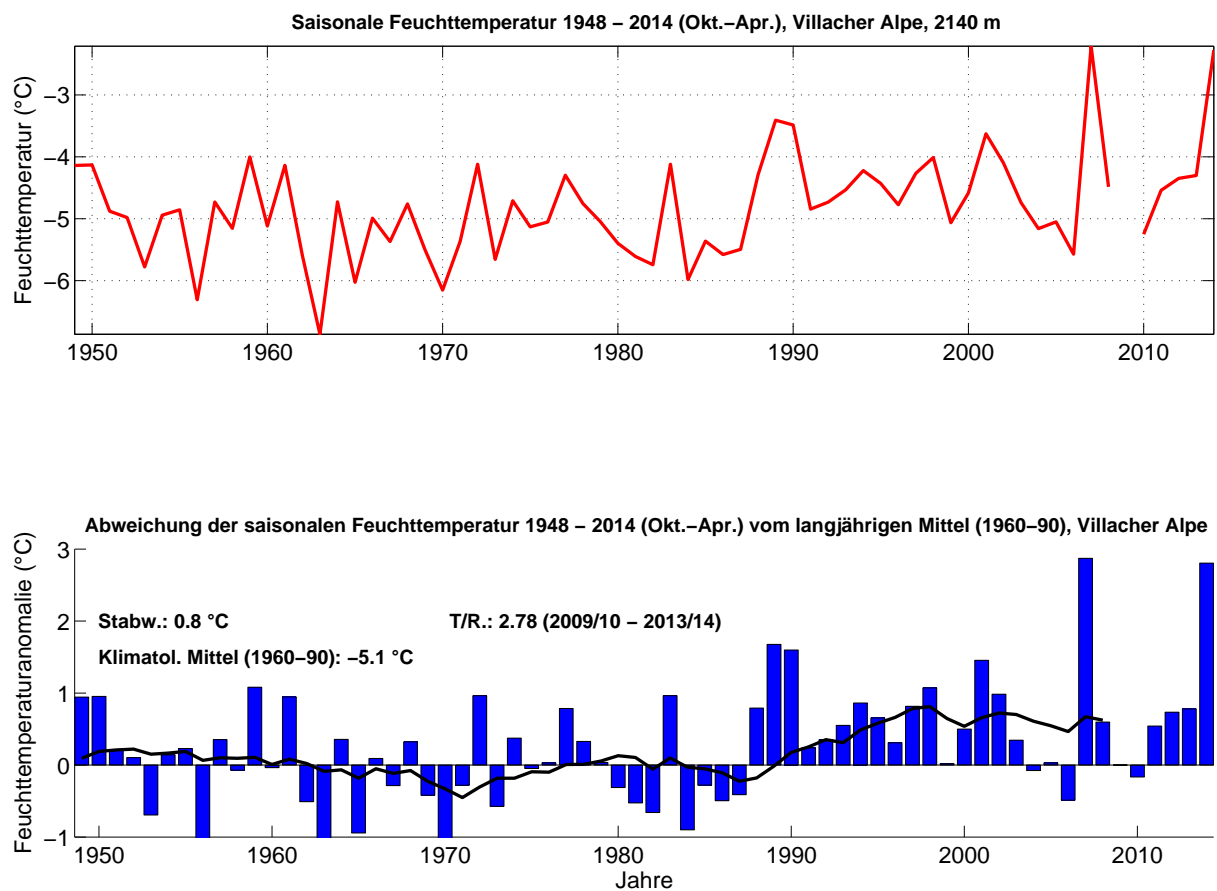


Abbildung 3.6: Langzeitanalyse der saisonalen Feuchttemperatur, Villacher Alpe, Okt.-Apr. 1948-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2009 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

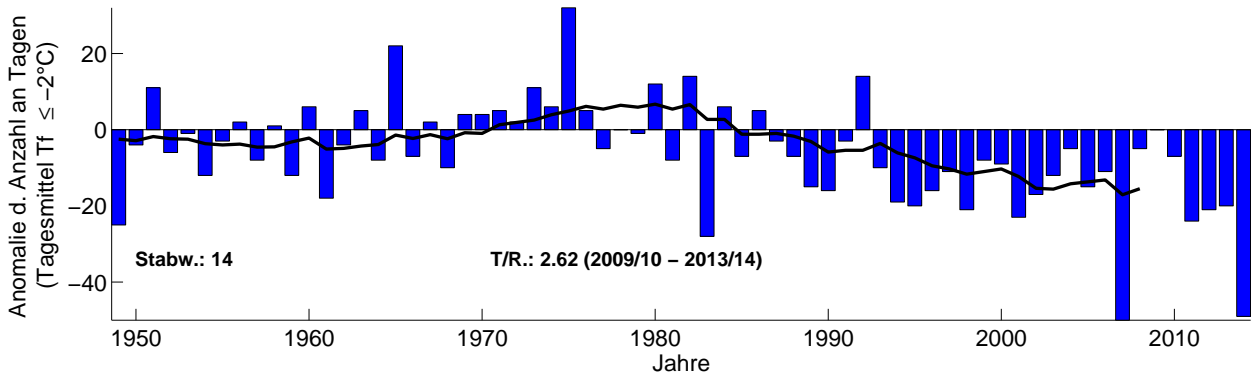
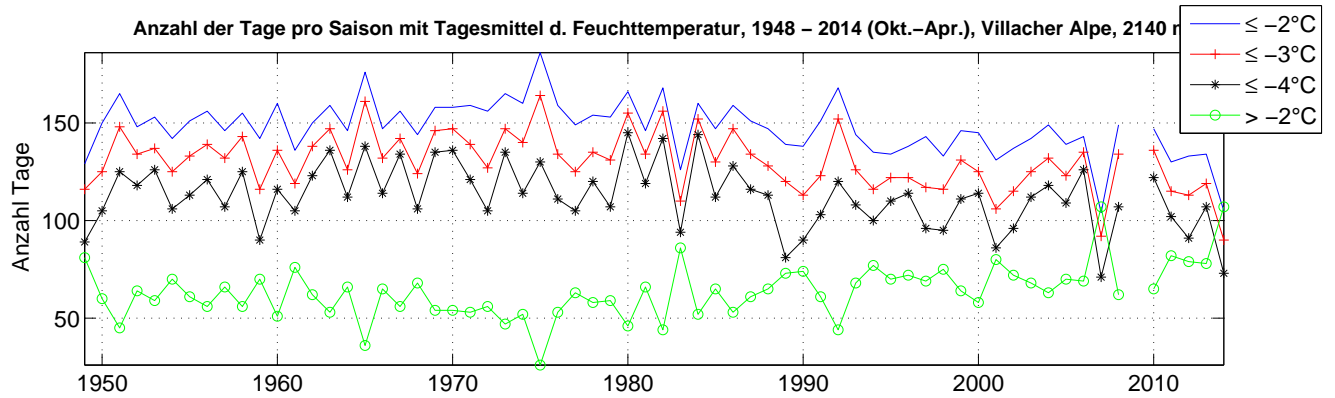


Abbildung 3.7: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur von -2°C , -3°C und -4°C , bzw. Überschreitung von -2°C , Periode 1948-2014, Villacher Alpe. Abweichung vom langjährigen Mittel für Tagesmittel $\le -2^{\circ}\text{C}$ (unten).

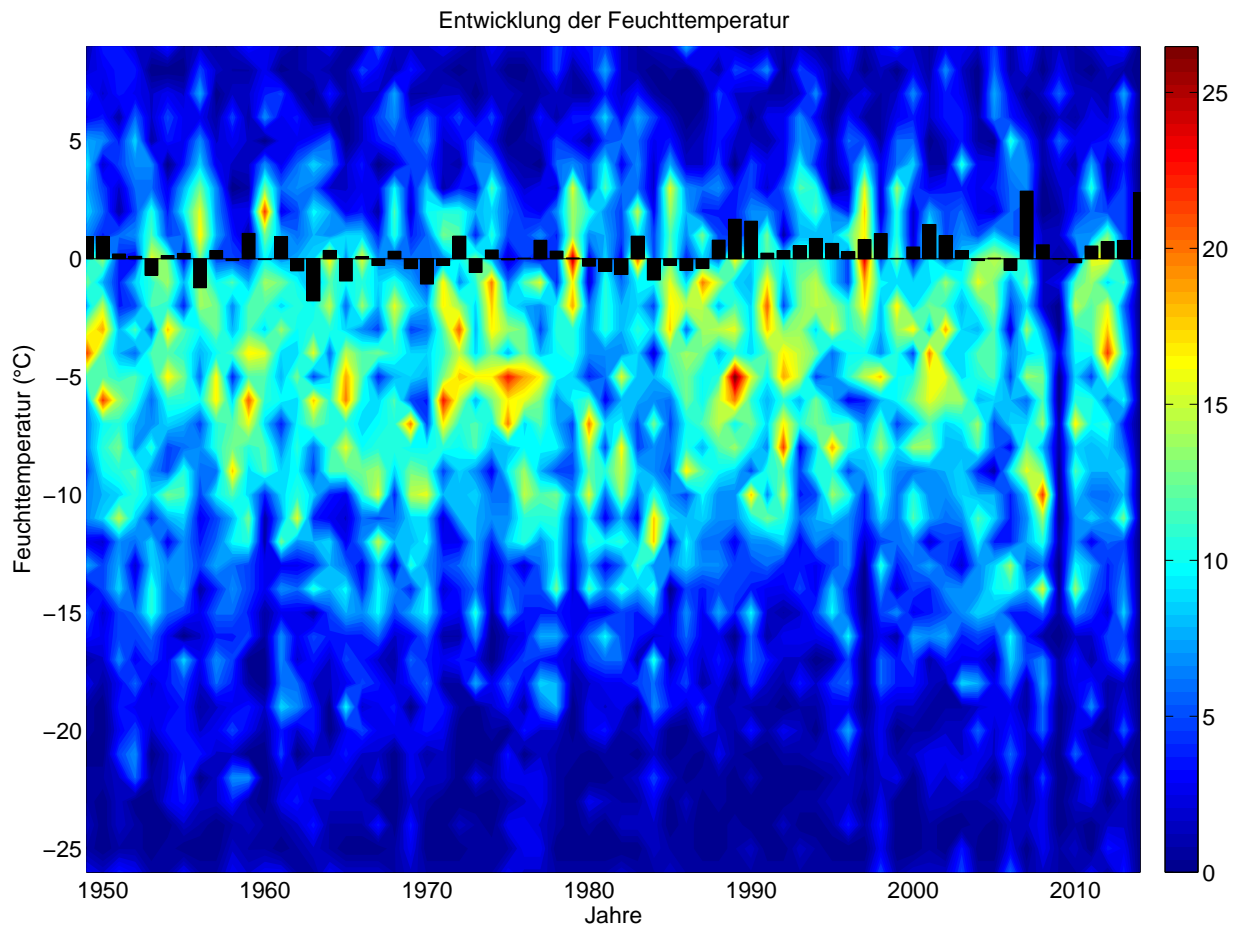


Abbildung 3.8: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1948-2014, Villacher Alpe. Die schwarzen Balken zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel (1960-90).

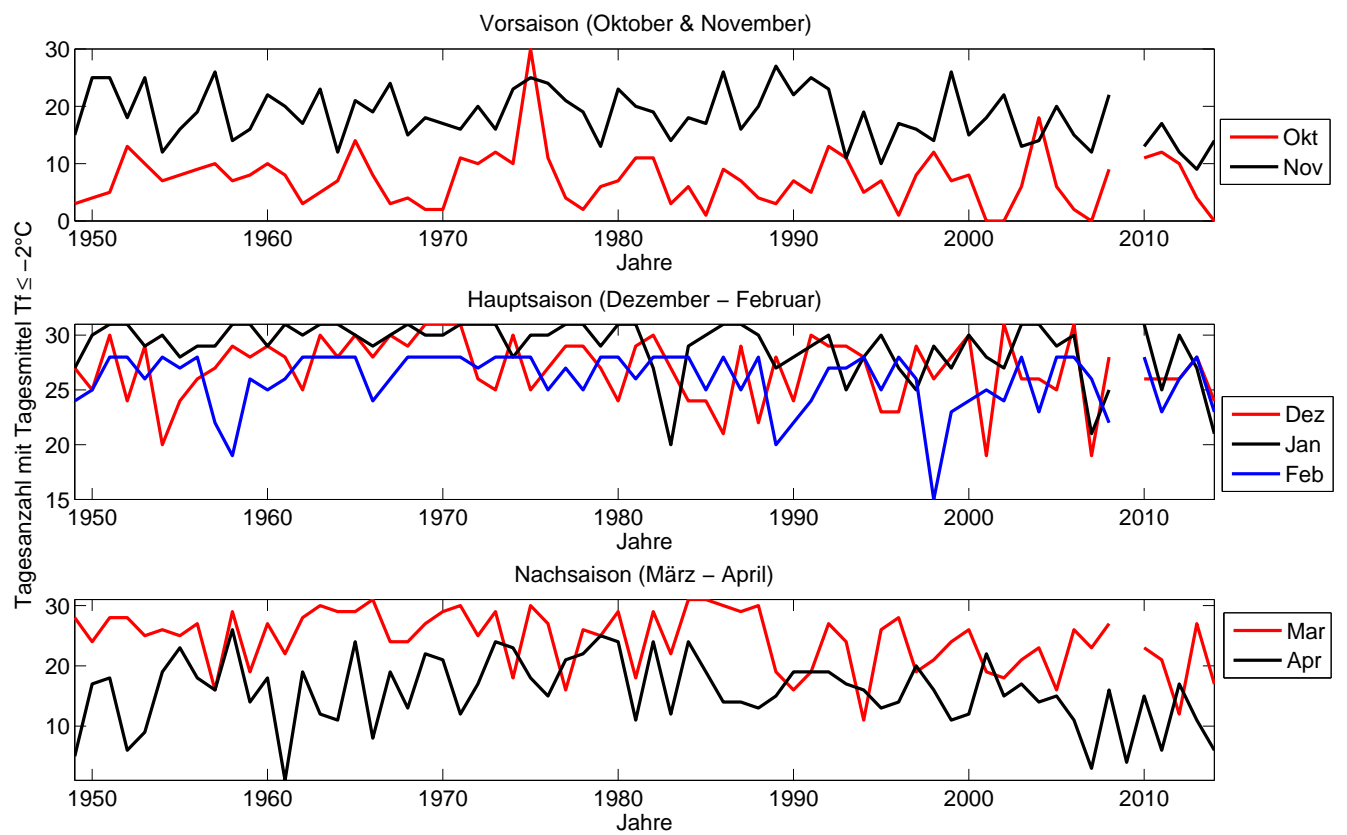


Abbildung 3.9: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Schneitagen pro Saison, nach Monaten.

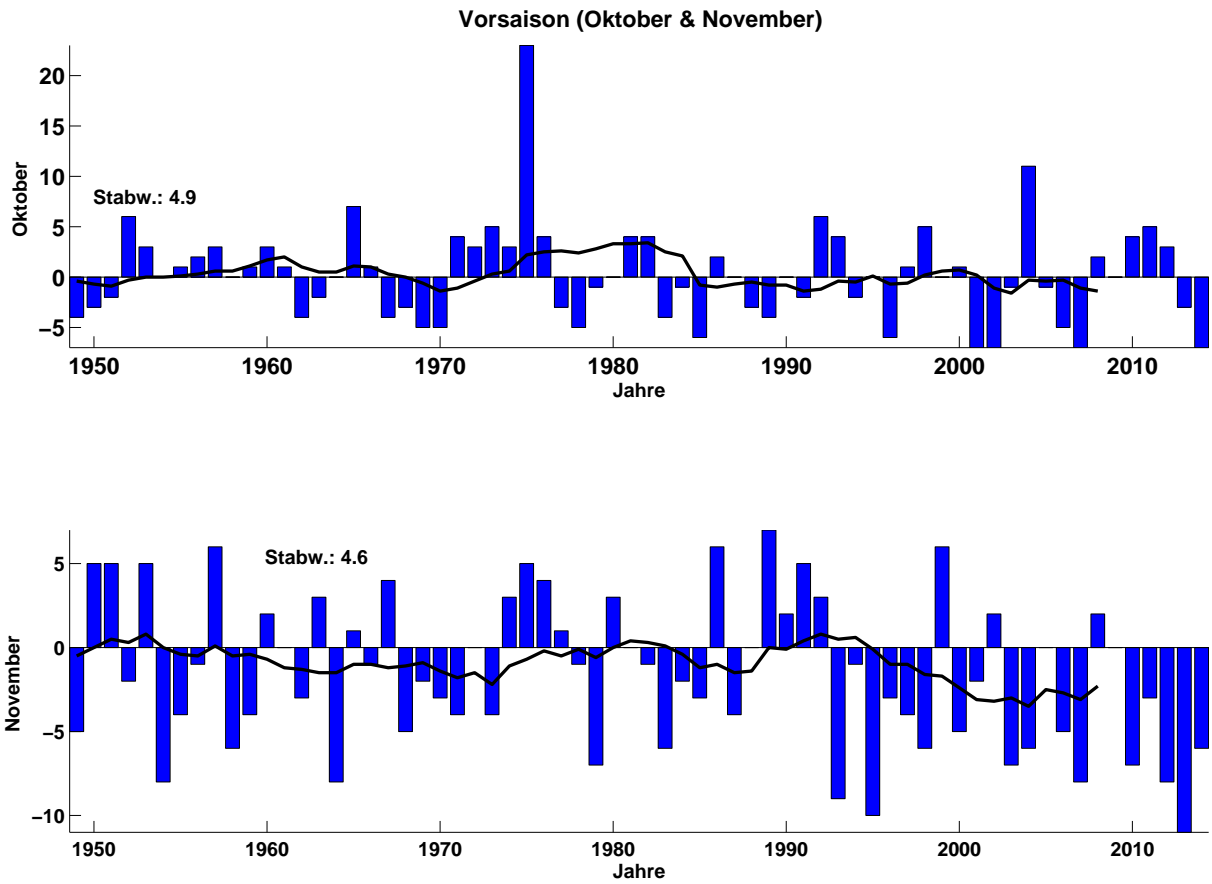


Abbildung 3.10: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Oktober und November (Vorsaison).

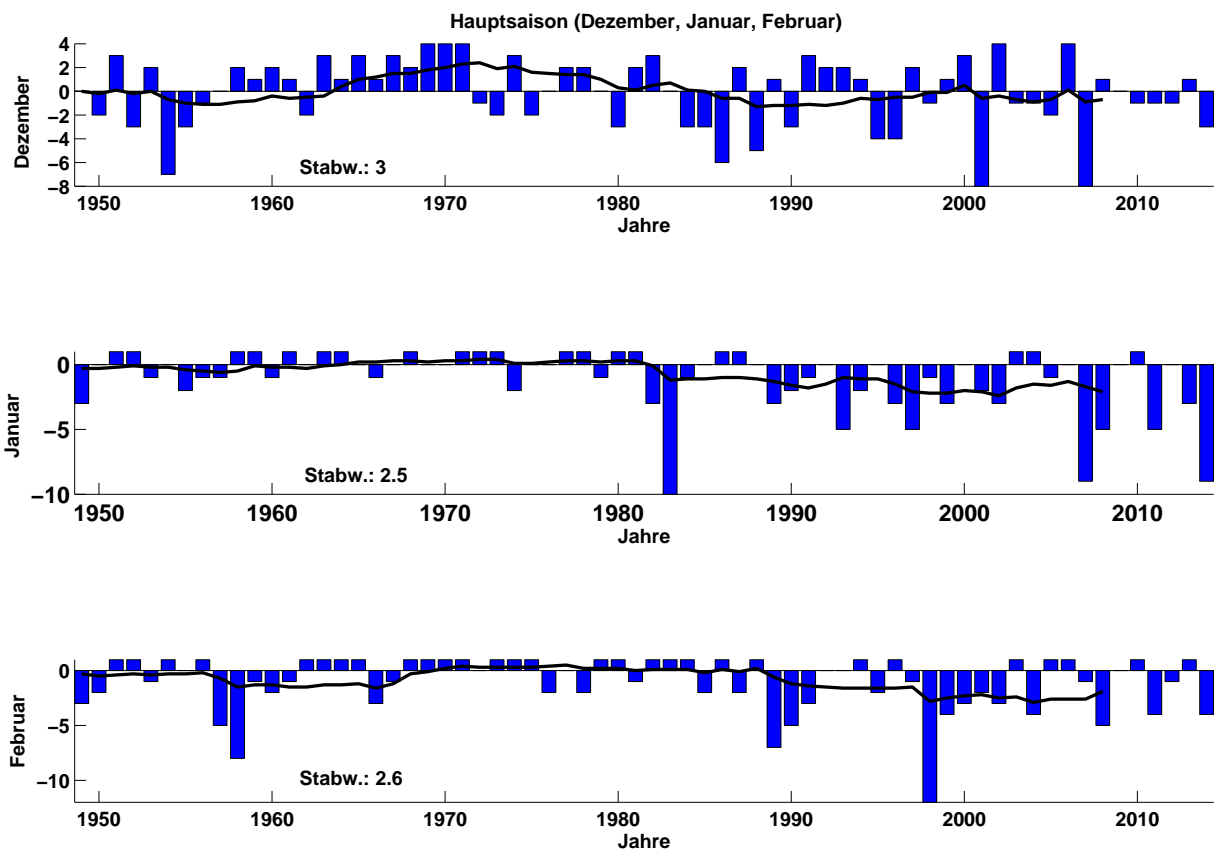


Abbildung 3.11: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Dezember, Januar und Februar (Hauptsaison).

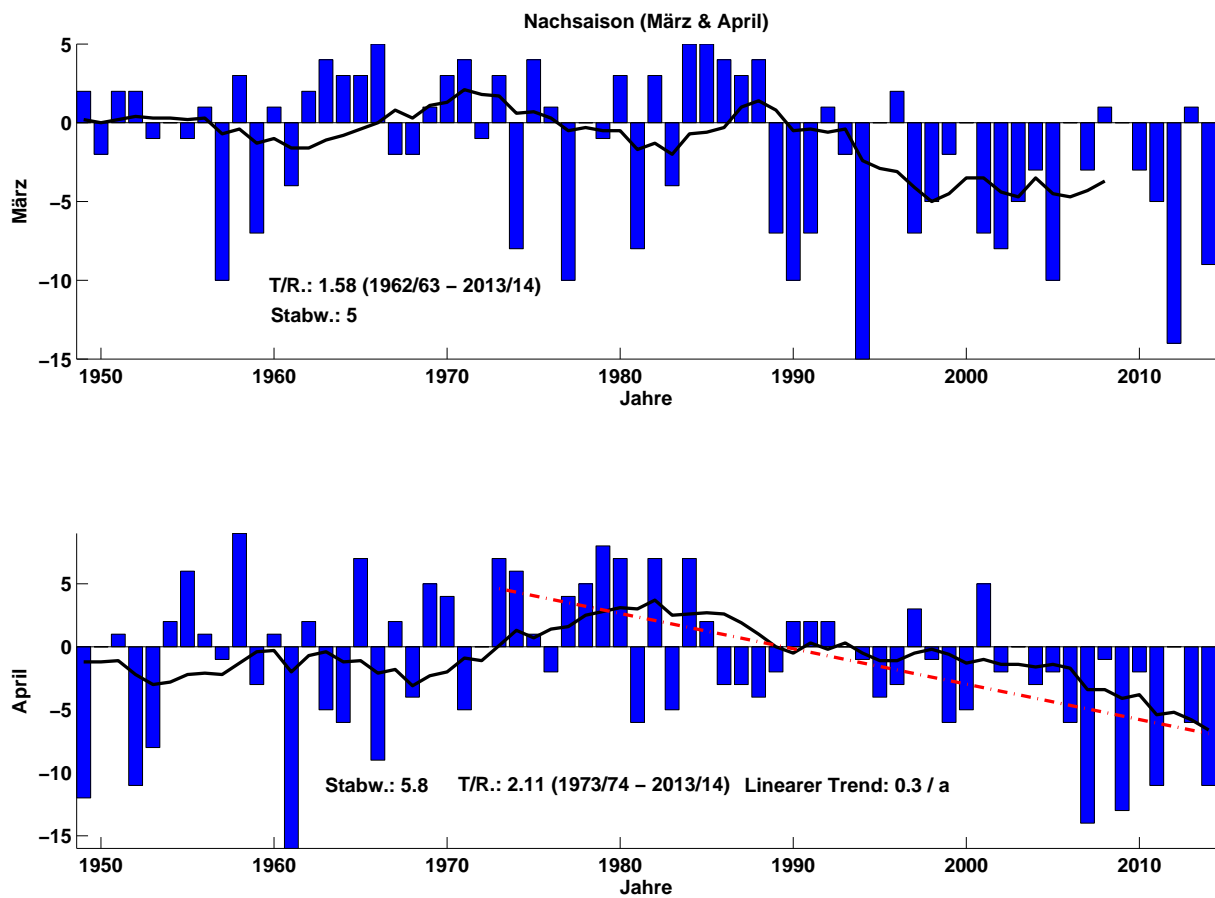


Abbildung 3.12: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt n Monate: März und April (Nachsaison).

Die natürliche Variabilität der Anzahl der Schneitage liegt in der Nachsaison zwischen 5 und 6 Tagen. Im März gibt es seit 1962/63 einen leichten Abwärtstrend knapp unter dem statistischen Signifikanzniveau. Im April besteht seit 1973/74 eine signifikante Abnahme der Schneitage um 0.3 tage pro Jahr. Siehe Abb. 3.12.

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1948 – 2014), Villacher Alpe 2140 m

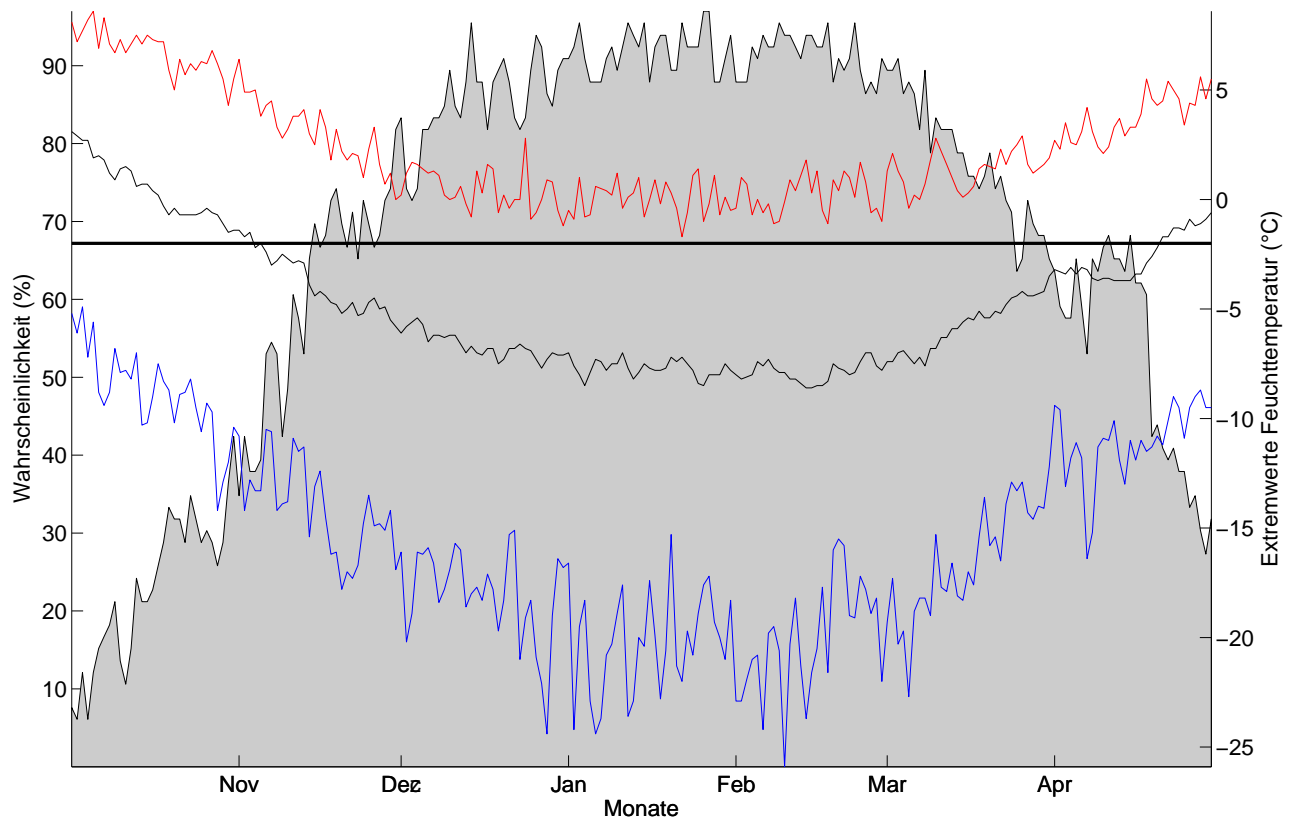


Abbildung 3.13: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Villacher Alpe, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1948-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), Villacher Alpe 2140m

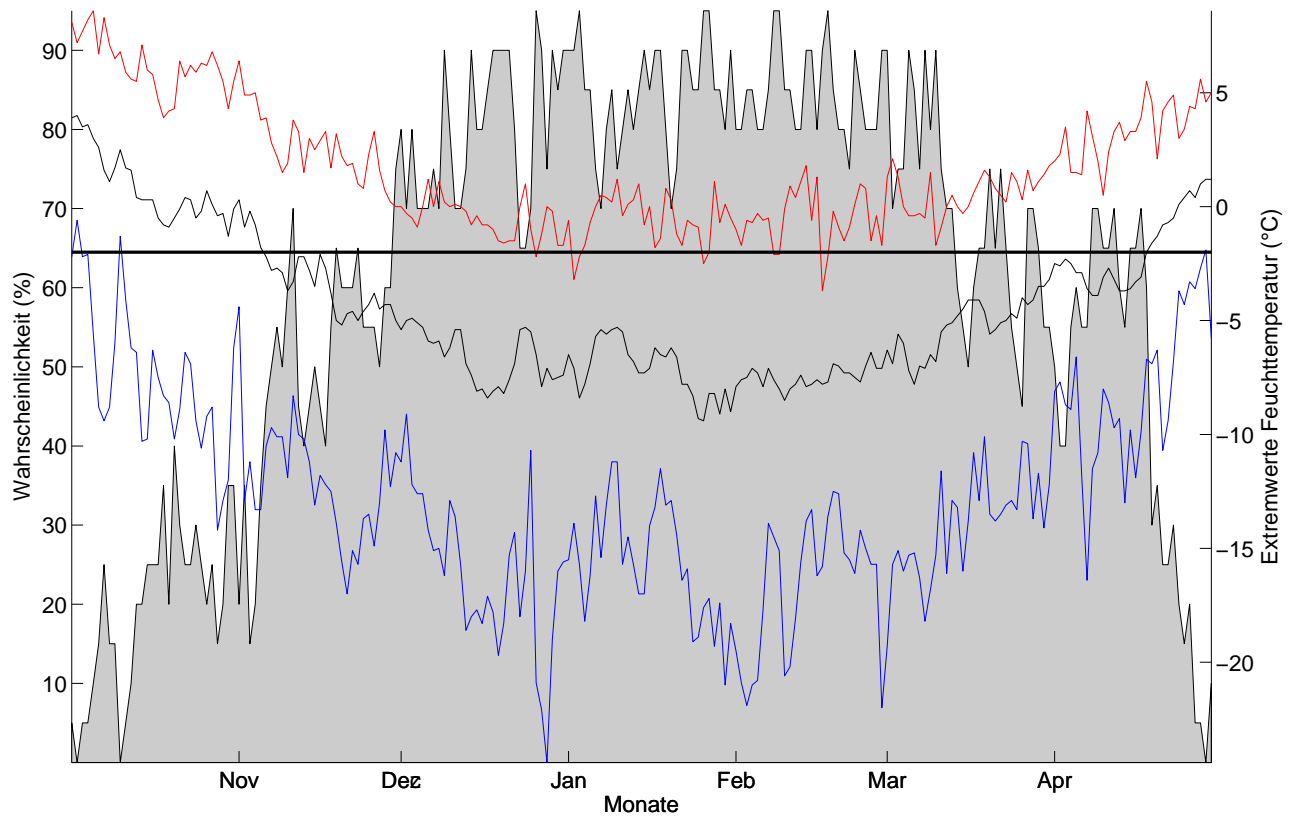


Abbildung 3.14: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Villacher Alpe, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

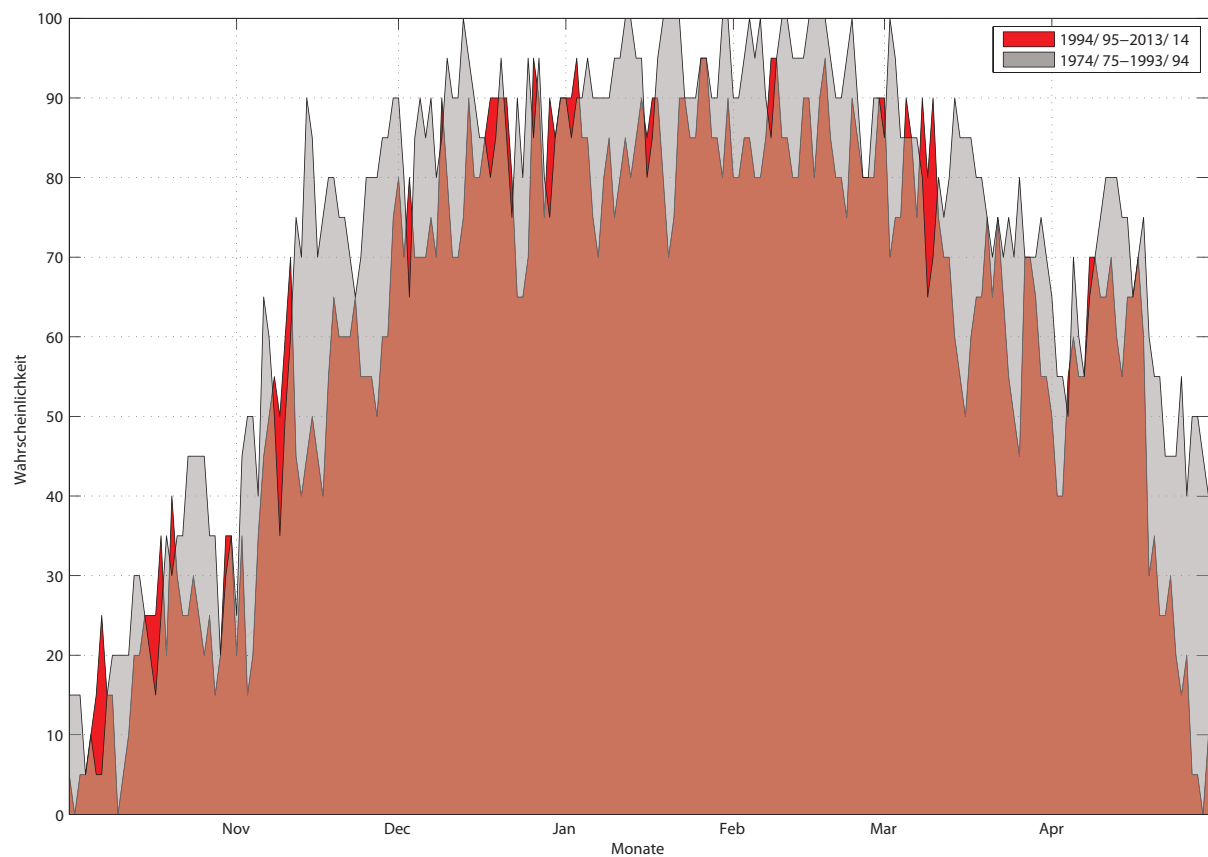


Abbildung 3.15: Vergleich Beschneigungswahrscheinlichkeit (Tagesmittelwert $T_f \leq -2^\circ\text{C}$) der letzten 20 Jahre mit den 20 Jahren davor für alle Tage der Saison (1.10.-30.4.).

Im Mittel über die gesamte Saison gesehen, ist die Wahrscheinlichkeit Beschneien zu können, in den letzten 20 Jahren im Vergleich zu den 20 Jahren davor von etwa 72 auf etwa 61% gesunken. Einbrüche zeigen sich während der gesamten Saison, besonders aber im November. Siehe Abb. 3.15

Beschneitage Villacher Alpe pro Saison und Monat

Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	7	18	27	29	26	24	16
SD	5	5	3	3	3	5	6
1948/49	3	15	27	27	24	28	5
1949/50	4	25	25	30	25	24	17
1950/51	5	25	30	31	28	28	18
1951/52	13	18	24	31	28	28	6
1952/53	10	25	29	29	26	25	9
1953/54	7	12	20	30	28	26	19
1954/55	8	16	24	28	27	25	23
1955/56	9	19	26	29	28	27	18
1956/57	10	26	27	29	22	16	16
1957/58	7	14	29	31	19	29	26
1958/59	8	16	28	31	26	19	14
1959/60	10	22	29	29	25	27	18
1960/61	8	20	28	31	26	22	1
1961/62	3	17	25	30	28	28	19
1962/63	5	23	30	31	28	30	12
1963/64	7	12	28	31	28	29	11
1964/65	14	21	30	30	28	29	24
1965/66	8	19	28	29	24	31	8
1966/67	3	24	30	30	26	24	19
1967/68	4	15	29	31	28	24	13
1968/69	2	18	31	30	28	27	22
1969/70	2	17	31	30	28	29	21
1970/71	11	16	31	31	28	30	12
1971/72	10	20	26	31	27	25	17
1972/73	12	16	25	31	28	29	24
1973/74	10	23	30	28	28	18	23
1974/75	30	25	25	30	28	30	18
1975/76	11	24	27	30	25	27	15
1976/77	4	21	29	31	27	16	21
1977/78	2	19	29	31	25	26	22

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

1978/79	6	13	27	29	28	25	25
1979/80	7	23	24	31	28	29	24
1980/81	11	20	29	31	26	18	11
1981/82	11	19	30	27	28	29	24
1982/83	3	14	27	20	28	22	12
1983/84	6	18	24	29	28	31	24
1984/85	1	17	24	30	25	31	19
1985/86	9	26	21	31	28	30	14
1986/87	7	16	29	31	25	29	14
1987/88	4	20	22	30	28	30	13
1988/89	3	27	28	27	20	19	15
1989/90	7	22	24	28	22	16	19
1990/91	5	25	30	29	24	19	19
1991/92	13	23	29	30	27	27	19
1992/93	11	11	29	25	27	24	17
1993/94	5	19	28	28	28	11	16
1994/95	7	10	23	30	25	26	13
1995/96	1	17	23	27	28	28	14
1996/97	8	16	29	25	26	19	20
1997/98	12	14	26	29	15	21	16
1998/99	7	26	28	27	23	24	11
1999/00	8	15	30	30	24	26	12
2000/01	0	18	19	28	25	19	22
2001/02	0	22	31	27	24	18	15
2002/03	6	13	26	31	28	21	17
2003/04	18	14	26	31	23	23	14
2004/05	6	20	25	29	28	16	15
2005/06	2	15	31	30	28	26	11
2006/07	0	12	19	21	26	23	3
2007/08	9	22	28	25	22	27	16
2008/09	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	4
2009/10	11	13	26	31	28	23	15
2010/11	12	17	26	25	23	21	6

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

2011/12	10	12	26	30	26	12	17
2012/13	4	9	28	27	28	27	11
2013/14	0	14	24	21	23	17	6

Tabelle 3.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1948 - 2014, Villacher Alpe.

Klimaparameter (Saisonmittel) und Schneitage

Jahr	Temperatur	Relative Luftfeuchte	Feuchttemperatur	Schneitage
Jahr	°C	%	°C	-
Mittelwert	-3,6	77,8	-4,8	148
SD	0,9	4,5	0,8	14
1948/49	-2,5	71,3	-4,1	129
1949/50	-3,1	82,6	-4,1	150
1950/51	-4,2	89,3	-4,9	165
1951/52	-3,9	79,8	-5,0	148
1952/53	-4,8	80,3	-5,8	153
1953/54	-4,0	83,1	-4,9	142
1954/55	-3,9	83,6	-4,9	151
1955/56	-5,6	85,3	-6,3	156
1956/57	-3,4	76,2	-4,7	146
1957/58	-4,1	79,1	-5,2	155
1958/59	-2,8	77,8	-4,0	142
1959/60	-4,1	80,6	-5,1	160
1960/61	-2,8	75,0	-4,1	136
1961/62	-4,5	77,8	-5,6	150
1962/63	-5,8	78,4	-6,9	159
1963/64	-3,3	73,1	-4,7	146
1964/65	-5,0	79,1	-6,0	176
1965/66	-3,7	78,0	-5,0	147
1966/67	-4,4	80,0	-5,4	156
1967/68	-3,2	74,2	-4,8	144

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparamter – Fortsetzung

1968/69	-4,3	79,4	-5,5	158
1969/70	-5,0	80,8	-6,2	158
1970/71	-3,9	74,7	-5,4	159
1971/72	-2,6	76,8	-4,1	156
1972/73	-4,3	73,8	-5,7	165
1973/74	-3,1	72,8	-4,7	160
1974/75	-4,1	80,7	-5,1	186
1975/76	-3,7	76,4	-5,1	159
1976/77	-3,3	82,7	-4,3	149
1977/78	-3,7	82,9	-4,8	154
1978/79	-3,7	78,2	-5,0	153
1979/80	-4,3	79,8	-5,4	166
1980/81	-4,2	75,1	-5,6	146
1981/82	-4,6	78,4	-5,7	168
1982/83	-3,0	79,7	-4,1	126
1983/84	-4,6	75,1	-6,0	160
1984/85	-4,0	75,7	-5,4	147
1985/86	-4,4	79,3	-5,6	159
1986/87	-3,8	70,3	-5,5	151
1987/88	-3,1	77,0	-4,3	147
1988/89	-1,4	67,3	-3,4	139
1989/90	-1,4	66,5	-3,5	138
1990/91	-3,7	78,5	-4,8	151
1991/92	-3,2	72,2	-4,7	168
1992/93	-2,6	67,1	-4,5	144
1993/94	-3,2	81,5	-4,2	135
1994/95	-3,1	77,3	-4,4	134
1995/96	-3,6	80,0	-4,8	138
1996/97	-2,7	72,9	-4,3	143
1997/98	-2,8	78,6	-4,0	133
1998/99	-3,9	78,2	-5,1	146
1999/00	-3,3	76,0	-4,6	145
2000/01	-2,8	85,4	-3,6	131

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparamter – Fortsetzung

2001/02	-2,6	73,5	-4,1	137
2002/03	-3,7	80,1	-4,7	142
2003/04	-3,9	76,6	-5,2	149
2004/05	-3,5	71,7	-5,1	139
2005/06	-4,2	75,8	-5,6	143
2006/07	-0,4	73,4	-2,2	104
2007/08	-3,2	76,9	-4,5	149
2008/09	-3,3	84,5	NaN	NaN
2009/10	-4,3	82,3	-5,2	147
2010/11	-3,3	78,3	-4,5	130
2011/12	-2,9	76,1	-4,3	133
2012/13	-3,3	83,5	-4,3	134
2013/14	-1,2	83,7	-2,3	105

Tabelle 3.2: Saisonale Klimaparameter und Schneitage für die Periode 1948-2014, Villacher Alpe.

3.16.3 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

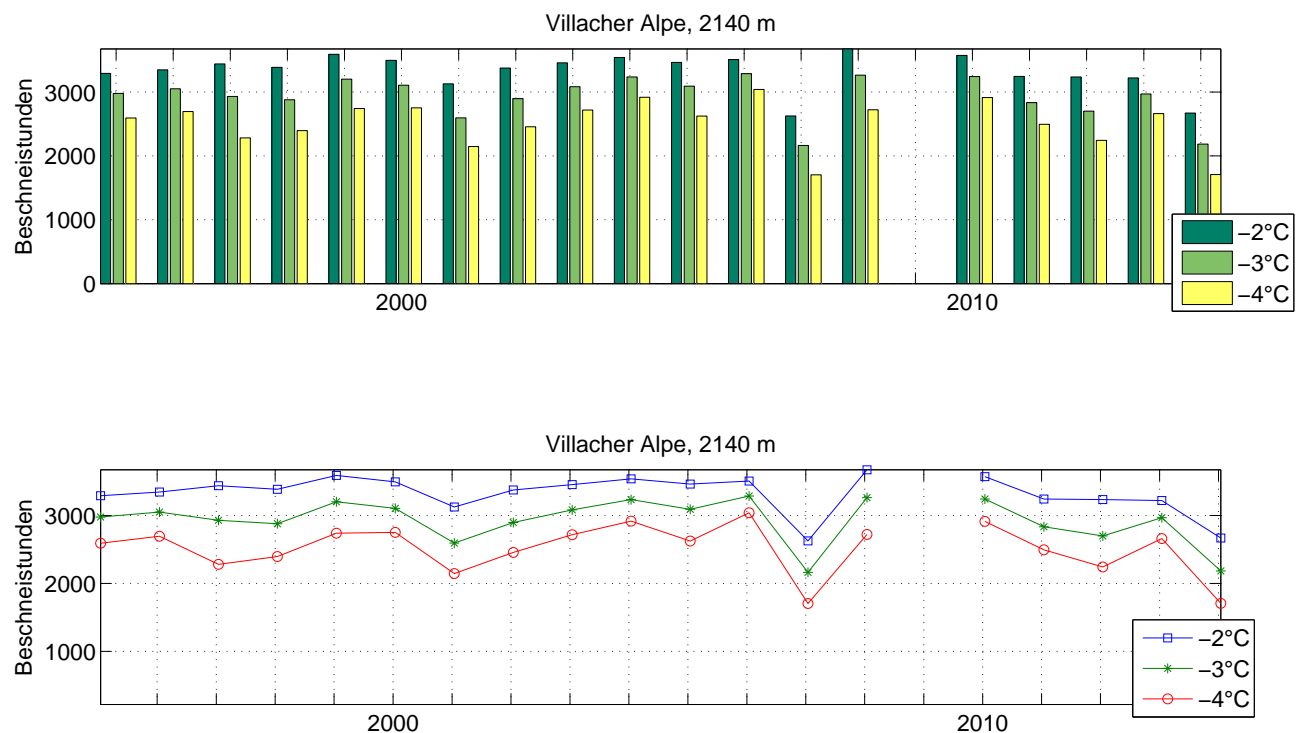
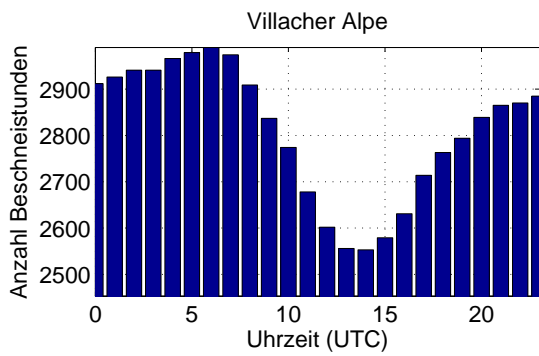
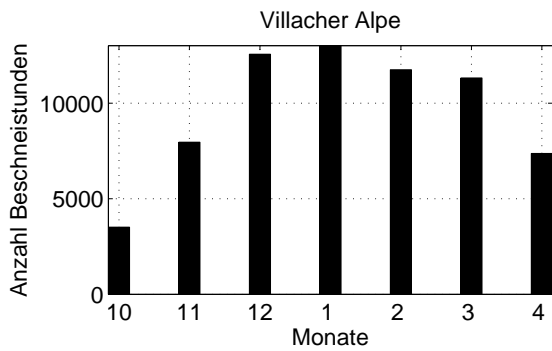
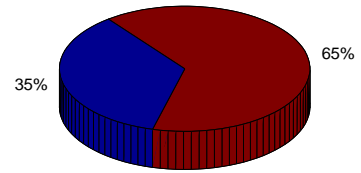


Abbildung 3.16: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 271 Stunden (11 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es im Mittel 3330 potentielle Beschneistunden (ca. 139 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 271 Stunden (ca. 11 Tage). Siehe Abb. 3.16.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

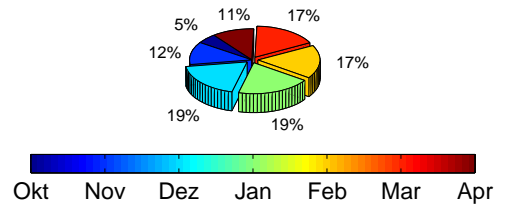


Abbildung 3.17: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

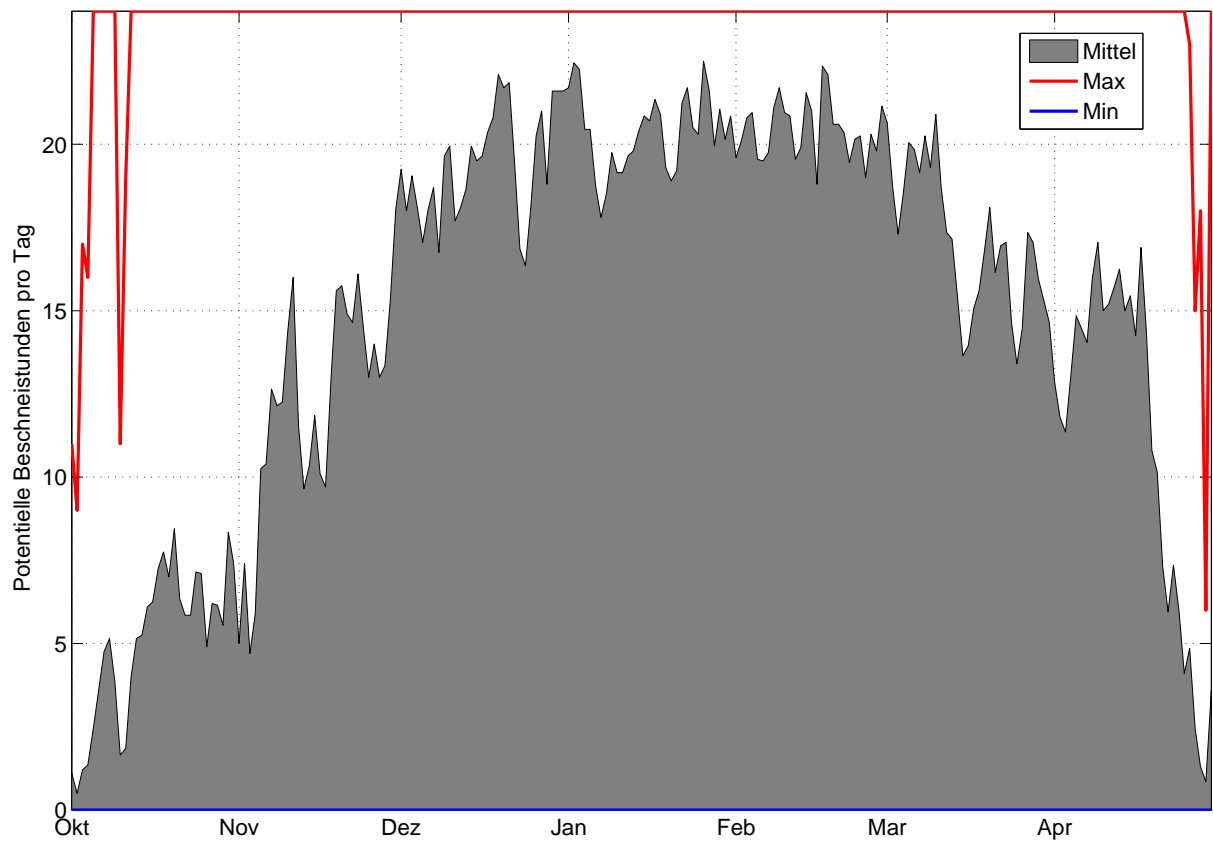


Abbildung 3.18: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1994-2014, Station Villacher Alpe, 2140 m.

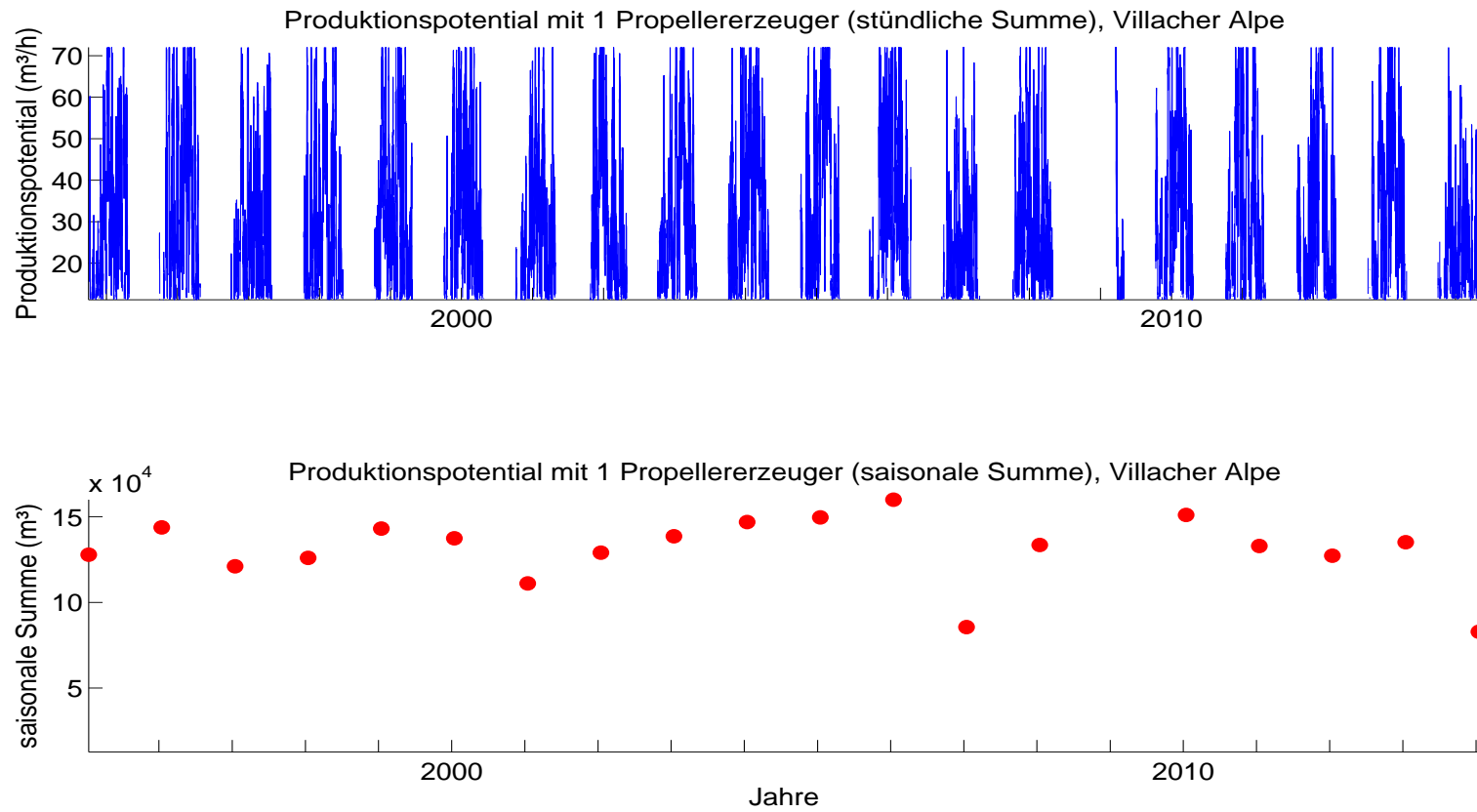


Abbildung 3.19: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

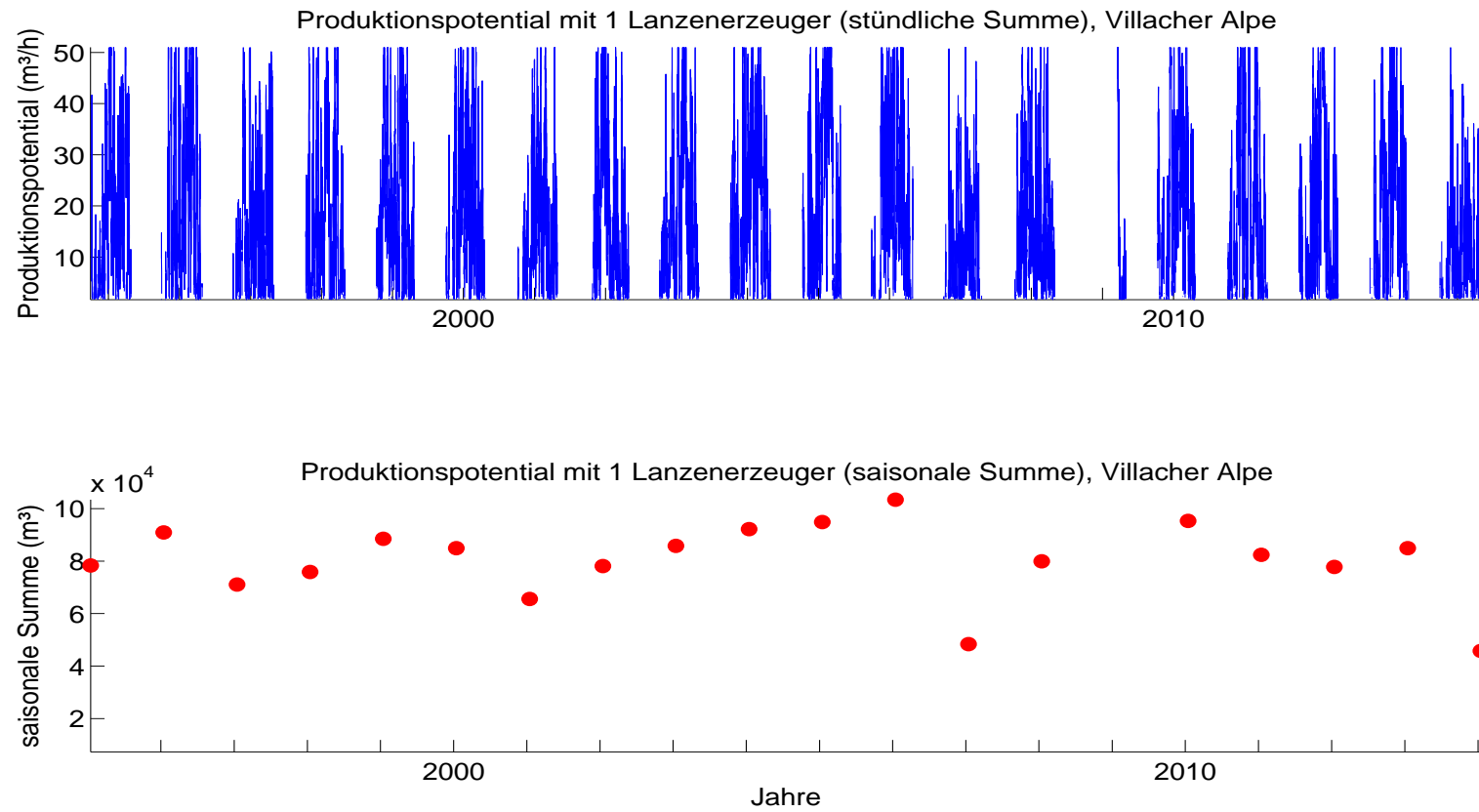


Abbildung 3.20: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 18809 m^3 (Propellengerät), bzw. 14300 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 135559 m^3 (Propellengerät), bzw. 111919 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 46 ha (Propellengerät), bzw. ca. 38 ha (Lanze) eine Grundbeschneieung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 3.19 und 3.20.

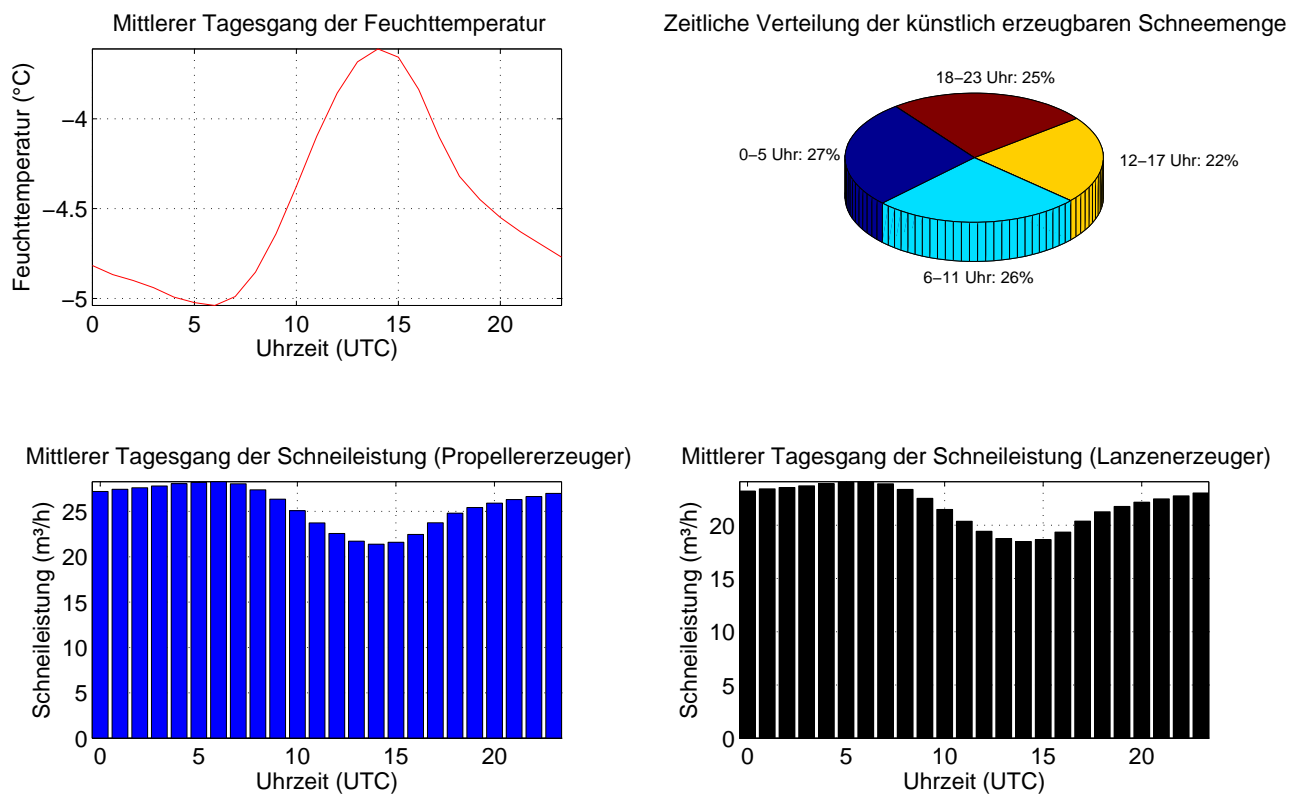


Abbildung 3.21: Mittlerer Tagesgang der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1994, Villacher Alpe, 2140 m.

Über die gesamte Saison gemittelt, liegt die Feuchttemperatur der ganzen Tag über unter der Grenztemperatur von $T_f = -2^\circ\text{C}$. An einem durchschnittlichen Tag können mit einem Propellerezueger $26 \text{ m}^3/\text{h}$, mit einem Lanzenezueger $22 \text{ m}^3/\text{h}$ produziert werden. Siehe Abb. 3.21.

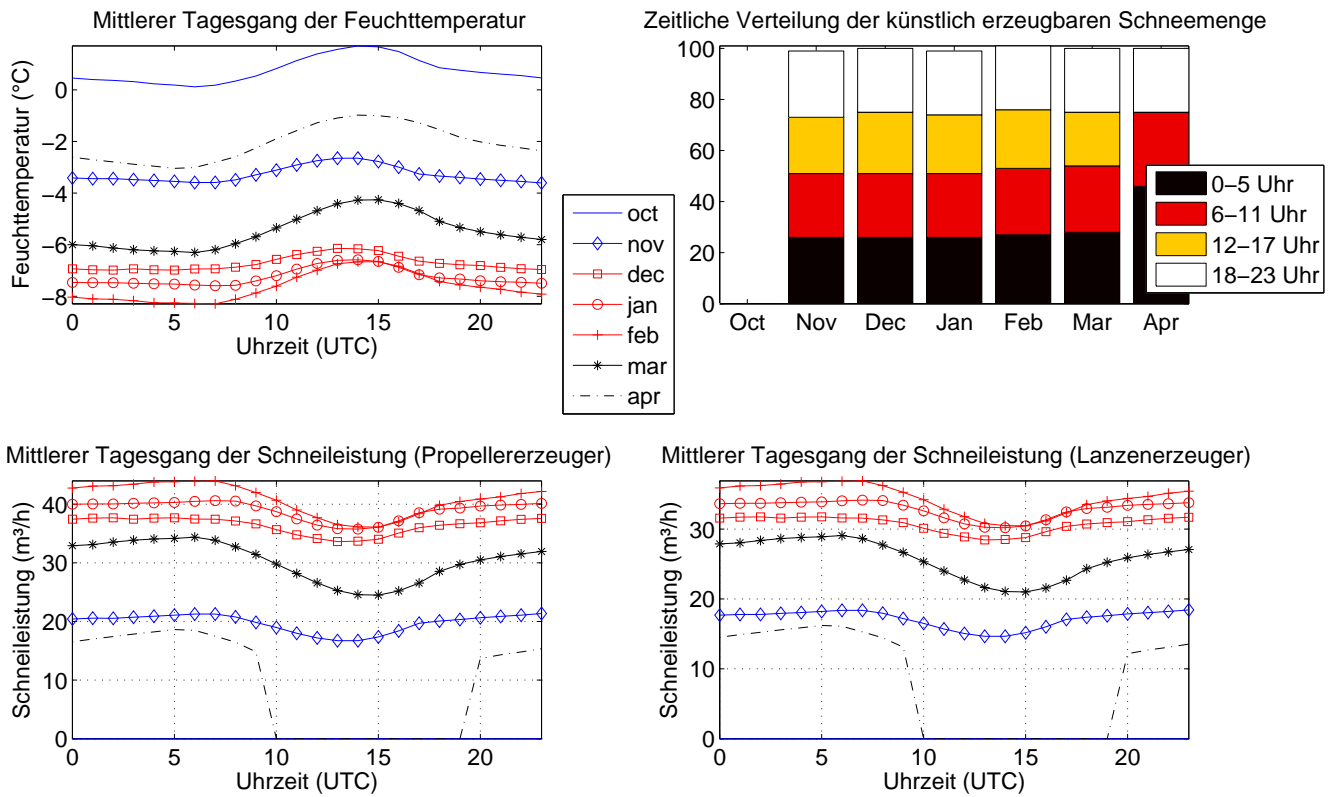


Abbildung 3.22: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1994-2014, Villacher Alpe, 2140 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

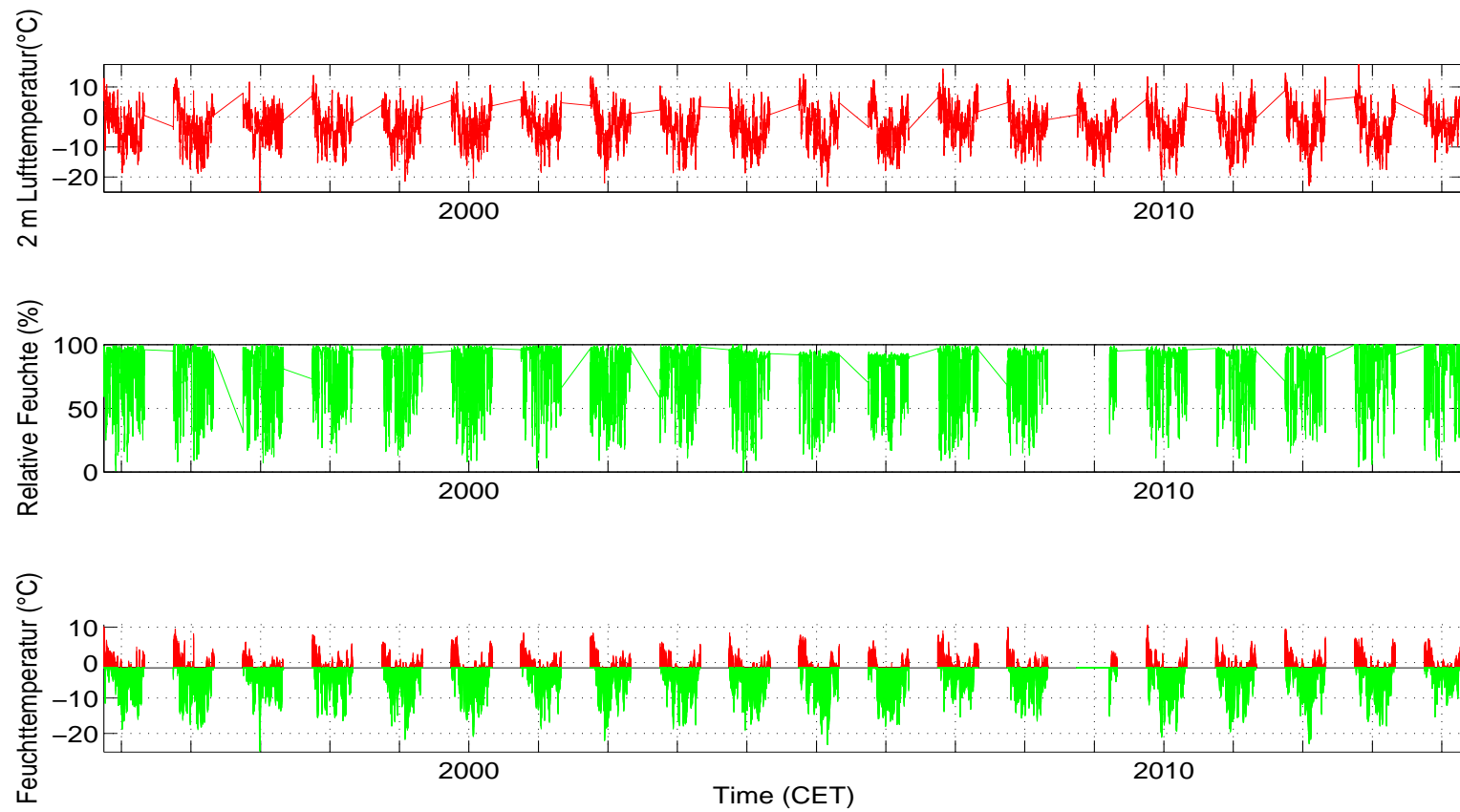


Abbildung 3.23: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Schneistunden mit versch. Grenztemp.				
	-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	3530	3330	2931	2516
SD	252	272	319	359
Saison				
1994/95	3472	3292	2978	2592
1995/96	3519	3347	3051	2695
1996/97	3717	3440	2930	2282
1997/98	3607	3386	2879	2396
1998/99	3769	3591	3202	2741
1999/00	3637	3496	3106	2752
2000/01	3351	3127	2594	2145
2001/02	3633	3376	2897	2456
2002/03	3652	3456	3083	2717
2003/04	3698	3541	3235	2917
2004/05	3627	3464	3092	2624
2005/06	3619	3508	3288	3041
2006/07	2875	2626	2163	1704
2007/08	3890	3675	3264	2721
2008/09	NaN	NaN	NaN	NaN
2009/10	3733	3572	3243	2913
2010/11	3482	3244	2834	2495
2011/12	3475	3236	2700	2243
2012/13	3388	3221	2968	2661
2013/14	2925	2670	2184	1707

Tabelle 3.3: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen -1,5 und -4 °C.

Potentielle Beschneistunden (Villacher Alpe)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	164	385	632	665	602	530	328
SD	110	100	72	62,6	70,2	108	116
Saison							
1994/95	194	230	582	739	604	634	309
1995/96	42	430	580	628	665	662	341
1996/97	183	370	668	599	598	509	513
1997/98	276	390	644	703	375	608	390
1998/99	212	602	656	646	591	561	323
1999/00	178	404	721	721	586	605	281
2000/01	39	377	471	661	624	450	505
2001/02	5	547	734	638	586	462	404
2002/03	150	298	621	719	670	546	452
2003/04	418	314	636	740	530	556	347
2004/05	128	494	661	684	671	414	412
2005/06	75	365	742	736	672	628	290
2006/07	18	287	466	564	645	551	97
2007/08	242	552	695	603	547	632	404
2008/09	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	235	114
2009/10	252	349	643	742	663	568	355
2010/11	308	395	626	611	557	550	197
2011/12	248	303	598	714	619	332	422
2012/13	106	250	664	648	672	637	251
2013/14	36	351	602	531	560	450	157

Tabelle 3.4: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C).

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Propeller (m ³) (Villacher Alpe)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	5889	14773	26298	28433	26598	21431	11197
SD	3917	5499	5899	6071	7328	5974	4102
Saison							
1994/95	8090	6282,9	21453	37345	19403	27600	12445
1995/96	1507	18755	24969	24386	34206	32255	11877
1996/97	5774	16966	25121	19175	21567	17463	21003
1997/98	11667	13455	24212	27460	15127	27034	11836
1998/99	6208	27767	28405	23958	31245	20012	10010
1999/00	5741	16943	31749	31830	23940	21553	8479
2000/01	1349	10971	19731	28285	26356	13519	16654
2001/02	658	19725	38223	25909	19198	16470	12975
2002/03	4254	10387	21498	32486	37762	19451	16864
2003/04	14950	10123	25184	38291	25542	26827	11786
2004/05	3919	19167	22702	32321	39674	23571	12619
2005/06	2624	20144	35789	34778	30802	28829	11071
2006/07	1533	11155	16653	19494	19161	20371	3268
2007/08	8768	22368	27650	20526	20766	25612	12837
2008/09	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	10164	4600
2009/10	10347	10343	30956	35824	30050	26416	11743
2010/11	9890	15258	33728	29305	22398	20331	7544
2011/12	8133	7874	23650	32697	36012	11675	12366
2012/13	4727	8429	30844	27423	34678	25086	7993
2013/14	1748	14579	17136	18740	17479	14376	5970

Tabelle 3.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Lanze, (m ³) (Villacher Alpe)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	5123	12443	21466	23201	21499	17738	9673
Standardabweichung	3267	4301	4291	4554	5235	4554	3377
Saison							
1994/95	7034	5640,3	18236	29241	16509	22687	10766
1995/96	1387	15305	20388	20382	27316	25475	10282
1996/97	5198	14222	20089	16398	18267	14990	17723
1997/98	9520	11461	20256	22766	12757	21811	10295
1998/99	5495	22392	22939	19764	24364	16927	8802
1999/00	4974	14168	25680	26026	19804	18152	7337
2000/01	1359	9599	16722	23026	20970	11754	14040
2001/02	654	16536	30017	21407	16144	14076	11286
2002/03	3834	9001	17994	26377	29412	16525	14015
2003/04	12680	8898	20489	30707	20950	22196	10254
2004/05	3410	16051	18932	25504	30780	18813	10924
2005/06	2434	16341	28933	28296	24713	23079	9644
2006/07	1477	9552	14322	16169	16313	17298	2975
2007/08	7620	18760	22877	17116	17343	21143	11187
2008/09	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	8354	4317
2009/10	8876	9072	24249	29067	24541	21025	10165
2010/11	8624	12852	26360	23377	18513	16970	6617
2011/12	7031	7059	19799	26354	27295	10211	10586
2012/13	4074	7495	24829	22795	27552	20811	6938
2013/14	1655	12018	14734	16038	14941	12465	5316

Tabelle 3.6: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

3.16.4 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

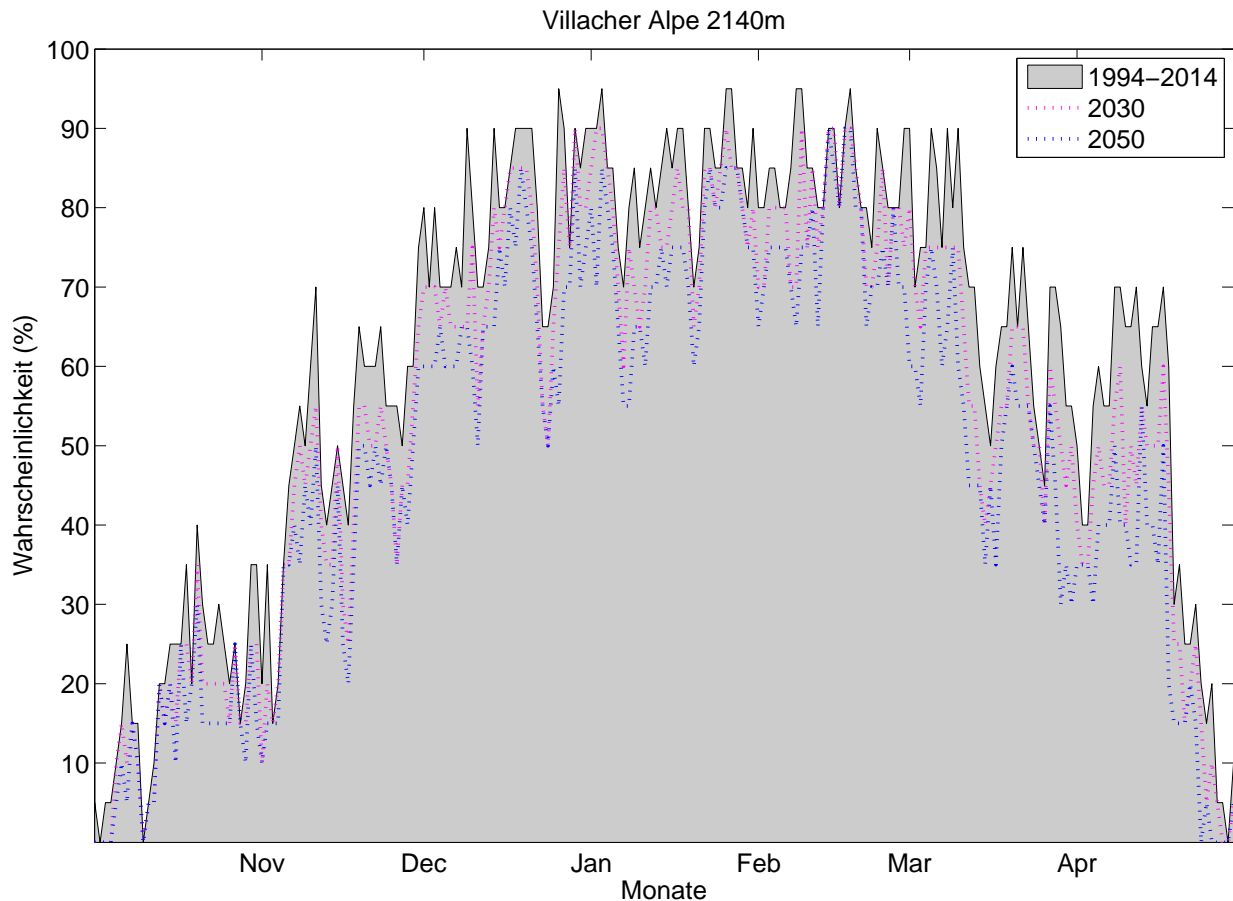


Abbildung 3.24: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Villacher Alpe, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

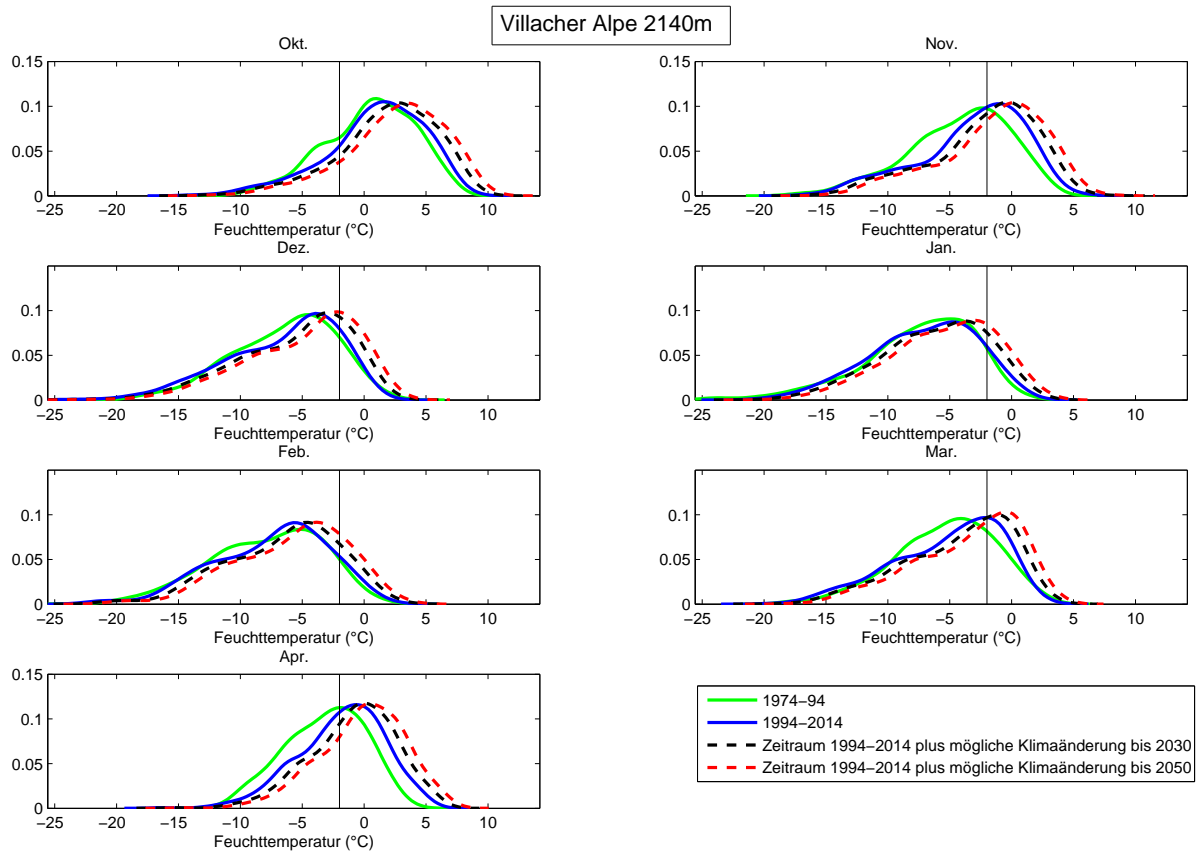


Abbildung 3.25: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchtttemperatur unter -2°C pro Monat, Villacher Alpe.

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Periode							
1974-1994	7,8	20,1	26,8	28,9	26,3	24,5	18,1
1994-2014	6,1	15,0	24,7	26,2	23,7	21,4	12,9
mit Klimaänderung bis 2030	4,7	12,4	22,5	24,4	22,2	18,6	10,1
mit Klimaänderung bis 2050	3,9	11,1	20,6	22,7	21,1	16,2	7,9
Abnahme bis 2050 in Tagen	2,2	3,9	4,2	3,5	2,6	5,2	5,1
Abnahme bis 2050 in %	36	26	17	13	11	24	39

Tabelle 3.7: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1974-94, 1994-2014 und 1994-2014 mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

3.17 Obergurgl (1942 m)

3.17.1 Naturschnee

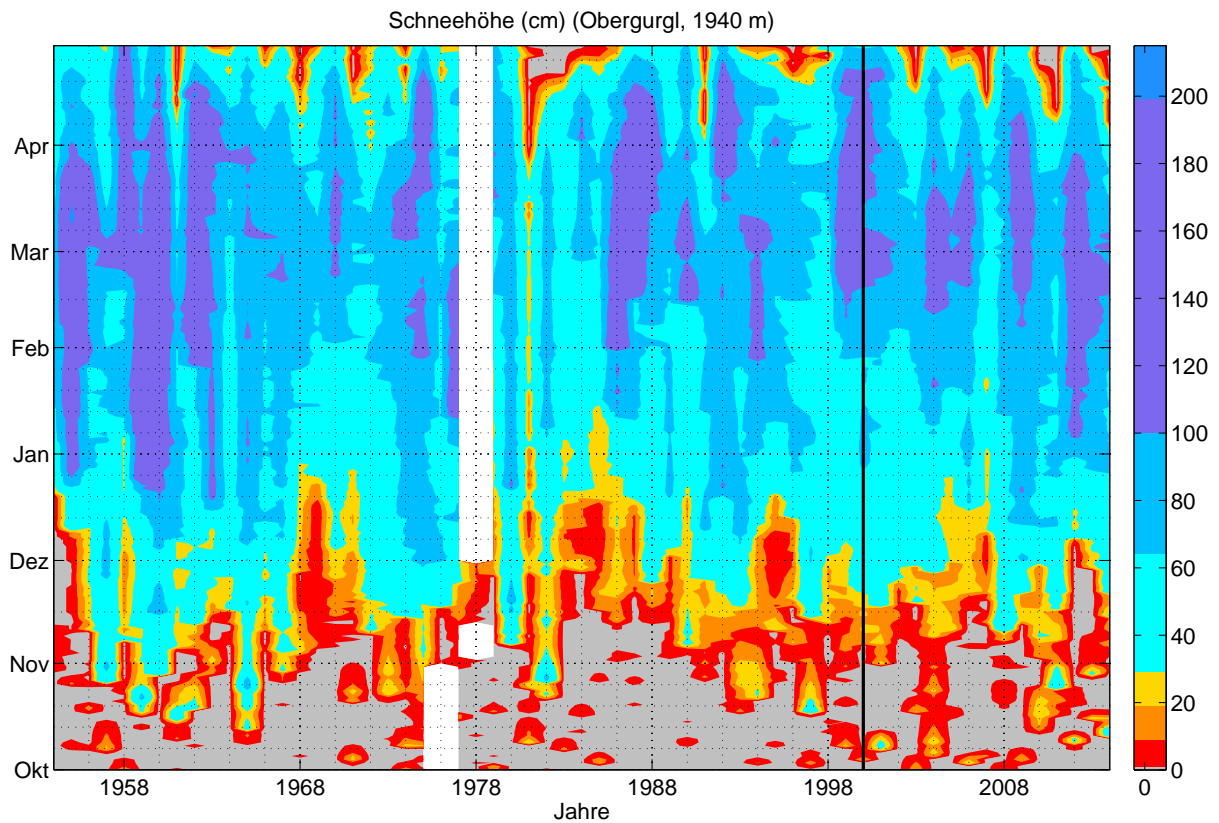


Abbildung 3.1: Tageswerte der Schneehöhe, Obergurgl, Okt.-Apr. 1953-2014. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt. Standortwechsel der Schneehöhenmessstation in der Saison 1998/99 ist mit einer schwarzen Linie markiert.

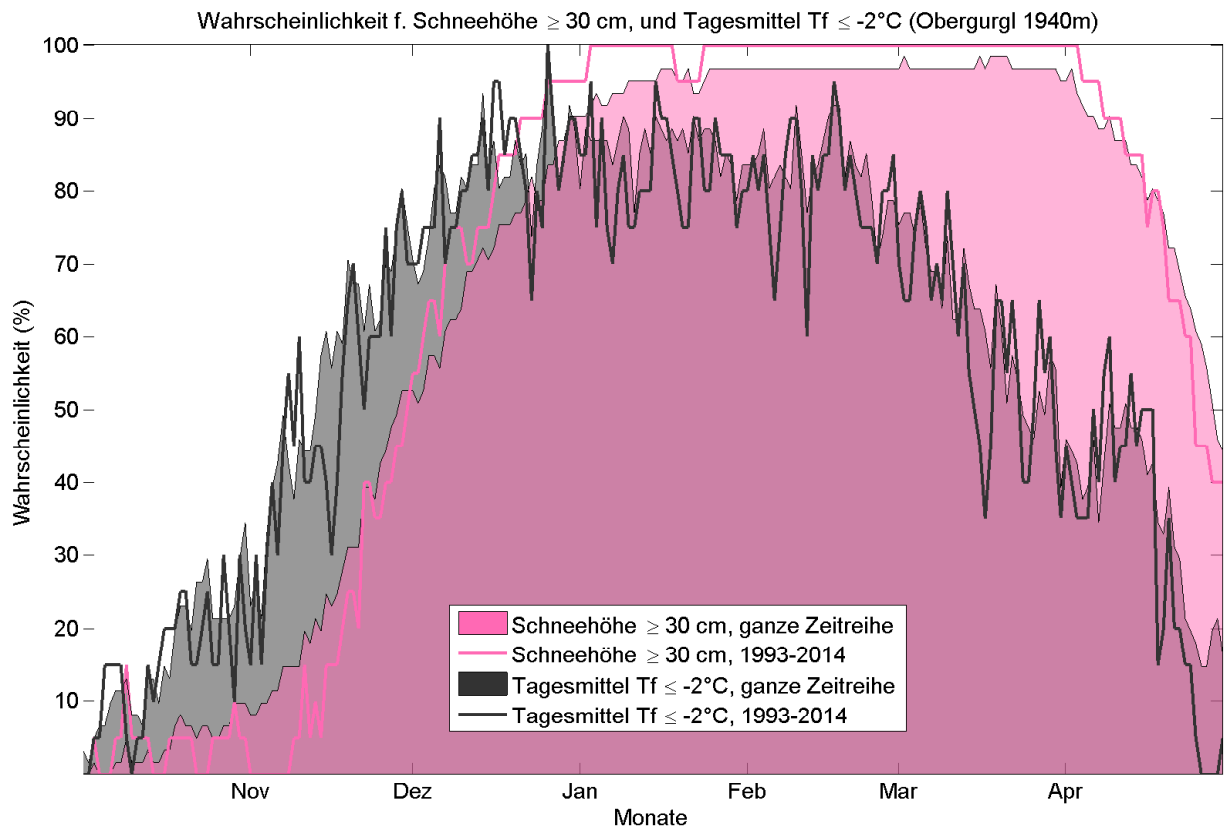


Abbildung 3.2: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Beschneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (ab 1953).

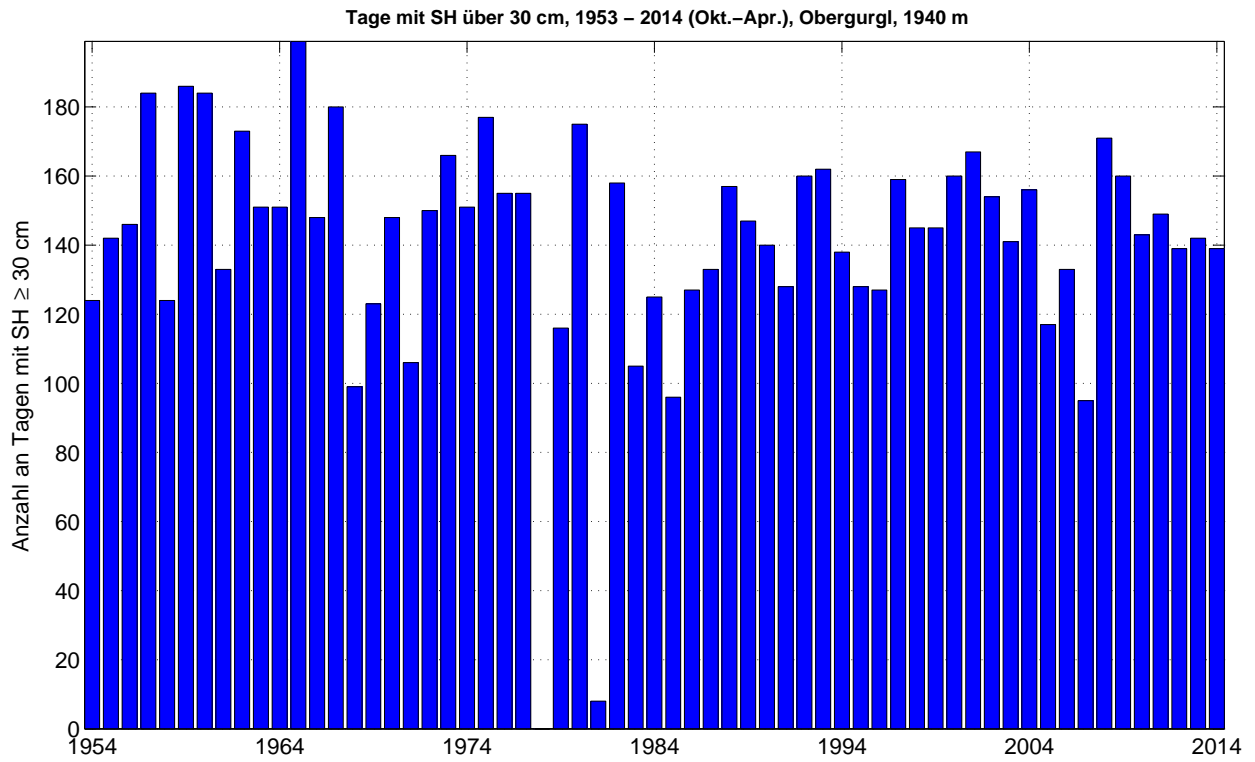


Abbildung 3.3: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1953-2012

3.17.2 Langzeitanalyse - Trends und Klima

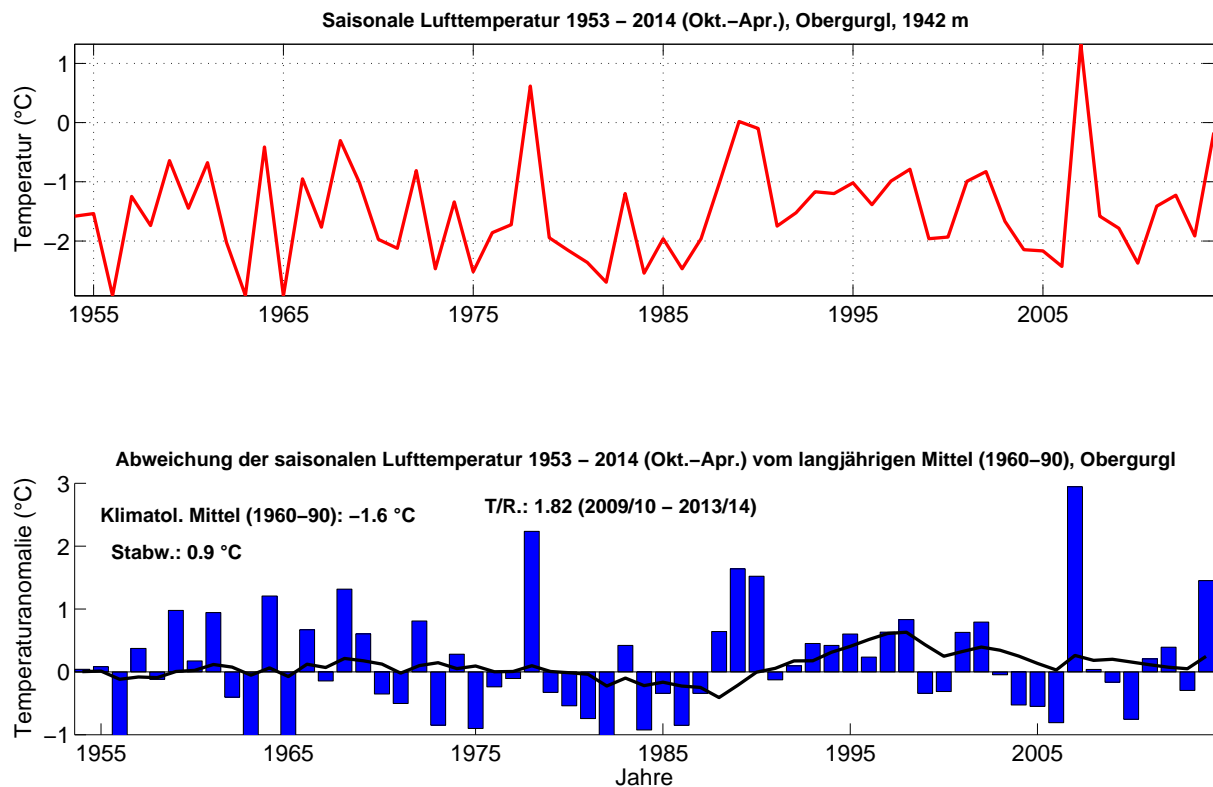


Abbildung 3.4: Langzeitanalyse der saisonalen Lufttemperatur, Obergurgl, Okt.-Apr. 1953-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2009 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

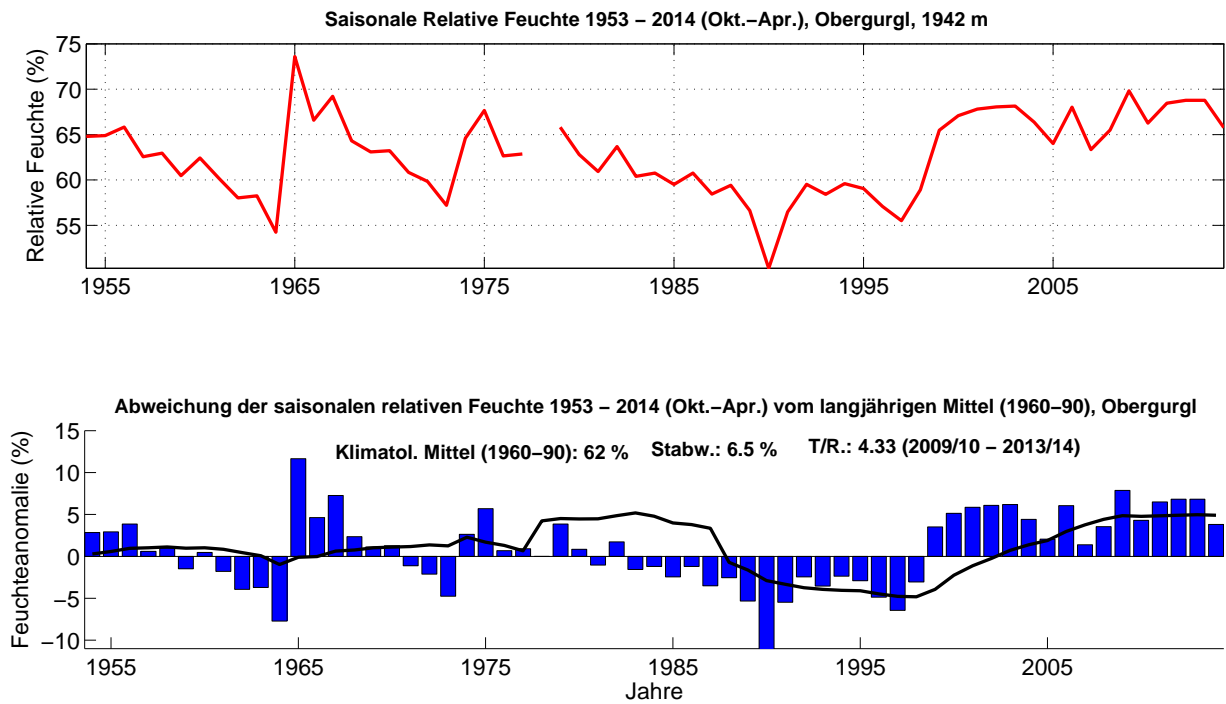


Abbildung 3.5: Langzeitanalyse der saisonalen relativen Feuchte, Obergurgl, Okt.-Apr. 1953-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2009 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

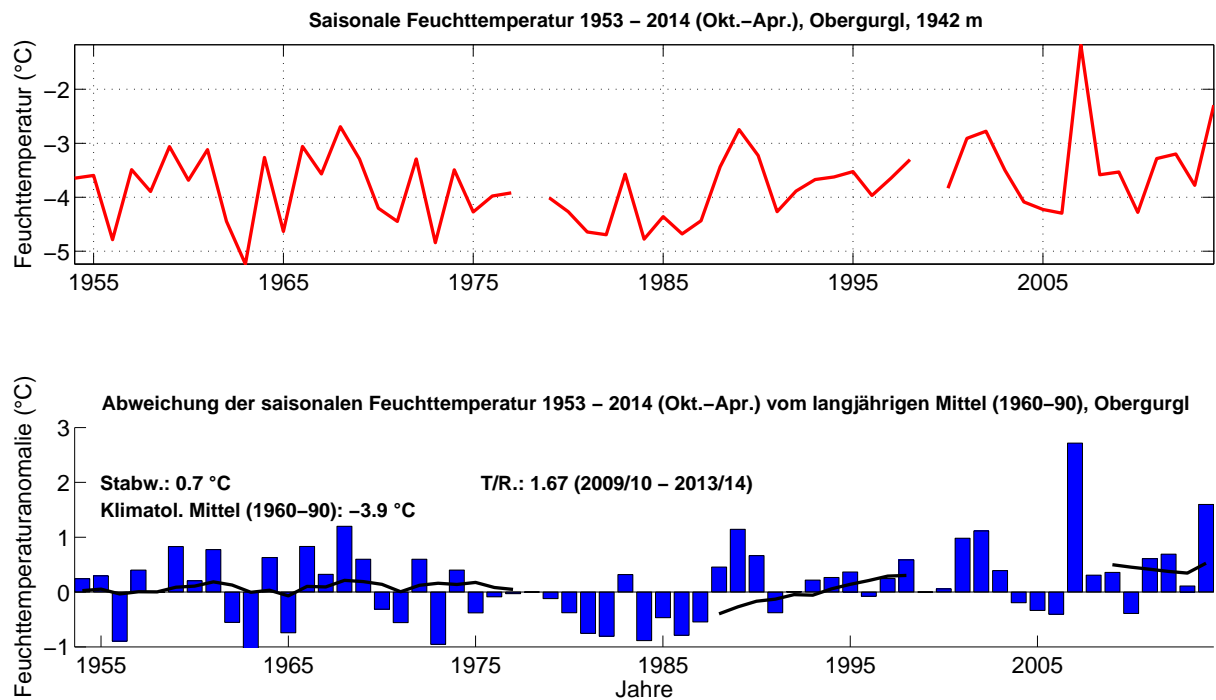


Abbildung 3.6: Langzeitanalyse der saisonalen Feuchttemperatur, Obergurgl, Okt.-Apr. 1953-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2009 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

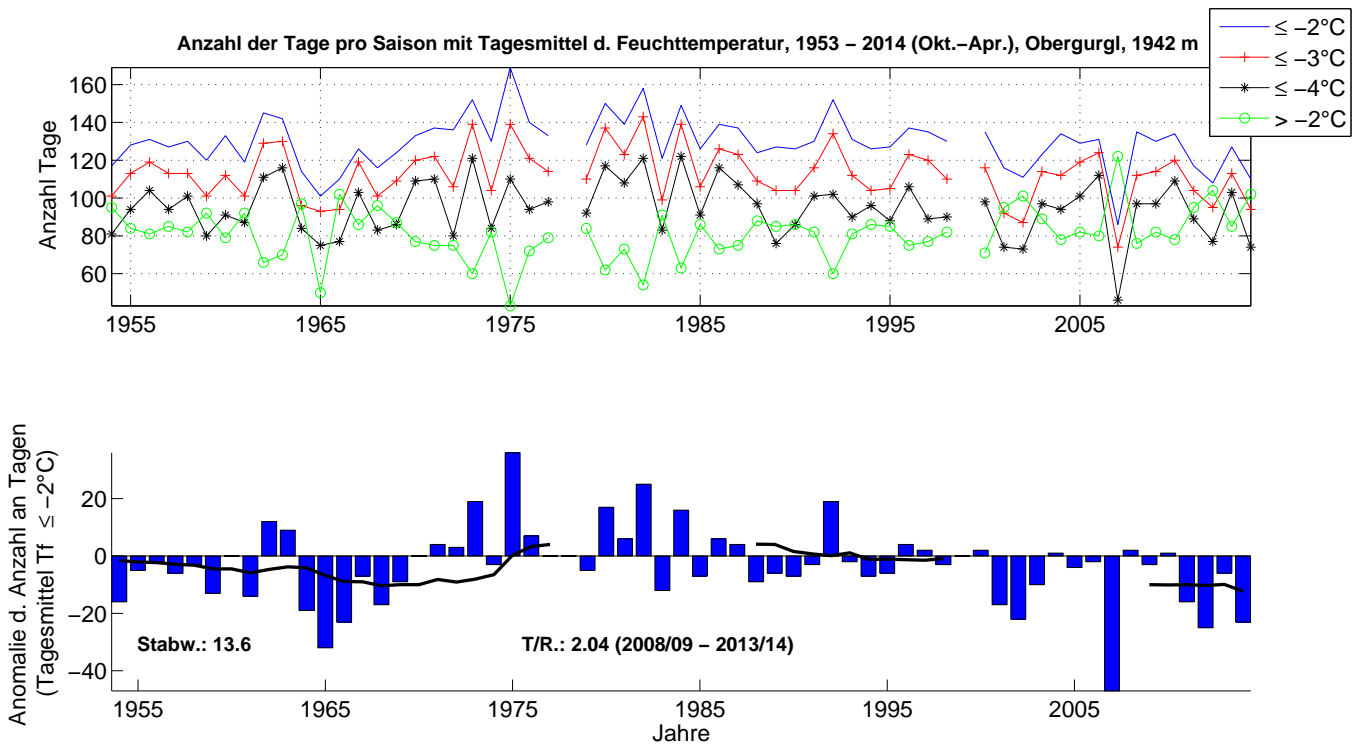


Abbildung 3.7: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur von -2°C , -3°C und -4°C , bzw. Überschreitung von -2°C , Periode 1953-2014, Obergurgl. Abweichung vom langjährigen Mittel für Tagesmittel $\leq -2^{\circ}\text{C}$ (unten).

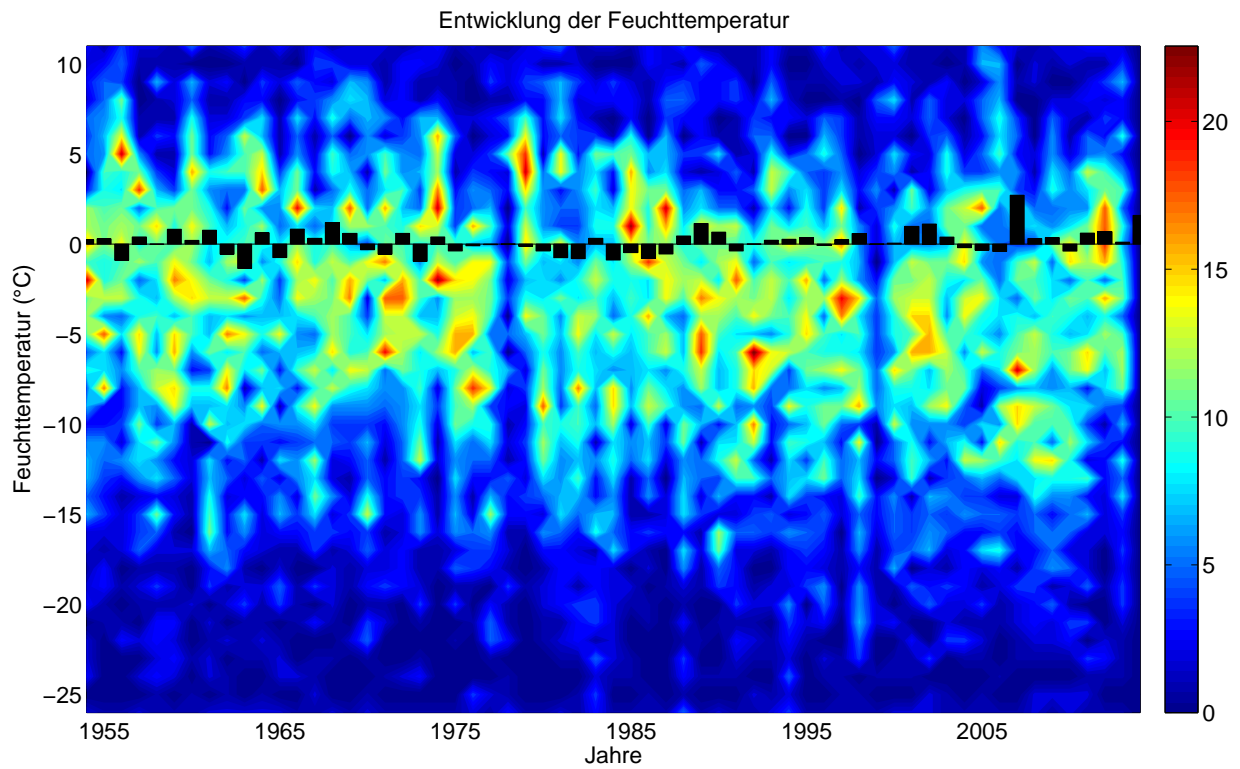


Abbildung 3.8: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1953-2014, Obergurgl. Die schwarzen Balken zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel (1960-90).

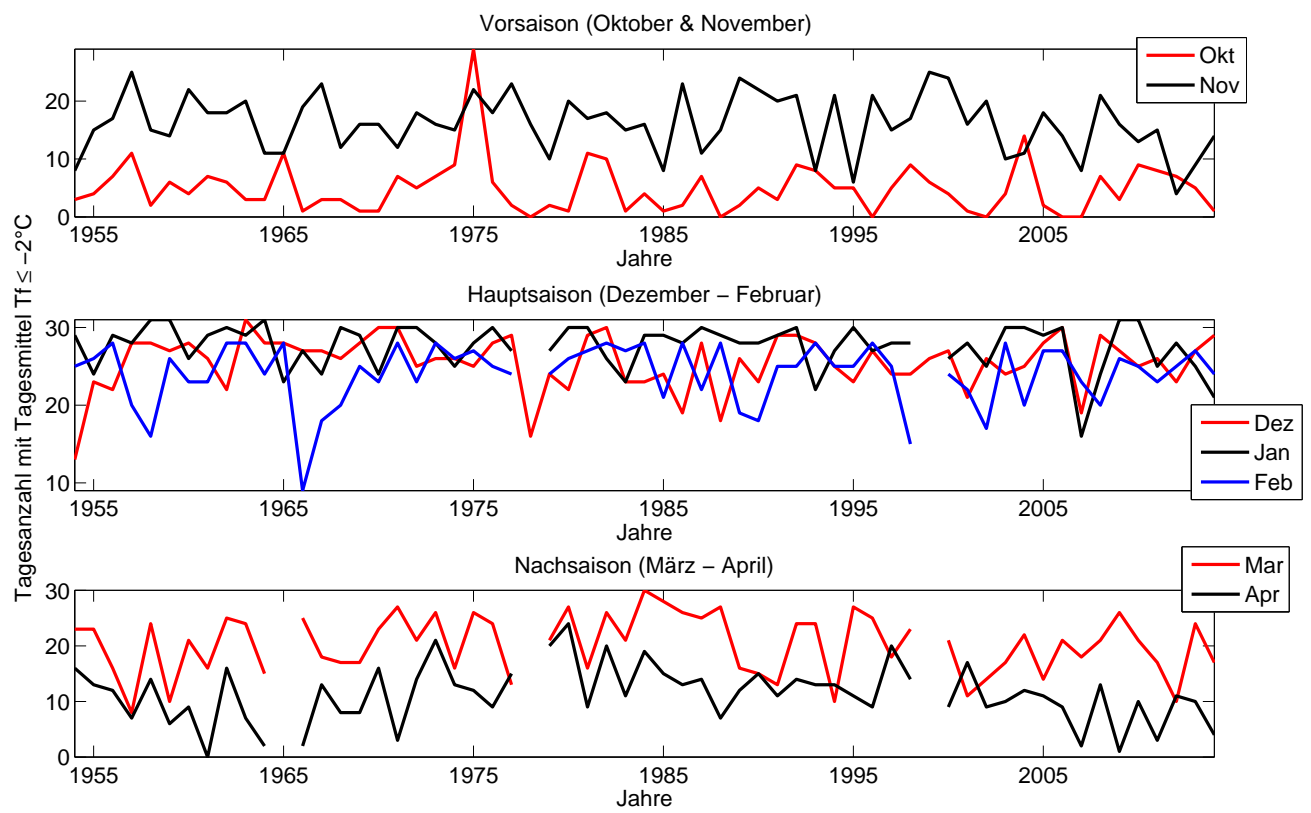


Abbildung 3.9: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Schneitagen pro Saison, nach Monaten.

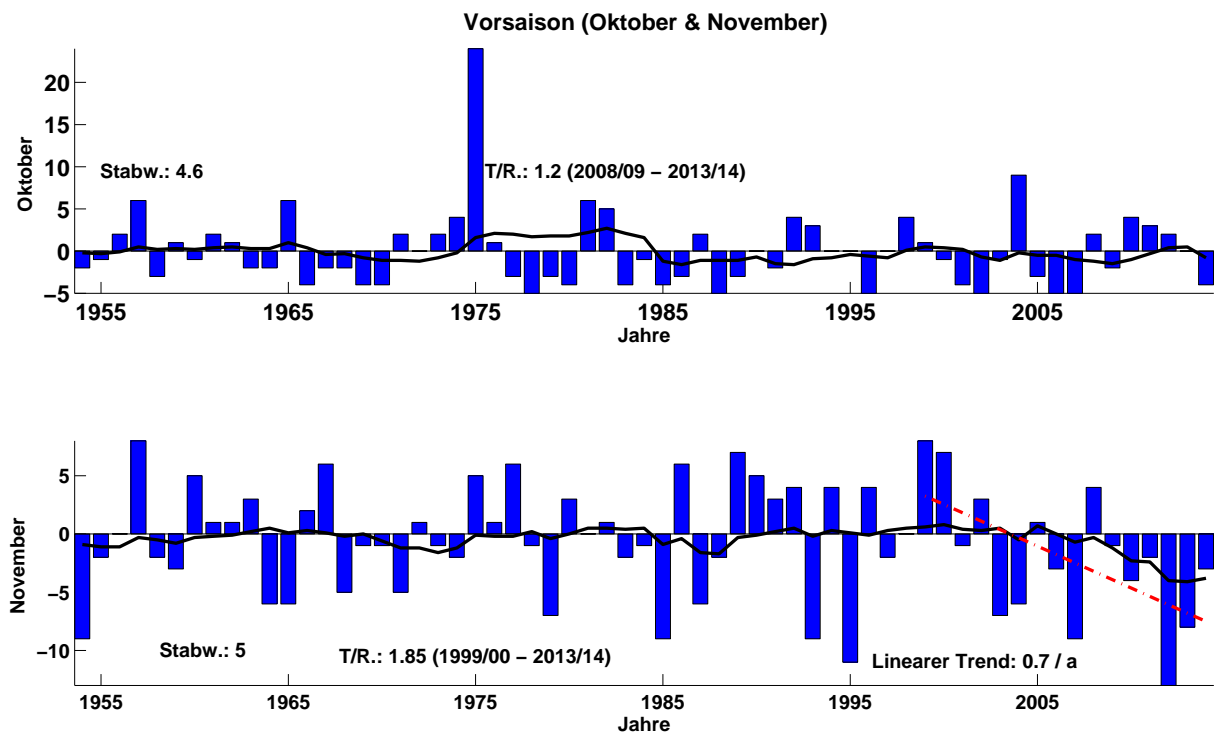


Abbildung 3.10: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Oktober und November (Vorsaison).

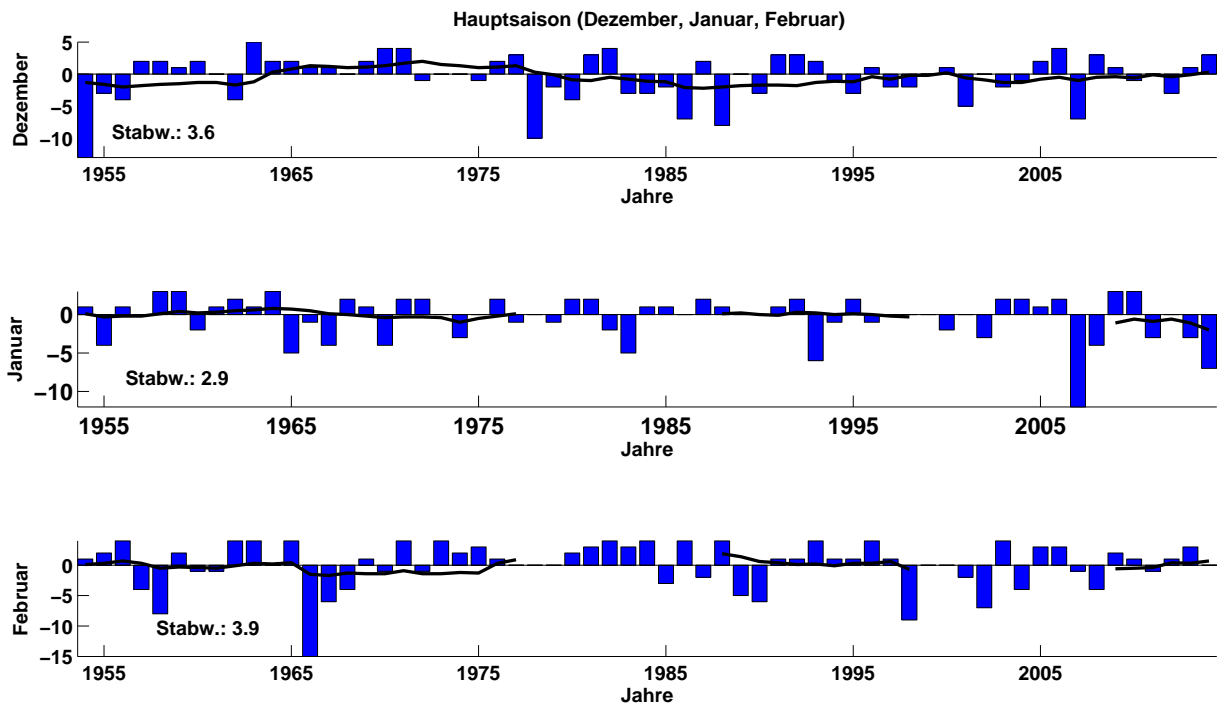


Abbildung 3.11: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Dezember, Januar und Februar (Hauptsaison).

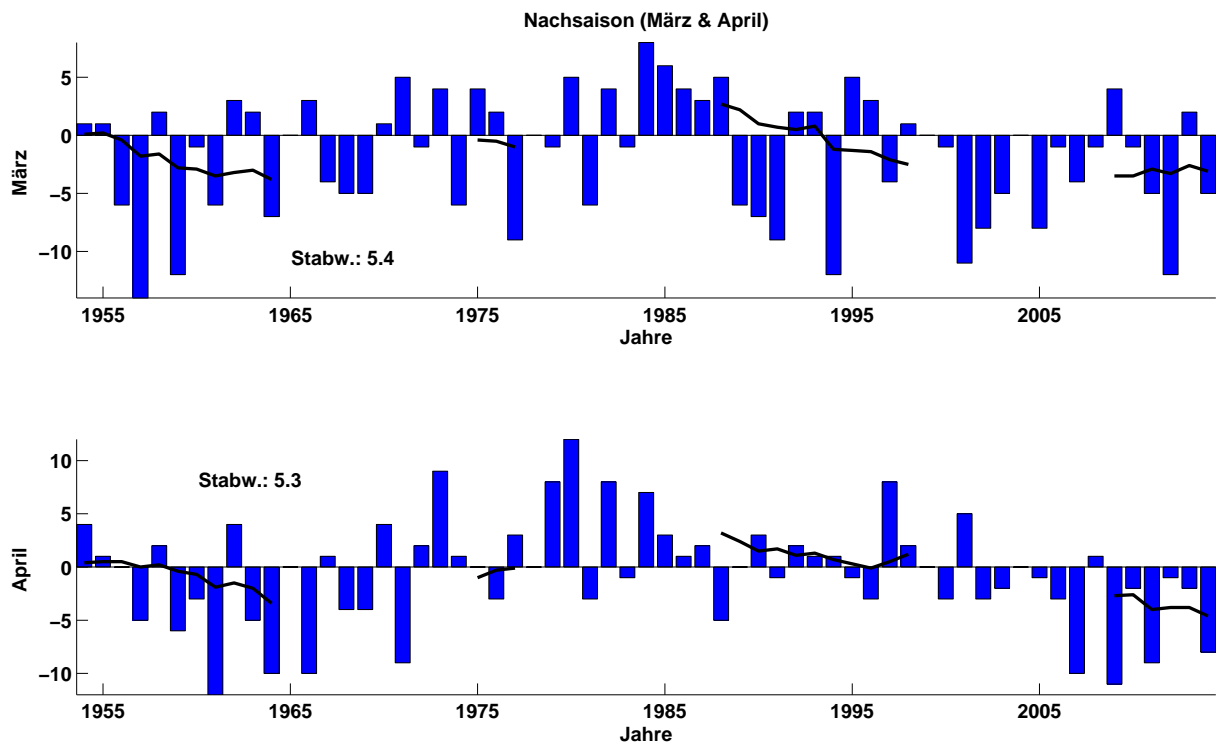


Abbildung 3.12: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt n Monate: März und April (Nachsaison).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1953 – 2014), Obergurgl 1942 m

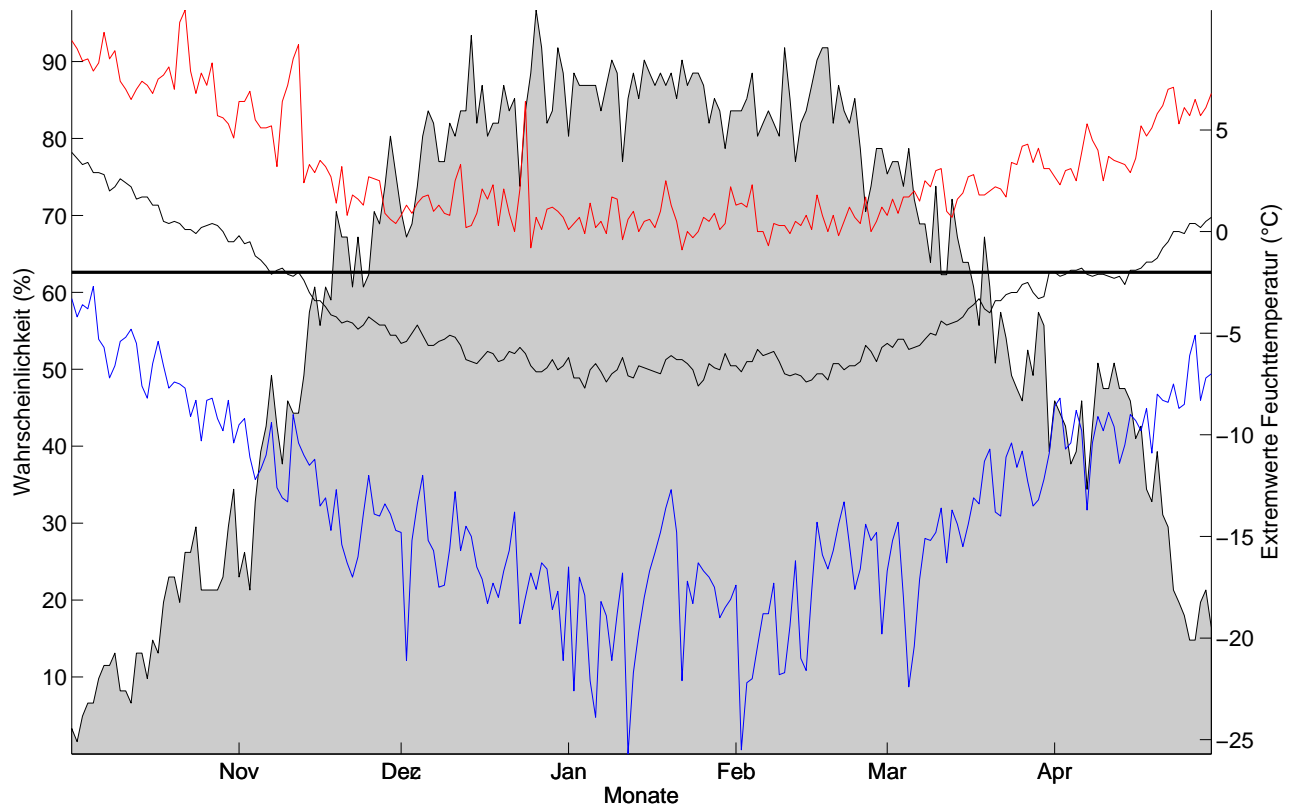


Abbildung 3.13: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Obergurgl, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1953-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), Obergurgl 1942m

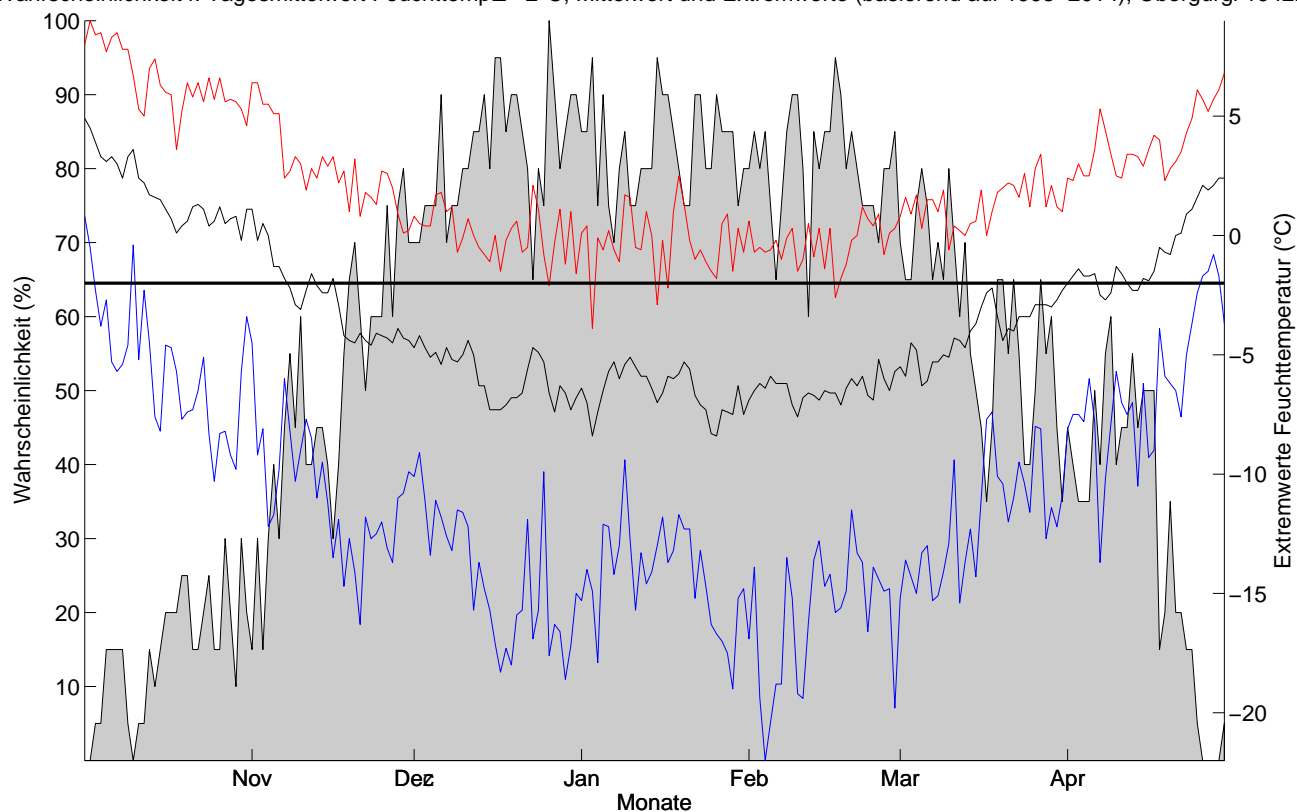


Abbildung 3.14: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Obergurgl, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

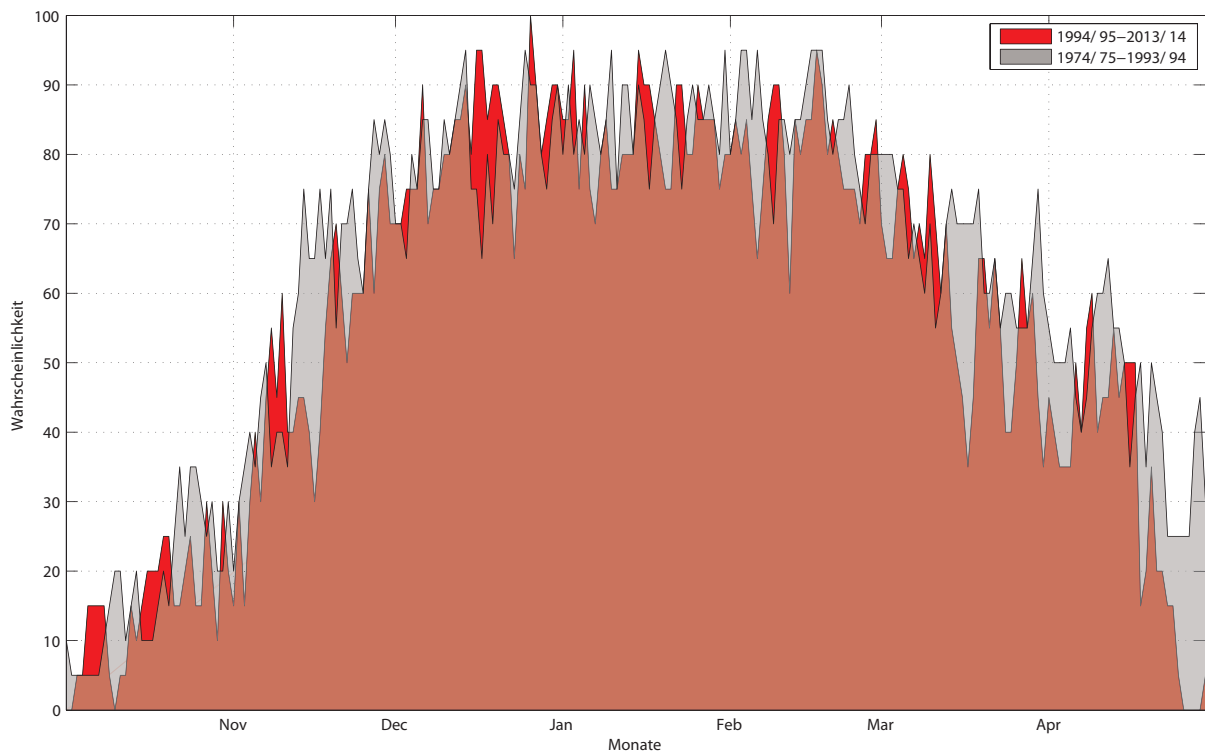


Abbildung 3.15: Vergleich Beschneigungswahrscheinlichkeit (Tagesmittelwert $T_f \leq -2^\circ\text{C}$) der letzten 20 Jahre mit den 20 Jahren davor für alle Tage der Saison (1.10.-30.4.).

Im Mittel über die gesamte Saison gesehen, ist die Wahrscheinlichkeit Beschneien zu können, in den letzten 20 Jahren im Vergleich zu den 20 Jahren davor von etwa 62 auf etwa 57% gesunken. Vor allem in der Nachsaison ab Mitte März zeigen sich in den letzten 20 Jahren Einbrüche in der Schneiwahrscheinlichkeit. Siehe Abb. 3.15

Beschneitage Obergurgl pro Saison und Monat

Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	5	16	26	28	24	20	11
SD	5	5	4	3	4	5	5
1953/54	3	8	13	29	25	23	16
1954/55	4	15	23	24	26	23	13
1955/56	7	17	22	29	28	16	12
1956/57	11	25	28	28	20	8	7
1957/58	2	15	28	31	16	24	14
1958/59	6	14	27	31	26	10	6
1959/60	4	22	28	26	23	21	9
1960/61	7	18	26	29	23	16	0
1961/62	6	18	22	30	28	25	16
1962/63	3	20	31	29	28	24	7
1963/64	3	11	28	31	24	15	2
1964/65	11	11	28	23	28	NaN	NaN
1965/66	1	19	27	27	9	25	2
1966/67	3	23	27	24	18	18	13
1967/68	3	12	26	30	20	17	8
1968/69	1	16	28	29	25	17	8
1969/70	1	16	30	24	23	23	16
1970/71	7	12	30	30	28	27	3
1971/72	5	18	25	30	23	21	14
1972/73	7	16	26	28	28	26	21
1973/74	9	15	26	25	26	16	13
1974/75	29	22	25	28	27	26	12
1975/76	6	18	28	30	25	24	9
1976/77	2	23	29	27	24	13	15
1977/78	0	16	16	NaN	NaN	NaN	NaN
1978/79	2	10	24	27	24	21	20
1979/80	1	20	22	30	26	27	24
1980/81	11	17	29	30	27	16	9
1981/82	10	18	30	26	28	26	20
1982/83	1	15	23	23	27	21	11

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

1983/84	4	16	23	29	28	30	19
1984/85	1	8	24	29	21	28	15
1985/86	2	23	19	28	28	26	13
1986/87	7	11	28	30	22	25	14
1987/88	0	15	18	29	28	27	7
1988/89	2	24	26	28	19	16	12
1989/90	5	22	23	28	18	15	15
1990/91	3	20	29	29	25	13	11
1991/92	9	21	29	30	25	24	14
1992/93	8	8	28	22	28	24	13
1993/94	5	21	25	27	25	10	13
1994/95	5	6	23	30	25	27	11
1995/96	0	21	27	27	28	25	9
1996/97	5	15	24	28	25	18	20
1997/98	9	17	24	28	15	23	14
1998/99	6	25	26	NaN	NaN	NaN	NaN
1999/00	4	24	27	26	24	21	9
2000/01	1	16	21	28	22	11	17
2001/02	0	20	26	25	17	14	9
2002/03	4	10	24	30	28	17	10
2003/04	14	11	25	30	20	22	12
2004/05	2	18	28	29	27	14	11
2005/06	0	14	30	30	27	21	9
2006/07	0	8	19	16	23	18	2
2007/08	7	21	29	24	20	21	13
2008/09	3	16	27	31	26	26	1
2009/10	9	13	25	31	25	21	10
2010/11	8	15	26	25	23	17	3
2011/12	7	4	23	28	25	10	11
2012/13	5	9	27	25	27	24	10
2013/14	1	14	29	21	24	17	4

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

Tabelle 3.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen
(Monatsweise) für die Periode 1953 - 2014, Oberrurgl.

Klimaparameter (Saisonmittel) und Schneitage				
Jahr	Temperatur	Relative Luftfeuchte	Feuchttemperatur	Schneitage
Jahr	°C	%	°C	-
Mittelwert	-1,5	62,7	-3,8	129
SD	0,8	4,5	0,7	14
1953/54	-1,6	64,8	-3,6	117
1954/55	-1,5	64,9	-3,6	128
1955/56	-2,9	65,8	-4,8	131
1956/57	-1,2	62,6	-3,5	127
1957/58	-1,7	63,0	-3,9	130
1958/59	-0,6	60,5	-3,1	120
1959/60	-1,4	62,4	-3,7	133
1960/61	-0,7	60,2	-3,1	119
1961/62	-2,0	58,0	-4,4	145
1962/63	-2,9	58,2	-5,2	142
1963/64	-0,4	54,2	-3,3	114
1964/65	-2,9	73,6	-4,6	101
1965/66	-0,9	66,6	-3,1	110
1966/67	-1,8	69,2	-3,6	126
1967/68	-0,3	64,3	-2,7	116
1968/69	-1,0	63,1	-3,3	124
1969/70	-2,0	63,2	-4,2	133
1970/71	-2,1	60,8	-4,4	137
1971/72	-0,8	59,8	-3,3	136
1972/73	-2,5	57,2	-4,8	152
1973/74	-1,3	64,6	-3,5	130
1974/75	-2,5	67,7	-4,3	169
1975/76	-1,9	62,6	-4,0	140
<i>Fortsetzung auf der nächsten Seite</i>				

Klimaparamter – Fortsetzung

1976/77	-1,7	62,9	-3,9	133
1977/78	NaN	NaN	NaN	NaN
1978/79	-1,9	65,8	-4,0	128
1979/80	-2,2	62,8	-4,3	150
1980/81	-2,4	60,9	-4,6	139
1981/82	-2,7	63,7	-4,7	158
1982/83	-1,2	60,4	-3,6	121
1983/84	-2,5	60,8	-4,8	149
1984/85	-2,0	59,5	-4,4	126
1985/86	-2,5	60,8	-4,7	139
1986/87	-2,0	58,4	-4,4	137
1987/88	-1,0	59,4	-3,4	124
1988/89	0,0	56,6	-2,7	127
1989/90	-0,1	50,3	-3,2	126
1990/91	-1,7	56,5	-4,3	130
1991/92	-1,5	59,5	-3,9	152
1992/93	-1,2	58,4	-3,7	131
1993/94	-1,2	59,6	-3,6	126
1994/95	-1,0	59,0	-3,5	127
1995/96	-1,4	57,1	-4,0	137
1996/97	-1,0	55,5	-3,6	135
1997/98	-0,8	58,9	-3,3	130
1998/99	NaN	NaN	NaN	NaN
1999/00	-1,9	67,1	-3,8	135
2000/01	-1,0	67,8	-2,9	116
2001/02	-0,8	68,0	-2,8	111
2002/03	-1,7	68,1	-3,5	123
2003/04	-2,1	66,4	-4,1	134
2004/05	-2,2	64,0	-4,2	129
2005/06	-2,4	68,0	-4,3	131
2006/07	1,3	63,3	-1,2	86
2007/08	-1,6	65,5	-3,6	135
2008/09	-1,8	69,8	-3,5	130
<i>Fortsetzung auf der nächsten Seite</i>				

Klimaparamter – Fortsetzung

2009/10	-2,4	66,3	-4,3	134
2010/11	-1,4	68,5	-3,3	117
2011/12	-1,2	68,8	-3,2	108
2012/13	-1,9	68,8	-3,8	127
2013/14	-0,2	65,8	-2,3	110

Tabelle 3.2: Saisonale Klimaparameter und Schneitage für die Periode 1953-2014, Obbergurgl.

3.17.3 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

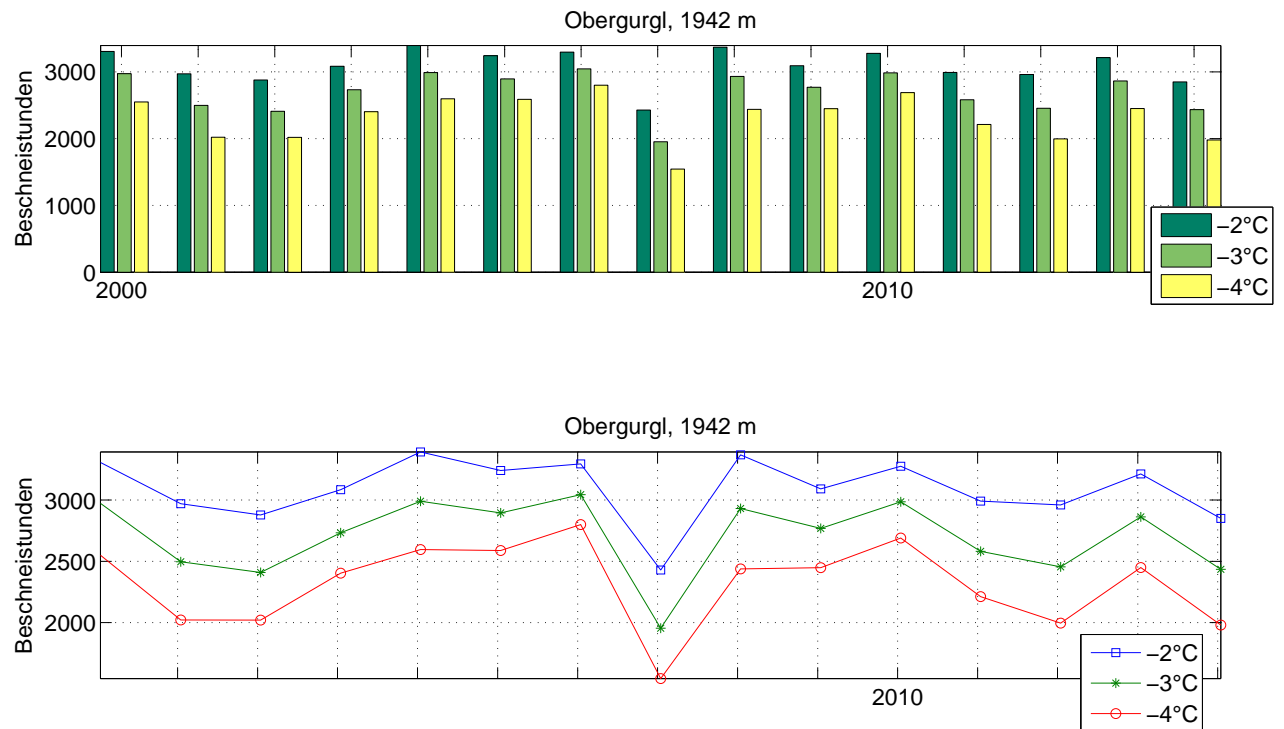
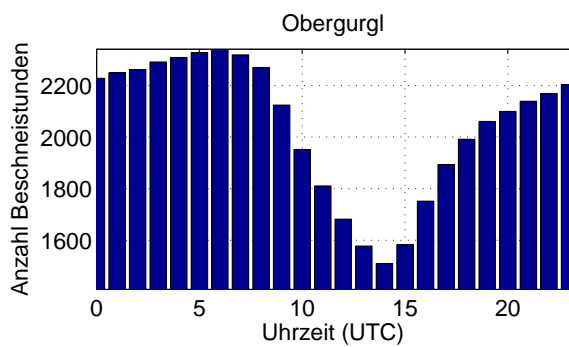
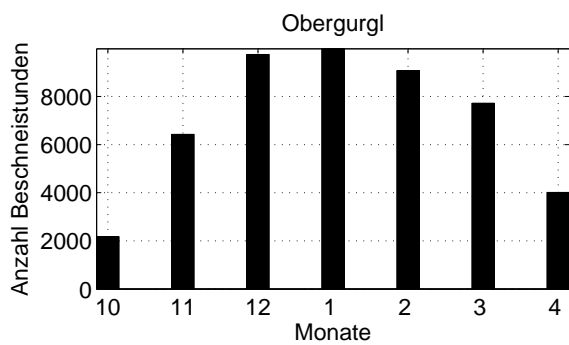
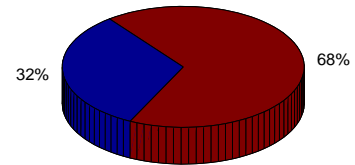


Abbildung 3.16: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 247 Stunden (10 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es im Mittel 3090 potentielle Beschneistunden (ca. 129 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 247 Stunden (ca. 10 Tage). Siehe Abb. 3.16.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

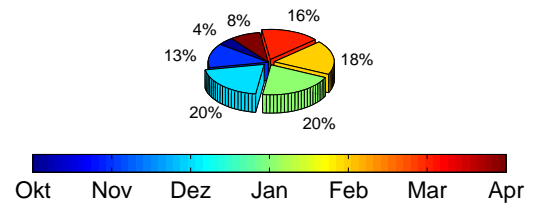


Abbildung 3.17: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

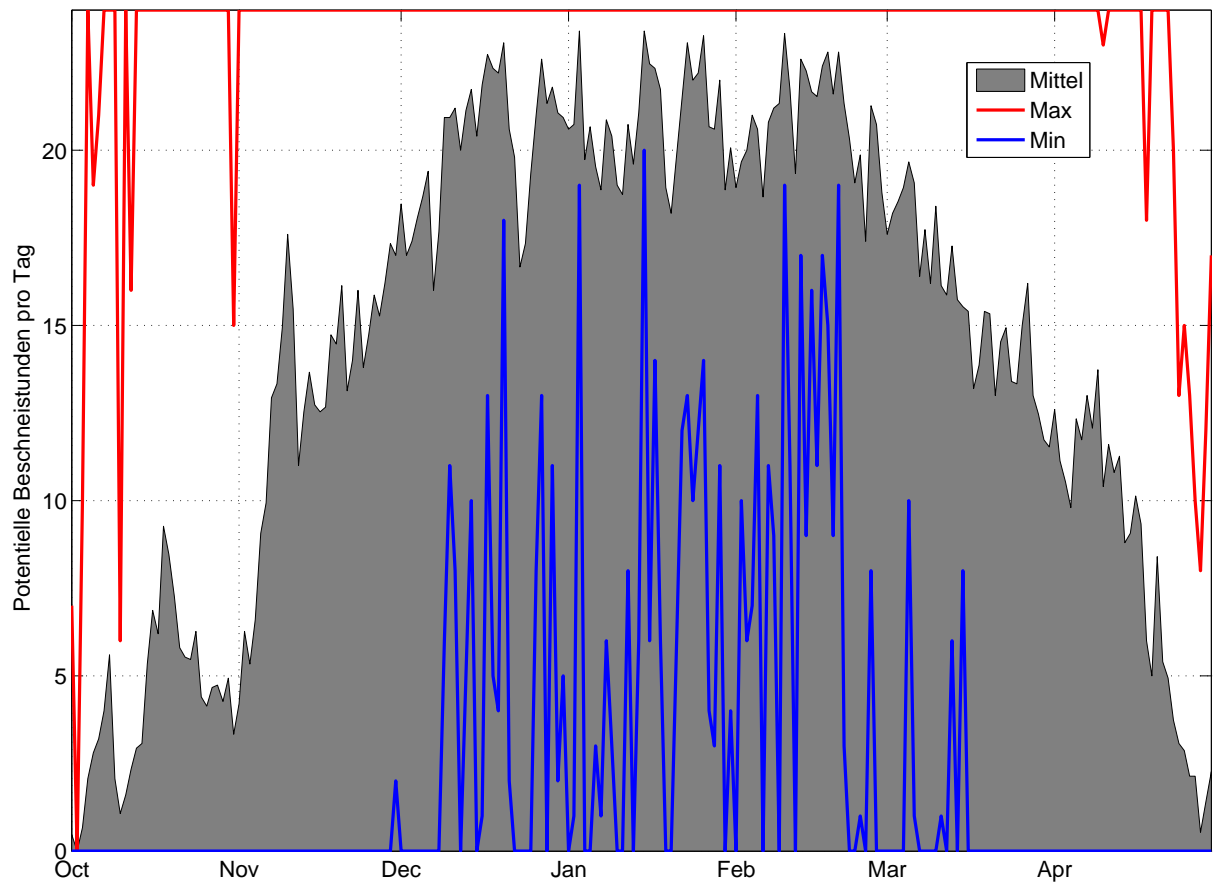


Abbildung 3.18: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1999-2014, Station Obergurgl, 1942 m.

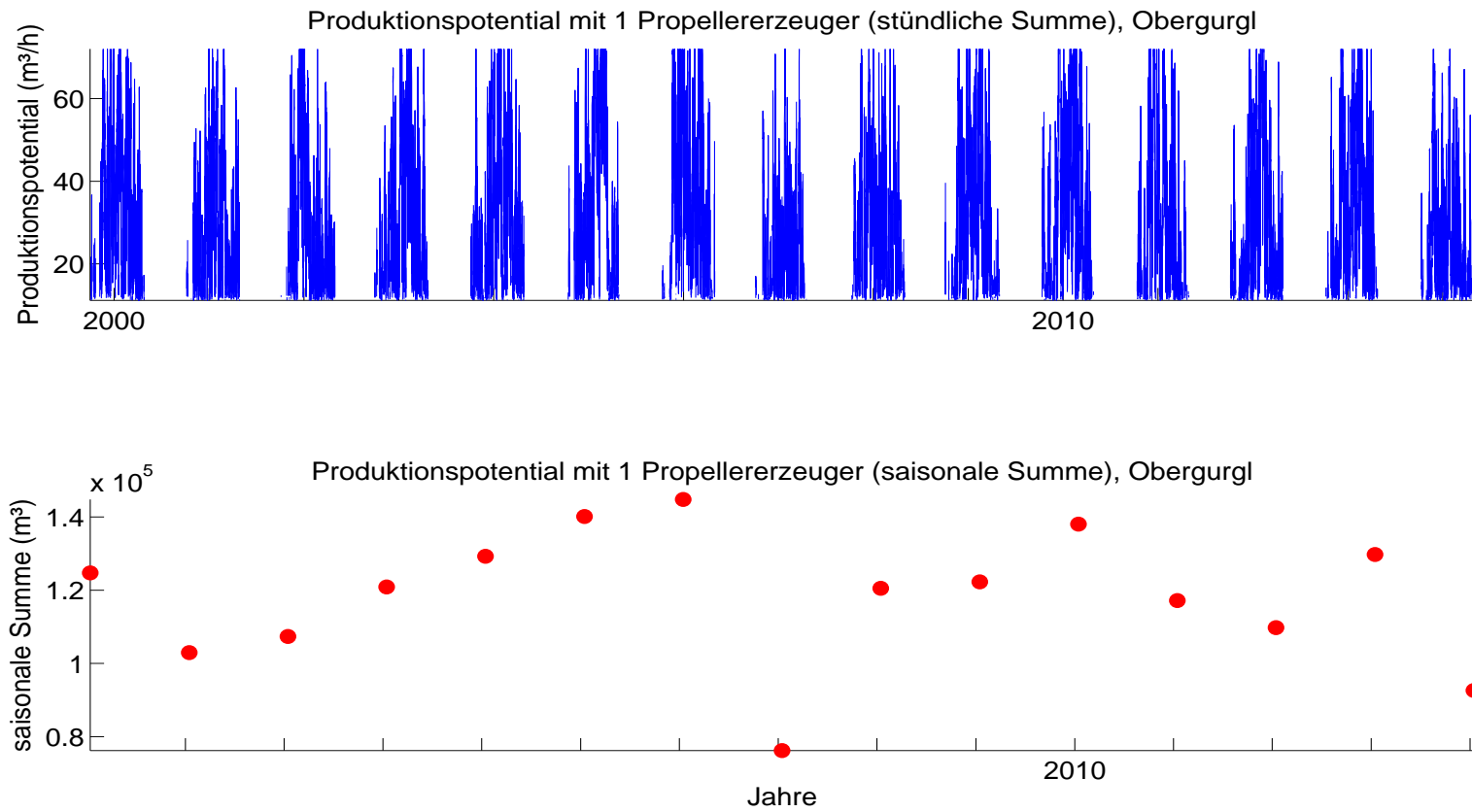
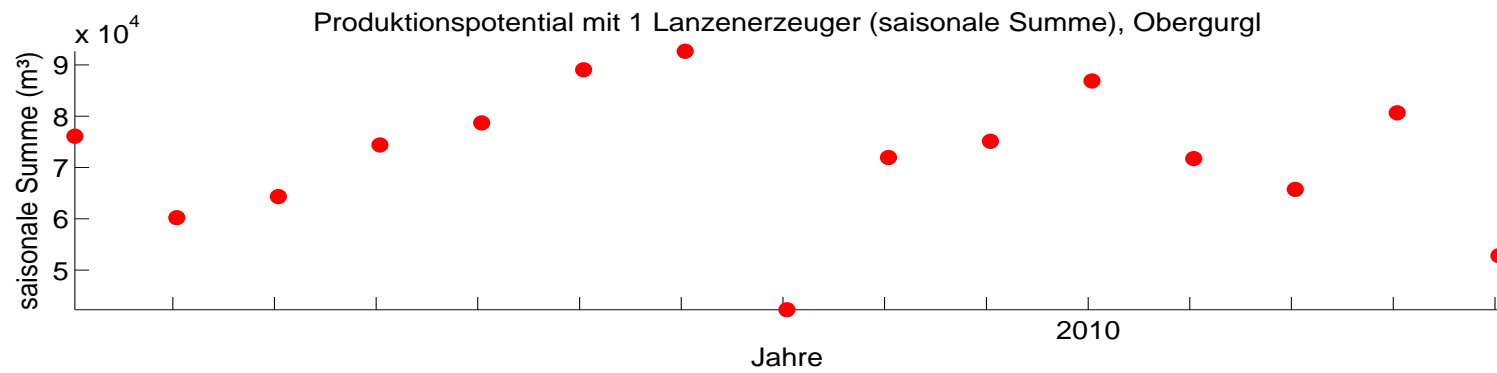
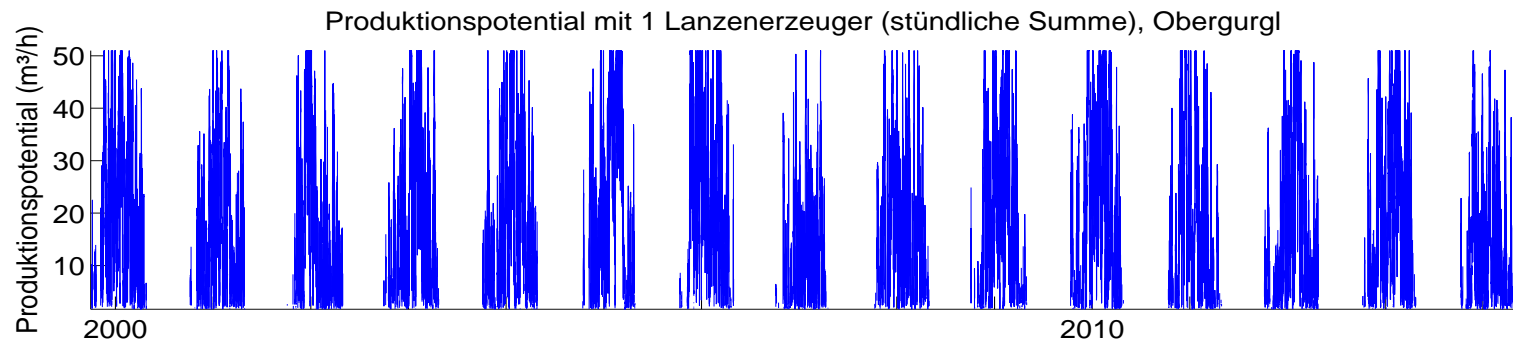


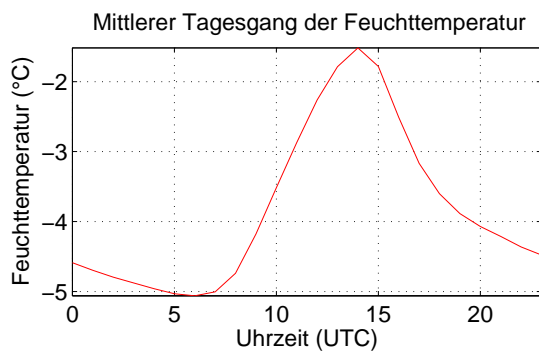
Abbildung 3.19: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.



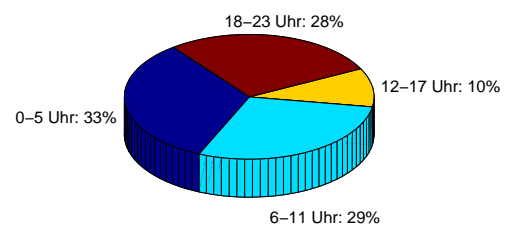
582

Abbildung 3.20: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

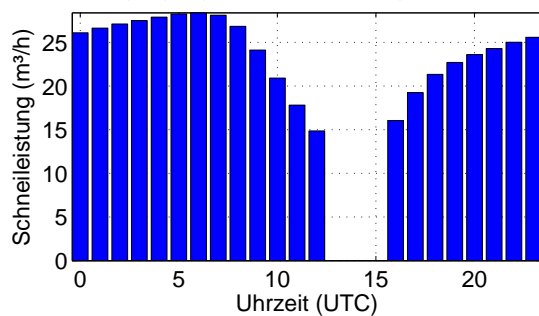
Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 17178 m^3 (Propellengerät), bzw. 13111 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 123135 m^3 (Propellengerät), bzw. 102245 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 42 ha (Propellengerät), bzw. ca. 35 ha (Lanze) eine Grundbeschneieung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 3.19 und 3.20.



Zeitliche Verteilung der künstlich erzeugbaren Schneemenge



Mittlerer Tagesgang der Schneileistung (Propellerezeuger)



Mittlerer Tagesgang der Schneileistung (Lanzenerzeuger)

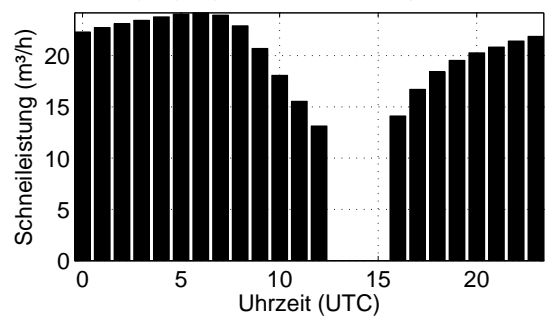


Abbildung 3.21: Mittlerer Tagesgang der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1999-2014, Obergurgl, 1942 m.

Zwischen 13 und 15 Uhr UTC bricht erreicht die Feuchttemperatur im Saisonmittel Werte über dem Grenzwert und es gibt deutliche Einbrüche in der Schneileistung. An einem durchschnittlichen Tag können mit einem Propellerezeuger $21 \text{ m}^3/\text{h}$, mit einem Lanzenerzeuger $18 \text{ m}^3/\text{h}$ produziert werden. Siehe Abb. 3.21.

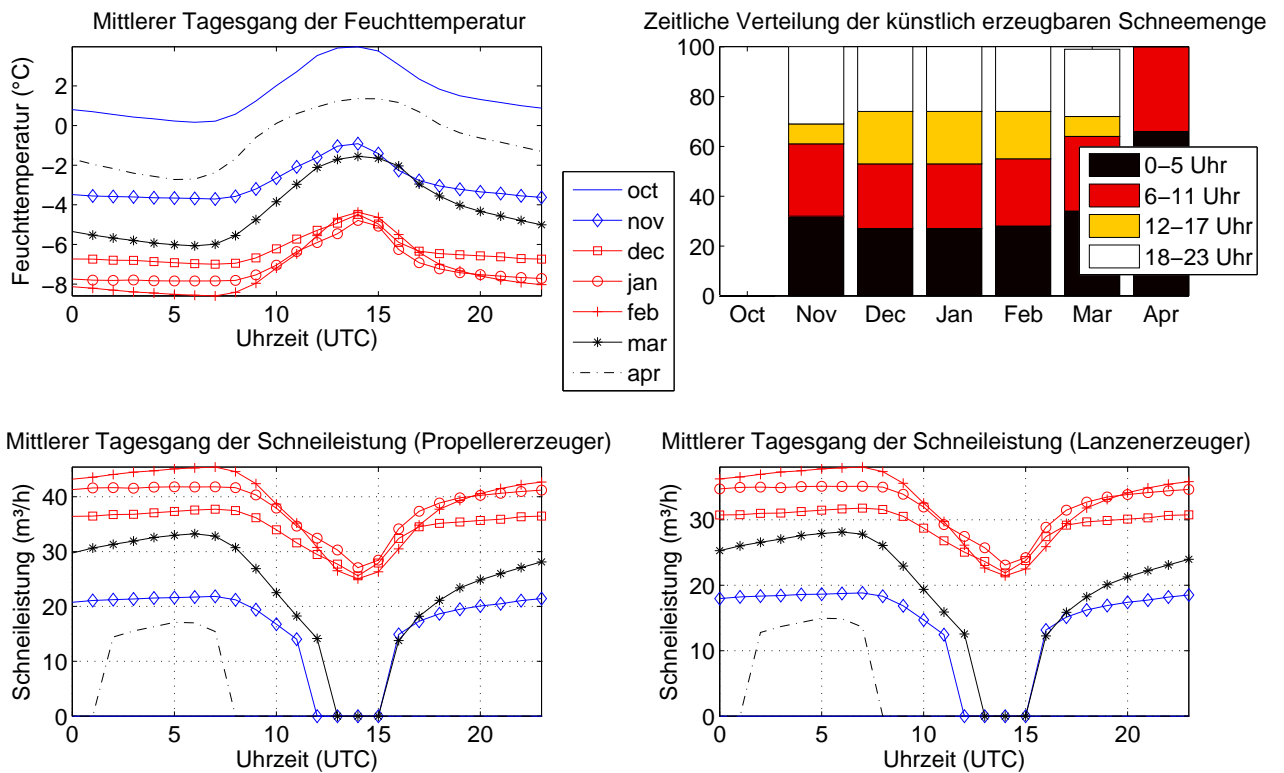


Abbildung 3.22: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1999-2014, Obergurgl, 1942 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

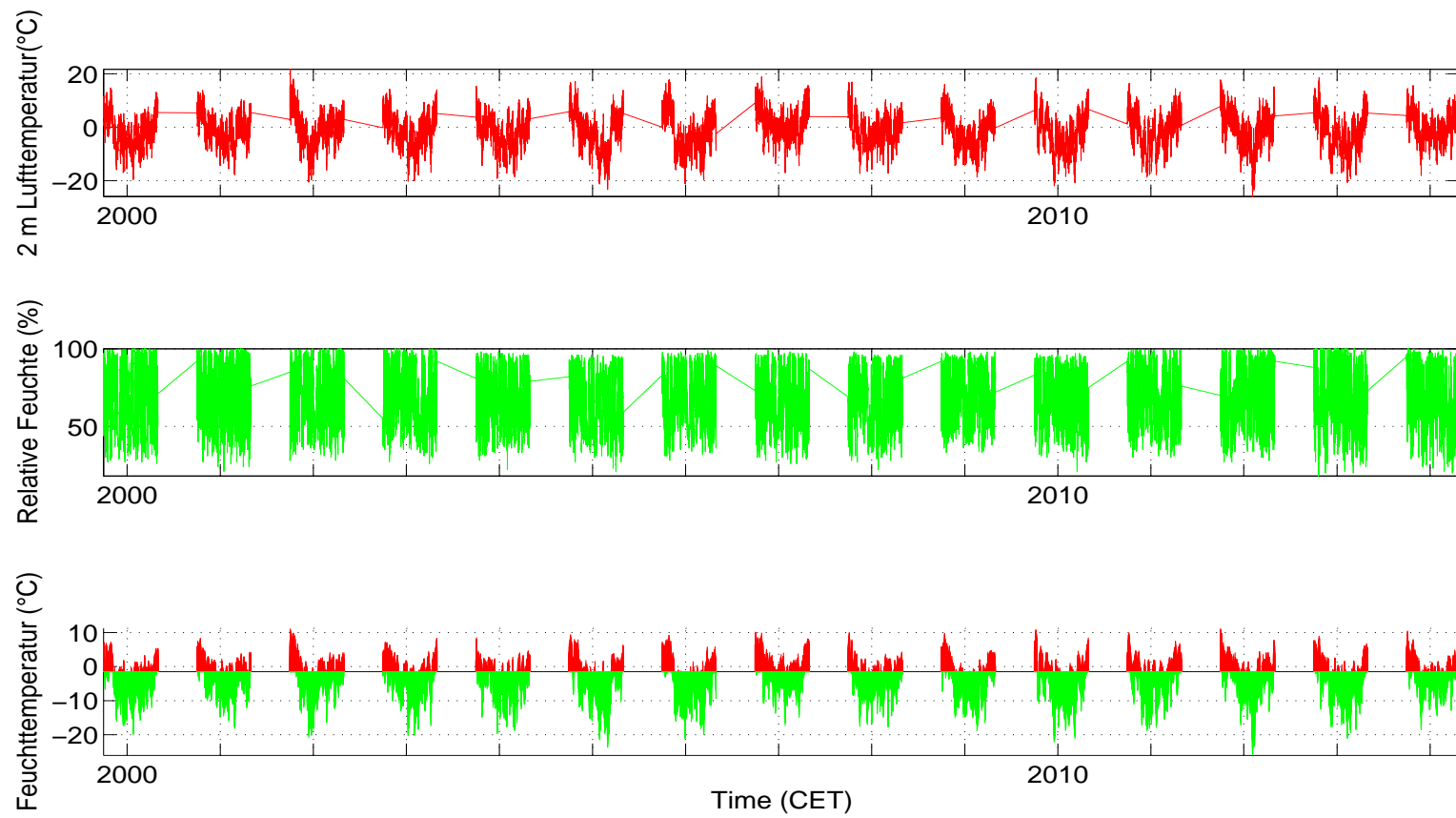


Abbildung 3.23: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Schneistunden mit versch. Grenztemp.				
	-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	3277	3090	2701	2316
SD	220	247	295	330
Saison				
1999/00	3443	3306	2972	2549
2000/01	3191	2970	2497	2022
2001/02	3118	2878	2409	2020
2002/03	3249	3084	2733	2404
2003/04	3587	3393	2990	2596
2004/05	3378	3241	2895	2588
2005/06	3411	3295	3044	2800
2006/07	2669	2429	1954	1544
2007/08	3539	3369	2931	2438
2008/09	3305	3091	2769	2448
2009/10	3446	3276	2986	2690
2010/11	3194	2991	2582	2212
2011/12	3191	2960	2455	1996
2012/13	3372	3213	2863	2450
2013/14	3054	2850	2435	1980

Tabelle 3.3: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen -1,5 und -4 °C.

Potentielle Beschneistunden (Obergurgl)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	129	389	624	645	583	484	236
SD	105	87	57	78	57	85	100
Saison							
1999/00	133	576	656	654	557	524	206
2000/01	50	426	516	643	585	299	452
2001/02	7	466	638	623	438	401	305
2002/03	124	274	566	682	654	483	301
2003/04	369	313	614	703	540	564	290
2004/05	62	460	696	705	637	394	287
2005/06	21	412	721	726	654	538	223
2006/07	10	272	535	468	548	501	95
2007/08	194	494	685	589	525	560	322
2008/09	76	390	632	731	590	589	83
2009/10	240	327	603	740	611	502	253
2010/11	259	370	614	605	593	443	107
2011/12	193	292	585	670	600	380	240
2012/13	124	360	653	615	642	584	236
2013/14	70	410	641	522	572	492	143

Tabelle 3.4: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Propeller (m ³) (Obergurgl)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	4363	14117	25184	28085	25314	18255	7818
SD	3335	4450	5106	5291	6798	4174	2971
Saison							
1999/00	3560	22094	27252	30128	21634	17316	6953
2000/01	1705	13671	18762	26450	23430	10237	14123
2001/02	527	16577	32880	25867	14111	14232	8226
2002/03	3876	8775	19448	31706	33437	16595	11813
2003/04	12829	9803	22504	33564	23477	23085	9125
2004/05	1963	17416	24612	32626	37897	20286	8844
2005/06	1266	19900	34149	32353	27422	24849	7878
2006/07	820	9863	17380	17288	16499	16868	2885
2007/08	7014	19583	27130	20603	19865	21669	9827
2008/09	2366	15407	23637	33035	27645	21197	3377
2009/10	8332	10281	28766	35761	28398	21992	9031
2010/11	7561	15169	31549	28043	19919	15466	3967
2011/12	6251	7154	21289	26917	33243	12237	8565
2012/13	4933	9913	27945	27081	33499	22457	7686
2013/14	2435	16146	20453	19848	19227	15346	4977

Tabelle 3.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der potentiellen Schneileistung, Lanze, (m ³) (Obergurgl)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	3847	11990	20678	23038	20538	15317	6838
SD	2828	3533	3685	4113	4899	3201	2492
Saison							
1999/00	3190	18433	22247	24718	18037	14814	6172
2000/01	1625	11800	15877	22088	19034	8980	12149
2001/02	538	14130	26089	21511	12087	12240	7290
2002/03	3505	7683	16571	25578	26777	14173	9932
2003/04	10981	8632	18694	27047	19284	19151	7990
2004/05	1759	14781	20379	25776	29509	16239	7784
2005/06	1263	16322	27348	26633	22504	20084	6882
2006/07	805	8618	14847	14414	14130	14386	2619
2007/08	6139	16287	22551	17189	16742	18125	8606
2008/09	2164	12933	19937	27312	22112	17846	3138
2009/10	7188	9006	22793	29186	22718	17912	7855
2010/11	6601	12677	24814	22797	16723	13258	3567
2011/12	5491	6374	17798	22272	25599	10632	7503
2012/13	4231	8696	22842	22235	26451	18733	6628
2013/14	2223	13471	17377	16808	16359	13186	4459

Tabelle 3.6: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

3.17.4 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

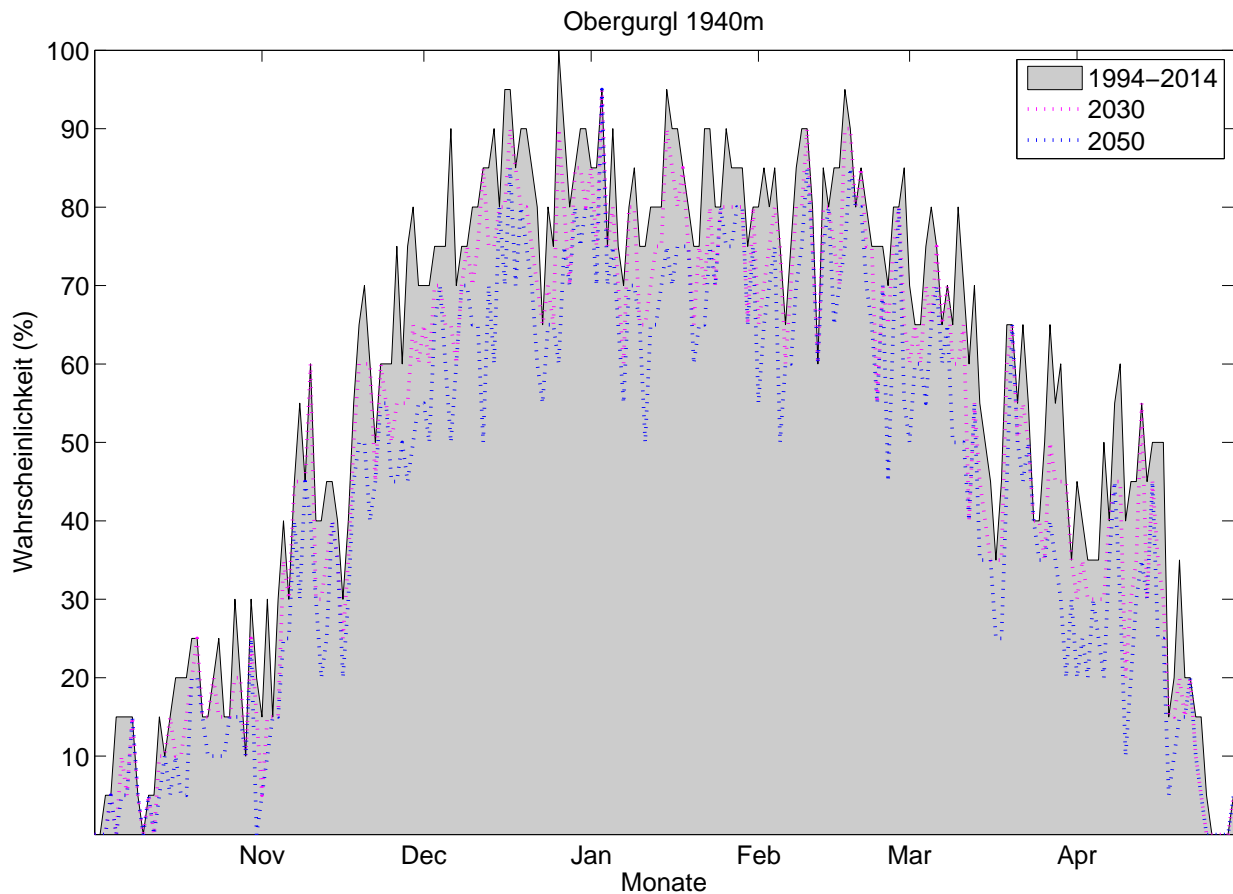


Abbildung 3.24: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Obergurgl, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

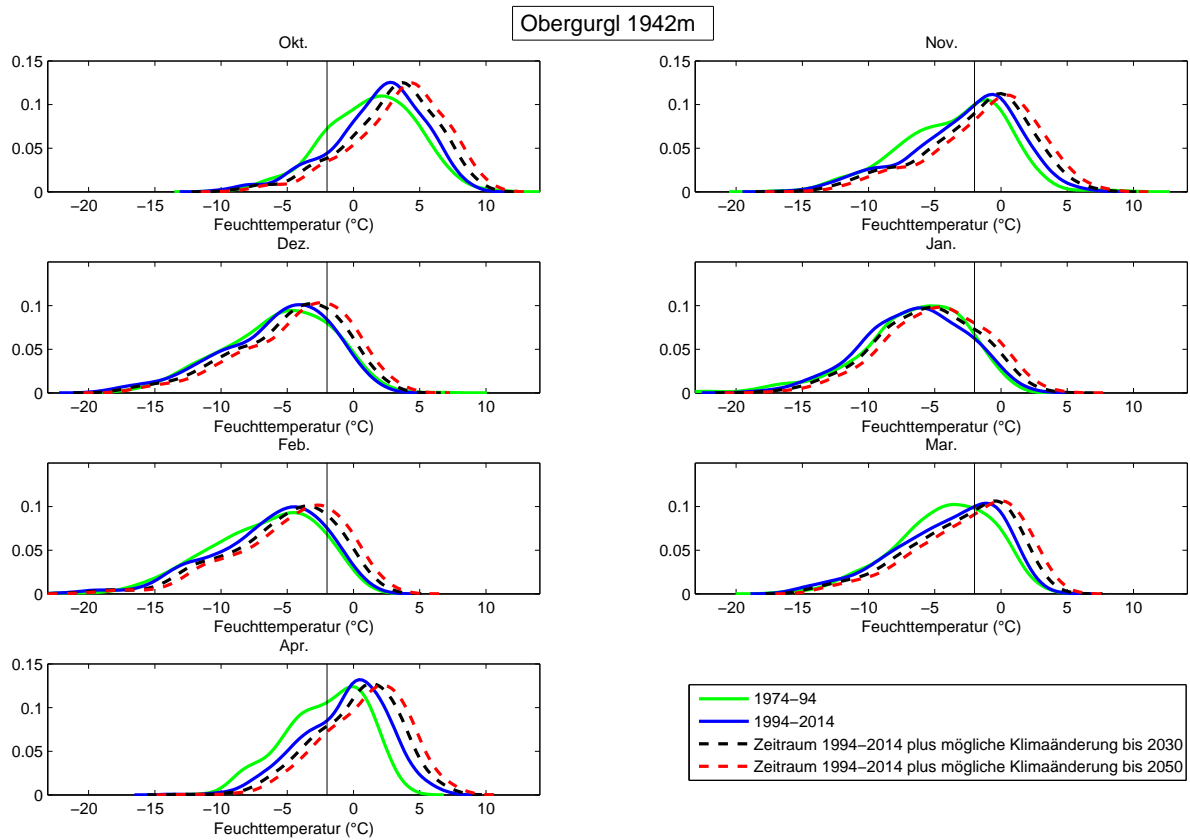


Abbildung 3.25: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchtttemperatur unter -2°C pro Monat, Villacher Alpe.

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Periode							
1974-1994	5,4	17,4	24,9	26,5	23,8	20,6	13,3
1994-2014	4,5	14,9	25,5	25,6	22,6	18,4	9,3
mit Klimaänderung bis 2030	3,5	12,7	23,1	23,7	20,9	16,2	7,0
mit Klimaänderung bis 2050	2,6	10,8	20,8	22,0	19,2	14,1	5,6
Abnahme bis 2050 in Tagen	2,0	4,1	4,8	3,6	3,4	4,3	3,7
Abnahme bis 2050 in %	43	27	19	14	15	23	40

Tabelle 3.7: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1974-94, 1994-2014 und 1994-2014 mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

Kapitel 4

Ergebnisse Deutschland

4.1 Zugspitze (2964 m)

4.1.1 Naturschnee

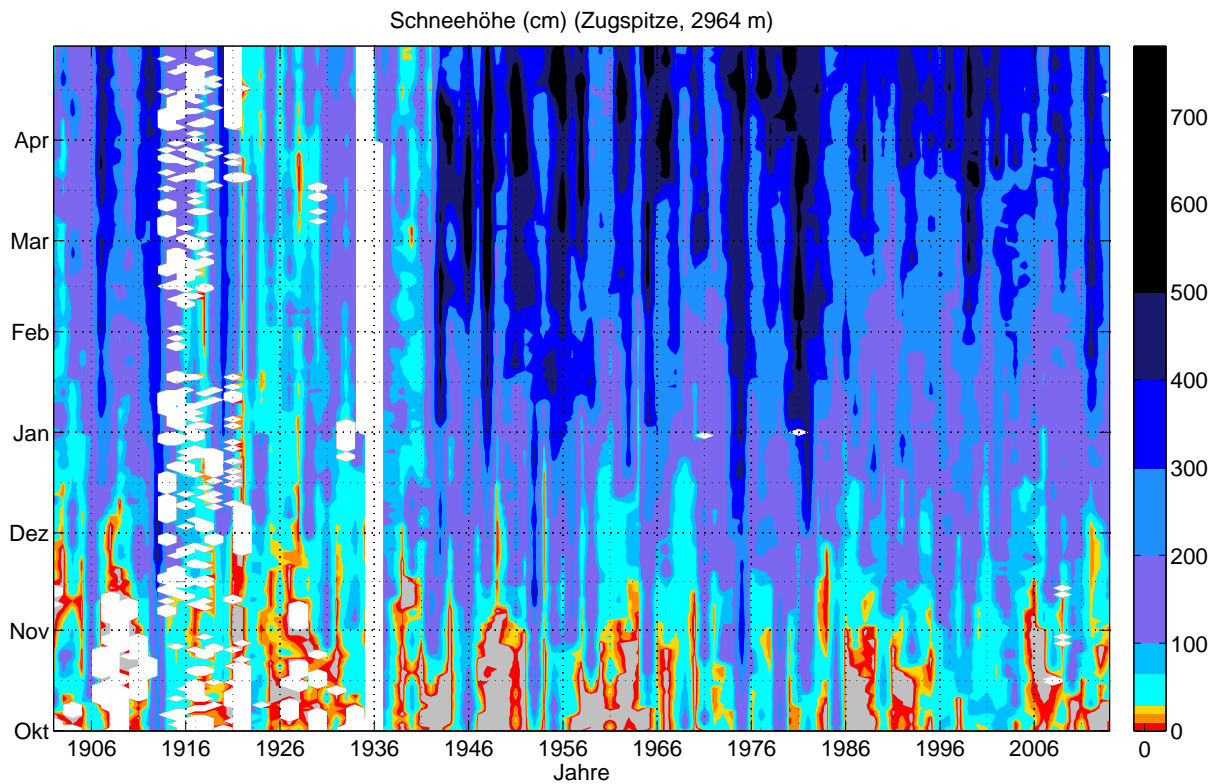


Abbildung 4.1: Tageswerte der Schneehöhe, Zugspitze, Okt.-Apr. 1901-2014. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt.

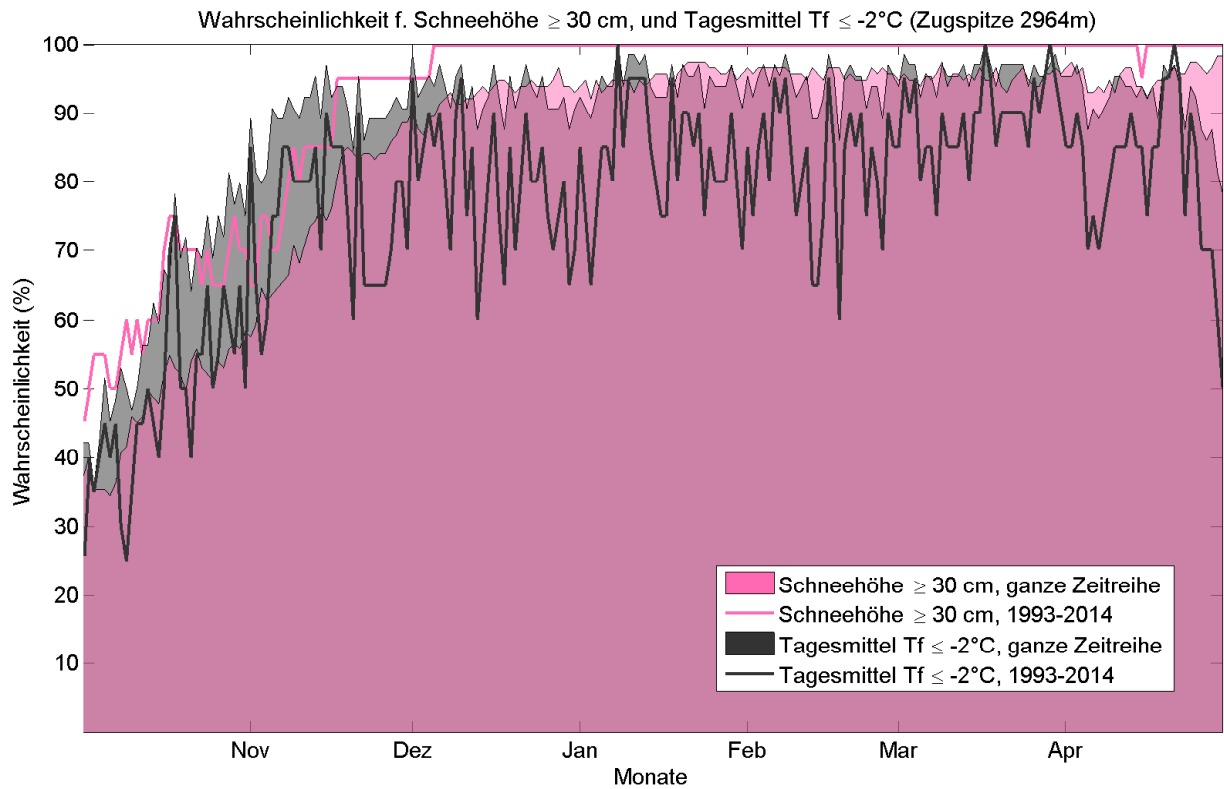


Abbildung 4.2: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchtttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Beschneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (Tf ab 1951, Schnee ab 1901).

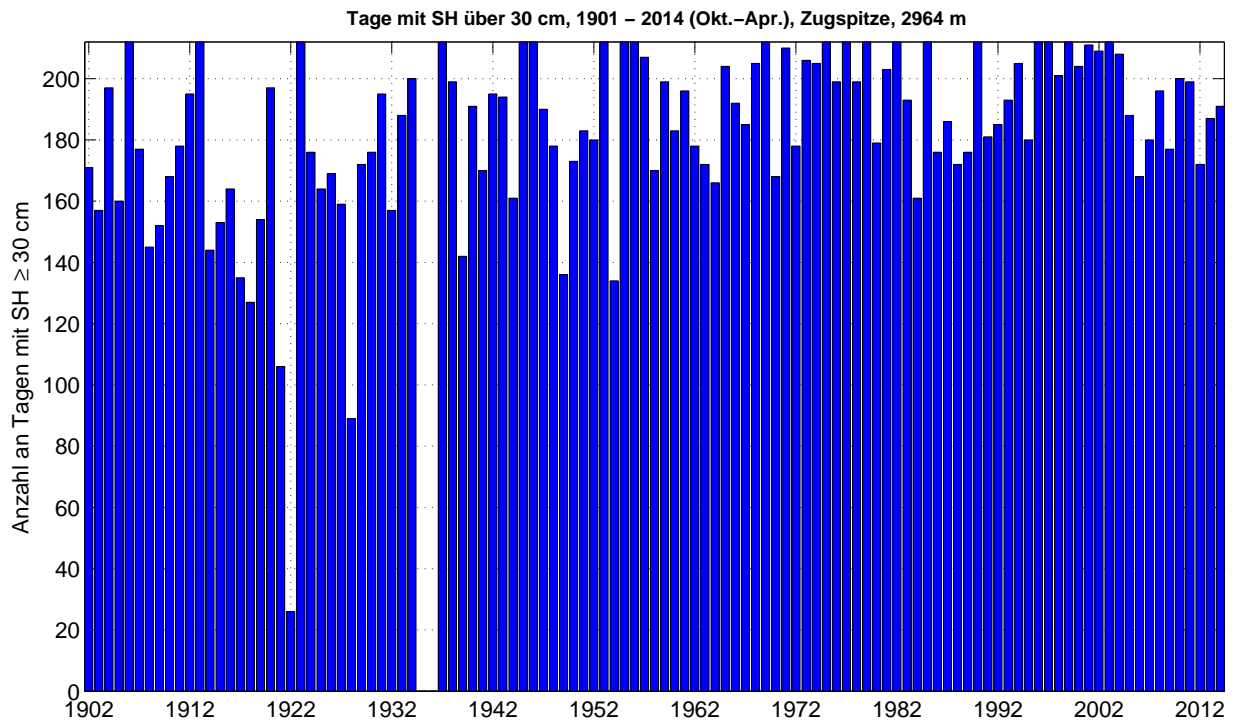


Abbildung 4.3: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1901-2014

4.1.2 Langzeitanalyse - Trends und Klima

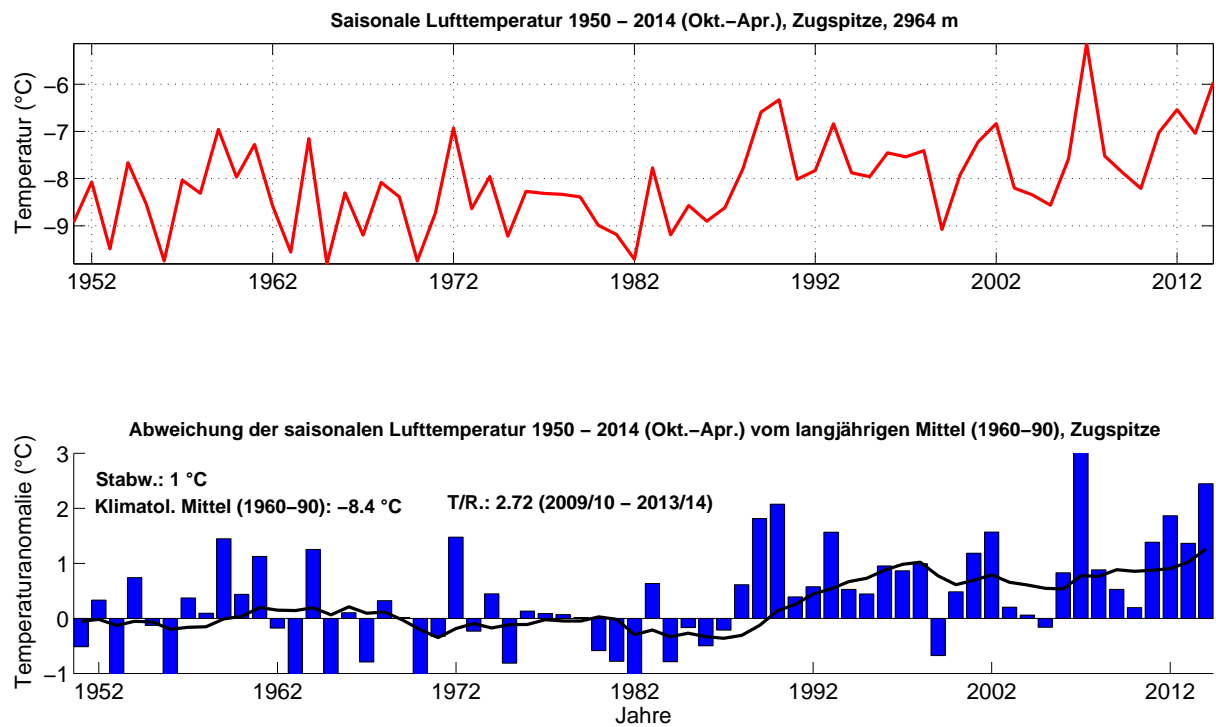


Abbildung 4.1: Langzeitanalyse der saisonalen Lufttemperatur, Zugspitze, Okt.-Apr. 1951-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

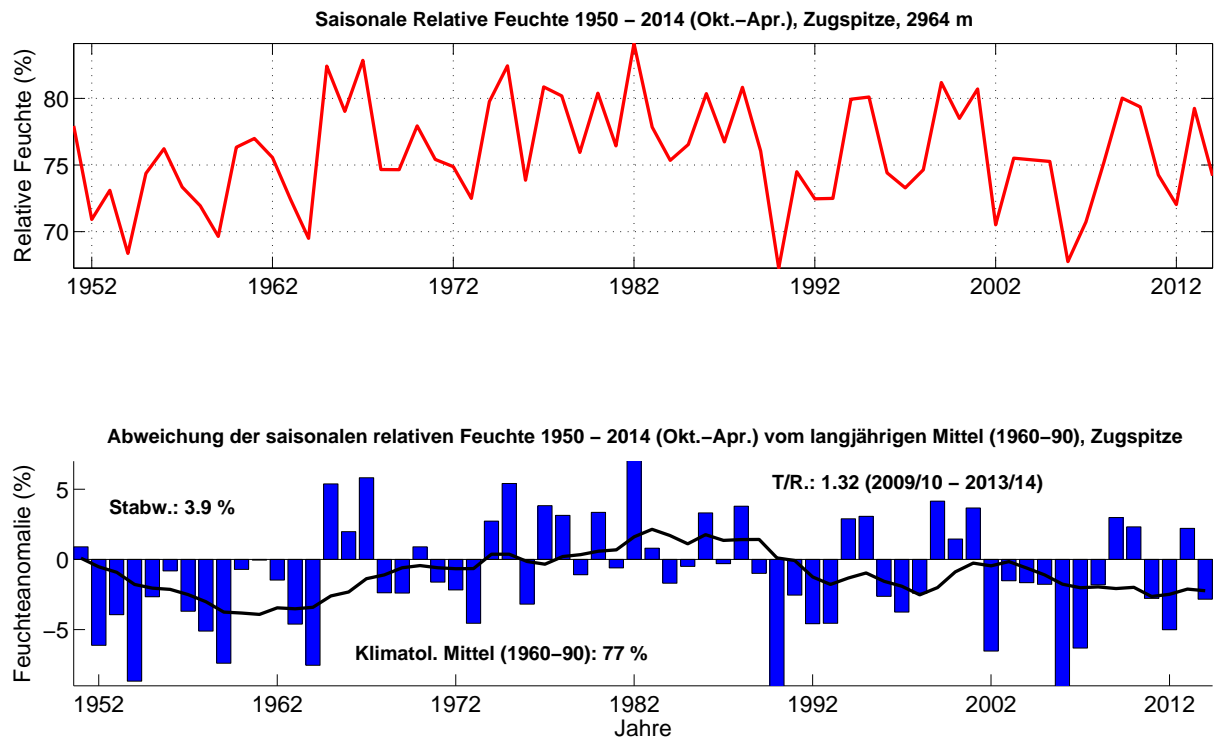


Abbildung 4.2: Langzeitanalyse der saisonalen relativen Feuchte, Zugspitze, Okt.-Apr. 1951-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

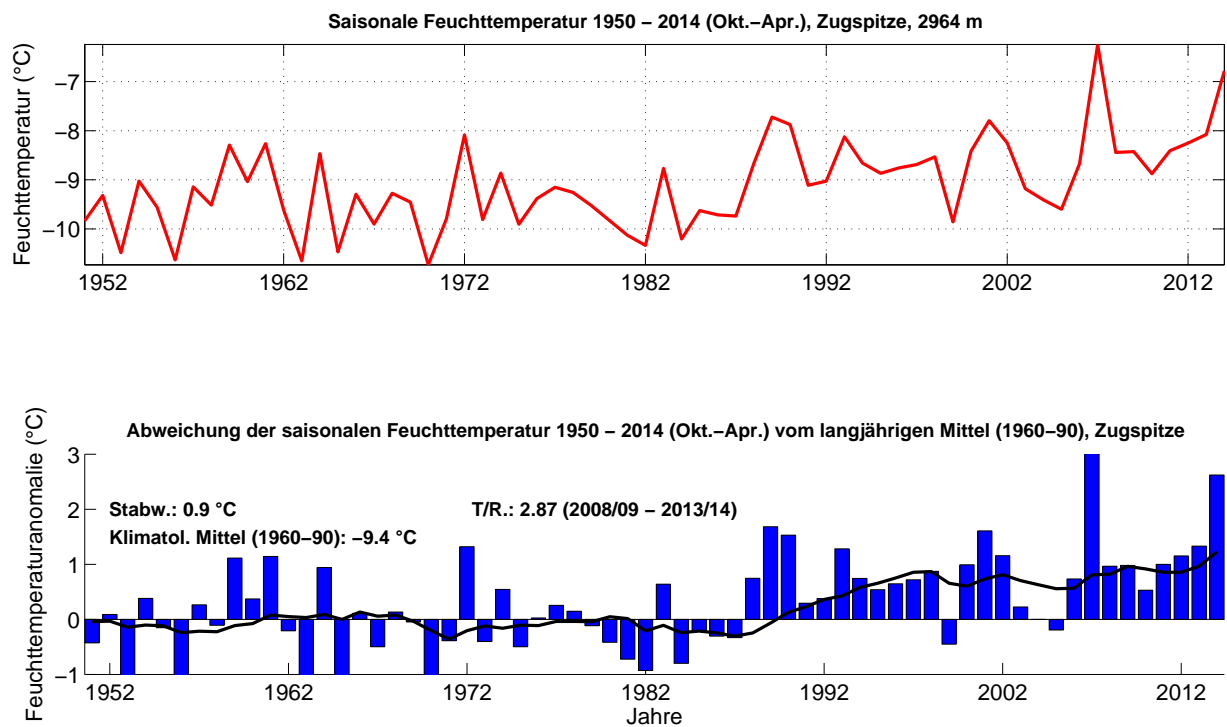


Abbildung 4.3: Langzeitanalyse der saisonalen Feuchttemperatur, Zugspitze, Okt.-Apr. 1951-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

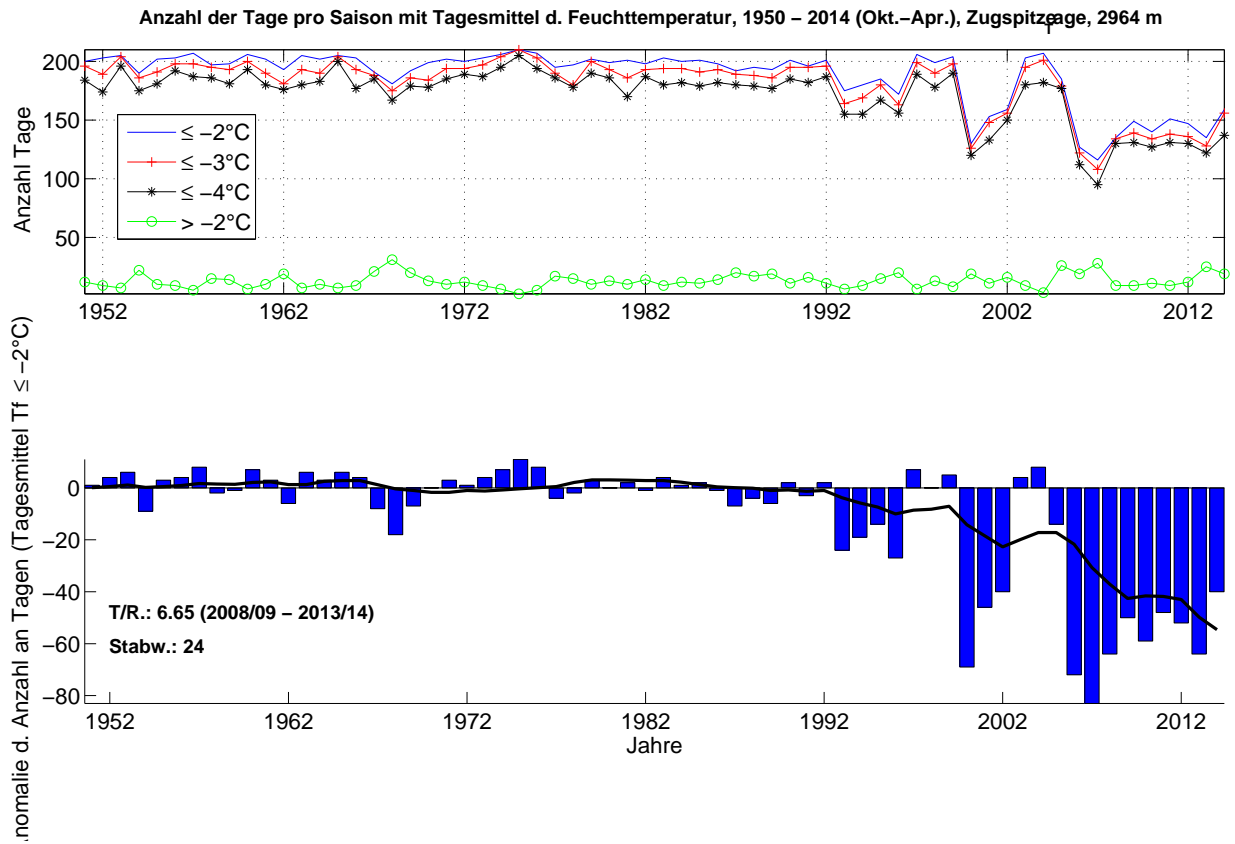


Abbildung 4.4: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur von -2°C , -3°C und -4°C , bzw. Überschreitung von -2°C , Periode 1951-2014, Zugspitze. Abweichung vom langjährigen Mittel für Tagesmittel $\leq -2^{\circ}\text{C}$ (unten).

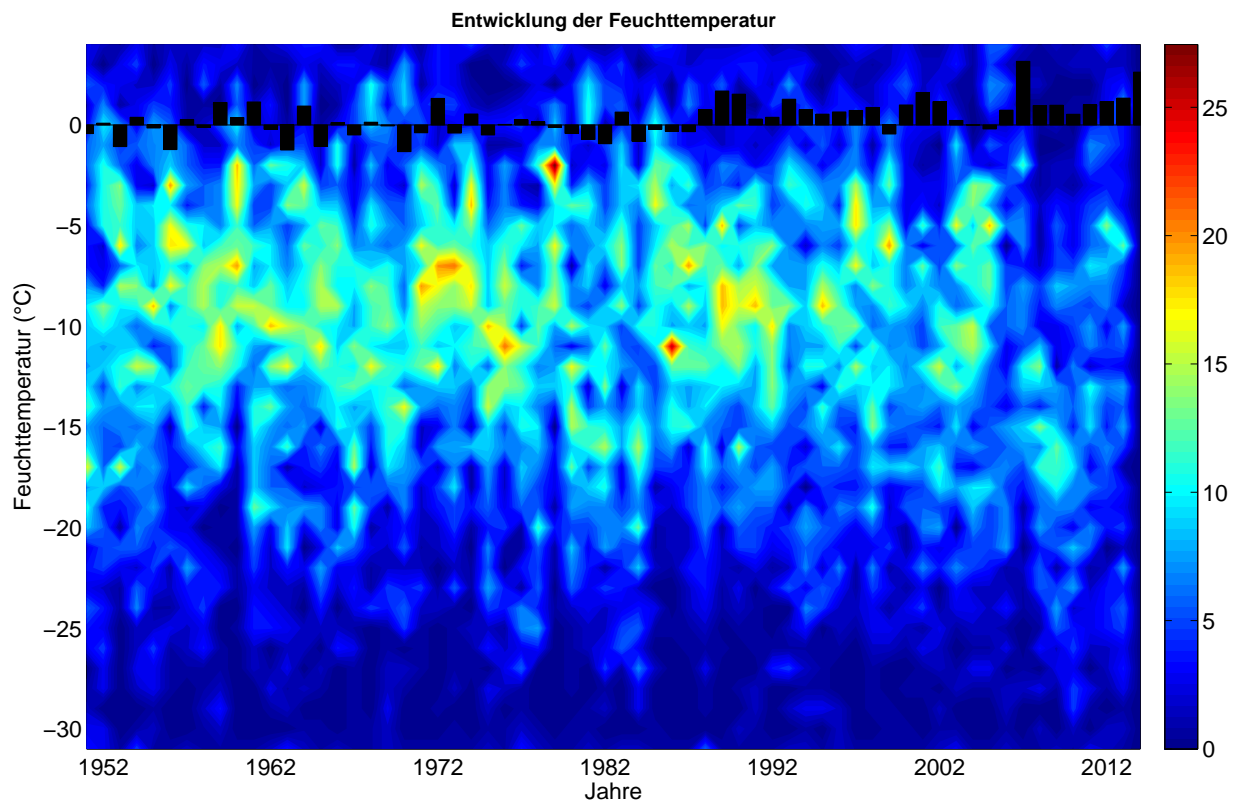


Abbildung 4.5: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1951-2014, Zugspitze. Die schwarzen Balken zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel (1960-90).

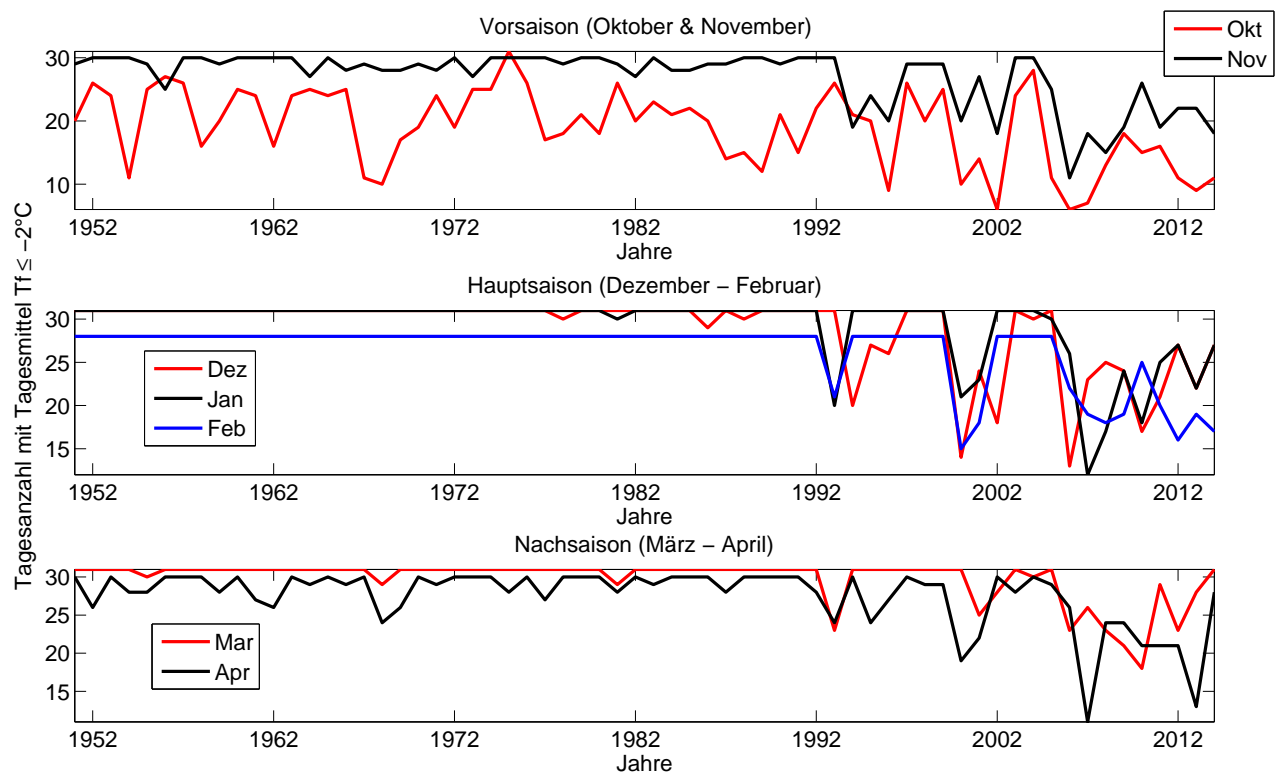


Abbildung 4.6: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Schneitagen pro Saison, nach Monaten.

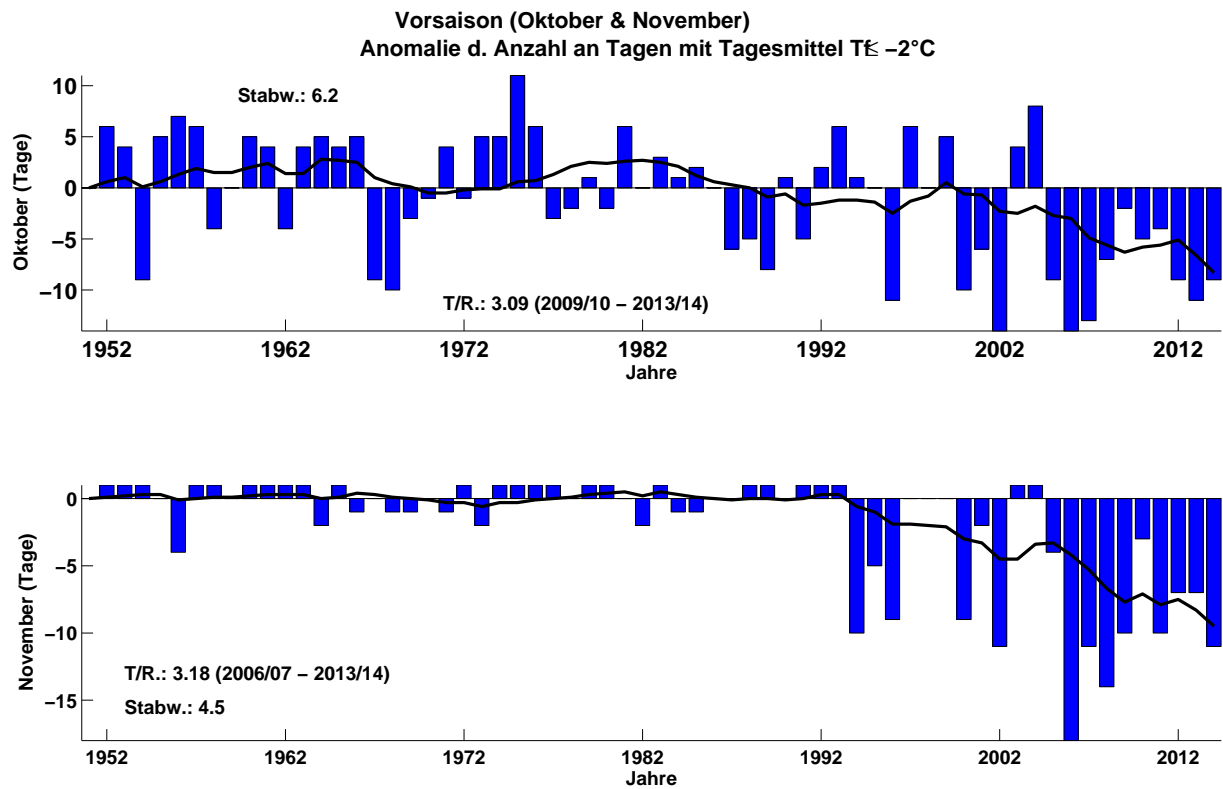


Abbildung 4.7: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Oktober und November (Vorsaison).

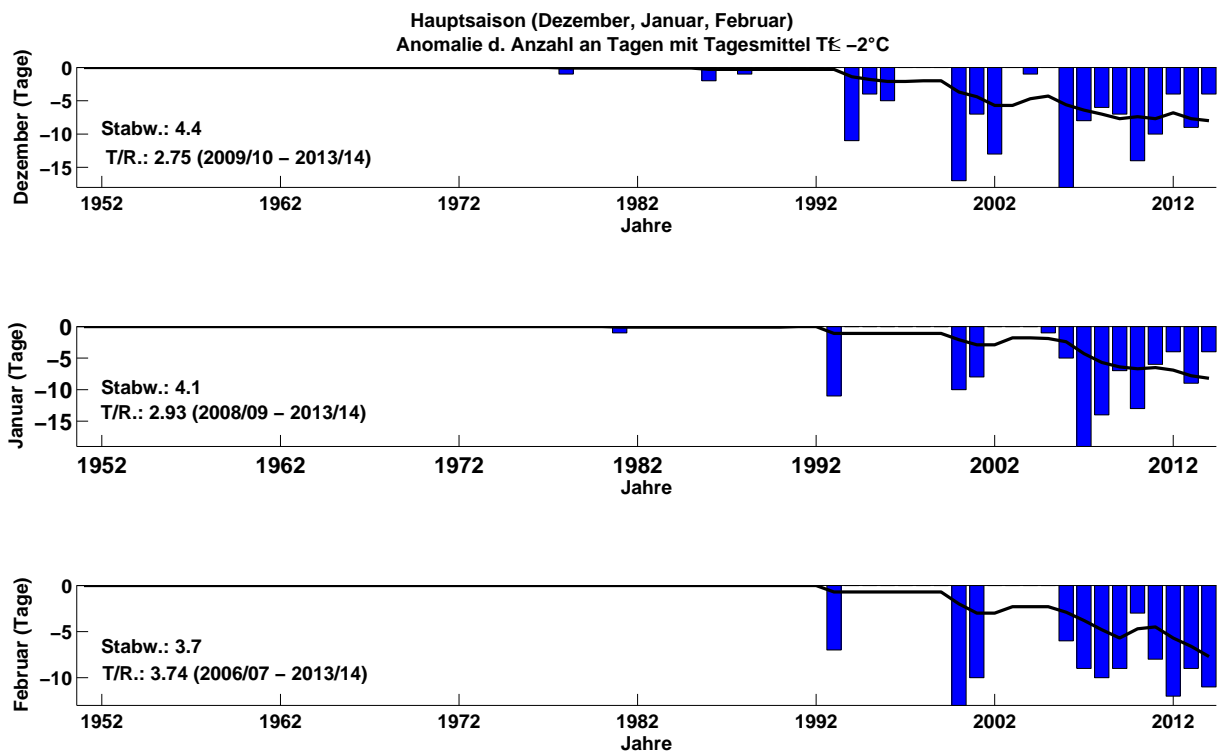


Abbildung 4.8: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Dezember, Januar, Februar (Hauptsaison).

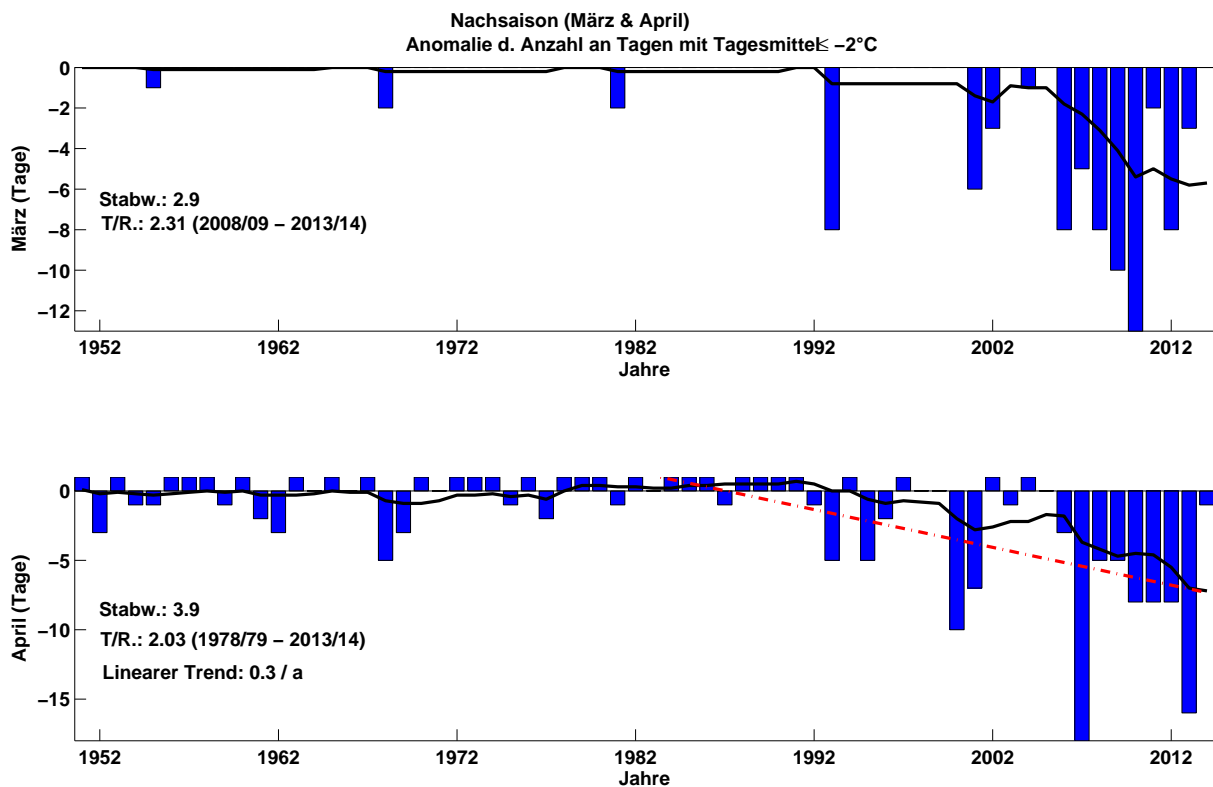


Abbildung 4.9: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: März und April (Nachsaison).

Im März kam es während der letzten 10 Winter zu einigen Jahren mit deutlich unterdurchschnittlicher Zahl von Schneitagen. Seit 2008 besteht wieder ein aufwärts Trend, dennoch waren auch die letzten Jahre im Vergleich zum langjährigen Mittel negativ. Die Anzahl der Schneitage im April nimmt seit 1978/79 signifikant um 0.3 Tage pro Jahr ab (11 Tage gesamt). Die letzten Jahre waren besonders negativ. Siehe Abb. 4.9.

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1950 – 2014) ,Zugspitze 2964 m

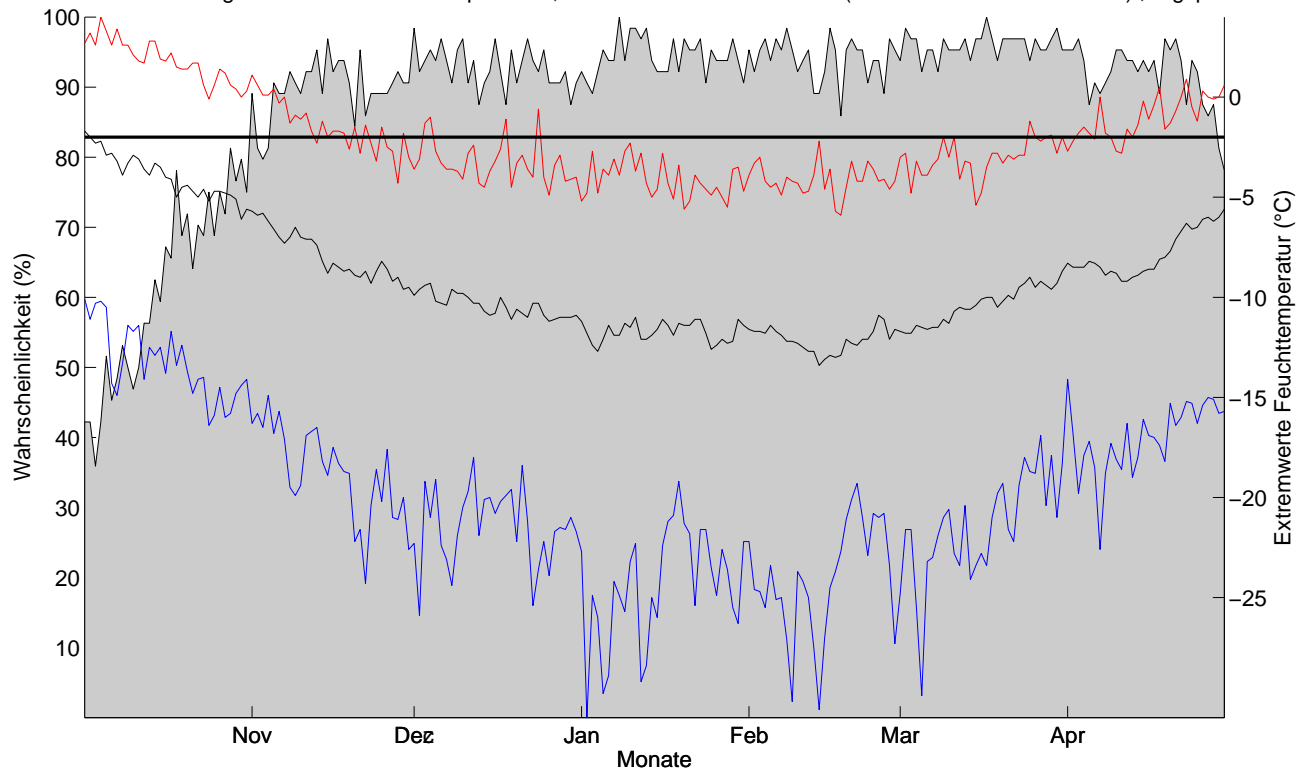


Abbildung 4.10: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Zugspitze, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1950-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), Zugspitze 2964m

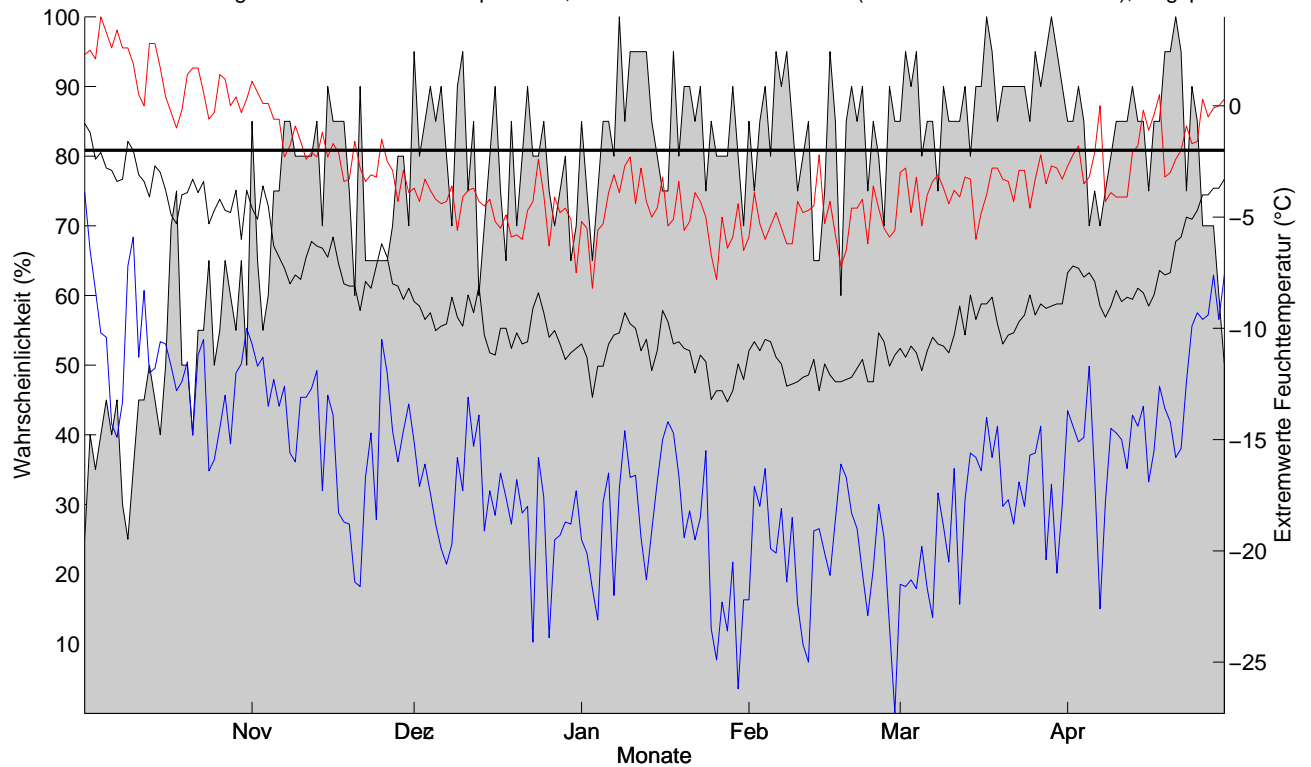


Abbildung 4.11: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Zugspitze, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

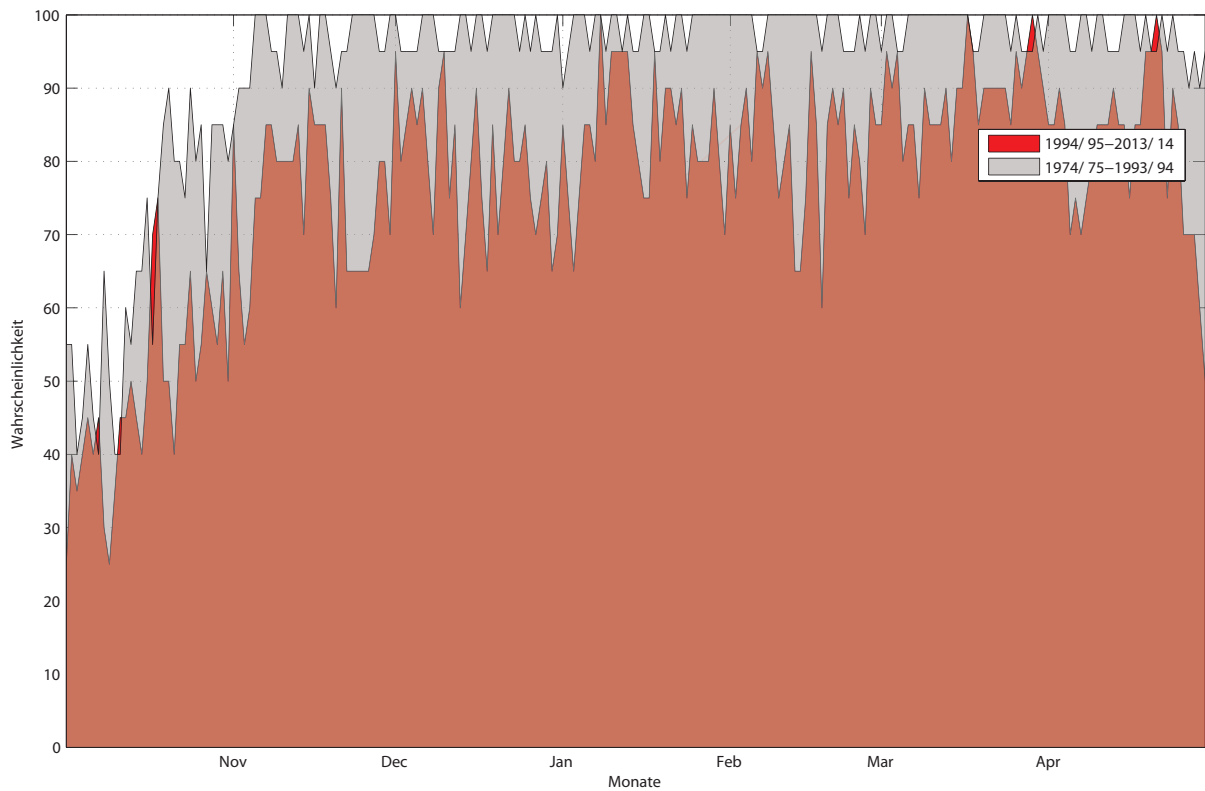


Abbildung 4.12: Vergleich Beschneigungswahrscheinlichkeit (Tagesmittelwert $T_f \leq -2^\circ\text{C}$) der letzten 20 Jahre mit den 20 Jahren davor für alle Tage der Saison (1.10.-30.4.) Die letzten 20 Jahre zeigen zu Beginn und Ende der Saison leicht geringere Werte der Beschneiwahrscheinlichkeit und höhere Variabilität.

Im Mittel über die gesamte Saison gesehen, ist die Wahrscheinlichkeit, Beschneien zu können, in den letzten 20 Jahren im Vergleich zu den 20 Jahren davor von 93% auf 77% gesunken. Siehe Abb. 4.12.

Beschneitage Zugspitze pro Saison und Monat

Mittelwert	19	27	29	29	26	30	27
SD	6	4	4	4	4	3	4
Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
1950/51	20	29	31	31	28	31	30
1951/52	26	30	31	31	28	31	26
1952/53	24	30	31	31	28	31	30
1953/54	11	30	31	31	28	31	28
1954/55	25	29	31	31	28	30	28
1955/56	27	25	31	31	28	31	30
1956/57	26	30	31	31	28	31	30
1957/58	16	30	31	31	28	31	30
1958/59	20	29	31	31	28	31	28
1959/60	25	30	31	31	28	31	30
1960/61	24	30	31	31	28	31	27
1961/62	16	30	31	31	28	31	26
1962/63	24	30	31	31	28	31	30
1963/64	25	27	31	31	28	31	29
1964/65	24	30	31	31	28	31	30
1965/66	25	28	31	31	28	31	29
1966/67	11	29	31	31	28	31	30
1967/68	10	28	31	31	28	29	24
1968/69	17	28	31	31	28	31	26
1969/70	19	29	31	31	28	31	30
1970/71	24	28	31	31	28	31	29
1971/72	19	30	31	31	28	31	30
1972/73	25	27	31	31	28	31	30
1973/74	25	30	31	31	28	31	30
1974/75	31	30	31	31	28	31	28
1975/76	26	30	31	31	28	31	30
1976/77	17	30	31	31	28	31	27
1977/78	18	29	30	31	28	31	30
1978/79	21	30	31	31	28	31	30
1979/80	18	30	31	31	28	31	30

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

1980/81	26	29	31	30	28	29	28
1981/82	20	27	31	31	28	31	30
1982/83	23	30	31	31	28	31	29
1983/84	21	28	31	31	28	31	30
1984/85	22	28	31	31	28	31	30
1985/86	20	29	29	31	28	31	30
1986/87	14	29	31	31	28	31	28
1987/88	15	30	30	31	28	31	30
1988/89	12	30	31	31	28	31	30
1989/90	21	29	31	31	28	31	30
1990/91	15	30	31	31	28	31	30
1991/92	22	30	31	31	28	31	28
1992/93	26	30	31	20	21	23	24
1993/94	21	19	20	31	28	31	30
1994/95	20	24	27	31	28	31	24
1995/96	9	20	26	31	28	31	27
1996/97	26	29	31	31	28	31	30
1997/98	20	29	31	31	28	31	29
1998/99	25	29	31	31	28	31	29
1999/00	10	20	14	21	15	31	19
2000/01	14	27	24	23	18	25	22
2001/02	6	18	18	31	28	28	30
2002/03	24	30	31	31	28	31	28
2003/04	28	30	30	31	28	30	30
2004/05	11	25	31	30	28	31	29
2005/06	6	11	13	26	22	23	26
2006/07	7	18	23	12	19	26	11
2007/08	13	15	25	17	18	23	24
2008/09	18	19	24	24	19	21	24
2009/10	15	26	17	18	25	18	21
2010/11	16	19	21	25	20	29	21
2011/12	11	22	27	27	16	23	21
2012/13	9	22	22	22	19	28	13

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

2013/14	11	18	27	27	17	31	28
----------------	----	----	----	----	----	----	----

Tabelle 4.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1950 - 2014, Zugspitze. 1950 entspricht dem Winter 1950/51, 1951 dem Winter 1951/52 usw.

4.1.3 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

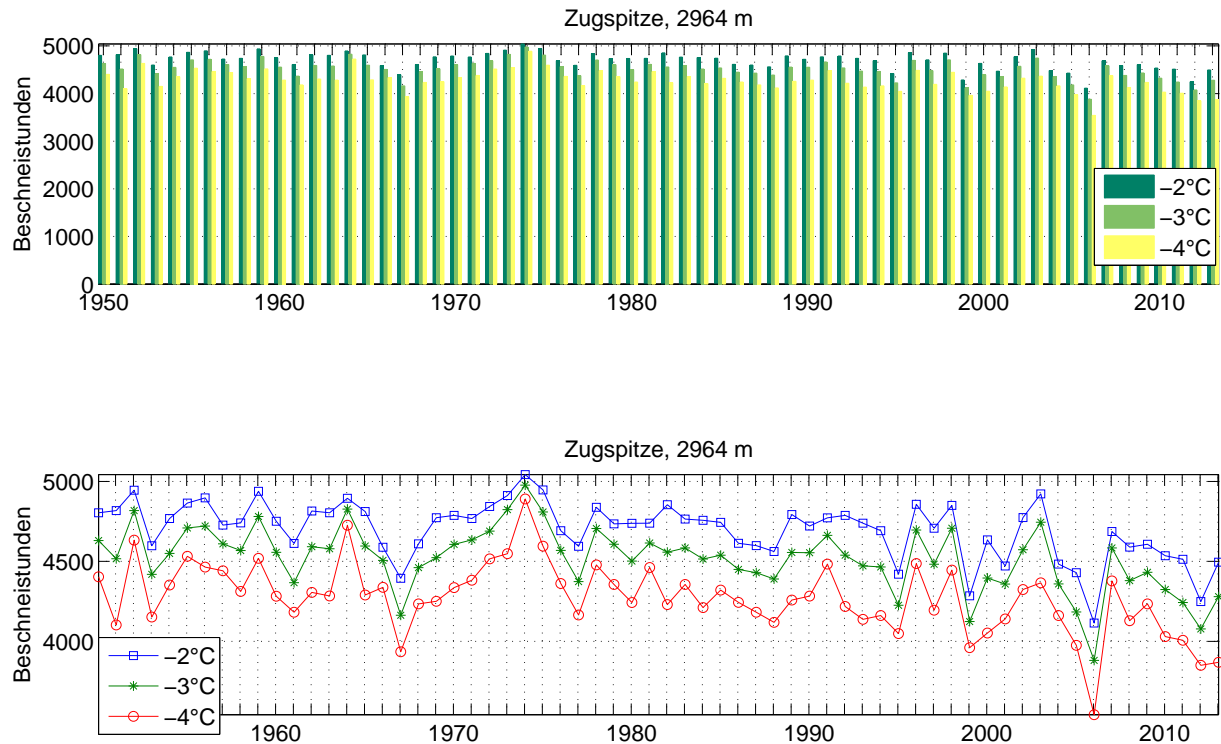
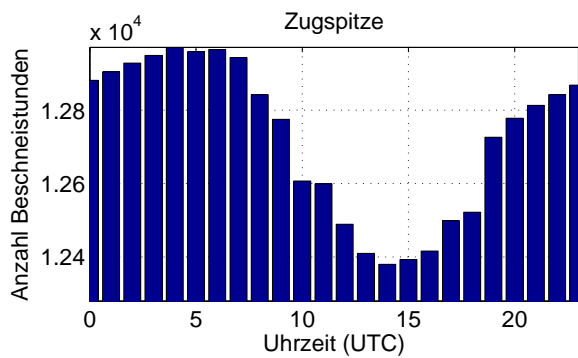
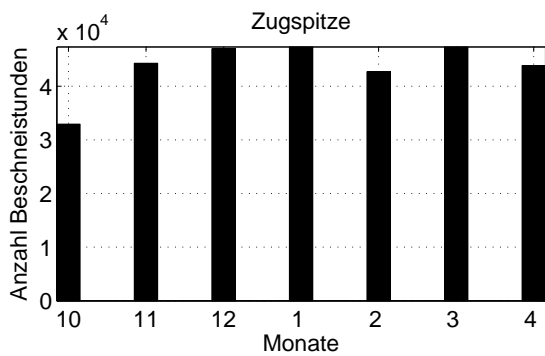
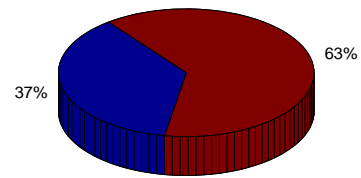


Abbildung 4.13: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 177 Stunden (7 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es in den letzten 63 Saisons (Okt.-Apr.) im Mittel 4700 potentielle Beschneistunden (196 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 177 Stunden (7 Tage). Siehe Abb. 4.13.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

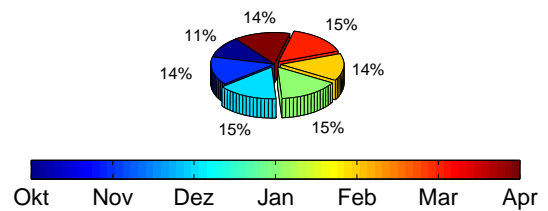


Abbildung 4.14: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

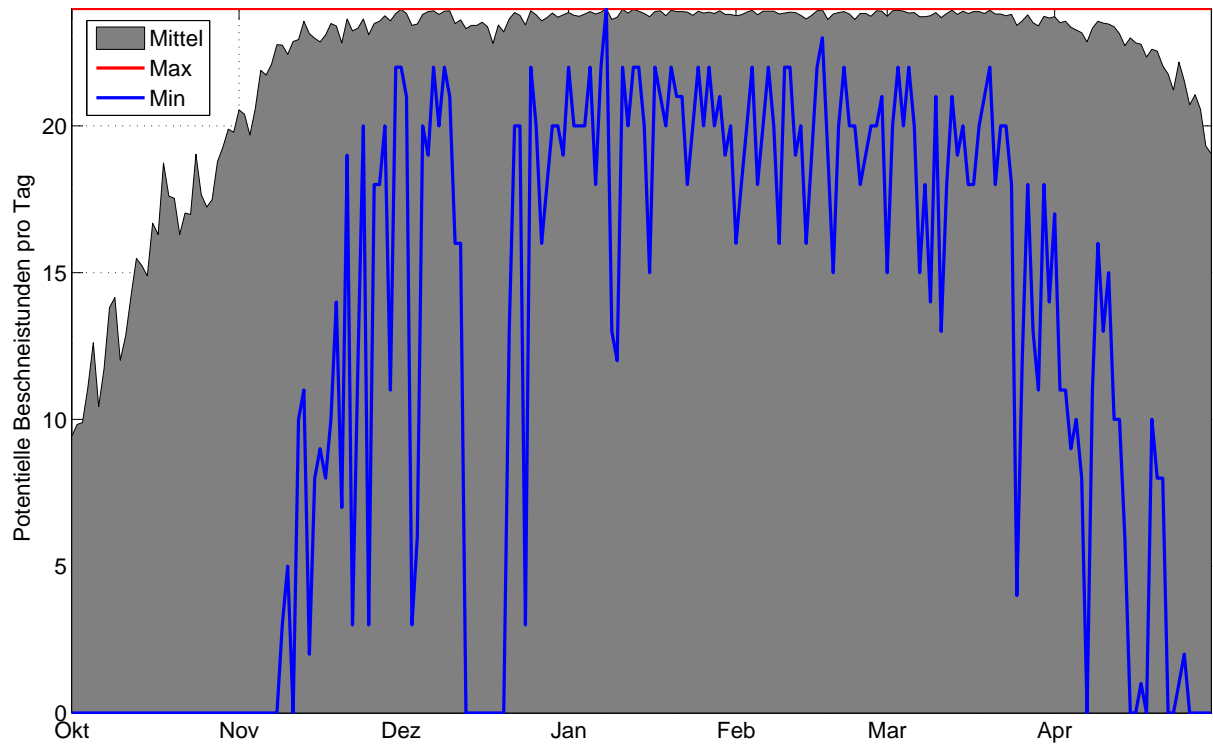


Abbildung 4.15: Mittlere Anzahl, sowie maximal- und minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1950-2014, Station Zugspitze, 2964 m.

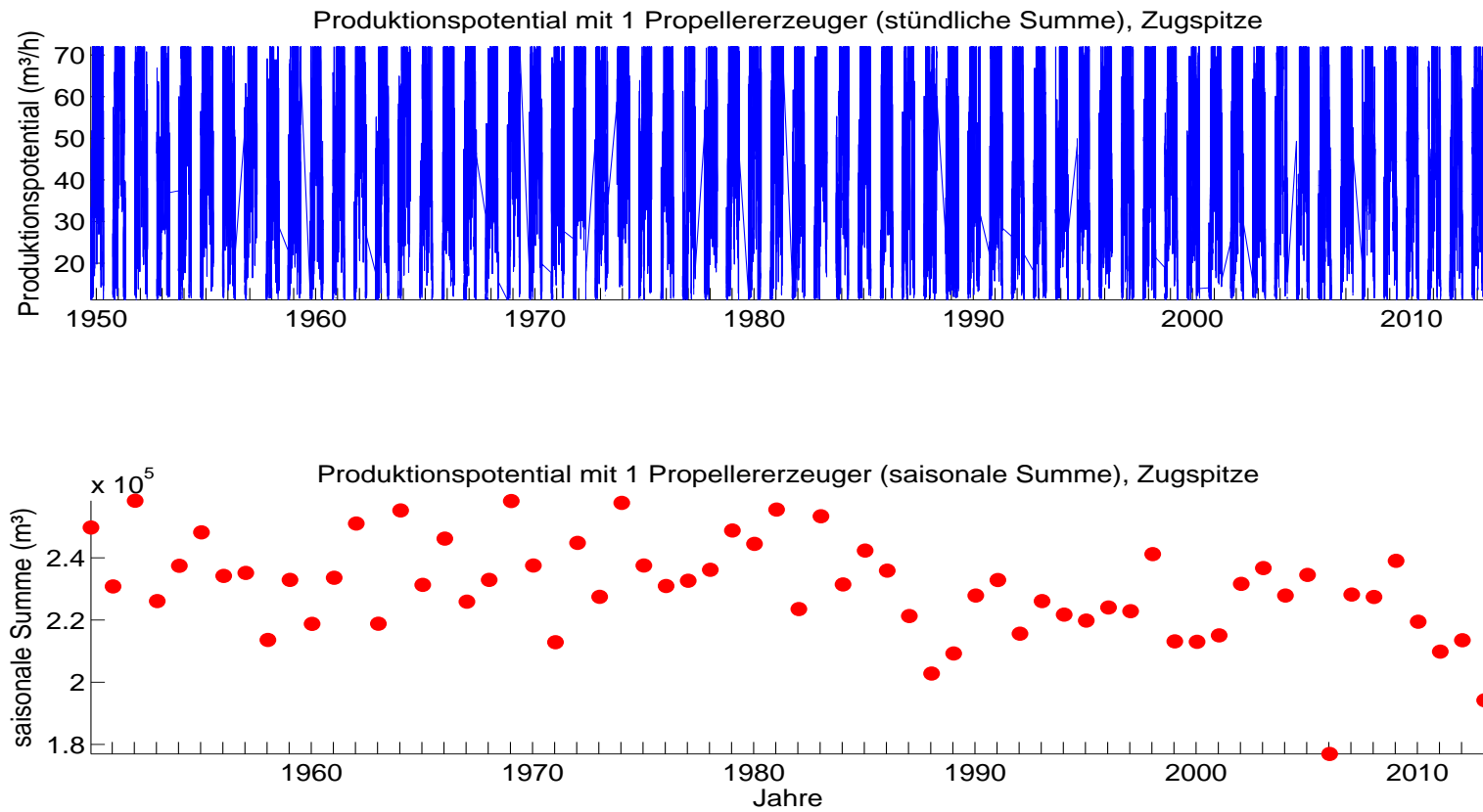


Abbildung 4.16: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

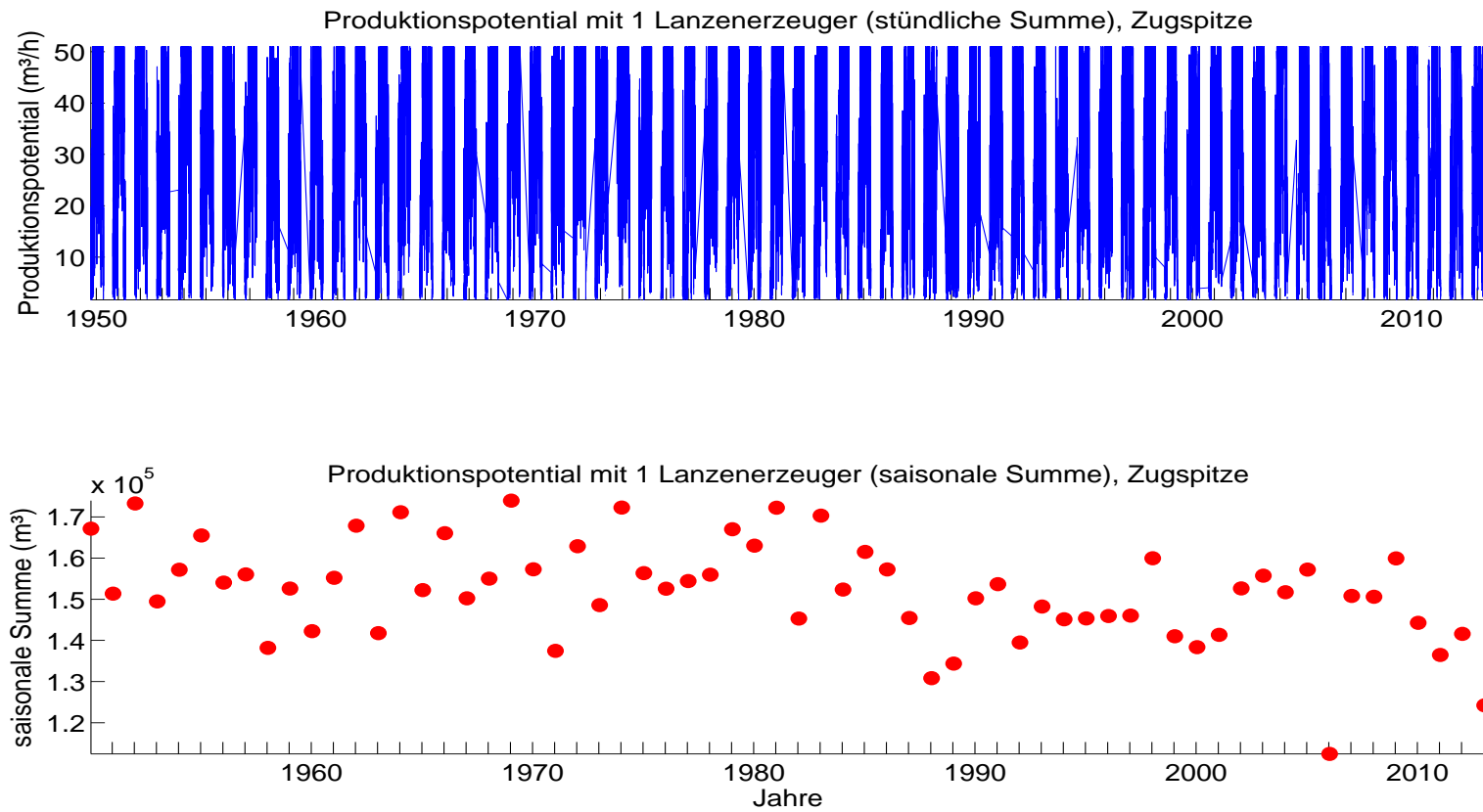


Abbildung 4.17: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 15671 m^3 (Propellengerät), bzw. 12076 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 231715 m^3 (Propellengerät), bzw. 183885 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 79 ha (Propellengerät), bzw. ca. 63 ha (Lanze) eine Grundbeschneigung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 4.16 und 4.17.

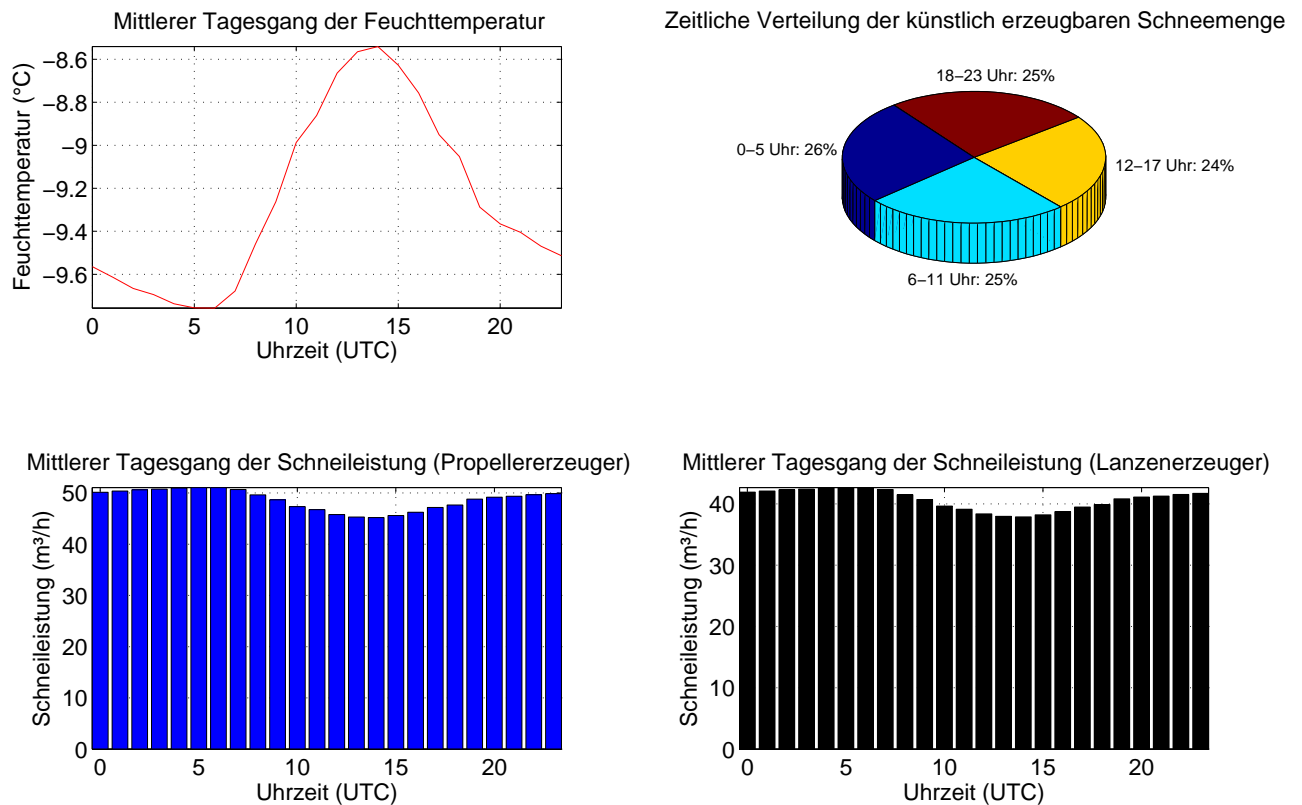


Abbildung 4.18: Mittlerer Tagesgang der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1950-2014, Zugspitze, 2964 m.

Im saisonalen Mittel ist die erzeugbare Schneemenge zeitlich fast gleich auf alle 4 Teile eines Tages verteilt. 51 % der potentiellen Menge können in den Nachtstunden von 18 bis 5 Uhr UTC produziert werden. An einem durchschnittlichen Tag können mit einem Propellererzeuger 49 m³/h, mit einem Lanzenerzeuger 41 m³/h produziert werden. Siehe Abb. 4.18.

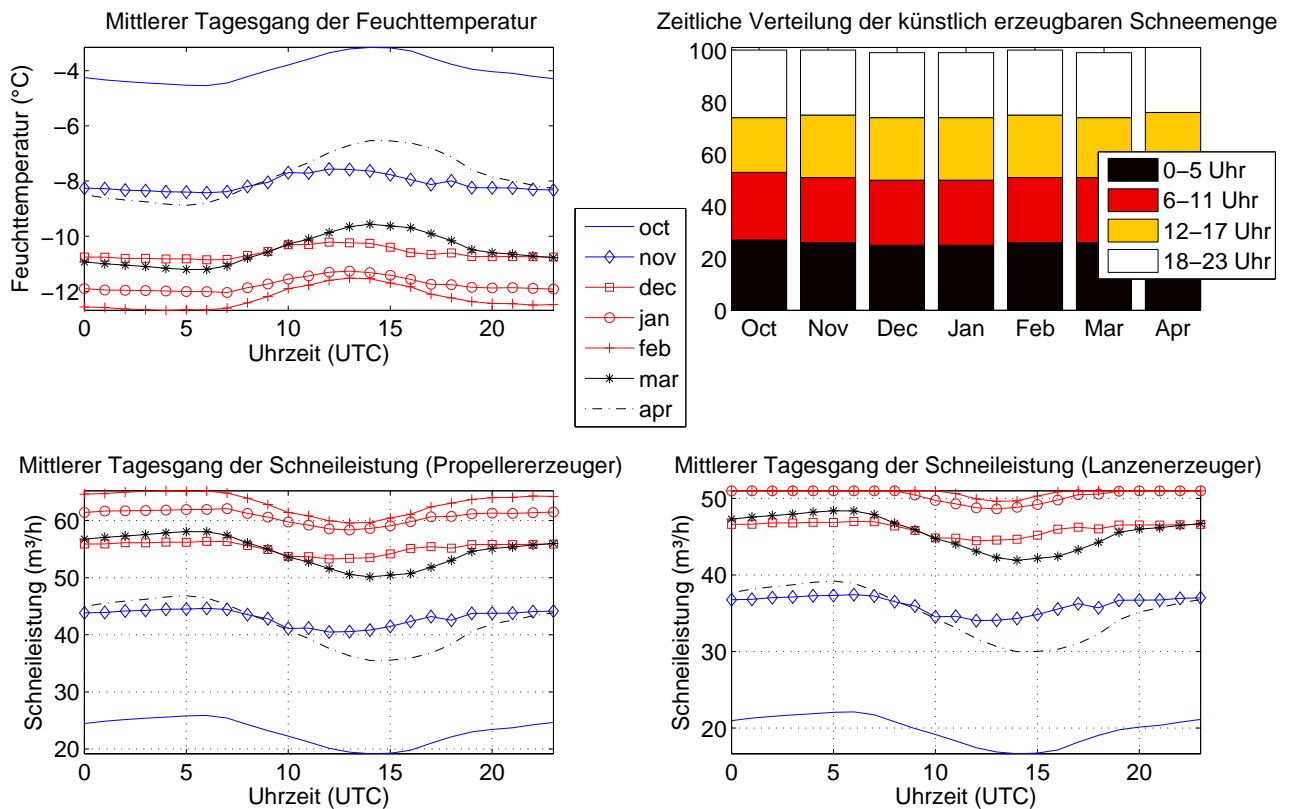


Abbildung 4.19: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1950-2014, Zugspitze, 2964 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

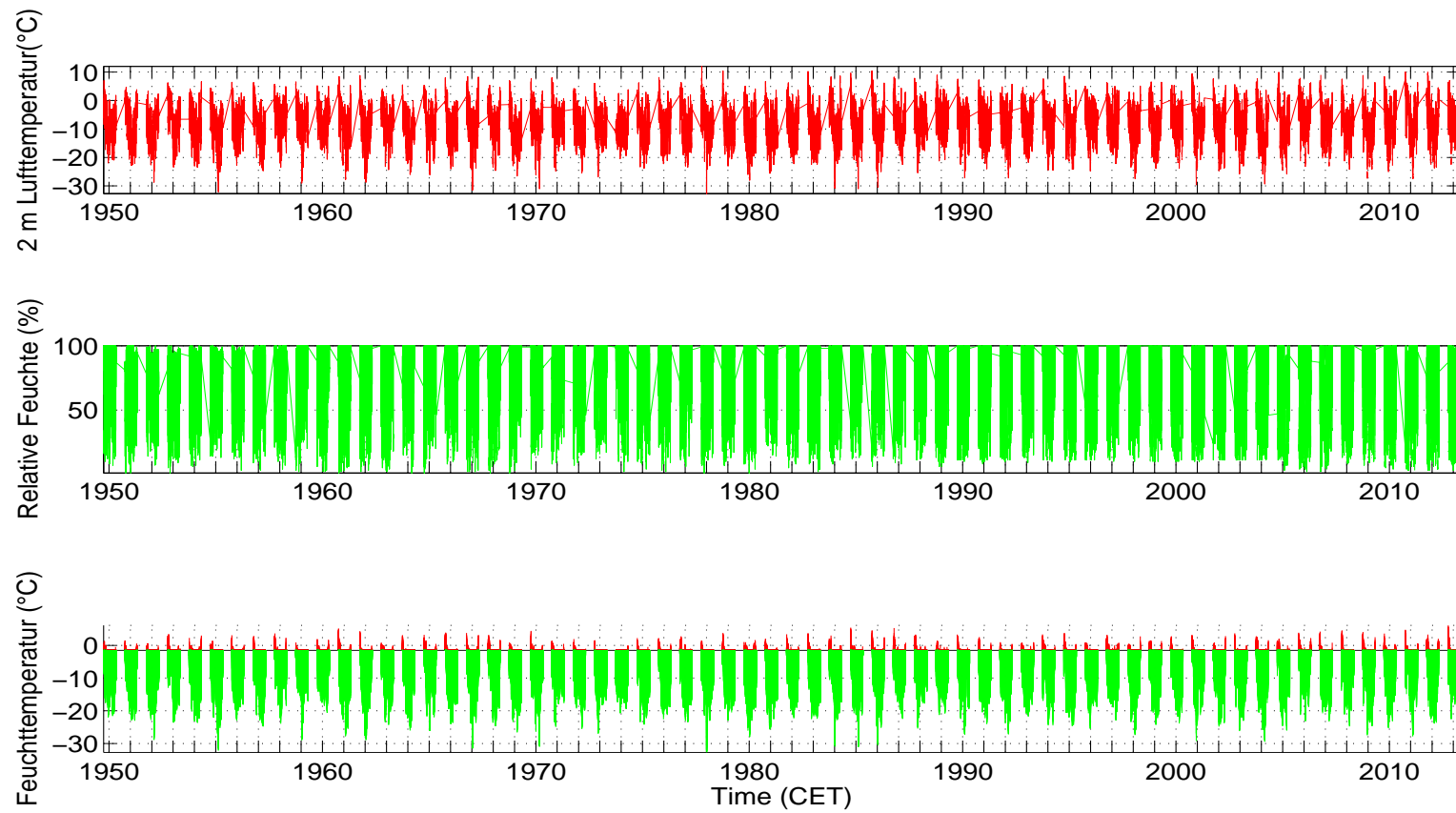


Abbildung 4.20: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Klimaparameter Zugspitze								
	Klimaparameter (Saisonmittel, Zugspitze)			Schneitage	Schneistunden mit versch. Grenztemp.			
	Lufttemp. (°C)	Rel. Feuchte (%)	Feuchttemp.(°C)		-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	-8,1	75,9	-9,1	188	4773	4700	4518	4273
SD	1,0	3,9	0,9	24	163	177	196	218
Saison								
1950/51	-8,9	77,9	-9,8	200	4876	4804	4630	4404
1951/52	-8,1	70,9	-9,3	203	4916	4818	4517	4103
1952/53	-9,5	73,1	-10,5	205	4980	4945	4818	4633
1953/54	-7,7	68,4	-9,0	190	4657	4598	4419	4152
1954/55	-8,5	74,4	-9,6	202	4864	4768	4550	4352
1955/56	-9,7	76,2	-10,6	203	4914	4865	4709	4532
1956/57	-8,0	73,3	-9,1	207	4938	4897	4721	4464
1957/58	-8,3	71,9	-9,5	197	4769	4727	4610	4441
1958/59	-7,0	69,6	-8,3	198	4824	4741	4568	4312
1959/60	-8,0	76,3	-9,0	206	5004	4938	4781	4519
1960/61	-7,3	77,0	-8,3	202	4846	4751	4557	4282
1961/62	-8,6	75,6	-9,6	193	4700	4612	4367	4182
1962/63	-9,6	72,4	-10,6	205	4900	4815	4592	4306
1963/64	-7,2	69,5	-8,5	202	4909	4804	4579	4284
1964/65	-9,8	82,4	-10,5	205	4930	4895	4827	4726
1965/66	-8,3	79,0	-9,3	203	4861	4812	4596	4290
1966/67	-9,2	82,9	-9,9	191	4619	4588	4506	4338

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

1967/68	-8,1	74,7	-9,3	181	4535	4394	4163	3935
1968/69	-8,4	74,6	-9,5	192	4665	4610	4461	4234
1969/70	-9,7	77,9	-10,7	199	4871	4773	4523	4251
1970/71	-8,7	75,4	-9,8	202	4863	4788	4606	4336
1971/72	-6,9	74,9	-8,1	200	4844	4768	4635	4382
1972/73	-8,6	72,5	-9,8	203	4898	4843	4689	4516
1973/74	-8,0	79,8	-8,9	206	4942	4912	4824	4548
1974/75	-9,2	82,4	-9,9	210	5061	5043	4977	4890
1975/76	-8,3	73,9	-9,4	207	4996	4947	4809	4595
1976/77	-8,3	80,9	-9,2	195	4770	4692	4569	4362
1977/78	-8,3	80,2	-9,3	197	4705	4594	4374	4165
1978/79	-8,4	75,9	-9,5	202	4888	4838	4706	4478
1979/80	-9,0	80,4	-9,8	199	4781	4735	4607	4356
1980/81	-9,2	76,4	-10,1	201	4836	4738	4502	4243
1981/82	-9,7	84,1	-10,3	198	4813	4739	4615	4462
1982/83	-7,8	77,8	-8,8	203	4940	4854	4558	4230
1983/84	-9,2	75,3	-10,2	200	4831	4765	4584	4356
1984/85	-8,6	76,5	-9,6	201	4849	4757	4515	4211
1985/86	-8,9	80,4	-9,7	198	4818	4744	4539	4321
1986/87	-8,6	76,7	-9,7	192	4678	4613	4450	4244
1987/88	-7,8	80,8	-8,7	195	4681	4599	4429	4182
1988/89	-6,6	76,0	-7,7	193	4631	4562	4390	4119
1989/90	-6,3	67,3	-7,9	201	4863	4793	4556	4258

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

1990/91	-8,0	74,5	-9,1	196	4753	4721	4554	4283
1991/92	-7,8	72,5	-9,0	201	4847	4772	4663	4483
1992/93	-6,8	72,5	-8,1	175	4859	4788	4539	4218
1993/94	-7,9	79,9	-8,7	180	4826	4739	4472	4138
1994/95	-8,0	80,1	-8,9	185	4768	4692	4465	4162
1995/96	-7,5	74,4	-8,8	172	4519	4420	4226	4049
1996/97	-7,5	73,3	-8,7	206	4917	4857	4696	4487
1997/98	-7,4	74,6	-8,5	199	4776	4707	4482	4195
1998/99	-9,1	81,2	-9,9	204	4895	4850	4707	4446
1999/00	-7,9	78,5	-8,4	130	4383	4285	4124	3961
2000/01	-7,2	80,7	-7,8	153	4734	4635	4396	4052
2001/02	-6,8	70,5	-8,3	159	4551	4471	4358	4140
2002/03	-8,2	75,5	-9,2	203	4842	4774	4573	4324
2003/04	-8,3	75,4	-9,4	207	4974	4922	4745	4366
2004/05	-8,6	75,3	-9,6	185	4535	4483	4359	4162
2005/06	-7,6	67,8	-8,7	127	4528	4429	4184	3975
2006/07	-5,1	70,7	-6,2	116	4275	4115	3881	3542
2007/08	-7,5	75,2	-8,4	135	4720	4687	4584	4378
2008/09	-7,9	80,0	-8,4	149	4653	4589	4380	4129
2009/10	-8,2	79,4	-8,9	140	4668	4607	4432	4234
2010/11	-7,0	74,3	-8,4	151	4629	4535	4324	4030
2011/12	-6,5	72,0	-8,3	147	4630	4513	4243	4007
2012/13	-7,0	79,3	-8,1	135	4332	4249	4078	3850

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

2013/14	-6,0	74,2	-6,8	159	4579	4495	4280	3869
----------------	------	------	------	-----	------	------	------	------

Tabelle 4.2: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Zugspitze)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	474	681	733	739	667	737	672
SD	120	34	30	11	10	12	55
Saison							
1950/51	515	682	744	744	672	744	711
1951/52	620	711	740	744	672	742	589
1952/53	624	720	744	744	672	744	697
1953/54	302	715	741	744	672	741	683
1954/55	539	685	740	744	672	723	666
1955/56	633	610	744	744	672	743	720
1956/57	592	720	744	742	672	744	683
1957/58	384	719	744	744	672	744	720
1958/59	486	683	743	744	672	740	675
1959/60	602	720	744	744	672	743	713
1960/61	554	700	744	744	672	744	597
1961/62	393	714	729	744	672	744	621
1962/63	528	715	744	744	672	744	670
1963/64	600	619	743	744	672	744	685
1964/65	578	702	744	744	672	744	720
1965/66	580	665	744	744	672	744	668
1966/67	264	704	744	744	672	744	716
1967/68	274	659	744	744	672	720	582
1968/69	419	659	744	744	672	744	630
1969/70	452	706	744	744	672	744	711
1970/71	525	680	744	744	672	744	681
1971/72	442	720	744	744	672	744	706
1972/73	590	635	744	744	672	744	716
1973/74	586	711	744	744	672	738	720
1974/75	744	720	744	744	672	744	675
1975/76	620	716	740	744	672	744	711
1976/77	413	714	744	744	672	738	671
1977/78	362	657	704	744	668	743	718
1978/79	506	714	739	744	672	744	720

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneistunden – Fortsetzung

1979/80	407	712	744	744	672	744	718
1980/81	600	680	744	743	672	681	631
1981/82	480	647	744	744	672	744	710
1982/83	586	696	738	744	672	743	678
1983/84	479	674	736	744	672	744	718
1984/85	503	652	743	744	672	744	700
1985/86	499	693	705	744	672	741	701
1986/87	371	693	744	744	672	744	647
1987/88	355	719	703	744	671	744	673
1988/89	262	715	744	732	672	724	715
1989/90	521	690	737	744	661	732	713
1990/91	401	707	744	739	672	742	719
1991/92	496	716	744	744	672	744	659
1992/93	614	712	744	718	650	711	648
1993/94	559	639	709	744	672	727	695
1994/95	503	621	728	744	672	744	684
1995/96	223	673	733	744	672	744	634
1996/97	558	678	743	744	672	744	720
1997/98	489	685	744	740	659	725	666
1998/99	579	686	744	744	672	744	683
1999/00	434	677	517	719	636	744	562
2000/01	437	709	728	724	644	716	687
2001/02	249	652	698	744	672	738	720
2002/03	532	702	744	744	672	741	646
2003/04	645	696	740	744	672	742	685
2004/05	290	609	744	743	672	738	688
2005/06	320	599	703	734	656	716	702
2006/07	235	641	724	677	648	732	459
2007/08	514	657	730	711	650	728	697
2008/09	399	671	728	730	641	719	709
2009/10	525	666	701	718	664	712	622
2010/11	498	597	724	727	654	740	595
2011/12	459	627	734	734	633	714	612

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneistunden – Fortsetzung

2012/13	285	673	719	724	653	734	462
2013/14	300	658	734	730	652	741	682

Tabelle 4.3: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C).

Monatssummen der pot. Schneileistung, Propeller (m³)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	17250	29683	38010	41222	38162	38028	29360
SD	5488	4659	4272	4404	4652	4924	5328
Saison							
1950/51	19282	33553	43810	40862	40220	41270	32194
1951/52	19594	27308	34612	47689	44025	38325	20495
1952/53	24381	39544	43494	48276	40437	38208	24687
1953/54	12423	23892	31070	49340	41477	37235	32266
1954/55	18954	28997	38075	34299	42481	41798	34450
1955/56	23224	30765	35168	41811	47233	37575	33479
1956/57	24525	35691	38492	43234	34725	29525	28815
1957/58	14468	24572	40600	41558	32631	45274	37585
1958/59	18881	24820	38621	43597	32997	29036	26894
1959/60	19768	30718	37998	40958	37456	34961	31678
1960/61	21379	30287	38789	42155	34033	36407	17243
1961/62	14150	28431	36626	38170	41464	44446	31889
1962/63	14947	34795	44781	46728	44797	40879	24928
1963/64	18397	22949	38197	41099	37543	36958	24996
1964/65	24350	25937	37944	42870	47509	40080	37041
1965/66	14995	33722	41308	44902	28478	45170	23768
1966/67	11673	40644	43370	42119	36449	39368	34359
1967/68	12229	24418	43377	46219	37846	39862	24950
1968/69	12182	25780	42783	40383	43220	39540	31299
1969/70	13412	31806	48002	40498	43097	45662	37264
1970/71	20741	25728	40925	40587	41466	45527	23825
1971/72	15064	30644	31604	41451	32453	33450	29734
1972/73	21876	28311	32408	39496	41341	43235	39588
1973/74	20537	31589	38857	34131	36707	34298	32182
1974/75	41294	34242	36596	34874	37566	41574	31702
1975/76	22172	30166	35118	42870	34232	43155	30238
1976/77	13411	34034	44186	42326	35569	30218	32732
1977/78	11868	34379	33929	44084	38647	37993	33735
1978/79	17817	26368	36481	44834	36688	38288	36919

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Propeller – Fortsetzung

1979/80	13120	34694	36626	46705	38022	41045	40025
1980/81	23284	31606	43401	49351	41608	31147	25788
1981/82	21366	34386	46793	38026	36758	42390	37436
1982/83	18210	25256	38053	36591	43289	36599	26573
1983/84	17158	28248	36336	45149	45041	46782	35997
1984/85	15074	21920	36416	46735	37693	42586	32442
1985/86	14901	38506	31561	46778	45030	36649	29747
1986/87	15064	26974	39026	45762	35800	47219	27771
1987/88	11100	32366	31088	37146	41021	45488	24819
1988/89	10812	33676	38479	31827	30842	30738	28143
1989/90	17471	31329	31563	37377	28502	32259	31980
1990/91	11886	34090	44048	37907	38937	27376	34572
1991/92	19979	30772	40366	36835	36091	39737	30418
1992/93	23360	25884	34277	33578	34690	38667	26232
1993/94	16549	31508	38044	40481	39436	29391	32087
1994/95	19780	20254	34727	44406	32936	44053	27110
1995/96	7605	30184	37213	34928	43503	42034	26664
1996/97	19203	31762	34166	34530	34994	33227	37310
1997/98	21129	27724	38345	39741	28586	40131	28541
1998/99	20055	39055	39263	37959	41292	36944	27773
1999/00	15873	33791	27770	42459	34295	38062	23154
2000/01	12931	29580	33327	39941	34709	29818	33956
2001/02	8231	31463	42142	39247	32028	33075	30615
2002/03	19568	26323	34166	44332	42847	35763	30123
2003/04	27430	23613	35128	46425	37272	39208	28062
2004/05	10696	31639	35236	42894	46107	35845	27571
2005/06	9638	29870	43524	44476	41237	39196	28653
2006/07	8438	24417	31467	31968	32063	36492	15748
2007/08	19483	31740	40825	34160	32510	40348	29737
2008/09	12993	29344	39892	44579	39761	40491	21540
2009/10	21604	25656	39878	46879	40504	38163	27362
2010/11	20004	29073	41930	39511	35719	34760	20234
2011/12	17272	18034	37097	42801	39965	29151	27477

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Propeller – Fortsetzung

2012/13	13233	22041	40394	40358	42984	37521	20258
2013/14	11485	28827	32883	34952	33496	32097	22211

Tabelle 4.4: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der pot. Schneileistung, Lanze (m³)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	14615	23975	29942	32144	29418	29952	23840
SD	4324,7	3268	2771	2613	2661	3164	3872
Saison							
1950/51	15811	26978	33608	32563	31074	32213	26231
1951/52	16733	22414	27664	35754	32834	30542	16776
1952/53	20331	30564	33780	36217	30266	30225	20745
1953/54	10764	20219	24931	36153	31687	30271	25877
1954/55	16213	23151	30282	27541	32043	32341	27475
1955/56	19508	24179	28978	33010	33971	29147	26754
1956/57	20089	29099	30238	33475	27450	24317	23131
1957/58	12505	20576	32657	32720	25607	34064	29923
1958/59	16016	20959	31189	33287	27128	24373	21940
1959/60	16809	25515	30585	31539	29487	28768	25682
1960/61	18009	25021	31018	33792	27193	28951	14795
1961/62	12167	23442	28765	30013	31802	33254	25088
1962/63	12809	27458	34007	34963	33076	32273	20904
1963/64	15762	19298	29915	33224	29152	29650	20876
1964/65	20563	21803	29770	32865	34072	31698	30271
1965/66	12942	26637	32490	33905	23672	34966	20032
1966/67	9956	30993	33366	32678	28407	30719	27269
1967/68	10640	20359	32982	34761	30078	30948	20266
1968/69	10636	21592	33524	32066	32428	31694	24827
1969/70	11696	25431	36502	31798	32225	34401	28890
1970/71	17158	21141	31982	32522	31599	34531	20166
1971/72	13016	24641	26185	32587	26391	27834	24535
1972/73	18314	22499	26951	31857	31016	33037	30629
1973/74	17279	25185	30874	28245	29206	27363	26092
1974/75	33062	27475	29061	28619	29598	32553	25855
1975/76	18824	24675	28805	33108	27957	33575	24548
1976/77	11668	27638	33570	32960	28241	24822	25810
1977/78	10391	26482	27342	34163	29331	29896	27228
1978/79	15242	21265	29928	33431	29037	30279	29506

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Lanze – Fortsetzung

1979/80	11382	27765	28576	35598	29935	32766	30705
1980/81	19687	24884	32886	36584	31024	25308	20987
1981/82	17693	26235	35446	30418	28657	32879	29746
1982/83	15594	20985	29409	29173	32245	29578	21701
1983/84	14675	22969	28872	34254	33165	35956	28767
1984/85	13033	18579	28659	35161	28847	33080	26267
1985/86	12779	30274	25651	35365	33379	29325	24067
1986/87	12881	22351	30205	35115	28544	34733	22853
1987/88	9728	26550	25705	29829	31109	34613	20698
1988/89	9204	26963	29965	26565	24710	25007	23466
1989/90	14985	25365	26088	30523	22791	25938	26347
1990/91	10337	27567	33285	30806	29331	22655	27400
1991/92	16511	25010	31325	30099	28313	31580	24919
1992/93	19414	20982	27979	26772	26768	29953	21856
1993/94	14217	24557	29771	31725	30298	24094	25217
1994/95	16378	17250	27853	33588	26741	33400	22206
1995/96	6834	24101	29329	28933	32414	32020	21614
1996/97	16379	25047	26858	28410	27940	26847	29193
1997/98	17577	23185	30325	31355	23094	30825	23440
1998/99	17067	30462	30821	29878	30813	29304	22846
1999/00	13670	26793	21734	32919	26876	30538	19336
2000/01	11259	24647	26755	31305	27073	24675	27225
2001/02	7348	25447	31832	31459	26068	26642	25429
2002/03	16648	21793	28233	33808	32487	28909	23900
2003/04	22309	19901	27918	34971	28693	29807	23227
2004/05	9386	25022	28212	32707	33326	27286	22879
2005/06	8573	22664	33152	34488	31475	30270	23245
2006/07	7514	19976	25643	25451	26440	29249	13539
2007/08	15965	24936	32056	27892	26305	31269	24646
2008/09	11211	23709	31778	34465	29837	31548	18276
2009/10	17705	21611	30457	35399	30763	29486	22431
2010/11	16706	23102	31613	30240	28762	28413	16901
2011/12	14687	15430	28962	33223	29573	24053	22789

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Lanze – Fortsetzung

2012/13	11089	18290	31128	30893	31710	29865	17056
2013/14	10005	23293	26841	28051	27190	26323	18470

Tabelle 4.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

4.1.4 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

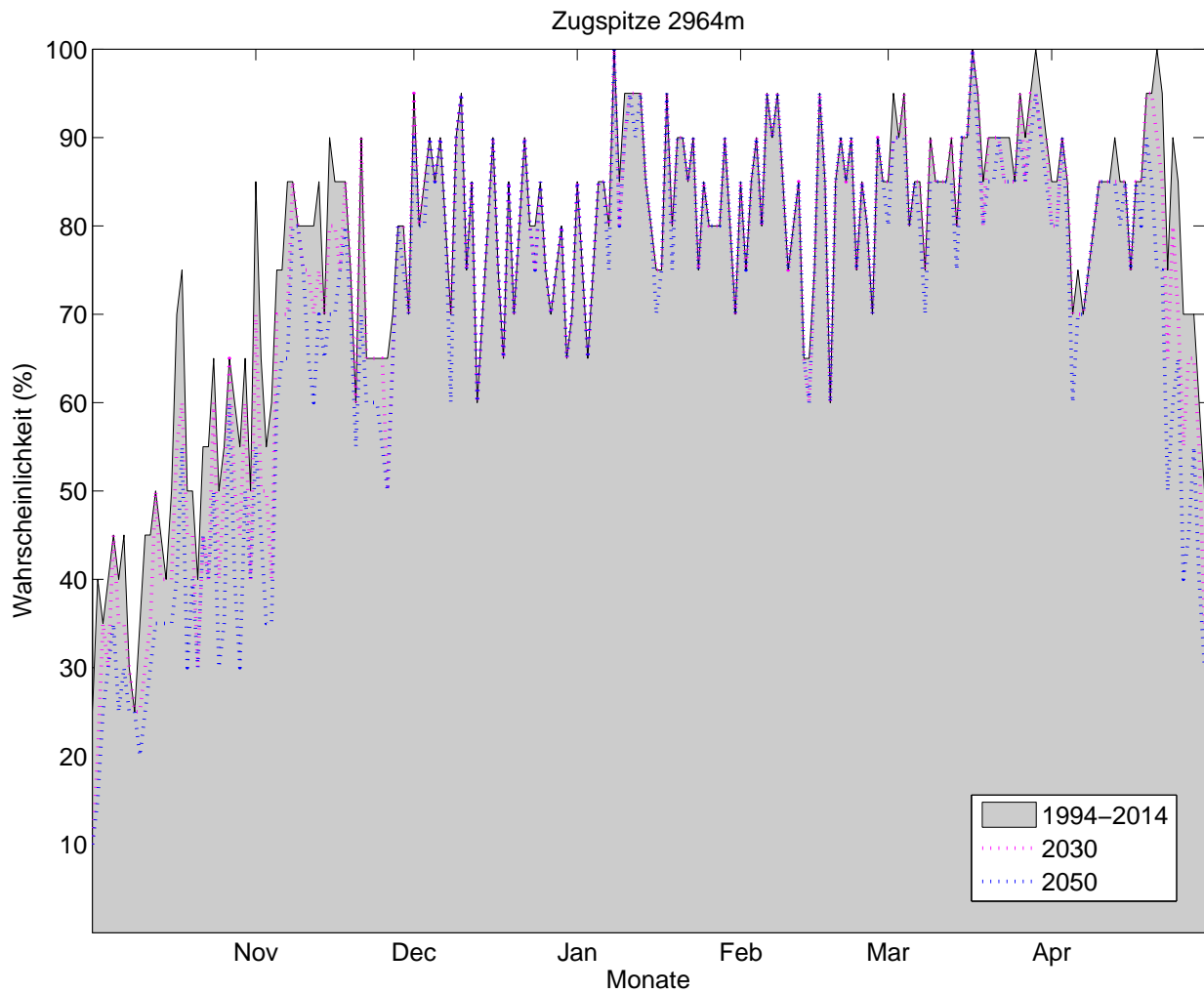


Abbildung 4.21: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Zugspitze, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

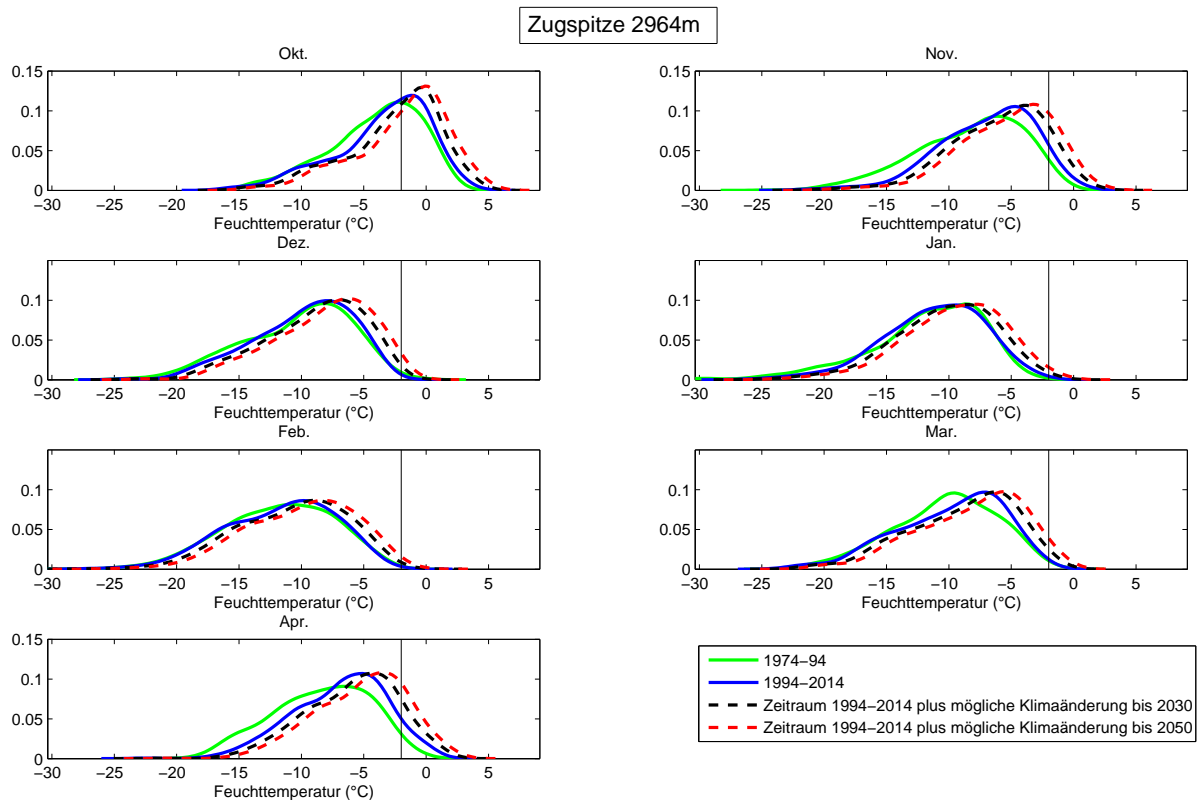


Abbildung 4.22: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchtttemperatur unter -2°C pro Monat, Zugspitze.								
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	
Periode								
1974-1994	20,5	28,9	30,3	30,4	27,7	30,5	29,1	
1994-2014	15,0	22,6	24,7	26,0	23,0	27,7	24,3	
mit Klimaänderung bis 2030	12,6	21,0	24,6	25,9	23,0	27,3	23,1	
mit Klimaänderung bis 2050	10,5	19,2	24,4	25,7	23,0	26,7	21,4	
Abnahme bis 2050 in Tagen	4,5	3,4	0,3	0,3	0,1	1,0	2,9	
Abnahme bis 2050 in %	30	15	1	1	0	4	12	

Tabelle 4.6: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1974-94, 1994-2014 und 1994-2014 mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

4.2 Garmisch-Partenkirchen (719 m)

4.2.1 Naturschnee

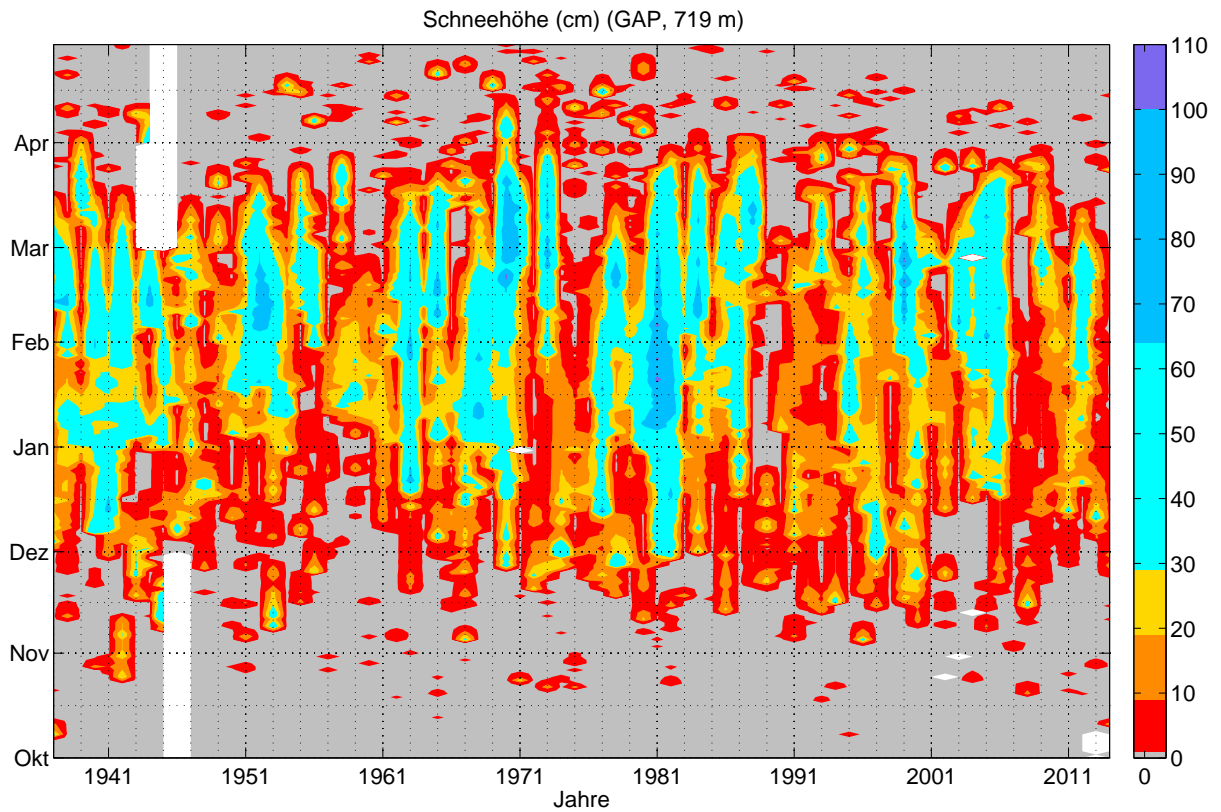


Abbildung 4.1: Tageswerte der Schneehöhe, Garmisch-Partenkirchen, Okt.-Apr. 1936-2014. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt.

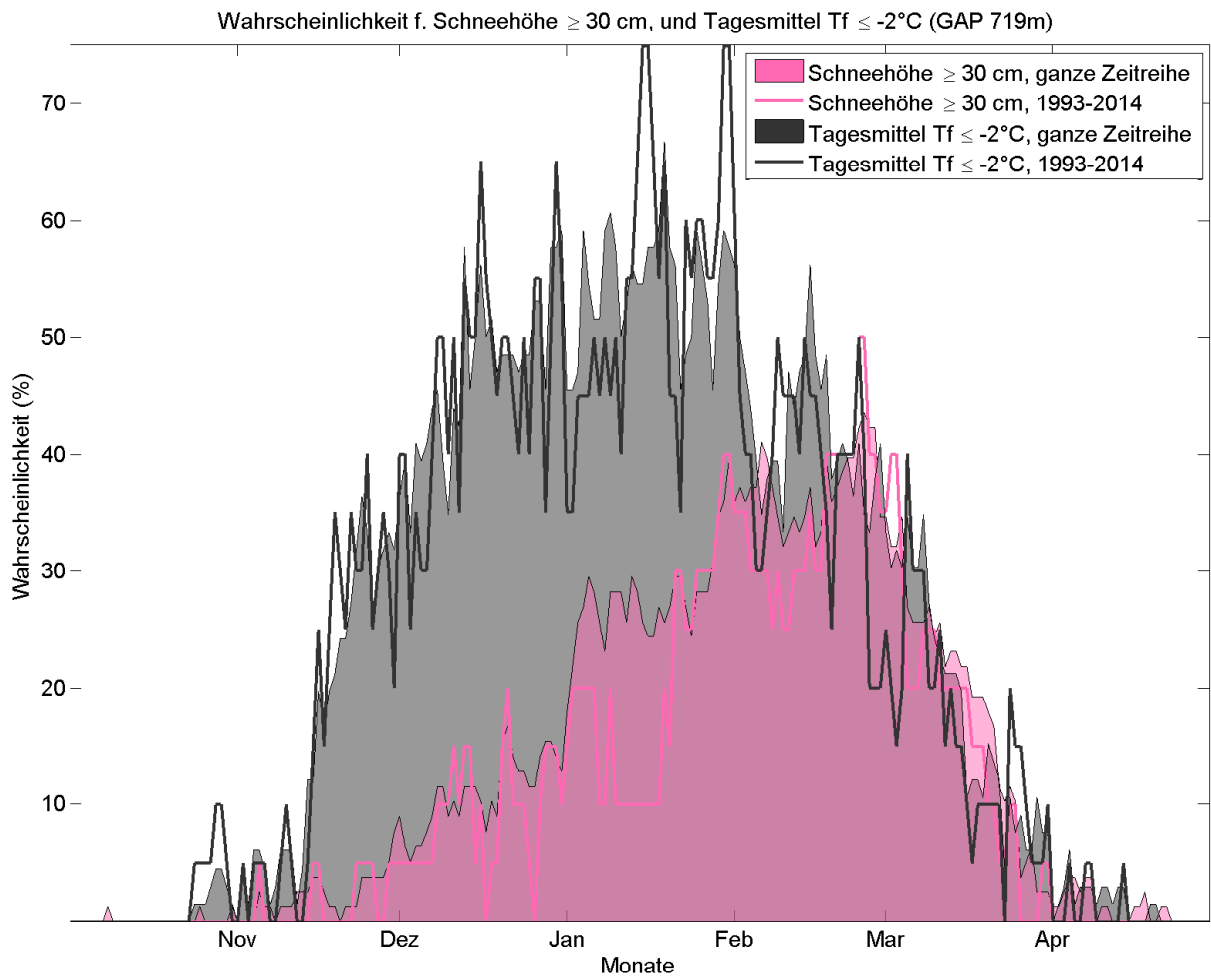


Abbildung 4.2: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Beschneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (Tf ab 1948, Schnee ab 1936).

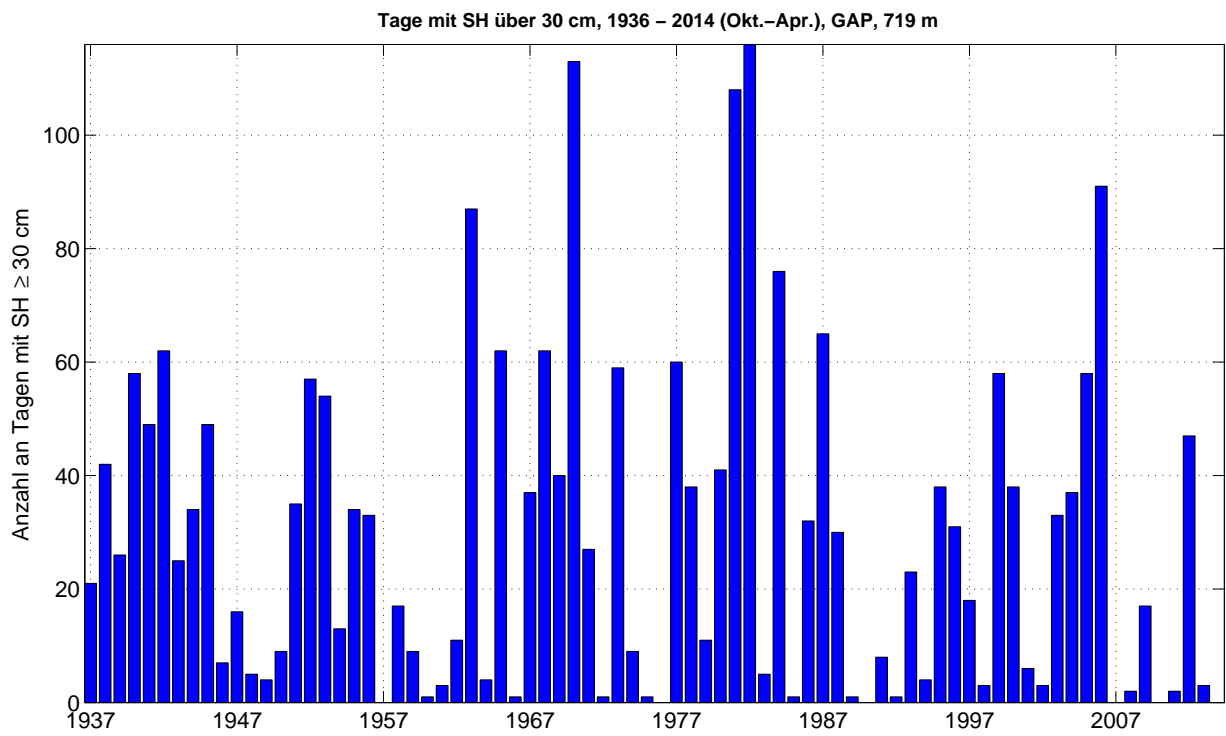


Abbildung 4.3: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1936-2014

4.2.2 Langzeitanalyse - Trends und Klima

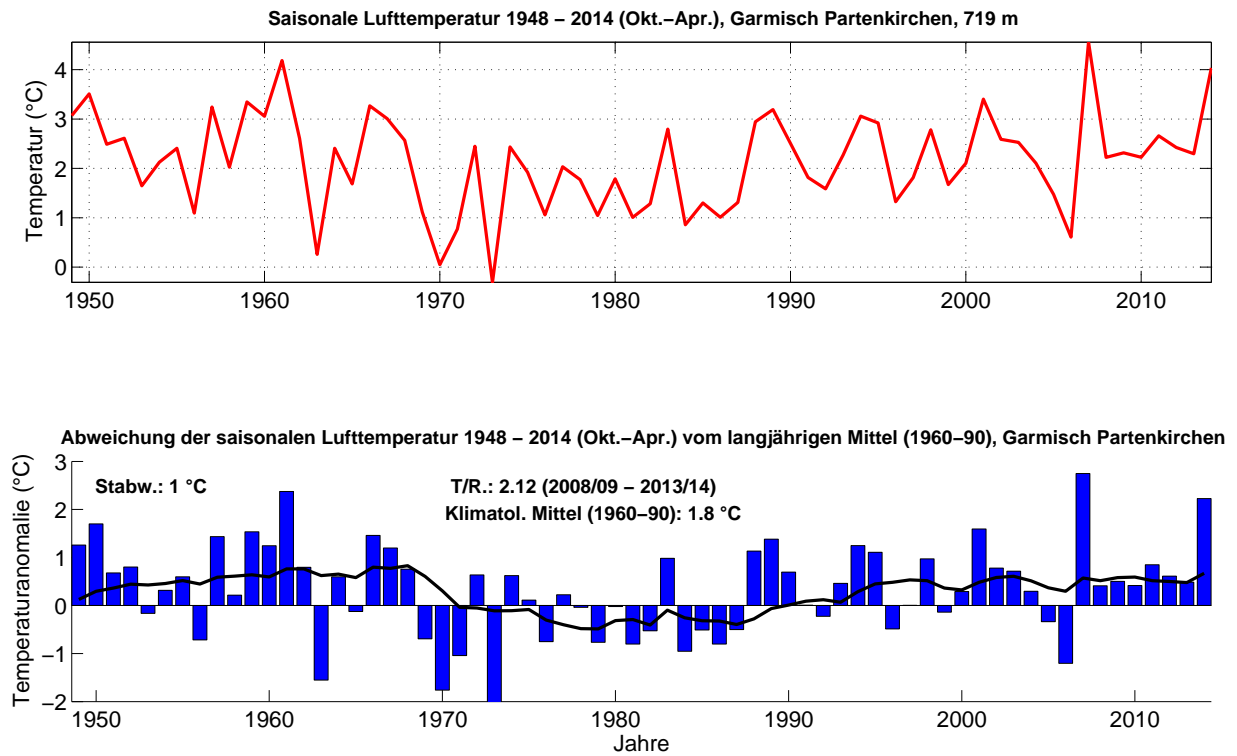


Abbildung 4.4: Langzeitanalyse der saisonalen Lufttemperatur, Garmisch-Partenkirchen, Okt.-Apr. 1948-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

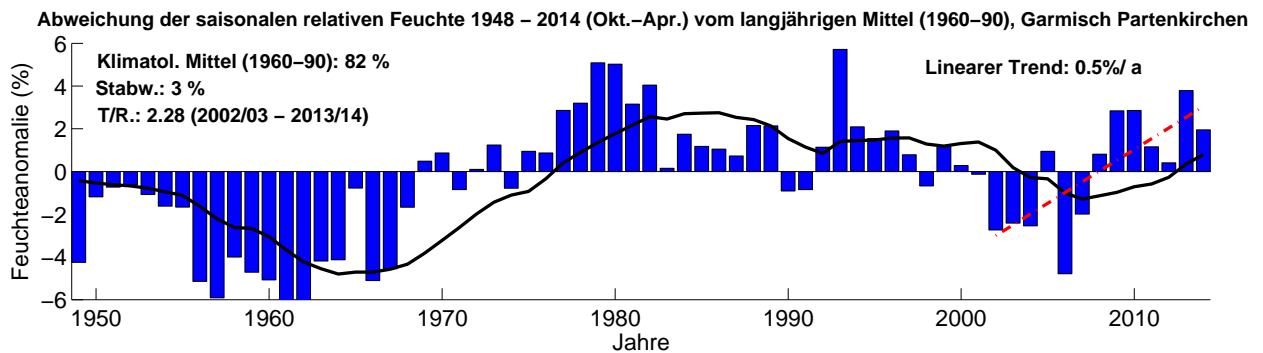
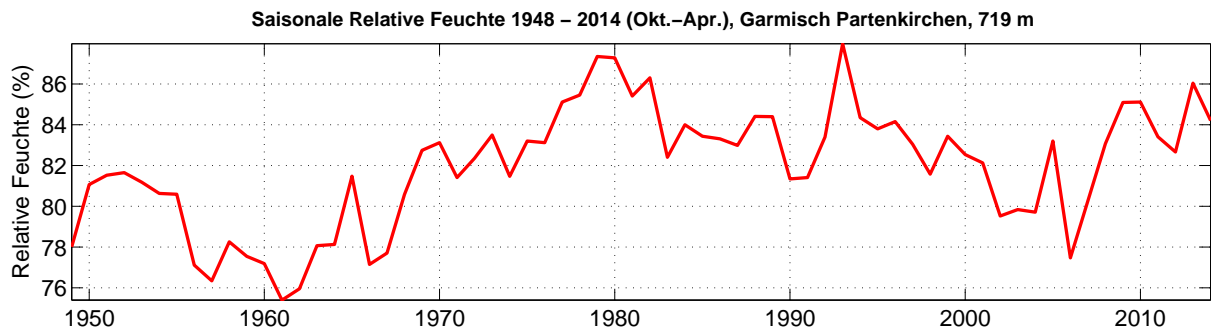


Abbildung 4.5: Langzeitanalyse der saisonalen relativen Feuchte, Garmisch-Partenkirchen, Okt.-Apr. 1948-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

Auf eine trockene Periode von Messbeginn bis 1969 Jahre folgten drei vorwiegend überdurchschnittlich feuchte Dekaden. Seit den 1990ern häufen sich wieder trockenere Jahre. Seit 2002 hat die relative Feuchte signifikant um 0.5% pro Jahr zugenommen. Siehe Abb. 4.5.

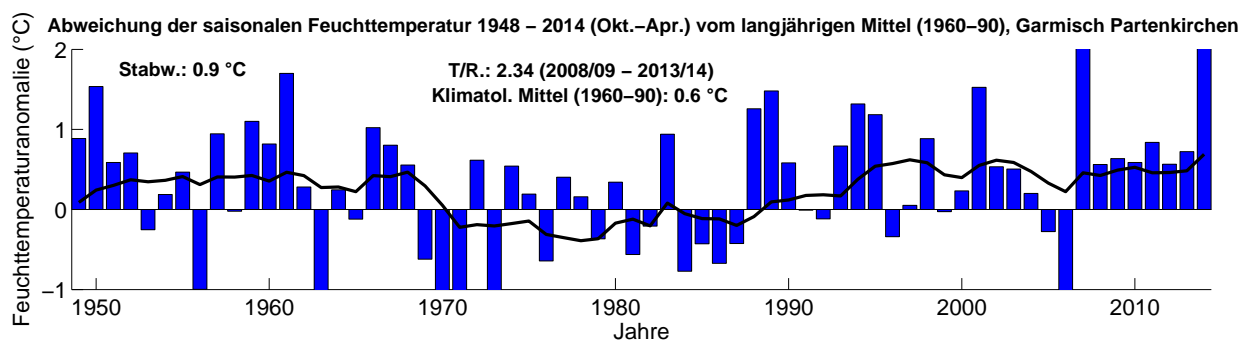
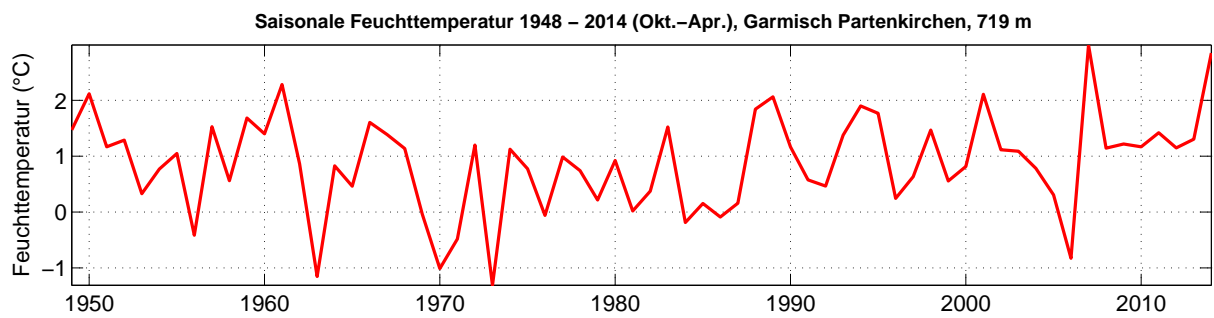


Abbildung 4.6: Langzeitanalyse der saisonalen Feuchttemperatur, Garmisch-Partenkirchen, Okt.-Apr. 1948-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

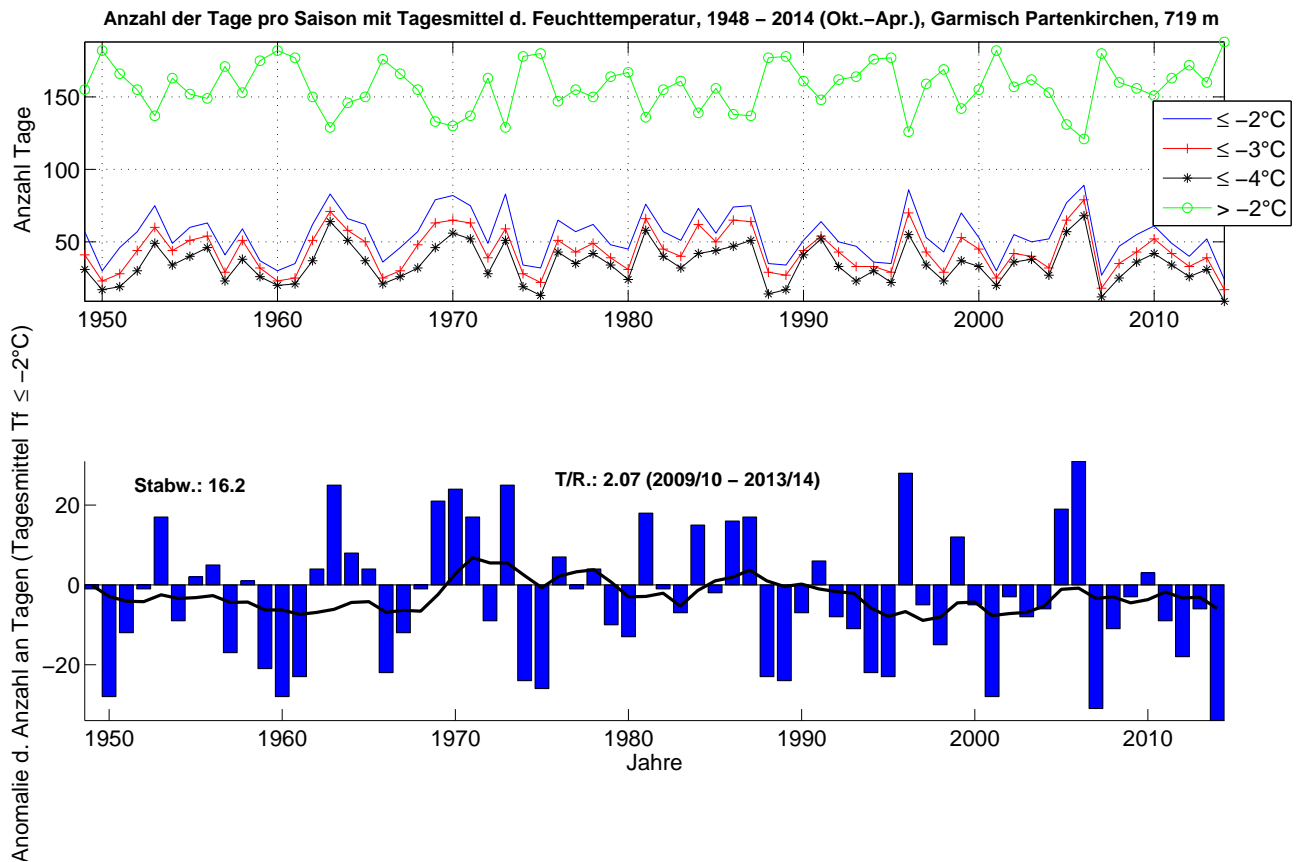


Abbildung 4.7: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchtttemperatur von -2°C , -3°C und -4°C , bzw. Überschreitung von -2°C , Periode 1948-2014, Garmisch-Partenkirchen. Abweichung vom langjährigen Mittel für Tagesmittel $\leq -2^{\circ}\text{C}$ (unten).

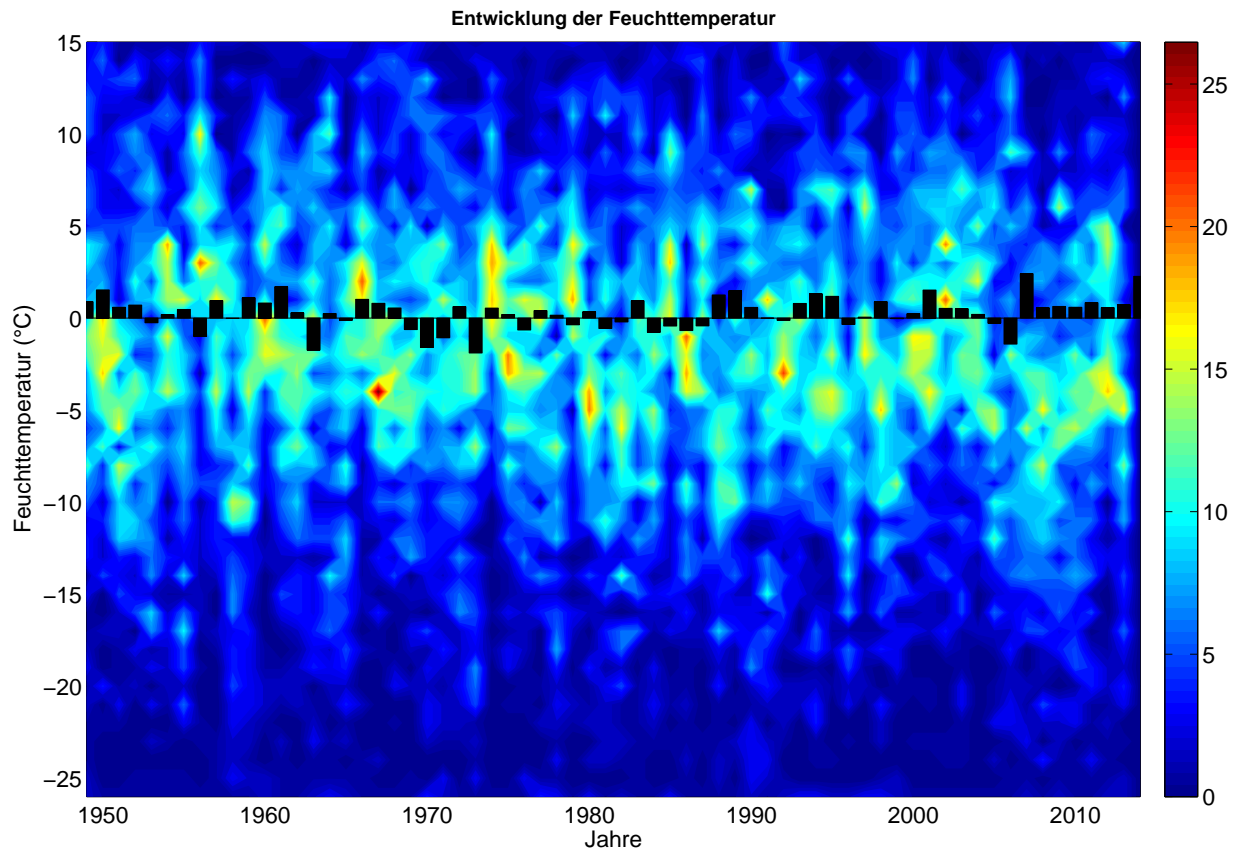


Abbildung 4.8: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1948-2014, Garmisch-Partenkirchen. Die schwarzen Balken zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel (1960-90).

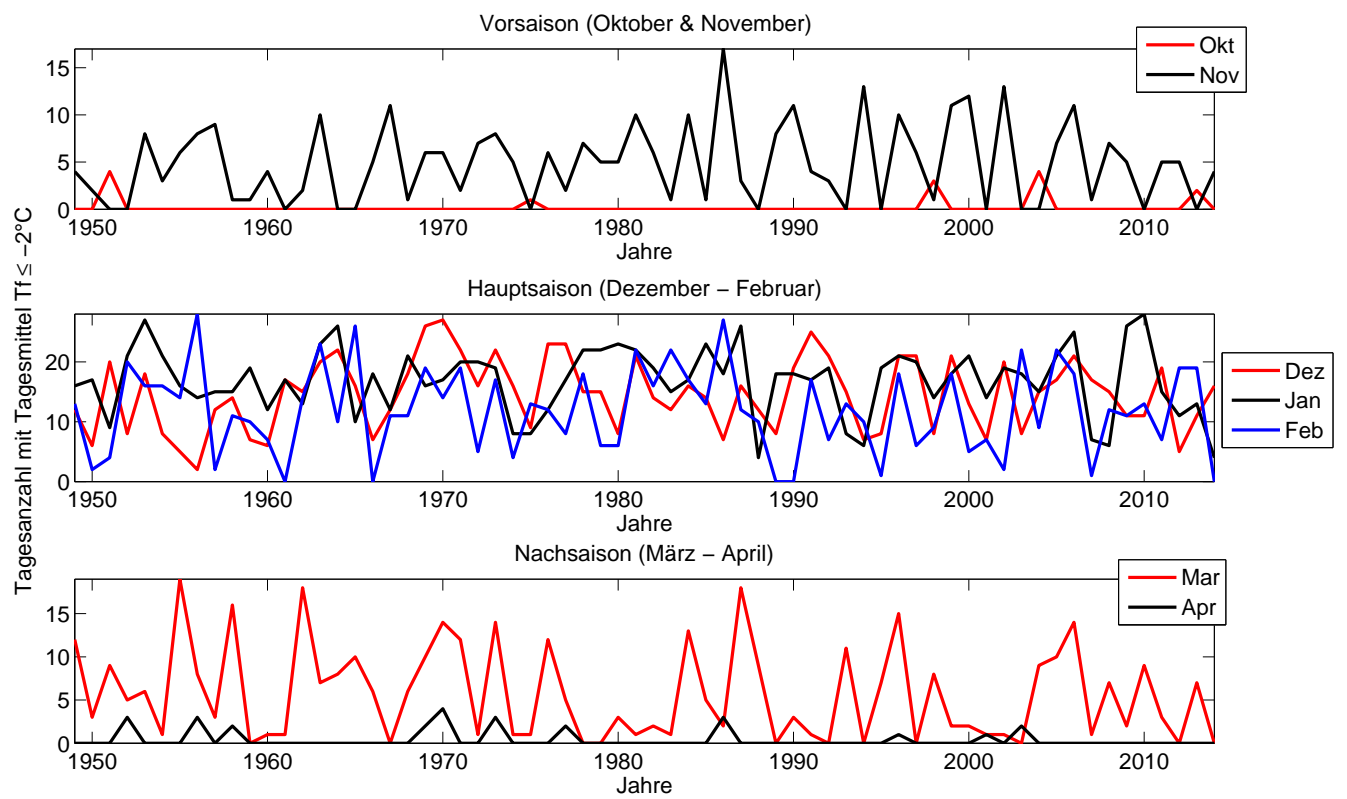


Abbildung 4.9: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Schneitagen pro Saison, nach Monaten.

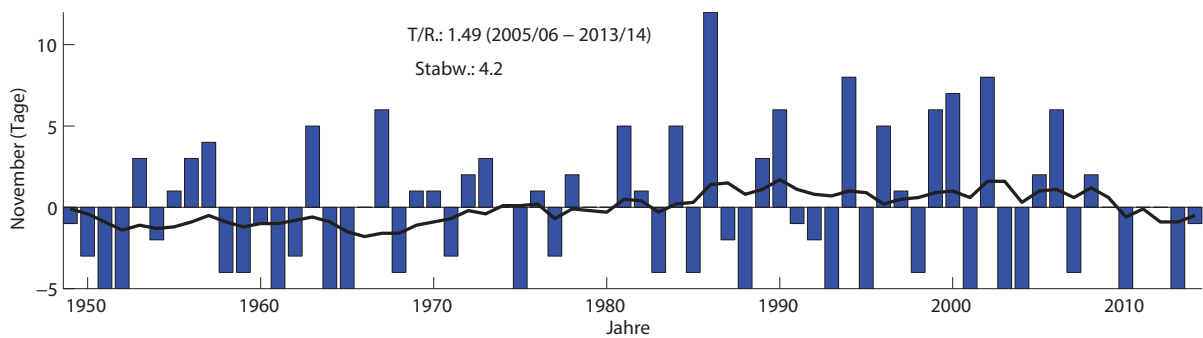
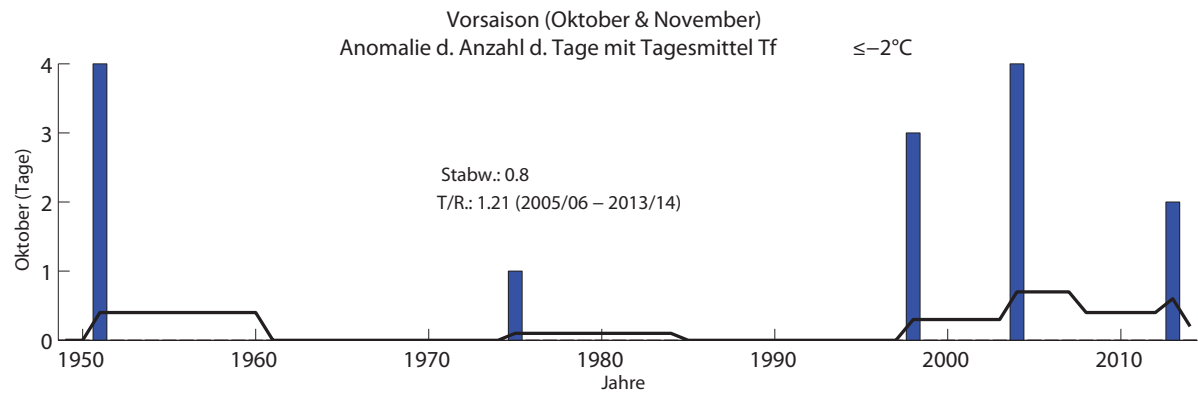


Abbildung 4.10: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Oktober und November (Vorsaison).

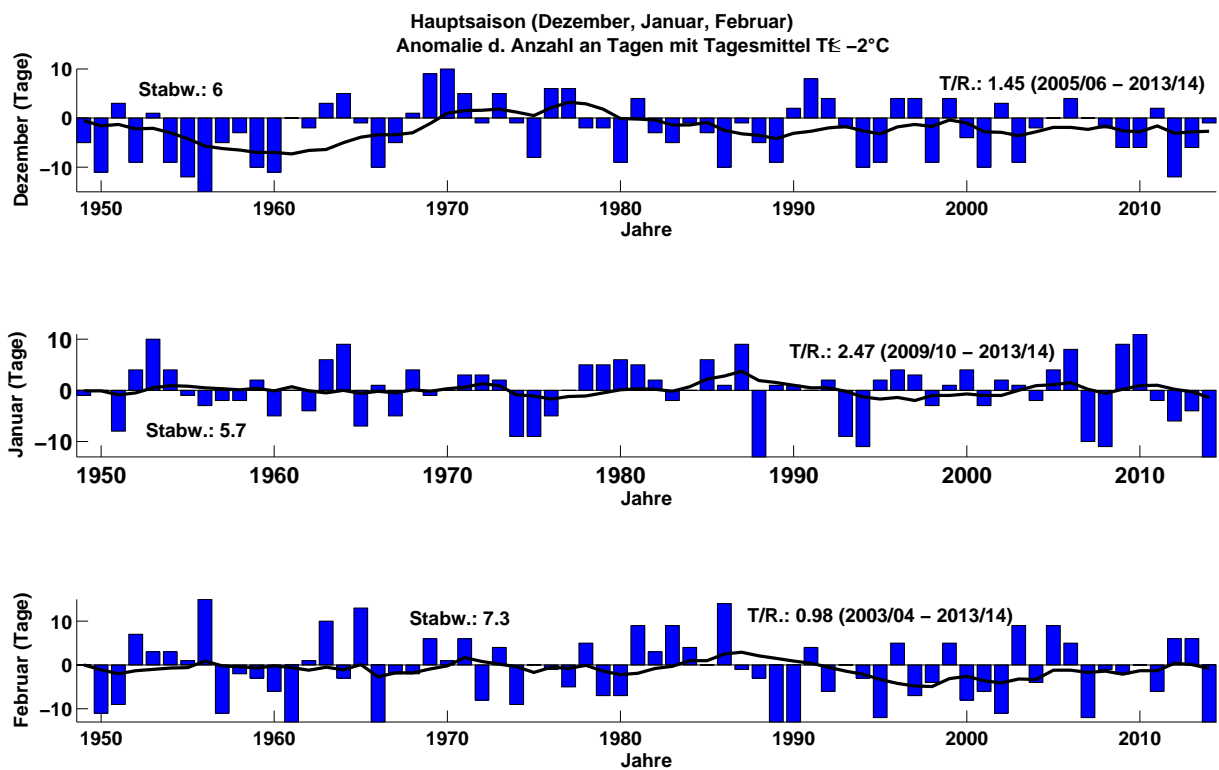


Abbildung 4.11: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Dezember, Januar und Februar (Hauptsaison).

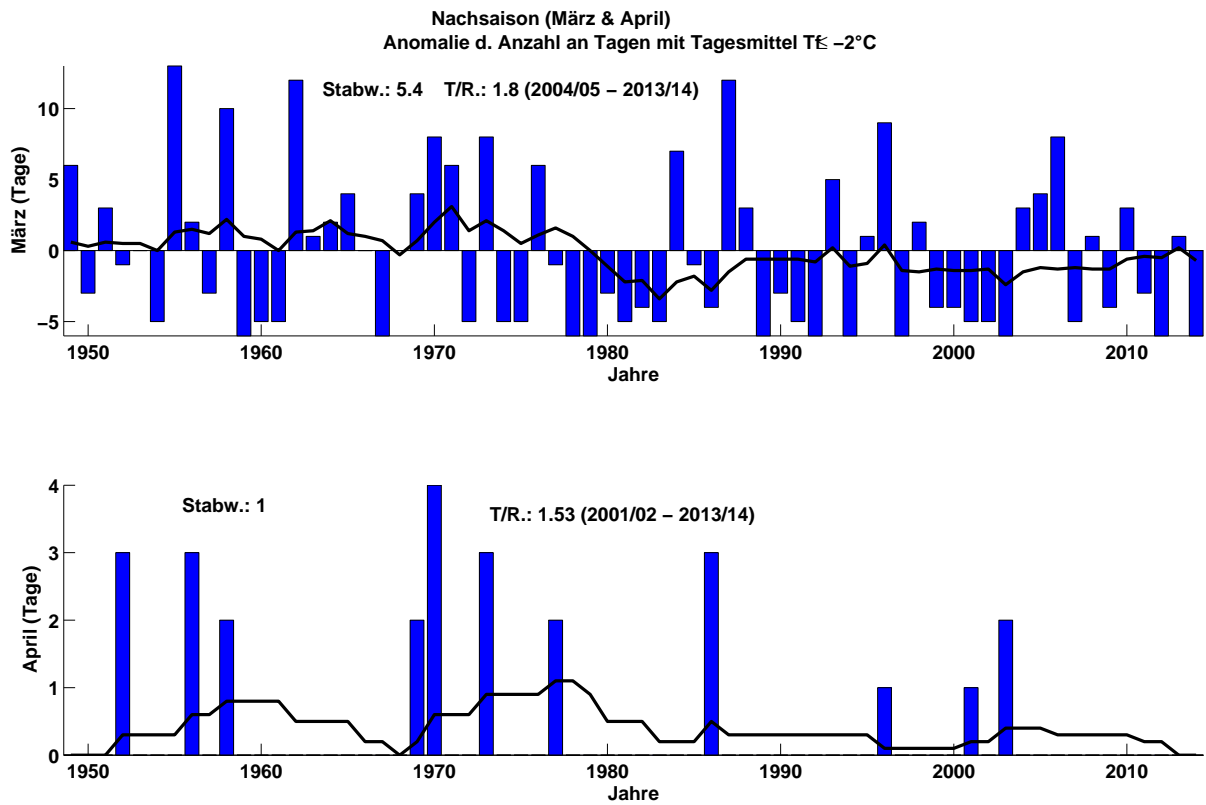


Abbildung 4.12: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt n Monate: März und April (Nachsaison).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1948 – 2014) ,GAP 719 m

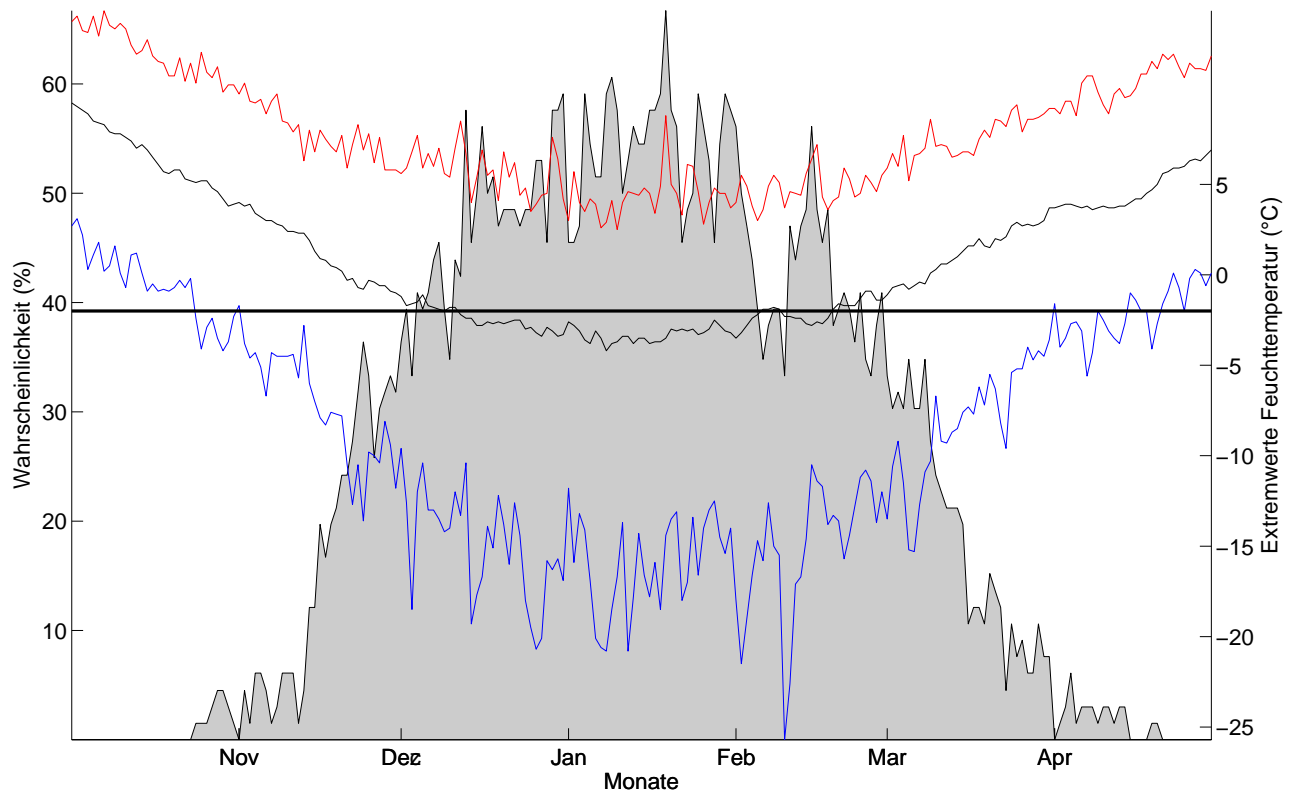


Abbildung 4.13: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Garmisch-Partenkirchen, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1948-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), GAP 719m

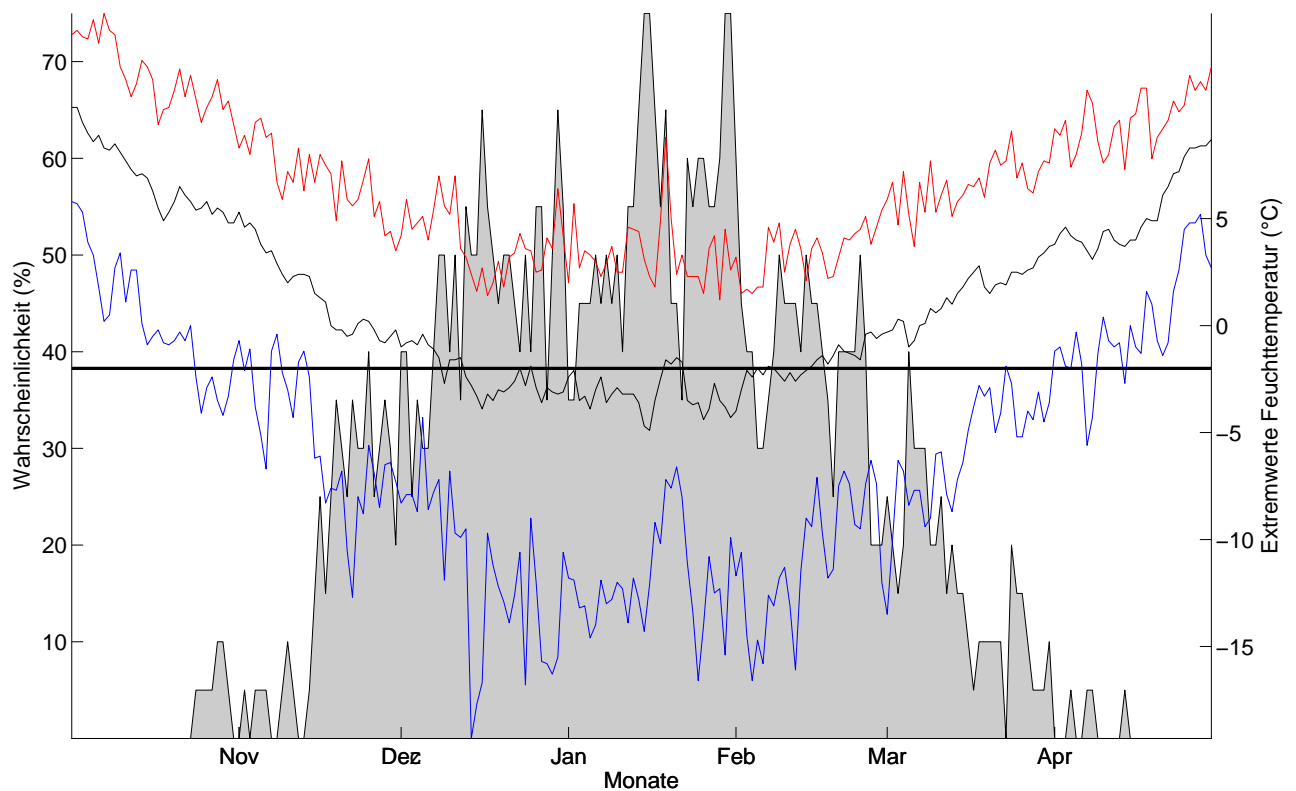


Abbildung 4.14: Klimatologische Beschneiwahrscheinlichkeit, Garmisch-Partenkirchen, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

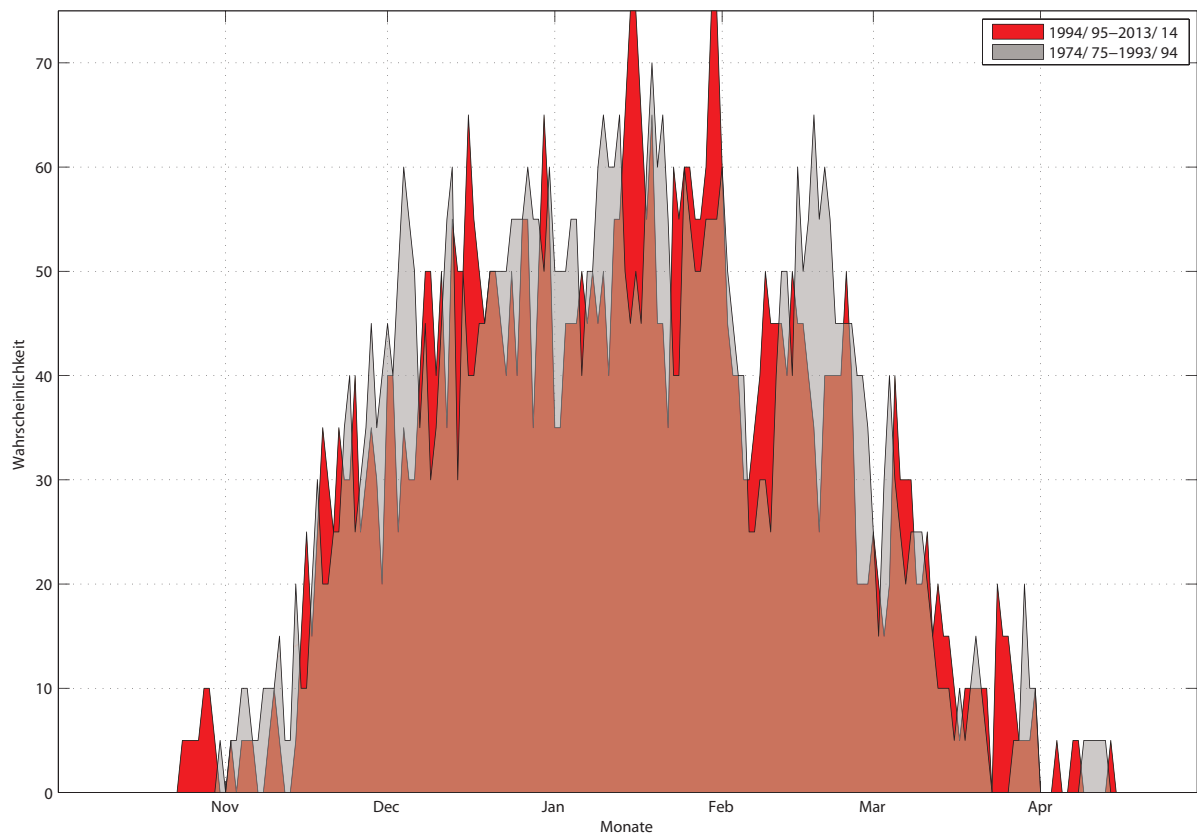


Abbildung 4.15: Vergleich Beschneigungswahrscheinlichkeit (Tagesmittelwert $T_f \leq -2^\circ\text{C}$) der letzten 20 Jahre mit den 20 Jahren davor für alle Tage der Saison (1.10.-30.4.).

Im Mittel über die gesamte Saison gesehen, ist die Wahrscheinlichkeit, Beschneien zu können, in den letzten 20 Jahren im Vergleich zu den 20 Jahren davor von 26% auf 25% gesunken. Siehe Abb. 4.15

Beschneitage GAP pro Saison und Monat

Mittelwert	0	5	15	17	12	6	0
SD	1	4	6	6	7	5	1
Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
1948/49	0	4	12	16	13	12	0
1949/50	0	2	6	17	2	3	0
1950/51	4	0	20	9	4	9	0
1951/52	0	0	8	21	20	5	3
1952/53	0	8	18	27	16	6	0
1953/54	0	3	8	21	16	1	0
1954/55	0	6	5	16	14	19	0
1955/56	0	8	2	14	28	8	3
1956/57	0	9	12	15	2	3	0
1957/58	0	1	14	15	11	16	2
1958/59	0	1	7	19	10	0	0
1959/60	0	4	6	12	7	1	0
1960/61	0	0	17	17	0	1	0
1961/62	0	2	15	13	14	18	0
1962/63	0	10	20	23	23	7	0
1963/64	0	0	22	26	10	8	0
1964/65	0	0	16	10	26	10	0
1965/66	0	5	7	18	0	6	0
1966/67	0	11	12	12	11	0	0
1967/68	0	1	18	21	11	6	0
1968/69	0	6	26	16	19	10	2
1969/70	0	6	27	17	14	14	4
1970/71	0	2	22	20	19	12	0
1971/72	0	7	16	20	5	1	0
1972/73	0	8	22	19	17	14	3
1973/74	0	5	16	8	4	1	0
1974/75	1	0	9	8	13	1	0
1975/76	0	6	23	12	12	12	0
1976/77	0	2	23	17	8	5	2
1977/78	0	7	15	22	18	0	0
1978/79	0	5	15	22	6	0	0

1979/80	0	5	8	23	6	3	0
1980/81	0	10	21	22	22	1	0
1981/82	0	6	14	19	16	2	0
1982/83	0	1	12	15	22	1	0
1983/84	0	10	16	17	17	13	0
1984/85	0	1	14	23	13	5	0
1985/86	0	17	7	18	27	2	3
1986/87	0	3	16	26	12	18	0
1987/88	0	0	12	4	10	9	0
1988/89	0	8	8	18	0	0	0
1989/90	0	11	19	18	0	3	0
1990/91	0	4	25	17	17	1	0
1991/92	0	3	21	19	7	0	0
1992/93	0	0	15	8	13	11	0
1993/94	0	13	7	6	10	0	0
1994/95	0	0	8	19	1	7	0
1995/96	0	10	21	21	18	15	1
1996/97	0	6	21	20	6	0	0
1997/98	3	1	8	14	9	8	0
1998/99	0	11	21	18	18	2	0
1999/00	0	12	13	21	5	2	0
2000/01	0	0	7	14	7	1	1
2001/02	0	13	20	19	2	1	0
2002/03	0	0	8	18	22	0	2
2003/04	4	0	15	15	9	9	0
2004/05	0	7	17	21	22	10	0
2005/06	0	11	21	25	18	14	0
2006/07	0	1	17	7	1	1	0
2007/08	0	7	15	6	12	7	0
2008/09	0	5	11	26	11	2	0
2009/10	0	0	11	28	13	9	0
2010/11	0	5	19	15	7	3	0
2011/12	0	5	5	11	19	0	0
2012/13	2	0	11	13	19	7	0
2013/14	0	4	16	4	0	0	0

Tabelle 4.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1948 - 2014, Garmisch-Partenkirchen.

4.2.3 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

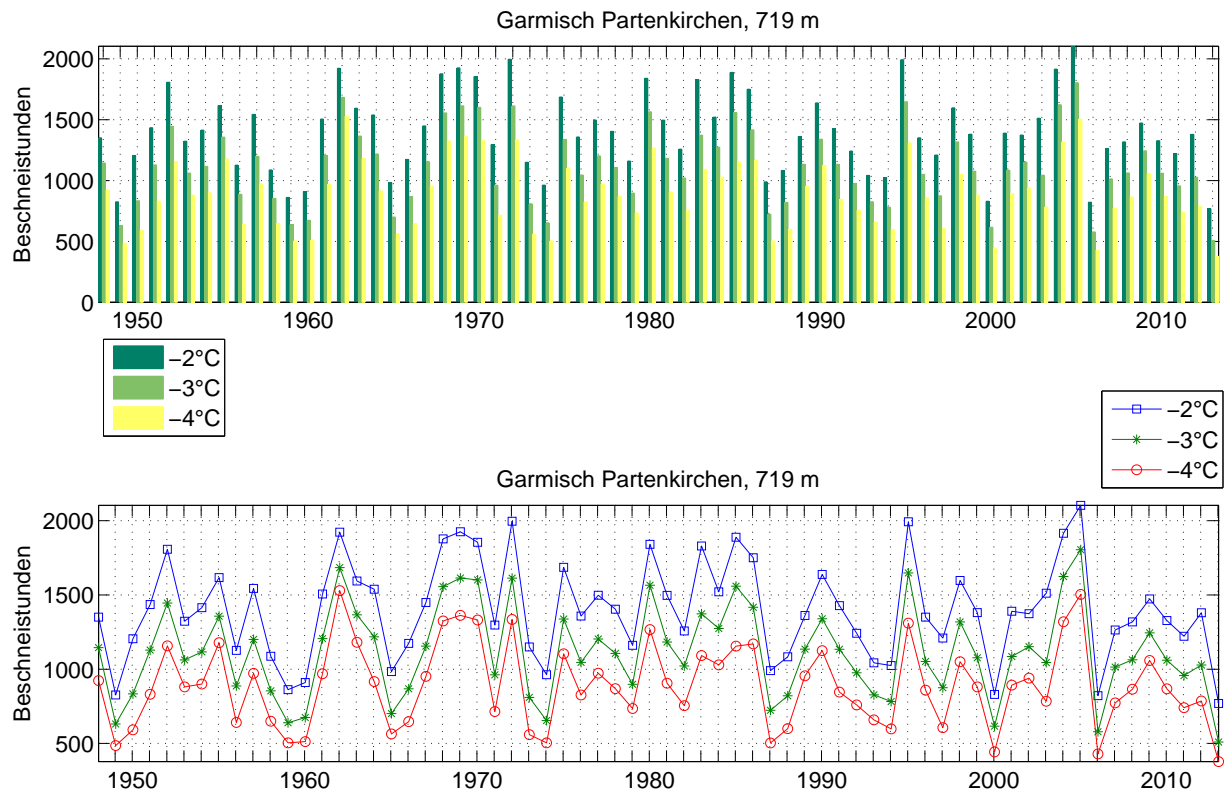
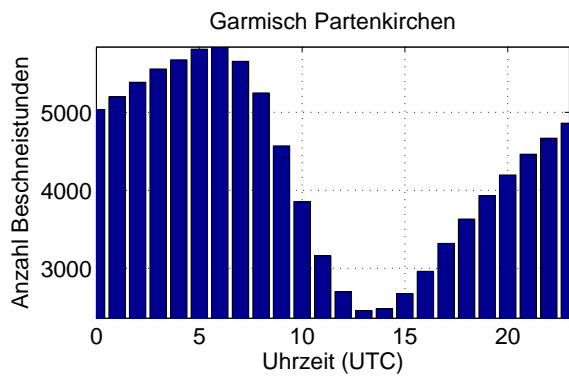
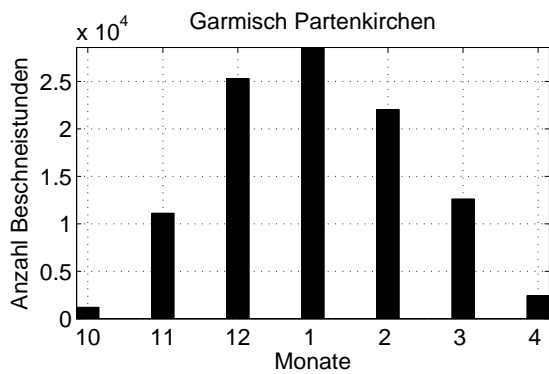
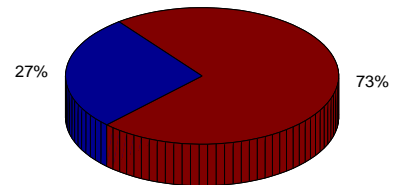


Abbildung 4.16: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 177 Stunden (7 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es in den letzten 65 Saisons (Okt.-Apr.) im Mittel 1401 potentielle Beschneistunden (ca. 58 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 328 Stunden (ca. 14 Tage). Siehe Abb. 4.16.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

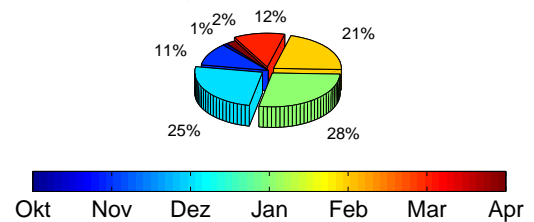


Abbildung 4.17: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

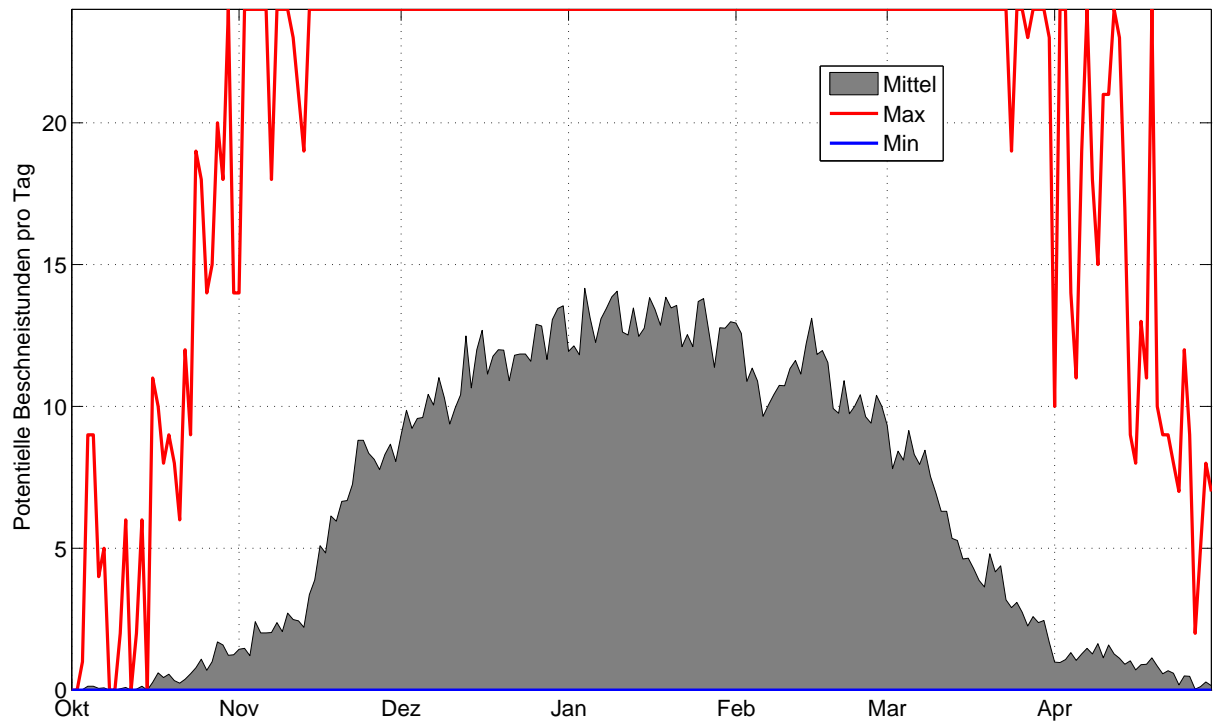


Abbildung 4.18: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1948-2014, Station Garmisch-Partenkirchen, 719 m.

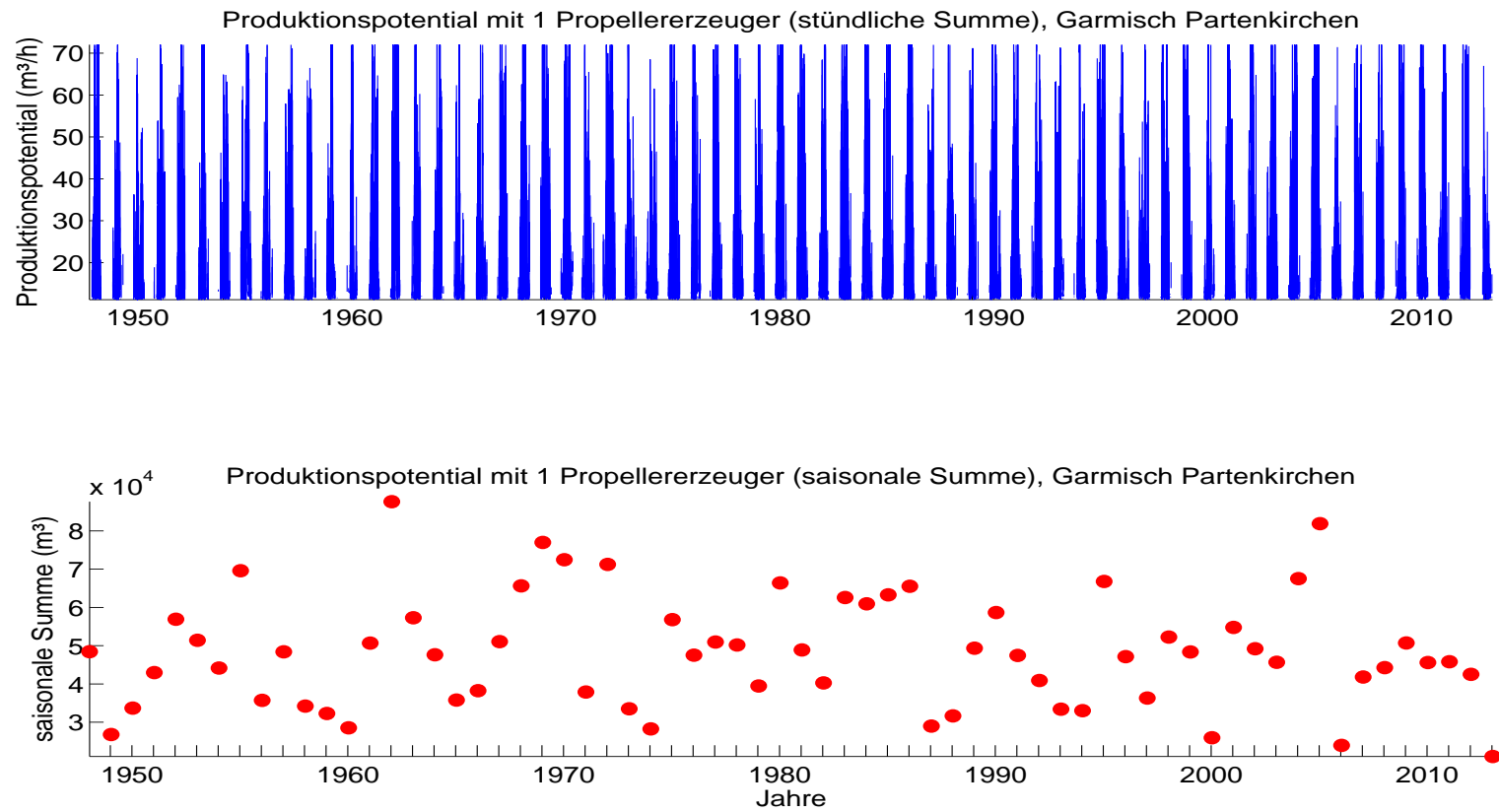


Abbildung 4.19: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

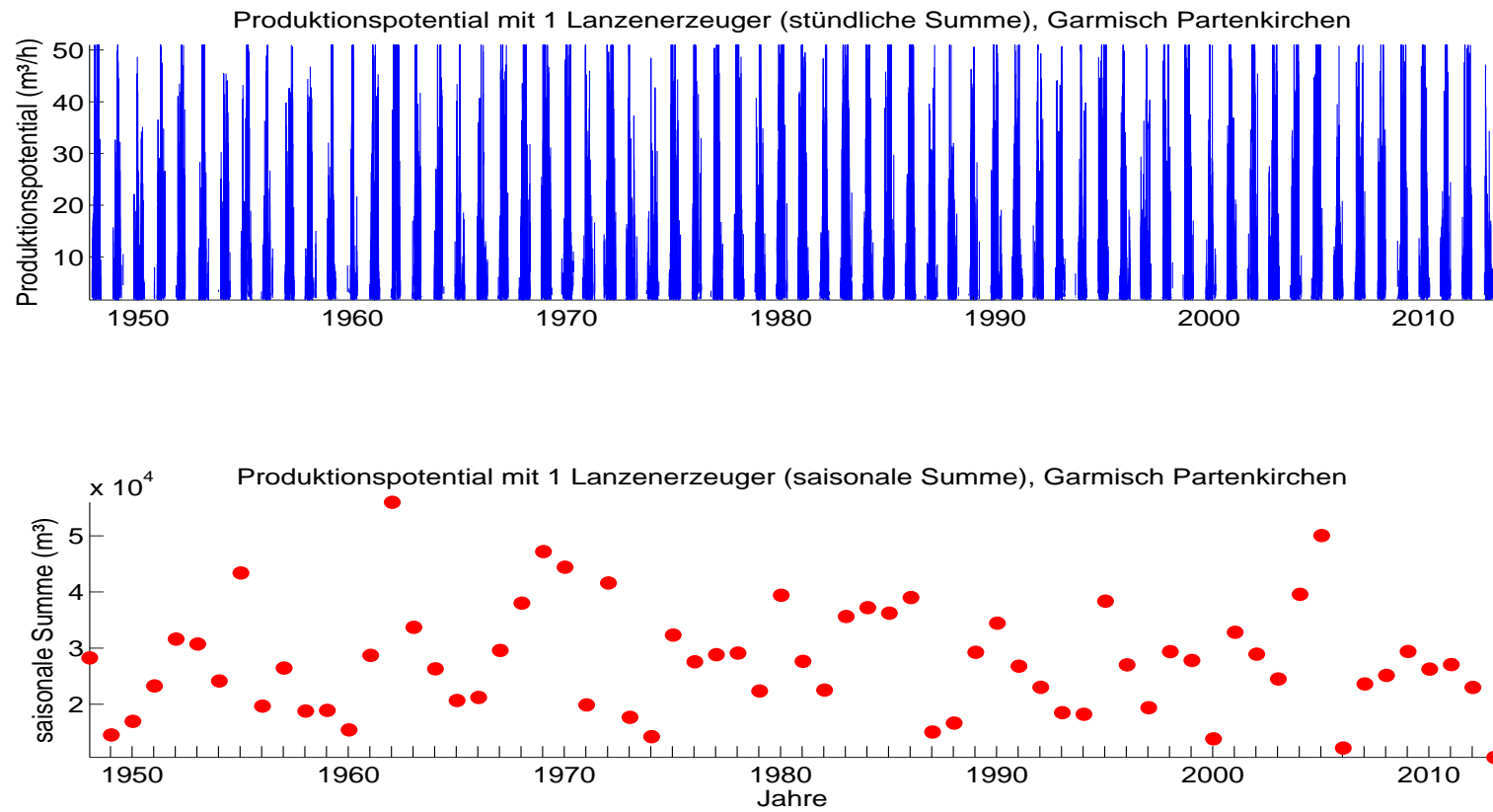


Abbildung 4.20: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung liegt bei 14585 m³ (Propellengerät), bzw. 9559 m³ (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 53383 m³ (Propellengerät), bzw. 45434 (Lanze). Damit kann auf ca. 18 ha (Propellengerät), bzw. ca. 16 ha (Lanze) eine Grundbeschneung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 4.19 und 4.20.

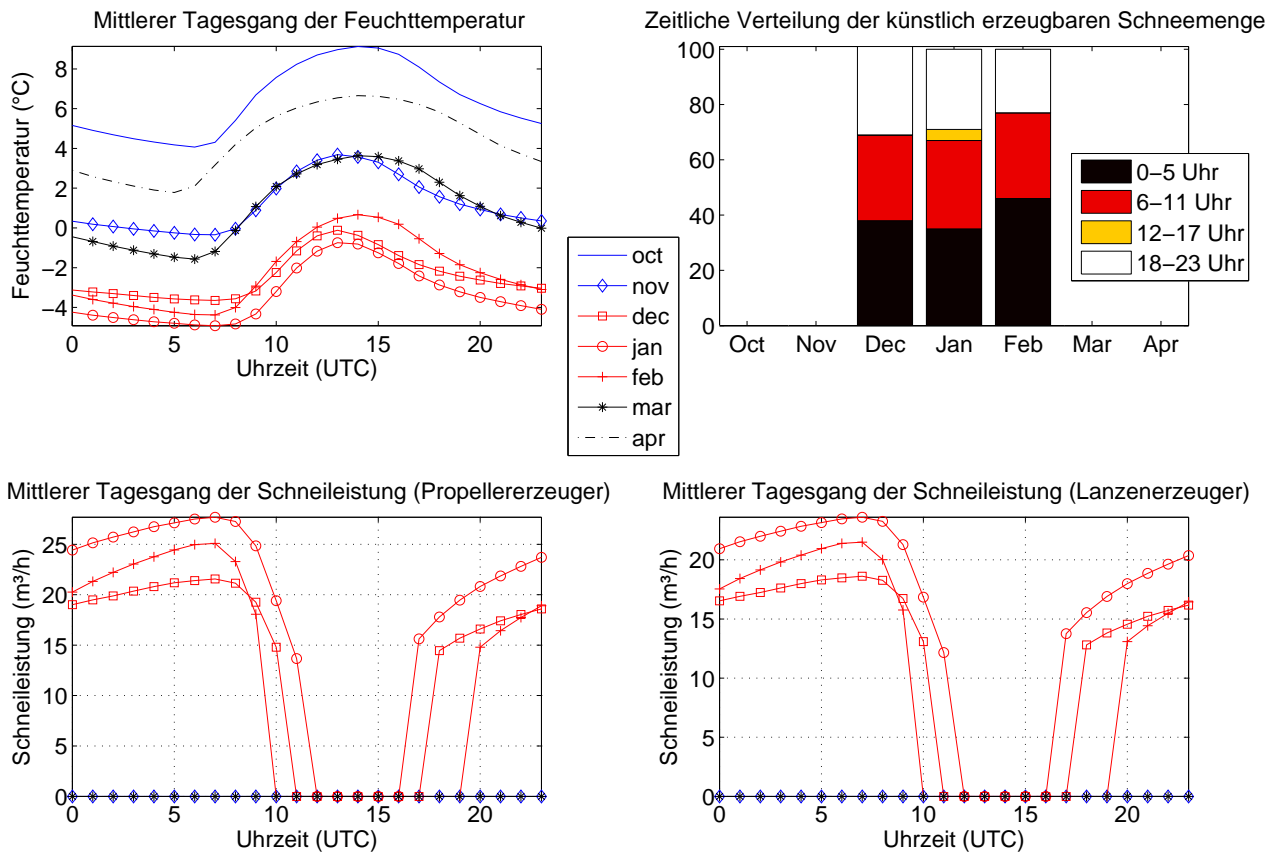


Abbildung 4.21: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1948-2014, Garmisch-Partenkirchen, 719 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

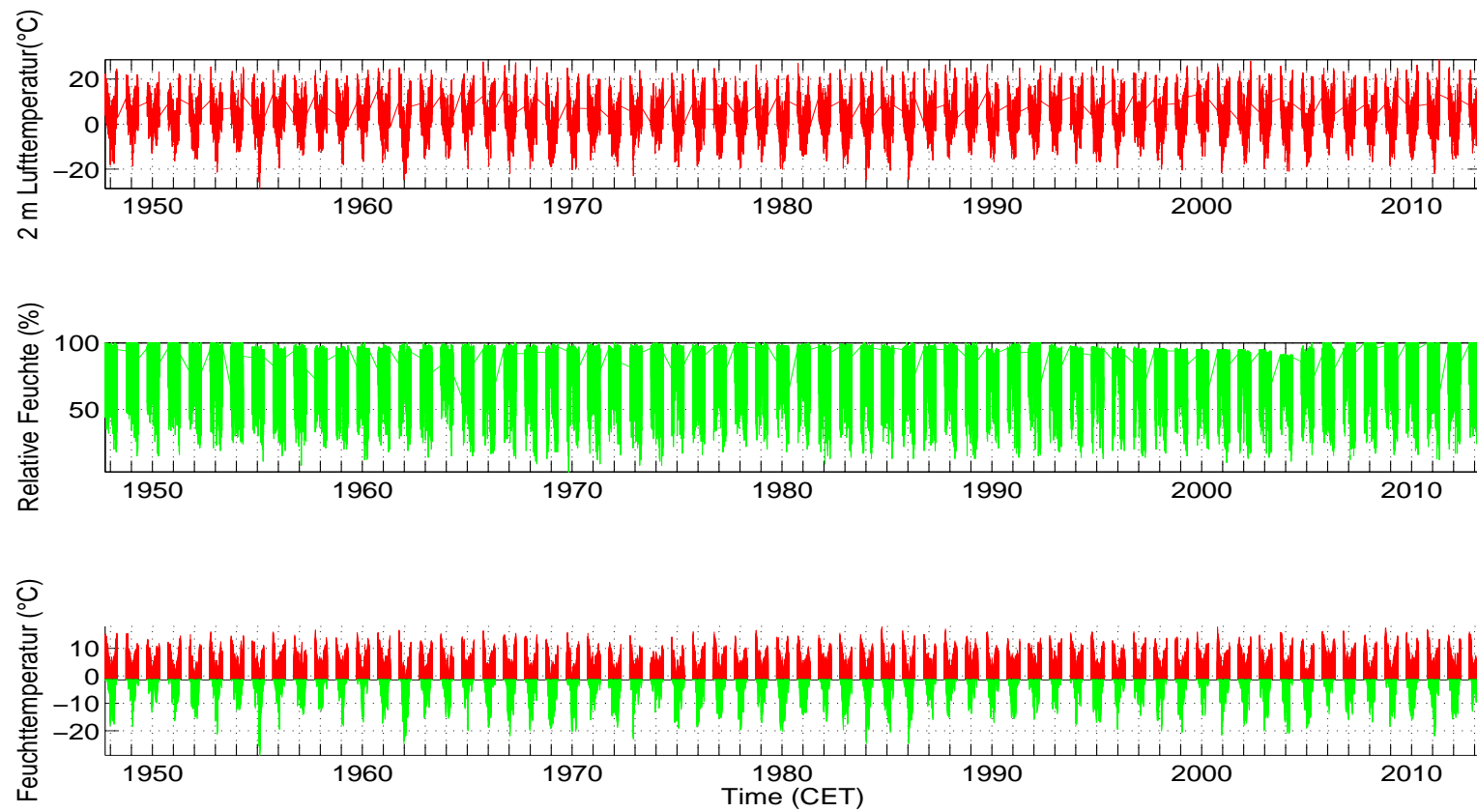


Abbildung 4.22: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchtttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

	Klimaparameter (Saisonmittel, Garmisch-Partenkirchen)			Schneitage	Schneistunden mit versch. Grenztemp.			
	Lufttemp. (°C)	Rel. Feuchte (%)	Feuchttemp.(°C)		-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	2,1	81,9	0,7	55	1565	1401	1113	887
SD	1,0	2,9	0,9	16	336	328	307	278
Saison								
1948/49	3,1	78,0	1,5	57	1510	1351	1145	923
1949/50	3,5	81,1	2,1	30	982	826	631	485
1950/51	2,5	81,5	1,2	46	1414	1205	834	591
1951/52	2,6	81,6	1,3	57	1582	1435	1129	831
1952/53	1,6	81,2	0,3	75	1990	1808	1446	1157
1953/54	2,1	80,6	0,8	49	1500	1323	1062	881
1954/55	2,4	80,6	1,0	60	1595	1414	1117	900
1955/56	1,1	77,1	-0,4	63	1788	1617	1357	1178
1956/57	3,2	76,3	1,5	41	1270	1127	887	641
1957/58	2,0	78,3	0,6	59	1751	1544	1200	972
1958/59	3,3	77,5	1,7	37	1225	1087	854	649
1959/60	3,1	77,2	1,4	30	996	862	639	504
1960/61	4,2	75,4	2,3	35	1053	910	674	512
1961/62	2,6	76,0	0,9	62	1697	1506	1206	969
1962/63	0,3	78,1	-1,2	83	2068	1923	1684	1529
1963/64	2,4	78,1	0,8	66	1751	1594	1366	1181
1964/65	1,7	81,5	0,5	62	1684	1539	1218	917
1965/66	3,3	77,1	1,6	36	1143	984	701	564
1966/67	3,0	77,7	1,4	46	1341	1174	868	647

1967/68	2,6	80,6	1,1	57	1618	1449	1155	952
1968/69	1,1	82,7	0,0	79	2084	1878	1556	1325
1969/70	0,0	83,1	-1,0	82	2088	1926	1614	1363
1970/71	0,8	81,4	-0,5	75	1968	1855	1601	1331
1971/72	2,4	82,4	1,2	49	1481	1297	962	715
1972/73	-0,3	83,5	-1,3	83	2216	1997	1613	1335
1973/74	2,4	81,5	1,1	34	1296	1150	810	559
1974/75	1,9	83,2	0,8	32	1184	963	654	504
1975/76	1,1	83,1	-0,1	65	1881	1686	1338	1104
1976/77	2,0	85,1	1,0	57	1502	1358	1046	826
1977/78	1,8	85,5	0,7	62	1710	1498	1203	973
1978/79	1,0	87,3	0,2	48	1584	1404	1106	869
1979/80	1,8	87,3	0,9	45	1319	1161	898	735
1980/81	1,0	85,4	0,0	76	1976	1841	1565	1267
1981/82	1,3	86,3	0,4	57	1647	1497	1183	906
1982/83	2,8	82,4	1,5	51	1386	1258	1022	754
1983/84	0,9	84,0	-0,2	73	2069	1830	1373	1092
1984/85	1,3	83,4	0,2	56	1669	1521	1274	1029
1985/86	1,0	83,3	-0,1	74	2065	1889	1559	1155
1986/87	1,3	83,0	0,2	75	1935	1751	1417	1170
1987/88	2,9	84,4	1,8	35	1157	990	723	503
1988/89	3,2	84,4	2,1	34	1232	1083	821	600
1989/90	2,5	81,3	1,2	51	1476	1362	1135	955
1990/91	1,8	81,4	0,6	64	1800	1638	1340	1125
1991/92	1,6	83,4	0,5	50	1603	1428	1134	846
1992/93	2,3	88,0	1,4	47	1388	1242	976	759

1993/94	3,1	84,3	1,9	36	1175	1043	827	659
1994/95	2,9	83,8	1,8	35	1169	1024	782	598
1995/96	1,3	84,2	0,2	86	2164	1993	1648	1310
1996/97	1,8	83,0	0,6	53	1533	1351	1052	859
1997/98	2,8	81,6	1,5	43	1375	1210	875	606
1998/99	1,7	83,4	0,6	70	1779	1598	1318	1050
1999/00	2,1	82,5	0,8	53	1561	1381	1077	881
2000/01	3,4	82,1	2,1	30	983	830	616	443
2001/02	2,6	79,5	1,1	55	1585	1390	1085	893
2002/03	2,5	79,8	1,1	50	1502	1374	1152	940
2003/04	2,1	79,7	0,8	52	1713	1512	1045	784
2004/05	1,5	83,2	0,3	77	2079	1916	1624	1319
2005/06	0,6	77,5	-0,8	89	2244	2104	1805	1504
2006/07	4,6	80,3	3,0	27	986	822	578	429
2007/08	2,2	83,1	1,1	47	1410	1264	1014	773
2008/09	2,3	85,1	1,2	55	1476	1318	1063	865
2009/10	2,2	85,1	1,2	61	1606	1473	1245	1059
2010/11	2,7	83,4	1,4	49	1466	1328	1060	868
2011/12	2,4	82,7	1,1	40	1379	1222	957	741
2012/13	2,3	86,0	1,3	52	1568	1380	1028	786
2013/14	4,0	84,2	2,8	24	891	769	509	378

Tabelle 4.2: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Garmisch-Partenkirchen)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	14	146	353	403	308	162	27
SD	23	93	126	114	147	112	26
Saison							
1948/49	0	107	310	348	289	284	13
1949/50	0	61	154	371	138	93	9
1950/51	75	25	524	226	153	196	6
1951/52	8	4	258	501	480	125	61
1952/53	2	190	415	626	422	154	0
1953/54	0	142	178	525	392	48	38
1954/55	1	107	127	398	340	420	22
1955/56	29	182	122	315	660	231	78
1956/57	2	240	326	415	60	62	22
1957/58	0	75	333	416	233	429	58
1958/59	9	74	205	444	322	10	23
1959/60	0	126	164	322	195	55	0
1960/61	6	1	390	412	36	65	0
1961/62	0	85	370	302	364	379	6
1962/63	1	200	461	562	528	167	4
1963/64	13	7	558	573	232	211	0
1964/65	0	40	402	286	577	233	1
1965/66	17	172	158	436	17	183	1
1966/67	1	266	299	311	244	31	22
1967/68	3	77	400	471	261	195	42
1968/69	8	169	582	385	458	208	68
1969/70	0	165	628	397	304	324	108
1970/71	18	105	522	467	388	337	18
1971/72	50	176	335	490	148	73	25
1972/73	55	167	534	446	403	304	88
1973/74	75	220	375	239	128	82	31
1974/75	27	69	200	228	311	113	15
1975/76	24	178	529	290	339	289	37
1976/77	0	90	547	358	185	104	74
1977/78	0	191	355	444	416	72	20

1978/79	1	298	341	510	153	79	22
1979/80	4	132	188	528	193	86	30
1980/81	4	264	471	540	491	46	25
1981/82	13	156	361	394	404	141	28
1982/83	0	59	301	281	497	120	0
1983/84	15	247	370	385	426	344	43
1984/85	0	80	366	548	337	179	11
1985/86	47	404	172	432	616	132	86
1986/87	13	136	347	591	250	397	17
1987/88	0	51	300	159	280	188	12
1988/89	4	240	205	408	186	39	1
1989/90	0	308	417	461	87	82	7
1990/91	3	93	534	434	460	52	62
1991/92	18	137	481	432	276	67	17
1992/93	12	20	345	202	398	270	2
1993/94	4	316	204	202	276	20	21
1994/95	5	2	250	451	84	221	11
1995/96	1	231	448	507	419	328	59
1996/97	4	115	442	469	228	16	77
1997/98	70	122	201	369	243	192	13
1998/99	0	287	470	379	400	58	4
1999/00	6	275	362	466	162	89	21
2000/01	0	28	166	351	222	29	34
2001/02	0	264	430	465	97	108	26
2002/03	9	17	173	400	535	163	77
2003/04	121	60	373	405	301	245	7
2004/05	2	204	484	474	502	238	12
2005/06	4	276	470	572	404	352	26
2006/07	0	73	380	199	122	50	0
2007/08	2	193	388	229	247	198	13
2008/09	0	147	284	517	294	87	0
2009/10	11	5	306	596	311	228	18
2010/11	17	120	426	369	254	135	7
2011/12	28	225	189	284	449	26	21
2012/13	47	73	272	326	411	227	27

2013/14	0	110	352	158	103	45	3
----------------	---	-----	-----	-----	-----	----	---

Tabelle 4.3: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C).

Monatssummen der pot. Schneileistung, Propeller (m ³)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	581	5063	13370	16042	11710	5790	1180
SD	631	2976	5900	5891	6934	3959	863
Saison							
1948/49	16	3030	15114	10794	11048	11813	658
1949/50	73	2561	5130	15747	4538	3178	502
1950/51	2018	1480	16775	7682	4881	6745	727
1951/52	514	690	7877	17679	14762	3971	1735
1952/53	174	6624	14344	21355	13549	5292	66
1953/54	55	4239	6121	24554	17872	2027	1645
1954/55	99	4112	4303	14687	10741	13692	1484
1955/56	858	7604	3685	10365	40488	8981	2543
1956/57	617	6782	11296	16510	2601	2064	1226
1957/58	181	3063	10925	14063	7978	15669	2233
1958/59	698	2750	8824	15196	10505	559	904
1959/60	211	4311	5477	16652	9117	2018	430
1960/61	207	595	13265	15354	2199	2358	0
1961/62	129	3358	15238	10819	12207	13060	1081
1962/63	287	6962	22196	30549	24769	7184	427
1963/64	585	373	22251	21992	7644	7720	197
1964/65	192	1842	13146	8235	20854	7852	405
1965/66	666	5414	5607	22121	1044	5301	238
1966/67	291	8096	9704	13348	9840	1912	1354
1967/68	241	2286	17415	18912	8407	7296	1404
1968/69	602	5173	22373	15897	17539	6788	2727
1969/70	162	6112	34082	17111	11210	10755	3331
1970/71	916	2886	21038	20596	14790	16494	862
1971/72	1227	7009	11326	15122	4791	2817	761
1972/73	1879	7674	22283	17051	15448	10902	3754
1973/74	1970	6642	15207	7101	4398	3105	1522
1974/75	1459	3012	7775	7261	10219	4687	1470
1975/76	1125	7718	19185	12167	10382	9617	1810
1976/77	66	3350	24916	12564	5694	3274	2812
1977/78	156	6854	12996	16165	15851	3125	1093

1978/79	226	7695	14405	22402	6837	2877	1229
1979/80	322	5782	6180	22950	5983	3413	2099
1980/81	414	7513	18942	22722	18227	2130	891
1981/82	653	5836	12409	15325	14949	4868	1575
1982/83	184	2168	10237	9490	18613	4067	353
1983/84	551	8576	16993	13543	16697	9987	1802
1984/85	185	2587	11494	28901	15956	5692	922
1985/86	1334	12364	6097	15192	26635	4288	2280
1986/87	367	4061	11841	28627	9468	14922	779
1987/88	147	2670	10582	5515	9325	6759	603
1988/89	137	8809	7539	13434	5431	1367	163
1989/90	194	10175	16454	20188	3338	2635	537
1990/91	282	4028	18060	17825	18859	1803	2224
1991/92	1053	4637	19465	16347	8703	2872	885
1992/93	622	1345	11888	9889	13101	8725	237
1993/94	286	10962	6876	7718	10211	671	900
1994/95	438	316	7617	18377	3237	7652	725
1995/96	165	7541	16478	16799	16337	12262	2099
1996/97	399	4253	19256	18229	7570	1412	2923
1997/98	2083	3639	6116	12855	9634	6328	764
1998/99	94	11172	15602	12694	14533	2913	544
1999/00	463	10622	13098	20427	5752	3212	822
2000/01	15	1794	6391	12992	7402	1231	1547
2001/02	11	8091	20838	22438	3268	3413	1170
2002/03	398	754	5937	17208	21831	4518	2772
2003/04	3500	2197	13488	14277	8967	8297	407
2004/05	117	6636	18026	19796	17560	9706	711
2005/06	286	9290	18068	29939	15806	12479	1163
2006/07	2	2402	12583	7155	3772	2630	223
2007/08	798	7359	16636	8075	7866	5789	689
2008/09	106	4678	10405	20219	10822	3502	30
2009/10	799	675	11584	21216	11728	7989	858
2010/11	691	4065	16692	14936	9457	4197	288
2011/12	899	5930	6386	11244	24182	1859	881
2012/13	1245	2370	9973	11369	14582	7144	1007

2013/14	131	4028	11392	5299	3000	1697	167
----------------	-----	------	-------	------	------	------	-----

Tabelle 4.4: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der pot. Schneileistung, Lanze, (m ³)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	552	4465	11297	13385	9848	5064	1116
SD	561	2509	4638	4552	5398	3283	781
Saison							
1948/49	26	2719	12301	9354	9367	9923	608
1949/50	86	2415	4563	13266	4098	2858	531
1950/51	1788	1504	14366	6879	4447	5941	722
1951/52	505	704	6998	14887	12646	3551	1527
1952/53	177	5839	12371	17987	11569	4698	90
1953/54	65	3816	5459	20097	14220	1900	1540
1954/55	109	3618	3955	12541	9299	11739	1411
1955/56	777	6625	3341	9018	30671	7636	2291
1956/57	659	5989	9706	13577	2412	1823	1173
1957/58	197	2792	9521	12152	6854	13303	2096
1958/59	680	2554	7695	12992	9084	556	843
1959/60	238	3913	4980	13391	7629	1915	456
1960/61	211	650	11449	13086	2138	2201	0
1961/62	152	3062	12429	9391	10461	11230	1073
1962/63	301	6093	17560	23818	19759	6121	430
1963/64	549	396	18488	18616	6723	6678	227
1964/65	252	1722	11299	7293	17530	6768	444
1965/66	616	4726	5088	17558	1022	4788	239
1966/67	295	7149	8498	10892	8284	1869	1318
1967/68	231	2094	14425	15715	7340	6382	1293
1968/69	575	4587	18510	13286	14568	6031	2486
1969/70	172	5247	26747	14201	9526	9346	3035
1970/71	905	2649	17393	16625	12587	13250	825
1971/72	1118	5921	9859	13031	4263	2591	740
1972/73	1759	6609	18741	14457	12980	9286	3454
1973/74	1775	5831	12656	6286	4047	2842	1460
1974/75	1441	2863	6769	6387	8874	4262	1448
1975/76	1059	6354	16192	10163	9026	8311	1710
1976/77	81	3076	20005	10774	5004	2873	2581
1977/78	168	5931	11025	13757	13276	2927	1078

1978/79	230	6793	11885	18200	6019	2664	1231
1979/80	311	5196	5529	18937	5311	3136	2056
1980/81	398	6631	15833	18418	15174	1964	834
1981/82	665	5146	10709	13052	12683	4419	1523
1982/83	198	2052	8859	8237	15395	3686	369
1983/84	518	7427	14083	11607	13794	8690	1688
1984/85	190	2378	9920	22491	12932	5133	914
1985/86	1218	10606	5468	12745	21628	3963	2043
1986/87	340	3628	10273	22769	8068	12533	734
1987/88	153	2532	9136	4962	8176	5861	594
1988/89	135	7553	6636	11601	4840	1286	182
1989/90	205	8762	13953	16828	3069	2418	563
1990/91	278	3647	15116	14969	15617	1670	2055
1991/92	1019	4289	16301	13881	7503	2688	874
1992/93	613	1317	10273	8180	11231	7584	233
1993/94	291	9332	6119	6754	8777	626	886
1994/95	440	322	6677	15062	2990	6769	721
1995/96	160	6548	13856	14338	13640	10454	1932
1996/97	388	3900	15709	15452	6655	1373	2712
1997/98	1817	3316	5464	10905	8199	5586	739
1998/99	99	9498	13298	10981	12243	2679	548
1999/00	449	9130	11128	16826	5151	2941	777
2000/01	22	1717	5658	10995	6473	1143	1469
2001/02	15	7097	16617	18303	2989	3081	1091
2002/03	389	723	5249	14283	17953	4055	2473
2003/04	3076	2041	11288	12077	7702	7280	417
2004/05	108	5884	15109	16486	14778	8091	693
2005/06	286	8005	15223	23552	13220	10521	1101
2006/07	5	2191	10848	6270	3404	2467	224
2007/08	807	6422	14115	6940	6834	5079	675
2008/09	116	4135	9088	17136	9224	3249	46
2009/10	760	700	9795	17906	9982	6821	805
2010/11	671	3598	14133	12472	8154	3730	289
2011/12	856	5220	5746	9599	19061	1746	813
2012/13	1102	2166	8503	9749	12399	6262	979

2013/14	143	3559	9885	4796	2747	1616	180
----------------	-----	------	------	------	------	------	-----

Tabelle 4.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

4.2.4 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

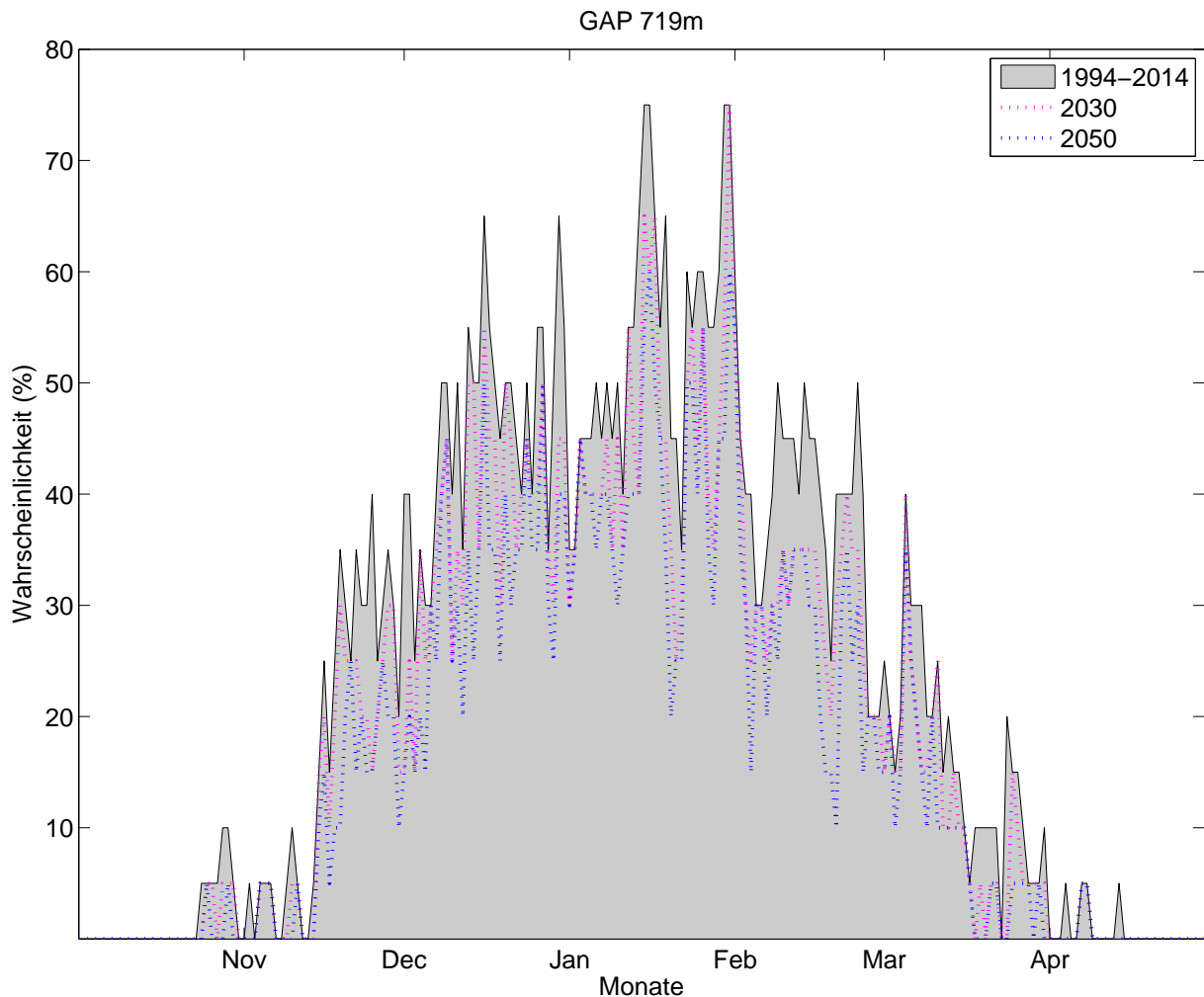


Abbildung 4.23: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Garmisch-Partenkirchen, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

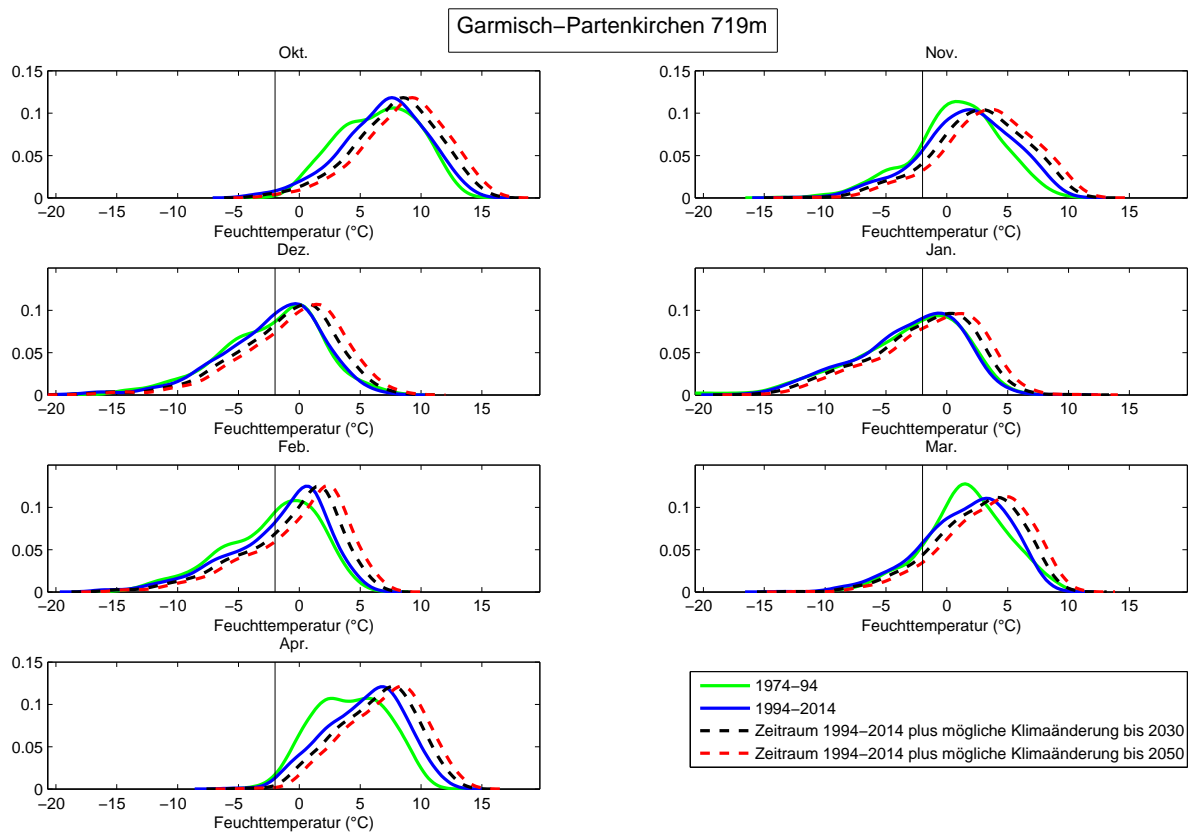


Abbildung 4.24: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchttemperatur unter -2°C pro Monat, Garmisch-Partenkirchen.

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Periode							
1974-1994	0,1	5,6	15,0	16,7	12,5	4,4	0,3
1994-2014	0,5	4,9	14,3	16,8	11,0	4,9	0,2
mit Klimaänderung bis 2030	0,3	3,7	11,7	14,0	8,8	3,5	0,1
mit Klimaänderung bis 2050	0,1	2,8	9,8	12,5	7,5	2,9	0,1
Abnahme bis 2050 in Tagen	0,4	2,2	4,5	4,3	3,5	2,1	0,1
Abnahme bis 2050 in %	78	44	31	25	32	42	50

Tabelle 4.6: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1974-94, 1994-2014 und 1994-2014 mit möglicher Erwärmung bis 2030 ($+1^{\circ}\text{C}$) bzw. 2050 ($+1,8^{\circ}\text{C}$).

4.3 Feldberg (1490 m)

4.3.1 Naturschnee

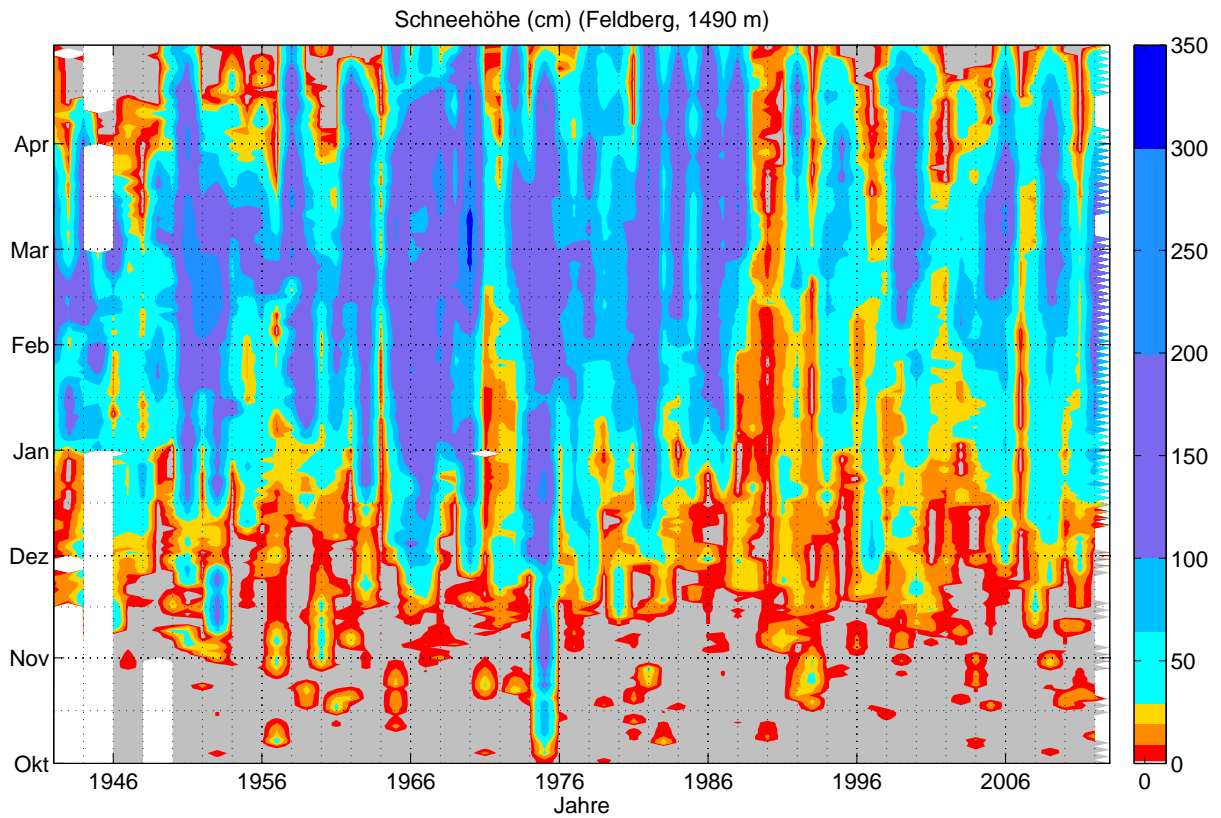


Abbildung 4.1: Tageswerte der Schneehöhe, Feldberg, Okt.-Apr. 1941-2013. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt.

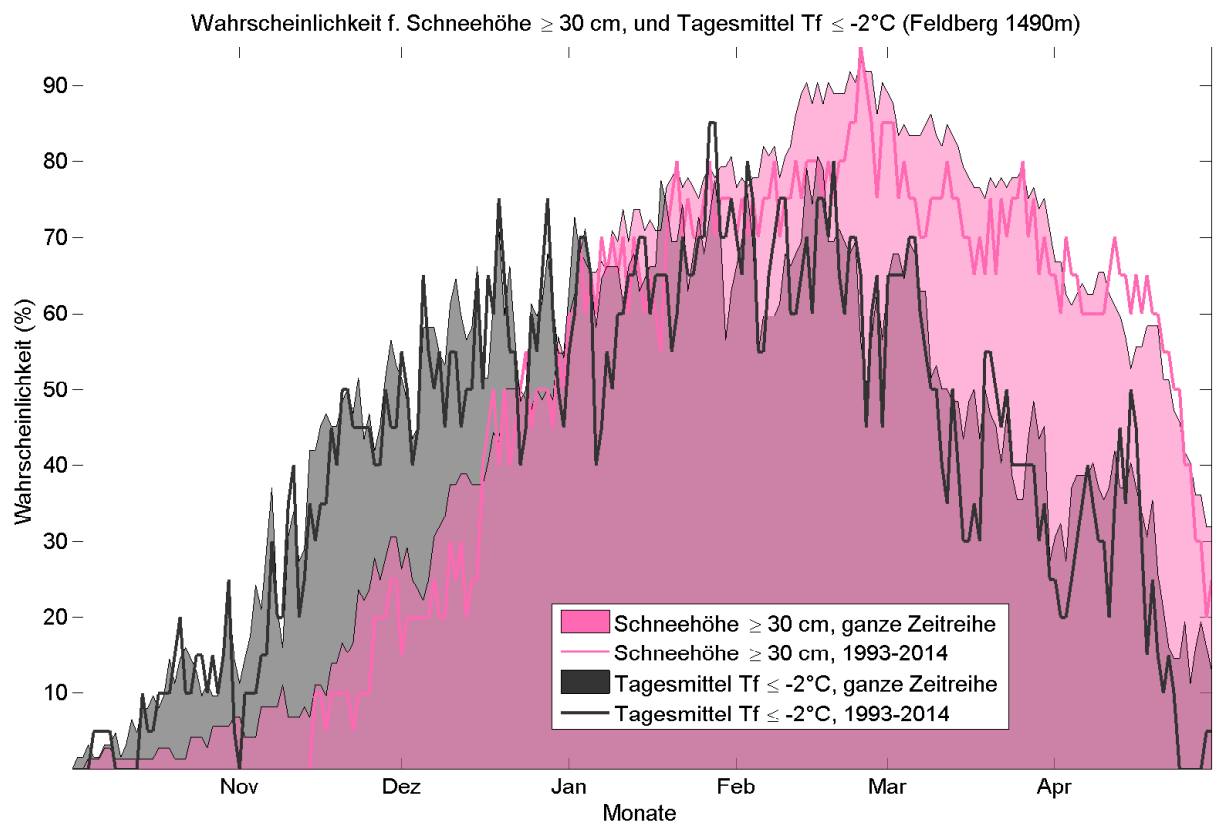


Abbildung 4.2: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchtttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Beschneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (T_f ab 1952, Schnee ab 1941).

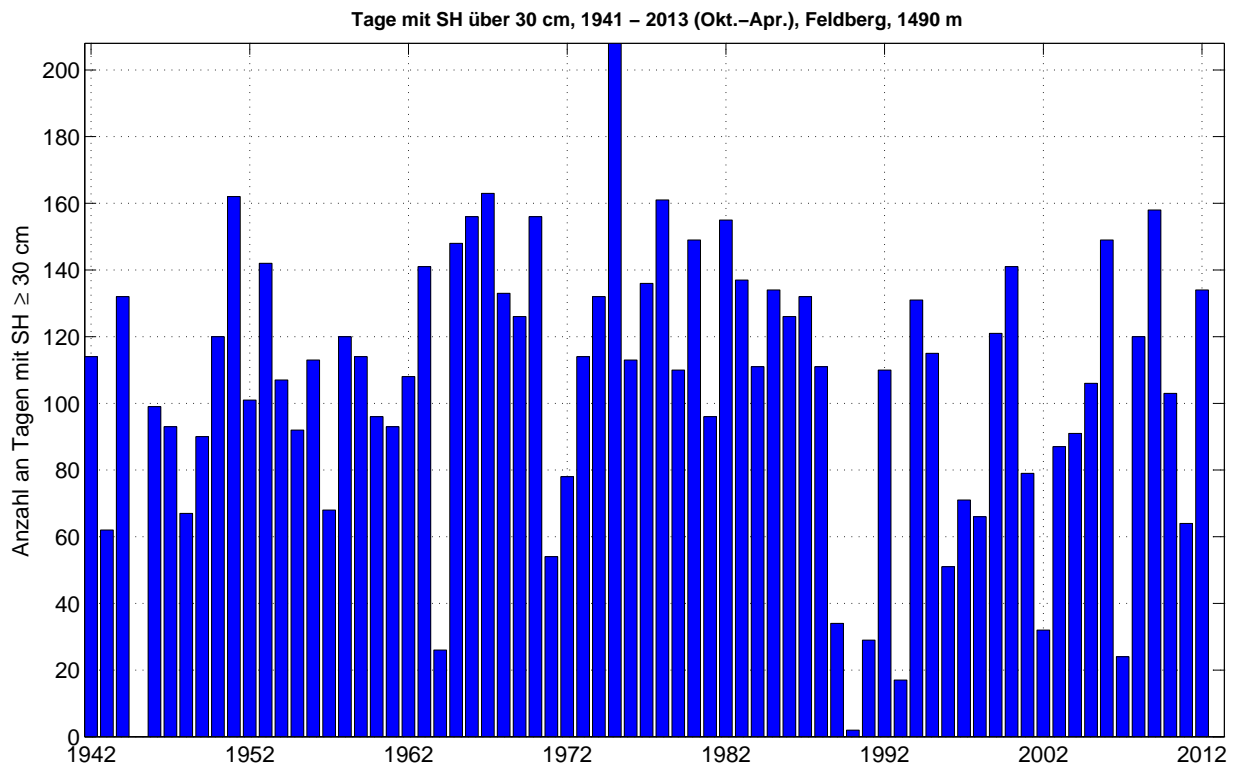


Abbildung 4.3: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1941-2013

4.3.2 Langzeitanalyse - Trends und Klima

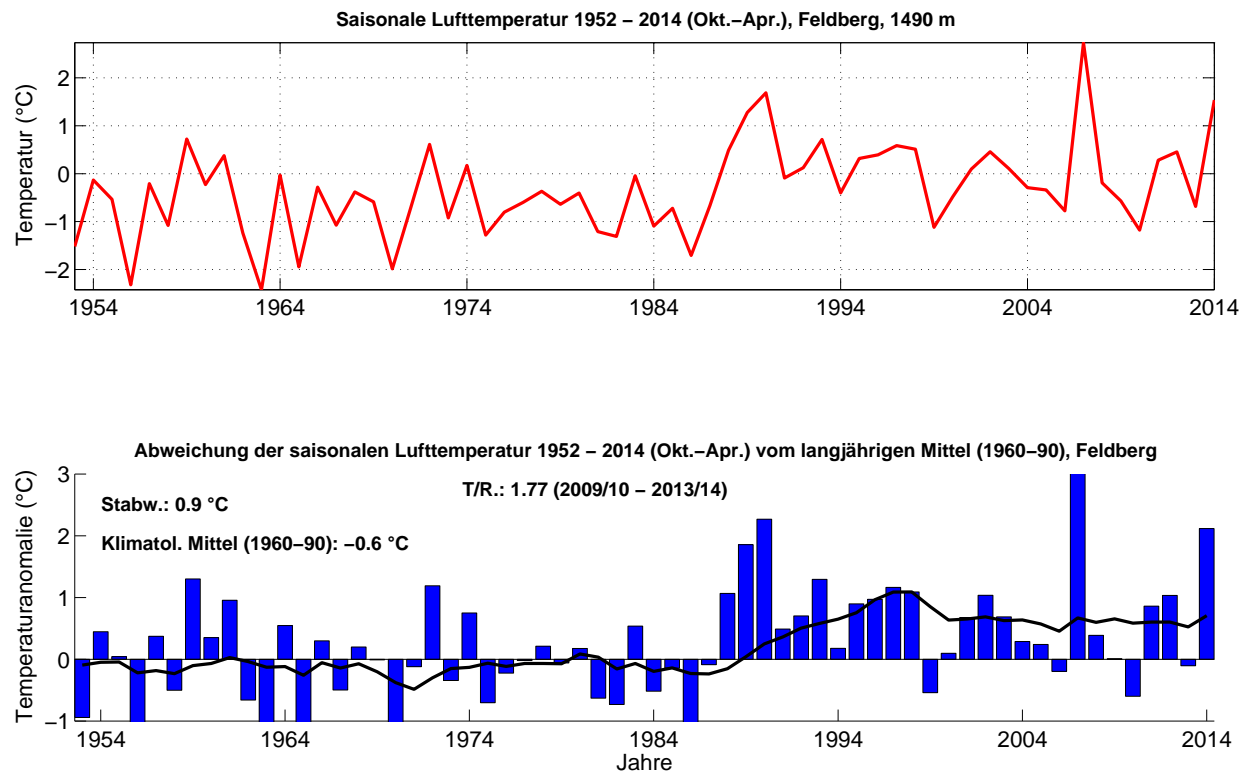


Abbildung 4.4: Langzeitanalyse der saisonalen Lufttemperatur, Feldberg, Okt.-Apr. 1952-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

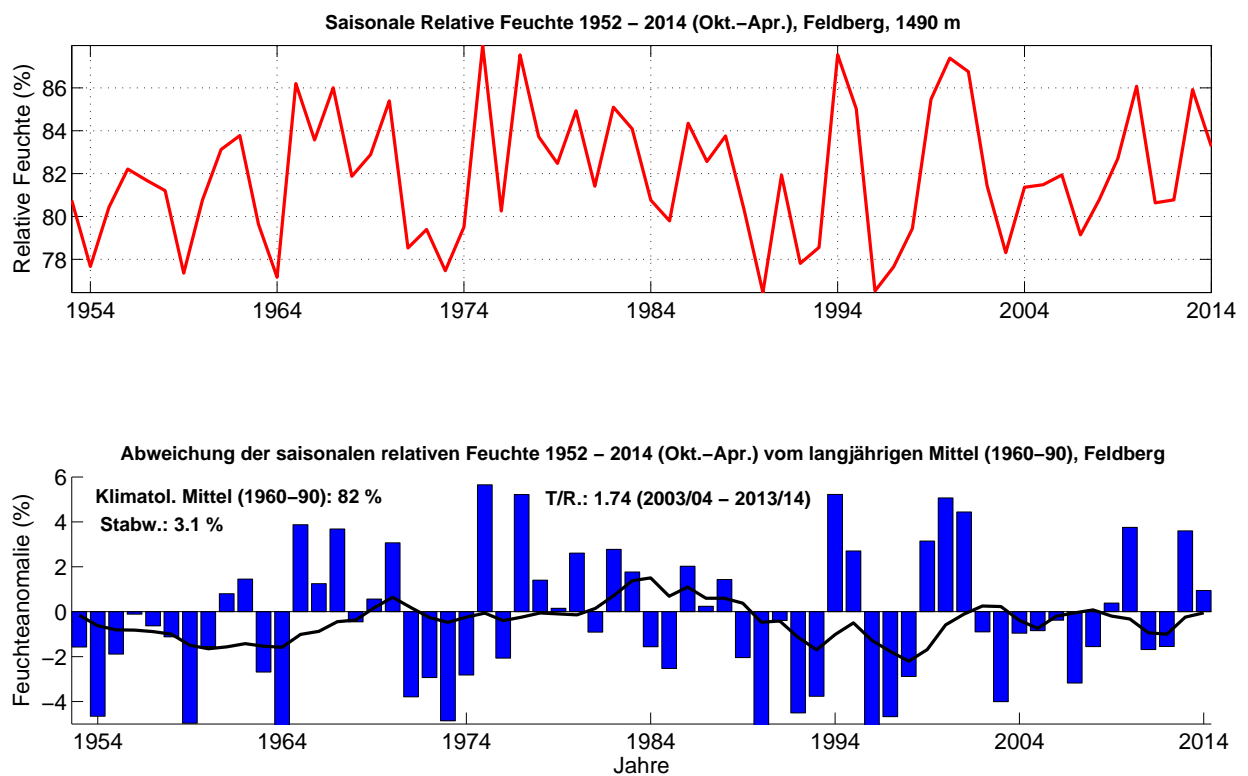


Abbildung 4.5: Langzeitanalyse der saisonalen relativen Feuchte, Feldberg, Okt.-Apr. 1952-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

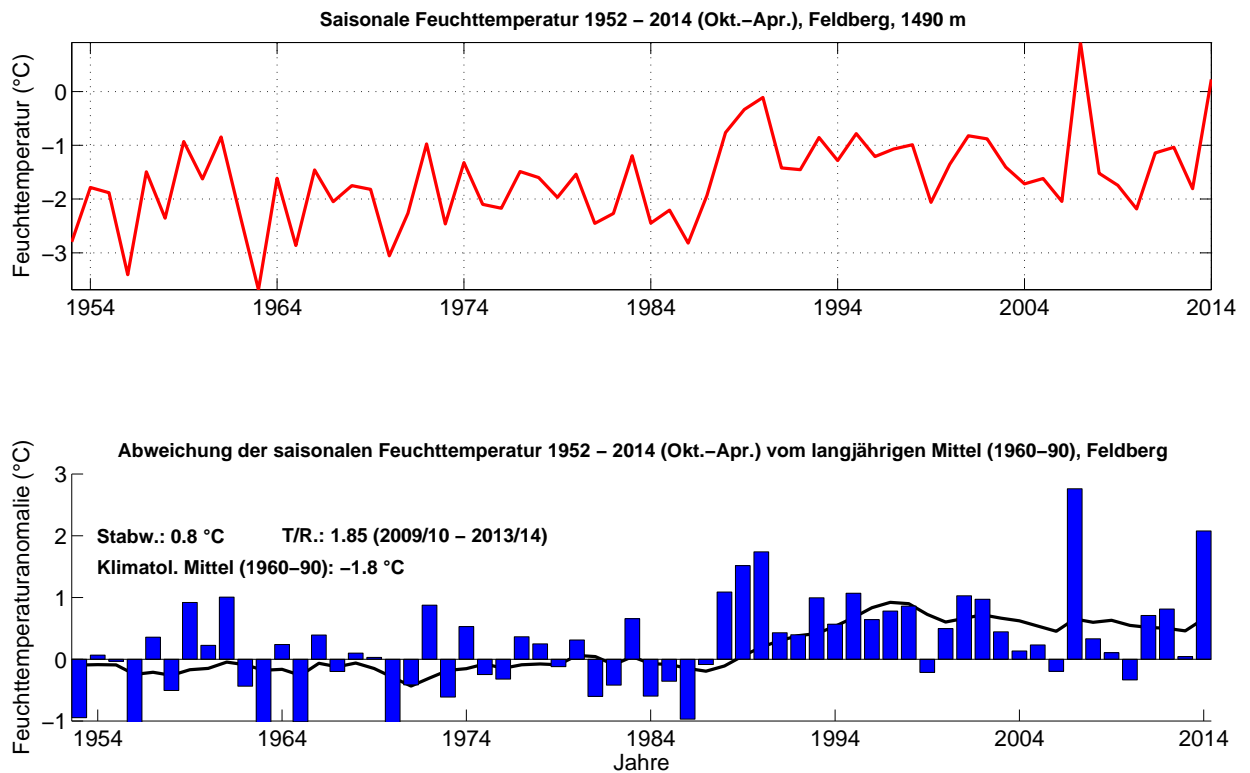


Abbildung 4.6: Langzeitanalyse der saisonalen Feuchttemperatur, Feldberg, Okt.-Apr. 1952-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

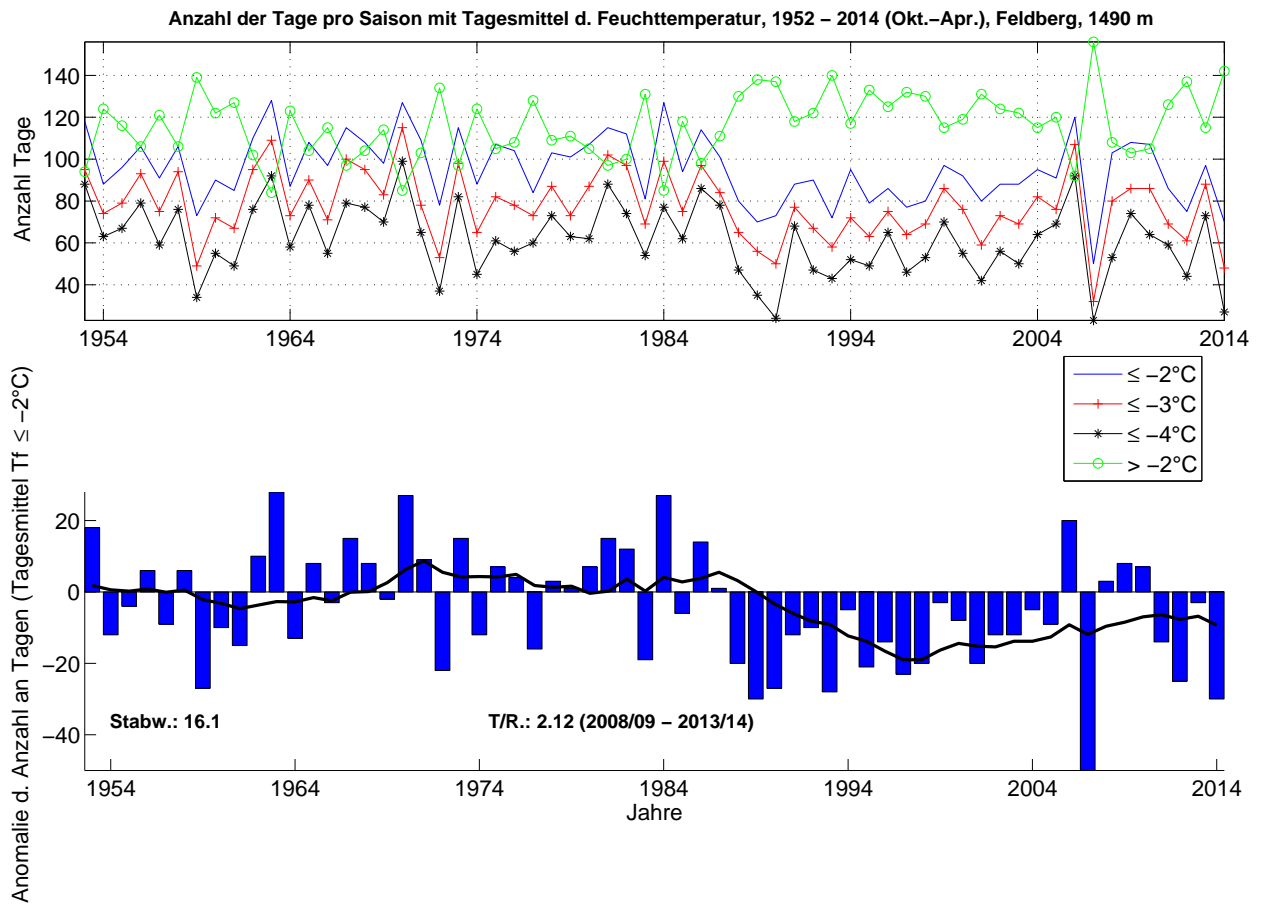


Abbildung 4.7: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur von -2°C , -3°C und -4°C , bzw. Überschreitung von -2°C , Periode 1952-2014, Feldberg. Abweichung vom langjährigen Mittel für Tagesmittel $\leq -2^{\circ}\text{C}$ (unten).

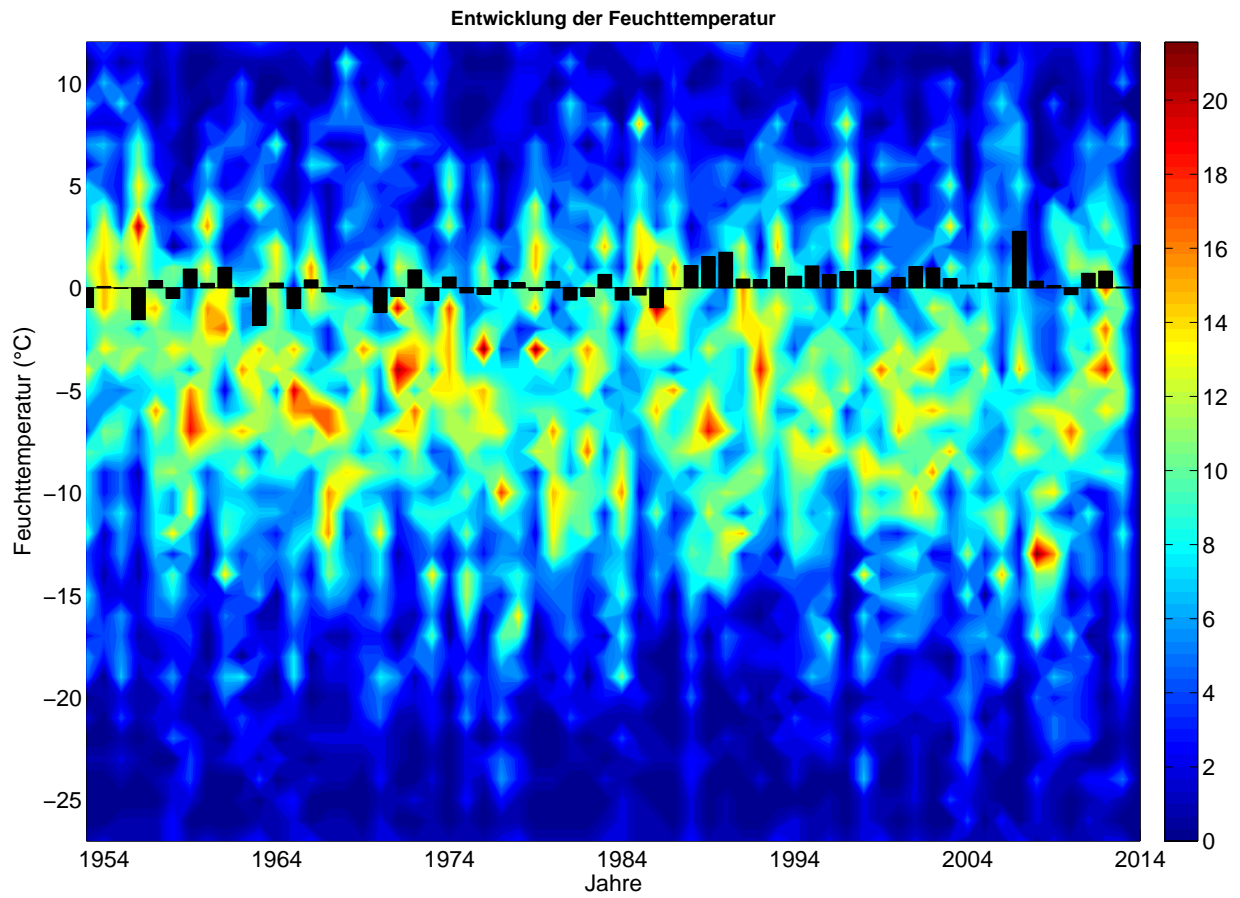


Abbildung 4.8: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1952-2014, Feldberg. Die schwarzen Balken zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel (1960-90).

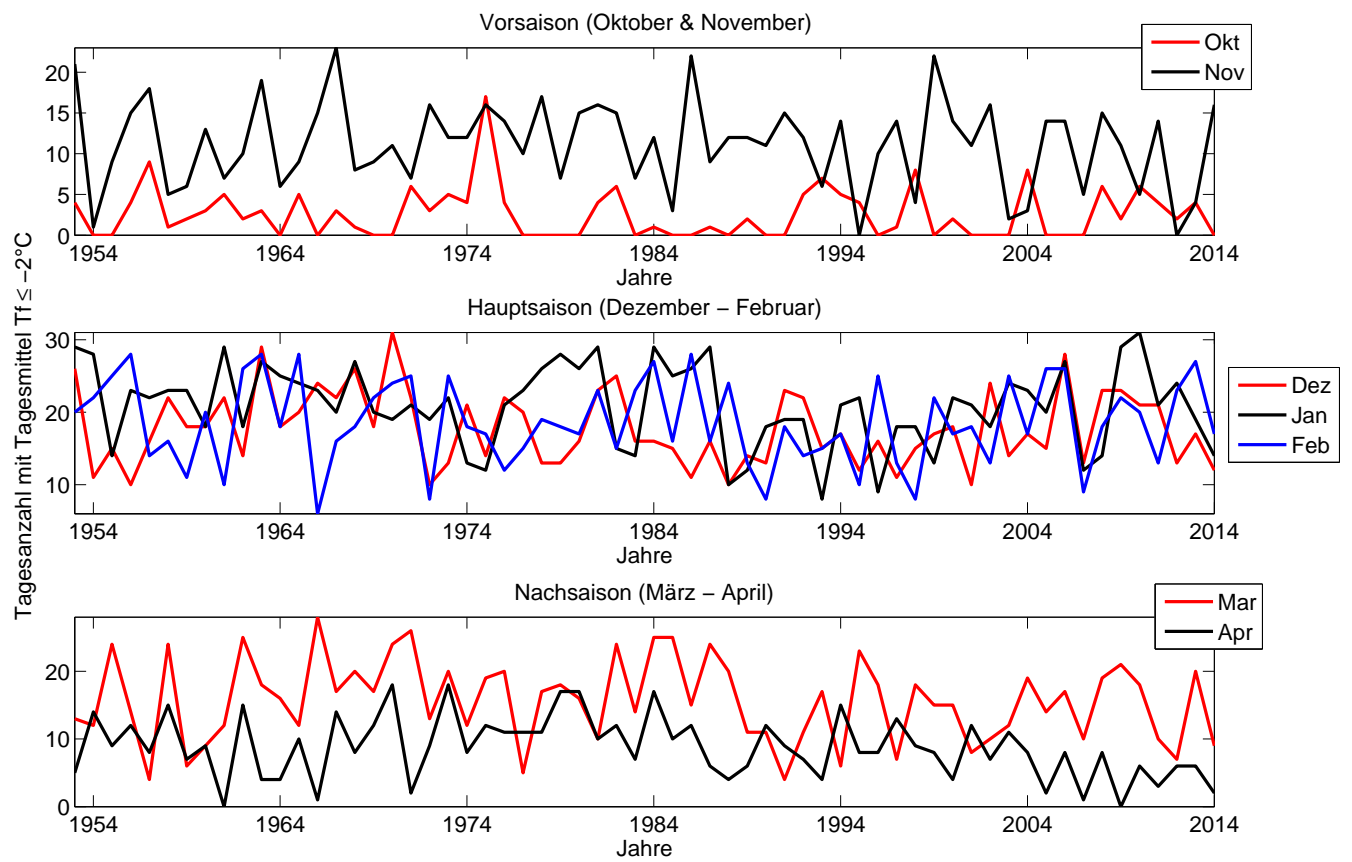


Abbildung 4.9: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Schneitagen pro Saison, nach Monaten.

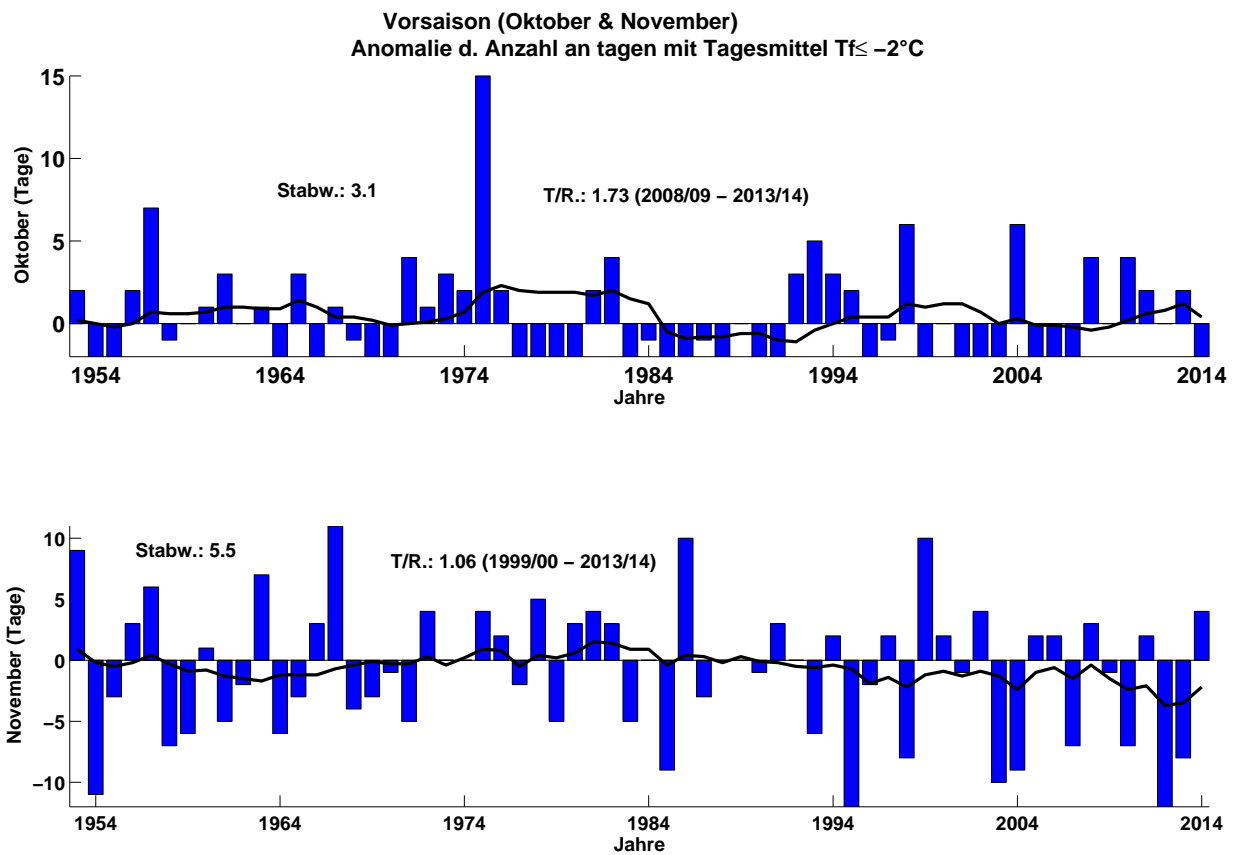


Abbildung 4.10: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Oktober und November (Vorsaison).

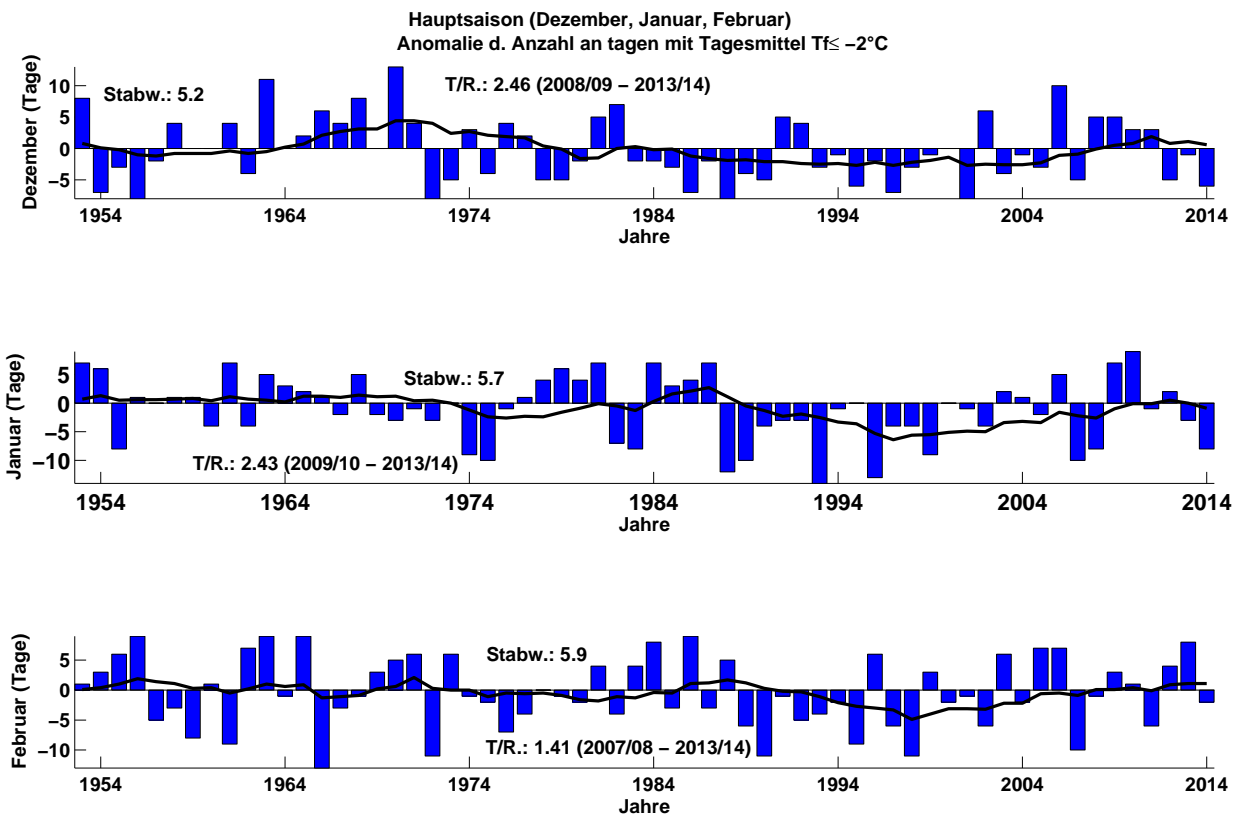


Abbildung 4.11: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Dezember, Januar und Februar (Hauptsaison).

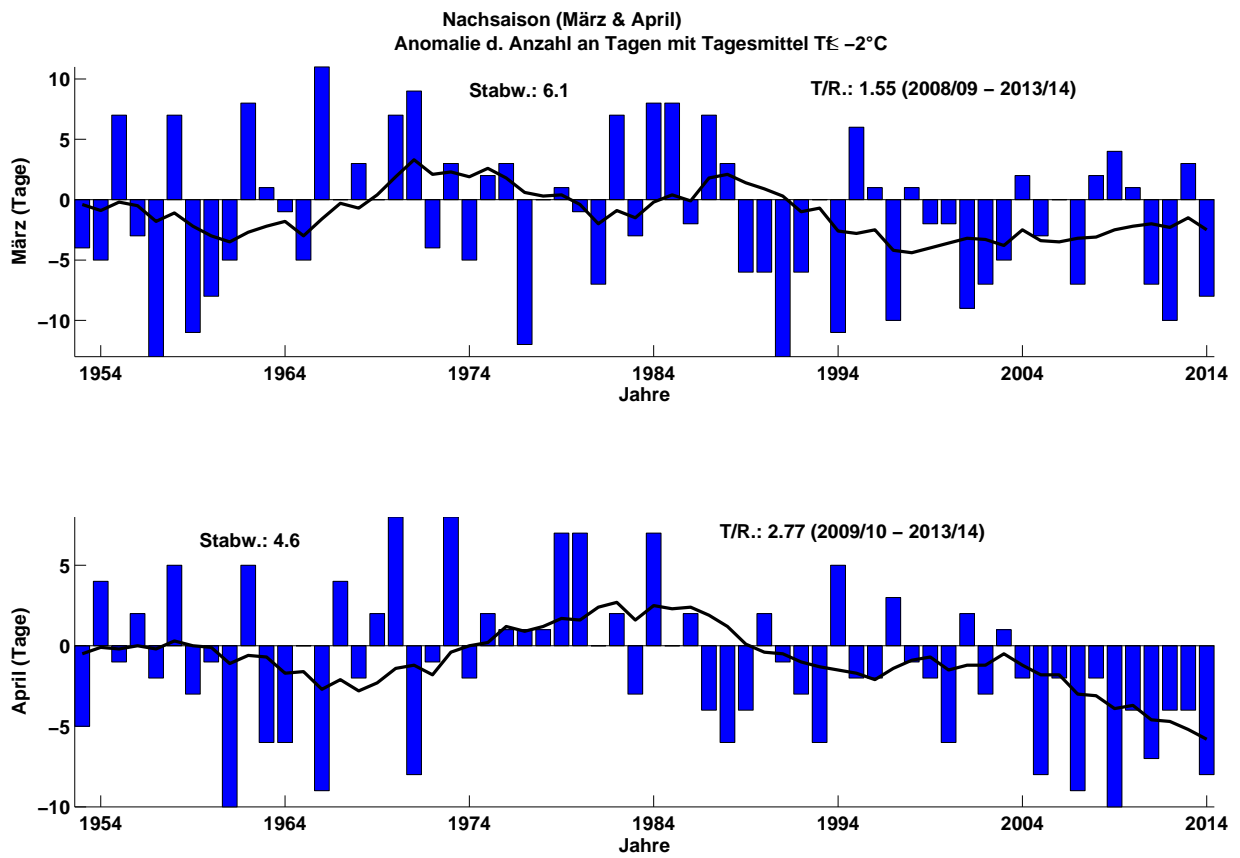


Abbildung 4.12: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt n Monate: März und April (Nachsaison).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1952 – 2014) ,Feldberg 1490 m

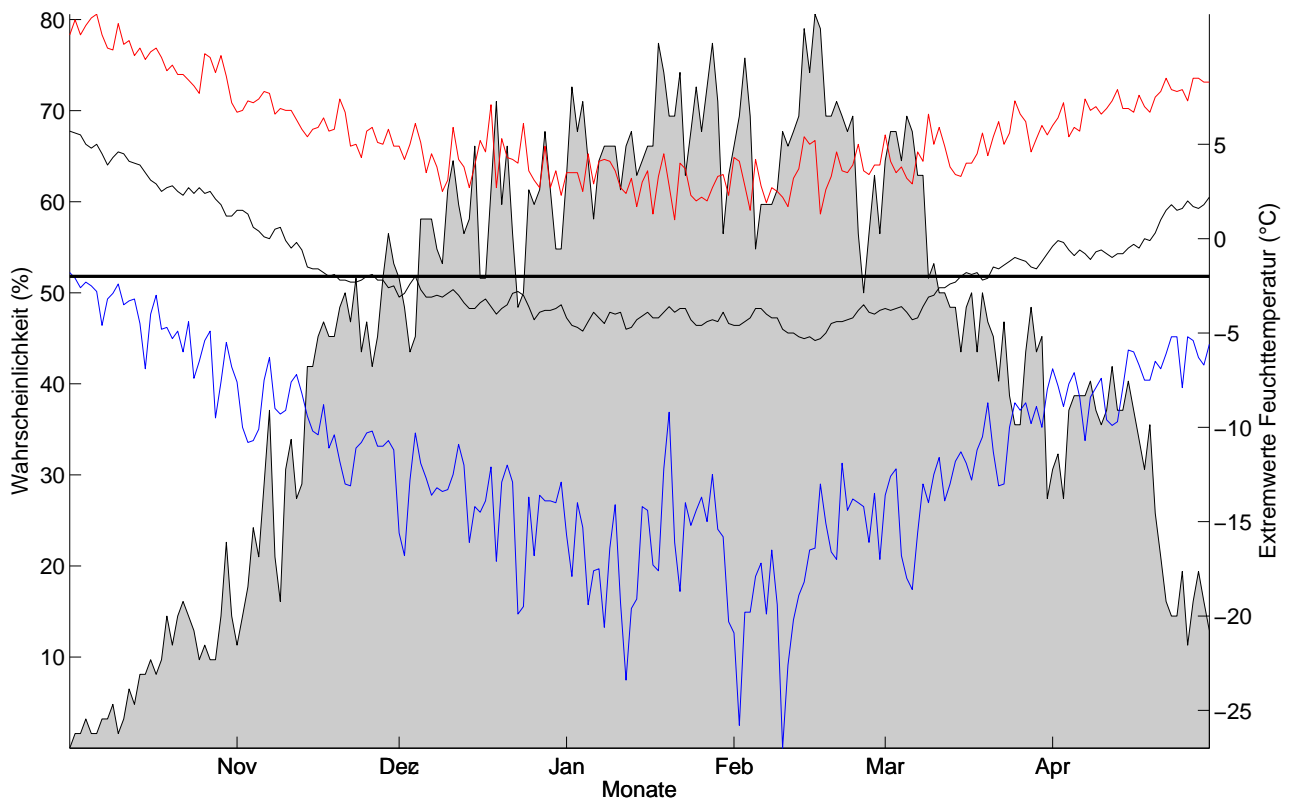


Abbildung 4.13: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Feldberg, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1952-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), Feldberg 1490m

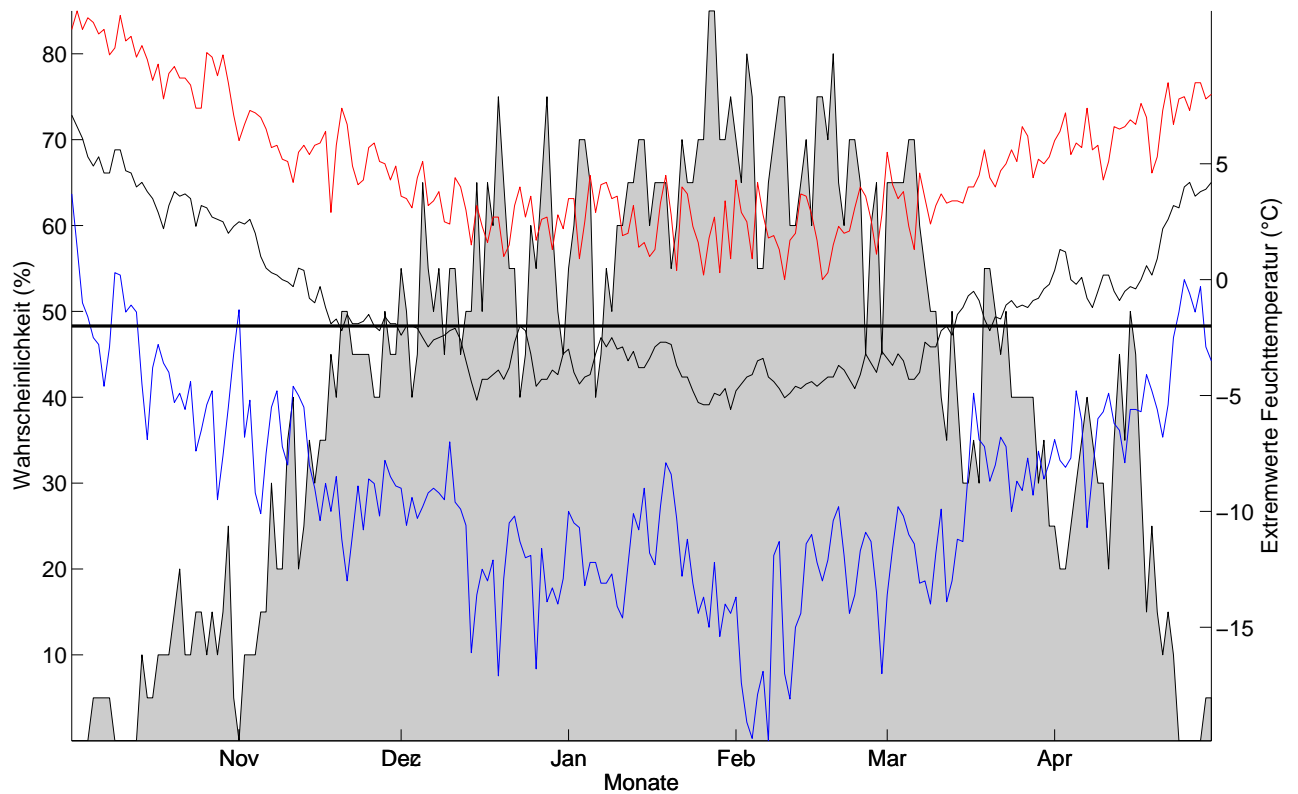


Abbildung 4.14: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Feldberg, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

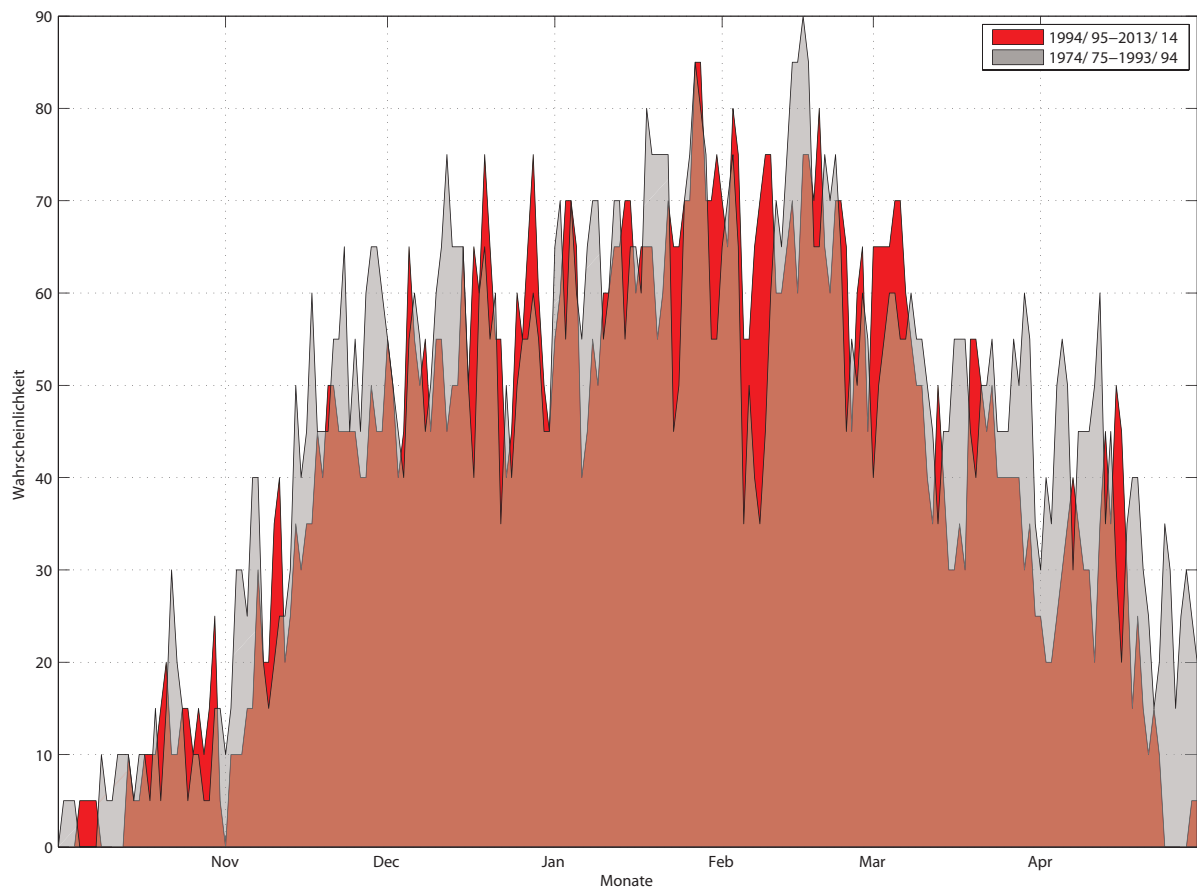


Abbildung 4.15: Vergleich Beschneigungswahrscheinlichkeit (Tagesmittelwert $T_f \leq -2^\circ\text{C}$) der letzten 20 Jahre mit den 20 Jahren davor für alle Tage der Saison (1.10.-30.4.).

Im Mittel über die gesamte Saison gesehen, ist die Wahrscheinlichkeit, Beschneien zu können, in den letzten 20 Jahren im Vergleich zu den 20 Jahren davor von 45% auf 41% gesunken. Vor allem in der Nachsaison ist die Beschneiwahrscheinlichkeit geringer, aber auch in der restlichen Saison zeigen sich eine höhere Variabilität und großteils negative Tendenzen. Siehe Abb. 4.15.

Beschneitage Feldberg pro Saison und Monat

Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	3	11	18	21	19	16	9
SD	3	6	5	6	6	6	5
1952/53	4	21	26	29	20	13	5
1953/54	0	1	11	28	22	12	14
1954/55	0	9	15	14	25	24	9
1955/56	4	15	10	23	28	14	12
1956/57	9	18	16	22	14	4	8
1957/58	1	5	22	23	16	24	15
1958/59	2	6	18	23	11	6	7
1959/60	3	13	18	18	20	9	9
1960/61	5	7	22	29	10	12	0
1961/62	2	10	14	18	26	25	15
1962/63	3	19	29	27	28	18	4
1963/64	0	6	18	25	18	16	4
1964/65	5	9	20	24	28	12	10
1965/66	0	15	24	23	6	28	1
1966/67	3	23	22	20	16	17	14
1967/68	1	8	26	27	18	20	8
1968/69	0	9	18	20	22	17	12
1969/70	0	11	31	19	24	24	18
1970/71	6	7	22	21	25	26	2
1971/72	3	16	10	19	8	13	9
1972/73	5	12	13	22	25	20	18
1973/74	4	12	21	13	18	12	8
1974/75	17	16	14	12	17	19	12
1975/76	4	14	22	21	12	20	11
1976/77	0	10	20	23	15	5	11
1977/78	0	17	13	26	19	17	11
1978/79	0	7	13	28	18	18	17
1979/80	0	15	16	26	17	16	17
1980/81	4	16	23	29	23	10	10
1981/82	6	15	25	15	15	24	12

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

1982/83	0	7	16	14	23	14	7
1983/84	1	12	16	29	27	25	17
1984/85	0	3	15	25	16	25	10
1985/86	0	22	11	26	28	15	12
1986/87	1	9	16	29	16	24	6
1987/88	0	12	10	10	24	20	4
1988/89	2	12	14	12	13	11	6
1989/90	0	11	13	18	8	11	12
1990/91	0	15	23	19	18	4	9
1991/92	5	12	22	19	14	11	7
1992/93	7	6	15	8	15	17	4
1993/94	5	14	17	21	17	6	15
1994/95	4	0	12	22	10	23	8
1995/96	0	10	16	9	25	18	8
1996/97	1	14	11	18	13	7	13
1997/98	8	4	15	18	8	18	9
1998/99	0	22	17	13	22	15	8
1999/00	2	14	18	22	17	15	4
2000/01	0	11	10	21	18	8	12
2001/02	0	16	24	18	13	10	7
2002/03	0	2	14	24	25	12	11
2003/04	8	3	17	23	17	19	8
2004/05	0	14	15	20	26	14	2
2005/06	0	14	28	27	26	17	8
2006/07	0	5	13	12	9	10	1
2007/08	6	15	23	14	18	19	8
2008/09	2	11	23	29	22	21	0
2009/10	6	5	21	31	20	18	6
2010/11	4	14	21	21	13	10	3
2011/12	2	0	13	24	23	7	6
2012/13	4	4	17	19	27	20	6
2013/14	0	16	12	14	17	9	2

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

Tabelle 4.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen
(Monatsweise) für die Periode 1952 - 2014, Feldberg.

4.3.3 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

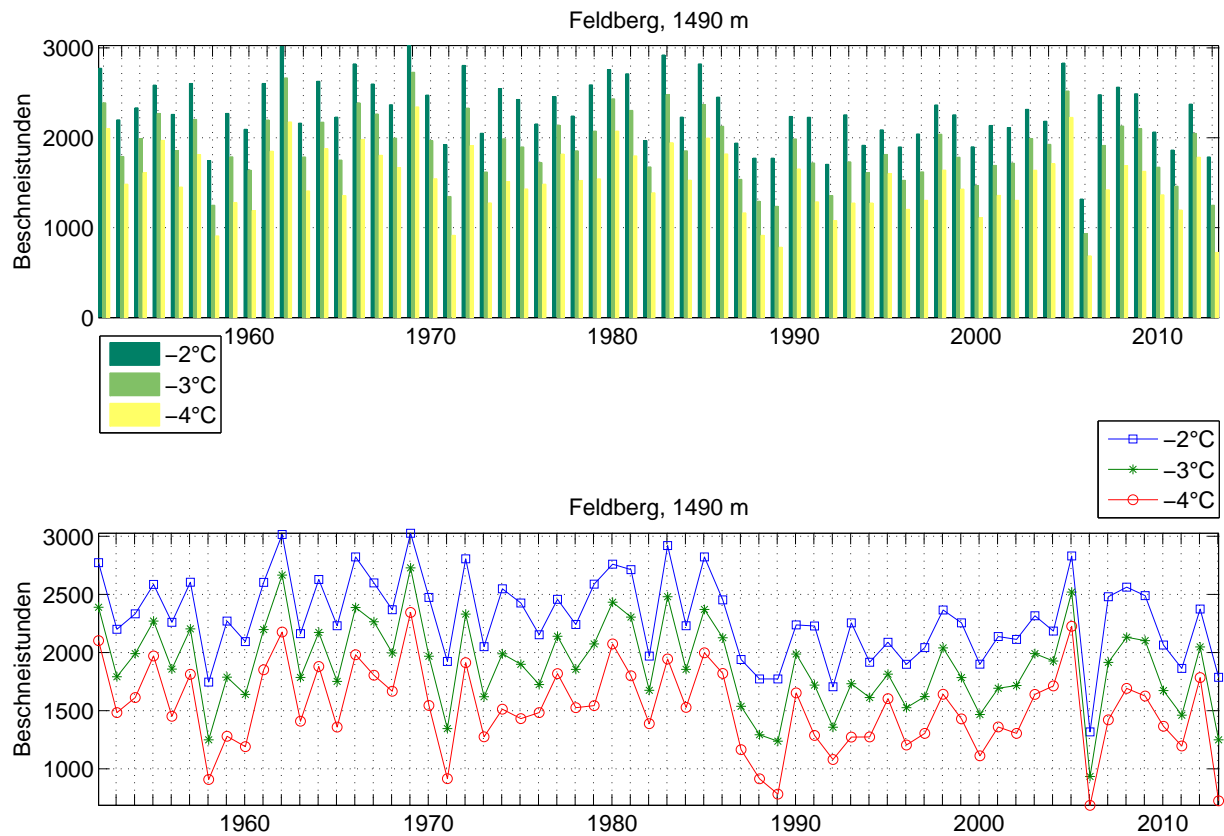
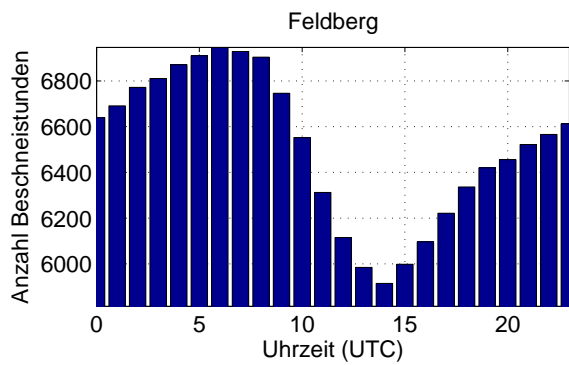
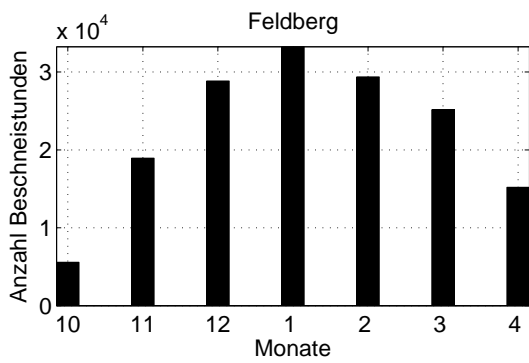
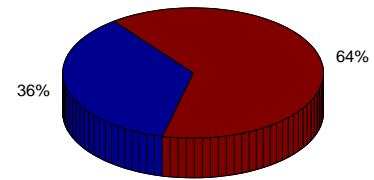


Abbildung 4.16: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 356 Stunden (15 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es in den letzten 61 Saisons (Okt.-Apr.) im Mittel 2302 potentielle Beschneistunden (ca. 96 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 356 Stunden (ca. 15 Tage). Siehe Abb. 4.16.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

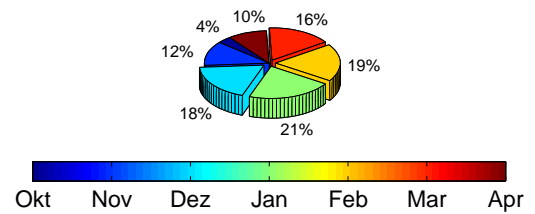


Abbildung 4.17: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

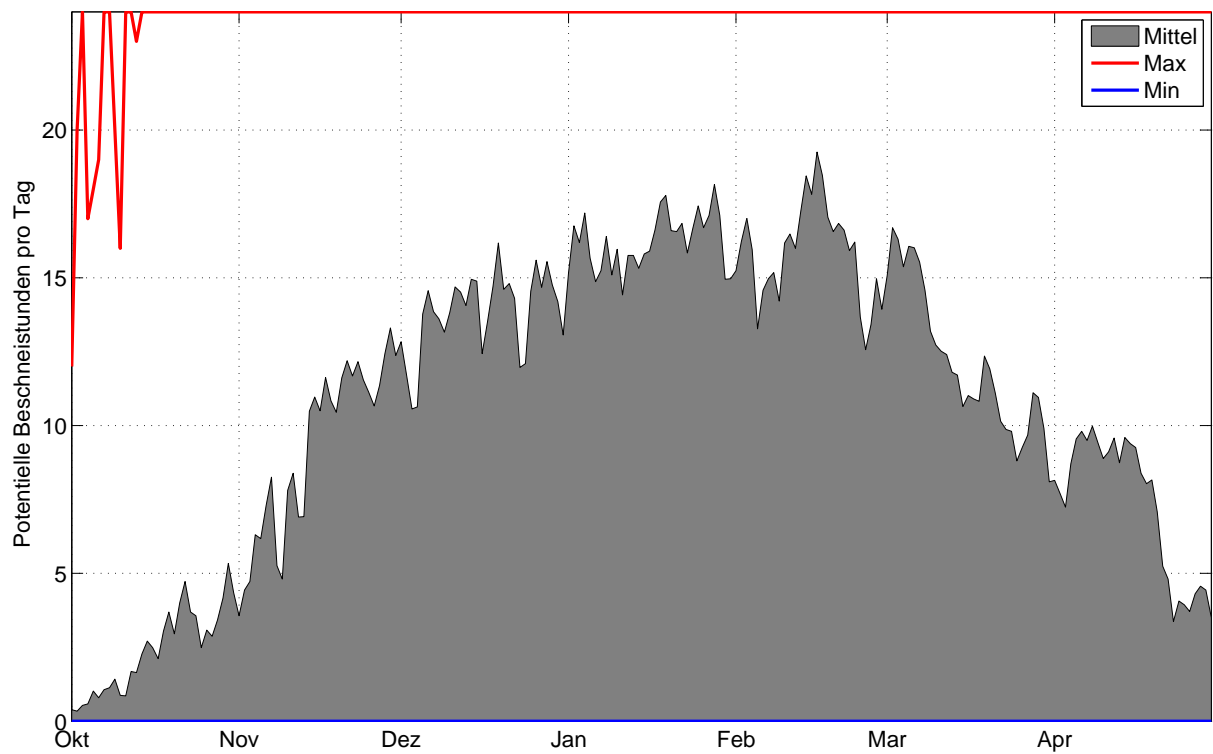


Abbildung 4.18: Mittlere Anzahl, sowie maximal- und minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1952-2014, Station Feldberg, 1490 m.

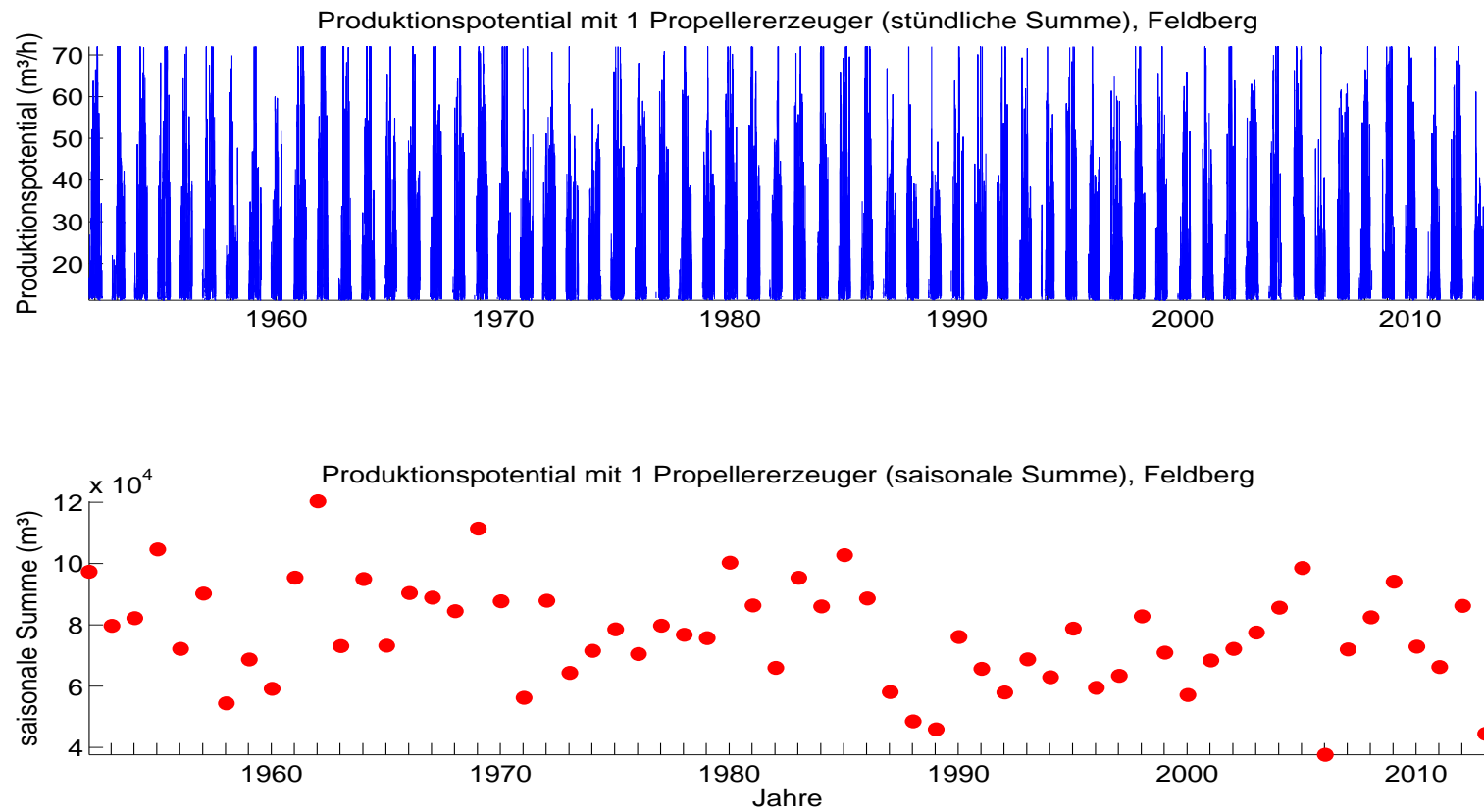


Abbildung 4.19: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

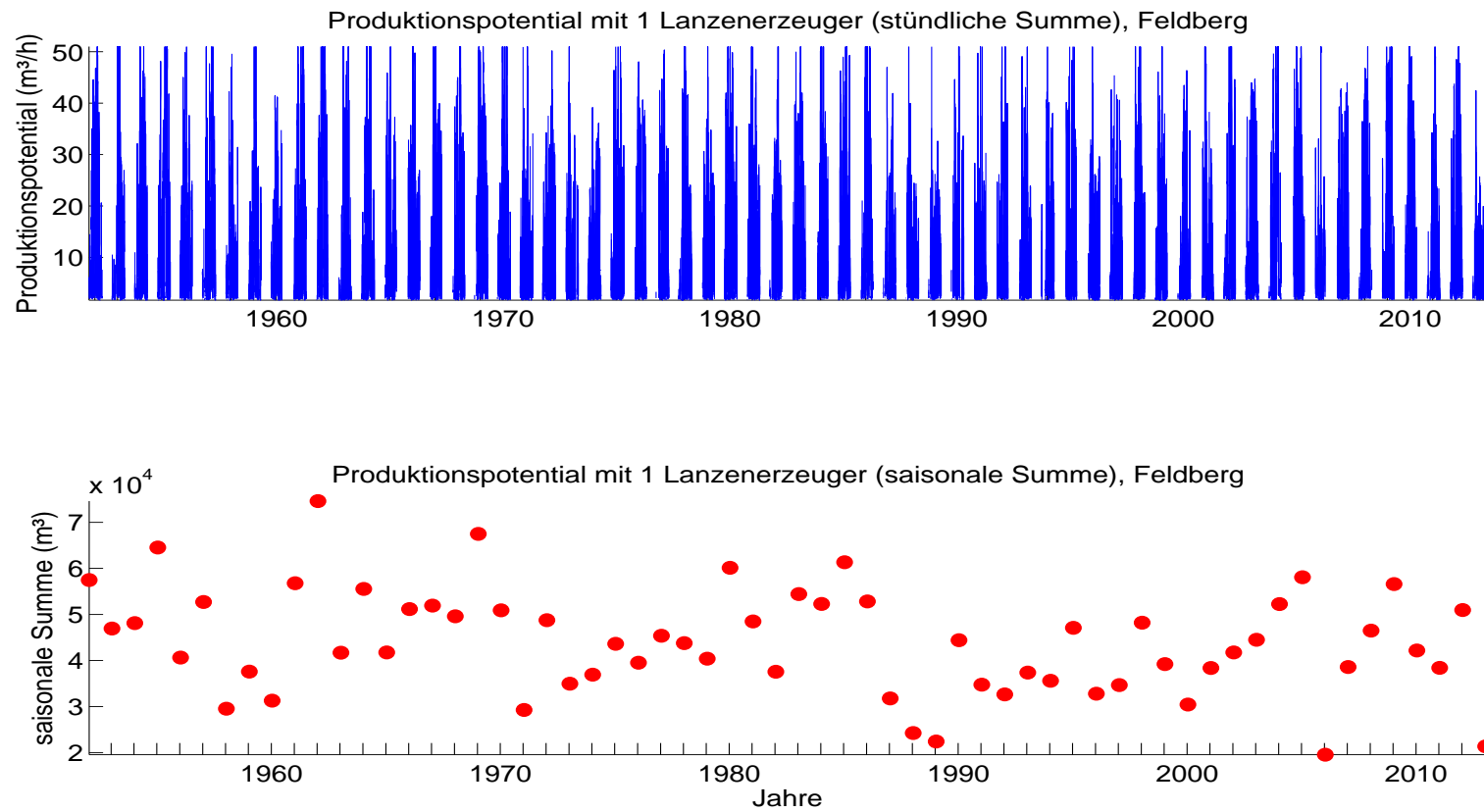


Abbildung 4.20: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung liegt bei 16685 m^3 (Propellergerät), bzw. 11356 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 82795 m^3 (Propellergerät), bzw. 70409 (Lanze). Damit kann auf ca. 28 ha (Propellergerät), bzw. ca. 26 ha (Lanze) eine Grundbeschneigung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 4.19 und 4.20.

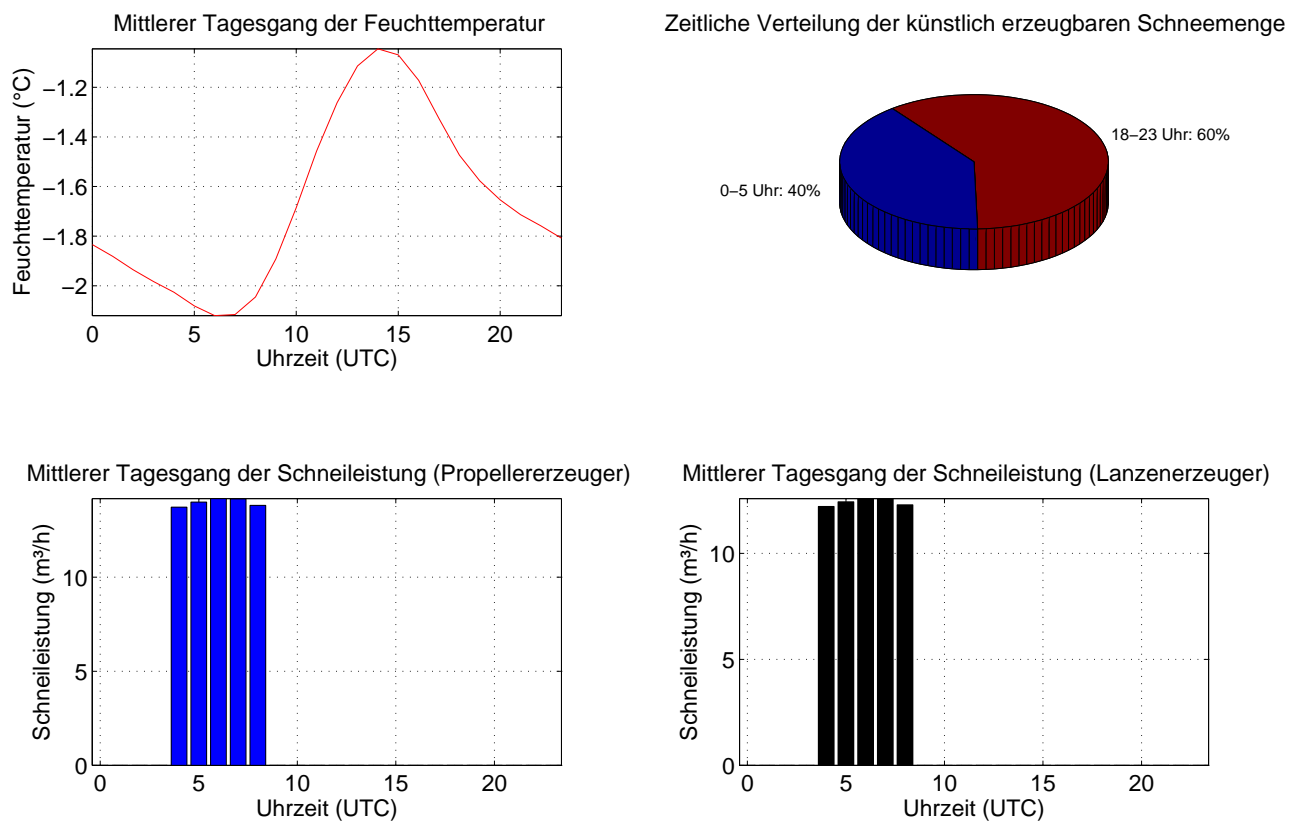


Abbildung 4.21: Mittlerer Tagesgang der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1952-2014, Feldberg, 1490 m.

Im Saisonmittel kann nur in den frühen Morgenstunden beschneit werden. An einem durchschnittlichen Tag können mit einem Propellererzeuger $2,9 \text{ m}^3/\text{h}$, mit einem Lanzenerzeuger $2,6 \text{ m}^3/\text{h}$ produziert werden. Siehe Abb. 4.21.

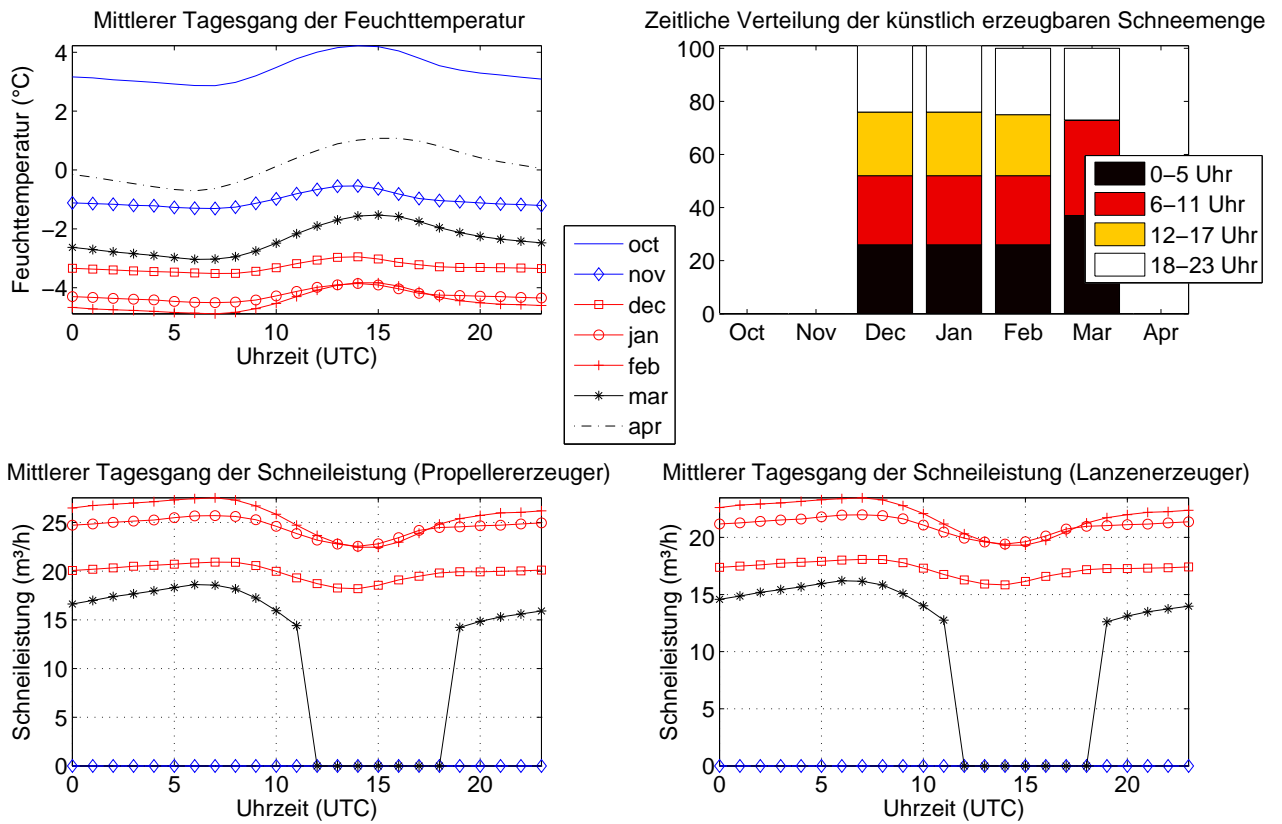


Abbildung 4.22: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1952-2014, Feldberg, 1490 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

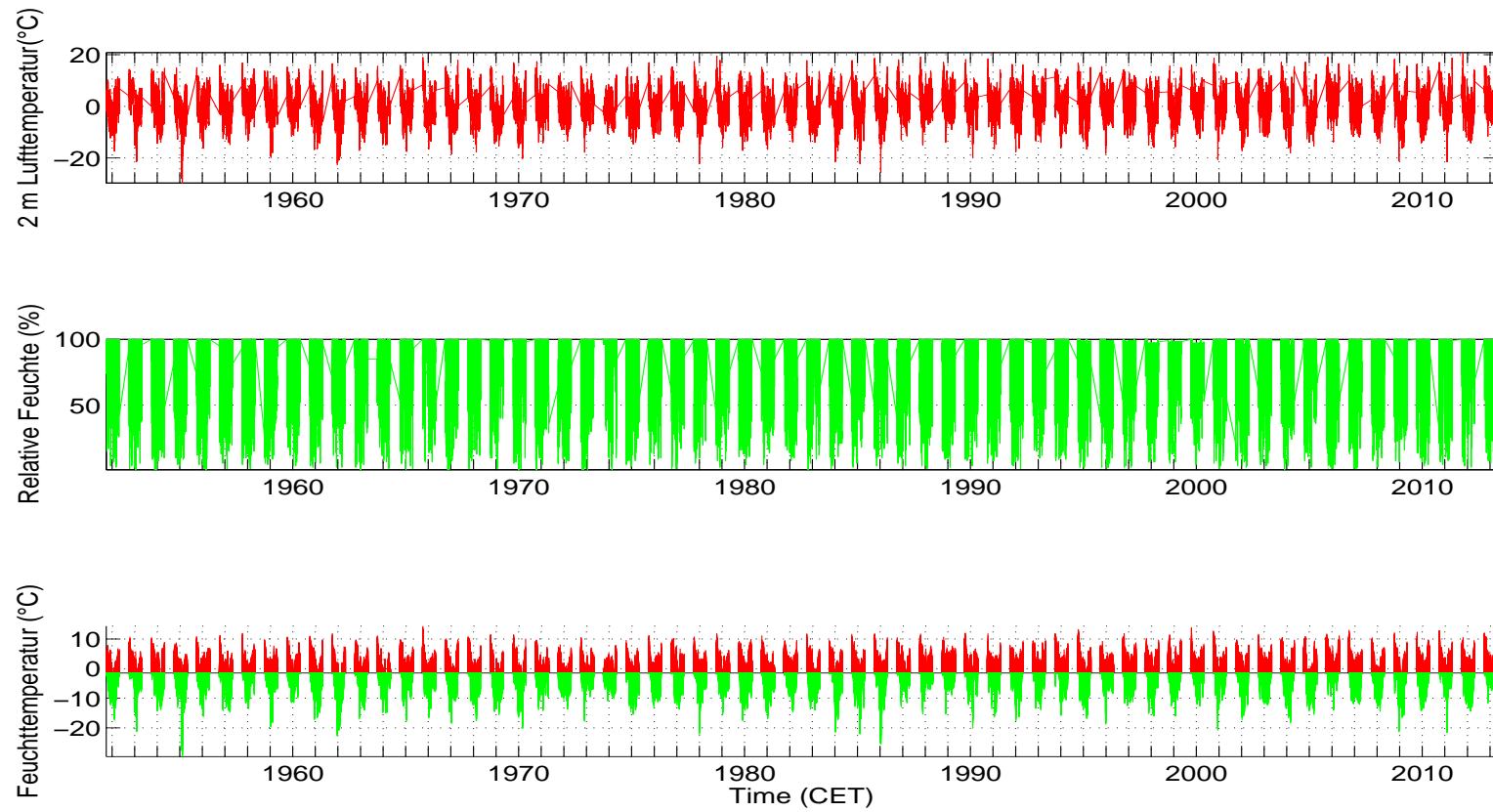


Abbildung 4.23: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Klimaparameter Feldberg									
	Klimaparameter (Saisonmittel, Feldberg)			Schneitage	Schneistunden mit versch. Grenztemp.				
	Lufttemp. (°C)	Rel. Feuchte (%)	Feuchttemp.(°C)		-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C	
Mittelwert	-0,3	81,9	-1,7	95	2521	2303	1894	1521	
SD	0,9	3,1	0,8	16	350	356	374	369	
Saison									
1952/53	-1,5	80,8	-2,8	118	2941	2774	2390	2103	
1953/54	-0,1	77,7	-1,8	88	2418	2200	1792	1484	
1954/55	-0,5	80,4	-1,9	96	2538	2334	1991	1613	
1955/56	-2,3	82,2	-3,4	106	2780	2587	2271	1971	
1956/57	-0,2	81,7	-1,5	91	2444	2261	1858	1452	
1957/58	-1,1	81,2	-2,4	106	2800	2605	2204	1813	
1958/59	0,7	77,4	-0,9	73	1989	1746	1250	909	
1959/60	-0,2	80,8	-1,6	90	2473	2271	1789	1280	
1960/61	0,4	83,1	-0,8	85	2275	2095	1640	1191	
1961/62	-1,2	83,8	-2,3	110	2824	2604	2198	1852	
1962/63	-2,4	79,6	-3,7	128	3150	3016	2667	2177	
1963/64	0,0	77,2	-1,6	87	2400	2163	1787	1410	
1964/65	-1,9	86,2	-2,9	108	2942	2629	2174	1880	
1965/66	-0,3	83,6	-1,5	97	2407	2231	1752	1359	
1966/67	-1,1	86,0	-2,0	115	3026	2823	2388	1982	
1967/68	-0,4	81,9	-1,8	108	2764	2599	2265	1805	
1968/69	-0,6	82,9	-1,8	98	2590	2369	1997	1668	
1969/70	-2,0	85,4	-3,1	127	3139	3027	2729	2345	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

1970/71	-0,7	78,5	-2,3	109	2761	2475	1969	1545
1971/72	0,6	79,4	-1,0	78	2226	1924	1347	916
1972/73	-0,9	77,5	-2,5	115	3083	2806	2331	1913
1973/74	0,2	79,5	-1,3	88	2350	2051	1620	1276
1974/75	-1,3	88,0	-2,1	107	2877	2549	1990	1514
1975/76	-0,8	80,3	-2,2	104	2743	2427	1899	1432
1976/77	-0,6	87,5	-1,5	84	2412	2154	1725	1484
1977/78	-0,4	83,7	-1,6	103	2640	2458	2140	1819
1978/79	-0,6	82,5	-2,0	101	2525	2242	1856	1526
1979/80	-0,4	84,9	-1,5	107	2859	2589	2075	1544
1980/81	-1,2	81,4	-2,5	115	2910	2760	2434	2075
1981/82	-1,3	85,1	-2,3	112	2946	2713	2305	1800
1982/83	0,0	84,1	-1,2	81	2183	1970	1676	1389
1983/84	-1,1	80,8	-2,4	127	3140	2921	2481	1945
1984/85	-0,7	79,8	-2,2	94	2391	2231	1856	1529
1985/86	-1,7	84,3	-2,8	114	3012	2823	2371	1998
1986/87	-0,7	82,6	-1,9	101	2611	2453	2128	1821
1987/88	0,5	83,8	-0,8	80	2095	1941	1538	1165
1988/89	1,3	80,3	-0,3	70	2052	1773	1294	915
1989/90	1,7	76,4	-0,1	73	2020	1774	1238	783
1990/91	-0,1	81,9	-1,4	88	2361	2238	1988	1654
1991/92	0,1	77,8	-1,5	90	2523	2229	1721	1288
1992/93	0,7	78,6	-0,9	72	1958	1706	1358	1080

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

1993/94	-0,4	87,5	-1,3	95	2508	2256	1732	1274
1994/95	0,3	85,0	-0,8	79	2111	1917	1614	1275
1995/96	0,4	76,5	-1,2	86	2302	2089	1815	1604
1996/97	0,6	77,6	-1,1	77	2101	1899	1527	1205
1997/98	0,5	79,4	-1,0	80	2285	2043	1622	1305
1998/99	-1,1	85,5	-2,1	97	2591	2366	2040	1642
1999/00	-0,5	87,4	-1,4	92	2502	2256	1785	1430
2000/01	0,1	86,8	-0,8	80	2169	1900	1468	1112
2001/02	0,5	81,4	-0,9	88	2331	2138	1693	1360
2002/03	0,1	78,3	-1,4	88	2293	2114	1717	1305
2003/04	-0,3	81,4	-1,7	95	2512	2317	1991	1640
2004/05	-0,3	81,5	-1,6	91	2352	2185	1928	1713
2005/06	-0,8	81,9	-2,0	120	2997	2831	2521	2227
2006/07	2,7	79,1	0,9	50	1493	1318	935	687
2007/08	-0,2	80,8	-1,5	103	2705	2480	1916	1422
2008/09	-0,6	82,7	-1,7	108	2788	2563	2132	1692
2009/10	-1,2	86,1	-2,2	107	2705	2490	2103	1627
2010/11	0,3	80,6	-1,1	86	2319	2065	1673	1366
2011/12	0,5	80,8	-1,0	75	2087	1864	1462	1197
2012/13	-0,7	85,9	-1,8	97	2599	2375	2049	1785
2013/14	1,5	83,3	0,2	70	1997	1788	1250	725

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

Tabelle 4.2: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Feldberg)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	73	276	429	503	444	376	218
SD	76	124	118	126	131	135	108
Saison							
1952/53	100	458	614	685	475	316	139
1953/54	21	81	253	665	534	298	364
1954/55	29	218	429	318	571	564	220
1955/56	120	373	281	529	672	337	288
1956/57	221	447	409	555	345	114	194
1957/58	59	161	518	554	381	570	382
1958/59	75	161	439	532	273	155	147
1959/60	95	328	438	438	514	251	217
1960/61	140	210	532	680	260	277	0
1961/62	42	251	349	410	601	588	377
1962/63	72	443	640	660	664	454	89
1963/64	18	160	454	632	393	405	110
1964/65	149	201	446	582	659	336	265
1965/66	10	362	502	544	160	625	42
1966/67	86	549	539	491	405	430	332
1967/68	48	211	630	594	443	494	198
1968/69	5	205	468	462	562	393	284
1969/70	9	263	738	453	556	567	448
1970/71	122	186	489	485	582	589	50
1971/72	87	354	232	462	263	309	236
1972/73	121	302	344	531	591	474	460
1973/74	126	276	472	308	389	278	222
1974/75	417	341	333	296	440	474	288
1975/76	90	313	496	472	300	496	284
1976/77	0	285	502	565	342	166	317
1977/78	0	408	340	637	442	379	267
1978/79	31	157	291	618	401	393	370
1979/80	2	365	382	634	386	424	423
1980/81	89	386	567	709	527	260	228

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneistunden – Fortsetzung

1981/82	181	389	612	342	357	541	315
1982/83	12	211	383	310	557	307	203
1983/84	59	277	398	643	614	578	376
1984/85	0	90	359	603	381	580	238
1985/86	40	541	276	629	663	403	300
1986/87	49	217	385	680	408	581	161
1987/88	5	299	220	272	547	521	97
1988/89	47	328	350	347	288	254	185
1989/90	6	291	336	414	198	254	293
1990/91	7	372	586	522	440	93	230
1991/92	114	320	488	454	345	300	234
1992/93	197	159	310	221	374	386	86
1993/94	117	385	428	454	421	165	334
1994/95	86	1	327	564	283	515	167
1995/96	0	231	382	246	595	462	173
1996/97	28	323	266	436	317	215	314
1997/98	185	125	386	450	230	457	210
1998/99	20	530	429	350	526	336	178
1999/00	44	377	482	537	345	361	110
2000/01	0	240	200	528	440	188	304
2001/02	0	370	565	468	305	244	197
2002/03	25	71	315	575	597	294	246
2003/04	246	106	385	543	433	437	167
2004/05	4	324	346	470	622	329	90
2005/06	0	346	647	647	588	409	195
2006/07	0	148	316	323	235	264	32
2007/08	138	353	573	348	401	471	197
2008/09	74	280	542	705	510	464	10
2009/10	137	130	495	703	480	413	149
2010/11	137	336	525	466	316	242	69
2011/12	76	16	370	553	557	166	161
2012/13	108	97	439	493	627	456	186

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneistunden – Fortsetzung

2013/14	16	384	330	355	417	234	82
----------------	----	-----	-----	-----	-----	-----	----

Tabelle 4.3: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der pot. Schneileistung, Propeller (m³)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	2353	9392	15609	18376	17299	13070	6696
SD	2018	4398	5094	6020	7399	5643	3172
Saison							
1952/53	2877	14430	20738	27518	22052	11242	3828
1953/54	1210	3736	8330	31943	20708	9019	10510
1954/55	1607	7740	12447	13385	21768	23270	7856
1955/56	4224	13197	8031	17423	41613	15600	10470
1956/57	5851	14736	15232	20907	10876	3842	6402
1957/58	1949	6817	17151	18302	13936	25445	11919
1958/59	2320	4511	14950	21878	9490	4609	4853
1959/60	2354	8649	11501	21190	15740	8990	6527
1960/61	3019	6151	19247	19330	7515	8391	338
1961/62	1382	8622	15786	16664	23171	25988	9439
1962/63	2226	15036	24159	35379	30145	14618	2785
1963/64	1622	4242	22027	19293	14072	14792	3642
1964/65	5323	6486	19473	19276	30365	13897	7994
1965/66	646	13183	14842	25039	5063	18002	1176
1966/67	2568	17691	17903	20584	15077	11438	10042
1967/68	1405	6301	24788	23421	15771	14855	6731
1968/69	233	9055	18601	14009	26242	12809	9288
1969/70	600	10724	29858	15936	22004	22810	13349
1970/71	3293	5486	20679	17189	19197	25160	2420
1971/72	2311	12236	7915	17866	8705	7695	7277
1972/73	3826	9619	10684	16318	22166	17208	14499
1973/74	4211	10981	18618	9186	13128	9440	6098
1974/75	11127	9723	11054	8662	13591	16398	9217
1975/76	2502	10119	16949	19044	9755	18609	8632
1976/77	304	10320	19935	18010	11118	7601	10205
1977/78	411	13904	11383	19586	18964	11863	8352
1978/79	1797	7892	10493	27380	14950	11181	9716
1979/80	467	11383	12405	22843	10253	11799	11641
1980/81	3350	15279	22589	25642	23406	7179	6776

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Propeller – Fortsetzung

1981/82	4652	13406	21460	12191	15201	15160	10220
1982/83	719	5521	13040	11664	25282	10010	5456
1983/84	2480	9096	14614	20488	24680	18535	10429
1984/85	342	2802	13216	31211	19619	17802	6976
1985/86	1665	21545	10366	21586	30633	11805	10004
1986/87	1747	5509	15022	28525	14810	23954	4589
1987/88	229	8128	9237	9317	18049	16667	3214
1988/89	1407	11661	11210	9620	8814	7109	6135
1989/90	901	9929	9072	10992	5964	7866	7052
1990/91	649	9897	21844	14325	21700	4299	8288
1991/92	3586	8624	16633	14643	13644	9503	7303
1992/93	5143	4814	10706	10251	15925	14952	3158
1993/94	2789	15488	13070	14621	14778	4840	8967
1994/95	2628	791	12059	21918	8821	17773	4718
1995/96	90	9869	16382	7858	24368	19909	6339
1996/97	1155	11134	14505	13009	9848	6151	9786
1997/98	6063	4228	13646	15797	8621	14663	6688
1998/99	1516	19081	16100	14476	22961	9612	5291
1999/00	1588	14200	17378	18352	11476	10976	3320
2000/01	660	7018	8197	16910	15661	6213	9334
2001/02	11	12158	25275	13957	8717	8094	5660
2002/03	1354	3084	8995	23477	23795	8506	8503
2003/04	7378	2932	13951	21039	16598	15918	4852
2004/05	567	11418	14041	20454	26461	14858	3219
2005/06	57	13172	23782	20363	20618	17869	5705
2006/07	3	4343	9917	12281	6930	9198	959
2007/08	4314	12404	16554	11031	11453	16311	5921
2008/09	2865	9615	17171	23795	19612	14220	856
2009/10	3941	4148	20234	27340	20083	18324	4534
2010/11	3917	11415	24723	18472	10307	8075	1823
2011/12	2005	1354	11490	16875	29221	5293	6031
2012/13	3596	3806	16977	18798	26866	15905	5626

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Propeller – Fortsetzung

2013/14	890	11441	9120	10467	10193	6247	2206
----------------	-----	-------	------	-------	-------	------	------

Tabelle 4.4: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der pot. Schneileistung, Lanze (m ³)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	2127	8135	13250	15409	14448	11175	5865
SD	1761	3654	4069	4657	5682	4599	2697
Saison							
1952/53	2658	12387	17621	23199	18271	9812	3446
1953/54	1152	3498	7124	25422	17025	7936	9133
1954/55	1525	6743	10836	11331	18300	19595	6927
1955/56	3794	11198	7212	14938	31162	12967	9059
1956/57	5103	12706	12933	17253	9408	3479	5572
1957/58	1827	6000	14644	15594	11722	21006	10318
1958/59	2150	4163	12898	18517	8373	4247	4299
1959/60	2103	7647	10049	17021	13198	7944	5759
1960/61	2729	5504	16424	16506	6638	7325	413
1961/62	1265	7613	13161	13748	19369	21585	8161
1962/63	2006	12811	19957	27239	24135	12650	2552
1963/64	1577	3798	17607	16468	12070	12518	3307
1964/65	4792	5782	16256	16448	24931	11852	7101
1965/66	650	11307	12785	19837	4574	15427	1157
1966/67	2220	15055	15334	16866	12789	9959	8708
1967/68	1269	5587	20471	19318	13542	12683	5862
1968/69	231	7899	15853	12128	21308	11059	7975
1969/70	585	9179	24506	13500	18346	19351	11429
1970/71	2960	4929	17041	14395	16100	20144	2269
1971/72	2062	10507	7051	15218	7709	6771	6452
1972/73	3460	8268	9447	14045	18712	14745	12457
1973/74	3772	9471	15563	8125	11385	8091	5375
1974/75	9819	8513	9621	7725	11715	14082	7942
1975/76	2315	8830	14487	15996	8573	15695	7455
1976/77	320	9084	16954	15376	9652	6631	8868
1977/78	421	11806	9889	16722	15951	10277	7313
1978/79	1702	6904	9185	22372	12815	9718	8498
1979/80	482	9830	10657	19157	8994	10318	10047
1980/81	3084	12934	18738	21589	19648	6281	5872

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Lanze – Fortsetzung

1981/82	4078	11394	18026	10300	12983	13082	8945
1982/83	718	4872	11254	10135	20983	8746	4800
1983/84	2292	7843	12442	17446	20584	15851	9047
1984/85	377	2625	11354	24255	15655	15268	6139
1985/86	1579	18176	8954	18307	24319	10300	8601
1986/87	1602	4882	12793	23185	12703	20036	4059
1987/88	233	7145	8071	8238	15399	14291	2901
1988/89	1236	9853	9756	8544	7765	6224	5476
1989/90	895	8512	7948	9676	5236	6815	6243
1990/91	657	8625	18470	12355	17429	3871	7242
1991/92	3186	7562	14264	12446	11571	8378	6461
1992/93	4566	4246	9325	8558	13297	12700	2925
1993/94	2492	13071	11284	12614	12589	4355	7760
1994/95	2376	808	10353	18381	7779	15195	4171
1995/96	108	8560	13926	7013	20128	16635	5451
1996/97	1117	9550	11682	11259	8610	5445	8474
1997/98	5242	3910	11706	13534	7506	12565	5892
1998/99	1445	16047	13799	12094	18947	8356	4660
1999/00	1480	12187	14889	15412	9903	9566	3026
2000/01	670	6265	7182	14473	13335	5512	8128
2001/02	14	10550	20917	12064	7611	7094	5054
2002/03	1281	2918	7904	19144	19787	7434	7266
2003/04	6469	2710	11970	17867	14090	13542	4332
2004/05	552	9908	12088	16649	21891	12171	2922
2005/06	66	11168	19758	17362	17458	14943	4990
2006/07	6	3838	8637	10228	6248	8097	880
2007/08	3800	10691	14223	9669	9899	13935	5213
2008/09	2601	8278	14750	20105	16591	12330	851
2009/10	3437	3766	16540	22877	16663	15037	4037
2010/11	3491	9802	20374	15587	9044	7067	1644
2011/12	1846	1340	9975	14467	22254	4666	5388
2012/13	3102	3442	14519	15906	22142	13601	4960

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Lanze – Fortsetzung

2013/14	834	9851	8051	9158	8969	5579	1978
----------------	-----	------	------	------	------	------	------

Tabelle 4.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

4.3.4 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

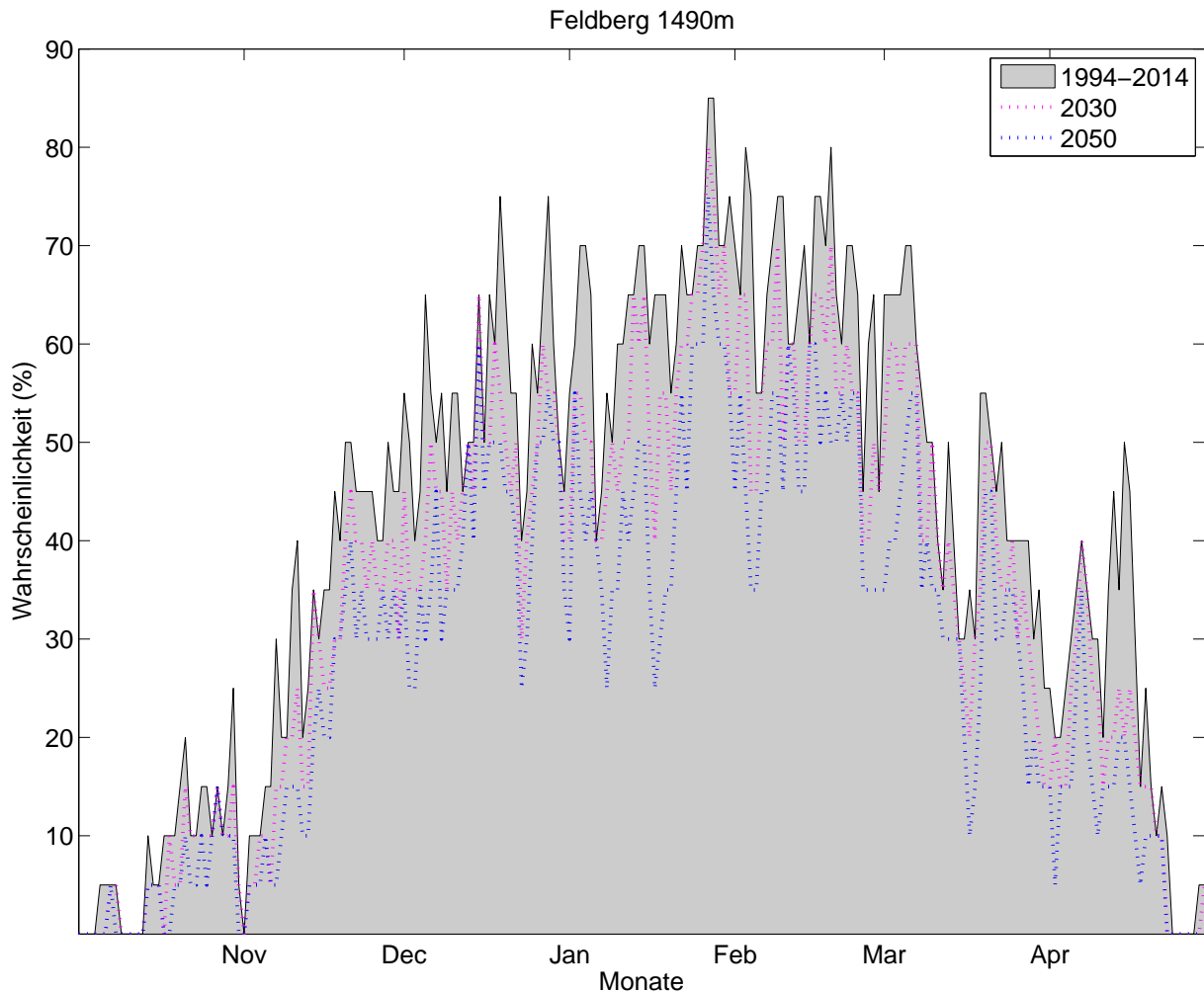


Abbildung 4.24: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Feldberg, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

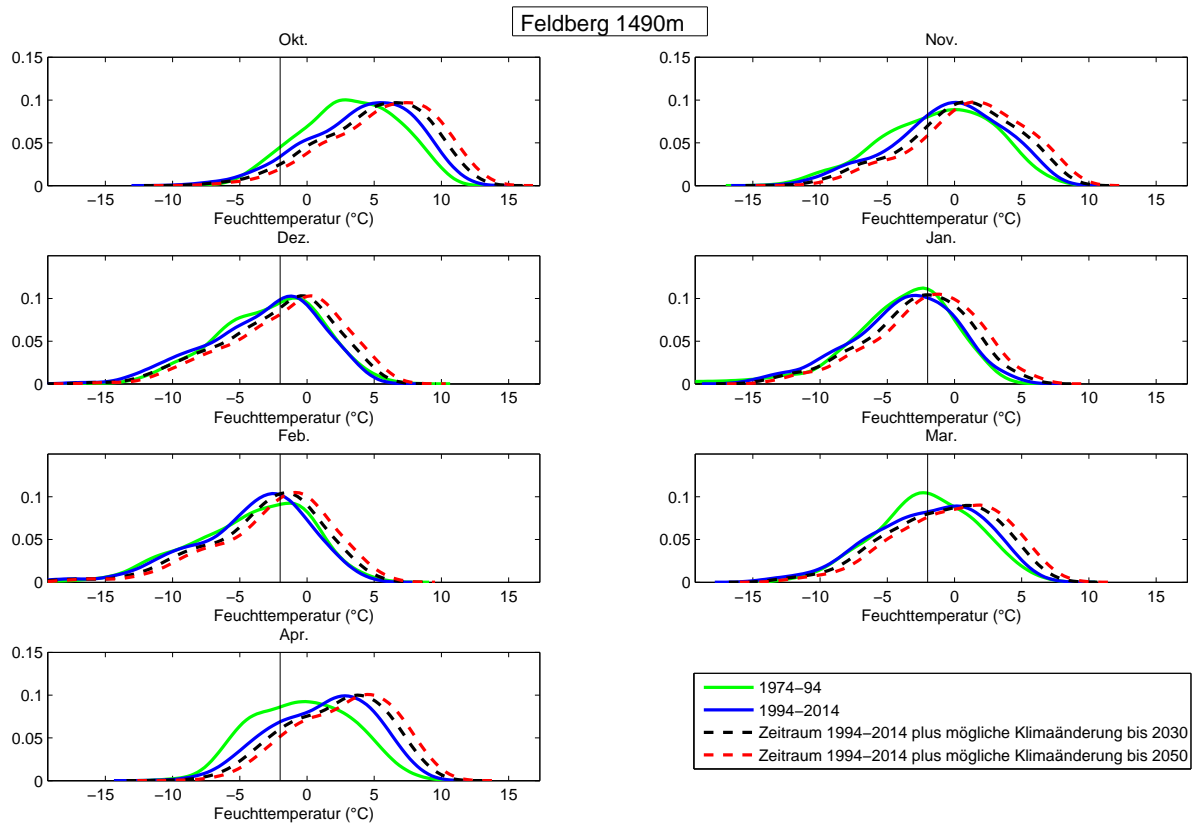


Abbildung 4.25: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchttemperatur unter -2°C pro Monat, Feldberg.								
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	
Periode								
1974-1994	2,6	12,3	16,7	20,5	17,8	15,6	10,5	
1994-2014	2,4	9,7	17,0	20,0	18,5	14,5	6,5	
mit Klimaänderung bis 2030	1,7	7,6	14,4	17,3	15,7	12,3	4,6	
mit Klimaänderung bis 2050	1,2	6,2	12,7	14,2	13,5	10,0	3,3	
Abnahme bis 2050 in Tagen	1,2	3,6	4,4	5,8	5,0	4,6	3,3	
Abnahme bis 2050 in %	49	37	26	29	27	31	50	

Tabelle 4.6: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1974-94, 1994-2014 und 1994-2014 mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

4.4 Freiburg (267 m)

4.4.1 Naturschnee

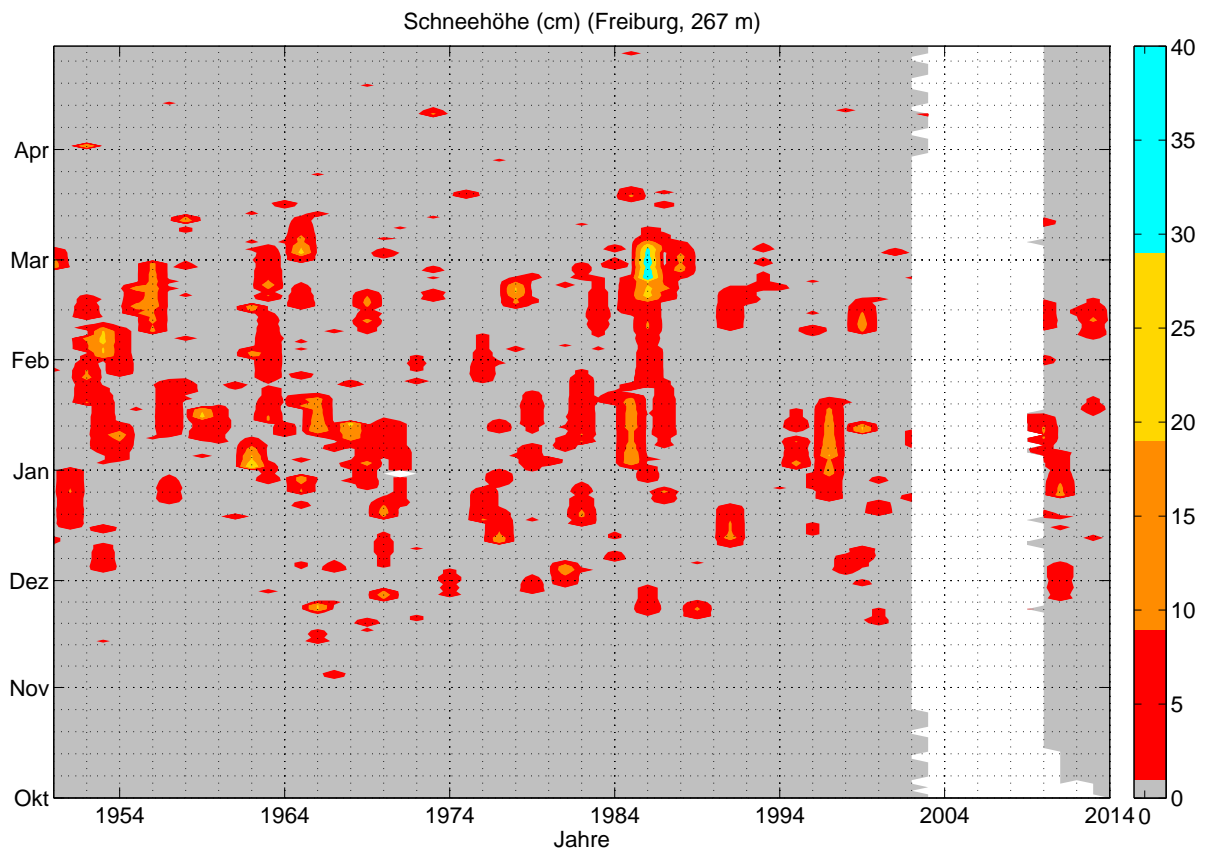


Abbildung 4.26: Tageswerte der Schneehöhe, Freiburg, Okt.-Apr. 1949-2014. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt.

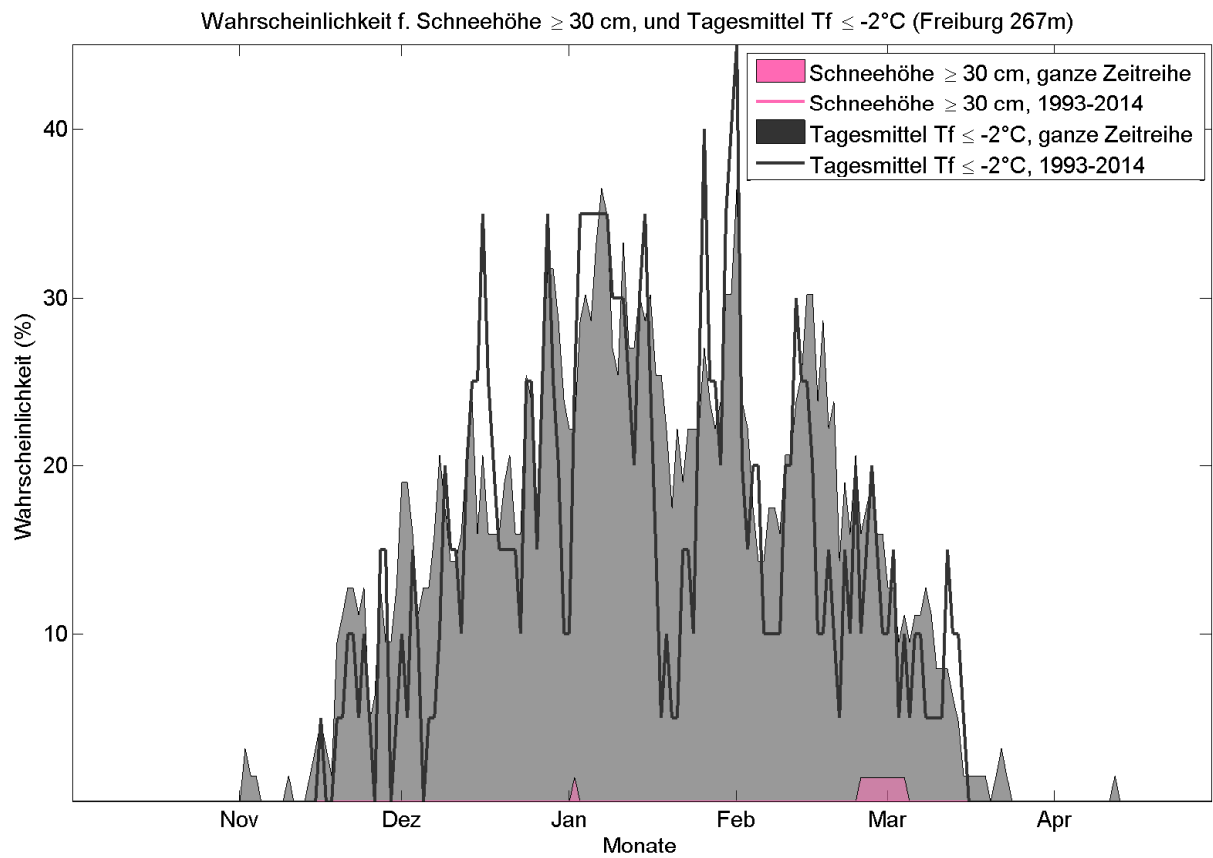


Abbildung 4.27: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchtttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Beschneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (T_f ab 1951, Schnee ab 1949).

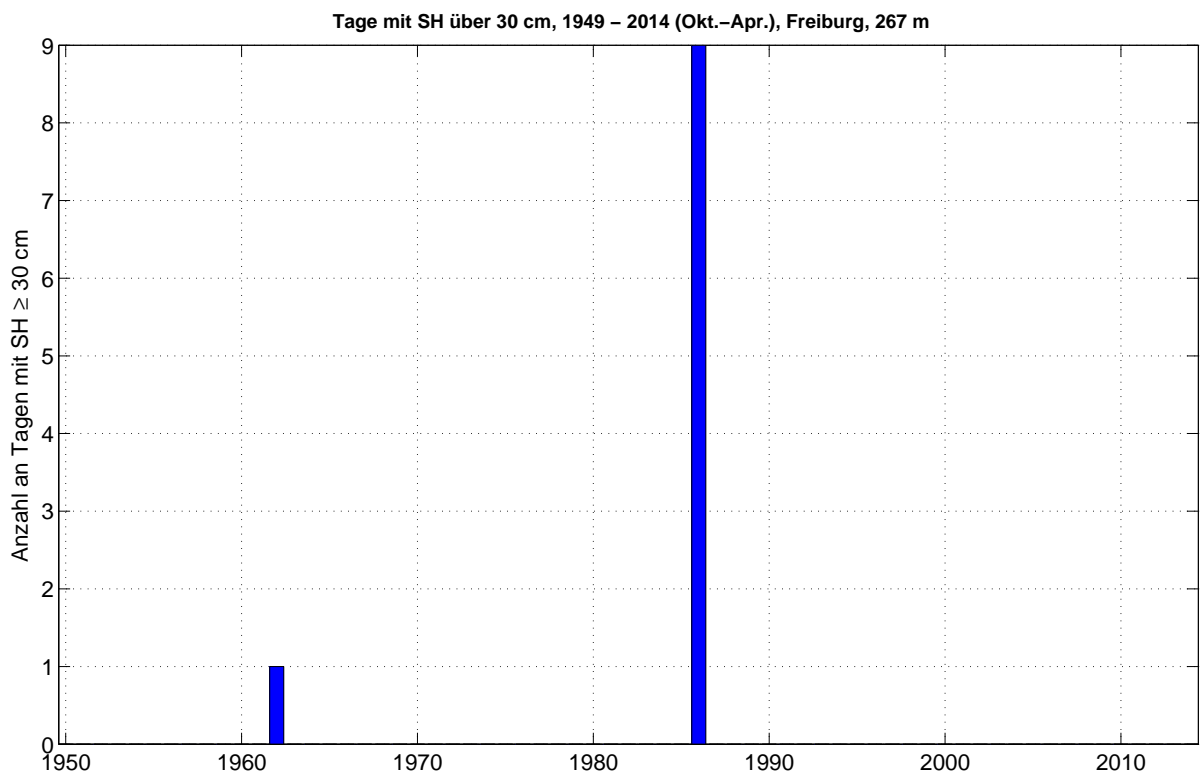


Abbildung 4.28: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1949-2014

4.4.2 Langzeitanalyse - Trends und Klima

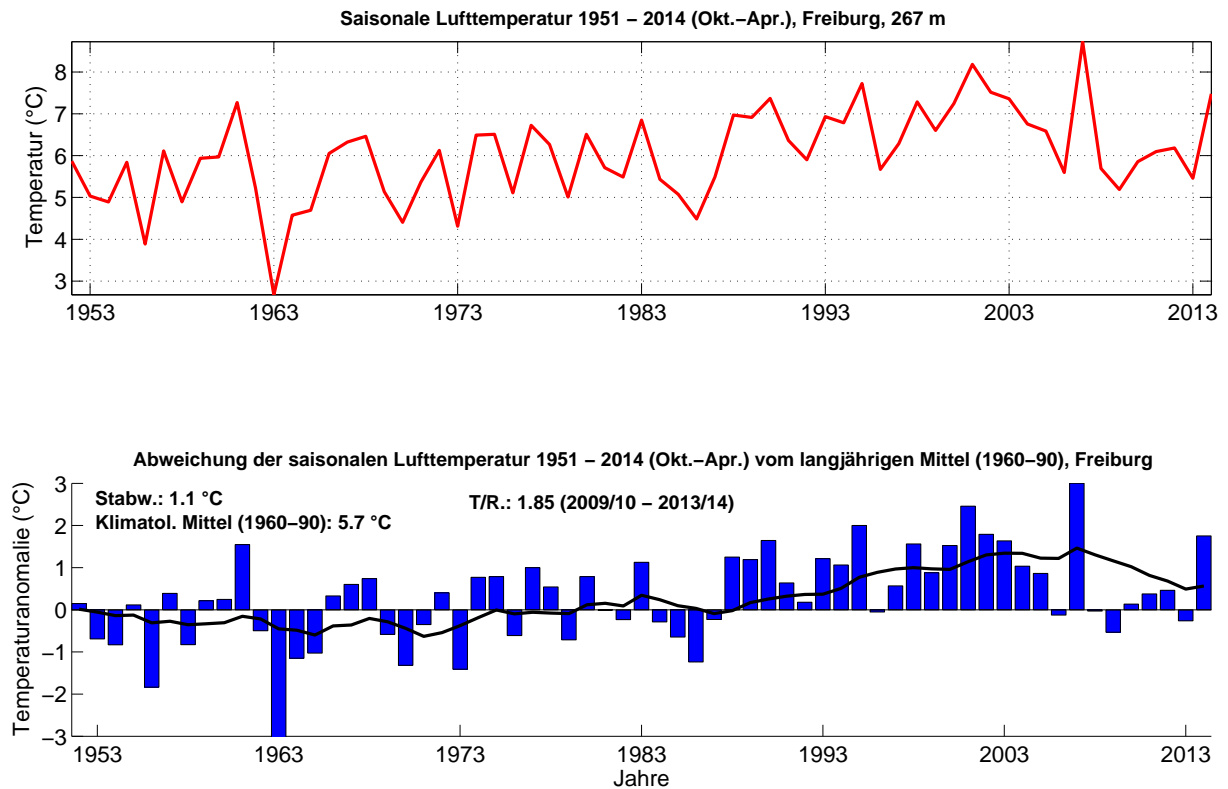


Abbildung 4.1: Langzeitanalyse der saisonalen Lufttemperatur, Freiburg, Okt.-Apr. 1951-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

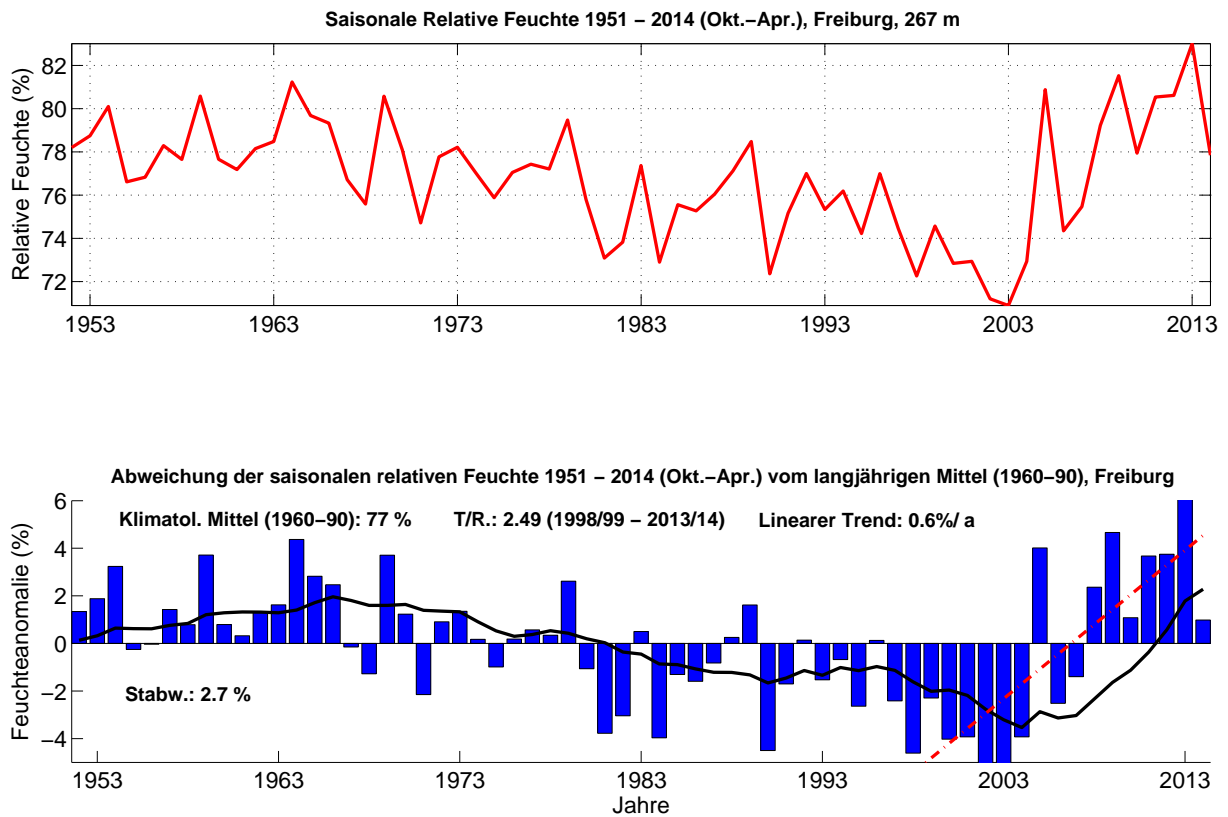


Abbildung 4.2: Langzeitanalyse der saisonalen relativen Feuchte, Freiburg, Okt.-Apr. 1951-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

Die relative Feuchte steigt seit der Saison 1998/99 signifikant um 0,6% pro Jahr an. Die relative Feuchte weist starke intersaisonale Schwankungen auf. Die letzten 7 Jahre waren deutlich feuchter als das klimatologische Mittel. Siehe Abb. 4.2.

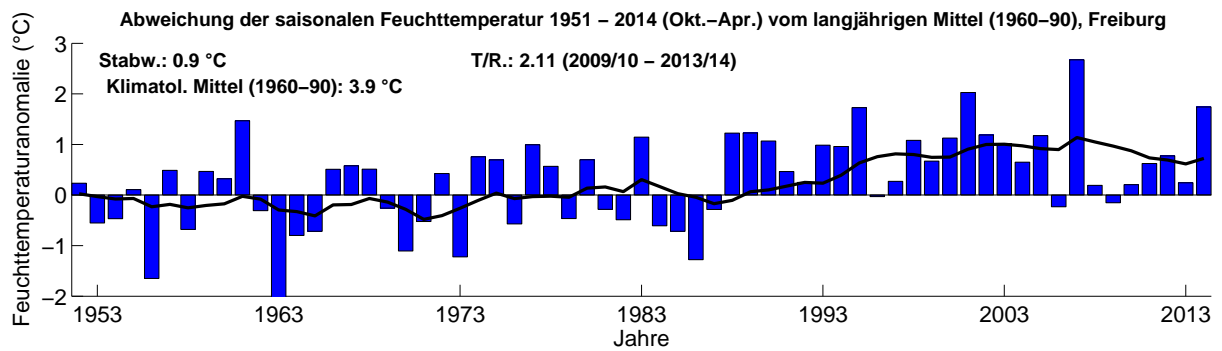
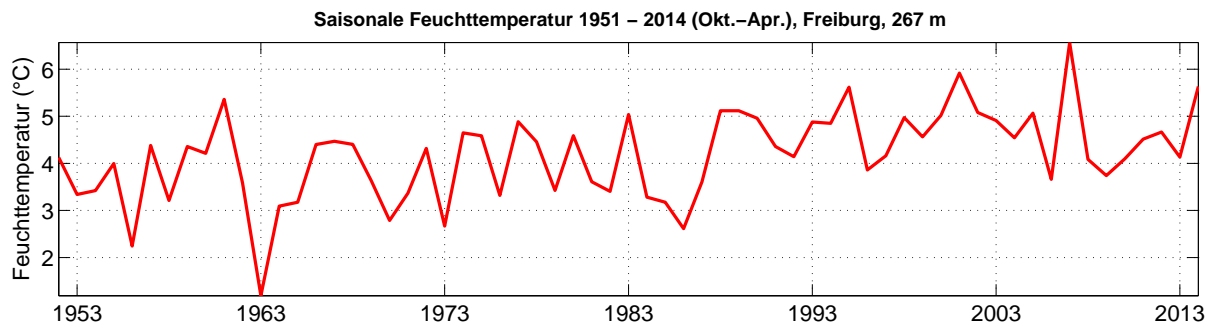


Abbildung 4.3: Langzeitanalyse der saisonalen Feuchtttemperatur, Freiburg, Okt.-Apr. 1951-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 2009 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

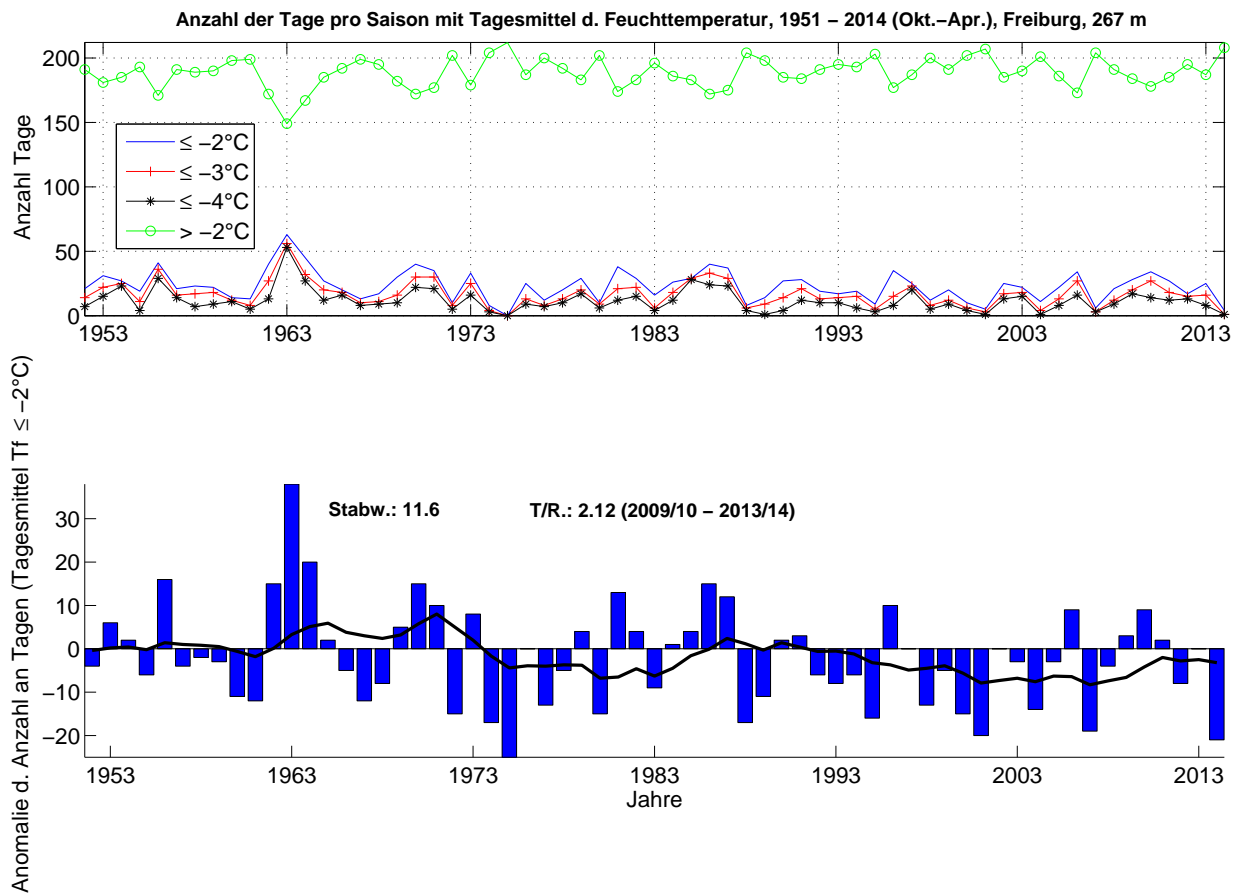


Abbildung 4.4: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur von -2°C , -3°C und -4°C , bzw. Überschreitung von -2°C , Periode 1951-2014, Freiburg. Abweichung vom langjährigen Mittel für Tagesmittel $\leq -2^{\circ}\text{C}$ (unten).

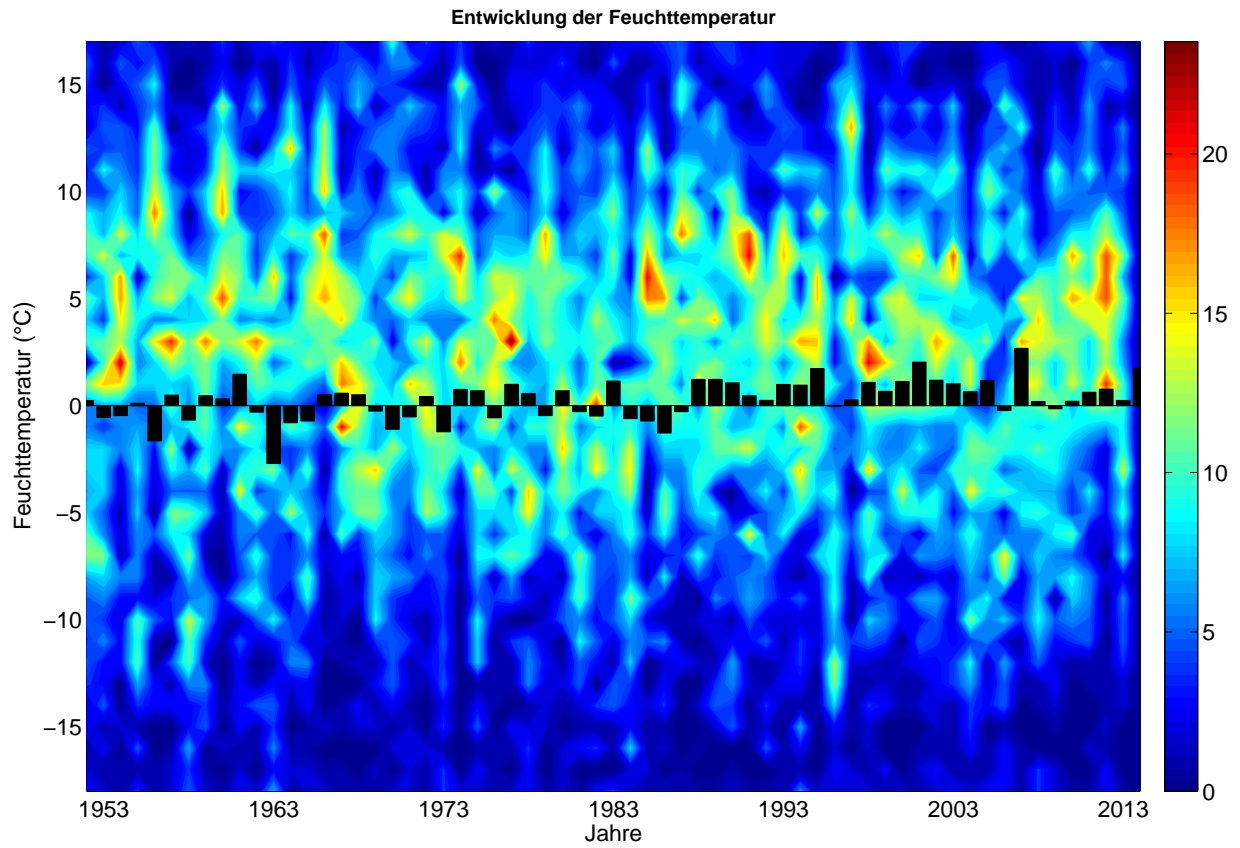


Abbildung 4.5: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1951-2014, Freiburg. Die schwarzen Balken zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel (1960-90).

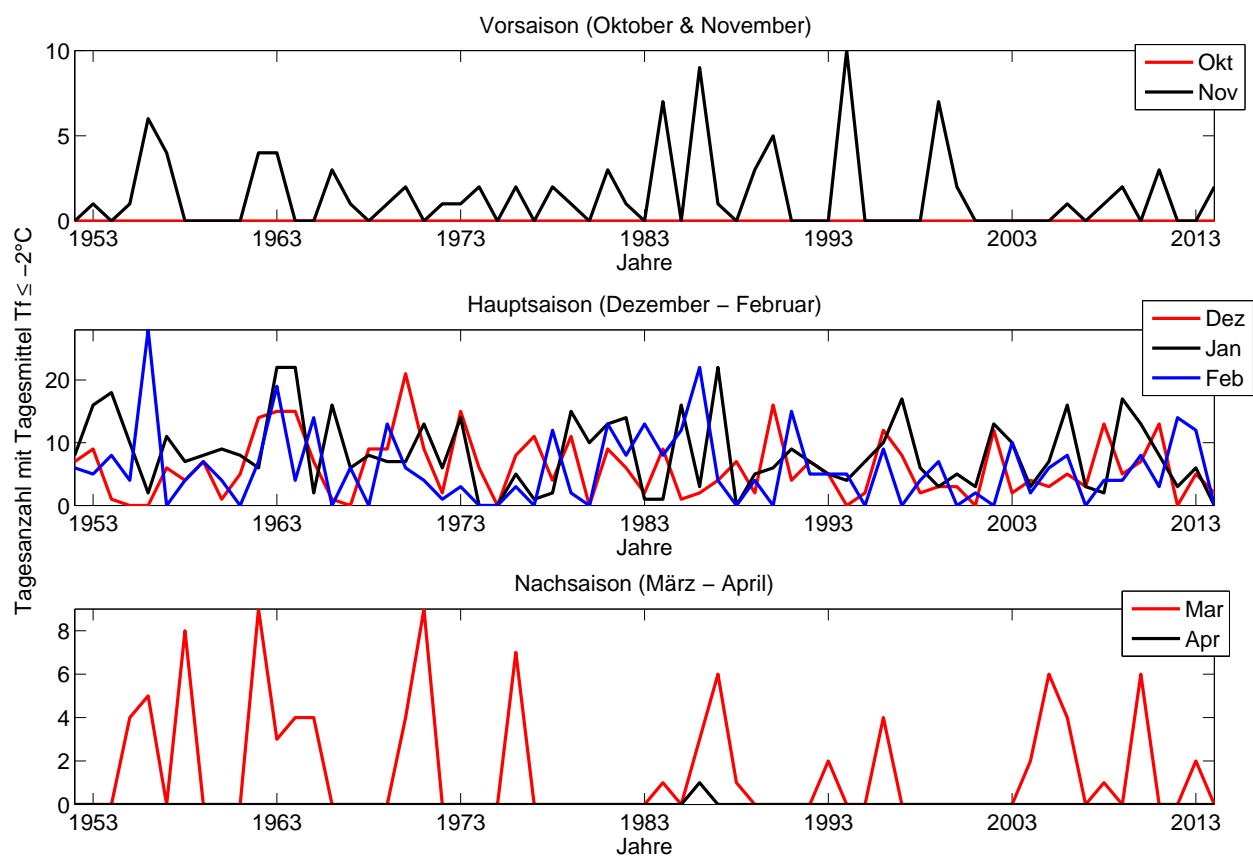


Abbildung 4.6: Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$, aufgeteilt in Monate.

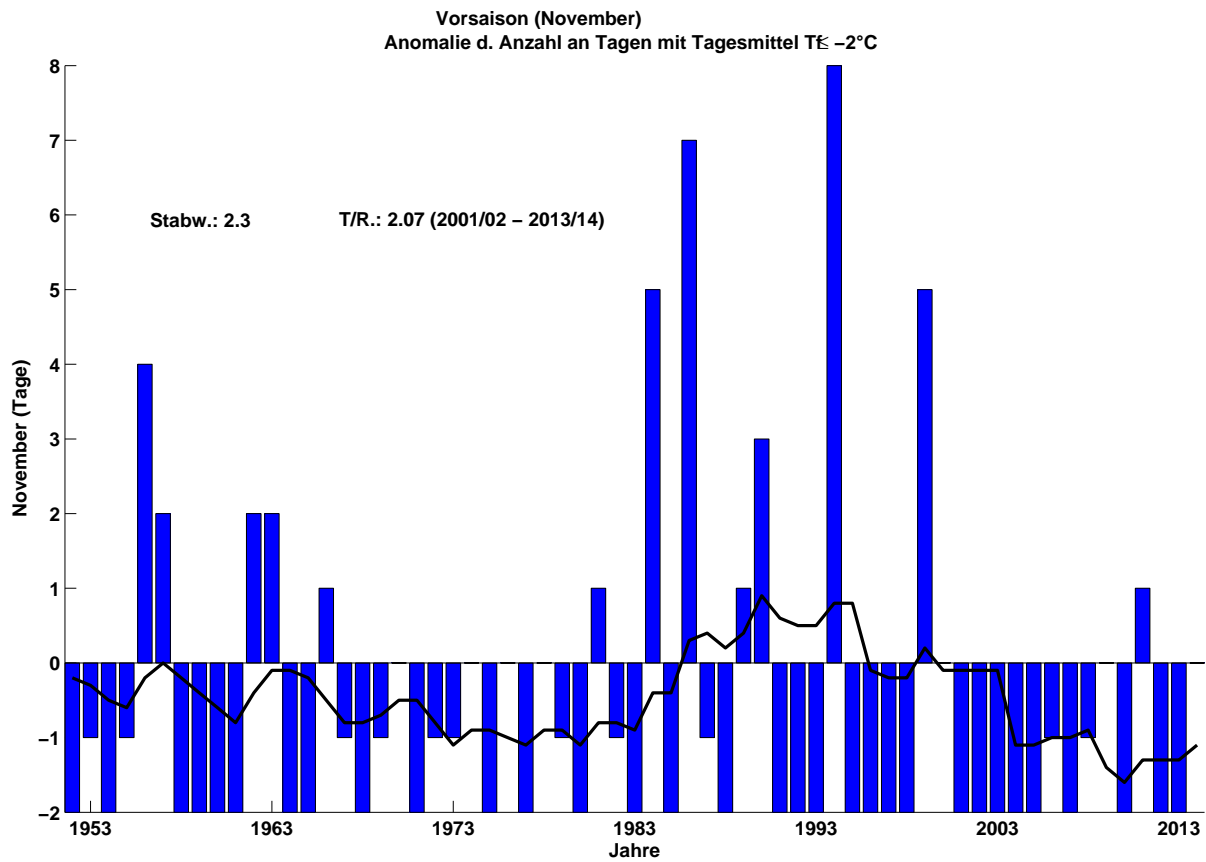


Abbildung 4.7: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: November (Im Oktober konnte in keinem Jahr der Zeitreihe beschneit werden).

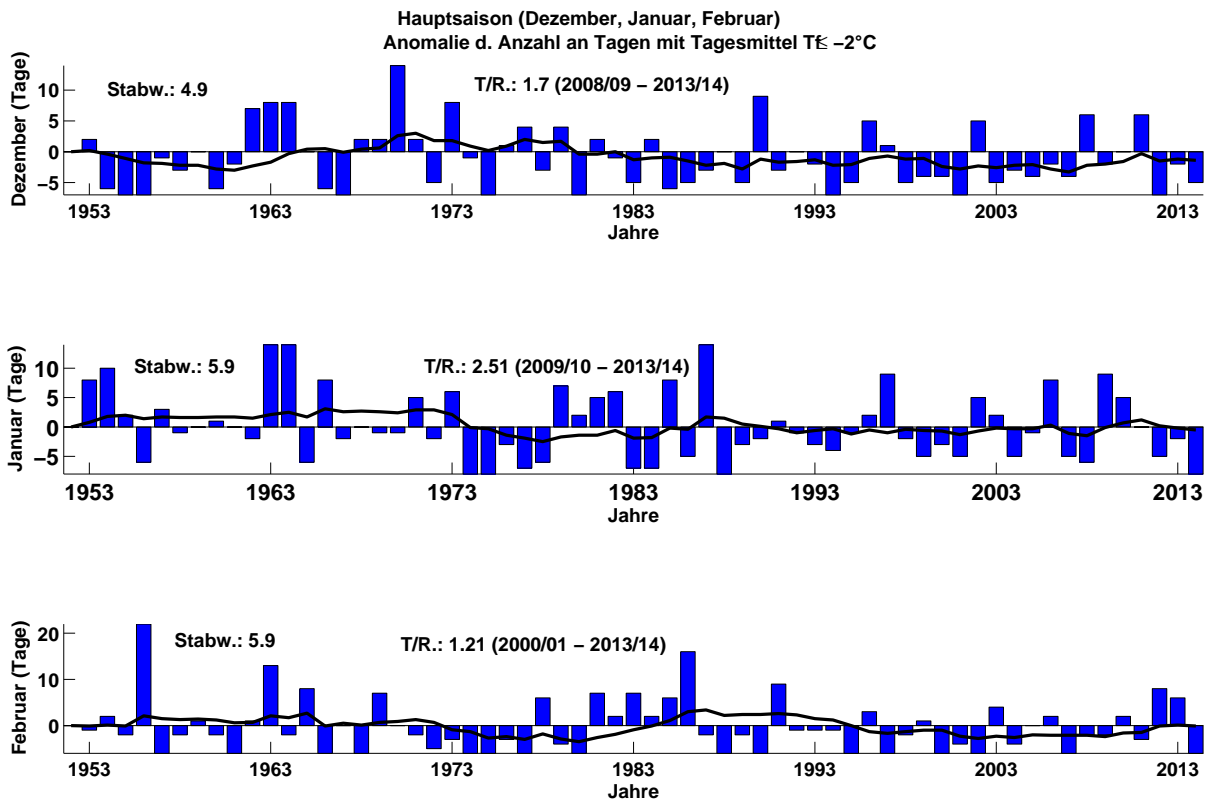


Abbildung 4.8: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Dezember, Januar und Februar (Hauptsaison).

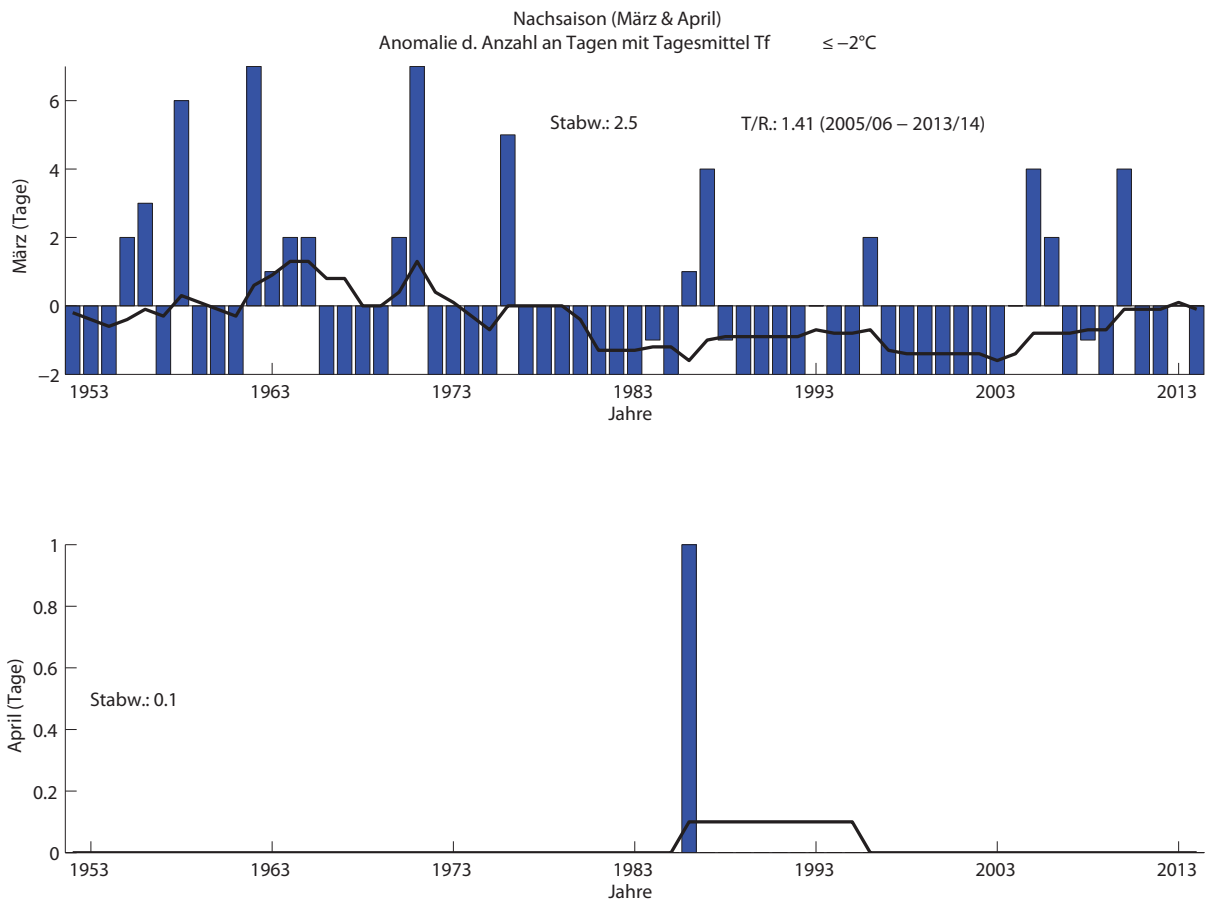


Abbildung 4.9: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt n Monate: März und April (Nachsaison).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1951 – 2014), Freiburg 267 m

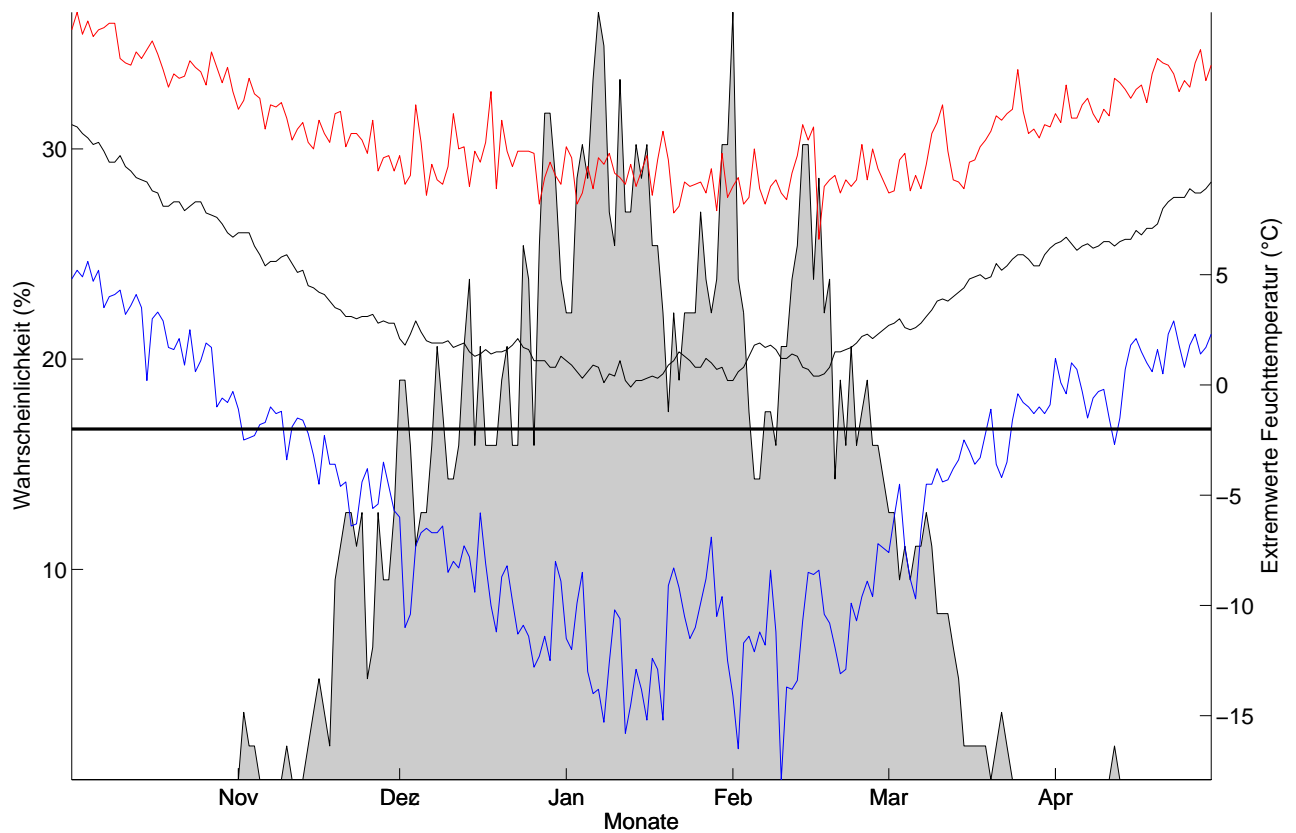


Abbildung 4.10: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Freiburg, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1951-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), Freiburg 267m

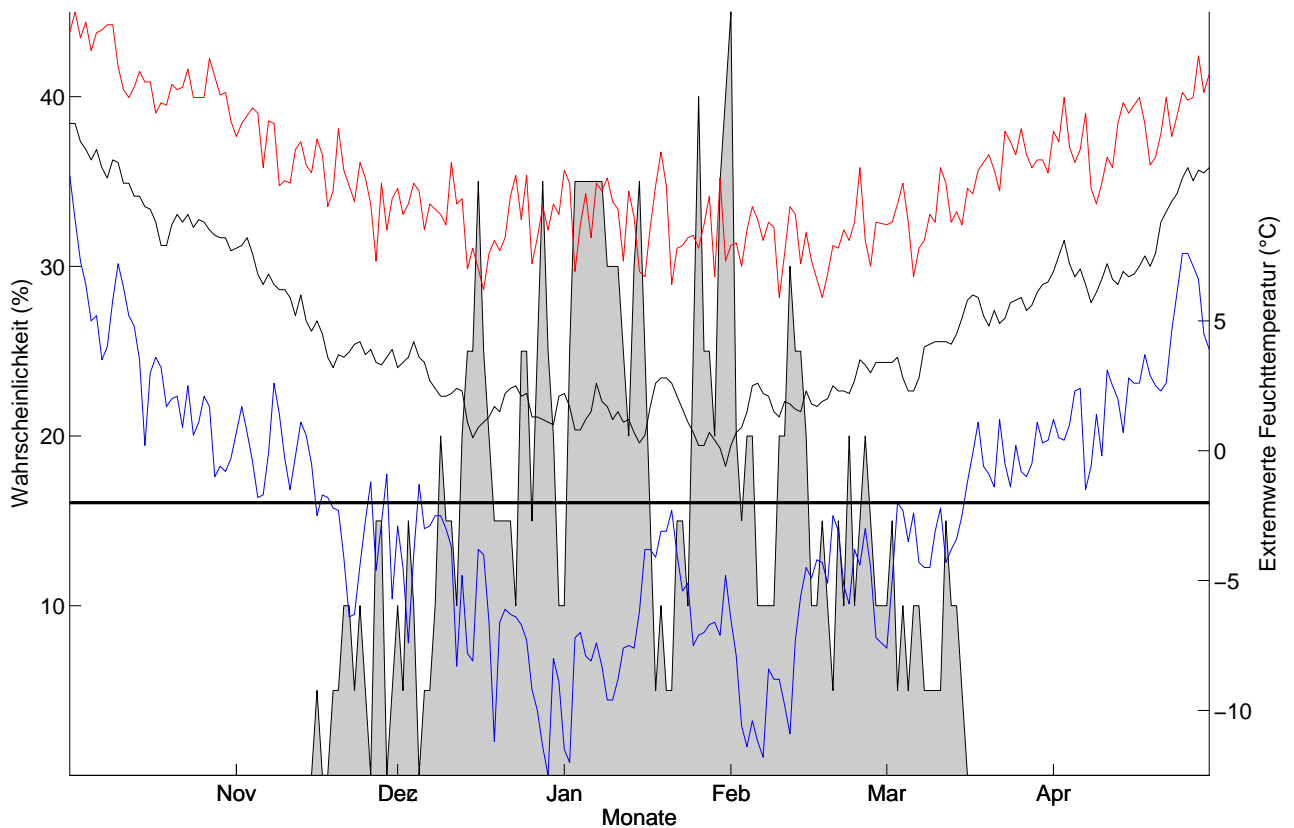


Abbildung 4.11: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Freiburg, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

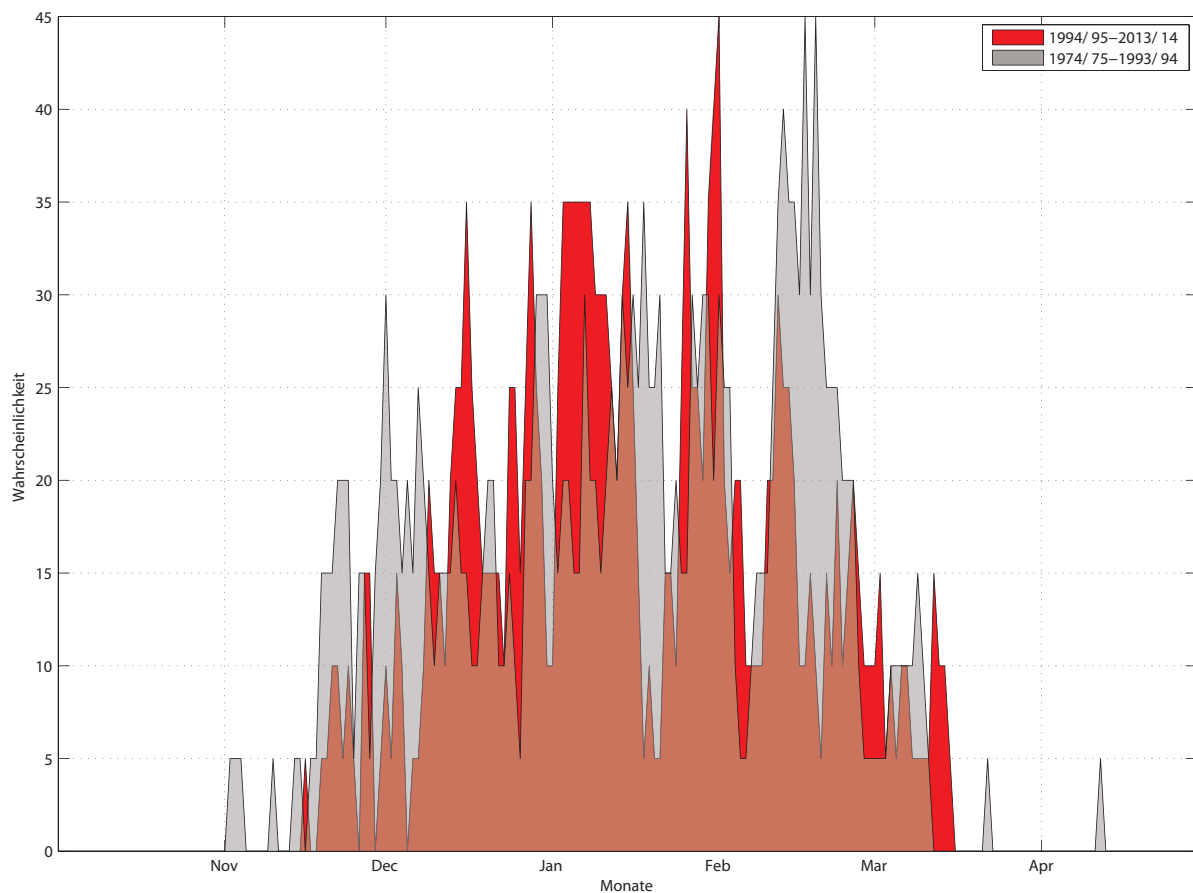


Abbildung 4.12: Vergleich Beschneigungswahrscheinlichkeit (Tagesmittelwert $T_f \leq -2^\circ\text{C}$) der letzten 20 Jahre mit den 20 Jahren davor für alle Tage der Saison (1.10.-30.4.).

Im Mittel über die gesamte Saison gesehen, ist die Wahrscheinlichkeit, Beschneien zu können, in den letzten 20 Jahren im Vergleich zu den 20 Jahren davor von 10% auf 9% gesunken. Vor allem in den Monaten November, Dezember und Februar wurde die Beschneiwahrscheinlichkeit geringer. Siehe Abb. 4.12.

Beschneitage Freiburg pro Saison und Monat

Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	0	2	6	8	6	2	0
SD	0	2	5	6	6	3	0
1951/52	0	0	7	8	6	0	0
1952/53	0	1	9	16	5	0	0
1953/54	0	0	1	18	8	0	0
1954/55	0	1	0	10	4	4	0
1955/56	0	6	0	2	28	5	0
1956/57	0	4	6	11	0	0	0
1957/58	0	0	4	7	4	8	0
1958/59	0	0	7	8	7	0	0
1959/60	0	0	1	9	4	0	0
1960/61	0	0	5	8	0	0	0
1961/62	0	4	14	6	7	9	0
1962/63	0	4	15	22	19	3	0
1963/64	0	0	15	22	4	4	0
1964/65	0	0	7	2	14	4	0
1965/66	0	3	1	16	0	0	0
1966/67	0	1	0	6	6	0	0
1967/68	0	0	9	8	0	0	0
1968/69	0	1	9	7	13	0	0
1969/70	0	2	21	7	6	4	0
1970/71	0	0	9	13	4	9	0
1971/72	0	1	2	6	1	0	0
1972/73	0	1	15	14	3	0	0
1973/74	0	2	6	0	0	0	0
1974/75	0	0	0	0	0	0	0
1975/76	0	2	8	5	3	7	0
1976/77	0	0	11	1	0	0	0
1977/78	0	2	4	2	12	0	0
1978/79	0	1	11	15	2	0	0
1979/80	0	0	0	10	0	0	0
1980/81	0	3	9	13	13	0	0

1981/82	0	1	6	14	8	0	0
1982/83	0	0	2	1	13	0	0
1983/84	0	7	9	1	8	1	0
1984/85	0	0	1	16	12	0	0
1985/86	0	9	2	3	22	3	1
1986/87	0	1	4	22	4	6	0
1987/88	0	0	7	0	0	1	0
1988/89	0	3	2	5	4	0	0
1989/90	0	5	16	6	0	0	0
1990/91	0	0	4	9	15	0	0
1991/92	0	0	7	7	5	0	0
1992/93	0	0	5	5	5	2	0
1993/94	0	10	0	4	5	0	0
1994/95	0	0	2	7	0	0	0
1995/96	0	0	12	10	9	4	0
1996/97	0	0	8	17	0	0	0
1997/98	0	0	2	6	4	0	0
1998/99	0	7	3	3	7	0	0
1999/00	0	2	3	5	0	0	0
2000/01	0	0	0	3	2	0	0
2001/02	0	0	12	13	0	0	0
2002/03	0	0	2	10	10	0	0
2003/04	0	0	4	3	2	2	0
2004/05	0	0	3	7	6	6	0
2005/06	0	1	5	16	8	4	0
2006/07	0	0	3	3	0	0	0
2007/08	0	1	13	2	4	1	0
2008/09	0	2	5	17	4	0	0
2009/10	0	0	7	13	8	6	0
2010/11	0	3	13	8	3	0	0
2011/12	0	0	0	3	14	0	0
2012/13	0	0	5	6	12	2	0
2013/14	0	2	2	0	0	0	0

Tabelle 4.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1951 - 2014, Freiburg.

4.4.3 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

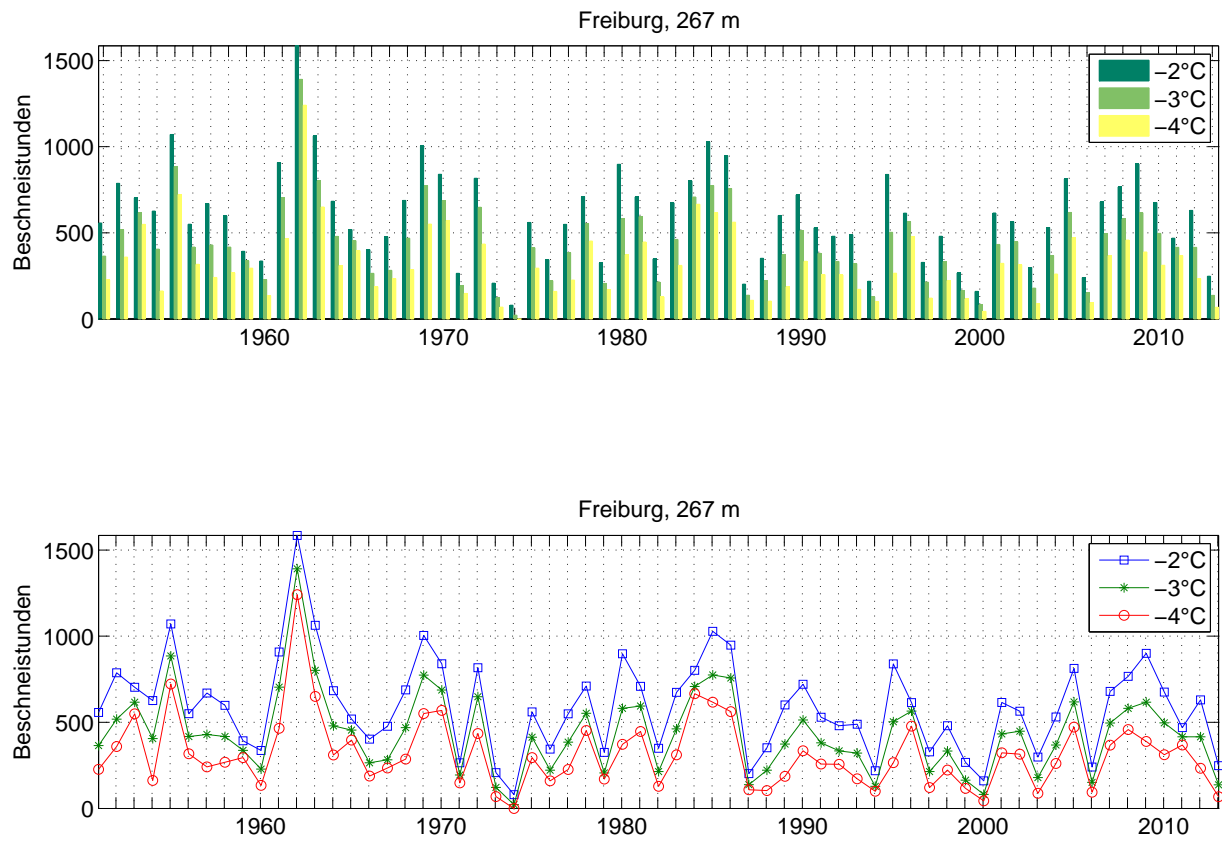
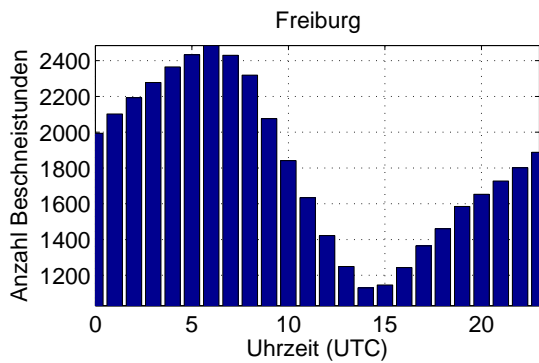
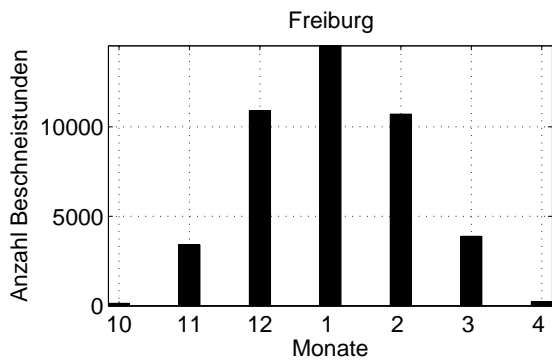
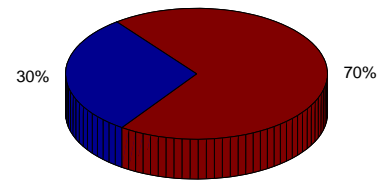


Abbildung 4.13: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 271 Stunden (11 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es in den letzten 62 Saisons (Okt.-Apr.) im Mittel 594 potentielle Beschneistunden (ca. 25 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 271 Stunden (ca. 11 Tage). Siehe Abb. 4.13.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

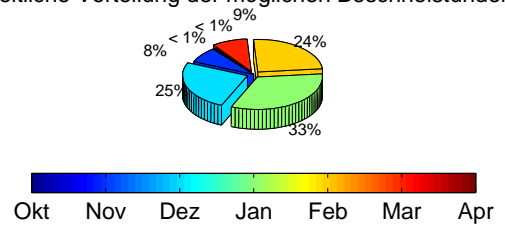


Abbildung 4.14: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

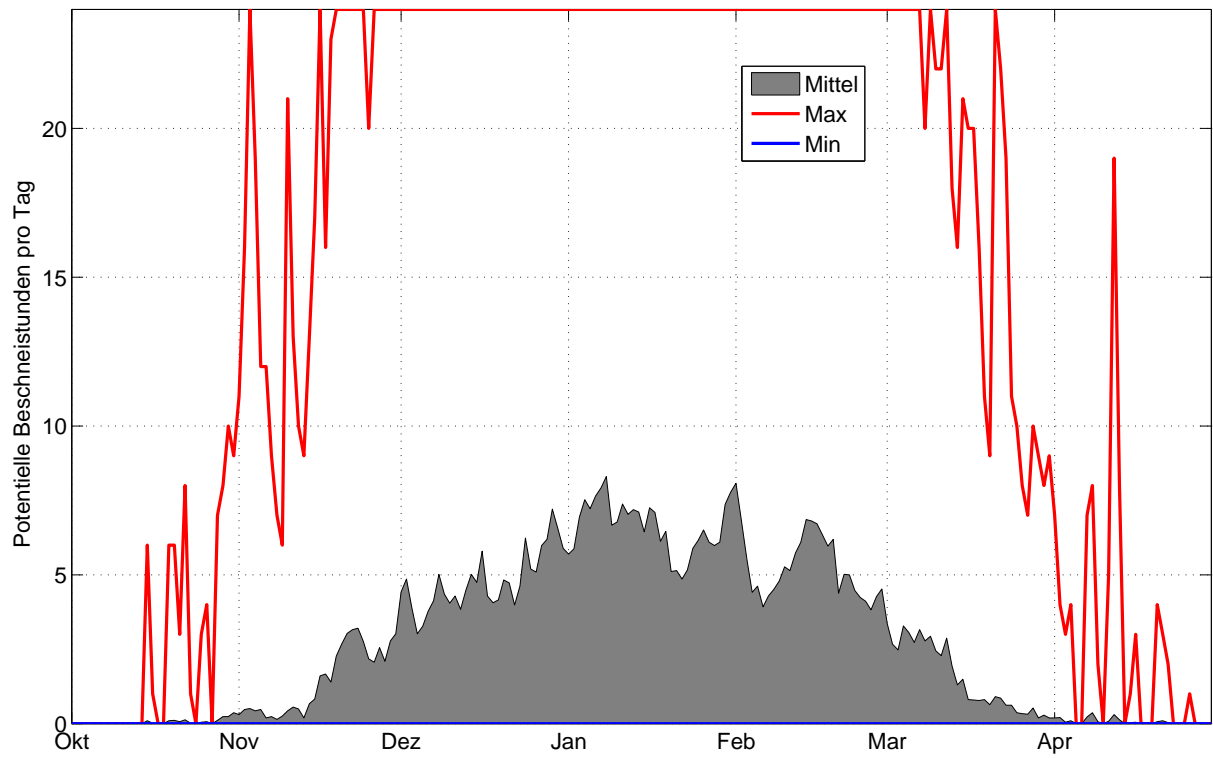


Abbildung 4.15: Mittlere Anzahl, sowie maximal- und minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1951-2014, Station Freiburg, 267 m.

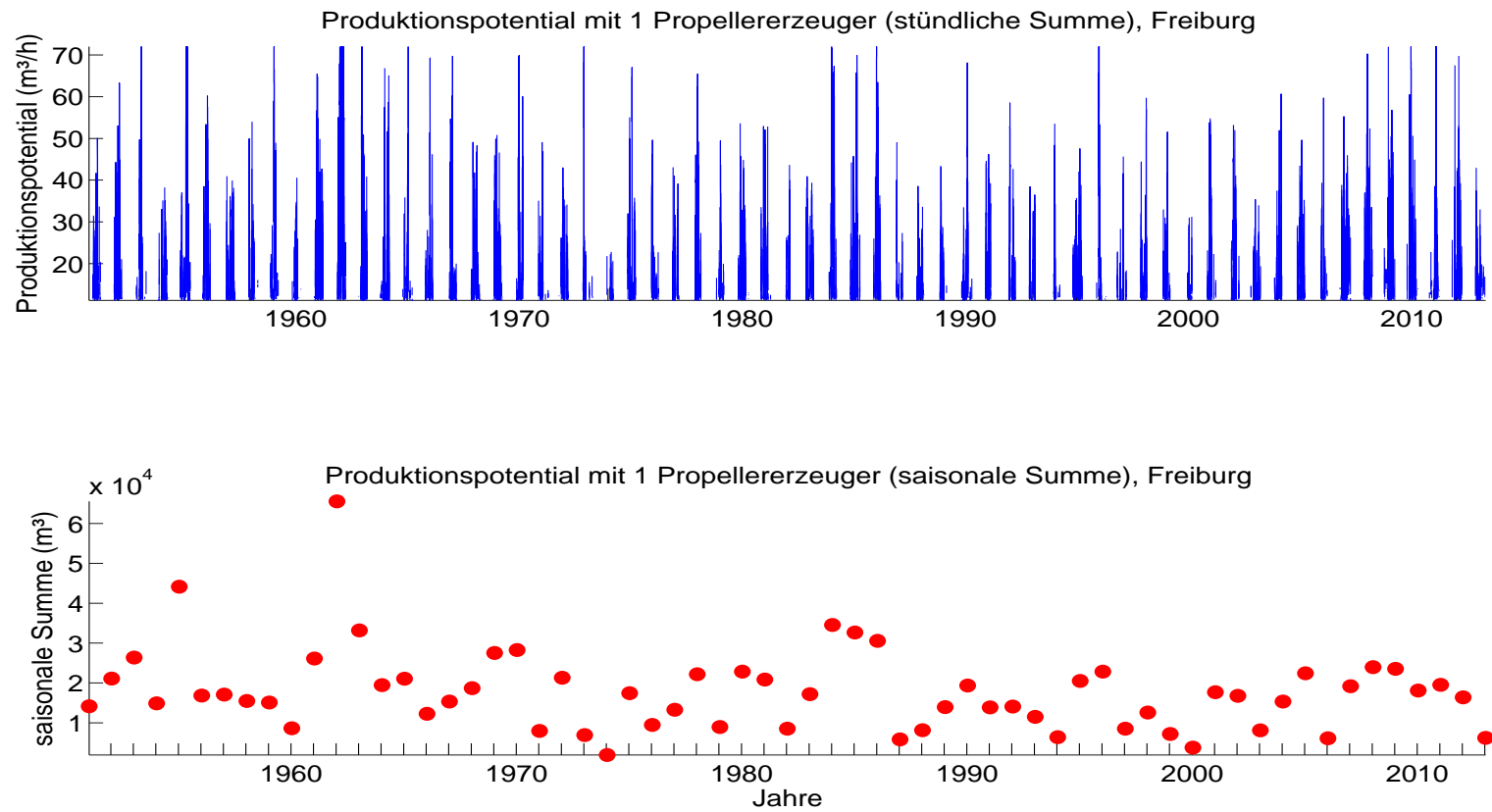


Abbildung 4.16: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

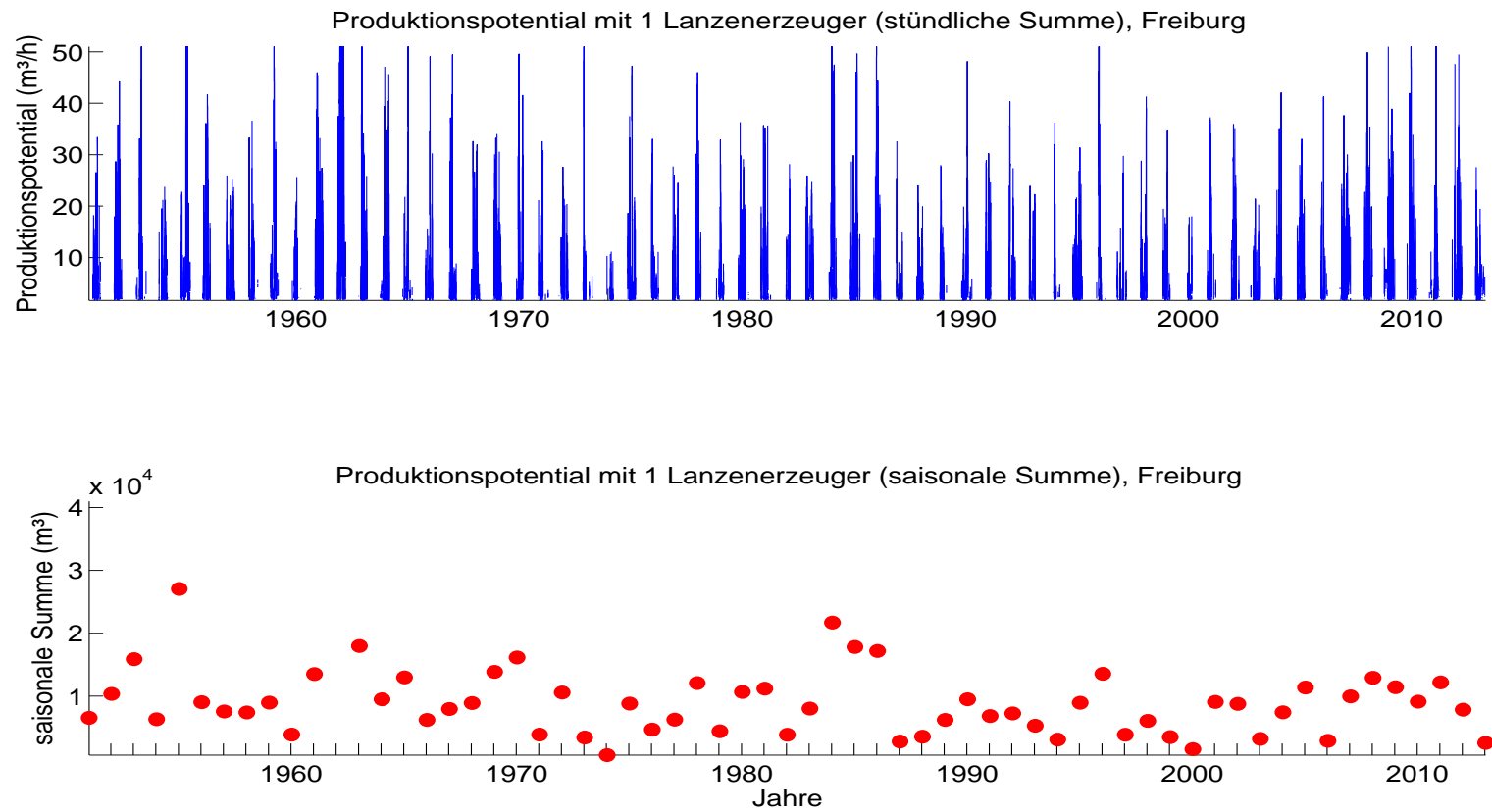


Abbildung 4.17: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 10297 m^3 (Propellengerät), bzw. 6494 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 21014 m^3 (Propellengerät), bzw. 18403 (Lanze). Damit kann auf ca. 7 ha (Propellengerät), bzw. ca. 6 ha (Lanze) eine Grundbeschneung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 4.16 und 4.17.

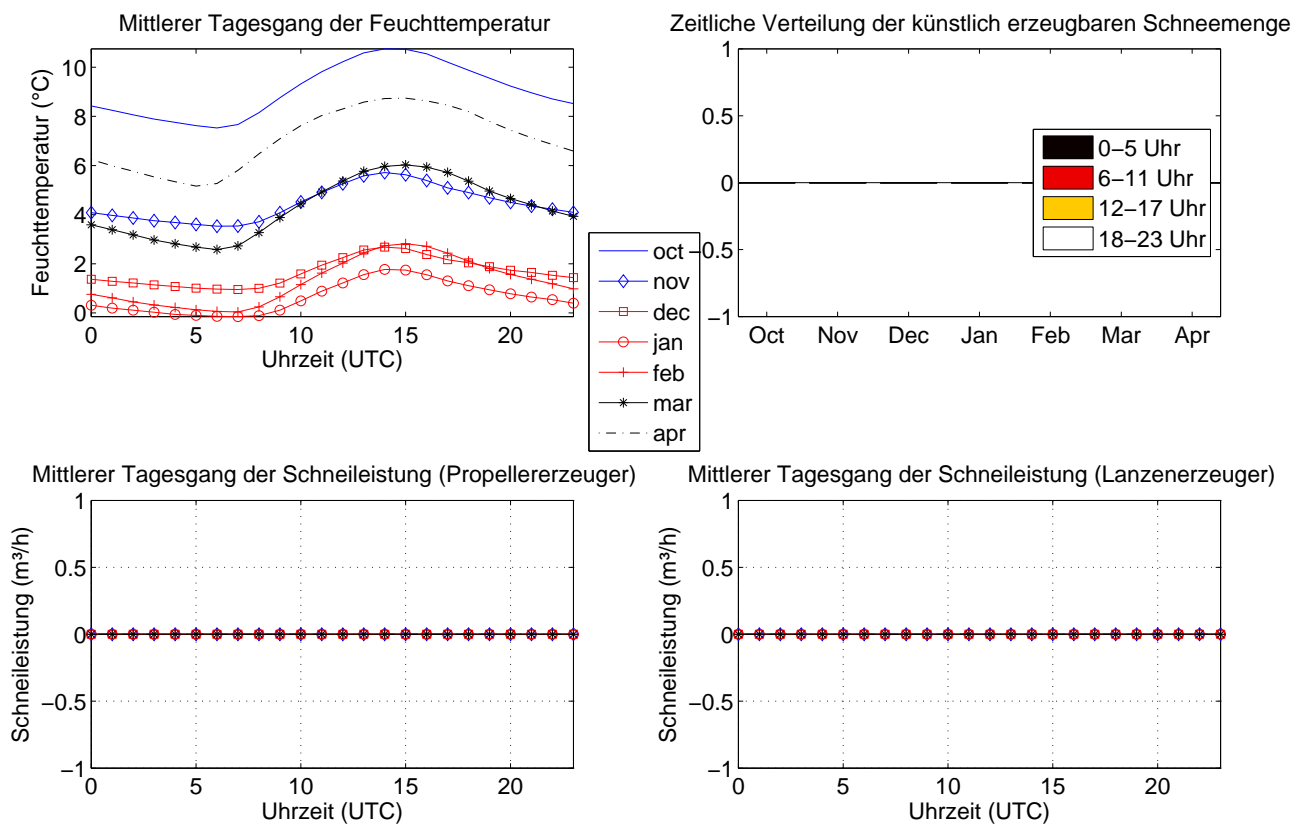


Abbildung 4.18: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1951-2014, Freiburg, 267 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

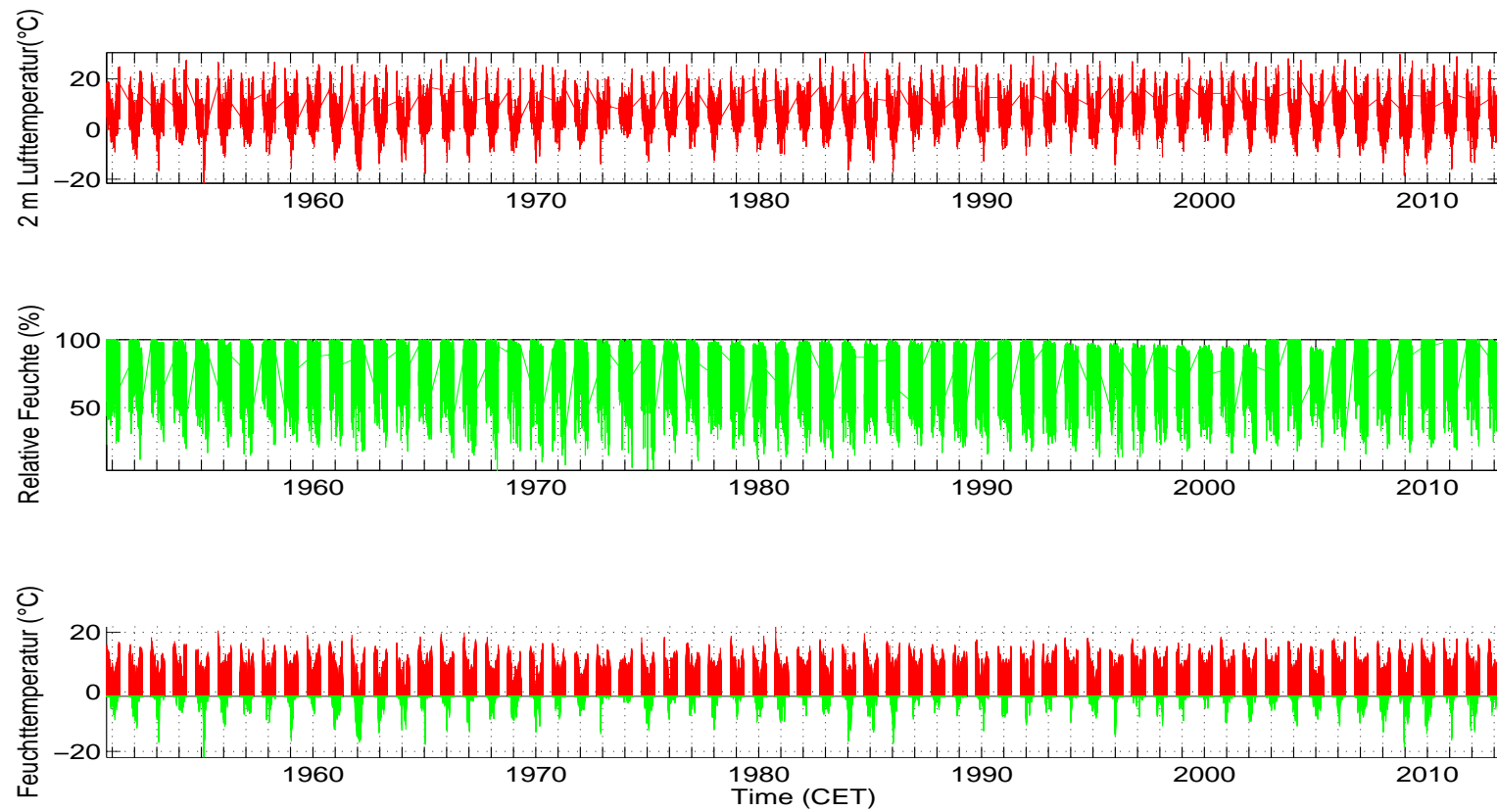


Abbildung 4.19: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

	Klimaparameter (Saisonmittel, Freiburg)			Schneitage	Schneistunden mit versch. Grenztemp.			
	Lufttemp. (°C)	Rel. Feuchte (%)	Feuchttemp.(°C)		-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	6,0	76,8	4,1	23	696	594	435	313
SD	1,1	2,7	0,9	12	293	271	233	205
Saison								
1951/52	5,9	78,2	4,1	21	672	557	365	227
1952/53	5,0	78,7	3,3	31	919	787	518	359
1953/54	4,9	80,1	3,4	27	755	703	617	549
1954/55	5,8	76,6	4,0	19	780	626	405	162
1955/56	3,9	76,8	2,2	41	1199	1071	885	722
1956/57	6,1	78,3	4,4	21	629	550	417	317
1957/58	4,9	77,6	3,2	23	856	670	429	241
1958/59	5,9	80,6	4,4	22	702	598	417	268
1959/60	6,0	77,7	4,2	14	449	393	337	295
1960/61	7,3	77,2	5,4	13	426	336	228	134
1961/62	5,2	78,2	3,6	40	1048	908	704	465
1962/63	2,7	78,5	1,2	63	1678	1585	1391	1241
1963/64	4,6	81,2	3,1	45	1221	1063	802	650
1964/65	4,7	79,7	3,2	27	853	683	479	310
1965/66	6,1	79,3	4,4	20	562	519	455	397
1966/67	6,3	76,7	4,5	13	507	402	265	188
1967/68	6,5	75,6	4,4	17	613	477	282	235
1968/69	5,1	80,6	3,6	30	853	688	469	286
1969/70	4,4	78,1	2,8	40	1155	1004	774	551

1970/71	5,4	74,7	3,4	35	929	840	687	569
1971/72	6,1	77,8	4,3	10	352	265	194	148
1972/73	4,3	78,2	2,7	33	916	817	648	435
1973/74	6,5	77,0	4,6	8	296	208	122	69
1974/75	6,5	75,9	4,6	0	127	80	22	0
1975/76	5,1	77,0	3,3	25	726	560	413	295
1976/77	6,7	77,4	4,9	12	410	344	222	160
1977/78	6,3	77,2	4,5	20	615	549	385	226
1978/79	5,0	79,5	3,4	29	808	710	552	452
1979/80	6,5	75,8	4,6	10	389	325	206	170
1980/81	5,7	73,1	3,6	38	1070	898	581	372
1981/82	5,5	73,8	3,4	29	780	709	594	447
1982/83	6,8	77,4	5,0	16	414	349	214	128
1983/84	5,4	72,9	3,3	26	805	674	462	311
1984/85	5,1	75,6	3,2	29	870	802	708	666
1985/86	4,5	75,3	2,6	40	1184	1028	775	617
1986/87	5,5	76,0	3,6	37	1041	948	757	562
1987/88	7,0	77,1	5,1	8	263	202	138	108
1988/89	6,9	78,5	5,1	14	417	352	222	104
1989/90	7,4	72,4	5,0	27	691	601	374	186
1990/91	6,4	75,2	4,4	28	843	721	513	335
1991/92	5,9	77,0	4,1	19	600	529	381	258
1992/93	6,9	75,3	4,9	17	569	480	334	256
1993/94	6,8	76,2	4,9	19	547	489	321	172
1994/95	7,7	74,2	5,6	9	286	219	128	100
1995/96	5,7	77,0	3,9	35	1044	839	503	266

1996/97	6,3	74,4	4,2	25	680	614	565	478
1997/98	7,3	72,3	5,0	12	416	328	214	121
1998/99	6,6	74,6	4,6	20	562	480	333	223
1999/00	7,2	72,8	5,0	10	320	267	164	116
2000/01	8,2	72,9	5,9	5	202	160	81	44
2001/02	7,5	71,2	5,1	25	719	615	432	323
2002/03	7,4	70,9	4,9	22	662	564	448	315
2003/04	6,8	72,9	4,5	11	457	298	179	88
2004/05	6,6	80,9	5,1	22	683	531	368	261
2005/06	5,6	74,3	3,7	34	931	813	618	472
2006/07	8,7	75,5	6,6	6	279	240	151	94
2007/08	5,7	79,2	4,1	21	761	679	496	367
2008/09	5,2	81,5	3,7	28	890	767	581	458
2009/10	5,9	77,9	4,1	34	1046	900	617	389
2010/11	6,1	80,5	4,5	27	758	675	497	312
2011/12	6,2	80,6	4,7	17	504	469	416	368
2012/13	5,5	83,0	4,1	25	739	630	416	233
2013/14	7,5	77,8	5,6	4	340	248	137	68

Tabelle 4.2: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Freiburg)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	2	43	148	205	148	48	2
SD	5	54	107	134	133	63	5
Saison							
1951/52	0	5	154	207	176	17	2
1952/53	0	53	210	371	140	13	0
1953/54	0	6	28	430	235	0	4
1954/55	0	27	0	263	149	181	7
1955/56	14	147	26	97	661	113	14
1956/57	0	97	140	284	8	23	0
1957/58	0	10	144	145	123	245	6
1958/59	0	0	154	214	225	0	5
1959/60	0	21	62	211	95	4	0
1960/61	0	1	139	195	0	1	0
1961/62	0	90	308	136	172	203	0
1962/63	0	105	370	555	448	107	0
1963/64	0	0	364	501	93	106	0
1964/65	0	8	180	42	322	131	0
1965/66	1	89	37	388	3	1	0
1966/67	1	60	43	174	126	0	0
1967/68	0	5	212	196	32	32	0
1968/69	0	45	192	143	275	33	0
1969/70	0	51	496	206	149	102	0
1970/71	0	7	206	322	117	188	0
1971/72	0	42	45	149	28	0	1
1972/73	0	17	377	317	68	38	0
1973/74	0	49	153	0	5	1	1
1974/75	0	0	10	0	63	8	0
1975/76	0	52	162	125	74	147	0
1976/77	0	0	255	44	22	22	2
1977/78	0	49	153	39	308	0	0
1978/79	0	27	266	356	61	0	0
1979/80	0	4	21	273	7	20	0
1980/81	0	110	239	271	278	0	0

1981/82	0	67	140	336	166	0	0
1982/83	0	0	44	52	253	0	0
1983/84	0	147	225	61	179	62	0
1984/85	0	3	58	426	294	21	0
1985/86	0	226	81	95	528	66	32
1986/87	0	21	90	529	110	198	0
1987/88	0	0	141	13	17	31	0
1988/89	0	77	35	141	99	0	0
1989/90	0	127	329	144	0	1	0
1990/91	0	8	129	237	343	1	3
1991/92	0	0	217	192	120	0	0
1992/93	0	0	127	115	155	83	0
1993/94	0	257	19	99	114	0	0
1994/95	0	0	44	171	0	4	0
1995/96	0	45	242	208	219	121	4
1996/97	0	7	196	391	20	0	0
1997/98	30	3	44	119	117	15	0
1998/99	0	150	75	82	173	0	0
1999/00	0	52	82	124	4	5	0
2000/01	0	0	14	94	52	0	0
2001/02	0	41	259	299	11	5	0
2002/03	0	0	65	221	261	0	17
2003/04	3	0	90	83	61	61	0
2004/05	0	8	85	183	146	110	0
2005/06	0	39	121	369	182	102	0
2006/07	0	0	104	107	27	5	0
2007/08	4	64	266	131	155	54	8
2008/09	0	46	142	399	145	42	0
2009/10	19	3	171	351	205	148	3
2010/11	13	50	302	202	73	34	1
2011/12	0	18	0	86	353	13	0
2012/13	15	2	106	154	260	82	12
2013/14	0	48	132	35	17	13	3

Tabelle 4.3: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C.

Monatssummen der pot. Schneileistung, Propeller (m ³)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	77	1456	5103	7236	5281	1711	151
SD	158	1489	3667	5339	5619	1862	194
Saison							
1951/52	71	207	4466	6012	6409	864	494
1952/53	28	2132	6438	11340	5435	852	0
1953/54	9	921	1323	15456	11154	326	228
1954/55	0	1051	590	7780	4811	5254	257
1955/56	436	4370	1170	3335	34056	3230	583
1956/57	24	3077	4708	10724	470	750	81
1957/58	4	833	5299	4722	3716	6955	580
1958/59	80	31	4781	6983	6165	66	171
1959/60	0	1234	2149	10018	3735	415	9
1960/61	10	106	4568	5873	173	309	0
1961/62	0	2454	10788	4711	5254	6600	7
1962/63	25	3530	16984	25515	18984	3638	90
1963/64	115	17	14863	15152	2976	3380	0
1964/65	111	641	6776	2198	10188	4100	0
1965/66	178	2721	1262	18115	195	692	2
1966/67	112	2240	1641	7249	4082	99	198
1967/68	13	842	8074	7272	1783	1194	207
1968/69	0	2225	6770	4033	8288	1771	296
1969/70	0	1609	15120	6449	4425	3756	278
1970/71	5	537	7845	12611	3832	6937	0
1971/72	25	1379	2033	6198	1012	229	183
1972/73	102	731	10534	9038	3010	1815	326
1973/74	118	1405	6420	586	573	440	170
1974/75	0	216	307	304	2525	1071	165
1975/76	0	1319	6907	5548	3582	3955	185
1976/77	0	77	8380	1939	925	863	256
1977/78	0	1570	4414	1742	7391	168	102
1978/79	0	1485	7174	14055	2584	40	5
1979/80	1	423	1057	8450	857	579	17
1980/81	4	3327	7707	8354	7563	57	173

1981/82	0	2038	4607	11610	4859	425	147
1982/83	0	80	1415	1778	7451	335	1
1983/84	52	3942	6773	2399	5582	2694	122
1984/85	0	101	2141	22093	11164	1484	75
1985/86	84	6062	2659	3652	21383	1978	995
1986/87	0	784	2519	20667	4132	5682	54
1987/88	0	197	4937	706	1732	1596	17
1988/89	60	2588	1059	3912	2791	34	0
1989/90	0	4098	8027	3916	102	222	0
1990/91	0	656	4748	6143	10442	299	255
1991/92	37	293	6940	6301	3398	26	11
1992/93	2	30	3809	4925	5180	2771	0
1993/94	1	6413	820	2641	3431	10	18
1994/95	0	0	1482	6376	31	830	5
1995/96	0	1430	7185	6285	6457	3617	317
1996/97	0	481	10098	13654	1146	21	244
1997/98	897	402	1992	4012	3275	880	13
1998/99	0	4827	3176	2462	5459	68	0
1999/00	7	1804	2404	4356	499	339	43
2000/01	0	0	865	2793	1870	89	65
2001/02	0	1859	8616	9197	472	406	53
2002/03	0	0	2153	8165	7943	327	732
2003/04	326	3	3081	3828	2499	2126	0
2004/05	0	472	3492	5582	5524	3828	7
2005/06	0	1745	4650	10955	6308	3759	73
2006/07	0	15	3655	3330	861	440	25
2007/08	245	2331	9483	3340	4677	1801	288
2008/09	97	1900	4932	14701	4758	1383	1
2009/10	511	145	5476	9847	5615	4271	221
2010/11	409	1866	9504	5638	2417	1545	53
2011/12	146	615	288	2835	16835	373	134
2012/13	448	128	3967	4665	7475	3010	408
2013/14	35	1739	3973	1328	753	717	96

Tabelle 4.4: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der pot. Schneileistung, Lanze, (m ³)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	76	1331	4484	6235	4570	1554	154
SD	147	1312	3087	4359	4541	1630	184
Saison							
1951/52	78	197	4006	5354	5749	833	471
1952/53	35	1997	5635	9896	4826	835	0
1953/54	11	916	1290	13093	9238	338	235
1954/55	1	965	616	6866	4334	4726	257
1955/56	406	3873	1147	3036	26843	2860	561
1956/57	29	2784	4153	9247	476	671	99
1957/58	9	816	4807	4289	3294	6109	585
1958/59	79	42	4095	6204	5466	75	162
1959/60	0	1183	1980	8345	3271	439	14
1960/61	12	114	4169	5158	199	326	0
1961/62	0	2179	9208	4094	4684	5861	15
1962/63	28	3215	14036	20878	15568	3144	93
1963/64	121	24	12720	13043	2686	3032	1
1964/65	108	652	5957	2105	8936	3626	4
1965/66	191	2432	1182	14450	200	712	7
1966/67	105	2115	1580	6204	3605	105	213
1967/68	15	805	7065	6294	1686	1131	219
1968/69	0	2074	5993	3571	7187	1705	325
1969/70	0	1458	12948	5773	3929	3395	305
1970/71	6	521	6907	10631	3449	5975	0
1971/72	33	1275	1916	5566	922	227	176
1972/73	102	680	9055	7894	2844	1709	378
1973/74	130	1287	5549	588	585	453	172
1974/75	0	224	296	336	2380	1045	196
1975/76	0	1170	6132	4799	3242	3490	204
1976/77	0	96	7325	1912	861	800	265
1977/78	0	1408	3874	1648	6446	188	119
1978/79	0	1410	6208	12044	2453	58	12
1979/80	4	438	1039	7346	834	546	23
1980/81	6	3042	6732	7347	6676	71	176

1981/82	0	1839	4121	9933	4306	434	159
1982/83	0	82	1333	1658	6553	367	4
1983/84	64	3486	5922	2260	4932	2500	151
1984/85	0	103	2025	17746	9461	1403	81
1985/86	116	5375	2362	3351	18020	1806	894
1986/87	0	723	2260	17081	3732	5035	58
1987/88	0	226	4338	684	1660	1474	22
1988/89	62	2330	987	3523	2493	45	0
1989/90	0	3660	6975	3519	117	231	0
1990/91	0	636	4318	5360	8927	284	253
1991/92	46	339	6155	5562	3001	41	19
1992/93	6	38	3352	4180	4673	2514	0
1993/94	4	5580	790	2366	3042	17	22
1994/95	0	0	1386	5588	41	839	12
1995/96	0	1329	6346	5663	5666	3255	314
1996/97	0	507	8546	11594	1067	29	261
1997/98	818	425	1876	3554	2855	831	22
1998/99	0	4251	2934	2202	4803	82	0
1999/00	11	1709	2173	3854	510	331	43
2000/01	0	0	845	2518	1727	109	81
2001/02	0	1748	7514	7889	455	397	54
2002/03	0	0	1960	7003	6975	333	691
2003/04	321	9	2803	3469	2302	1953	0
2004/05	0	470	3215	4831	4935	3335	12
2005/06	0	1628	4181	9461	5548	3383	81
2006/07	0	33	3321	2897	804	475	30
2007/08	242	2092	8120	2991	4098	1650	266
2008/09	106	1732	4440	12512	4247	1272	2
2009/10	471	139	4672	8634	4896	3737	223
2010/11	381	1657	8224	4985	2170	1411	56
2011/12	151	588	306	2513	13761	355	132
2012/13	432	137	3495	4186	6558	2764	381
2013/14	37	1580	3557	1225	712	692	95

Tabelle 4.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

4.4.4 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

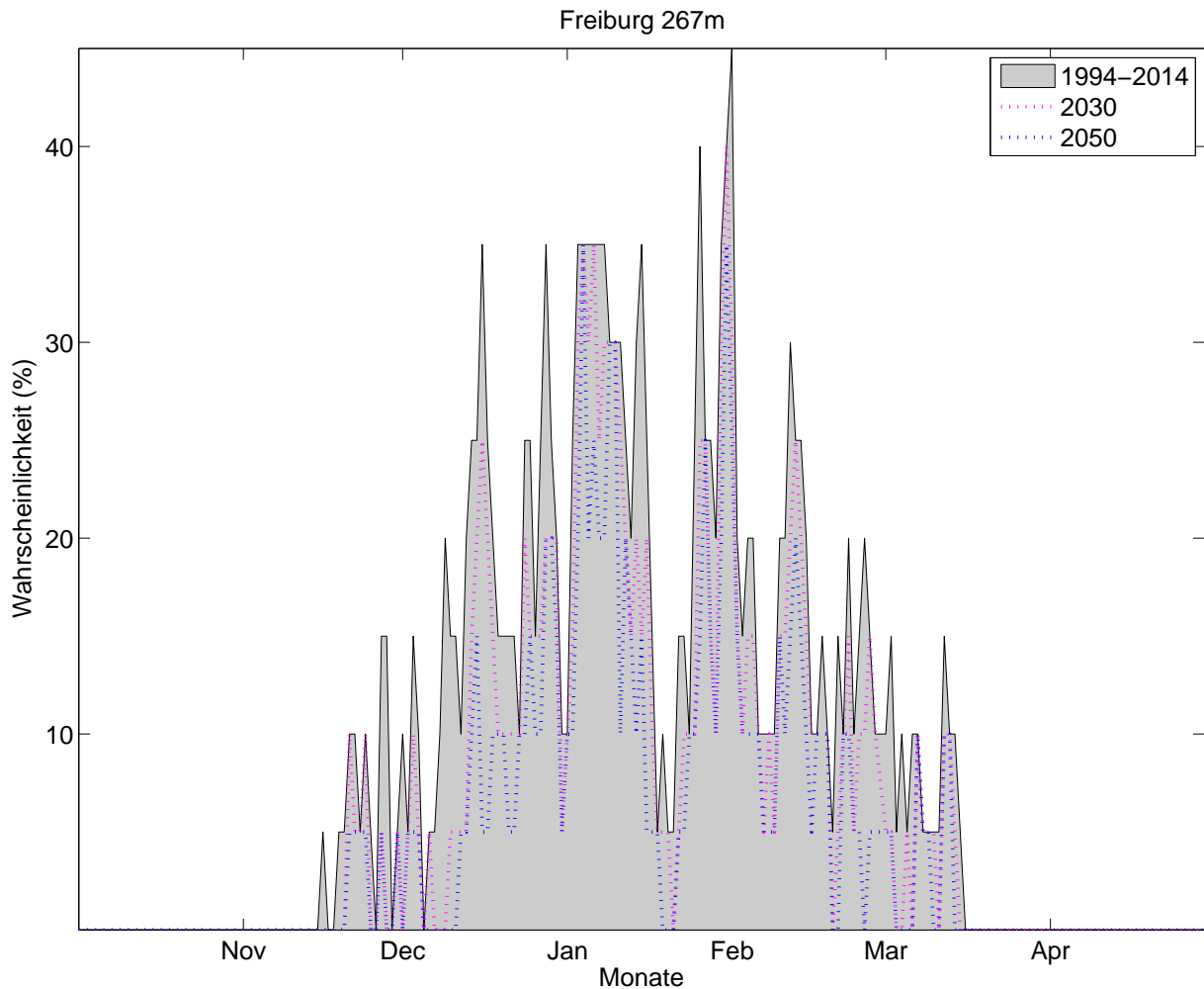


Abbildung 4.20: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Freiburg, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

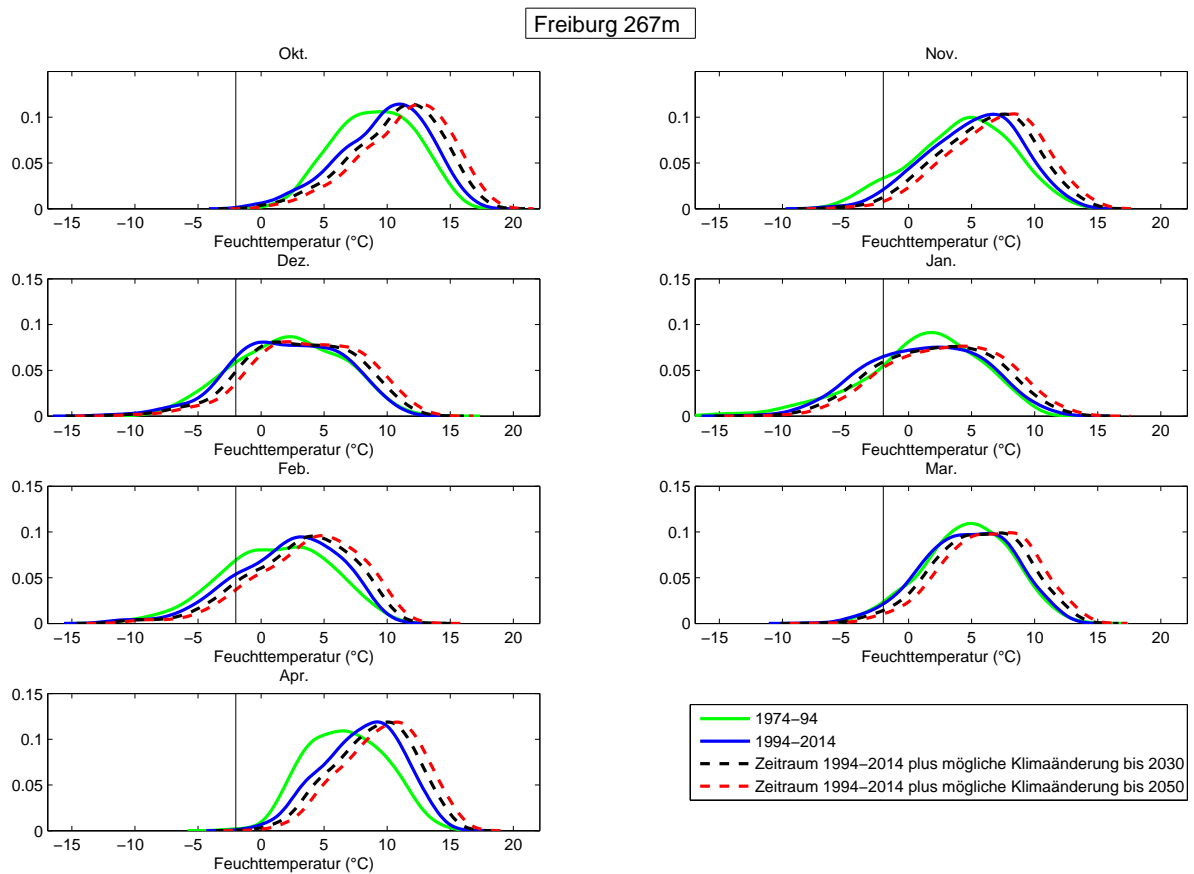


Abbildung 4.21: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchttemperatur unter -2°C pro Monat, Freiburg.								
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	
Periode								
1974-1994	0,0	2,2	5,4	7,0	6,6	1,0	0,1	
1994-2014	0,0	0,9	5,2	7,6	4,7	1,3	0,0	
mit Klimaänderung bis 2030	0,0	0,4	3,2	5,9	3,5	0,7	0,0	
mit Klimaänderung bis 2050	0,0	0,3	2,2	4,6	2,6	0,5	0,0	
Abnahme bis 2050 in Tagen	0,0	0,6	3,1	3,1	2,1	0,8	0,0	
Abnahme bis 2050 in %	0	67	59	40	45	60	0	

Tabelle 4.6: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1974-94, 1994-2014 und 1994-2014 mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

4.5 Braunlage (607 m)

4.5.1 Naturschnee

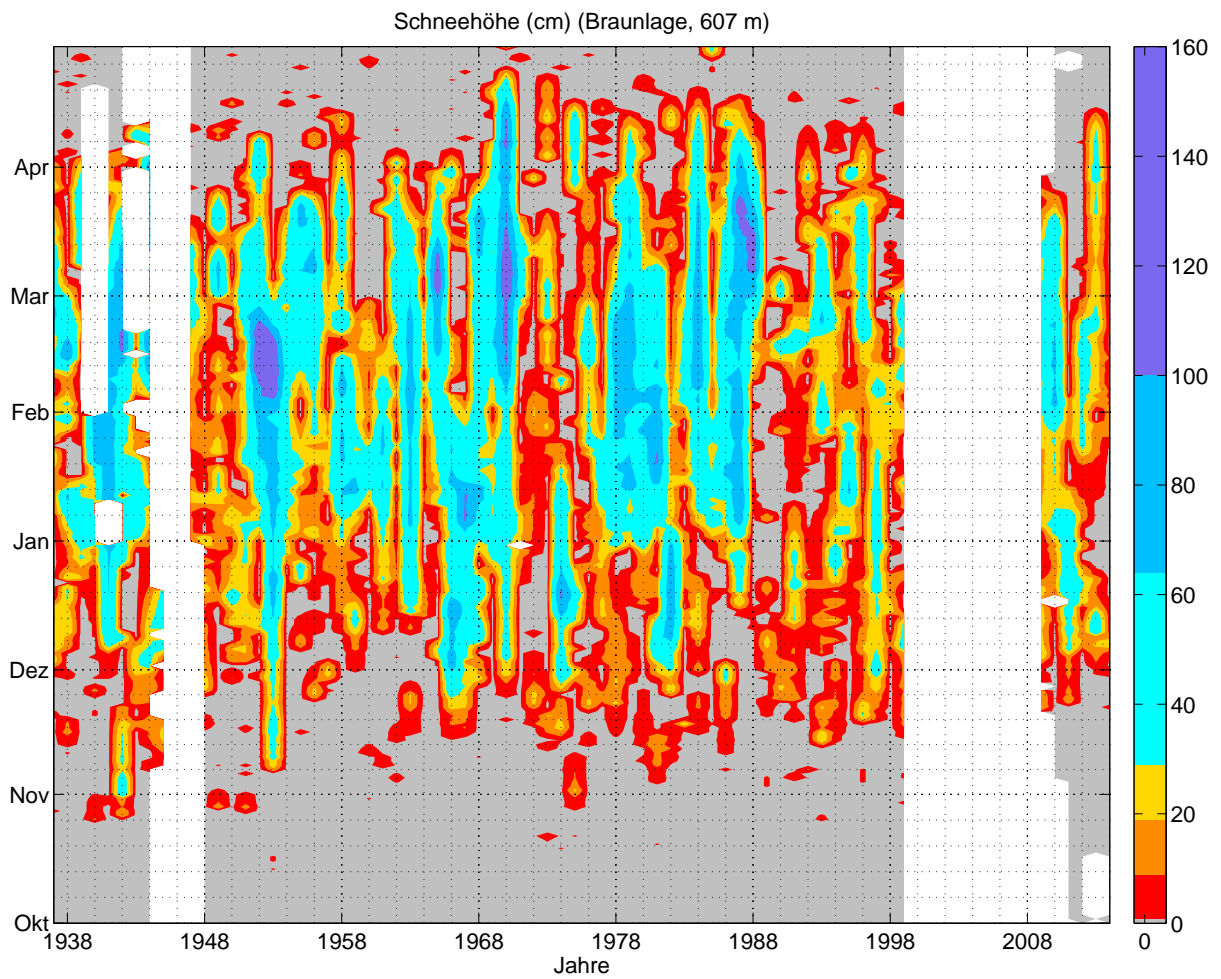


Abbildung 4.1: Tageswerte der Schneehöhe, Braunlage, Okt.-Apr. 1936-2014. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt.

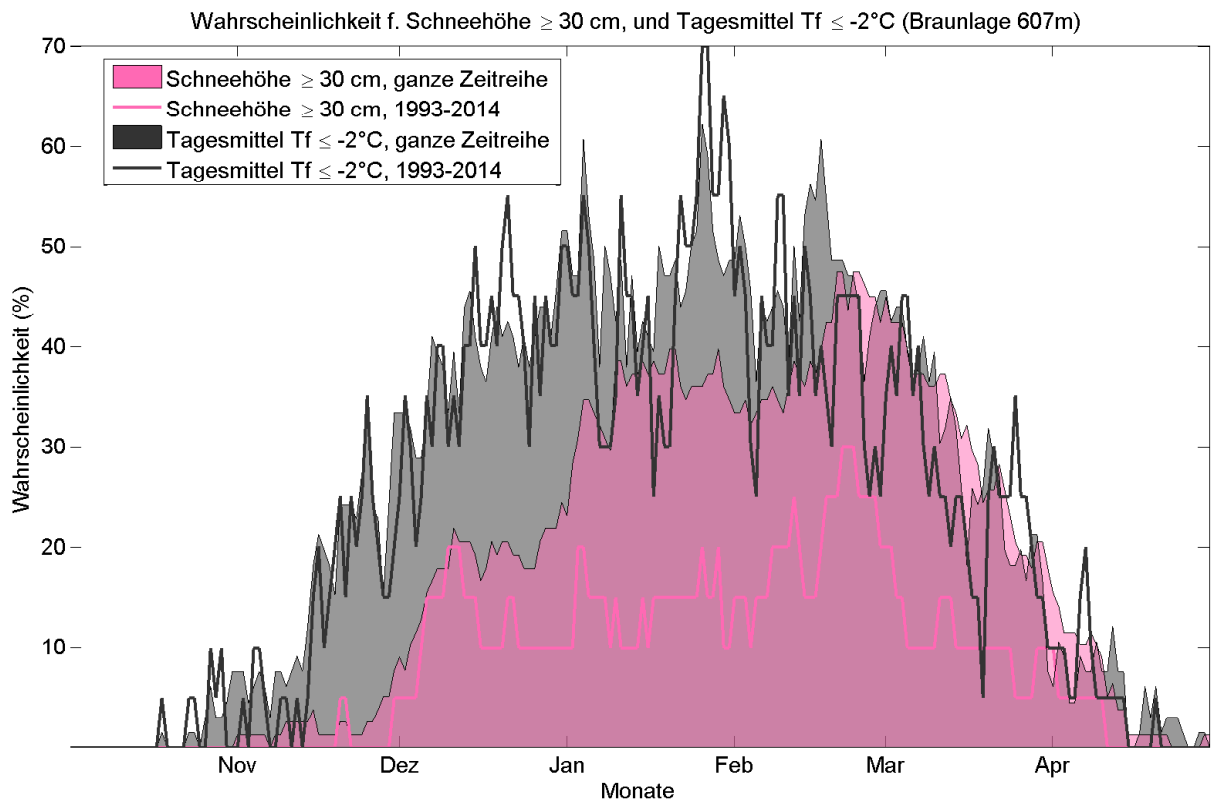


Abbildung 4.2: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchtttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Beschneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (T_f ab 1948, Schnee ab 1936).

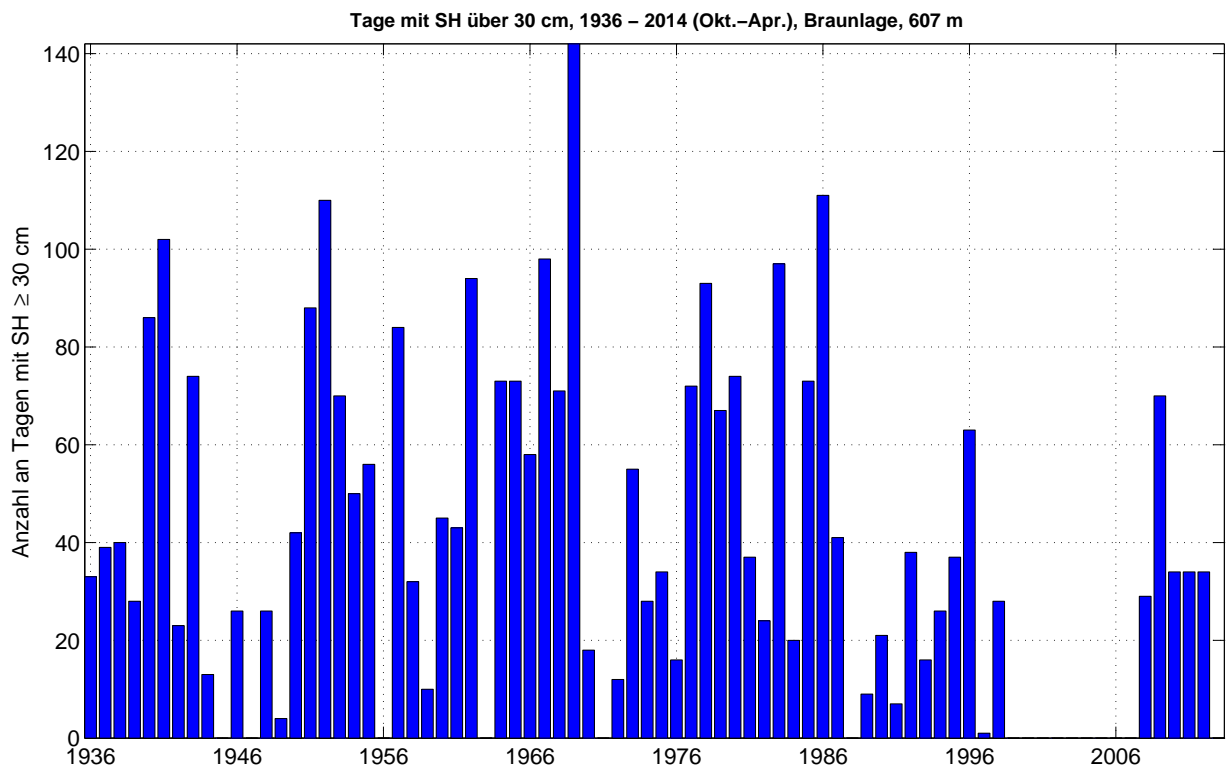


Abbildung 4.3: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1936-2014

4.5.2 Langzeitanalyse - Trends und Klima

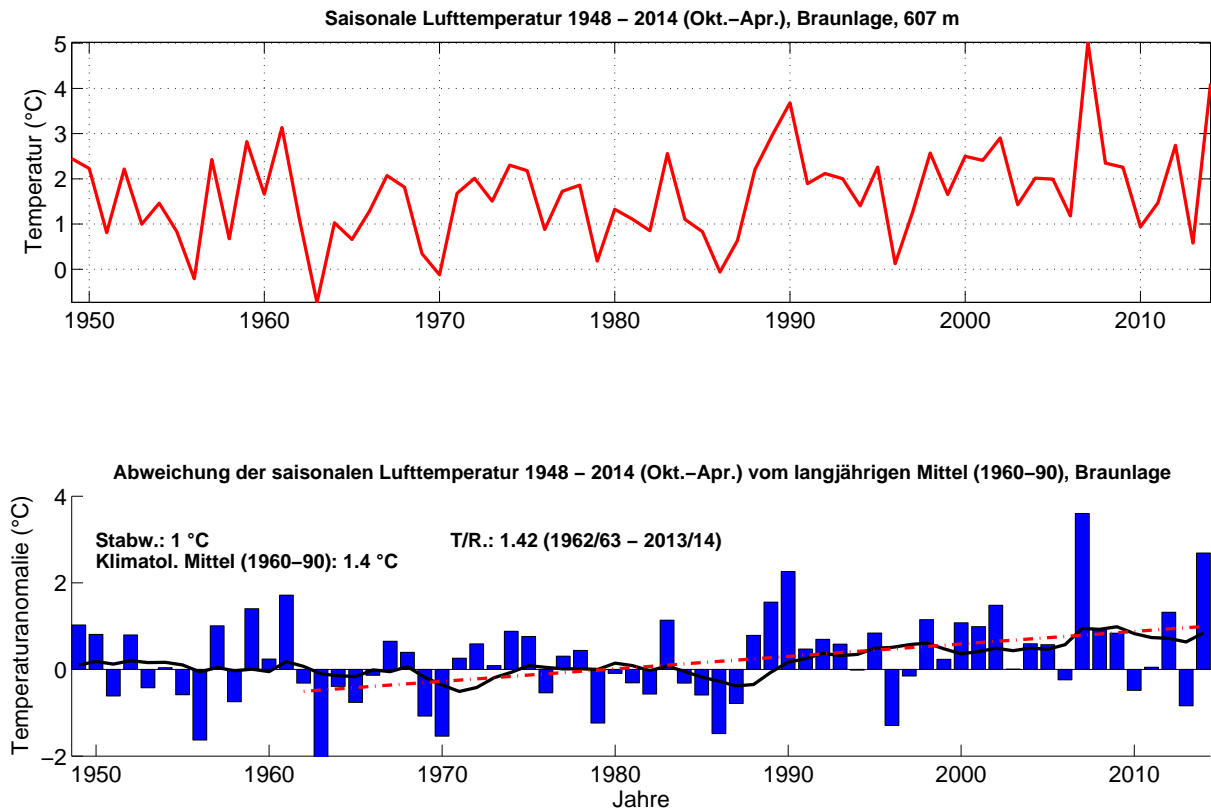


Abbildung 4.4: Langzeitanalyse der saisonalen Lufttemperatur, Braunlage, Okt.-Apr. 1948-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

Die Lufttemperatur steigt seit 1962 knapp unter dem für diese Studie definierten Signifikanzkriterium an. Seit 1988 gab es nur einzelne Jahre mit leicht unterdurchschnittlichen Temperaturen. Deutlich zu warme Jahre häufen sich, wobei 2006/07 als Extremsaison hervorsteicht. Siehe Abb. 4.4.

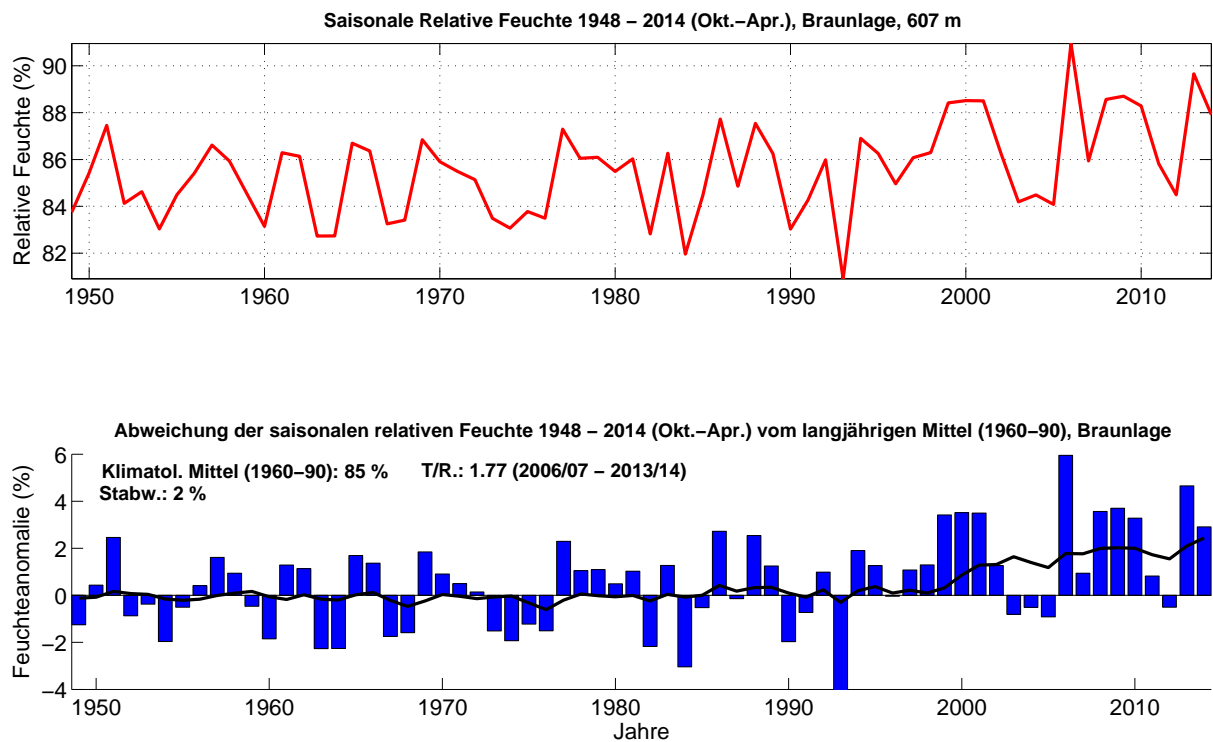


Abbildung 4.5: Langzeitanalyse der saisonalen relativen Feuchte, Braunlage, Okt.-Apr. 1948-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

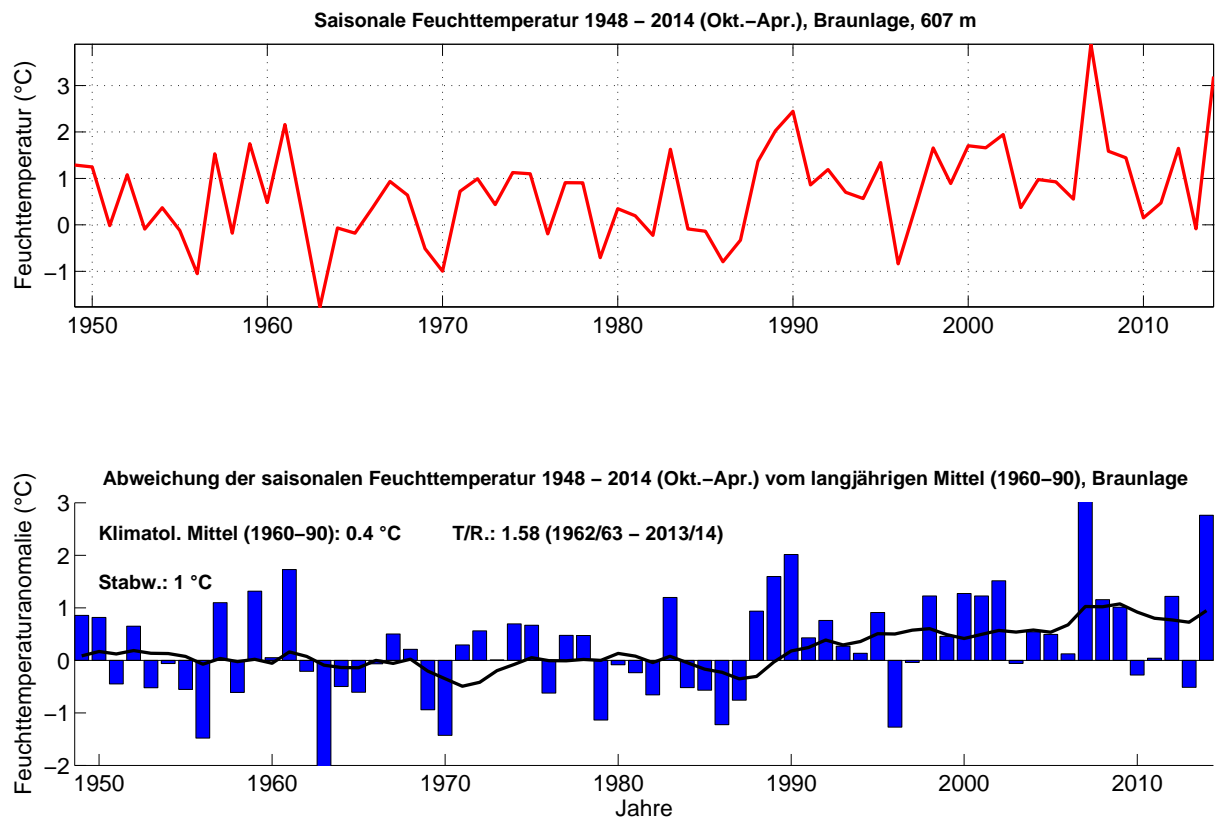


Abbildung 4.6: Langzeitanalyse der saisonalen Feuchttemperatur, Braunlage, Okt.-Apr. 1948-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

Die Feuchttemperatur zeigt ähnliche Schwankungen wie die Lufttemperatur und steigt seit 1962 knapp unter dem Signifikanzniveau an. Siehe Abb. 4.6.

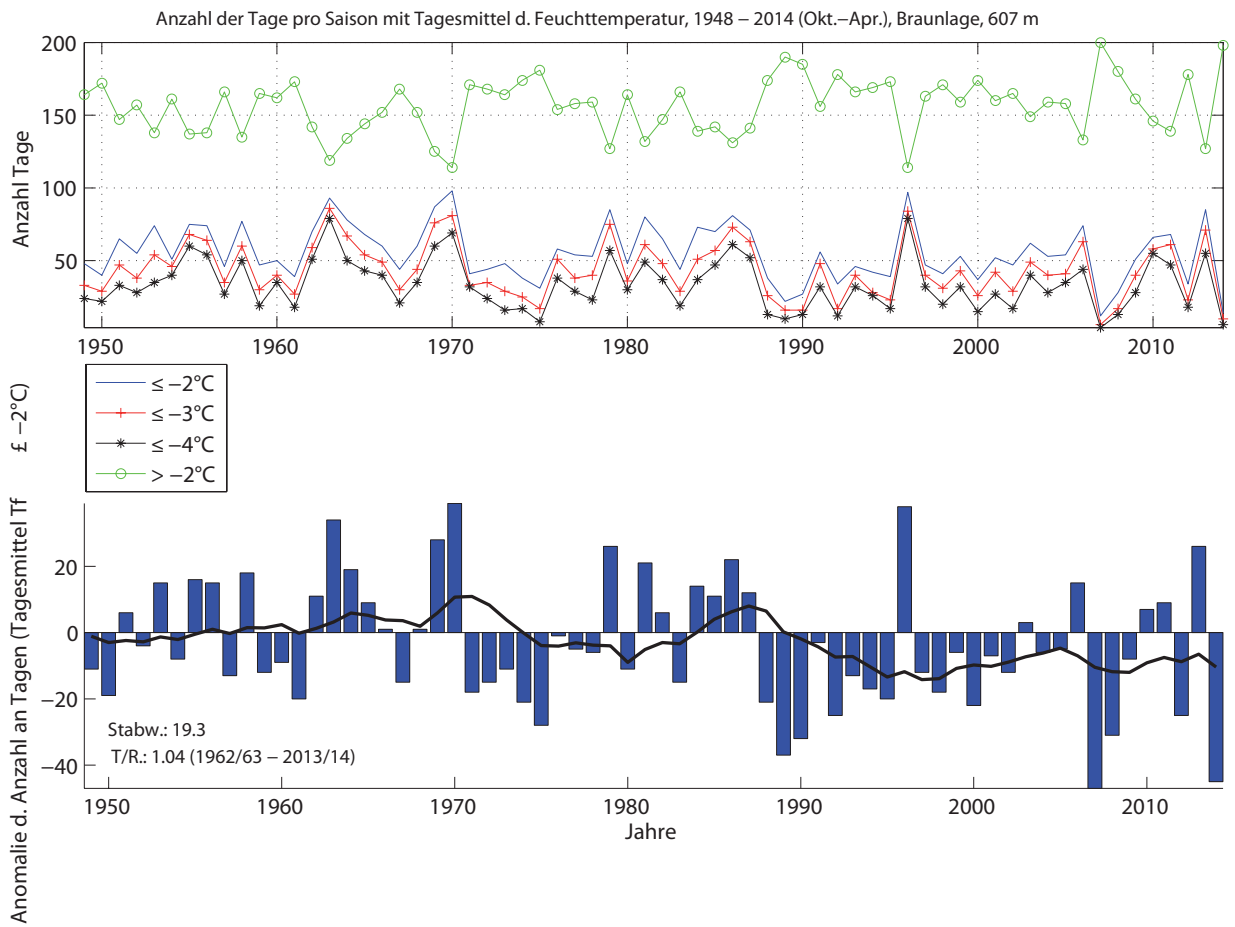


Abbildung 4.7: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchtttemperatur von -2°C , -3°C und -4°C , bzw. Überschreitung von -2°C , Periode 1948-2014, Braunlage.

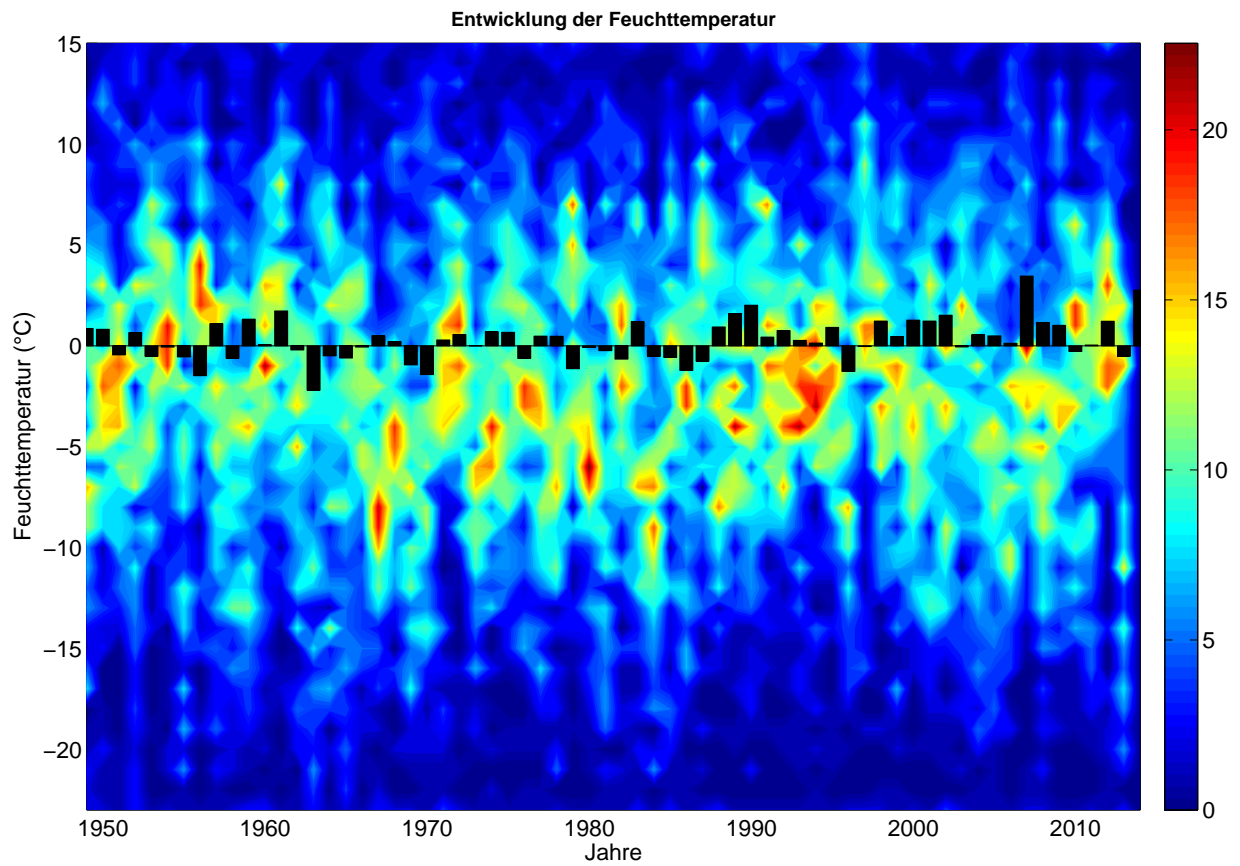


Abbildung 4.8: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1948-2014, Braunlage. Die schwarzen Balken zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel (1960-90).

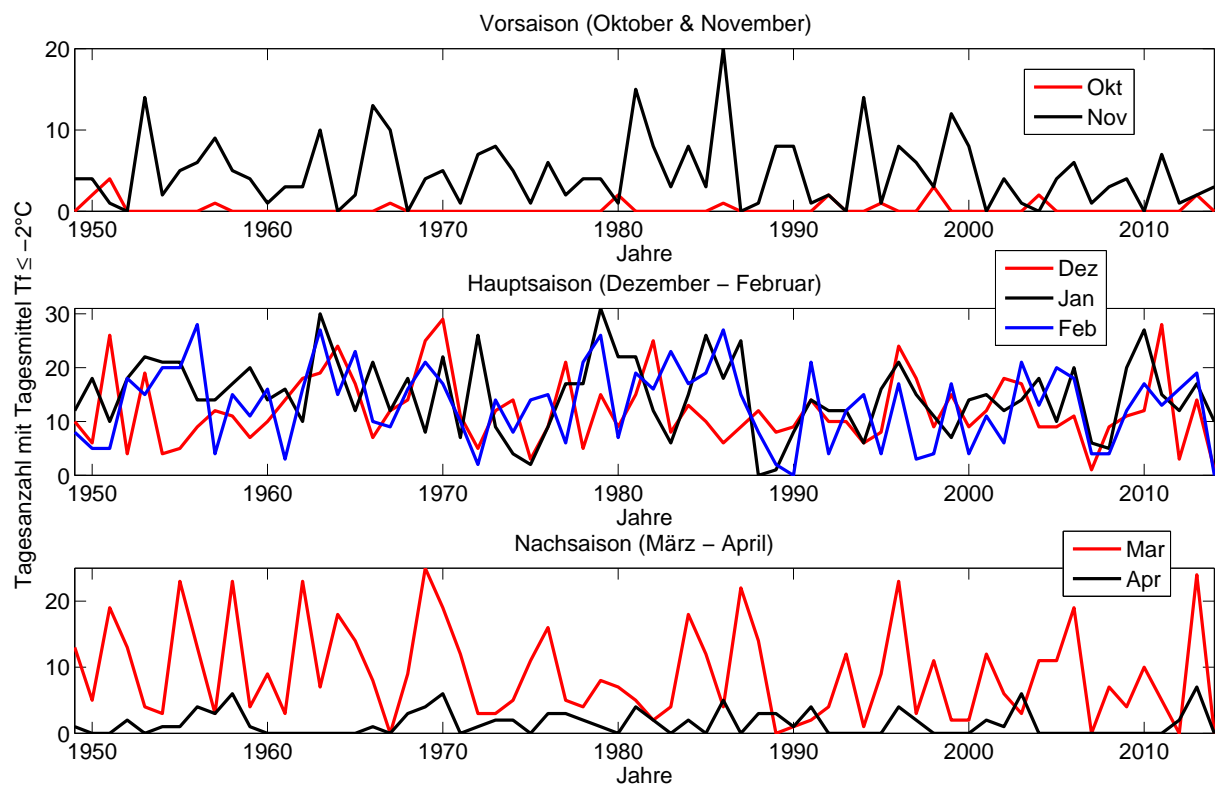


Abbildung 4.9: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Schneitagen pro Saison, nach Monaten.

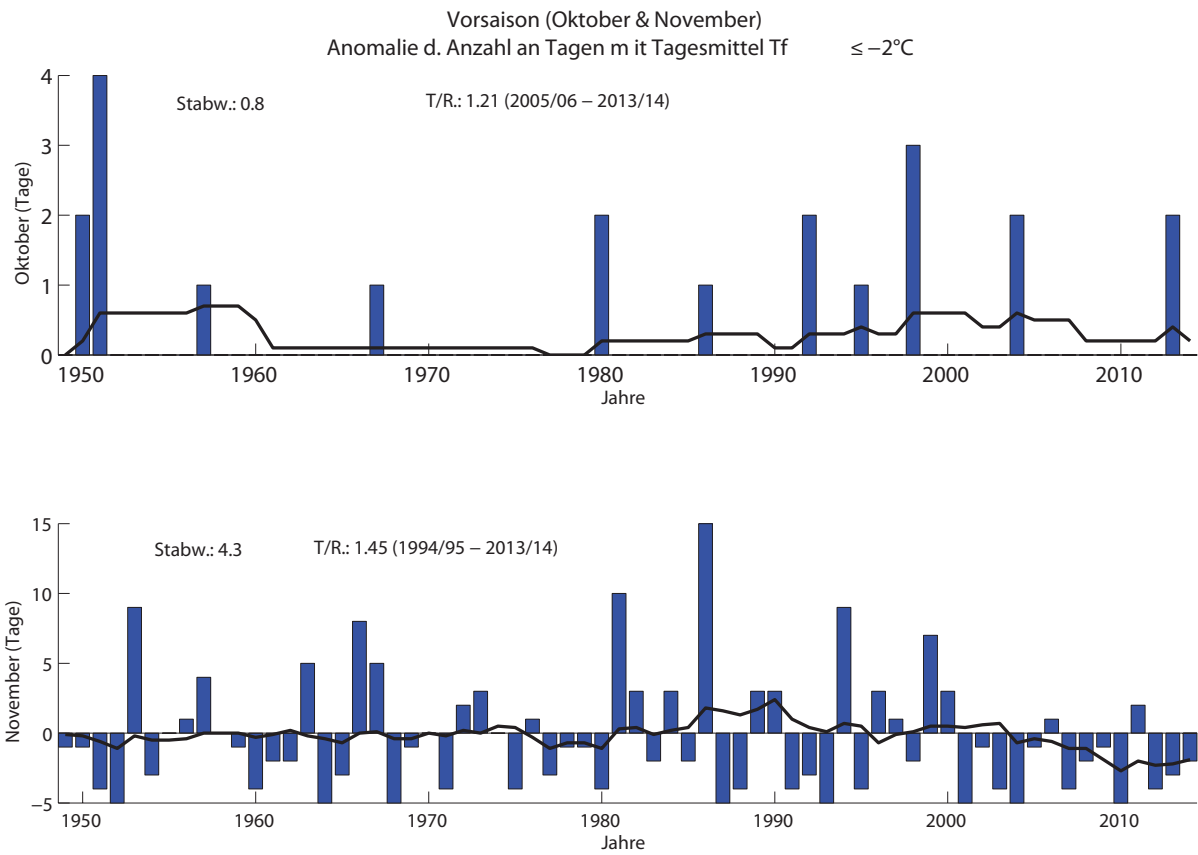


Abbildung 4.10: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Oktober und November (Vorsaison).

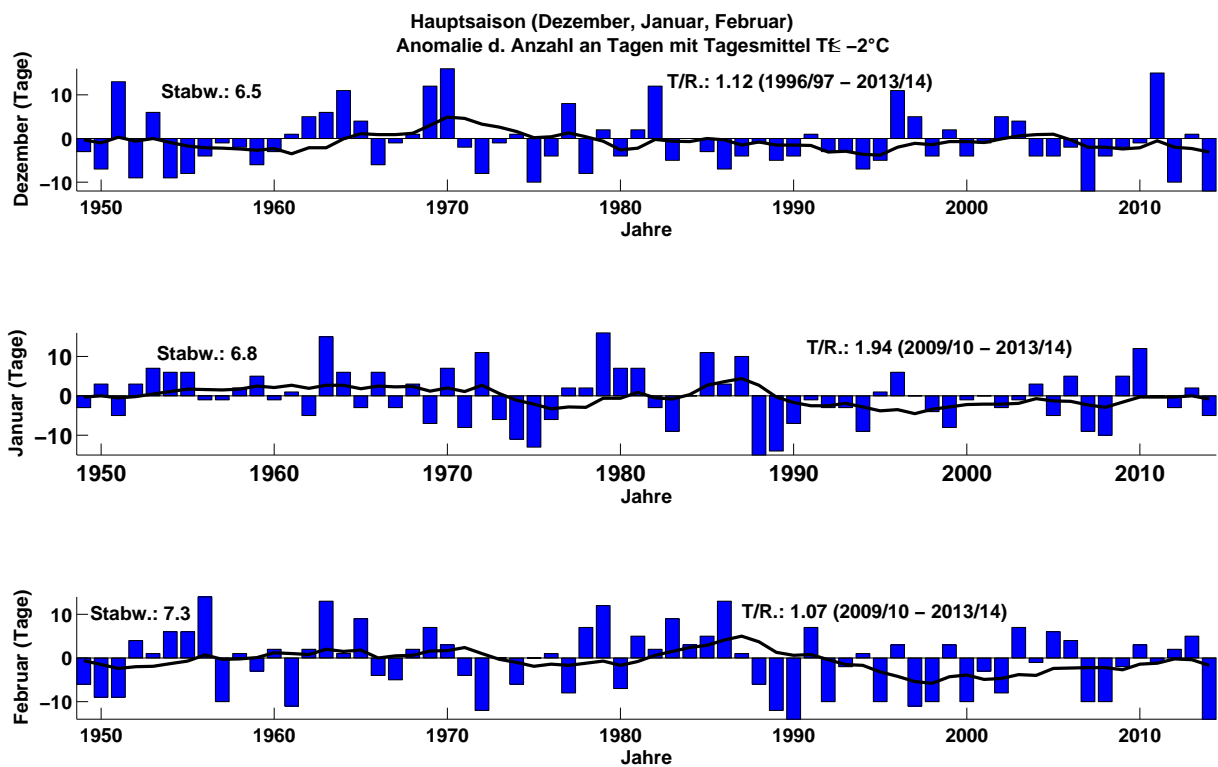


Abbildung 4.11: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Dezember, Januar und Februar (Hauptsaison).

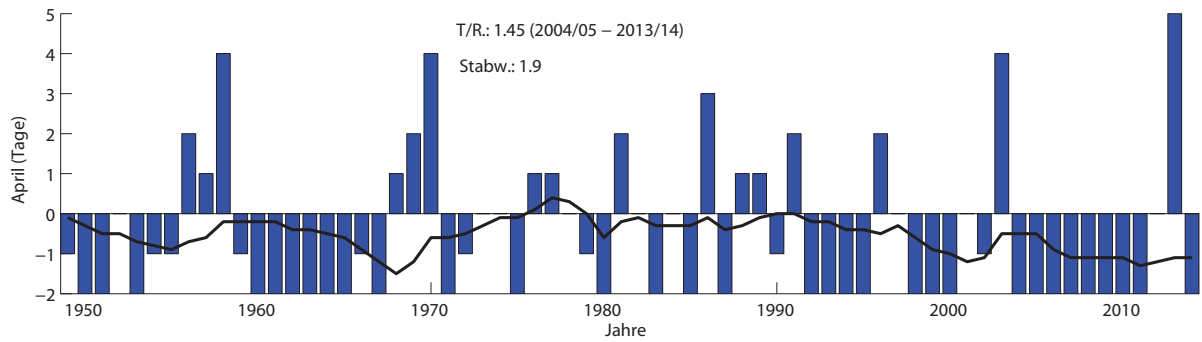
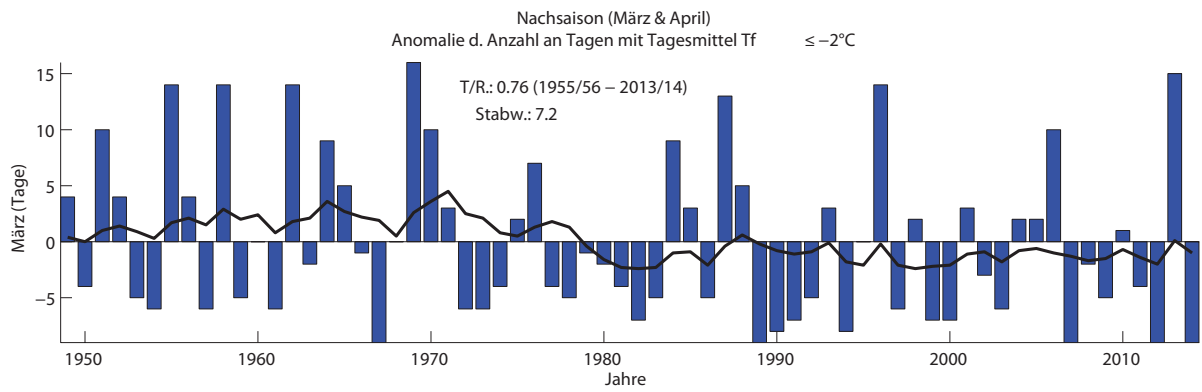


Abbildung 4.12: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt n Monate: März und April (Nachsaison).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1948 – 2014) ,Braunlage 607 m

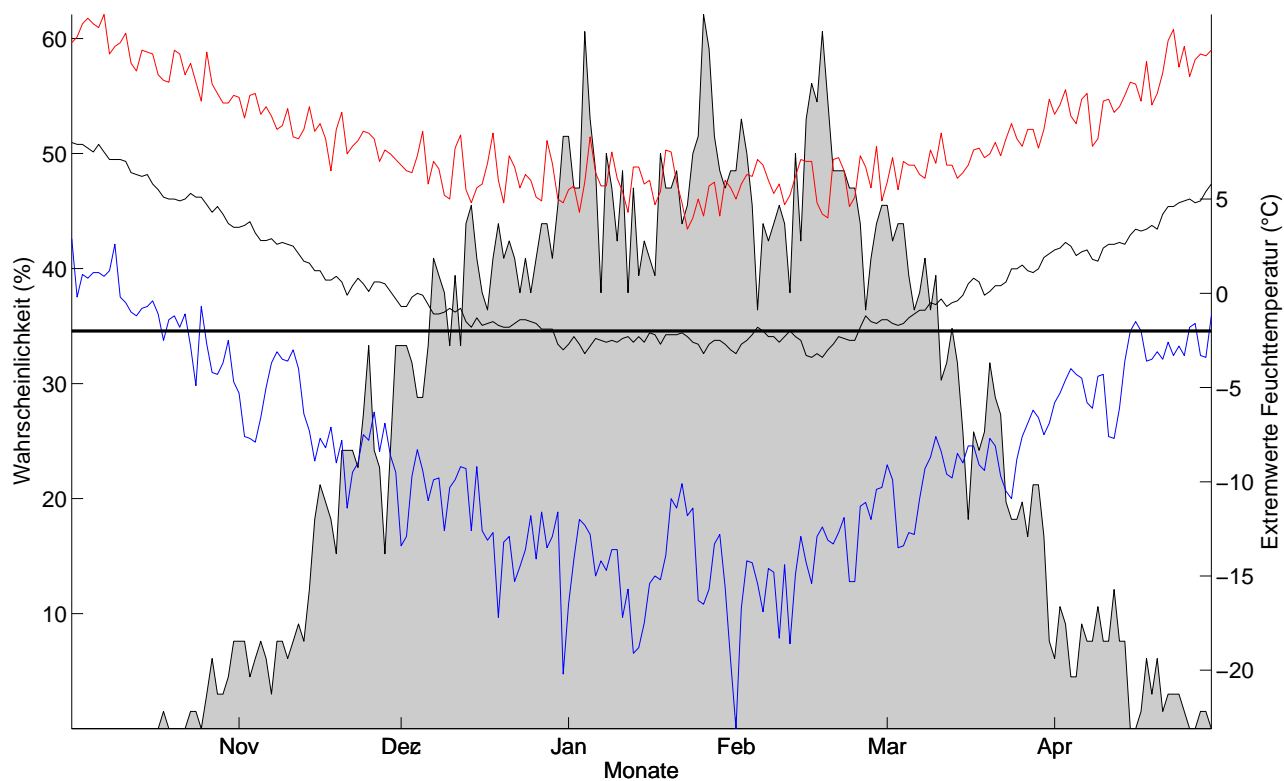


Abbildung 4.13: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Braunlage, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1948-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), Braunlage 607 m

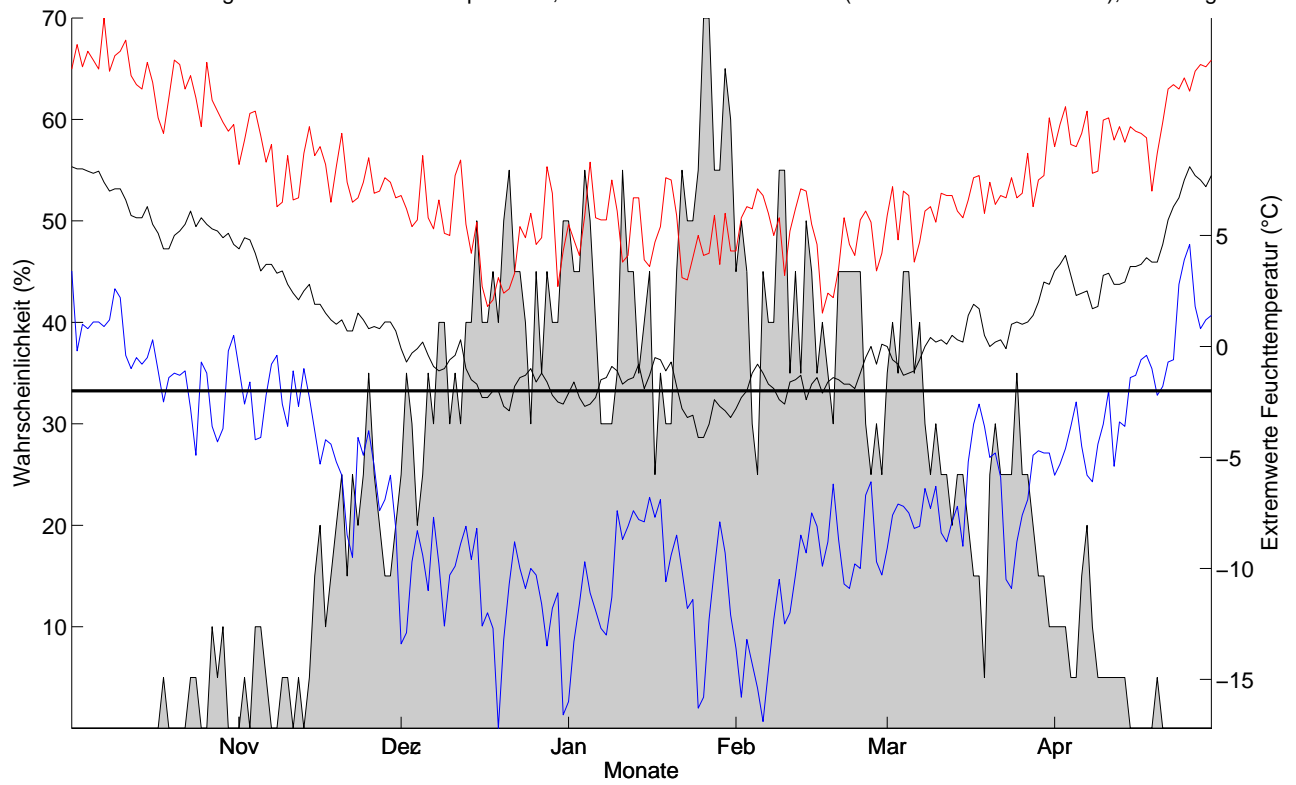


Abbildung 4.14: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Braunlage, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

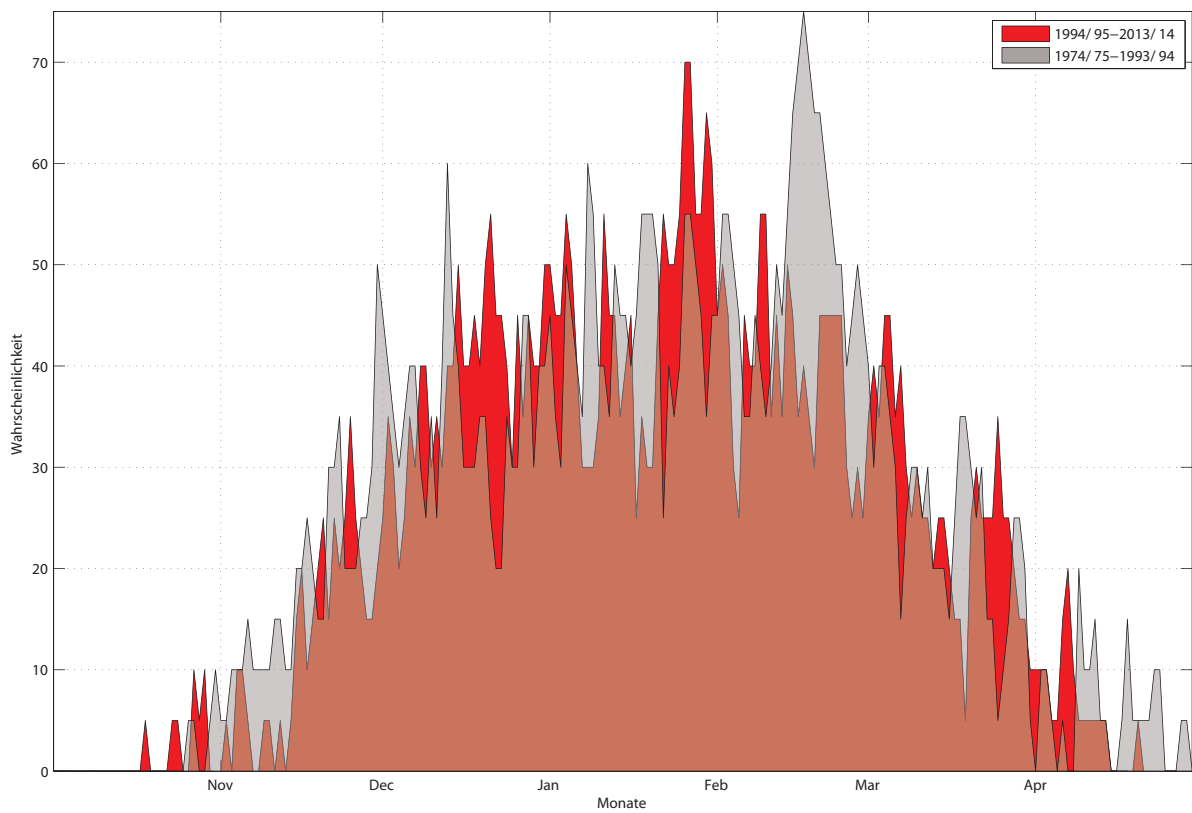


Abbildung 4.15: Vergleich Beschneigungswahrscheinlichkeit (Tagesmittelwert $T_f \leq -2^\circ\text{C}$) der letzten 20 Jahre mit den 20 Jahren davor für alle Tage der Saison (1.10.-30.4.).

Im Mittel über die gesamte Saison gesehen, ist die Wahrscheinlichkeit, Beschneien zu können, in den letzten 20 Jahren im Vergleich zu den 20 Jahren davor von 25% auf 24% gesunken. Siehe Abb. 4.15.

Beschneitage Braunlage pro Saison und Monat

Mittelwert	0	5	12	15	13	9	1
SD	1	4	6	7	7	7	2
Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
1948/49	0	4	10	12	8	13	1
1949/50	2	4	6	18	5	5	0
1950/51	4	1	26	10	5	19	0
1951/52	0	0	4	18	18	13	2
1952/53	0	14	19	22	15	4	0
1953/54	0	2	4	21	20	3	1
1954/55	0	5	5	21	20	23	1
1955/56	0	6	9	14	28	13	4
1956/57	1	9	12	14	4	3	3
1957/58	0	5	11	17	15	23	6
1958/59	0	4	7	20	11	4	1
1959/60	0	1	10	14	16	9	0
1960/61	0	3	14	16	3	3	0
1961/62	0	3	18	10	16	23	0
1962/63	0	10	19	30	27	7	0
1963/64	0	0	24	21	15	18	0
1964/65	0	2	17	12	23	14	0
1965/66	0	13	7	21	10	8	1
1966/67	1	10	12	12	9	0	0
1967/68	0	0	14	18	16	9	3
1968/69	0	4	25	8	21	25	4
1969/70	0	5	29	22	17	19	6
1970/71	0	1	11	7	10	12	0
1971/72	0	7	5	26	2	3	1
1972/73	0	8	12	9	14	3	2
1973/74	0	5	14	4	8	5	2
1974/75	0	1	3	2	14	11	0
1975/76	0	6	9	9	15	16	3
1976/77	0	2	21	17	6	5	3
1977/78	0	4	5	17	21	4	2

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

1978/79	0	4	15	31	26	8	1
1979/80	2	1	9	22	7	7	0
1980/81	0	15	15	22	19	5	4
1981/82	0	8	25	12	16	2	2
1982/83	0	3	8	6	23	4	0
1983/84	0	8	13	15	17	18	2
1984/85	0	3	10	26	19	12	0
1985/86	1	20	6	18	27	4	5
1986/87	0	0	9	25	15	22	0
1987/88	0	1	12	0	8	14	3
1988/89	0	8	8	1	2	0	3
1989/90	0	8	9	8	0	1	1
1990/91	0	1	14	14	21	2	4
1991/92	2	2	10	12	4	4	0
1992/93	0	0	10	12	12	12	0
1993/94	0	14	6	6	15	1	0
1994/95	1	1	8	16	4	9	0
1995/96	0	8	24	21	17	23	4
1996/97	0	6	18	15	3	3	2
1997/98	3	3	9	11	4	11	0
1998/99	0	12	15	7	17	2	0
1999/00	0	8	9	14	4	2	0
2000/01	0	0	12	15	11	12	2
2001/02	0	4	18	12	6	6	1
2002/03	0	1	17	14	21	3	6
2003/04	2	0	9	18	13	11	0
2004/05	0	4	9	10	20	11	0
2005/06	0	6	11	20	18	19	0
2006/07	0	1	1	6	4	0	0
2007/08	0	3	9	5	4	7	0
2008/09	0	4	11	20	12	4	0
2009/10	0	0	12	27	17	10	0
2010/11	0	7	28	15	13	5	0

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

2011/12	0	1	3	12	16	0	2
2012/13	2	2	14	17	19	24	7
2013/14	0	3	1	10	0	0	0

Tabelle 4.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1948 - 2014, Braunlage.

4.5.3 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

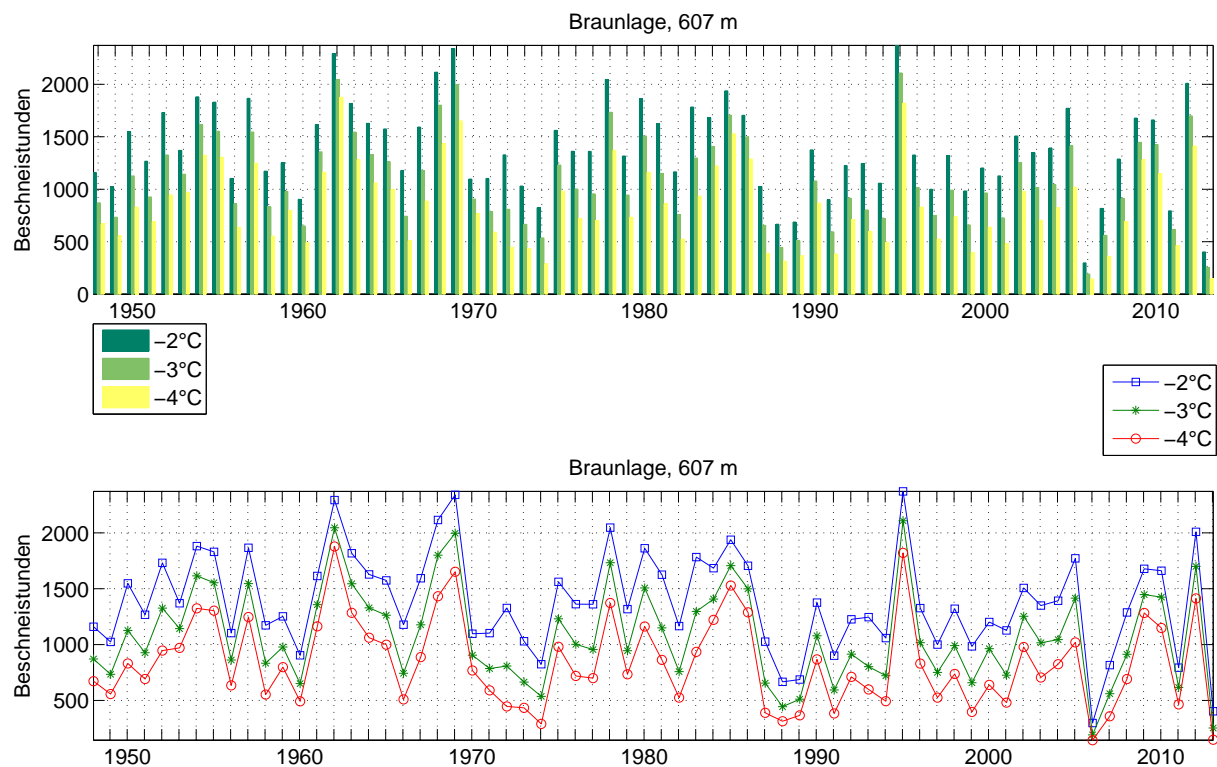
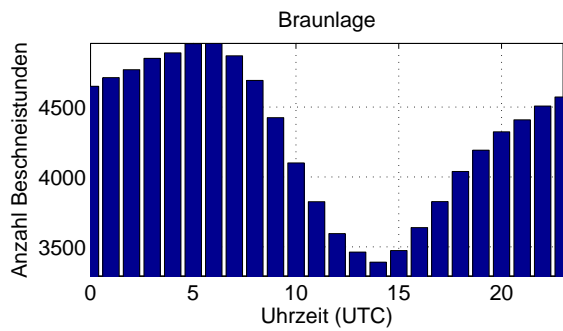
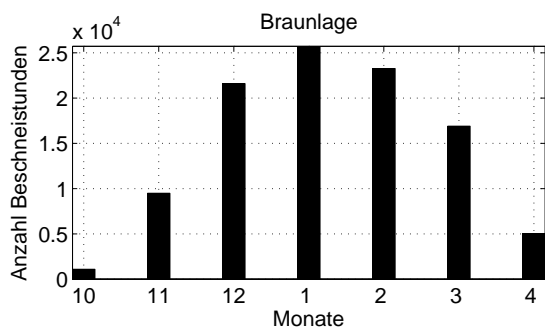
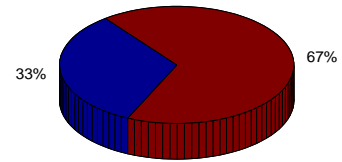


Abbildung 4.16: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 437 Stunden (ca. 18 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es in den letzten 65 Saisons (Okt.-Apr.) im Mittel 1387 potentielle Beschneistunden (ca. 58 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 437 Stunden (ca. 18 Tage). Siehe Abb 4.16.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

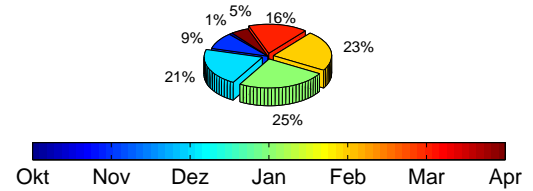


Abbildung 4.17: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

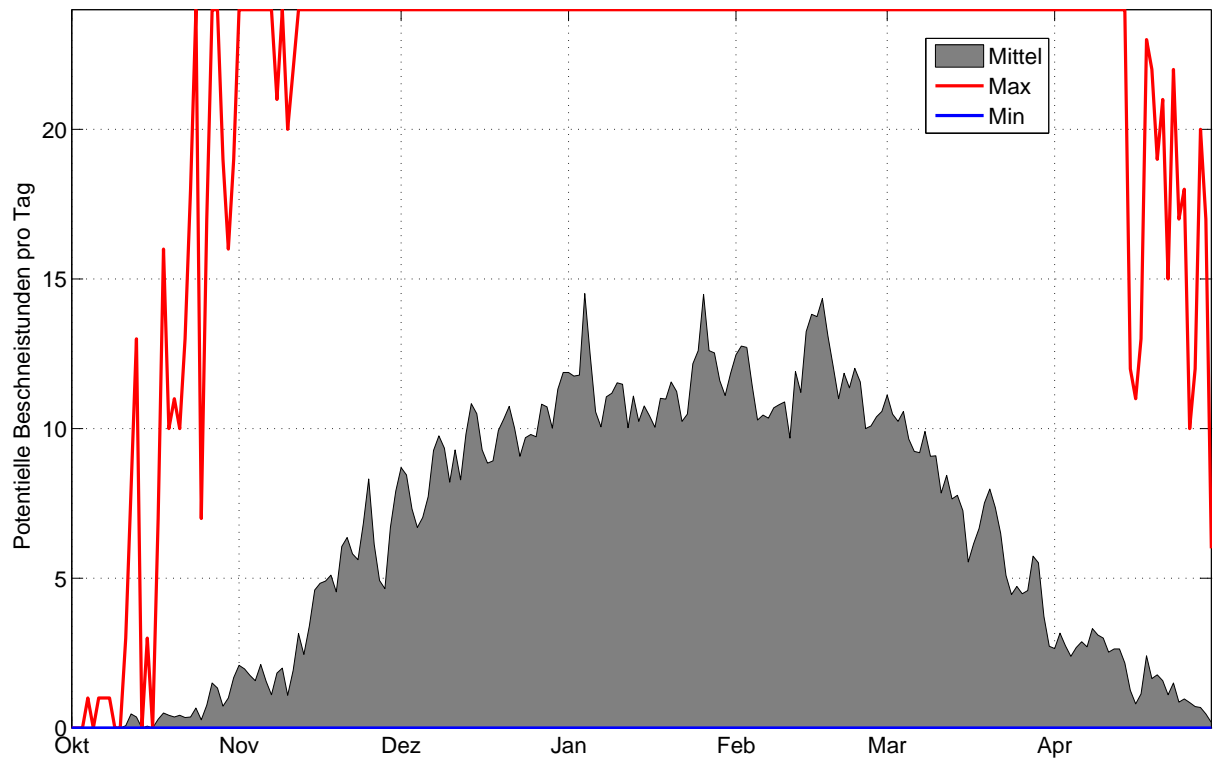


Abbildung 4.18: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1948-2014, Station Braunlage, 607 m.

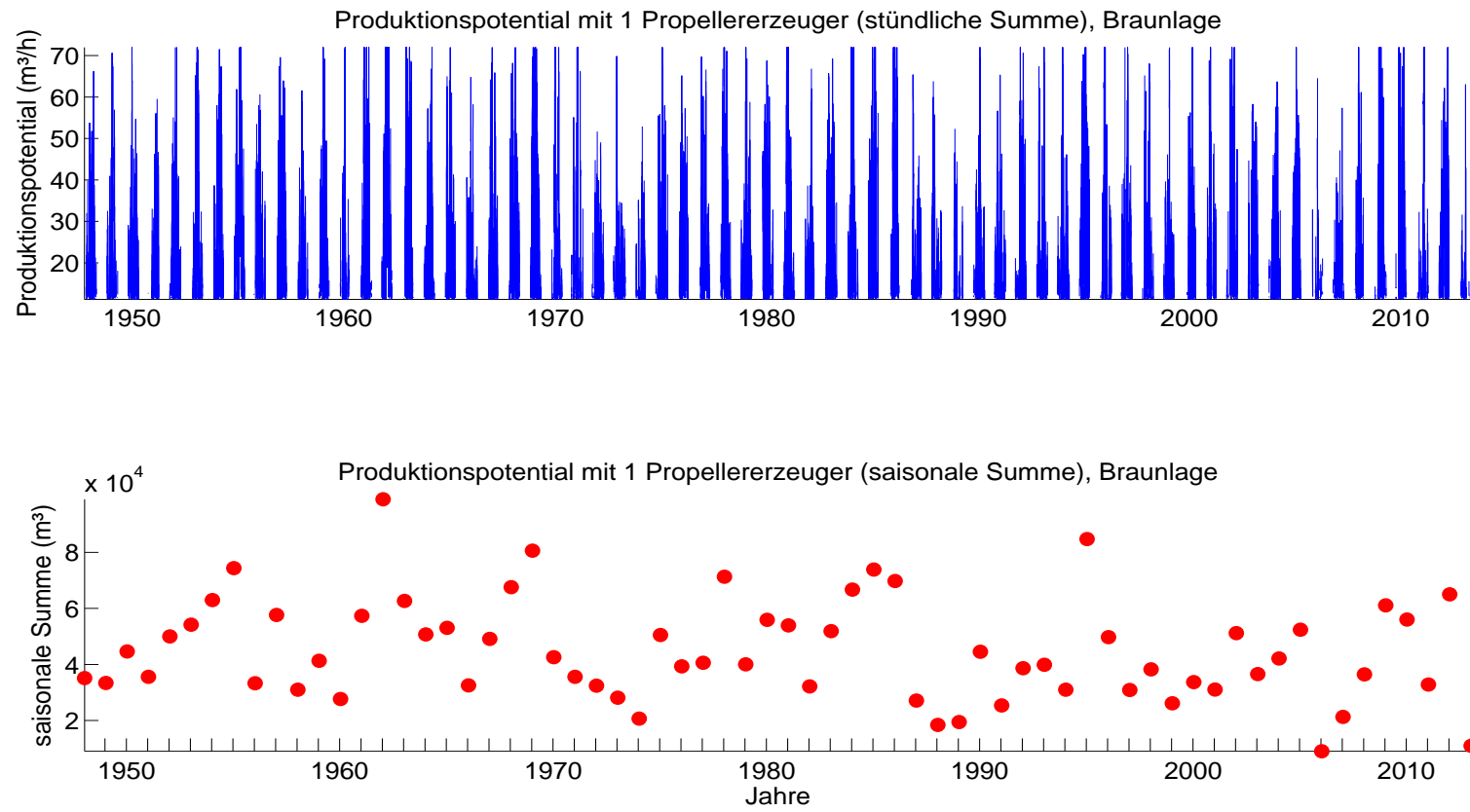


Abbildung 4.19: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

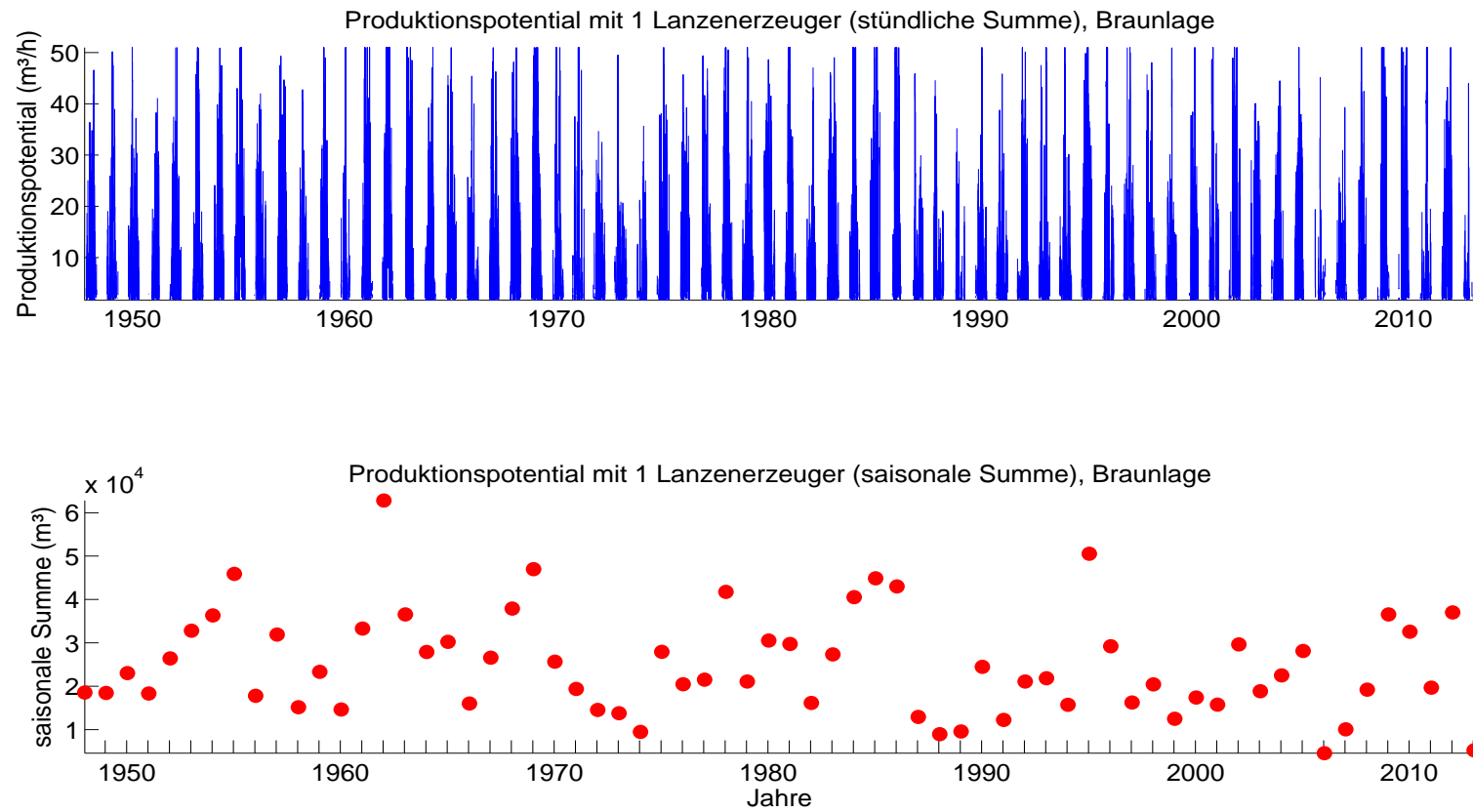


Abbildung 4.20: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 18039 m^3 (Propellergerät), bzw. 11702 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 50340 m^3 (Propellergerät), bzw. 43363 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 17 ha (Propellergerät), bzw. ca. 15 ha (Lanze) eine Grundbeschneung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 4.19 und 4.20.

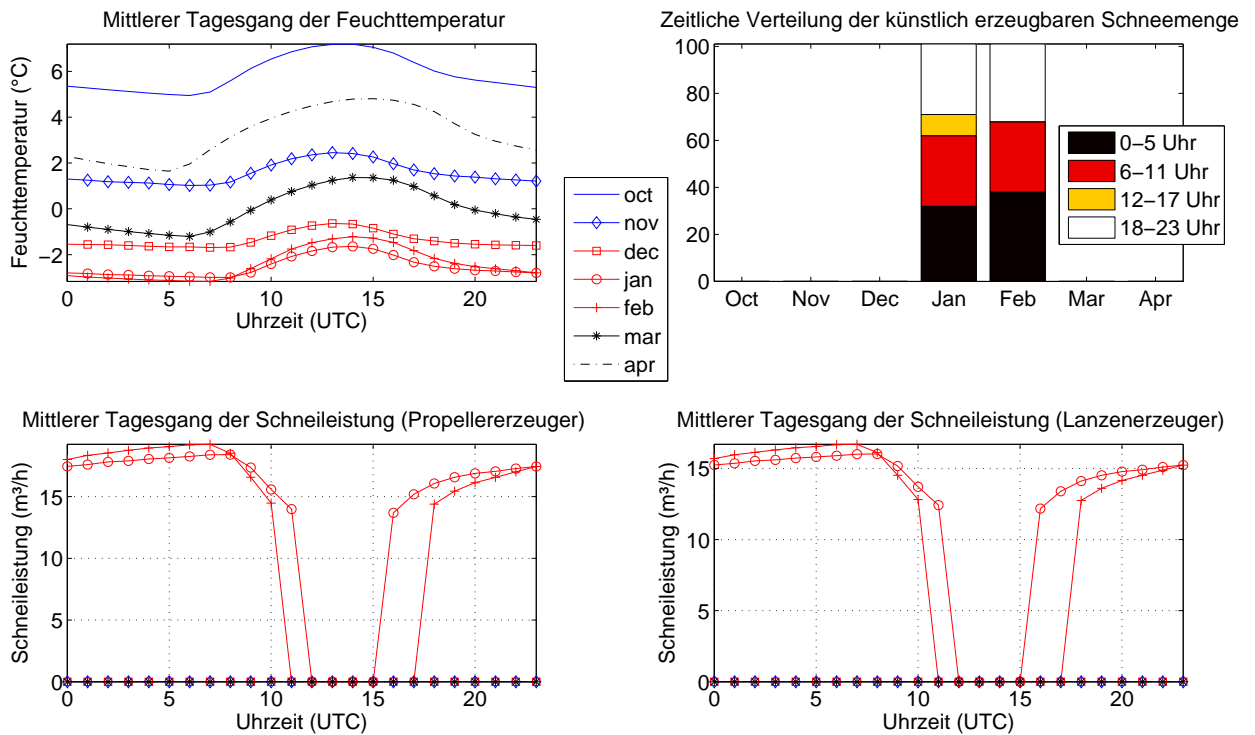


Abbildung 4.21: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1948-2014, Braunlage, 607 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

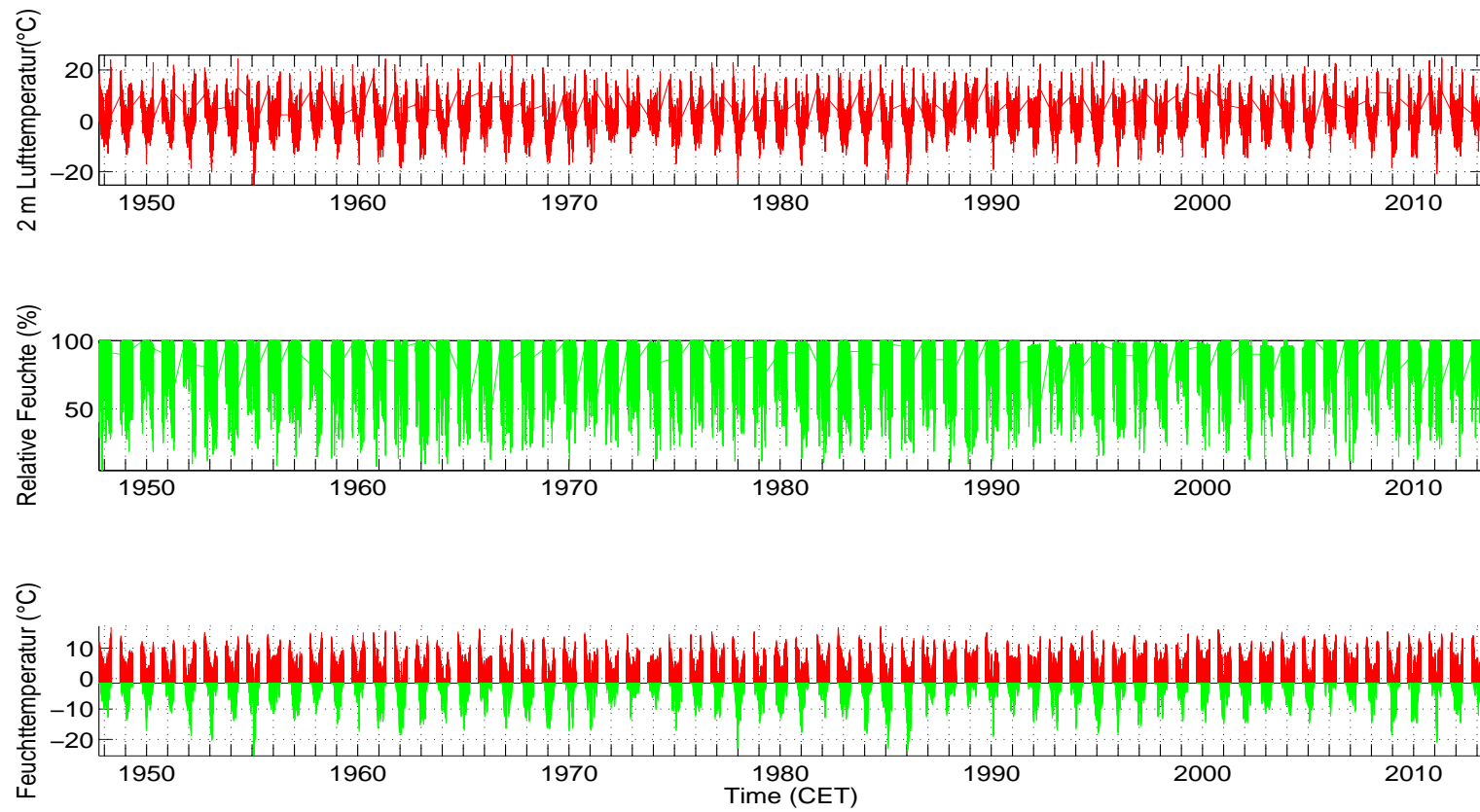


Abbildung 4.22: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Klimaparameter Braunlage									
	Klimaparameter (Saisonmittel, Braunlage)			Schneitage	Schneistunden mit versch. Grenztemp.				
	Lufttemp. (°C)	Rel. Feuchte (%)	Feuchttemp.(°C)		-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C	
Mittelwert	1,7	85,5	0,7	56	1562	1387	1077	836	
SD	1,0	2,0	1,0	19	439	437	424	394	
Saison									
1948/49	2,4	83,7	1,3	48	1358	1160	871	673	
1949/50	2,2	85,4	1,2	40	1180	1024	734	557	
1950/51	0,8	87,5	0,0	65	1796	1548	1127	831	
1951/52	2,2	84,1	1,1	55	1440	1267	927	692	
1952/53	1,0	84,6	-0,1	74	1932	1731	1327	946	
1953/54	1,5	83,0	0,4	51	1531	1370	1143	971	
1954/55	0,8	84,5	-0,1	75	2023	1881	1615	1324	
1955/56	-0,2	85,4	-1,1	74	1973	1830	1553	1304	
1956/57	2,4	86,6	1,5	46	1260	1103	862	635	
1957/58	0,7	85,9	-0,2	77	2031	1866	1545	1247	
1958/59	2,8	84,5	1,7	47	1362	1172	833	553	
1959/60	1,7	83,1	0,5	50	1395	1252	979	798	
1960/61	3,1	86,3	2,2	39	1063	904	651	492	
1961/62	1,1	86,1	0,2	70	1810	1614	1357	1163	
1962/63	-0,7	82,7	-1,8	93	2399	2293	2045	1877	
1963/64	1,0	82,7	-0,1	78	1961	1817	1544	1284	
1964/65	0,7	86,7	-0,2	68	1808	1628	1329	1062	
1965/66	1,3	86,4	0,4	60	1756	1574	1262	999	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

1966/67	2,1	83,3	0,9	44	1411	1178	743	510
1967/68	1,8	83,4	0,6	60	1813	1593	1177	888
1968/69	0,3	86,8	-0,5	87	2317	2115	1800	1433
1969/70	-0,1	85,9	-1,0	98	2522	2340	1996	1652
1970/71	1,7	85,5	0,7	41	1219	1097	906	768
1971/72	2,0	85,1	1,0	44	1297	1103	786	591
1972/73	1,5	83,5	0,4	48	1598	1328	809	447
1973/74	2,3	83,1	1,1	38	1236	1030	665	434
1974/75	2,2	83,8	1,1	31	996	825	537	290
1975/76	0,9	83,5	-0,2	58	1782	1561	1231	981
1976/77	1,7	87,3	0,9	54	1562	1362	1002	719
1977/78	1,9	86,0	0,9	53	1560	1361	956	700
1978/79	0,2	86,1	-0,7	85	2204	2046	1733	1372
1979/80	1,3	85,5	0,3	48	1555	1317	945	734
1980/81	1,1	86,0	0,2	80	2029	1862	1507	1162
1981/82	0,9	82,8	-0,2	65	1916	1625	1150	863
1982/83	2,6	86,3	1,6	44	1355	1166	758	525
1983/84	1,1	82,0	-0,1	73	2015	1783	1297	935
1984/85	0,8	84,5	-0,1	70	1863	1684	1408	1222
1985/86	-0,1	87,7	-0,8	81	2062	1938	1706	1528
1986/87	0,6	84,9	-0,3	71	1858	1705	1499	1289
1987/88	2,2	87,5	1,4	38	1235	1026	656	390
1988/89	3,0	86,2	2,0	22	816	667	445	314

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

1989/90	3,7	83,0	2,4	27	847	687	512	367
1990/91	1,9	84,3	0,9	56	1594	1375	1079	868
1991/92	2,1	86,0	1,2	34	1137	901	594	384
1992/93	2,0	80,9	0,7	46	1406	1226	915	712
1993/94	1,4	86,9	0,6	42	1434	1245	803	598
1994/95	2,3	86,3	1,3	39	1287	1058	722	494
1995/96	0,1	85,0	-0,8	97	2496	2371	2108	1820
1996/97	1,3	86,1	0,4	47	1525	1326	1017	830
1997/98	2,6	86,3	1,7	41	1202	1000	751	525
1998/99	1,7	88,4	0,9	53	1451	1321	991	738
1999/00	2,5	88,5	1,7	37	1185	984	659	398
2000/01	2,4	88,5	1,7	52	1357	1202	964	640
2001/02	2,9	86,3	1,9	47	1283	1127	726	481
2002/03	1,4	84,2	0,4	62	1628	1507	1254	978
2003/04	2,0	84,5	1,0	53	1474	1349	1016	706
2004/05	2,0	84,1	0,9	54	1592	1393	1045	824
2005/06	1,2	91,0	0,6	74	1964	1771	1415	1020
2006/07	5,0	85,9	3,9	12	376	298	192	145
2007/08	2,3	88,6	1,6	28	985	817	561	359
2008/09	2,3	88,7	1,4	51	1418	1288	913	692
2009/10	0,9	88,3	0,2	66	1782	1678	1447	1283
2010/11	1,5	85,8	0,5	68	1769	1661	1425	1148
2011/12	2,7	84,5	1,6	34	950	794	617	465

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

2012/13	0,6	89,7	-0,1	85	2154	2009	1700	1413
2013/14	4,1	87,9	3,2	14	501	403	254	149

Tabelle 4.2: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Braunlage)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	12	121	292	355	325	226	57
SD	22	98	150	155	164	158	48
Saison							
1948/49	1	105	230	258	204	337	28
1949/50	31	102	182	392	152	156	9
1950/51	91	40	609	213	166	400	30
1951/52	0	0	74	443	391	304	55
1952/53	2	321	416	484	359	131	18
1953/54	0	54	118	525	491	102	82
1954/55	0	114	146	523	490	525	83
1955/56	3	131	195	380	661	295	166
1956/57	19	214	283	318	124	76	69
1957/58	0	155	255	383	362	537	175
1958/59	0	87	166	477	291	131	20
1959/60	0	49	233	342	392	209	28
1960/61	0	50	328	384	78	59	5
1961/62	0	75	393	201	390	548	8
1962/63	8	247	474	712	639	186	28
1963/64	0	0	576	462	325	434	20
1964/65	4	85	388	264	542	337	8
1965/66	5	356	218	520	232	219	33
1966/67	21	291	311	276	206	23	50
1967/68	0	74	379	450	365	204	124
1968/69	0	100	589	206	521	585	124
1969/70	0	144	680	517	422	417	162
1970/71	0	19	286	236	210	329	21
1971/72	8	190	108	621	74	87	23
1972/73	11	175	253	276	367	159	87
1973/74	15	162	340	108	199	147	59
1974/75	0	27	69	52	346	255	76
1975/76	5	145	201	288	381	440	101
1976/77	0	56	516	382	151	126	131

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneistunden – Fortsetzung

1977/78	0	98	143	395	510	124	91
1978/79	0	125	382	707	596	216	25
1979/80	54	89	191	528	197	205	54
1980/81	2	354	343	503	472	90	98
1981/82	2	149	592	339	378	84	81
1982/83	0	70	236	168	544	145	4
1983/84	16	189	301	378	398	410	91
1984/85	0	84	227	601	461	255	57
1985/86	30	446	144	421	661	132	104
1986/87	0	21	217	577	371	513	7
1987/88	0	37	310	42	220	321	97
1988/89	2	199	173	86	104	25	80
1989/90	0	191	219	160	24	40	53
1990/91	10	56	324	330	491	67	97
1991/92	85	46	265	253	139	87	26
1992/93	28	29	230	274	345	295	25
1993/94	23	347	179	173	382	103	38
1994/95	43	31	208	401	97	254	24
1995/96	4	179	587	518	438	519	126
1996/97	0	160	448	383	113	86	136
1997/98	97	96	198	255	120	216	18
1998/99	1	291	361	175	407	73	13
1999/00	19	187	227	319	137	70	25
2000/01	0	0	260	304	292	284	62
2001/02	0	89	397	320	131	143	48
2002/03	9	33	397	340	489	94	146
2003/04	56	24	266	401	331	270	2
2004/05	6	102	233	241	487	290	34
2005/06	0	138	261	494	425	458	18
2006/07	0	22	38	122	89	21	11
2007/08	3	84	258	128	150	197	2
2008/09	1	135	269	522	304	65	0
2009/10	3	0	330	659	414	258	14

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneistunden – Fortsetzung

2010/11	8	149	647	351	328	178	0
2011/12	0	42	57	231	392	20	52
2012/13	45	64	315	403	465	571	151
2013/14	0	87	48	260	7	2	0

Tabelle 4.3: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C).

Monatssummen der pot. Schneileistung, Propeller (m³)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	543	4053	10373	13567	12125	7569	2109
SD	668	2960	5637	7047	7398	5217	1377
Saison							
1948/49	875	3469	8213	8037	7040	12538	844
1949/50	972	3612	5711	17838	5437	5027	1208
1950/51	2628	1883	20072	7113	6641	11924	1730
1951/52	210	362	3614	13103	11502	10616	1845
1952/53	604	9124	13380	14713	13289	4367	651
1953/54	0	1595	3826	24520	22523	3965	3286
1954/55	62	3963	4578	18130	20416	17746	2875
1955/56	624	4088	6813	14094	39097	10156	4807
1956/57	975	7671	9333	11465	3776	2565	2428
1957/58	33	4211	9924	13616	11190	18770	5171
1958/59	41	2660	5507	13861	8603	3285	877
1959/60	204	2390	8283	14925	12718	6168	1801
1960/61	29	1349	10029	16207	2431	2208	352
1961/62	2	3085	17909	9715	13626	17657	1199
1962/63	363	6903	22181	38459	27121	6325	1463
1963/64	83	352	20651	15452	13408	16077	1414
1964/65	464	2800	12219	9153	18619	12113	767
1965/66	329	12721	6992	22832	7524	6561	1090
1966/67	686	7939	8866	10489	8049	2501	2717
1967/68	10	2696	11994	18070	11526	7181	3386
1968/69	66	4933	19306	7999	19555	17162	3889
1969/70	0	4404	26695	19444	17570	12366	5034
1970/71	92	1012	11638	11539	8913	14628	1197
1971/72	695	5881	3922	21298	4239	4434	1121
1972/73	872	4914	7678	8494	9717	4565	4021
1973/74	972	5820	11959	3878	5736	4280	1873
1974/75	513	1904	3352	2267	10352	6467	3215
1975/76	565	5794	8515	12932	10845	15643	3506
1976/77	285	1897	16039	11307	6006	4075	4402

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Propeller – Fortsetzung

1977/78	1	4158	6015	11337	19097	3961	3204
1978/79	30	3485	15704	26844	20635	6843	1634
1979/80	1746	3589	5835	20255	6275	8061	2584
1980/81	206	10146	12583	16307	15181	2876	3096
1981/82	428	4784	20133	15354	12033	4122	2801
1982/83	14	2316	6837	4829	18186	4643	783
1983/84	699	5808	11526	11105	14273	12121	3243
1984/85	52	2335	8314	29008	22756	6640	1992
1985/86	1025	13421	5848	14729	33197	6277	4594
1986/87	103	784	8428	30782	12315	20741	558
1987/88	13	2025	10287	2584	6926	8651	2841
1988/89	287	6769	6167	3867	4054	1373	2453
1989/90	21	6252	7177	6153	2142	1389	2053
1990/91	520	2776	10258	10332	21103	2085	2889
1991/92	2362	2224	9119	9310	5118	3828	1241
1992/93	1541	2065	8829	11457	11756	9182	872
1993/94	1004	12474	5574	6072	17375	3031	1924
1994/95	1473	880	6819	14468	3897	8788	1406
1995/96	158	5783	21222	23509	18817	15470	4023
1996/97	76	4618	20911	18544	4763	2986	4398
1997/98	2965	4101	8179	8709	5488	6302	780
1998/99	308	9023	11385	6738	11917	2913	827
1999/00	682	5048	7831	10618	4434	2849	951
2000/01	0	379	7676	10321	9717	7921	2315
2001/02	0	2859	13158	9826	3940	4458	1743
2002/03	719	1389	14447	13860	17615	3404	4410
2003/04	2345	853	7671	13514	9353	7729	384
2004/05	292	3451	7707	8586	16041	10448	1208
2005/06	40	4167	8290	17218	12515	13283	1171
2006/07	0	898	1686	5026	2861	1271	583
2007/08	315	3552	7139	4503	4896	6212	696
2008/09	198	3653	8821	16806	9321	3106	6
2009/10	833	9	13306	26474	14993	8569	957

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Propeller – Fortsetzung

2010/11	438	5888	25159	11268	12141	5158	107
2011/12	307	1526	3324	9166	21398	1078	1902
2012/13	1328	1894	9574	16730	14897	19882	4201
2013/14	55	2705	2478	8241	1344	567	213

Tabelle 4.4: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der pot. Schneileistung, Lanze (m³)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	520	3619	8931	11474	10277	6599	1943
SD	607	2522	4591	5535	5866	4357	1211
Saison							
1948/49	838	3113	7166	7186	6198	10702	782
1949/50	875	3328	5168	14968	4836	4425	1281
1950/51	2358	1868	16868	6428	5997	10290	1710
1951/52	238	394	3359	11405	9978	9220	1631
1952/53	638	8036	11634	12621	11095	3921	638
1953/54	1	1461	3448	19693	18350	3664	3065
1954/55	66	3574	4182	15422	17179	15093	2655
1955/56	651	3700	5955	11847	29898	8797	4308
1956/57	901	6643	7974	9952	3445	2285	2201
1957/58	44	3691	8685	11738	9598	15983	4578
1958/59	55	2445	4960	11961	7461	2932	836
1959/60	229	2266	7195	12476	10951	5404	1722
1960/61	33	1234	8792	13721	2292	2026	354
1961/62	6	2853	14758	8422	11715	15012	1207
1962/63	354	6036	18136	30116	22544	5569	1384
1963/64	103	352	17399	13323	11335	13674	1361
1964/65	486	2580	10444	8156	15856	10291	780
1965/66	324	10891	6355	18950	6438	5837	1018
1966/67	631	7045	7898	9120	7049	2435	2563
1967/68	16	2532	10356	14817	10037	6364	3015
1968/69	74	4388	16397	7105	16508	14725	3471
1969/70	0	3882	22140	16347	14897	10713	4529
1970/71	110	996	9976	9801	7862	12298	1142
1971/72	675	5190	3490	17550	3848	3958	1058
1972/73	857	4397	6672	7572	8508	4169	3767
1973/74	960	5177	10368	3575	5107	3841	1723
1974/75	591	1900	3085	2155	8981	5714	2981
1975/76	556	5162	7564	10975	9390	13368	3177
1976/77	291	1792	13773	9821	5266	3530	3983

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Lanze – Fortsetzung

1977/78	2	3814	5364	9988	16098	3639	2900
1978/79	36	3082	12959	22024	17283	6162	1579
1979/80	1599	3373	5203	17124	5605	7110	2442
1980/81	231	8765	10827	14008	12979	2586	2793
1981/82	448	4309	16936	12558	10347	3861	2585
1982/83	23	2104	6178	4385	15446	4181	822
1983/84	653	5134	9904	9750	12262	10516	3006
1984/85	55	2112	7359	23424	18450	5920	1848
1985/86	964	11523	5094	12624	26964	5604	4048
1986/87	128	773	7376	23966	10593	17152	581
1987/88	25	1907	8832	2483	6235	7579	2578
1988/89	293	5877	5475	3616	3754	1355	2246
1989/90	24	5456	6282	5524	2051	1339	1890
1990/91	492	2624	8998	9012	17438	1924	2613
1991/92	2130	2122	8083	8139	4575	3557	1212
1992/93	1509	2012	7769	9685	10154	7963	827
1993/94	975	10635	5052	5478	14345	2810	1840
1994/95	1371	814	6000	12314	3525	7790	1331
1995/96	154	5116	17904	19253	15678	13272	3540
1996/97	76	4138	17181	15173	4281	2741	3956
1997/98	2651	3706	6977	7492	4645	5568	743
1998/99	316	7857	9804	5896	10270	2728	808
1999/00	639	4428	6935	9136	4058	2659	886
2000/01	1	421	6665	8995	8383	6923	2142
2001/02	0	2618	11321	8430	3540	4008	1600
2002/03	713	1308	12266	11660	14945	3100	3852
2003/04	2197	805	6804	11717	8084	6766	417
2004/05	271	3172	6880	7497	13729	8963	1128
2005/06	42	3738	7258	14671	10801	11386	1134
2006/07	0	826	1642	4353	2626	1232	557
2007/08	325	3323	6357	4035	4373	5487	722
2008/09	212	3251	7795	14357	8174	2935	11
2009/10	816	16	10995	22173	12780	7411	945

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Lanze – Fortsetzung

2010/11	431	5140	20991	9732	10284	4583	126
2011/12	309	1412	3192	8021	16666	1037	1757
2012/13	1192	1718	8276	14133	12813	16834	3650
2013/14	64	2500	2345	7207	1420	612	217

Tabelle 4.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

4.5.4 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

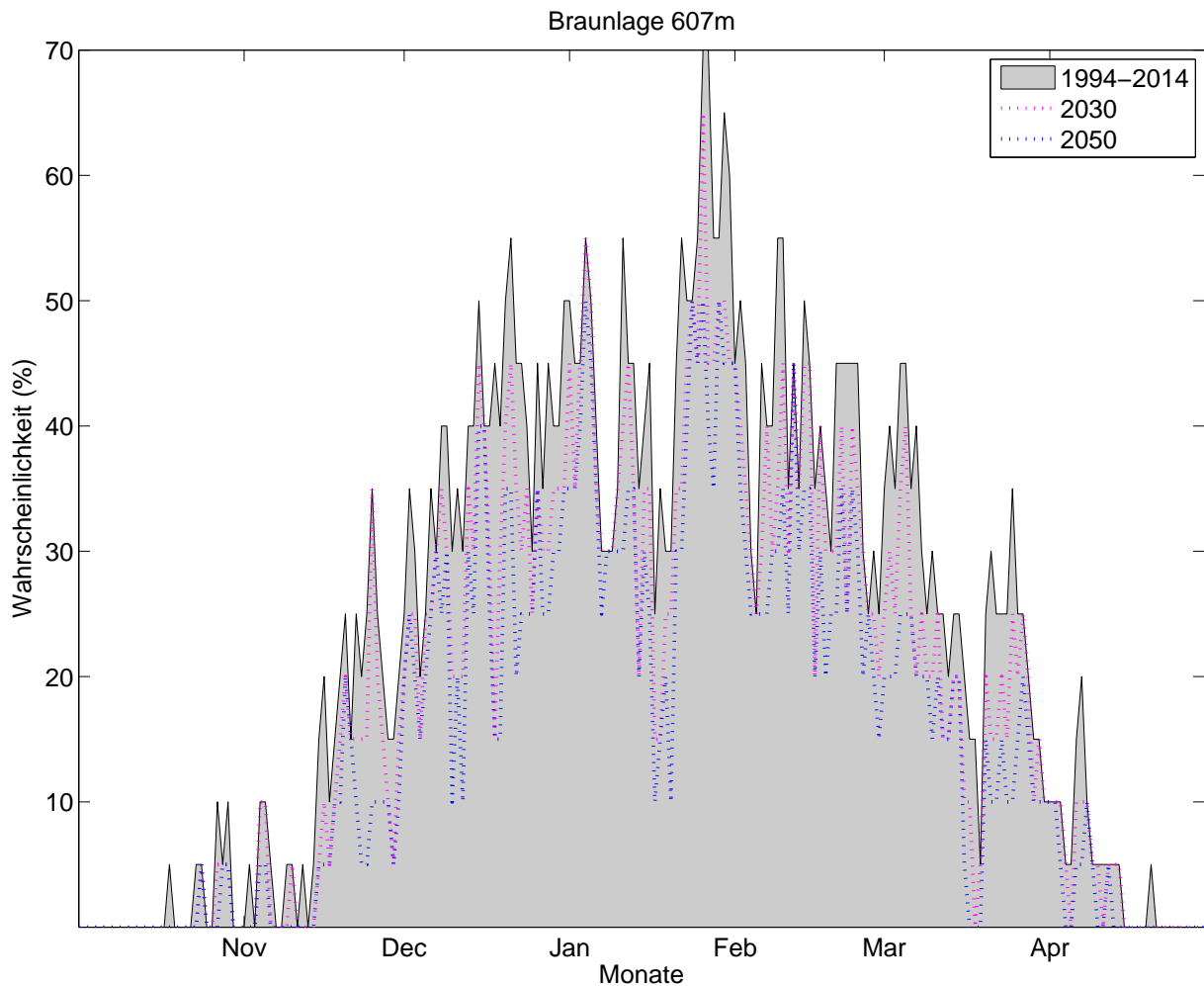


Abbildung 4.23: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Braunlage, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

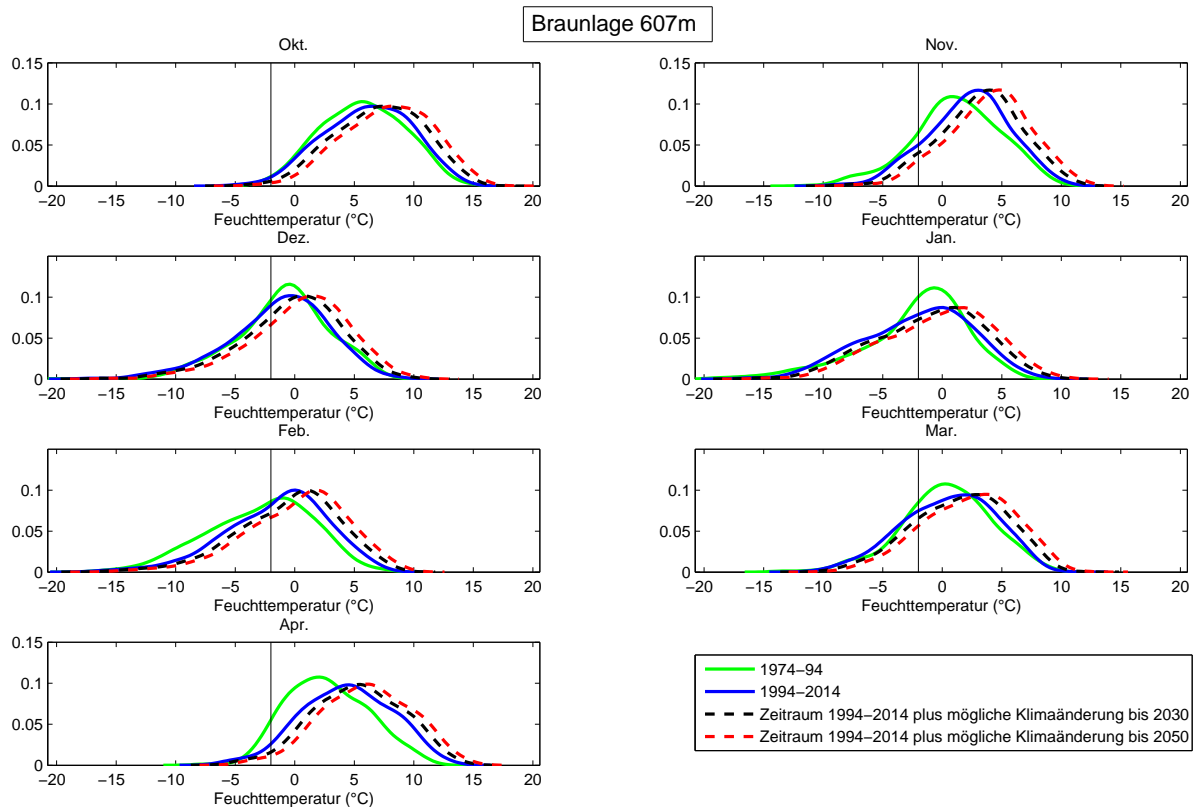


Abbildung 4.24: Häufigkeitsverteilung der Feuchtttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchtttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchtttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchtttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchttemperatur unter -2°C pro Monat, Braunlage.								
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	
Periode								
1974-1994	0,3	5,5	10,9	13,8	14,4	7,6	1,7	
1994-2014	0,4	3,7	11,9	14,3	11,2	8,1	1,2	
mit Klimaänderung bis 2030	0,2	2,5	9,3	11,9	9,5	6,0	0,9	
mit Klimaänderung bis 2050	0,2	1,6	7,9	10,5	8,0	4,6	0,6	
Abnahme bis 2050 in Tagen	0,3	2,2	4,1	3,8	3,2	3,6	0,7	
Abnahme bis 2050 in %	63	58	34	27	28	44	54	

Tabelle 4.6: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1974-94, 1994-2014 und 1994-2014 mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

4.6 Oberstdorf (810 m)

4.6.1 Naturschnee

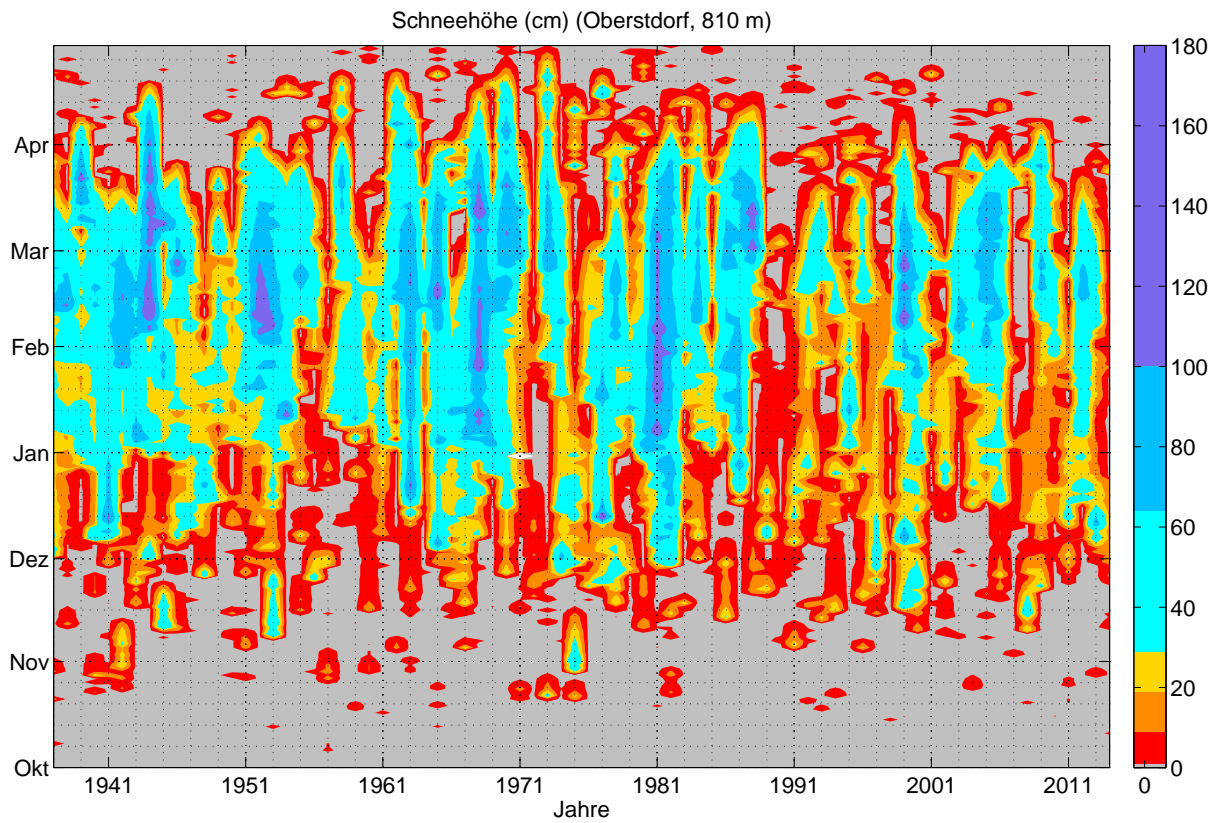


Abbildung 4.1: Tageswerte der Schneehöhe, Oberstdorf, Okt.-Apr. 1936-2014. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt.

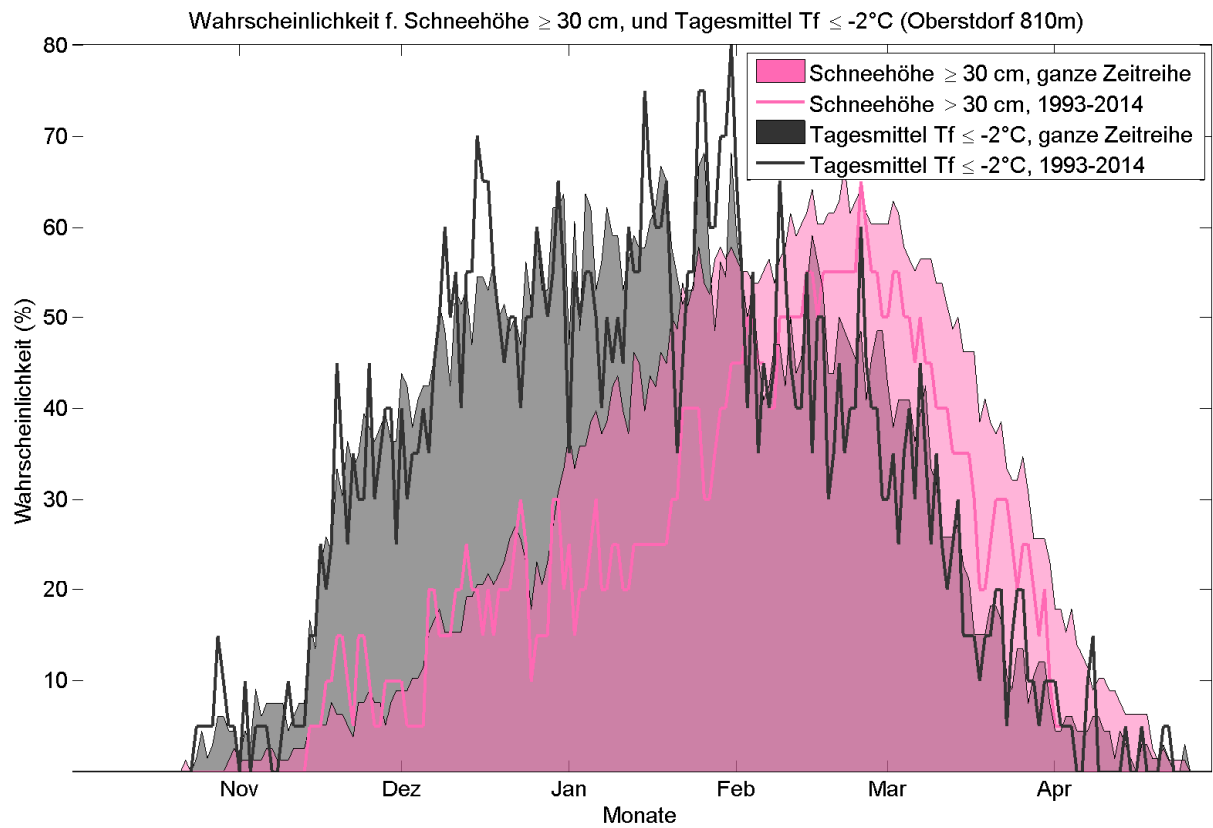


Abbildung 4.2: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Besneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (Tf ab 1948, Schnee ab 1936).

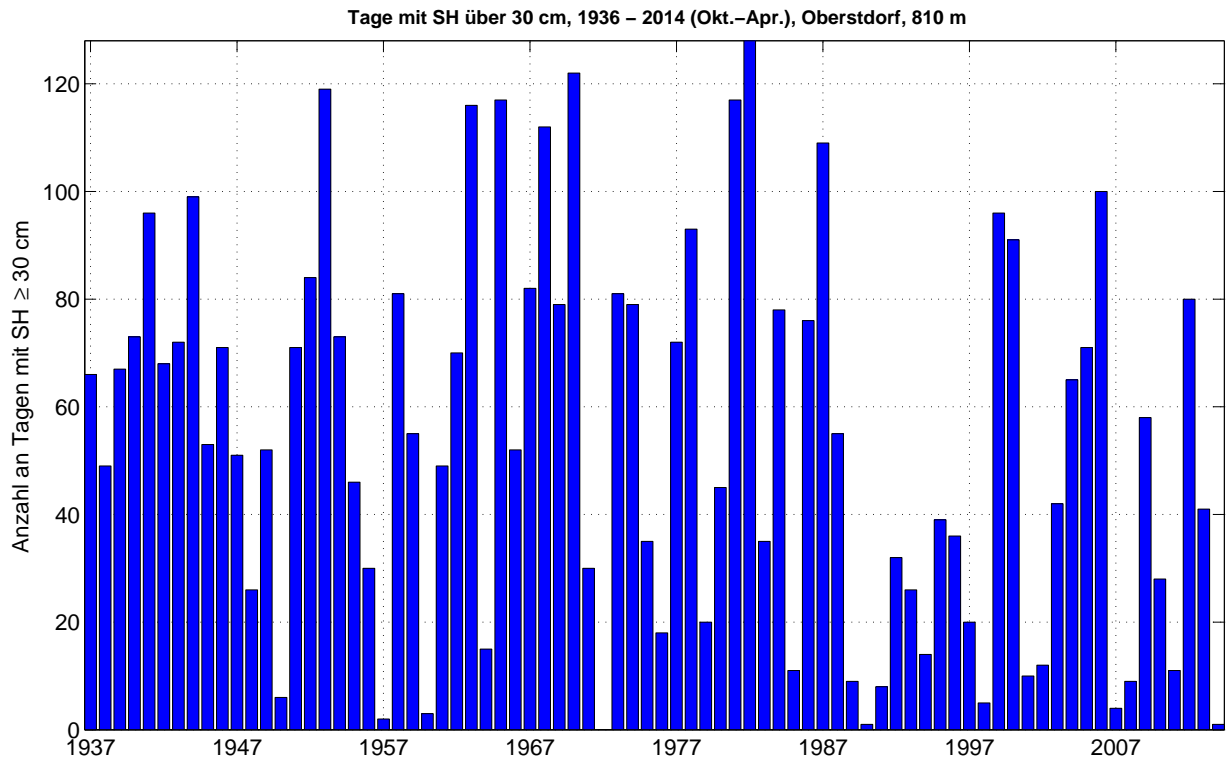


Abbildung 4.3: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1936-2014

4.6.2 Langzeitanalyse - Trends und Klima

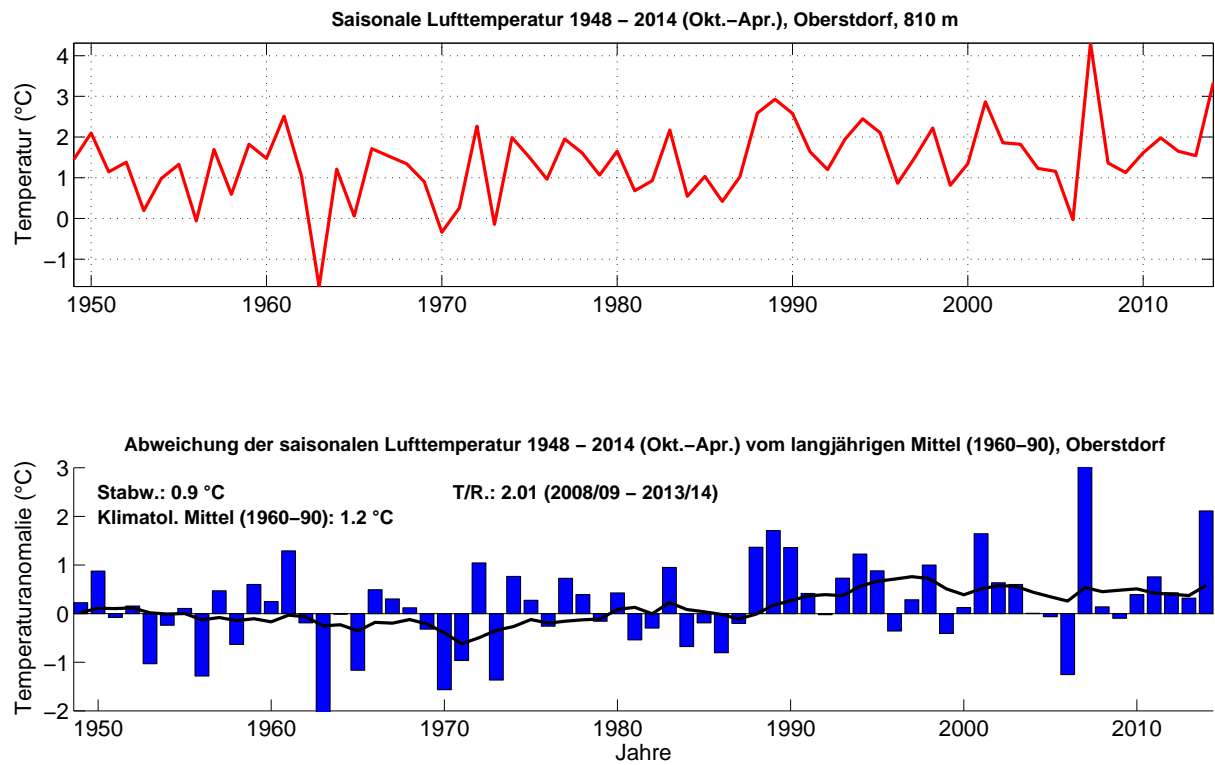


Abbildung 4.4: Langzeitanalyse der saisonalen Lufttemperatur, Oberstdorf, Okt.-Apr. 1948-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

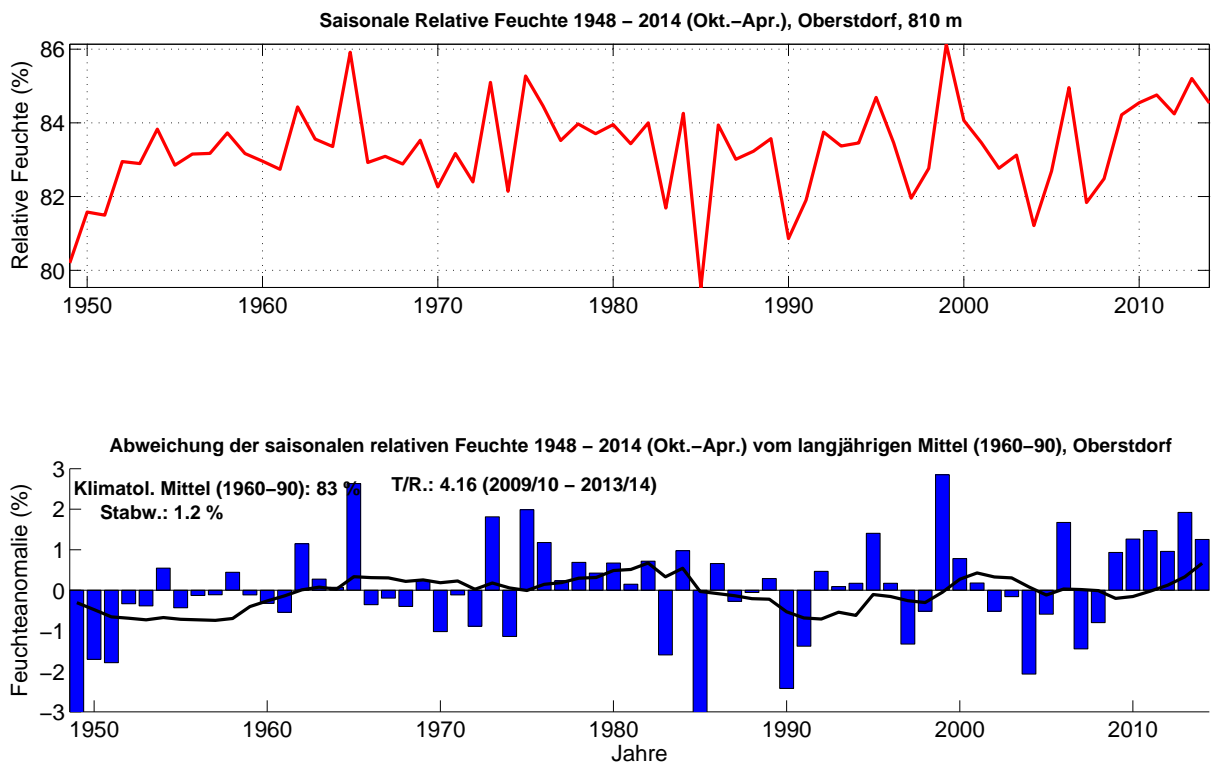


Abbildung 4.5: Langzeitanalyse der saisonalen relativen Feuchte, Oberstdorf, Okt.-Apr. 1948-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

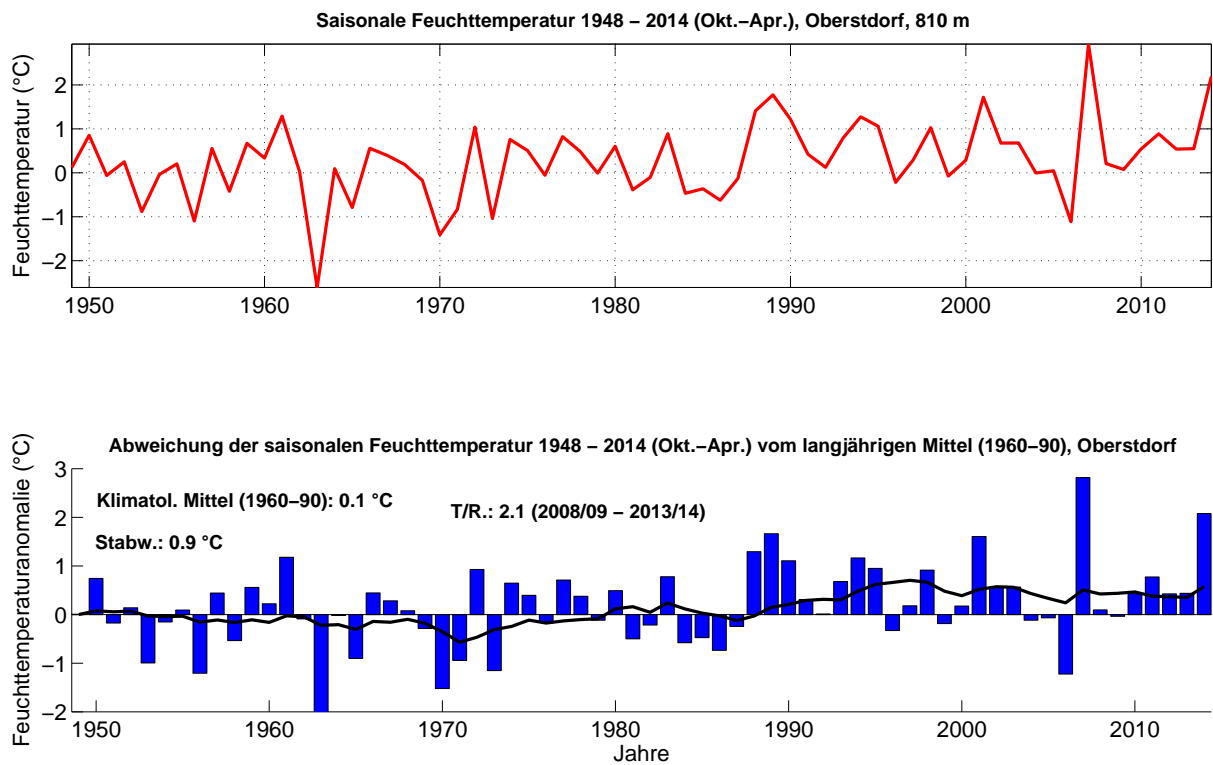


Abbildung 4.6: Langzeitanalyse der saisonalen Feuchttemperatur, Oberstdorf, Okt.-Apr. 1948-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

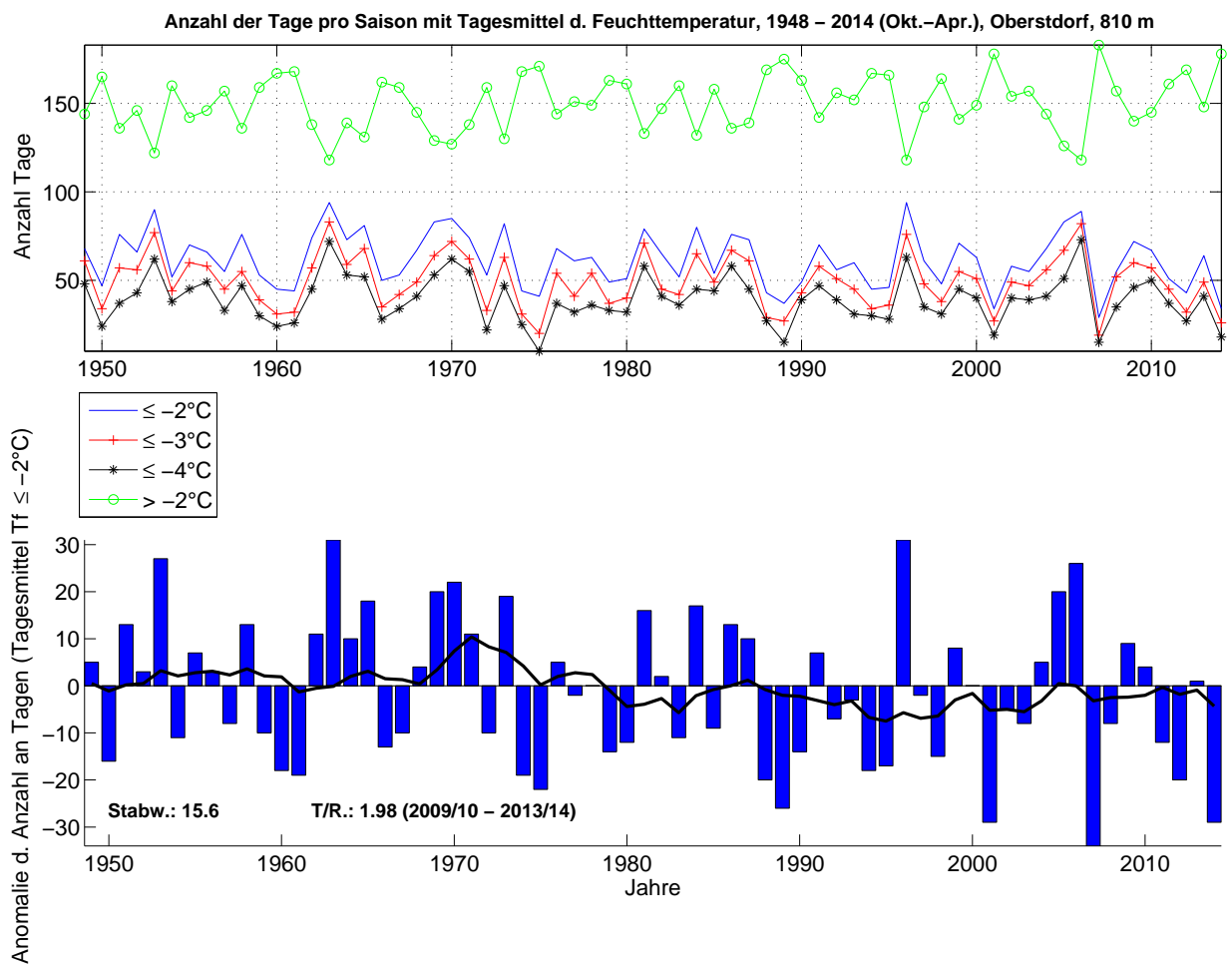


Abbildung 4.7: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur von -2°C , -3°C und -4°C , bzw. Überschreitung von -2°C , Periode 1948-2014, Oberstdorf. Abweichung vom langjährigen Mittel für Tagesmittel $\leq -2^{\circ}\text{C}$ (unten).

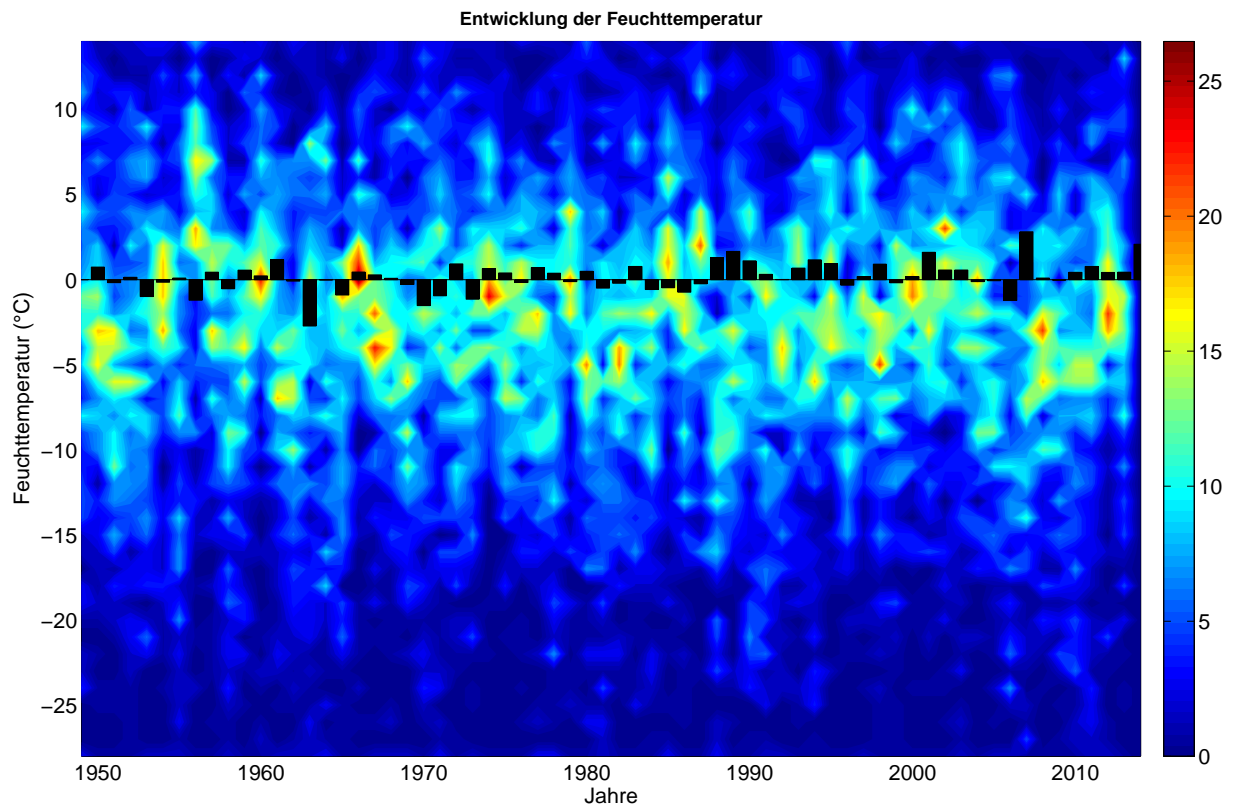


Abbildung 4.8: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1948-2014, Oberstdorf. Die schwarzen Balken zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel (1960-90).

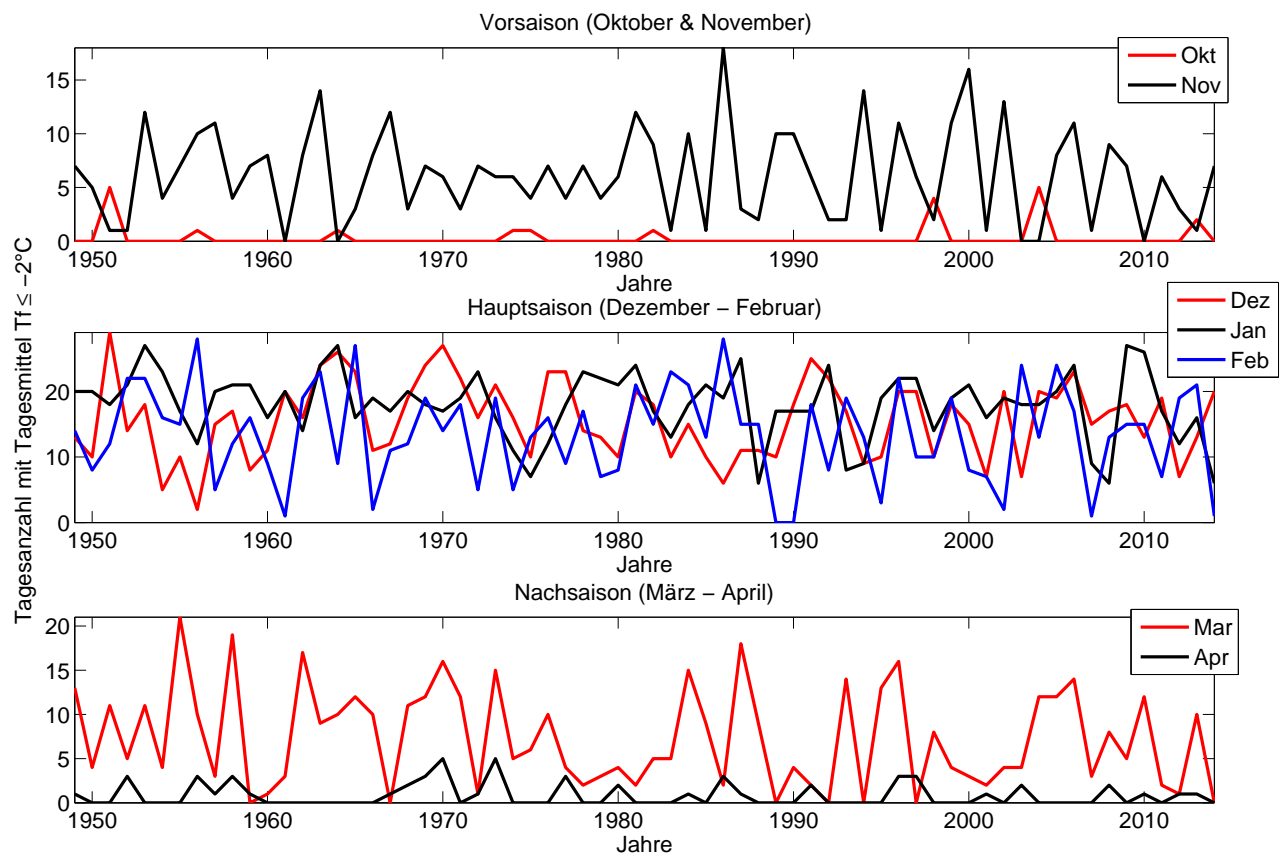


Abbildung 4.9: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Schneitagen pro Saison, nach Monaten.

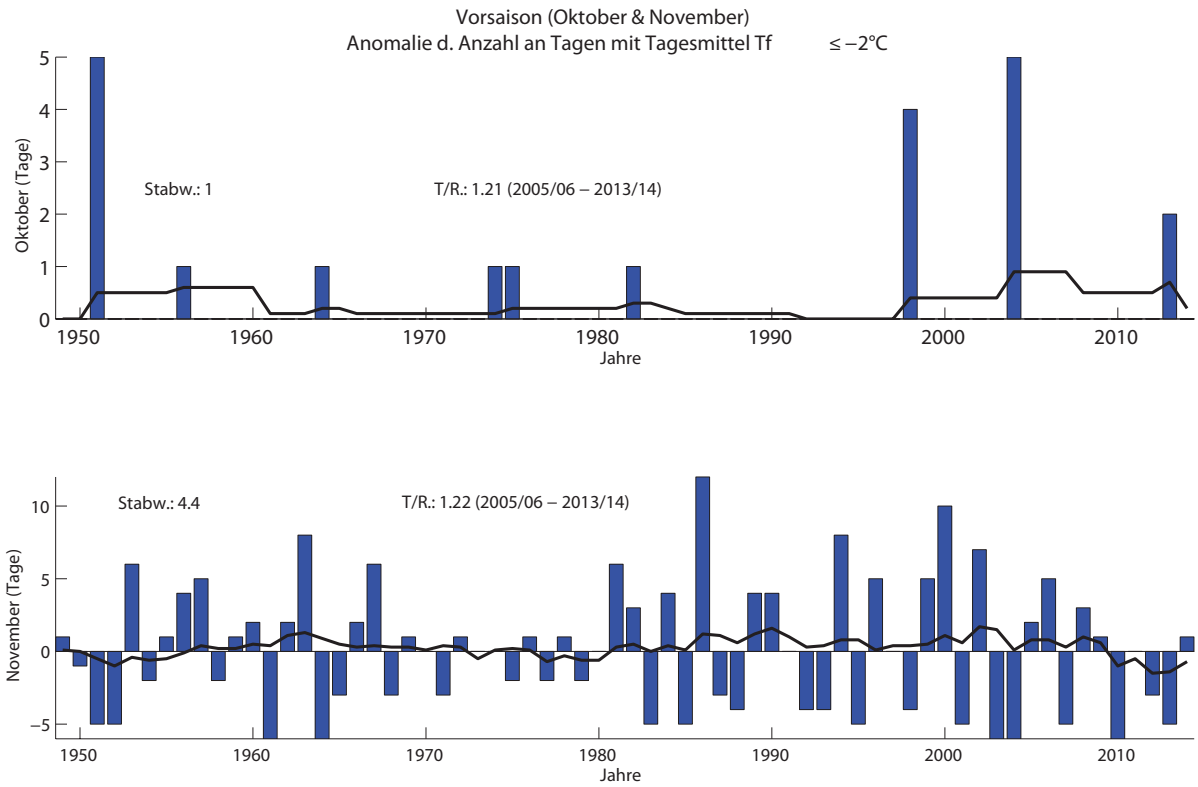


Abbildung 4.10: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Oktober und November (Vorsaison).

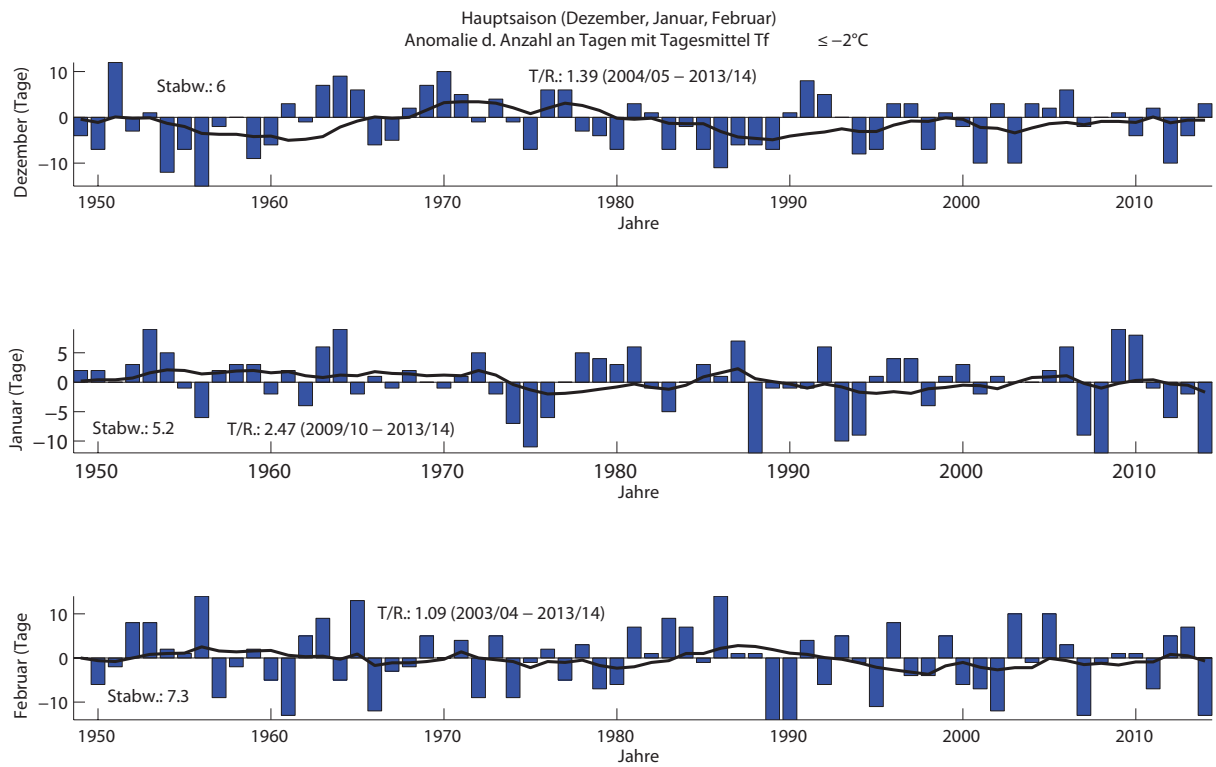


Abbildung 4.11: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Dezember, Januar und Februar (Hauptsaison).

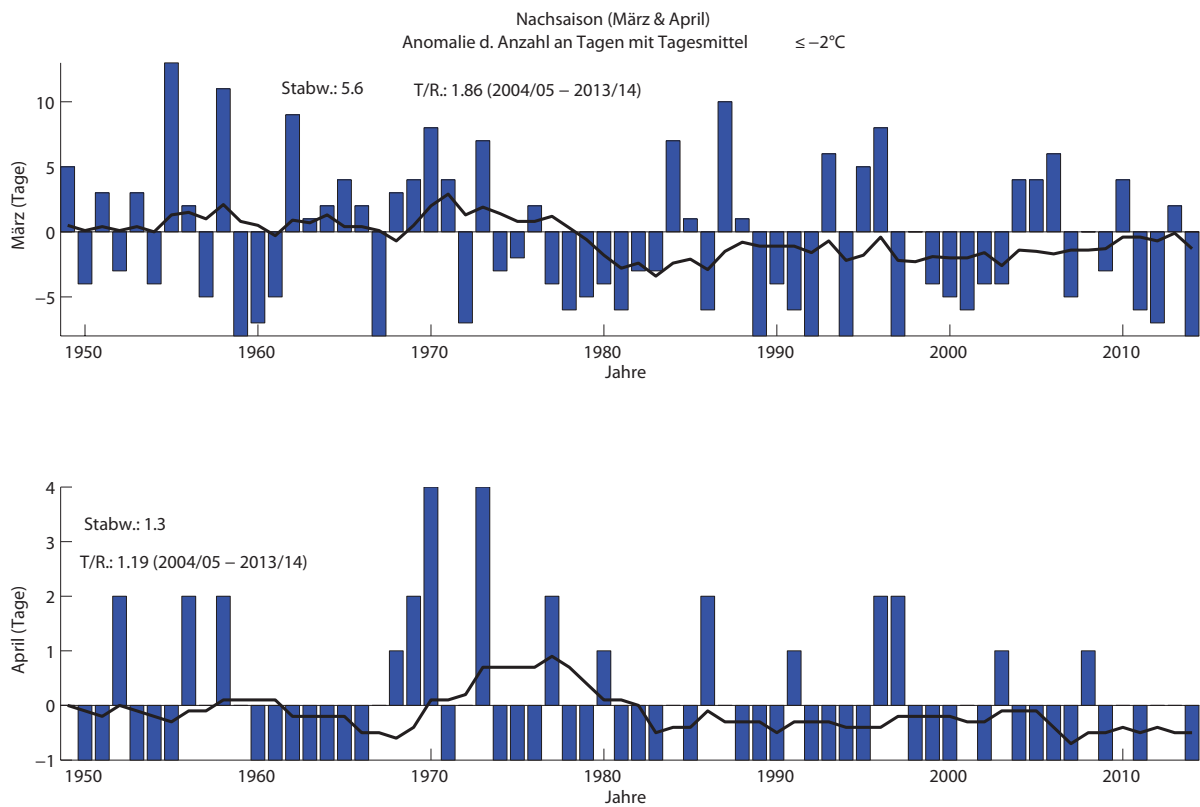


Abbildung 4.12: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt n Monate: März und April (Nachsaison).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1948 – 2014) ,Oberstdorf 810 m

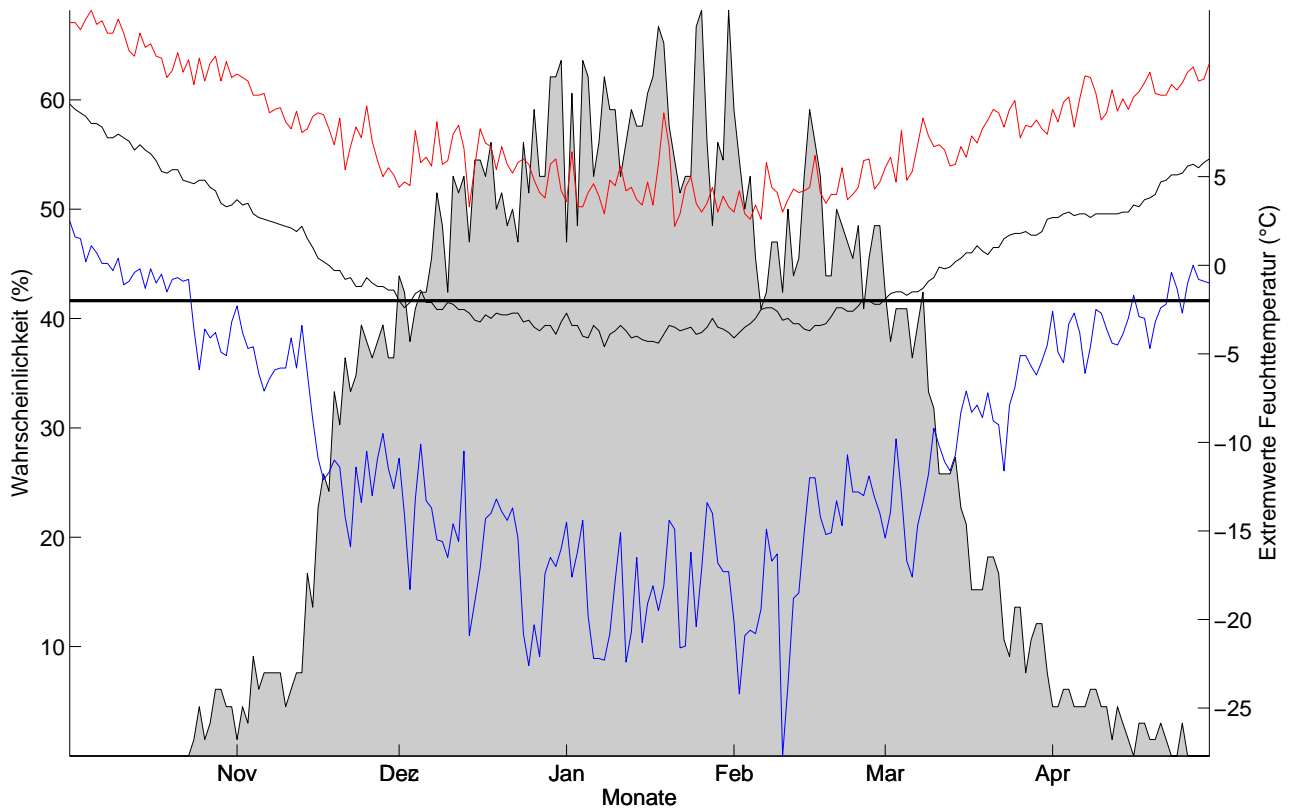


Abbildung 4.13: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Oberstdorf, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1948-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), Oberstdorf 810m

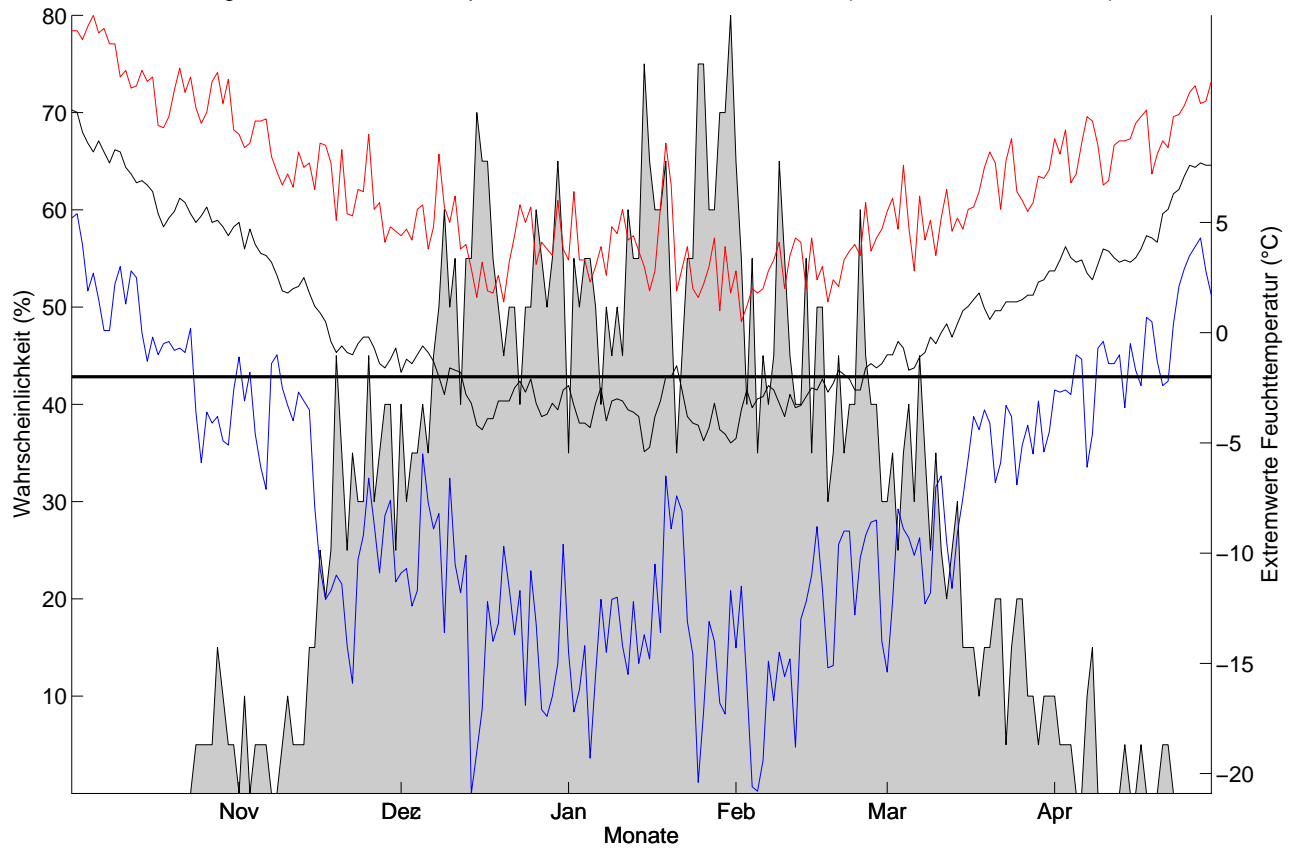


Abbildung 4.14: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Oberstdorf, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

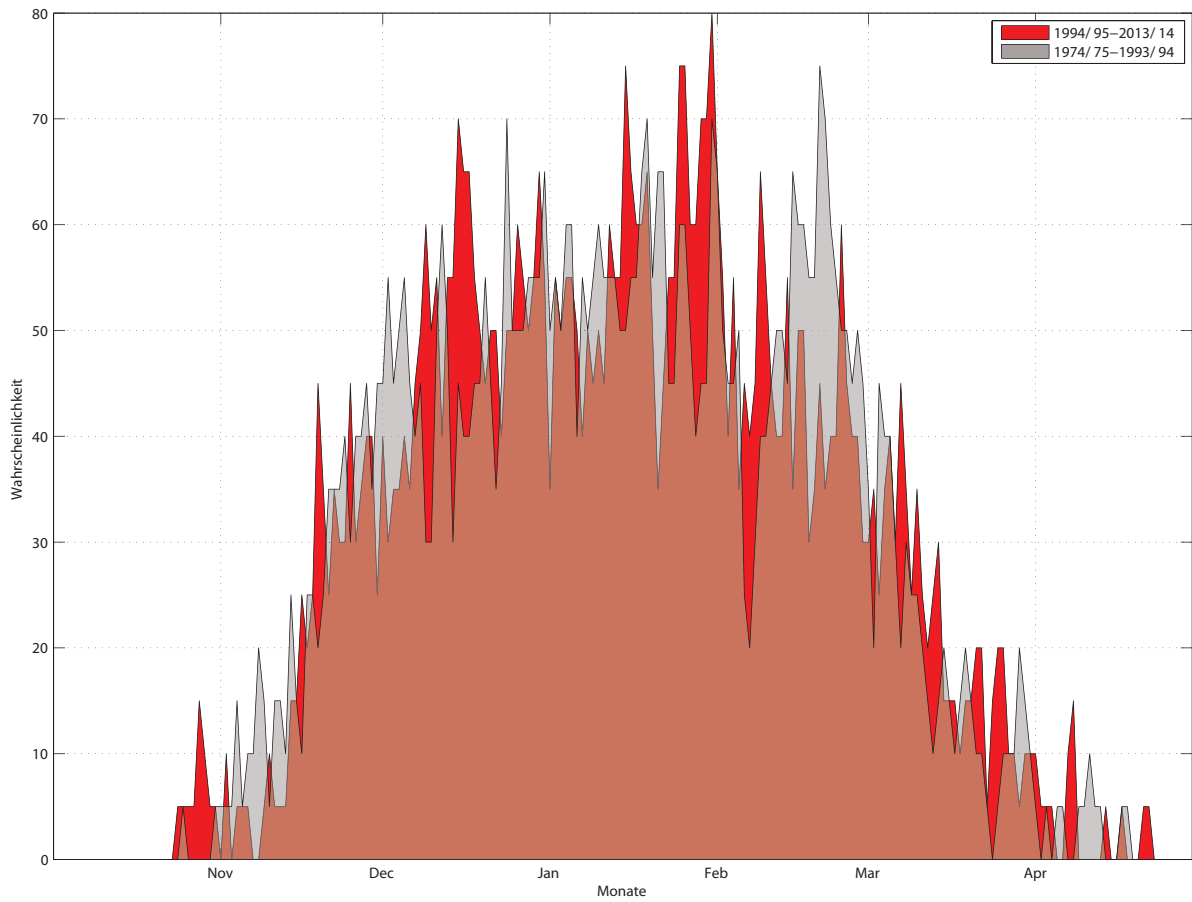


Abbildung 4.15: Vergleich Beschneigungswahrscheinlichkeit (Tagesmittelwert $T_f \leq -2^\circ\text{C}$) der letzten 20 Jahre mit den 20 Jahren davor für alle Tage der Saison (1.10.-30.4.).

Beschneitage Oberstdorf pro Saison und Monat

Mittelwert	0	6	16	18	14	7	1
SD	1	4	6	5	7	6	1
Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
1948/49	0	7	13	20	14	13	1
1949/50	0	5	10	20	8	4	0
1950/51	5	1	29	18	12	11	0
1951/52	0	1	14	21	22	5	3
1952/53	0	12	18	27	22	11	0
1953/54	0	4	5	23	16	4	0
1954/55	0	7	10	17	15	21	0
1955/56	1	10	2	12	28	10	3
1956/57	0	11	15	20	5	3	1
1957/58	0	4	17	21	12	19	3
1958/59	0	7	8	21	16	0	1
1959/60	0	8	11	16	9	1	0
1960/61	0	0	20	20	1	3	0
1961/62	0	8	16	14	19	17	0
1962/63	0	14	24	24	23	9	0
1963/64	1	0	26	27	9	10	0
1964/65	0	3	23	16	27	12	0
1965/66	0	8	11	19	2	10	0
1966/67	0	12	12	17	11	0	1
1967/68	0	3	19	20	12	11	2
1968/69	0	7	24	18	19	12	3
1969/70	0	6	27	17	14	16	5
1970/71	0	3	22	19	18	12	0
1971/72	0	7	16	23	5	1	1
1972/73	0	6	21	16	19	15	5
1973/74	1	6	16	11	5	5	0
1974/75	1	4	10	7	13	6	0
1975/76	0	7	23	12	16	10	0
1976/77	0	4	23	18	9	4	3
1977/78	0	7	14	23	17	2	0
1978/79	0	4	13	22	7	3	0

1979/80	0	6	10	21	8	4	2
1980/81	0	12	20	24	21	2	0
1981/82	1	9	18	17	15	5	0
1982/83	0	1	10	13	23	5	0
1983/84	0	10	15	18	21	15	1
1984/85	0	1	10	21	13	9	0
1985/86	0	18	6	19	28	2	3
1986/87	0	3	11	25	15	18	1
1987/88	0	2	11	6	15	9	0
1988/89	0	10	10	17	0	0	0
1989/90	0	10	18	17	0	4	0
1990/91	0	6	25	17	18	2	2
1991/92	0	2	22	24	8	0	0
1992/93	0	2	17	8	19	14	0
1993/94	0	14	9	9	13	0	0
1994/95	0	1	10	19	3	13	0
1995/96	0	11	20	22	22	16	3
1996/97	0	6	20	22	10	0	3
1997/98	4	2	10	14	10	8	0
1998/99	0	11	18	19	19	4	0
1999/00	0	16	15	21	8	3	0
2000/01	0	1	7	16	7	2	1
2001/02	0	13	20	19	2	4	0
2002/03	0	0	7	18	24	4	2
2003/04	5	0	20	18	13	12	0
2004/05	0	8	19	20	24	12	0
2005/06	0	11	23	24	17	14	0
2006/07	0	1	15	9	1	3	0
2007/08	0	9	17	6	13	8	2
2008/09	0	7	18	27	15	5	0
2009/10	0	0	13	26	15	12	1
2010/11	0	6	19	17	7	2	0
2011/12	0	3	7	12	19	1	1
2012/13	2	1	13	16	21	10	1
2013/14	0	7	20	6	1	0	0

Tabelle 4.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen
(Monatsweise) für die Periode 1948 - 2014, Oberstdorf.

4.6.3 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

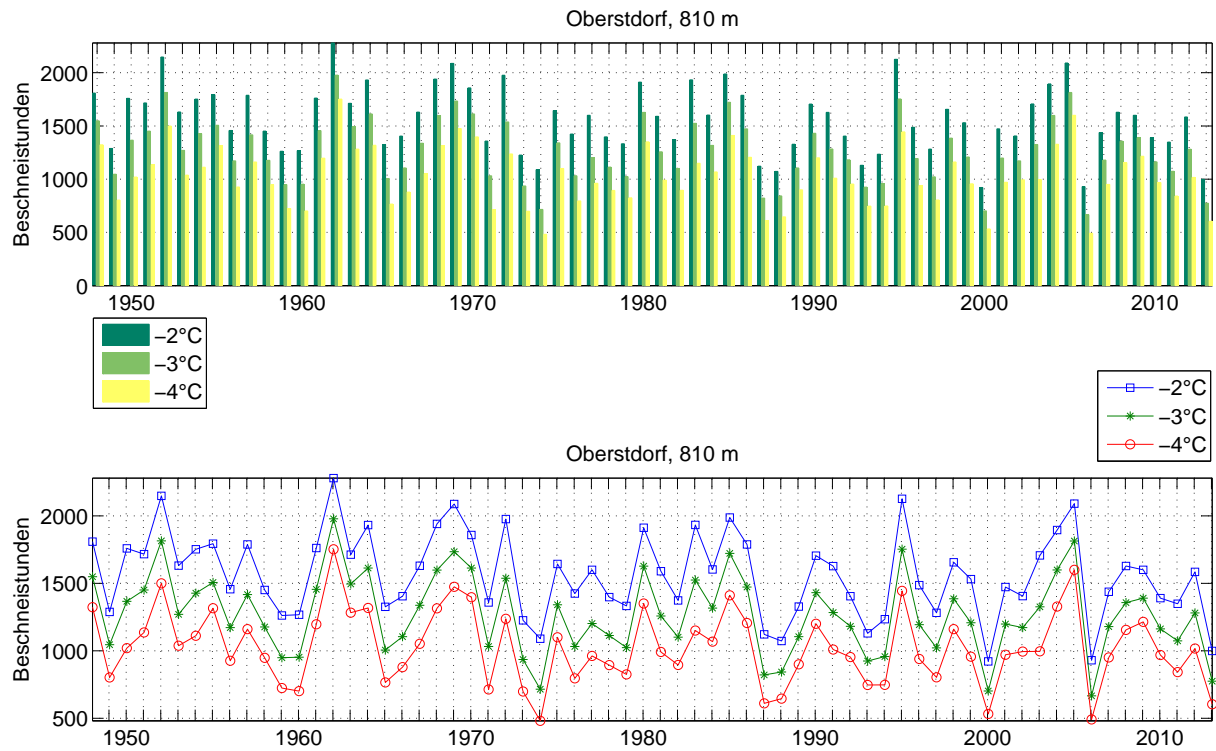
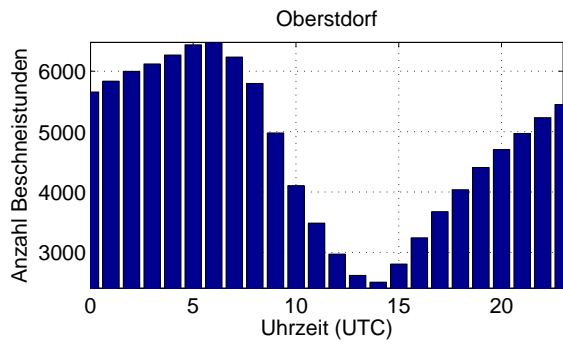
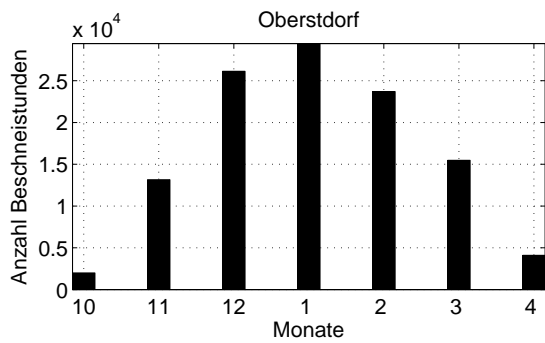
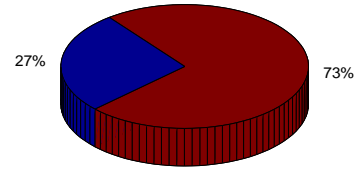


Abbildung 4.16: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 309 Stunden (13 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es in den letzten 65 Saisons (Okt.-Apr.) im Mittel 1567 potentielle Beschneistunden (ca. 65 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 309 Stunden (ca. 13 Tage). Siehe Abb. 4.16.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

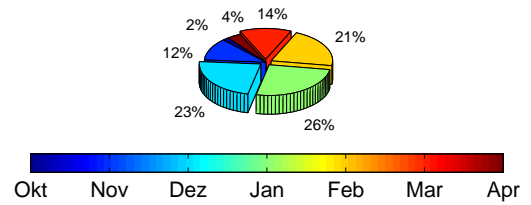


Abbildung 4.17: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

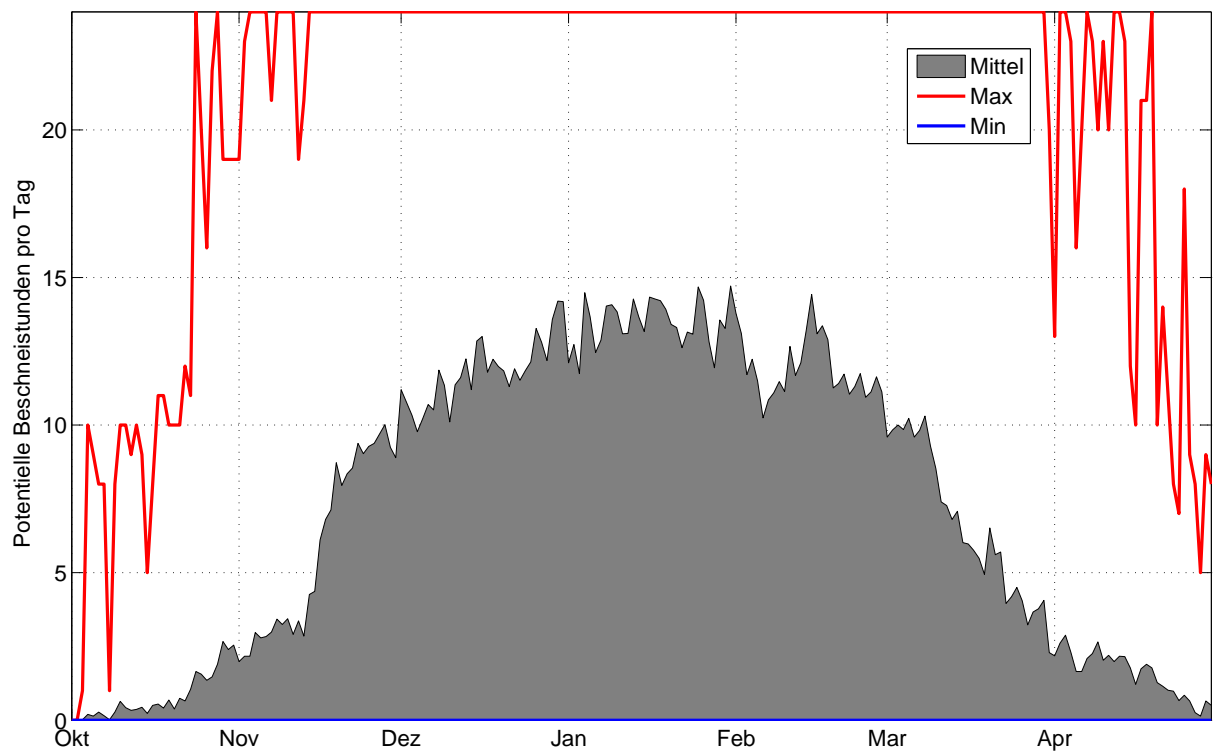


Abbildung 4.18: Mittlere Anzahl, sowie maximal- und minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1948-2014, Station Oberstdorf, 810 m.

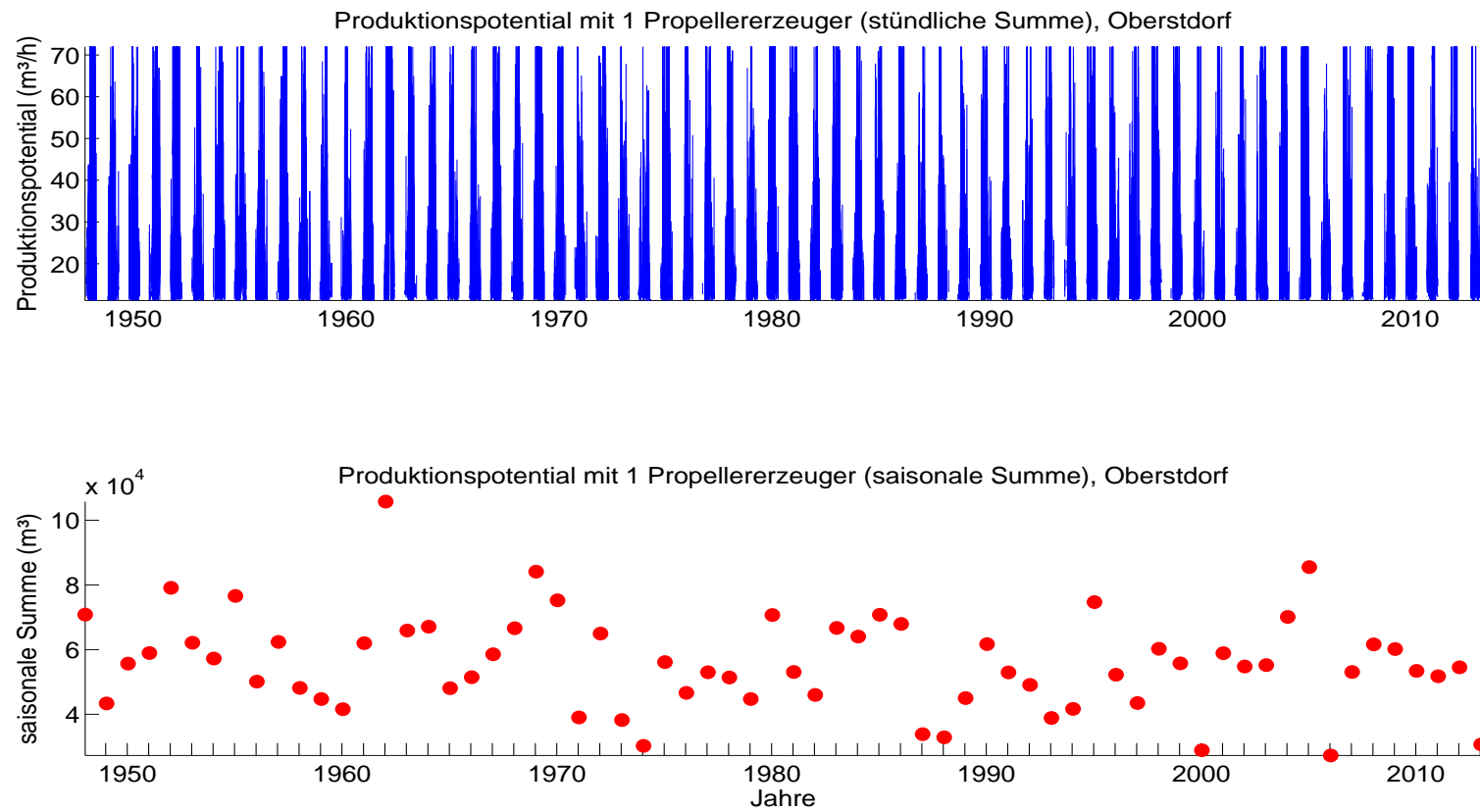


Abbildung 4.19: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

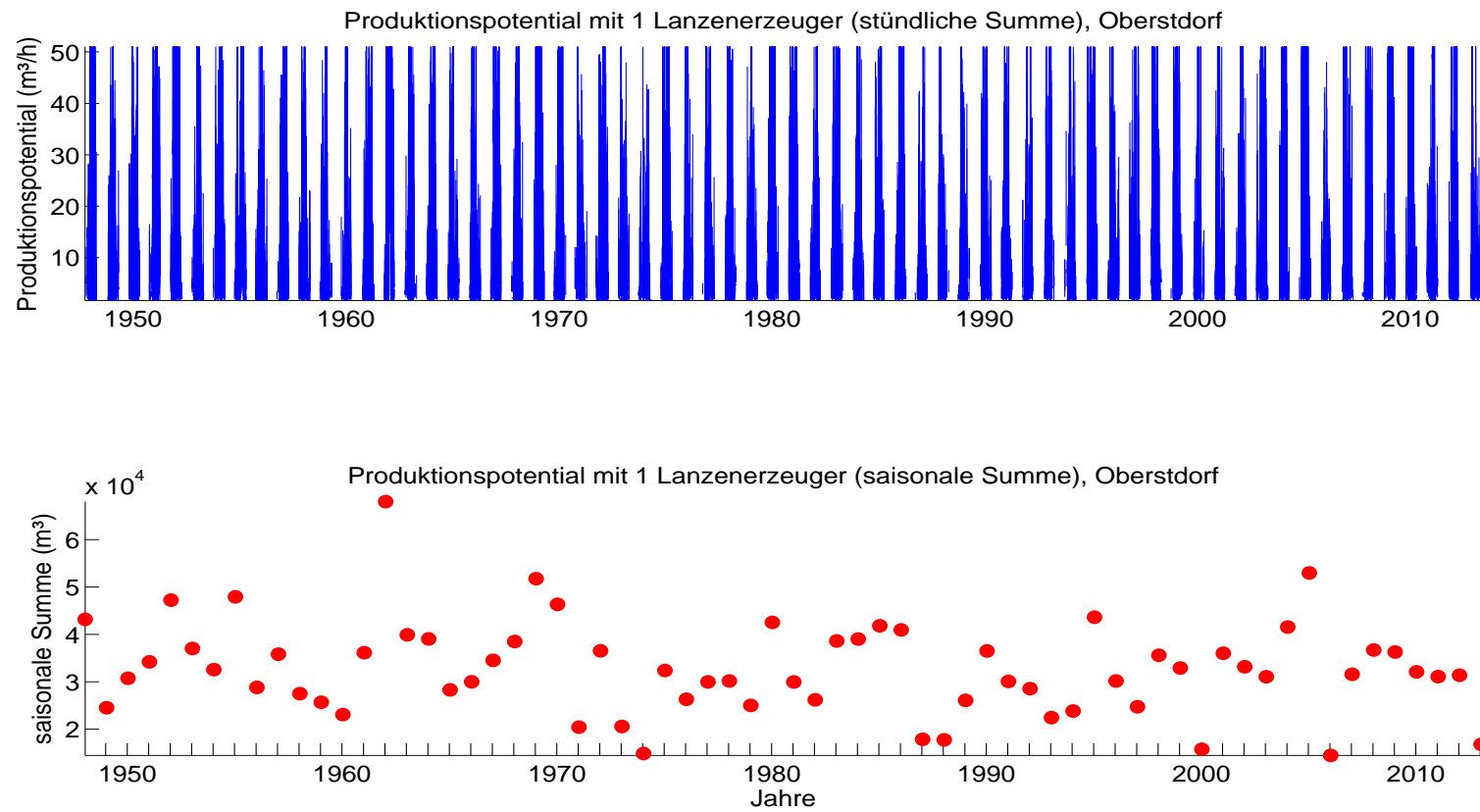


Abbildung 4.20: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 14711 m^3 (Propellengerät), bzw. 9802 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 61085 m^3 (Propellengerät), bzw. 51428 (Lanze). Damit kann auf ca. 21 ha (Propellengerät), bzw. ca. 18 ha (Lanze) eine Grundbeschneigung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 4.19 und 4.20.

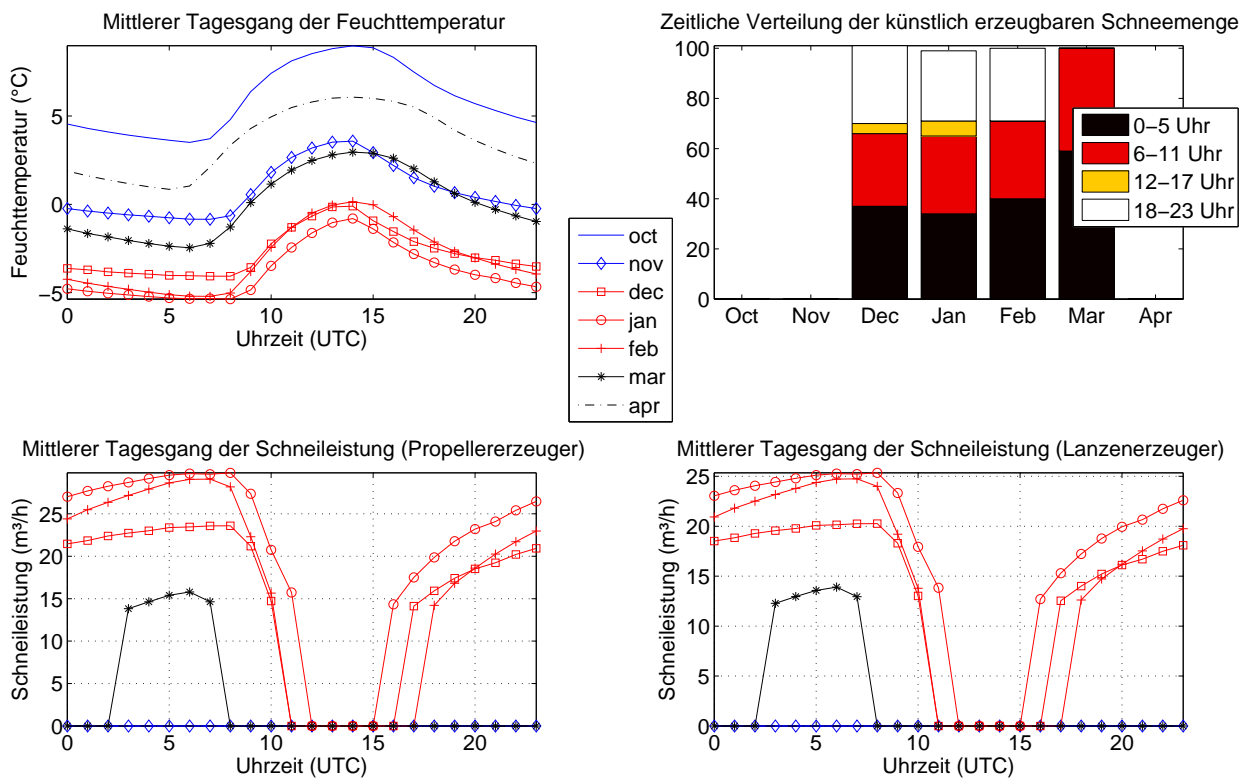


Abbildung 4.21: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1948-2014, Oberstdorf, 810 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

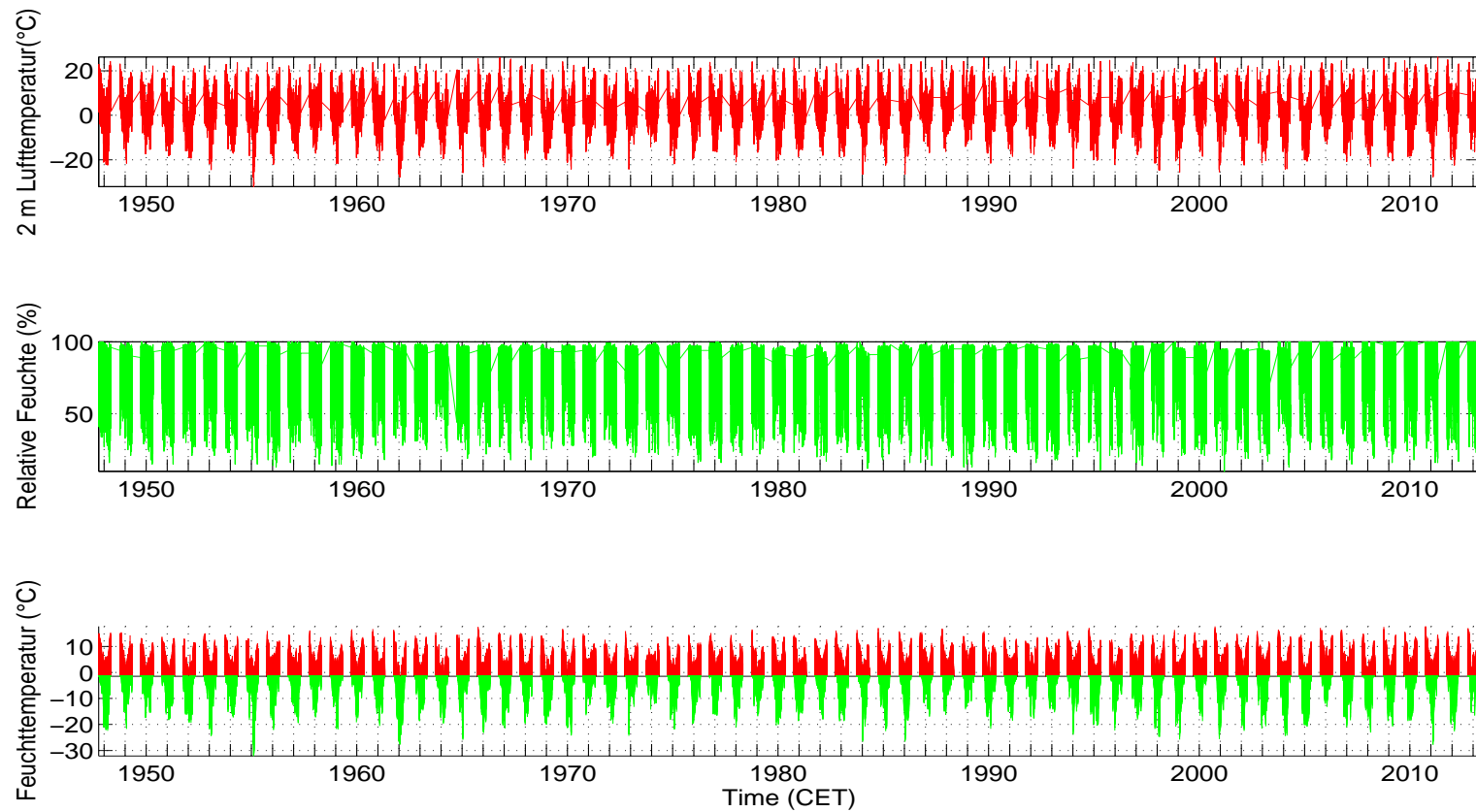


Abbildung 4.22: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

	Klimaparameter (Saisonmittel, Oberstdorf)			Schneitage	Schneistunden mit versch. Grenztemp.			
	Lufttemp. (°C)	Rel. Feuchte (%)	Feuchttemp.(°C)		-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	1,4	83,3	0,1	62	1728	1567	1270	1026
SD	0,9	1,2	0,8	15	317	309	292	273
Saison								
1948/49	1,4	80,2	0,1	68	1952	1809	1549	1323
1949/50	2,1	81,6	0,9	47	1454	1288	1046	803
1950/51	1,1	81,5	-0,1	76	1969	1759	1367	1020
1951/52	1,4	83,0	0,3	66	1860	1716	1451	1136
1952/53	0,2	82,9	-0,9	90	2319	2148	1815	1500
1953/54	1,0	83,8	0,0	52	1827	1631	1270	1038
1954/55	1,3	82,9	0,2	70	1896	1752	1427	1112
1955/56	-0,1	83,2	-1,1	66	1941	1794	1507	1316
1956/57	1,7	83,2	0,6	55	1613	1457	1172	927
1957/58	0,6	83,7	-0,4	76	2020	1788	1417	1161
1958/59	1,8	83,2	0,7	53	1585	1451	1177	948
1959/60	1,5	83,0	0,3	45	1443	1262	949	724
1960/61	2,5	82,7	1,3	44	1455	1268	953	702
1961/62	1,0	84,4	0,0	74	1938	1762	1456	1197
1962/63	-1,7	83,6	-2,6	94	2429	2280	1978	1752
1963/64	1,2	83,4	0,1	73	1853	1713	1495	1283
1964/65	0,1	85,9	-0,8	81	2102	1932	1613	1318
1965/66	1,7	82,9	0,6	50	1458	1326	1006	766
1966/67	1,5	83,1	0,4	53	1607	1405	1105	879

1967/68	1,3	82,9	0,2	67	1774	1630	1338	1052
1968/69	0,9	83,5	-0,2	83	2124	1940	1598	1315
1969/70	-0,3	82,3	-1,4	85	2256	2088	1734	1475
1970/71	0,3	83,2	-0,8	74	2009	1858	1613	1397
1971/72	2,3	82,4	1,0	53	1531	1358	1032	714
1972/73	-0,1	85,1	-1,0	82	2210	1976	1538	1237
1973/74	2,0	82,1	0,8	44	1424	1226	936	699
1974/75	1,5	85,3	0,5	41	1315	1090	716	482
1975/76	1,0	84,5	-0,1	68	1799	1644	1341	1100
1976/77	2,0	83,5	0,8	61	1570	1424	1032	796
1977/78	1,6	84,0	0,5	63	1780	1600	1202	962
1978/79	1,1	83,7	0,0	49	1576	1398	1114	894
1979/80	1,7	84,0	0,6	51	1539	1333	1024	825
1980/81	0,7	83,4	-0,4	79	2024	1912	1628	1351
1981/82	0,9	84,0	-0,1	65	1791	1590	1258	992
1982/83	2,2	81,7	0,9	52	1521	1373	1101	895
1983/84	0,5	84,3	-0,5	80	2119	1933	1525	1150
1984/85	1,0	79,5	-0,4	54	1765	1603	1317	1068
1985/86	0,4	83,9	-0,6	76	2135	1988	1722	1411
1986/87	1,0	83,0	-0,1	73	1937	1788	1473	1206
1987/88	2,6	83,2	1,4	43	1312	1122	822	611
1988/89	2,9	83,6	1,8	37	1217	1073	843	646
1989/90	2,6	80,9	1,2	49	1430	1328	1105	900
1990/91	1,6	81,9	0,4	70	1855	1705	1431	1201
1991/92	1,2	83,8	0,1	56	1760	1628	1284	1010
1992/93	2,0	83,4	0,8	60	1542	1405	1182	954

1993/94	2,4	83,5	1,3	45	1241	1130	925	747
1994/95	2,1	84,7	1,1	46	1362	1235	958	748
1995/96	0,9	83,5	-0,2	94	2319	2126	1753	1444
1996/97	1,5	82,0	0,3	61	1671	1487	1194	940
1997/98	2,2	82,8	1,0	48	1445	1282	1022	804
1998/99	0,8	86,1	-0,1	71	1820	1656	1386	1161
1999/00	1,3	84,1	0,3	63	1683	1531	1208	957
2000/01	2,9	83,5	1,7	34	1044	922	703	533
2001/02	1,9	82,8	0,7	58	1607	1473	1199	971
2002/03	1,8	83,1	0,7	55	1544	1406	1172	995
2003/04	1,2	81,2	0,0	68	1872	1707	1326	996
2004/05	1,2	82,7	0,0	83	2096	1895	1599	1328
2005/06	0,0	85,0	-1,1	89	2246	2091	1814	1600
2006/07	4,3	81,8	2,9	29	1046	930	667	492
2007/08	1,4	82,5	0,2	55	1572	1438	1180	951
2008/09	1,1	84,2	0,1	72	1814	1629	1357	1155
2009/10	1,6	84,5	0,5	67	1716	1600	1390	1215
2010/11	2,0	84,8	0,9	51	1540	1390	1163	969
2011/12	1,7	84,2	0,5	43	1487	1349	1074	842
2012/13	1,5	85,2	0,5	64	1759	1585	1281	1017
2013/14	3,3	84,5	2,2	34	1101	999	775	604

Tabelle 4.2: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Oberstdorf)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	24	174	366	417	334	205	47,
SD	26	90	116	108	141	112	36
Saison							
1948/49	14	188	421	417	378	342	51
1949/50	0	137	271	460	221	159	40
1950/51	89	97	611	371	261	272	58
1951/52	41	69	373	500	504	158	71
1952/53	30	245	441	646	492	287	7
1953/54	23	249	214	551	382	159	55
1954/55	13	188	221	434	367	448	81
1955/56	47	250	116	348	660	260	115
1956/57	49	287	368	465	139	103	46
1957/58	17	135	381	433	236	463	123
1958/59	77	185	245	475	378	48	46
1959/60	18	242	273	410	222	93	5
1960/61	15	44	480	429	142	158	0
1961/62	14	190	358	330	413	408	49
1962/63	19	315	511	602	549	242	42
1963/64	38	30	555	591	279	212	8
1964/65	15	94	523	389	620	267	24
1965/66	27	196	225	466	84	293	35
1966/67	2	257	338	387	292	82	47
1967/68	19	91	457	456	294	253	60
1968/69	11	209	538	375	459	250	98
1969/70	0	164	624	415	348	388	149
1970/71	30	104	524	435	390	354	21
1971/72	38	183	346	480	176	102	33
1972/73	69	159	415	406	443	342	142
1973/74	80	182	366	258	162	140	38
1974/75	47	126	201	183	300	191	42
1975/76	18	152	506	294	374	253	47
1976/77	0	114	526	402	175	97	110
1977/78	3	191	355	483	396	121	51

1978/79	5	279	299	486	199	97	33
1979/80	4	176	226	480	222	134	91
1980/81	24	285	459	543	500	76	25
1981/82	34	185	403	356	383	186	43
1982/83	16	73	305	285	513	163	18
1983/84	30	233	348	386	462	391	83
1984/85	18	87	332	534	340	257	35
1985/86	45	429	200	410	639	177	88
1986/87	19	123	305	582	286	419	54
1987/88	0	99	278	167	334	220	24
1988/89	4	249	227	367	178	43	5
1989/90	5	311	396	418	91	98	9
1990/91	4	134	520	429	450	62	106
1991/92	37	126	503	537	303	93	29
1992/93	11	23	354	196	470	340	11
1993/94	15	322	210	243	302	22	16
1994/95	20	34	267	466	100	327	21
1995/96	3	267	434	495	455	371	101
1996/97	18	141	432	473	258	46	119
1997/98	75	139	230	367	268	169	35
1998/99	4	299	440	387	407	106	13
1999/00	2	361	356	476	184	122	30
2000/01	0	47	177	359	241	40	58
2001/02	0	296	444	444	94	152	44
2002/03	14	28	166	405	535	175	83
2003/04	129	97	402	430	337	294	18
2004/05	0	191	422	448	543	266	25
2005/06	3	277	477	563	390	343	38
2006/07	0	91	356	199	135	143	7
2007/08	9	223	395	249	275	257	31
2008/09	1	164	376	597	353	136	2
2009/10	28	22	318	593	338	254	49
2010/11	30	141	432	396	226	141	25
2011/12	46	231	176	287	475	112	30
2012/13	66	106	297	357	476	265	18

2013/14	0	139	400	209	135	105	13
----------------	---	-----	-----	-----	-----	-----	----

Tabelle 4.3: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C).

Monatssummen der pot. Schneileistung, Propeller (m ³)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	870	6137	14285	17089	13394	7488	1823
SD	781	3253	5667	6049	7190	4466	1106
Saison							
1948/49	372	5676	19332	16735	15461	15095	1539
1949/50	455	4922	8837	20121	7443	5615	1765
1950/51	2577	3880	22198	11933	8833	10478	1929
1951/52	1547	2189	13552	19648	18529	5428	2477
1952/53	1015	9433	17656	27142	17999	9596	478
1953/54	634	6999	7202	26930	18186	5460	2194
1954/55	412	7003	6941	15874	12801	16357	2737
1955/56	1649	10159	4025	10695	39859	11470	3700
1956/57	2089	8460	14427	19974	4551	3745	1969
1957/58	874	4061	13914	17645	9365	18689	3946
1958/59	2079	4872	11299	18468	13258	1797	1576
1959/60	818	8041	9234	19073	10302	3176	902
1960/61	684	1593	17626	17239	4593	4960	47
1961/62	576	6034	15209	12523	15122	15942	2175
1962/63	822	11329	25734	33392	27837	10199	1436
1963/64	1163	1215	23793	25323	10117	7938	653
1964/65	920	3040	18736	12464	25448	10053	1340
1965/66	861	6725	8437	24715	2849	7969	1079
1966/67	360	9441	12369	17074	13023	3512	2418
1967/68	536	2964	20488	19054	9512	9309	2169
1968/69	596	5384	20192	15181	18994	8355	3495
1969/70	216	6316	33919	17646	13397	13241	4639
1970/71	1358	3196	22044	19724	15346	17733	1101
1971/72	1030	7314	10845	14646	5870	3348	1240
1972/73	1980	6348	14105	15152	16724	12359	5307
1973/74	2247	6213	15049	8698	5770	4832	1738
1974/75	2409	4710	7018	5749	10262	5561	2115
1975/76	750	6524	17963	12335	12726	9201	1734
1976/77	83	3756	22991	12145	5642	3163	3493
1977/78	199	7786	12625	16558	15375	3915	2158

1978/79	344	7754	13041	23089	7798	3979	1957
1979/80	250	6509	7232	21341	7880	4889	3634
1980/81	769	8073	18688	22909	20978	2595	1103
1981/82	1308	7625	13927	13111	14695	6923	2289
1982/83	585	2966	10539	8774	21475	5506	1047
1983/84	861	7983	16042	12912	18137	12975	2748
1984/85	500	2597	10450	29245	16737	8147	1569
1985/86	1300	14252	6920	14674	29962	5750	2696
1986/87	540	3768	10007	29170	9947	17126	1804
1987/88	196	3338	10122	5548	11678	7889	1086
1988/89	130	9568	8310	12384	5521	1595	378
1989/90	294	10332	15188	16315	3187	3729	780
1990/91	241	5305	18896	17371	18717	2180	3441
1991/92	1333	4271	19209	18595	10803	3228	1270
1992/93	763	1545	13243	9677	16886	11636	564
1993/94	662	12909	6750	9387	11847	820	1302
1994/95	722	1329	8950	20682	3761	10455	958
1995/96	166	9511	16697	16918	18025	14615	2878
1996/97	578	5634	19001	18834	8438	2100	4148
1997/98	2562	4486	7927	14212	10788	7161	1243
1998/99	148	13622	15909	14275	16145	3864	922
1999/00	145	13935	13158	21321	7005	4283	1108
2000/01	32	2224	6674	13145	8385	1607	2186
2001/02	0	8855	21407	23205	3169	4630	1706
2002/03	488	1133	5740	18079	25208	5332	3214
2003/04	4239	2897	14556	15165	12354	10594	1042
2004/05	43	5926	15396	19263	21514	11312	1038
2005/06	231	10066	20145	28862	16281	12873	1384
2006/07	17	2642	12956	7234	4086	4177	388
2007/08	793	10068	19569	9325	9516	7799	1477
2008/09	322	6471	15243	25142	14093	5628	259
2009/10	1292	890	12815	23049	14482	10217	1615
2010/11	1106	5583	18463	17887	10028	4074	705
2011/12	1497	6266	5994	11864	26518	3613	1159
2012/13	1576	2945	11340	14262	18798	9085	1130

2013/14	92	6192	14564	6795	3945	3302	529
----------------	----	------	-------	------	------	------	-----

Tabelle 4.4: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der pot. Schneileistung, Lanze, (m ³)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	811	5331	11947	14099	11113	6438	1690
SD	697	2687	4398	4609	5521	3616	984
Saison							
1948/49	339	4931	15371	14054	12688	12372	1366
1949/50	448	4465	7561	16646	6503	4958	1661
1950/51	2278	3568	18521	10344	7771	8924	1816
1951/52	1414	2006	11568	16085	15447	4770	2164
1952/53	932	8103	14850	21877	15052	8226	493
1953/54	578	6143	6404	21772	14338	4818	2042
1954/55	391	5968	6165	13366	10834	13696	2477
1955/56	1475	8432	3683	9251	30093	9403	3290
1956/57	1984	7401	11896	16288	4066	3245	1819
1957/58	829	3680	11971	14724	7970	15351	3619
1958/59	1907	4328	9587	15373	11272	1706	1455
1959/60	809	7117	8133	15240	8602	2944	894
1960/61	680	1523	14801	14396	4181	4436	46
1961/62	551	5330	12555	10605	12796	13408	2064
1962/63	778	9638	20141	25740	21724	8467	1322
1963/64	1033	1178	19332	21123	8738	6913	667
1964/65	957	2734	15798	10809	20612	8417	1323
1965/66	810	5790	7427	19086	2610	7032	978
1966/67	348	8225	10454	13841	10426	3269	2277
1967/68	485	2715	16380	15655	8202	8053	1961
1968/69	569	4753	16787	12866	15777	7315	3140
1969/70	239	5389	26401	14614	11228	11334	4192
1970/71	1319	2898	18048	15886	12995	14094	1040
1971/72	948	6183	9451	12625	5199	3067	1178
1972/73	1836	5479	12100	12936	13987	10418	4780
1973/74	2021	5439	12504	7650	5207	4287	1638
1974/75	2320	4316	6144	5077	8932	4955	1996
1975/76	720	5406	15171	10271	10900	7884	1649
1976/77	91	3426	18714	10355	4957	2786	3152
1977/78	205	6548	10593	14078	12853	3609	2005

1978/79	351	6792	10847	18546	6689	3631	1898
1979/80	247	5752	6362	17677	6920	4394	3382
1980/81	722	7036	15453	18504	17092	2391	1055
1981/82	1224	6535	11796	11192	12355	6148	2160
1982/83	545	2734	9039	7617	17495	4886	1026
1983/84	800	6943	13051	11026	14829	11115	2541
1984/85	470	2377	9051	22478	13533	7206	1521
1985/86	1187	12119	6088	12380	23890	5186	2453
1986/87	500	3355	8665	23111	8523	14120	1644
1987/88	200	3091	8707	4973	10078	6886	1038
1988/89	129	8132	7153	10697	4920	1515	404
1989/90	292	8887	12868	13915	2940	3346	828
1990/91	238	4709	15712	14468	15553	1971	3114
1991/92	1267	3913	16172	15704	9059	2998	1219
1992/93	746	1470	11405	7979	14042	9975	538
1993/94	661	10864	5995	7988	10019	767	1301
1994/95	687	1221	7787	16650	3420	9045	934
1995/96	163	8108	13860	14428	14976	12190	2574
1996/97	546	4984	15480	15784	7338	1971	3714
1997/98	2245	4009	6880	11765	9000	6211	1179
1998/99	150	11115	13319	12228	13369	3519	903
1999/00	151	11722	10988	17238	6124	3885	1032
2000/01	45	2101	5856	11074	7206	1471	2068
2001/02	2	7718	16882	18259	2887	4109	1557
2002/03	453	1082	5093	14670	20269	4751	2875
2003/04	3706	2631	12181	12713	10446	9112	1015
2004/05	43	5263	13026	15793	17714	9266	984
2005/06	233	8576	16674	22728	13387	10660	1293
2006/07	25	2392	11128	6257	3685	3764	385
2007/08	787	8404	16124	7878	8193	6741	1392
2008/09	312	5534	12961	20582	11789	5066	278
2009/10	1224	874	10814	19239	11966	8589	1455
2010/11	1032	4787	15377	14591	8405	3623	656
2011/12	1358	5486	5351	9876	20265	3284	1057
2012/13	1377	2652	9484	11900	15545	7896	1087

2013/14	108	5362	12388	5965	3570	3033	503
----------------	-----	------	-------	------	------	------	-----

Tabelle 4.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

4.6.4 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

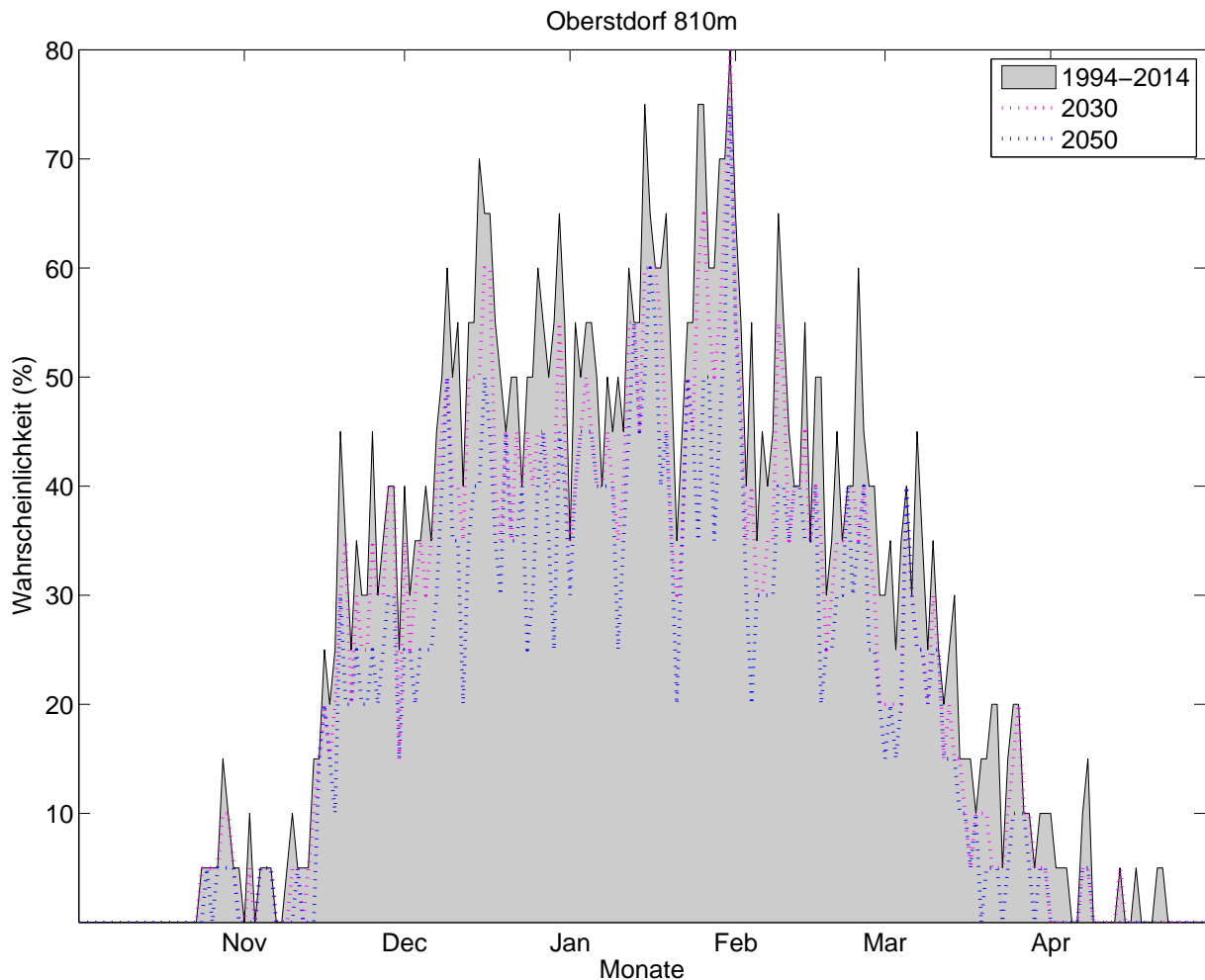


Abbildung 4.23: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Oberstdorf, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

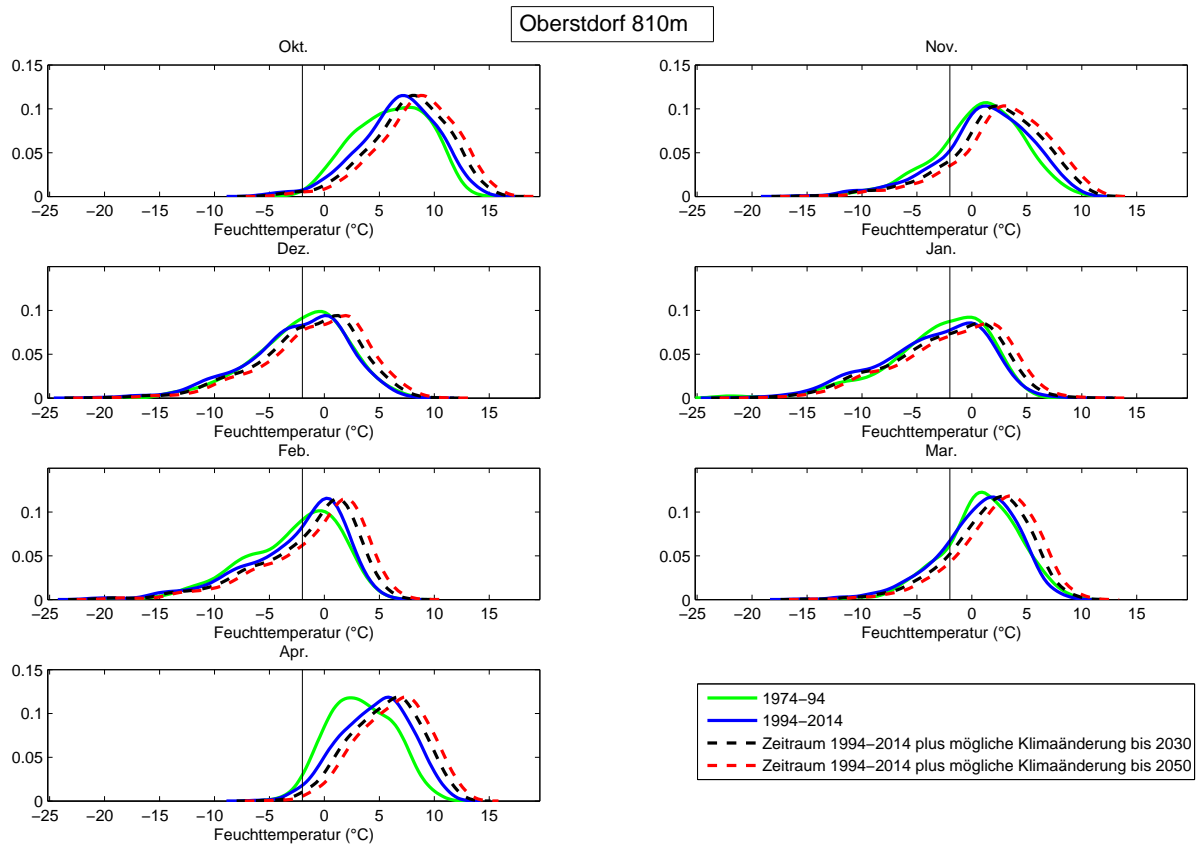


Abbildung 4.24: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um $1,8^{\circ}\text{C}$. Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchttemperatur unter -2°C pro Monat, Oberstdorf.

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Periode							
1974-1994	0,1	6,6	14,8	16,9	14,0	5,7	0,6
1994-2014	0,6	5,7	15,6	17,6	12,6	6,7	0,7
mit Klimaänderung bis 2030	0,5	4,7	13,1	15,2	10,5	4,8	0,2
mit Klimaänderung bis 2050	0,3	3,6	10,7	13,5	9,2	4,1	0,1
Abnahme bis 2050 in Tagen	0,3	2,1	4,9	4,1	3,4	2,6	0,6
Abnahme bis 2050 in %	55	37	31	23	27	39	86

Tabelle 4.6: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1974-94, 1994-2014 und 1994-2014 mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

4.7 Fichtelberg (1213 m)

4.7.1 Naturschnee

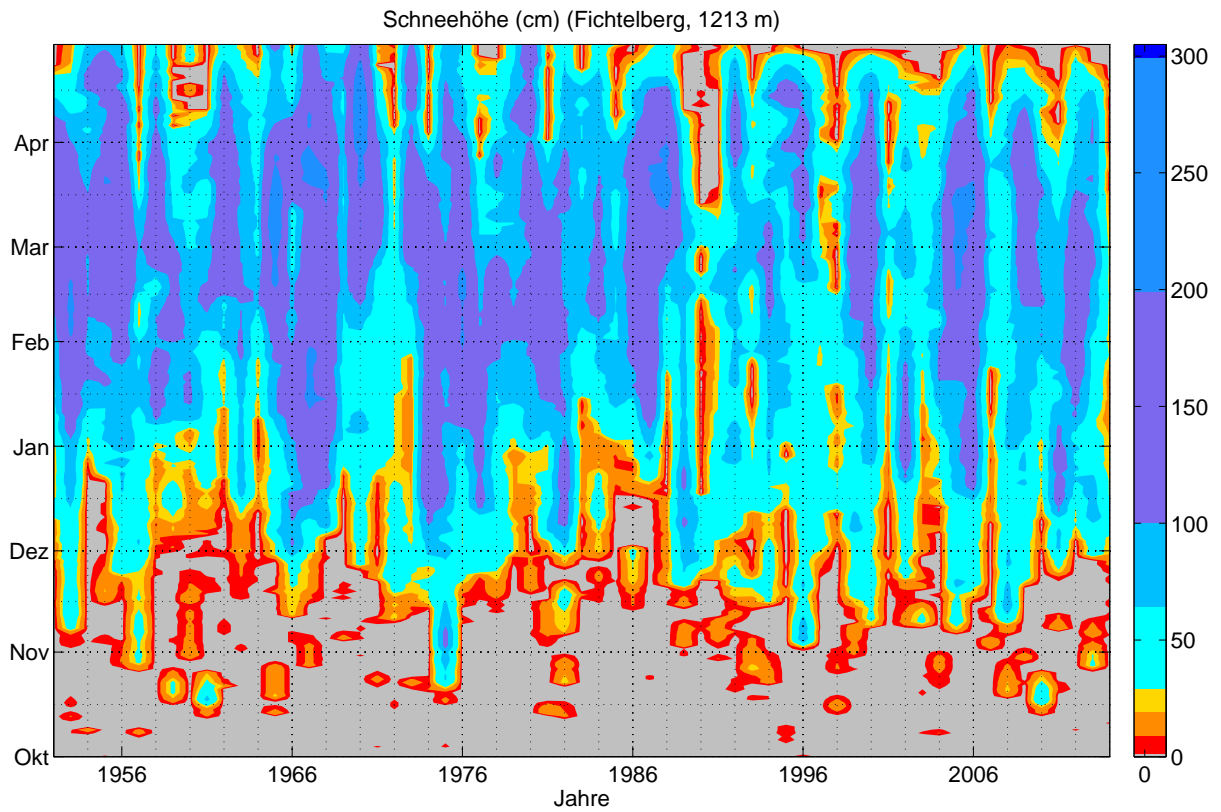


Abbildung 4.1: Tageswerte der Schneehöhe, Fichtelberg, Okt.-Apr. 1951-2014. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt.

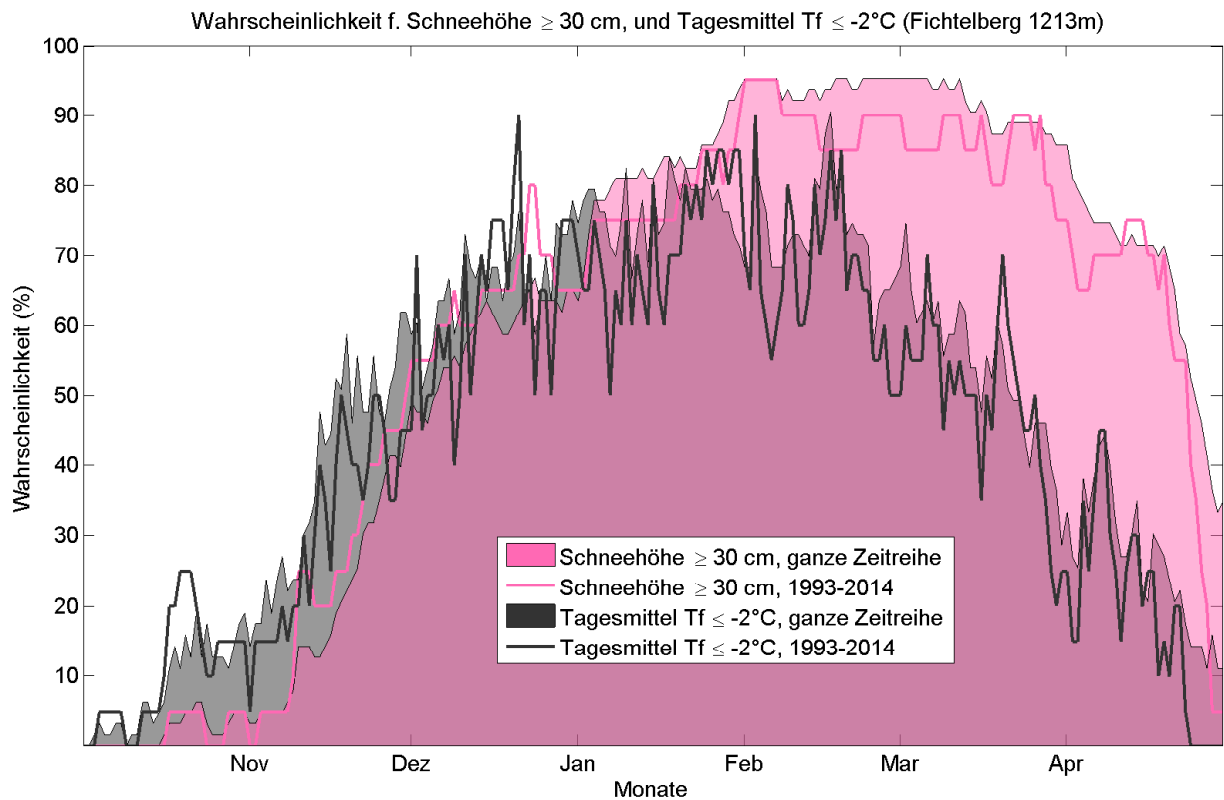


Abbildung 4.2: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchtttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Beschneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (T_f ab 1951, Schnee ab 1951).

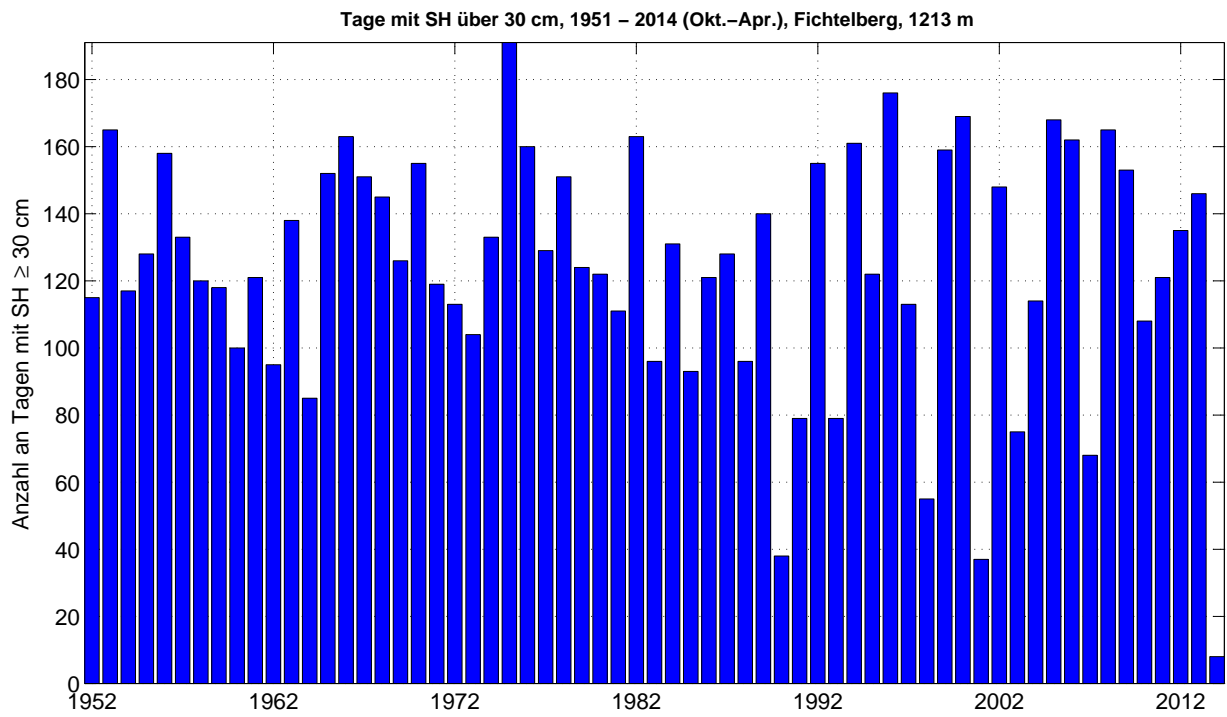


Abbildung 4.3: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1951-2014

4.7.2 Langzeitanalyse - Trends und Klima

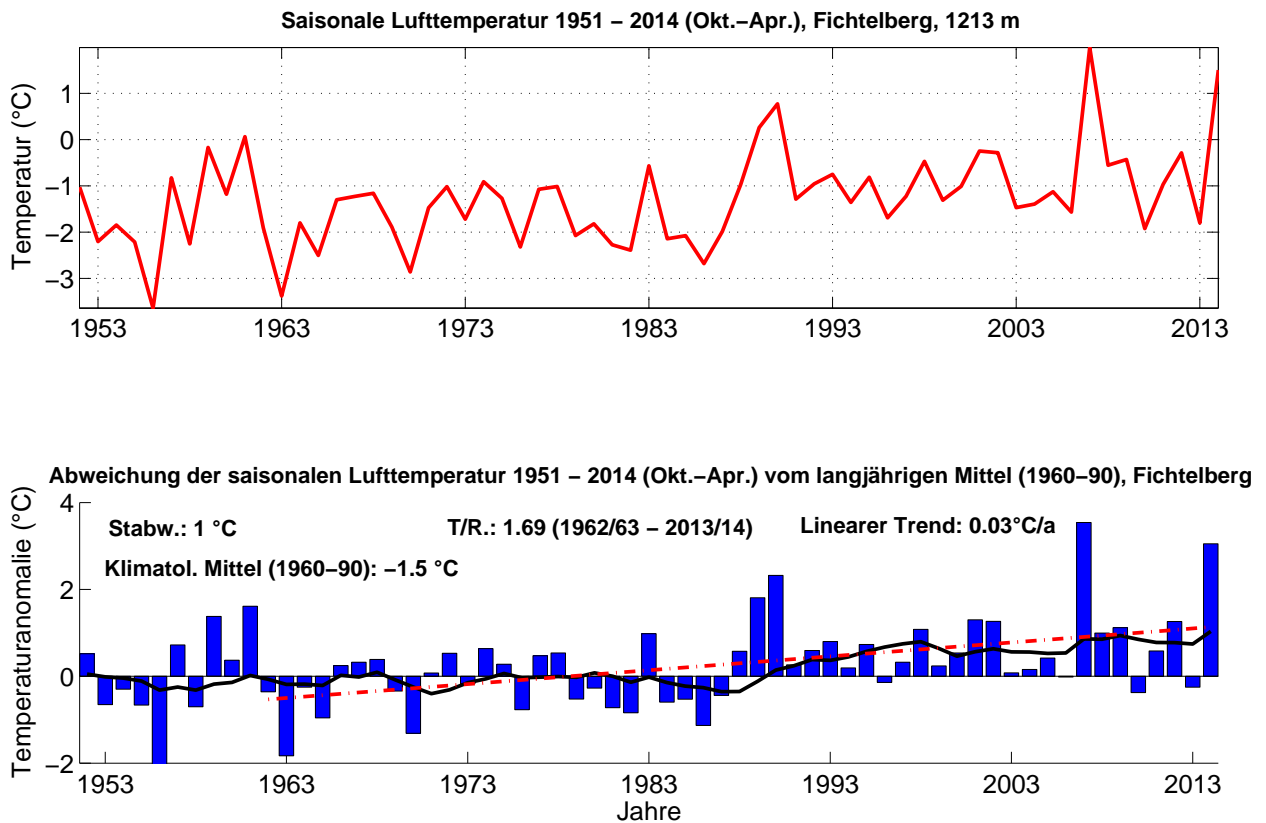


Abbildung 4.4: Langzeitanalyse der saisonalen Lufttemperatur, Fichtelberg, Okt.-Apr. 1951-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 1962 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

Die mittlere Lufttemperatur zeigt seit 1962/63 einen signifikanten Anstieg um $+0,03 \text{ °C}$ pro Jahr (Gesamterwärmung: $1,5 \text{ °C}$) Siehe Abb. 4.4.

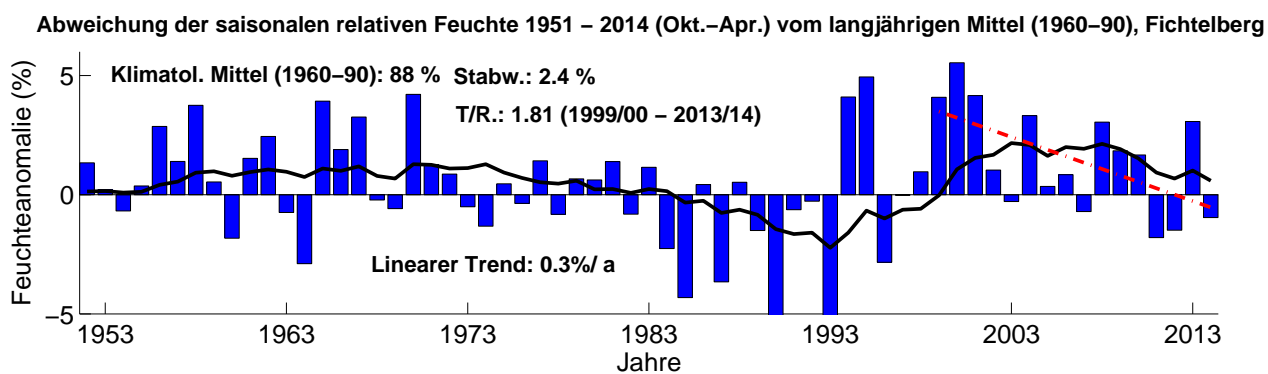
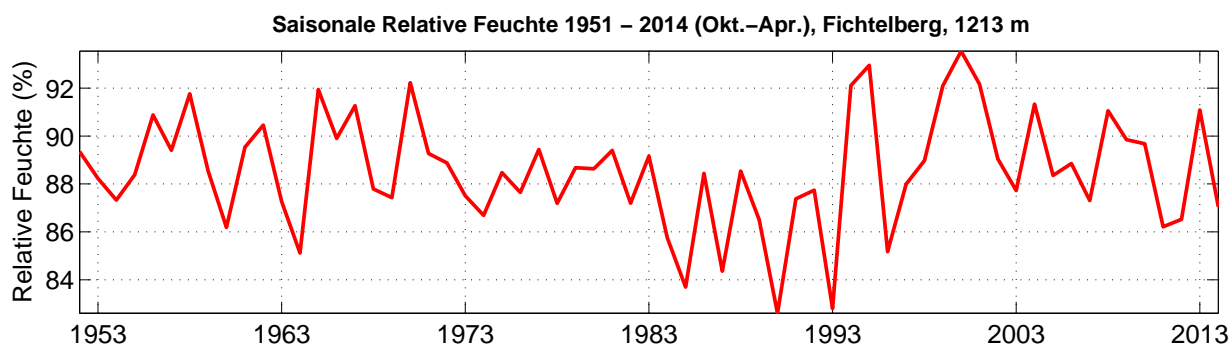


Abbildung 4.5: Langzeitanalyse der saisonalen relativen Feuchte, Fichtelberg, Okt.-Apr. 1951-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

Die relative Feuchte unterliegt starken intersaisonalen Schwankungen. Seit 1999/00 wurde es pro Jahr um 0,3% trockener. Siehe Abb. 4.5.

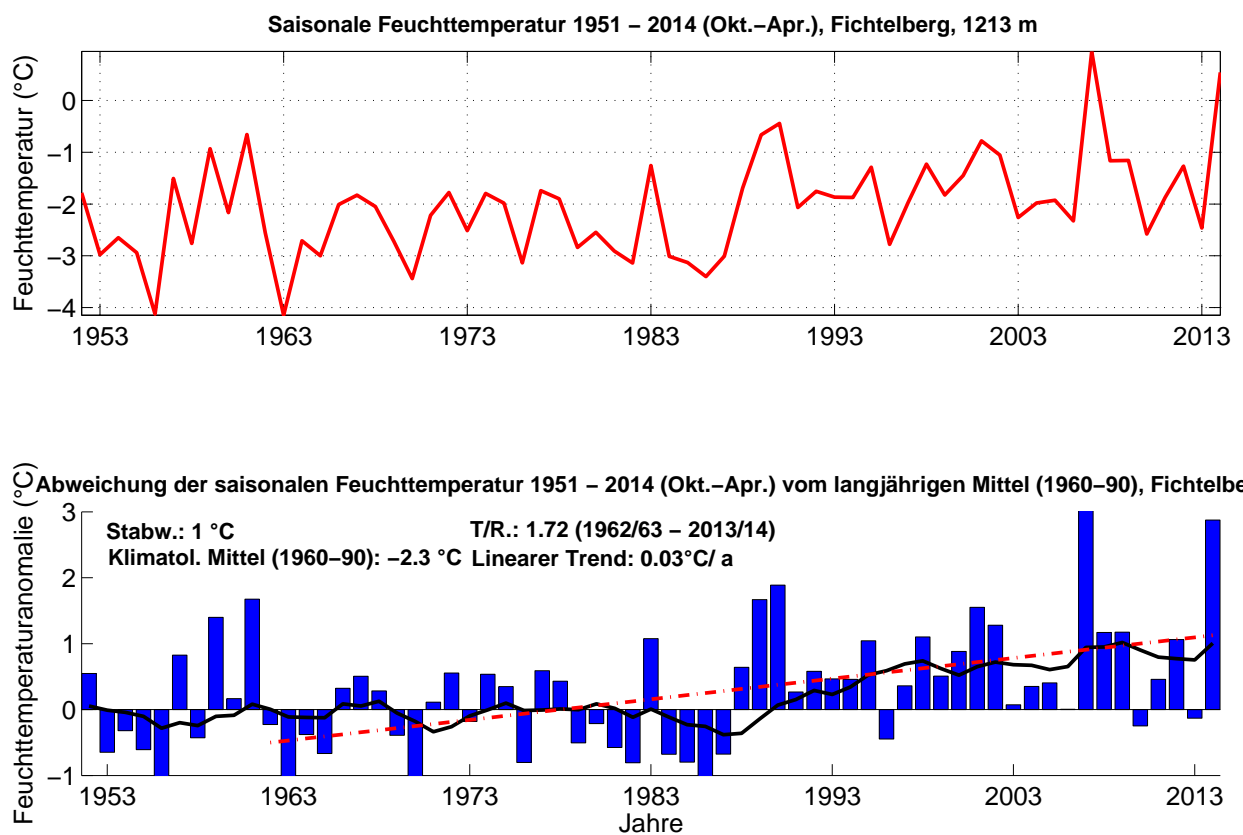


Abbildung 4.6: Langzeitanalyse der saisonalen Feuchttemperatur, Fichtelberg, Okt.-Apr. 1951-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Den deutlichsten Trend gibt es von 1962 bis 2014. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

Die Feuchttemperatur zeigt ähnliche Schwankungen wie die Lufttemperatur und ist ebenfalls seit 1962/63 um $+0,03\text{ °C}$ pro Jahr angestiegen. 2006/07 und 2013/14 stechen deutlich als positive Extremsaisonen hervor. Die Abweichung entspricht in diesen Jahren knapp dem 3-fachen der natürlichen Schwankung. Siehe Abb. 4.6.

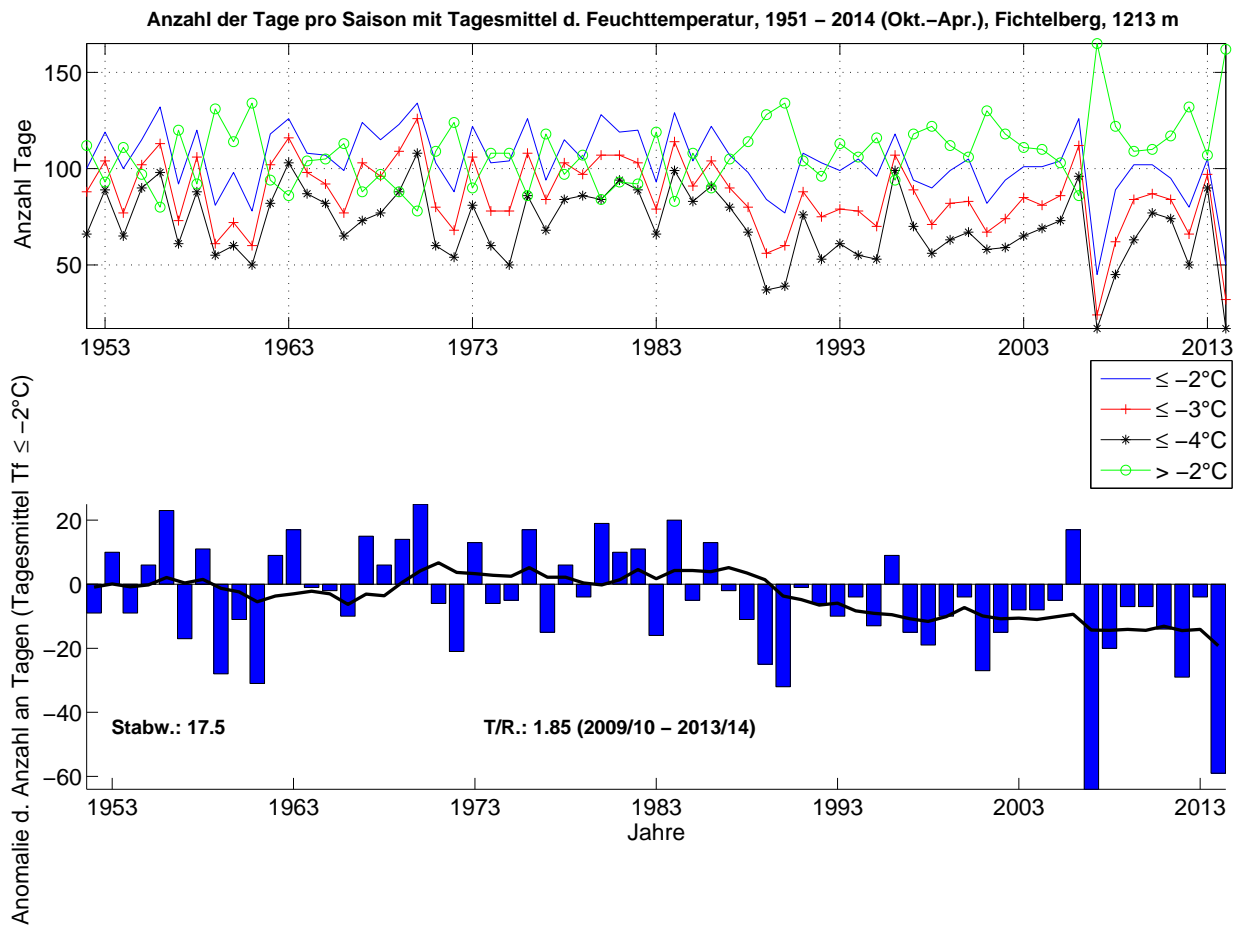


Abbildung 4.7: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur von -2°C , -3°C und -4°C , bzw. Überschreitung von -2°C , Periode 1951-2014, Fichtelberg. Abweichung vom langjährigen Mittel für Tagesmittel $\leq -2^{\circ}\text{C}$ (unten).

Entwicklung der Feuchttemperatur

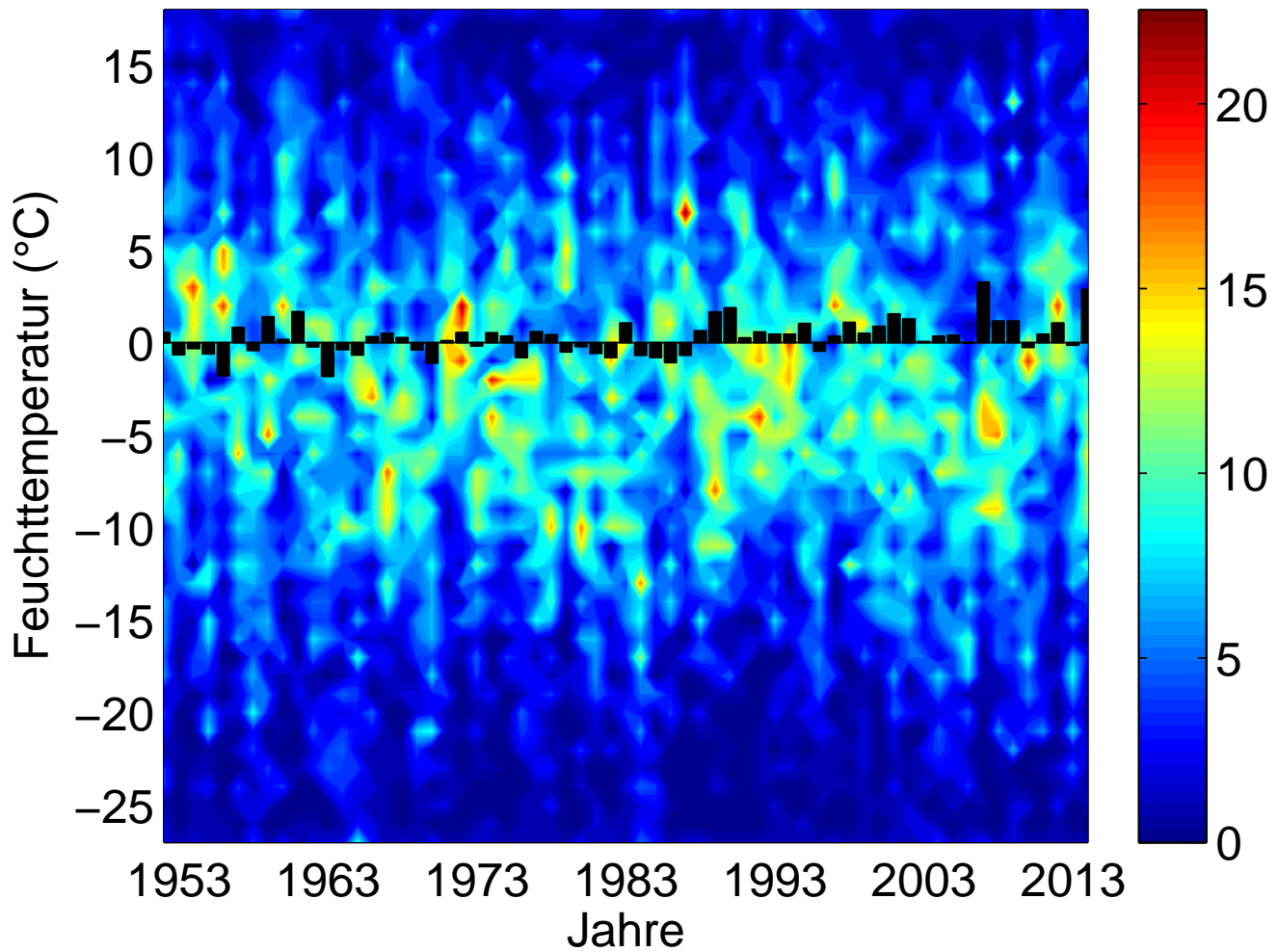


Abbildung 4.8: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1951-2014, Fichtelberg. Die schwarzen Balken zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel (1960-90).

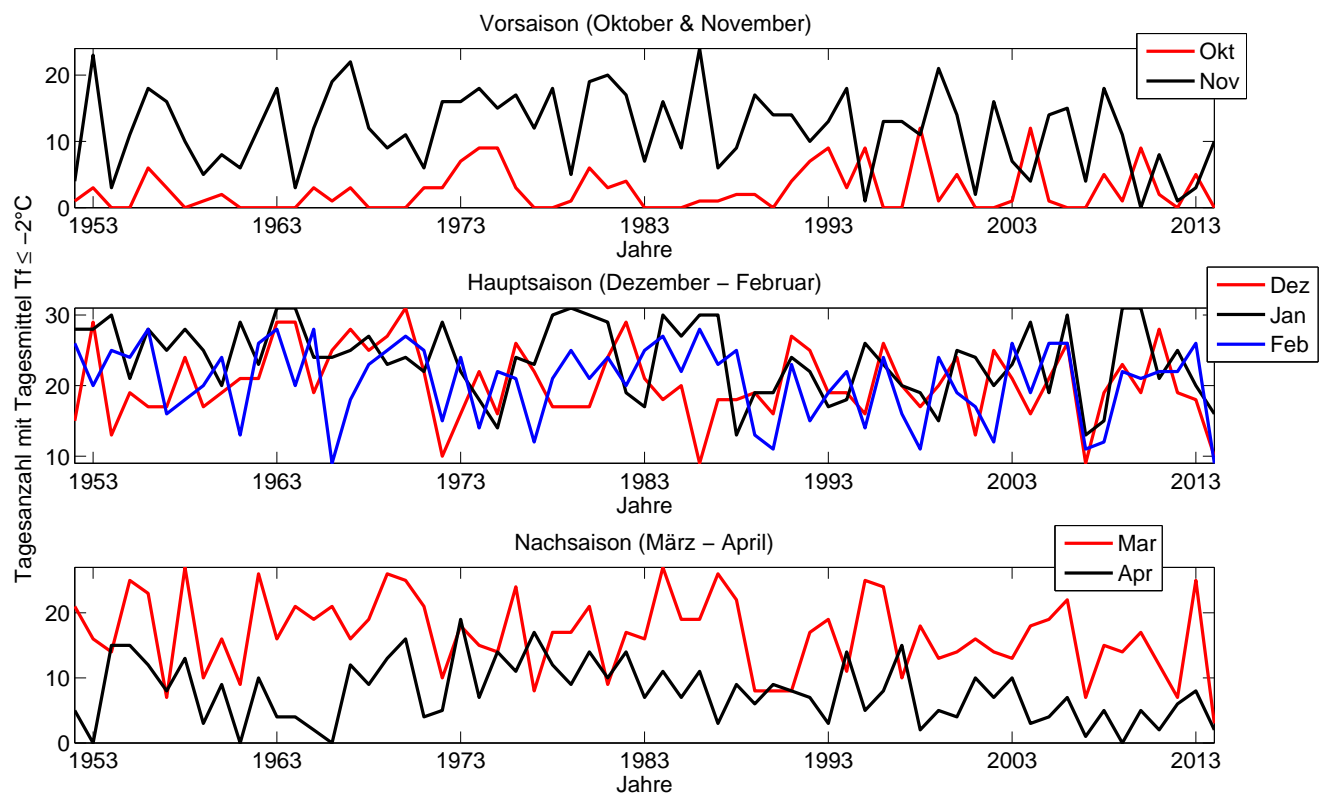


Abbildung 4.9: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Schneitagen pro Saison, nach Monaten.

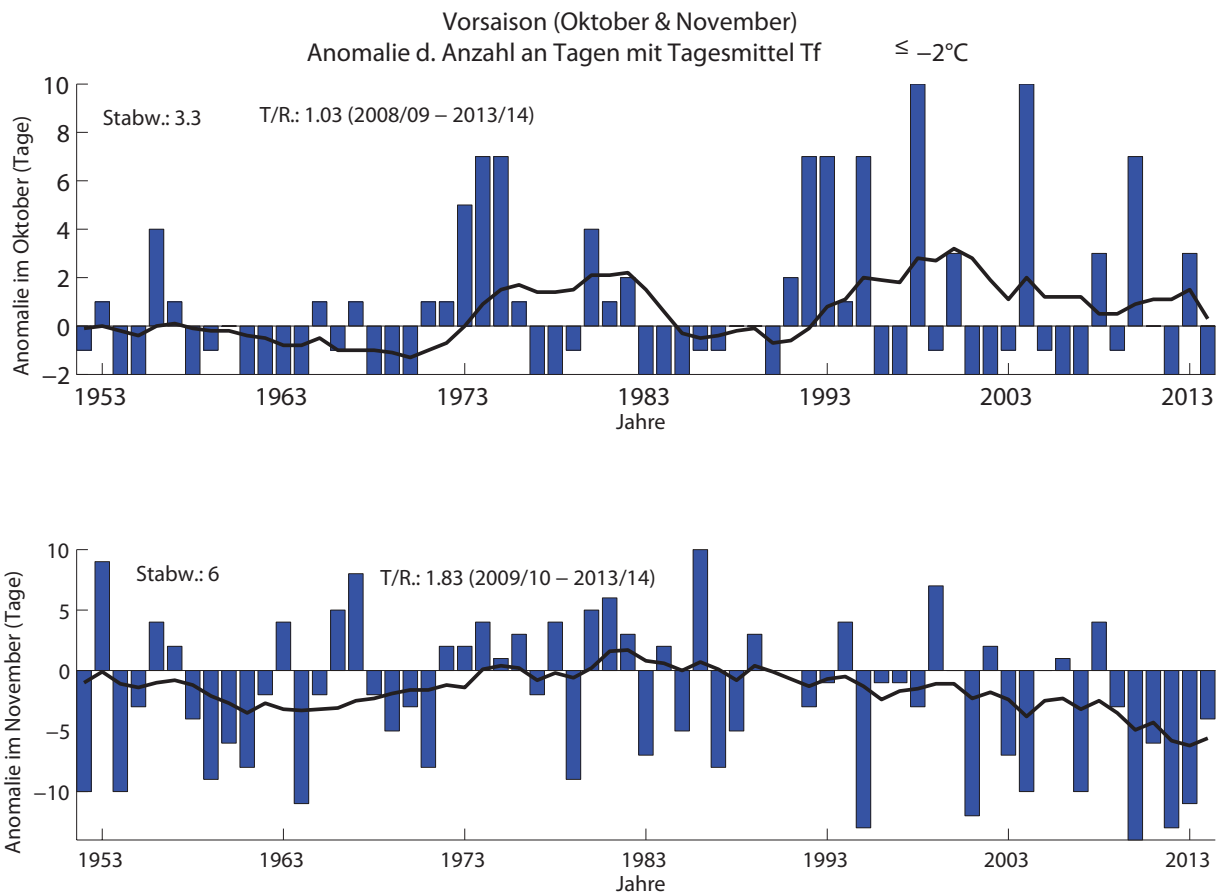


Abbildung 4.10: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Oktober und November (Vorsaison).

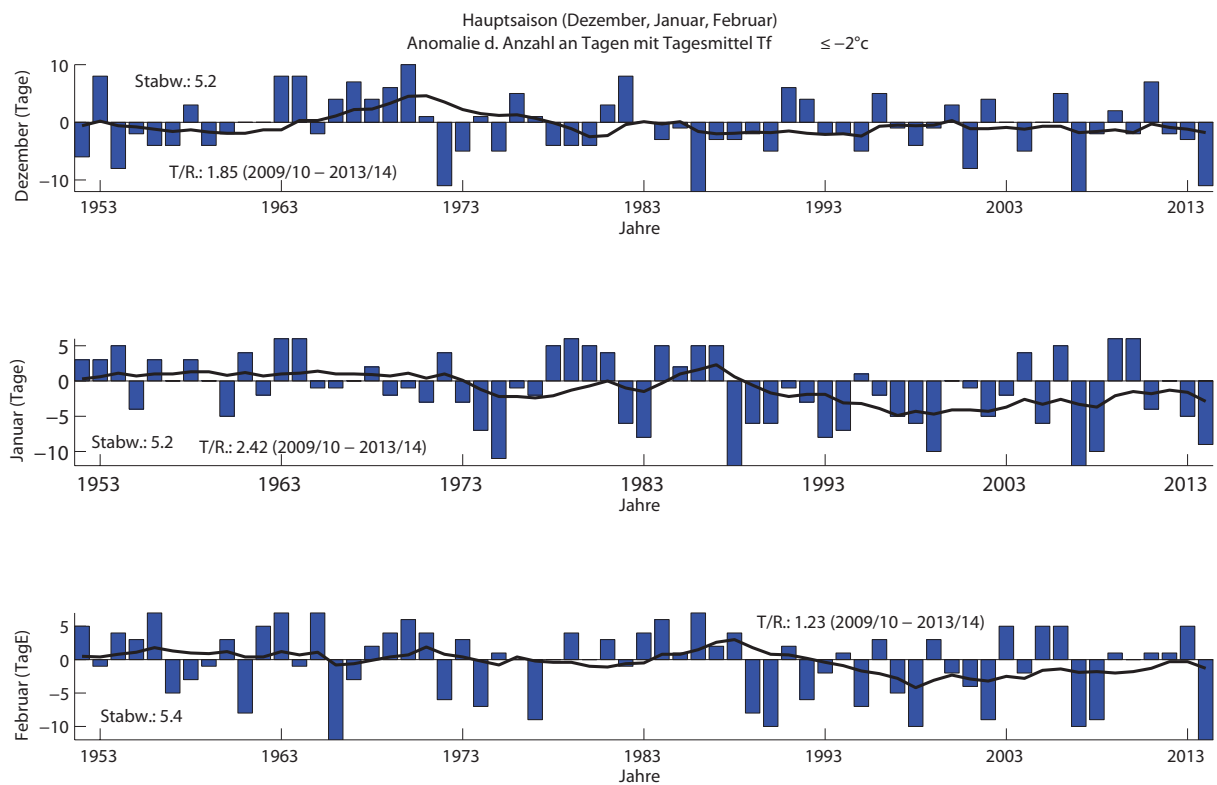


Abbildung 4.11: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Dezember, Januar und Februar (Hauptsaison).

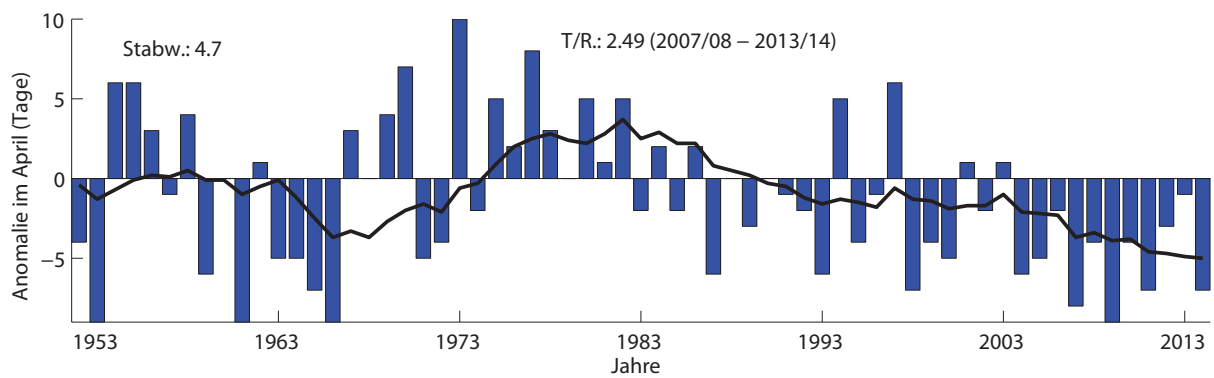
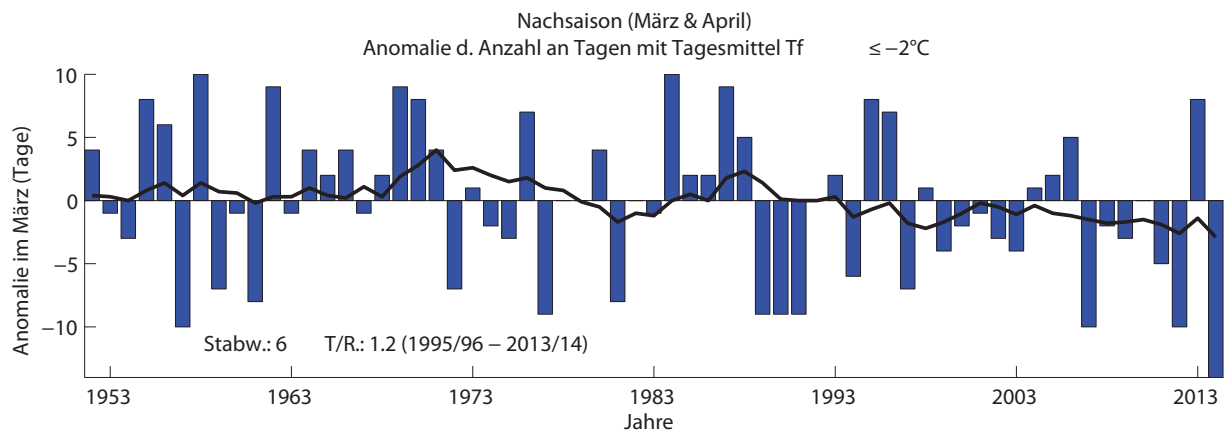


Abbildung 4.12: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt n Monate: März und April (Nachsaison).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1951 – 2014) ,Fichtelberg 1213 m

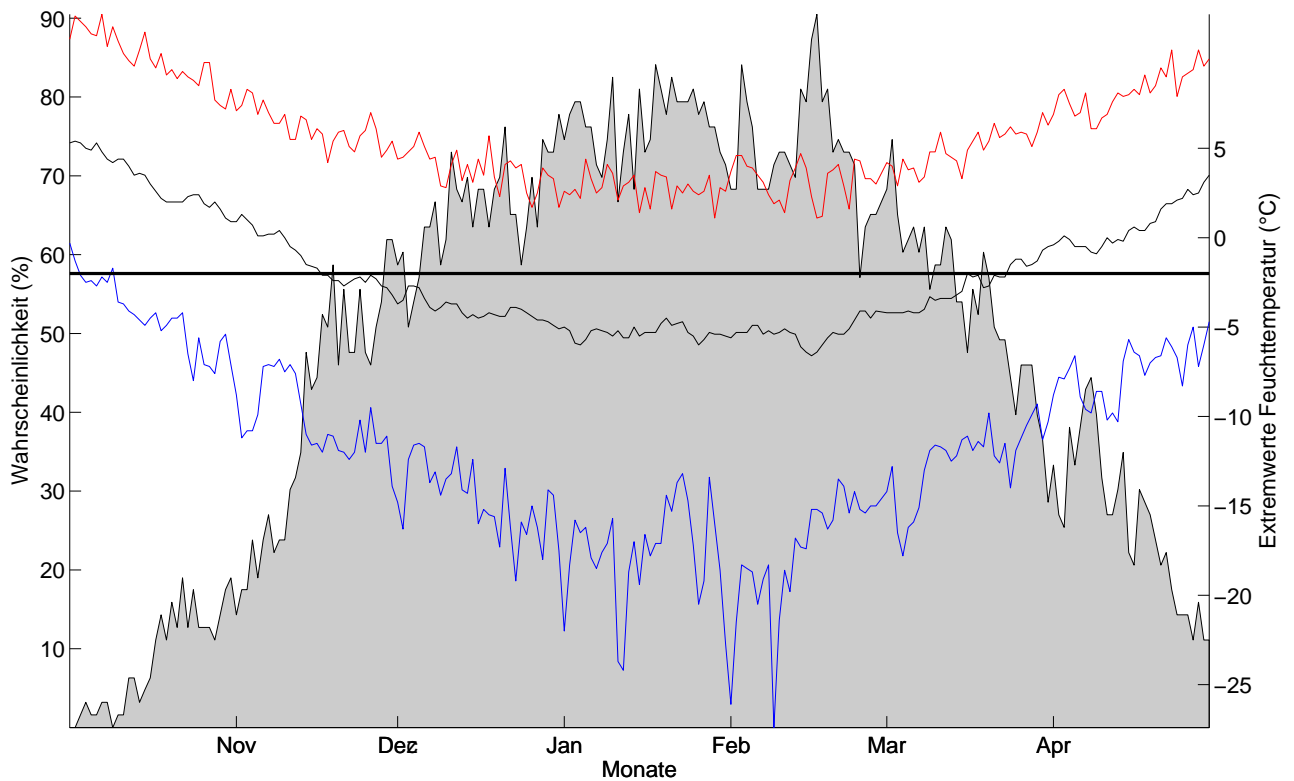


Abbildung 4.13: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Fichtelberg, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1951-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), Fichtelberg 1213m

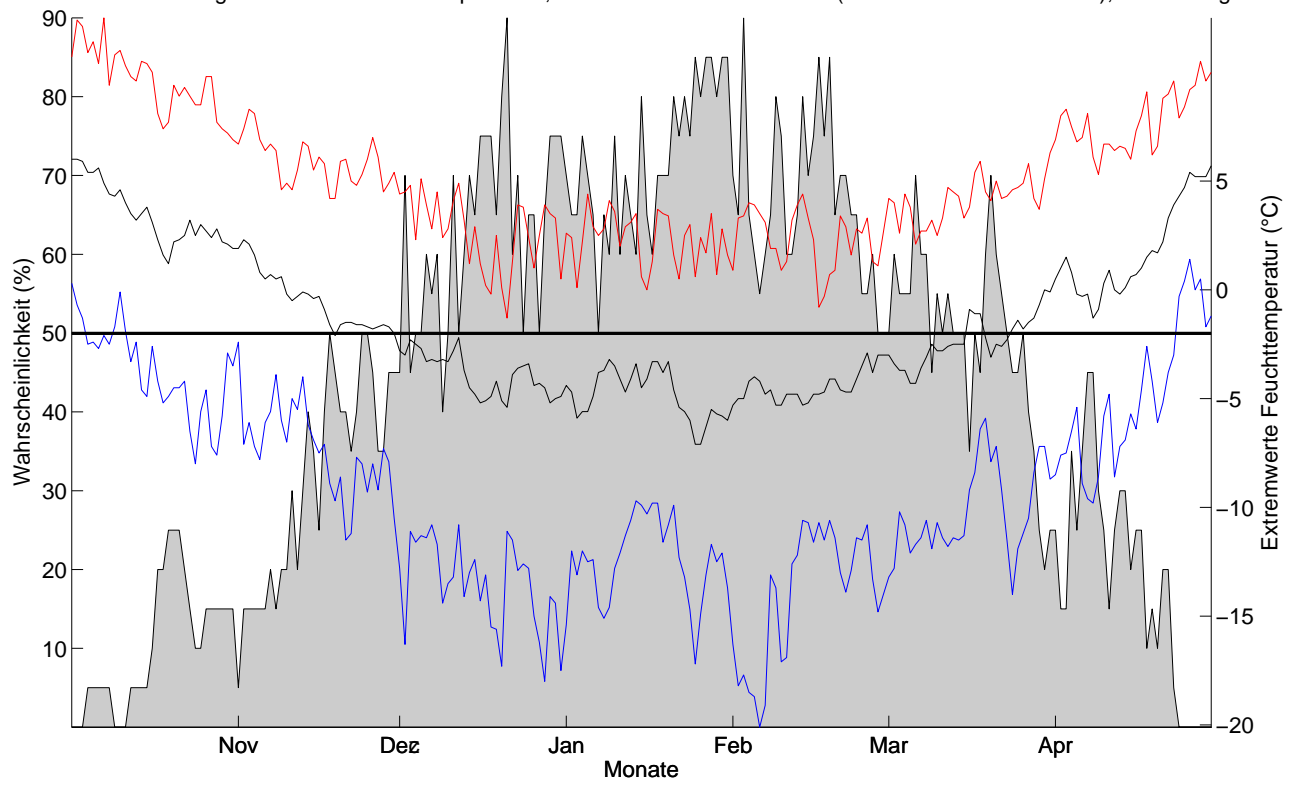


Abbildung 4.14: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Fichtelberg, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

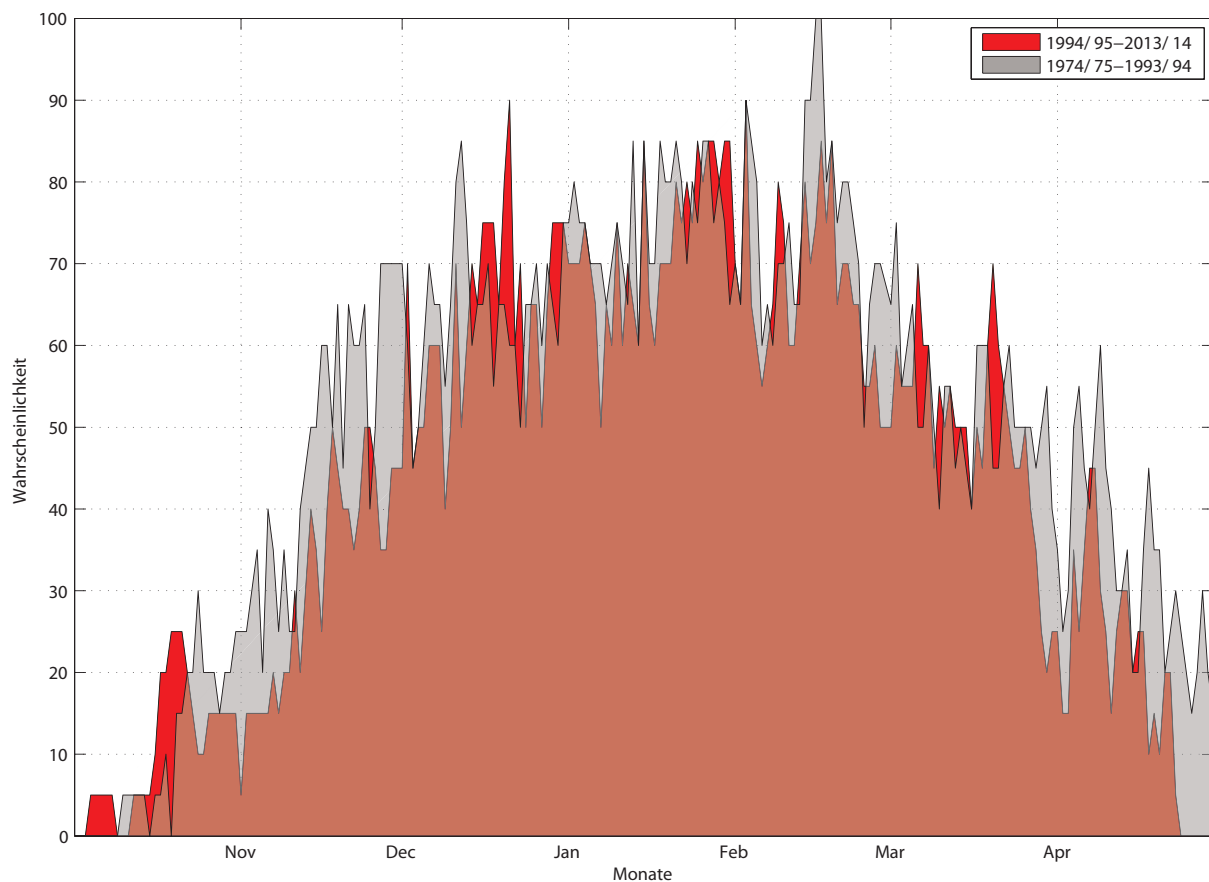


Abbildung 4.15: Vergleich Beschneigungswahrscheinlichkeit (Tagesmittelwert $T_f \leq -2^\circ\text{C}$) der letzten 20 Jahre mit den 20 Jahren davor für alle Tage der Saison (1.10.-30.4.).

Im Mittel über die gesamte Saison gesehen, ist die Wahrscheinlichkeit, Beschneien zu können, in den letzten 20 Jahren im Vergleich zu den 20 Jahren davor von 51% auf 44% gesunken. Verluste zeigen sich besonders im November und ab Mitte März. Siehe Abb. 4.15.

Beschneitage Fichtelberg pro Saison und Monat

Mittelwert	3	12	21	24	21	17	8
SD	3	6	5	5	5	6	5
Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
1951/52	1	4	15	28	26	21	5
1952/53	3	23	29	28	20	16	0
1953/54	0	3	13	30	25	14	15
1954/55	0	11	19	21	24	25	15
1955/56	6	18	17	28	28	23	12
1956/57	3	16	17	25	16	7	8
1957/58	0	10	24	28	18	27	13
1958/59	1	5	17	25	20	10	3
1959/60	2	8	19	20	24	16	9
1960/61	0	6	21	29	13	9	0
1961/62	0	12	21	23	26	26	10
1962/63	0	18	29	31	28	16	4
1963/64	0	3	29	31	20	21	4
1964/65	3	12	19	24	28	19	2
1965/66	1	19	25	24	9	21	0
1966/67	3	22	28	25	18	16	12
1967/68	0	12	25	27	23	19	9
1968/69	0	9	27	23	25	26	13
1969/70	0	11	31	24	27	25	16
1970/71	3	6	22	22	25	21	4
1971/72	3	16	10	29	15	10	5
1972/73	7	16	16	22	24	18	19
1973/74	9	18	22	18	14	15	7
1974/75	9	15	16	14	22	14	14
1975/76	3	17	26	24	21	24	11
1976/77	0	12	22	23	12	8	17
1977/78	0	18	17	30	21	17	12
1978/79	1	5	17	31	25	17	9
1979/80	6	19	17	30	21	21	14
1980/81	3	20	24	29	24	9	10

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

1981/82	4	17	29	19	20	17	14
1982/83	0	7	21	17	25	16	7
1983/84	0	16	18	30	27	27	11
1984/85	0	9	20	27	22	19	7
1985/86	1	24	9	30	28	19	11
1986/87	1	6	18	30	23	26	3
1987/88	2	9	18	13	25	22	9
1988/89	2	17	19	19	13	8	6
1989/90	0	14	16	19	11	8	9
1990/91	4	14	27	24	23	8	8
1991/92	7	10	25	22	15	17	7
1992/93	9	13	19	17	19	19	3
1993/94	3	18	19	18	22	11	14
1994/95	9	1	16	26	14	25	5
1995/96	0	13	26	23	24	24	8
1996/97	0	13	20	20	16	10	15
1997/98	12	11	17	19	11	18	2
1998/99	1	21	20	15	24	13	5
1999/00	5	14	24	25	19	14	4
2000/01	0	2	13	24	17	16	10
2001/02	0	16	25	20	12	14	7
2002/03	1	7	21	23	26	13	10
2003/04	12	4	16	29	19	18	3
2004/05	1	14	21	19	26	19	4
2005/06	0	15	26	30	26	22	7
2006/07	0	4	9	13	11	7	1
2007/08	5	18	19	15	12	15	5
2008/09	1	11	23	31	22	14	0
2009/10	9	0	19	31	21	17	5
2010/11	2	8	28	21	22	12	2
2011/12	0	1	19	25	22	7	6
2012/13	5	3	18	20	26	25	8

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

2013/14	0	10	10	16	9	3	2
----------------	---	----	----	----	---	---	---

Tabelle 4.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1951 - 2014, Fichtelberg.

4.7.3 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

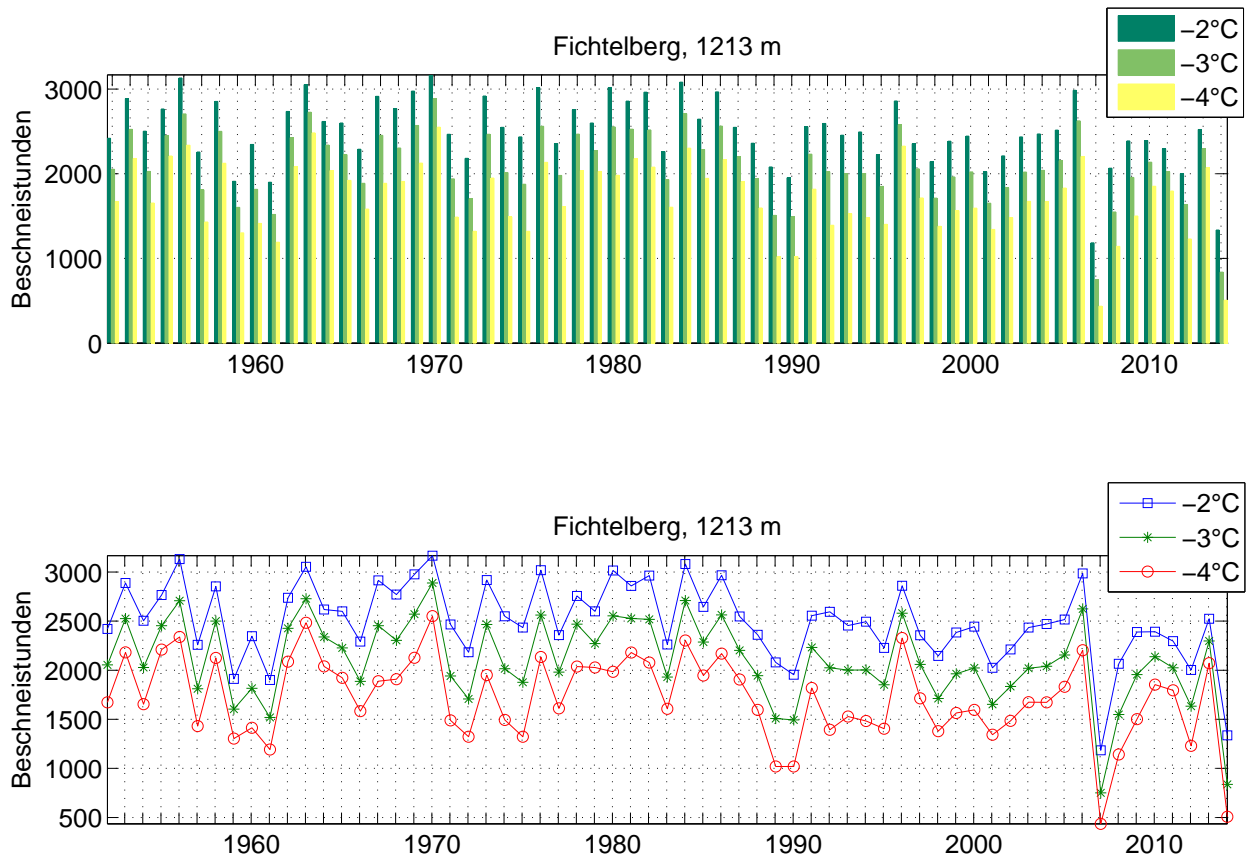
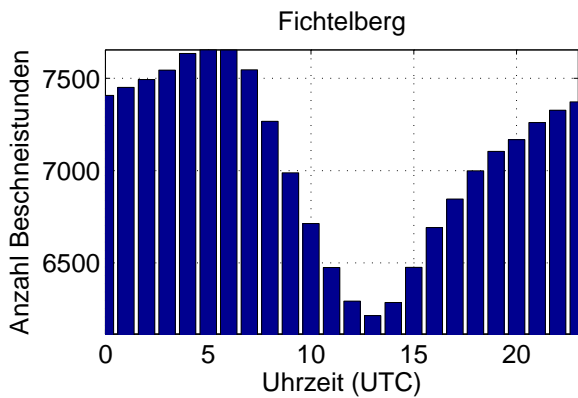
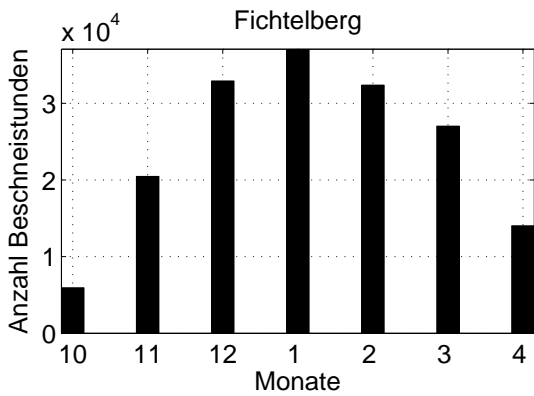
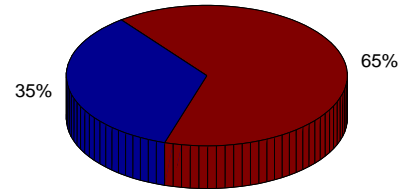


Abbildung 4.16: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 394 Stunden (16 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es in den letzten 62 Saisons (Okt.-Apr.) im Mittel 2500 potentielle Beschneistunden (ca. 104 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 394 Stunden (ca. 16 Tage). Siehe Abb. 4.16.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

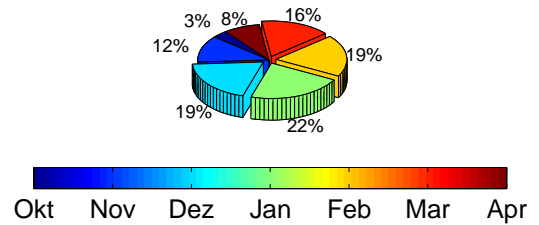


Abbildung 4.17: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

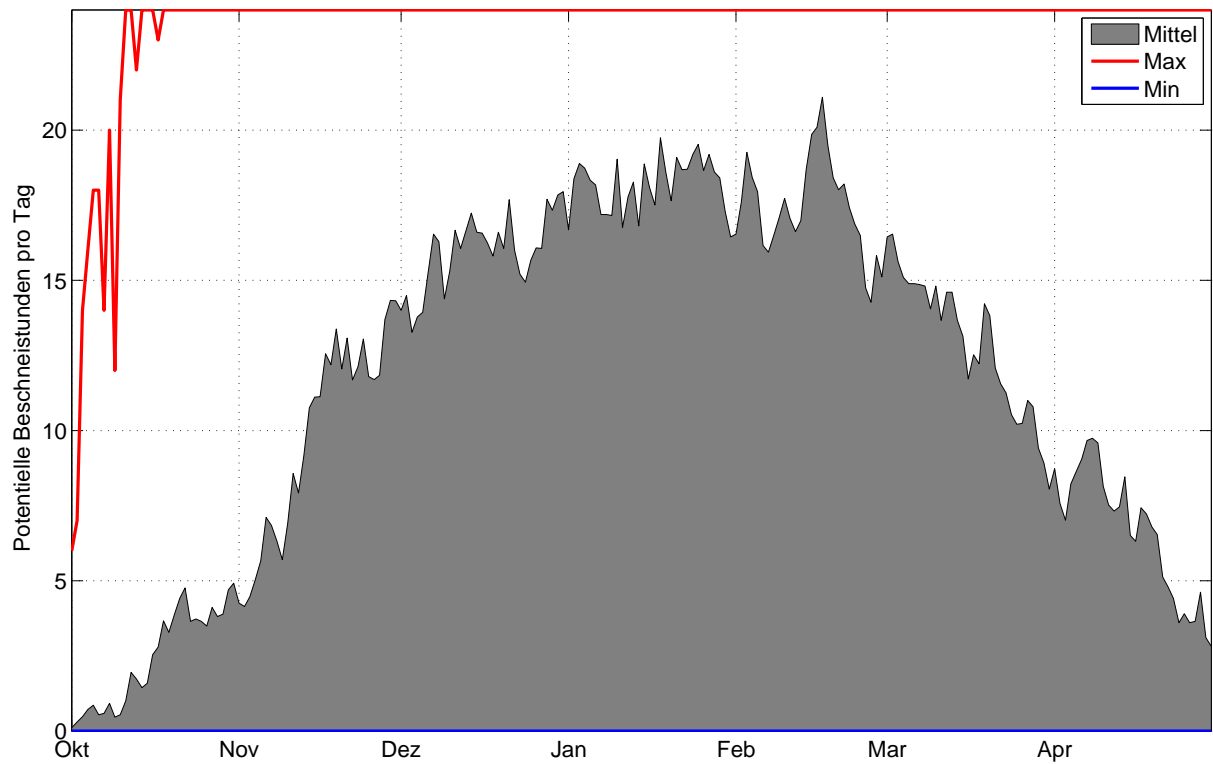


Abbildung 4.18: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1951-2014, Station Fichtelberg, 1213 m.

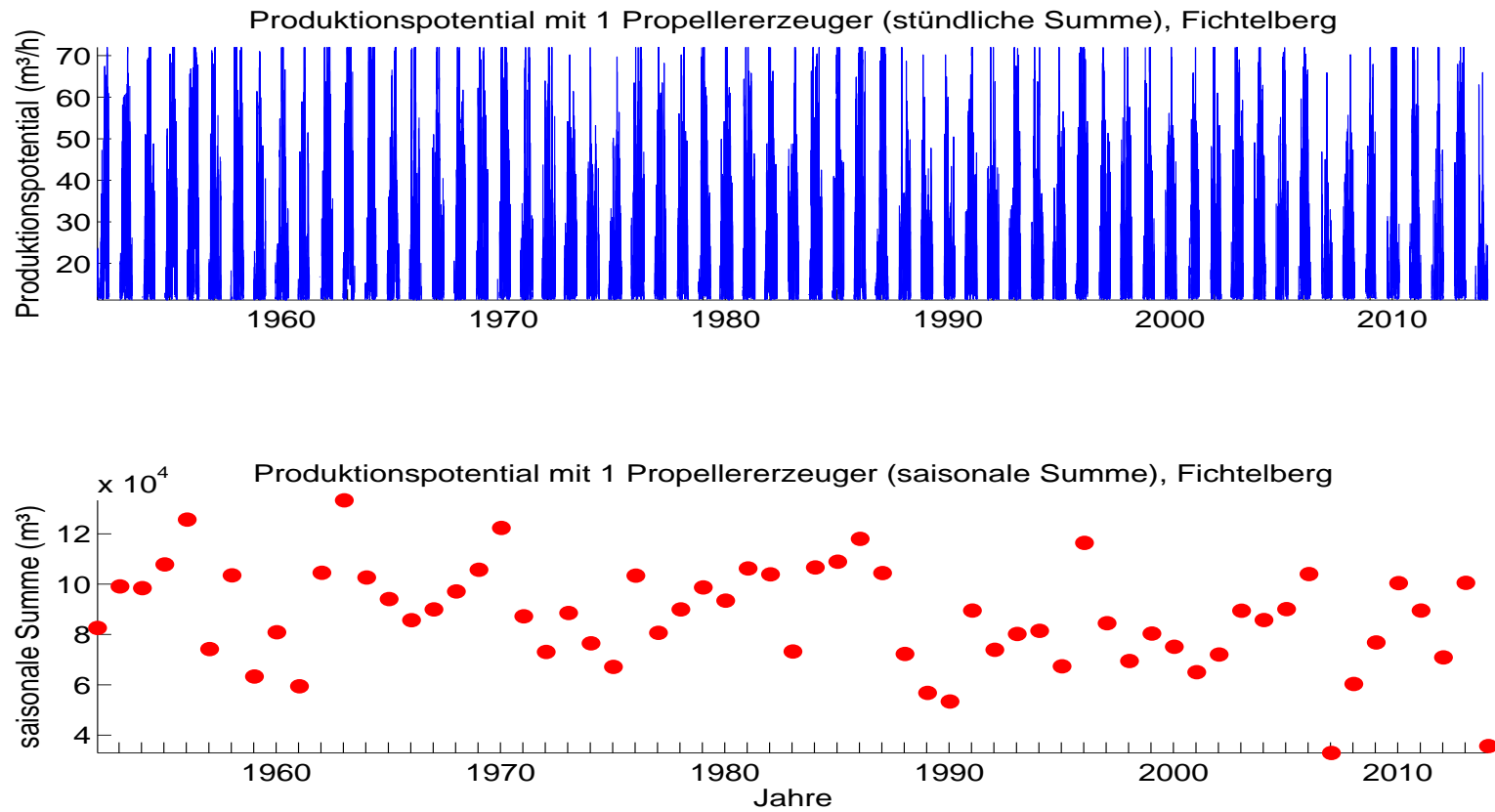


Abbildung 4.19: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

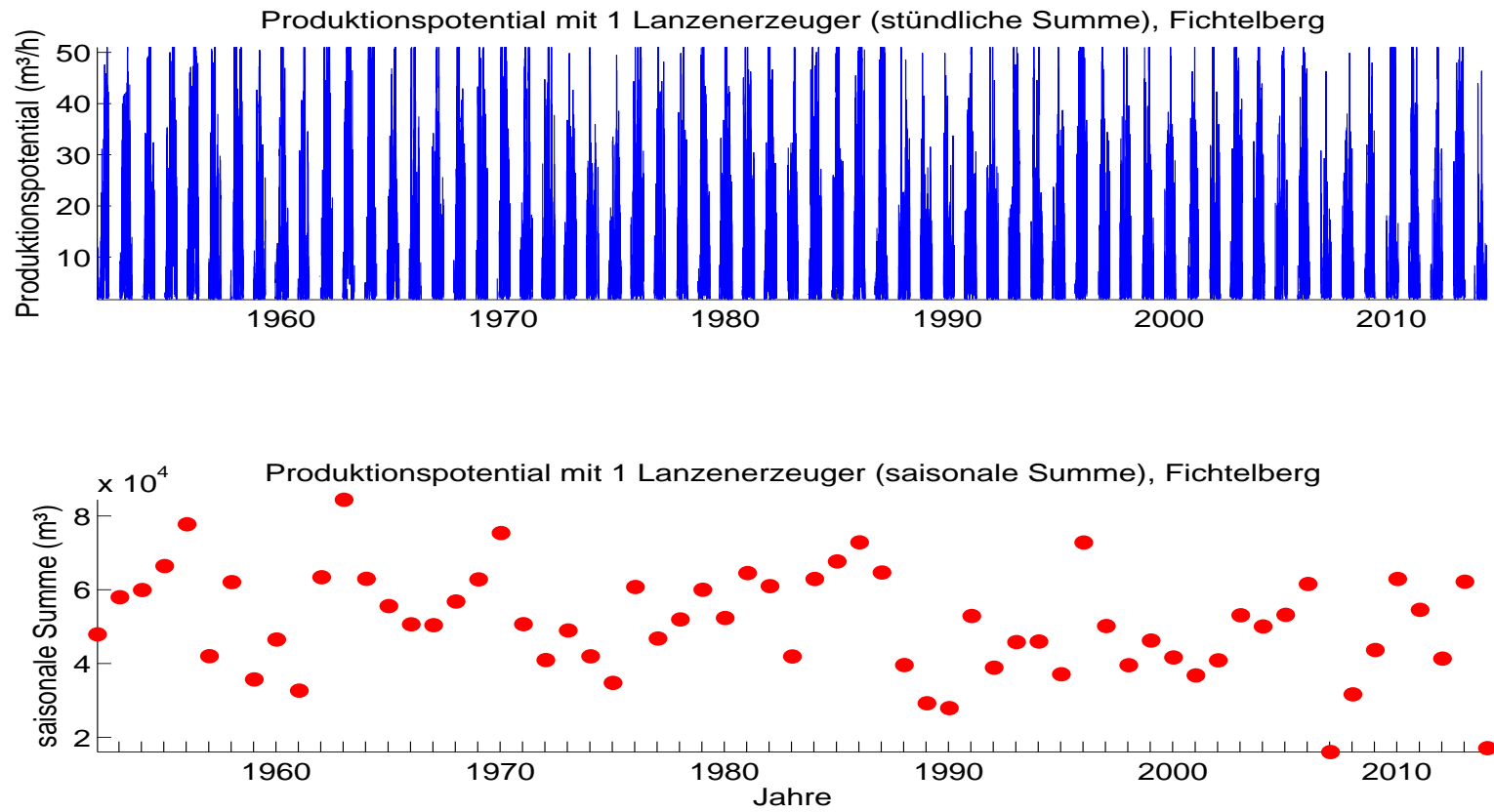


Abbildung 4.20: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 20052 m^3 (Propellergerät), bzw. 13944 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 92623 m^3 (Propellergerät), bzw. 78183 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 32 ha (Propellergerät), bzw. ca. 27 ha (Lanze) eine Grundbeschnegung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 4.19 und 4.20.

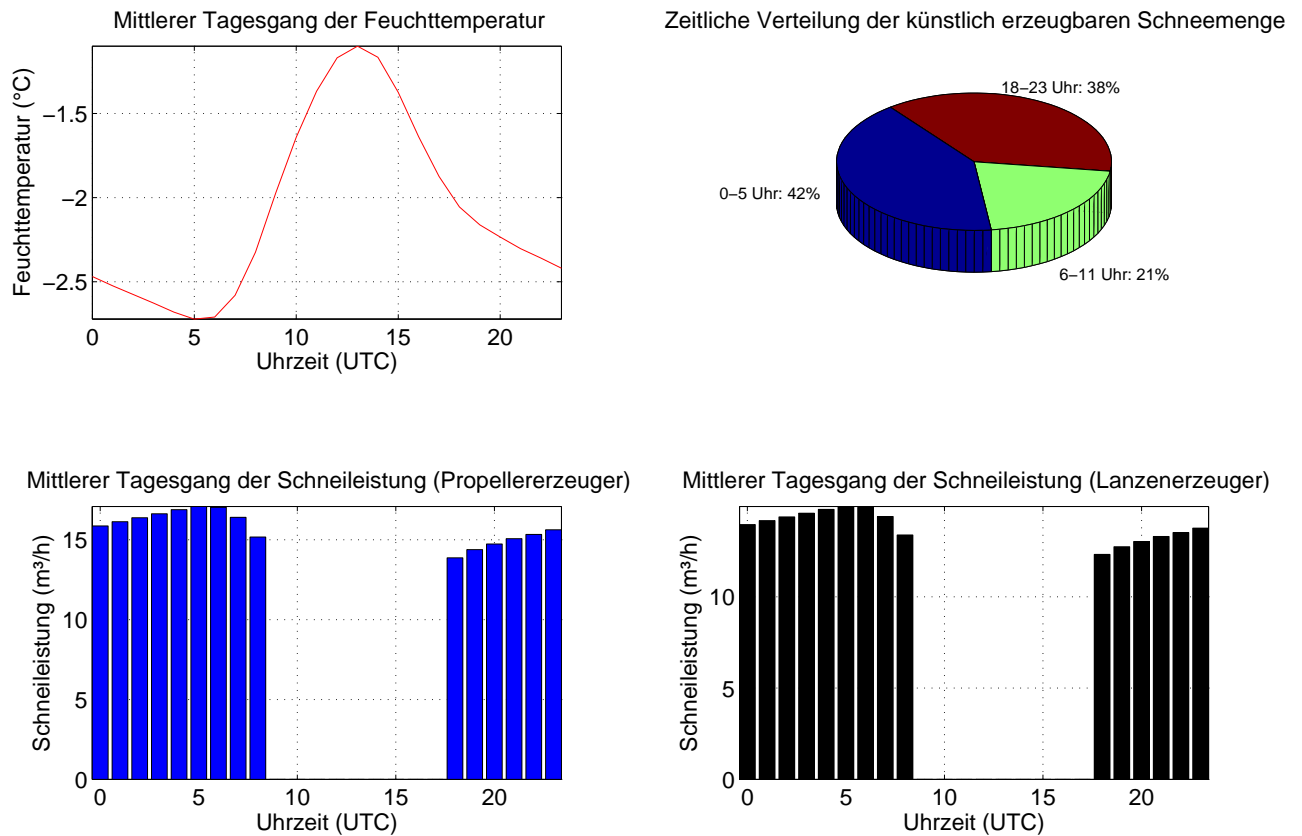


Abbildung 4.21: Mittlerer Tagesgang der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1951-2014, Fichtelberg, 1213 m.

Die künstlich erzeugbare Schneemenge ist zwischen 0 und 5 Uhr UTC am höchsten (42%). Von 12-17 Uhr UTC kann nicht beschneit werden. An einem durchschnittlichen Tag können mit einem Propellererzeuger 10 m³/h, mit einem Lanzenerzeuger 9 m³/h produziert werden. Siehe Abb. 4.21.

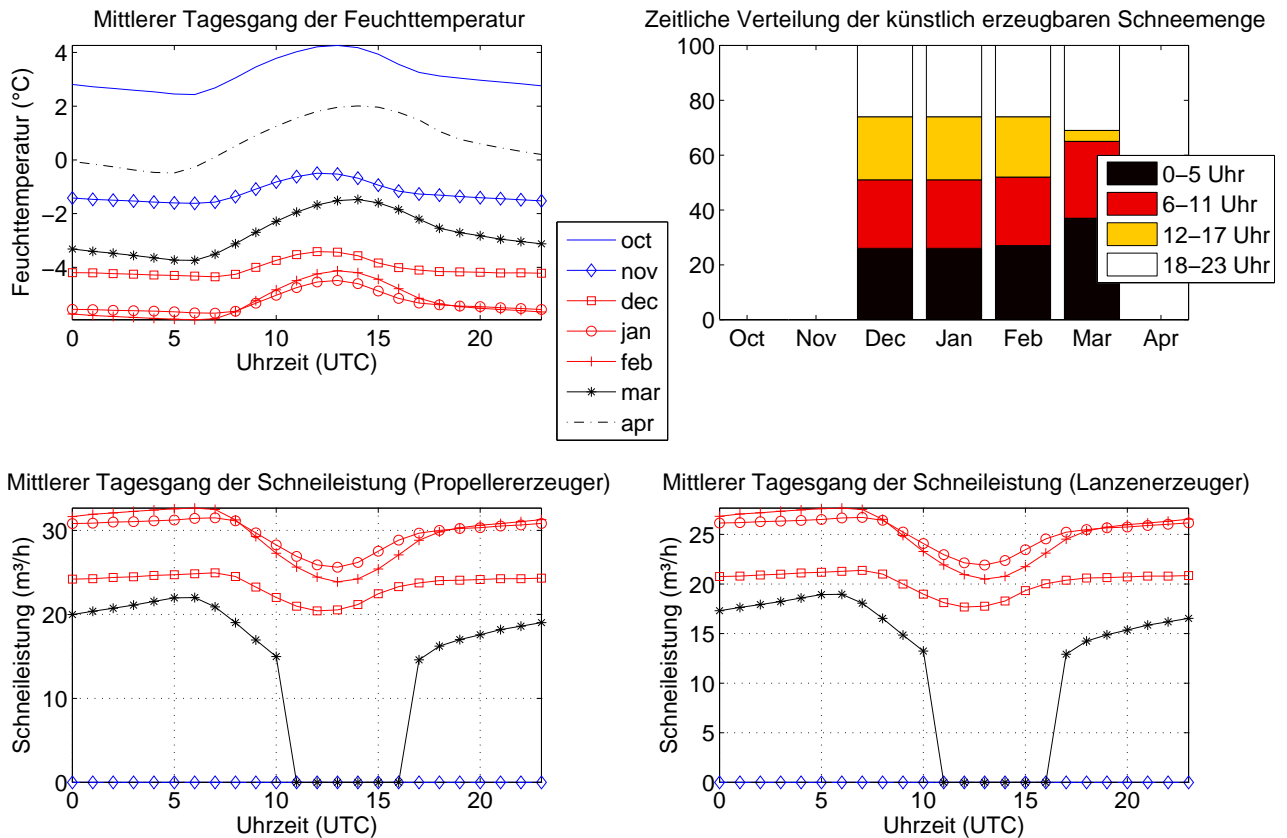


Abbildung 4.22: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1951-2014, Fichtelberg, 1213 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

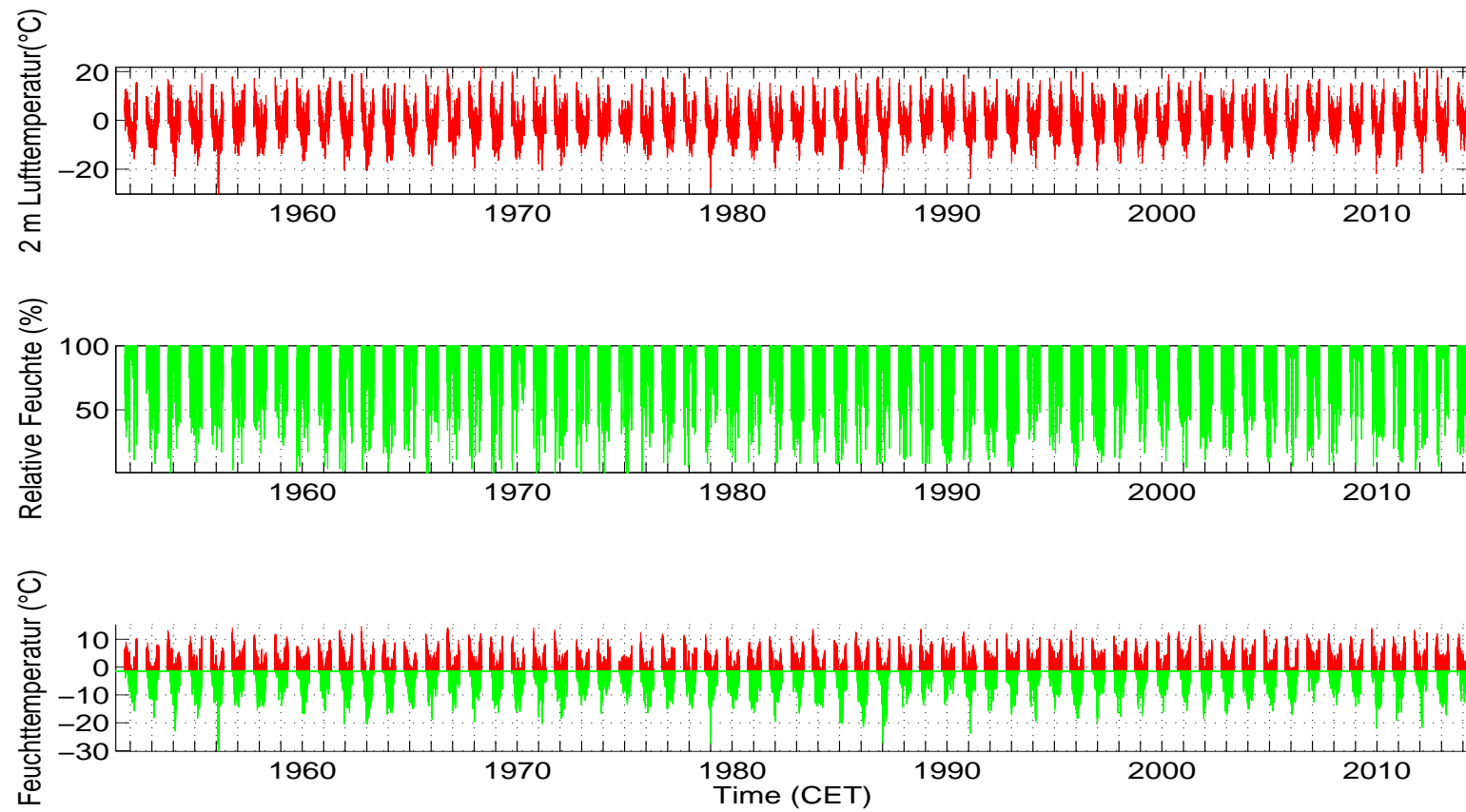


Abbildung 4.23: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Klimaparameter Fichtelberg								
	Klimaparameter (Saisonmittel, Fichtelberg)			Schneitage	Schneistunden mit versch. Grenztemp.			
	Lufttemp. (°C)	Rel. Feuchte (%)	Feuchttemp.(°C)		-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	-1,3	88,5	-2,1	104	2696	2500	2100	1718
SD	1,0	2,3	0,9	17	373	394	418	427
Saison								
1951/52	-1,0	89,4	-1,8	100	2617	2420	2054	1672
1952/53	-2,2	88,2	-3,0	119	3074	2888	2525	2181
1953/54	-1,8	87,7	-2,6	100	2726	2504	2028	1654
1954/55	-2,2	88,4	-2,9	115	2890	2766	2453	2210
1955/56	-3,6	90,9	-4,1	132	3309	3132	2708	2338
1956/57	-0,8	89,4	-1,5	92	2494	2258	1811	1431
1957/58	-2,3	91,8	-2,8	120	3000	2854	2501	2125
1958/59	-0,2	88,5	-0,9	81	2143	1912	1604	1303
1959/60	-1,2	86,2	-2,2	98	2611	2346	1816	1414
1960/61	0,1	89,5	-0,7	78	2126	1900	1519	1192
1961/62	-1,9	90,5	-2,6	118	2930	2737	2426	2087
1962/63	-3,4	87,3	-4,1	126	3251	3053	2728	2483
1963/64	-1,8	85,1	-2,7	108	2781	2618	2339	2038
1964/65	-2,5	91,9	-3,0	107	2847	2600	2227	1922
1965/66	-1,3	89,9	-2,0	99	2586	2291	1887	1583
1966/67	-1,2	91,3	-1,8	124	3092	2915	2454	1888
1967/68	-1,2	87,8	-2,1	115	3004	2770	2304	1909
1968/69	-1,9	87,8	-2,7	123	3147	2976	2571	2126

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

1969/70	-2,9	92,2	-3,4	134	3279	3167	2888	2550
1970/71	-1,5	89,3	-2,2	103	2748	2466	1941	1489
1971/72	-1,0	88,9	-1,8	88	2503	2183	1708	1322
1972/73	-1,7	87,5	-2,5	122	3129	2918	2466	1950
1973/74	-0,9	87,0	-1,8	103	2744	2549	2015	1493
1974/75	-1,3	88,5	-2,0	104	2692	2435	1877	1322
1975/76	-2,3	87,6	-3,1	126	3167	3019	2561	2135
1976/77	-1,1	89,4	-1,7	94	2553	2358	1981	1611
1977/78	-1,0	87,2	-1,9	115	2877	2757	2469	2037
1978/79	-2,1	88,7	-2,8	105	2751	2599	2271	2028
1979/80	-1,8	88,6	-2,5	128	3207	3016	2554	1983
1980/81	-2,3	89,4	-2,9	119	2972	2858	2527	2180
1981/82	-2,4	87,2	-3,1	120	3185	2964	2517	2078
1982/83	-0,6	89,2	-1,3	93	2398	2262	1931	1606
1983/84	-2,1	85,8	-3,0	129	3235	3082	2710	2302
1984/85	-2,1	83,7	-3,1	104	2828	2645	2286	1946
1985/86	-2,7	88,4	-3,4	122	3137	2967	2563	2169
1986/87	-2,0	84,4	-3,0	107	2743	2548	2202	1905
1987/88	-1,0	88,5	-1,7	98	2605	2361	1945	1596
1988/89	0,3	86,5	-0,7	84	2296	2080	1508	1020
1989/90	0,8	82,6	-0,4	77	2105	1954	1493	1020
1990/91	-1,3	87,4	-2,1	108	2702	2556	2232	1818
1991/92	-1,0	87,9	-1,8	103	2877	2595	2024	1393

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

1992/93	-0,7	82,8	-1,9	99	2637	2455	2001	1529
1993/94	-1,4	92,2	-1,9	105	2753	2494	2003	1482
1994/95	-0,8	93,0	-1,3	96	2399	2227	1852	1404
1995/96	-1,7	85,2	-2,8	118	2969	2860	2580	2327
1996/97	-1,2	88,0	-2,0	94	2517	2356	2059	1714
1997/98	-0,5	89,0	-1,2	90	2303	2145	1712	1379
1998/99	-1,3	92,1	-1,9	99	2598	2384	1963	1565
1999/00	-1,0	93,5	-1,4	105	2639	2444	2023	1595
2000/01	-0,2	92,2	-0,8	82	2180	2024	1652	1343
2001/02	-0,3	89,0	-1,1	94	2404	2211	1834	1484
2002/03	-1,5	87,7	-2,3	101	2673	2435	2020	1674
2003/04	-1,4	91,3	-2,0	101	2676	2471	2040	1672
2004/05	-1,1	88,1	-1,9	104	2721	2516	2155	1832
2005/06	-1,6	88,9	-2,3	126	3125	2986	2625	2204
2006/07	2,0	87,4	1,0	45	1462	1184	751	436
2007/08	-0,6	91,3	-1,2	89	2366	2066	1548	1142
2008/09	-0,5	89,9	-1,2	102	2554	2389	1956	1501
2009/10	-1,9	89,7	-2,6	102	2551	2392	2138	1853
2010/11	-1,0	86,2	-1,9	95	2475	2296	2025	1796
2011/12	-0,3	86,5	-1,3	80	2208	2002	1634	1230
2012/13	-1,8	91,1	-2,5	105	2667	2524	2297	2072
2013/14	1,5	87,1	0,5	50	1625	1336	838	507

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

Tabelle 4.2: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Fichtelberg)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	75	293	494	564	489	400	198
SD	75	131	113	114	123	138	106
Saison							
1951/52	70	127	375	647	618	487	123
1952/53	98	529	717	659	493	351	58
1953/54	0	142	341	711	588	361	371
1954/55	8	295	429	547	569	600	327
1955/56	149	409	424	626	672	561	302
1956/57	111	424	428	578	360	171	203
1957/58	6	266	551	654	427	623	334
1958/59	39	144	437	577	419	199	98
1959/60	57	262	448	472	555	355	222
1960/61	10	147	494	699	304	240	22
1961/62	5	270	499	520	593	616	249
1962/63	47	414	666	744	672	399	134
1963/64	12	89	684	714	506	514	109
1964/65	68	291	484	587	672	412	95
1965/66	51	460	591	569	162	443	35
1966/67	77	510	637	563	450	400	302
1967/68	23	289	600	626	525	488	242
1968/69	8	275	662	549	592	619	286
1969/70	7	269	732	576	642	586	364
1970/71	93	168	528	517	586	508	125
1971/72	137	385	285	656	387	253	124
1972/73	148	377	412	523	572	449	442
1973/74	214	449	543	433	370	335	205
1974/75	247	336	368	334	494	343	313
1975/76	84	410	610	560	507	583	265
1976/77	12	290	569	576	319	183	409
1977/78	0	426	454	712	509	393	263
1978/79	41	143	415	736	581	417	266
1979/80	162	437	405	704	458	496	354

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneistunden – Fortsetzung

1980/81	81	465	554	691	575	233	259
1981/82	115	409	688	474	486	439	353
1982/83	0	224	488	432	615	356	147
1983/84	43	378	432	684	639	628	278
1984/85	0	224	510	672	544	474	221
1985/86	62	557	276	685	672	475	240
1986/87	45	164	445	687	506	612	89
1987/88	38	243	410	336	571	511	252
1988/89	69	415	426	431	321	223	195
1989/90	0	340	399	465	291	220	239
1990/91	65	349	647	565	535	189	217
1991/92	239	273	610	518	378	406	196
1992/93	243	312	465	411	478	463	83
1993/94	114	433	472	410	493	292	288
1994/95	184	37	403	594	315	565	129
1995/96	17	315	586	540	612	585	210
1996/97	9	307	520	505	395	252	378
1997/98	261	278	414	430	259	430	80
1998/99	34	521	491	364	551	309	120
1999/00	100	309	569	599	422	367	84
2000/01	0	85	320	575	456	344	250
2001/02	0	370	621	460	298	307	160
2002/03	61	175	463	577	610	323	252
2003/04	277	100	419	693	450	456	82
2004/05	28	339	508	496	621	428	99
2005/06	7	346	620	712	593	529	184
2006/07	0	123	237	337	283	193	48
2007/08	116	394	472	360	288	373	108
2008/09	43	264	565	702	521	323	0
2009/10	191	11	484	732	491	393	118
2010/11	98	247	655	503	503	282	37
2011/12	37	71	456	597	537	170	146
2012/13	114	87	441	505	601	592	201

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneistunden – Fortsetzung

2013/14	19	255	282	398	261	87	62
----------------	----	-----	-----	-----	-----	----	----

Tabelle 4.3: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C).

Monatssummen der pot. Schneileistung, Propeller (m³)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	2512	9770	18034	21951	19855	14432	6070
Standardabweichung	1995	4507	5845	6958	7896	6424	2974
Saison							
1951/52	2347	4243	11183	23844	23275	19231	3942
1952/53	3610	16887	23445	25053	21047	12349	2468
1953/54	534	6162	11037	36429	30299	9418	10366
1954/55	911	10093	12696	24188	28453	25992	10298
1955/56	3867	11945	14858	23692	43870	21456	10154
1956/57	3659	16344	16888	19664	10667	6335	6470
1957/58	1079	8772	18029	23332	17029	28094	11011
1958/59	1919	6218	14584	23620	14388	6608	3720
1959/60	1906	6694	13243	23280	22396	13487	6135
1960/61	1464	5538	16767	24912	8772	7844	632
1961/62	529	7930	24047	18679	24940	26342	6424
1962/63	1878	13392	28509	42286	32874	14420	4180
1963/64	1518	3113	30832	24256	20881	22908	3243
1964/65	3175	8292	20153	18334	30305	17590	4703
1965/66	2014	19348	16316	31388	5726	15446	1179
1966/67	2422	15984	19316	21460	16911	10032	8151
1967/68	1090	8512	22668	28090	17748	15722	7242
1968/69	626	8615	26635	15437	27750	21945	8793
1969/70	572	9323	33664	24633	25474	21009	10743
1970/71	2930	4758	20710	19160	19529	22432	3883
1971/72	3844	12860	10189	27676	11895	8981	5382
1972/73	4529	11540	15281	17194	19803	13848	11803
1973/74	6129	14949	21778	11555	12119	10166	6238
1974/75	7160	8818	11105	10132	17771	12587	8179
1975/76	2321	13837	18577	22648	17605	25512	8428
1976/77	806	8749	24554	20194	12920	8077	11570
1977/78	244	12102	14270	22503	25560	11618	7211
1978/79	1670	6066	18446	34874	23523	12573	7488
1979/80	5256	11777	12835	28541	14386	15756	10324

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Propeller – Fortsetzung

1980/81	2993	17604	23323	27500	23728	7174	8211
1981/82	3795	12887	28982	20914	20573	12306	10419
1982/83	183	6861	15041	12853	27891	11121	3807
1983/84	2352	13046	18371	23305	24968	21144	7936
1984/85	353	6696	16895	36347	31547	14858	6903
1985/86	2622	21538	10437	26138	39271	14496	8586
1986/87	1610	4861	17001	34813	18013	29971	3245
1987/88	1825	7387	15795	10521	17745	18363	7734
1988/89	1951	15359	14329	11043	9292	6337	5654
1989/90	322	12736	12614	12863	7848	6328	6337
1990/91	2268	9031	22668	19224	27727	6207	7075
1991/92	7181	8236	18586	16521	12404	11673	6000
1992/93	6298	8045	15172	17717	17906	17845	3340
1993/94	3863	19202	14057	14344	21540	8073	6985
1994/95	5006	2214	12373	22367	10227	17345	4488
1995/96	655	10899	25469	25596	26489	23507	7092
1996/97	844	10075	25765	21055	11811	8380	11514
1997/98	7865	8811	14581	16072	9897	15426	2617
1998/99	1683	16939	18807	13741	22456	8794	3147
1999/00	2664	12005	18460	21572	12332	11052	3225
2000/01	57	3741	10794	20159	16481	12161	7013
2001/02	8	11247	25286	15374	10037	10113	5358
2002/03	3233	5537	18692	23761	24784	10258	9128
2003/04	8128	3688	14967	27799	17618	16114	2926
2004/05	1499	10656	14837	19335	27324	18465	3265
2005/06	501	11841	20456	24712	22860	21521	5071
2006/07	83	4504	6886	12246	8229	6321	2079
2007/08	2926	11610	14145	11843	10532	13410	3453
2008/09	1548	8625	16960	25070	19232	10647	186
2009/10	4592	2145	20477	35744	22062	16868	3885
2010/11	3115	9541	31926	19673	19241	9606	1355
2011/12	1970	2919	12552	20007	29198	5356	5052
2012/13	3446	3653	18665	22727	23407	26614	7076

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Propeller – Fortsetzung

2013/14	787	8500	8134	12884	8295	3610	1881
----------------	-----	------	------	-------	------	------	------

Tabelle 4.4: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der pot. Schneileistung, Lanze (m ³)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	2285	8468	15189	18189	16435	12280	5336
Standardabweichung	1742	3731	4585	5268	5975	5196	2534
Saison							
1951/52	2215	3889	9777	20185	19642	16212	3377
1952/53	3333	14497	19881	21191	17400	10664	2347
1953/54	566	5567	9506	28737	23526	8288	9081
1954/55	906	8737	11012	20207	23192	21680	8939
1955/56	3427	10215	12804	19643	32666	17984	8741
1956/57	3259	13913	14327	16438	9246	5558	5647
1957/58	1042	7491	15368	19604	14306	23491	9514
1958/59	1778	5653	12598	19876	12365	5781	3326
1959/60	1813	6026	11516	18615	18236	11549	5470
1960/61	1398	5010	14413	20658	7708	6887	585
1961/62	530	7002	19255	15624	20723	21996	5689
1962/63	1751	11504	23018	32442	26369	12477	3716
1963/64	1475	2823	25151	20268	17161	18864	2927
1964/65	3009	7354	17116	15712	25085	14801	4383
1965/66	1908	16210	13997	24520	5123	13338	1118
1966/67	2093	13639	16512	17692	14233	8801	7127
1967/68	1008	7528	19054	22478	15149	13404	6242
1968/69	607	7505	22268	13311	22656	18611	7604
1969/70	545	8041	27596	20702	21072	17829	9293
1970/71	2673	4299	17415	15626	16295	18000	3508
1971/72	3428	11061	8943	22600	10303	7817	4875
1972/73	4092	9892	13098	14725	16837	11886	10244
1973/74	5386	12669	18041	10117	10507	8733	5561
1974/75	6533	7806	9631	8973	15119	10885	7150
1975/76	2131	11931	15790	18513	15023	21240	7303
1976/77	792	7685	20187	17209	11179	6914	9985
1977/78	282	10353	12349	19040	20905	10088	6273
1978/79	1595	5349	15455	27994	19870	10931	6642
1979/80	4611	10240	11001	23647	12409	13545	9000

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Lanze – Fortsetzung

1980/81	2794	14863	19115	22853	20014	6251	7129
1981/82	3441	11032	23547	16865	17416	10711	9093
1982/83	197	6016	12965	11102	23121	9662	3417
1983/84	2231	11059	15480	19727	20837	17911	7027
1984/85	370	5863	14476	28032	24139	12850	6080
1985/86	2440	18216	8975	21874	30221	12349	7356
1986/87	1532	4395	14392	27242	15222	23925	2983
1987/88	1713	6612	13260	9276	15120	15696	6751
1988/89	1729	13079	12381	9705	8146	5659	4996
1989/90	389	10894	10850	11181	6831	5622	5576
1990/91	2058	7917	19233	16221	22295	5429	6182
1991/92	6189	7270	15669	13906	10714	10191	5378
1992/93	5613	7086	13055	14461	15082	14997	3064
1993/94	3515	16172	12172	12397	17140	7075	6119
1994/95	4435	2130	10643	18829	8940	14897	4010
1995/96	608	9422	20996	20921	21499	19820	6089
1996/97	821	8699	20223	17437	10213	7334	9887
1997/98	6824	7716	12259	13652	8223	13172	2413
1998/99	1576	14400	16018	11641	18782	7653	2838
1999/00	2357	10422	15796	17928	10652	9598	2905
2000/01	81	3498	9299	17168	13884	10437	6146
2001/02	8	9818	20824	13023	8693	8775	4732
2002/03	3014	4915	15401	19310	20753	8931	7827
2003/04	7165	3365	12819	23088	14922	13726	2687
2004/05	1406	9252	12853	16276	22555	15310	2932
2005/06	489	10078	17392	20542	19258	18144	4496
2006/07	100	3984	6167	10508	7362	5690	1902
2007/08	2680	10060	12255	10339	9082	11602	3148
2008/09	1482	7439	14580	21078	16294	9391	194
2009/10	4030	2124	16734	29262	18392	14083	3564
2010/11	2842	8244	26007	16634	15930	8337	1255
2011/12	1851	2674	10920	16878	22251	4832	4514
2012/13	3035	3401	15884	19080	19715	21975	6073

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Lanze – Fortsetzung

2013/14	757	7495	7219	11144	7416	3369	1712
----------------	-----	------	------	-------	------	------	------

Tabelle 4.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

4.7.4 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

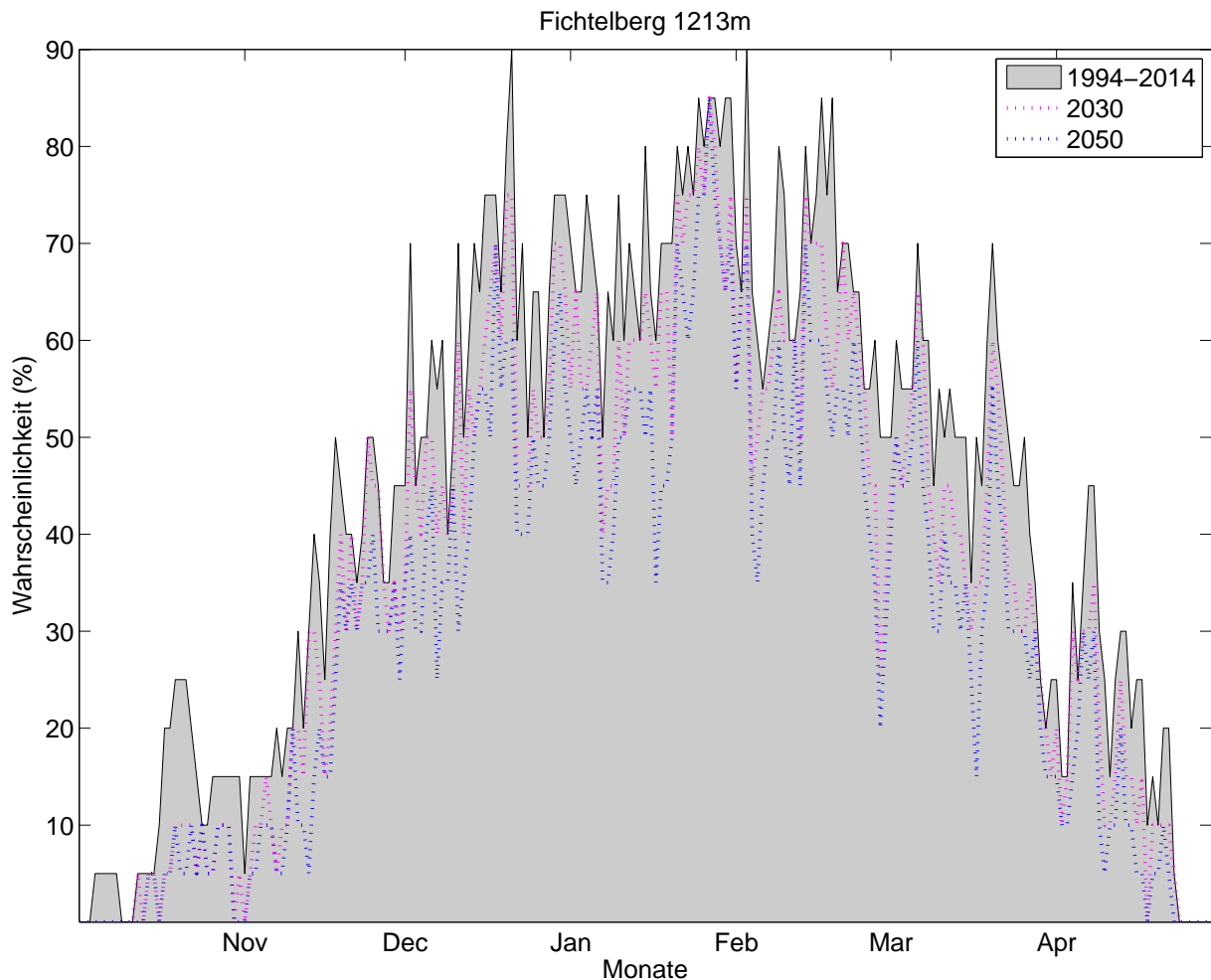


Abbildung 4.24: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Fichtelberg, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

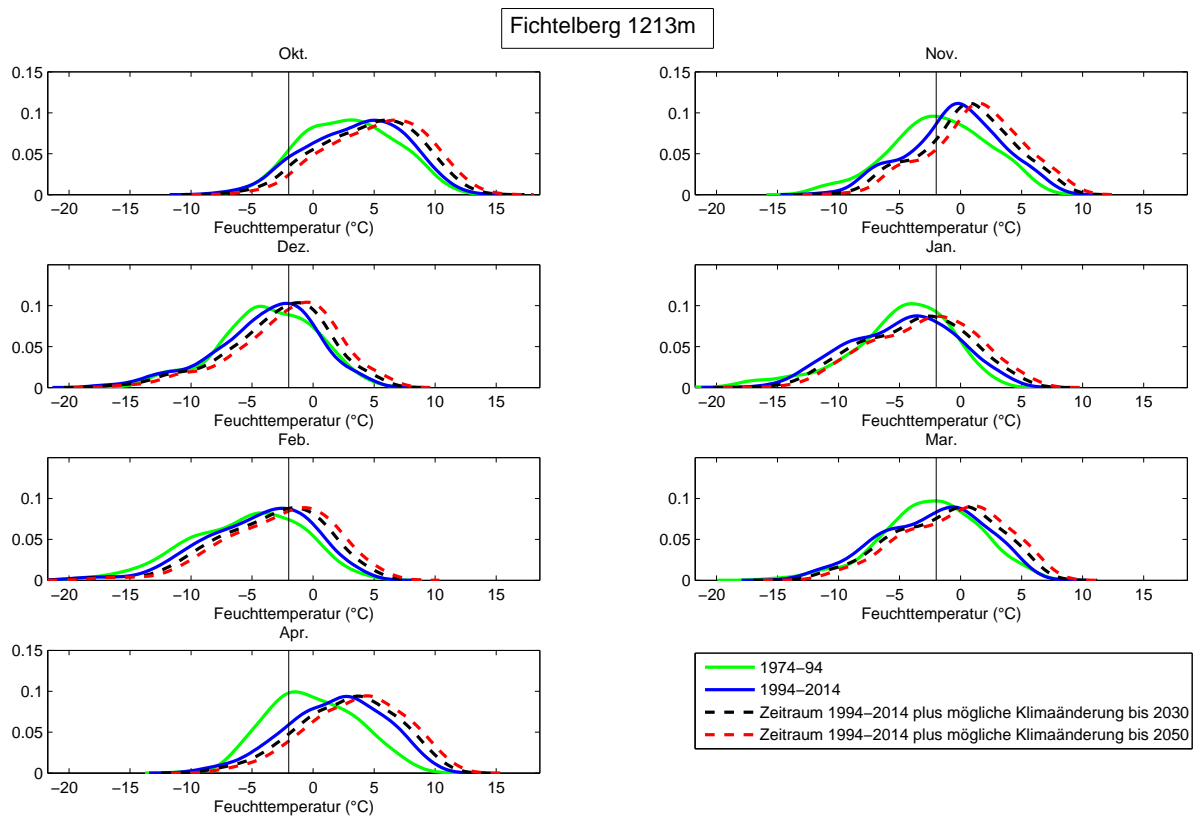


Abbildung 4.25: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchttemperatur unter -2°C pro Monat, Fichtelberg.

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Periode							
1974-1994	2,8	14,0	19,9	23,3	21,0	16,4	9,8
1994-2014	3,2	9,3	19,5	22,3	19,0	15,3	5,5
mit Klimaänderung bis 2030	1,3	7,3	16,6	19,6	16,4	12,6	3,8
mit Klimaänderung bis 2050	1,1	5,9	14,1	17,4	14,4	10,8	2,7
Abnahme bis 2050 in Tagen	2,1	3,5	5,4	4,9	4,6	4,5	2,8
Abnahme bis 2050 in %	67	37	28	22	24	29	51

Tabelle 4.6: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1974-94, 1994-2014 und 1994-2014 mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

4.8 Kahler Asten (839 m)

4.8.1 Naturschnee

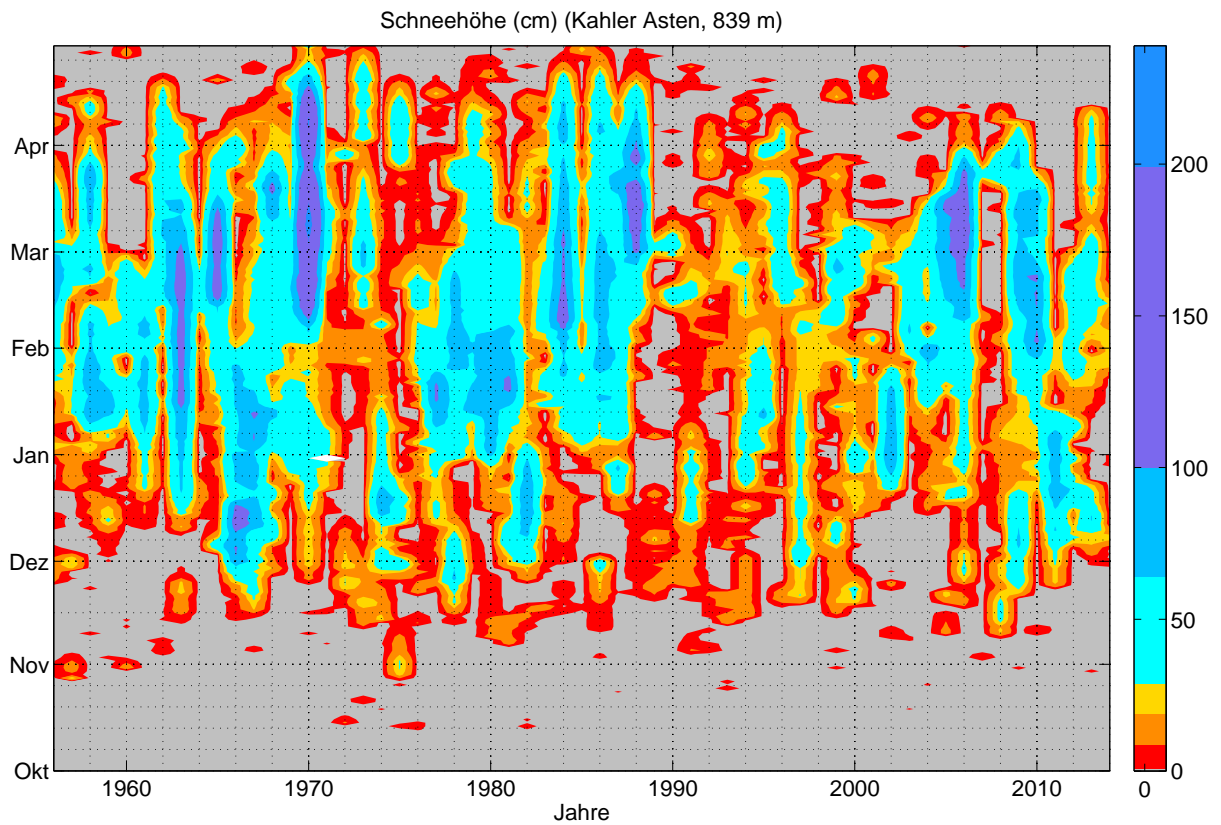


Abbildung 4.1: Tageswerte der Schneehöhe, Kahler Asten, Okt.-Apr. 1955-2014. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt.

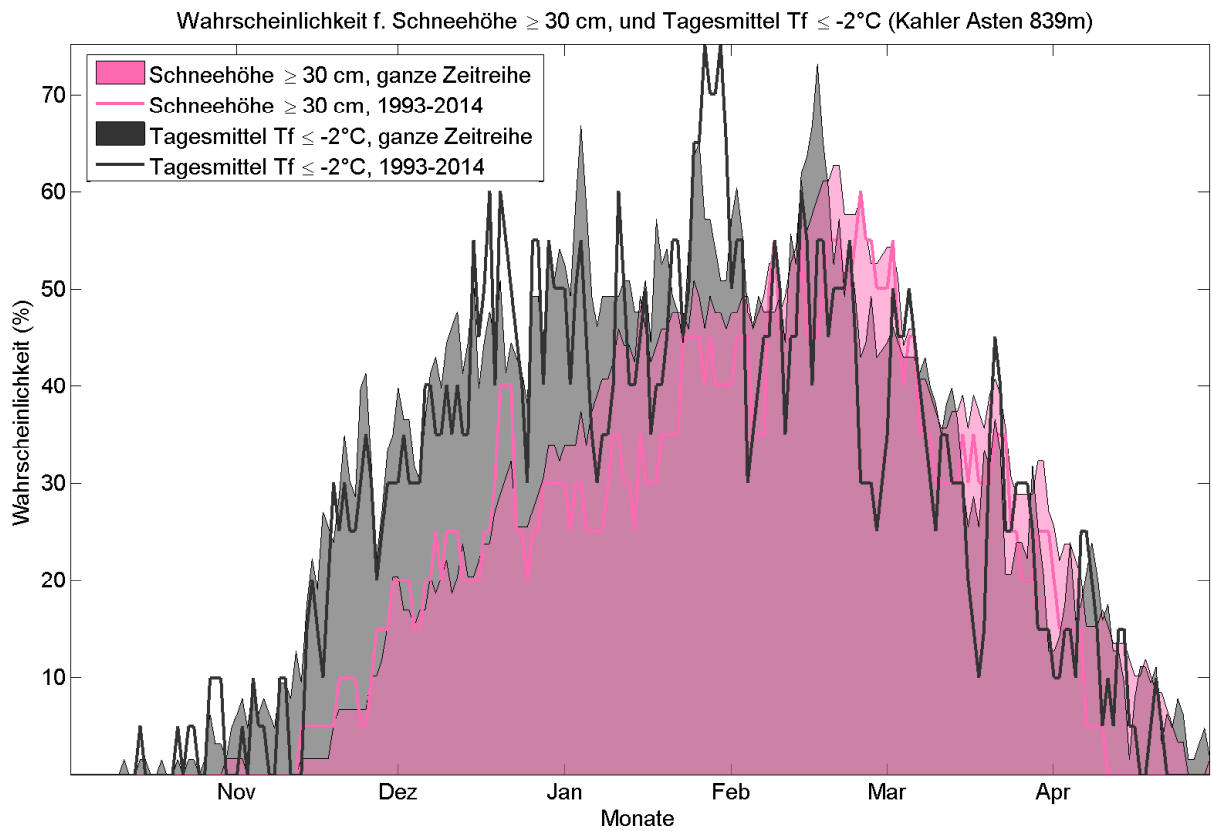


Abbildung 4.2: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Beschneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (T_f ab 1951, Schnee ab 1955).

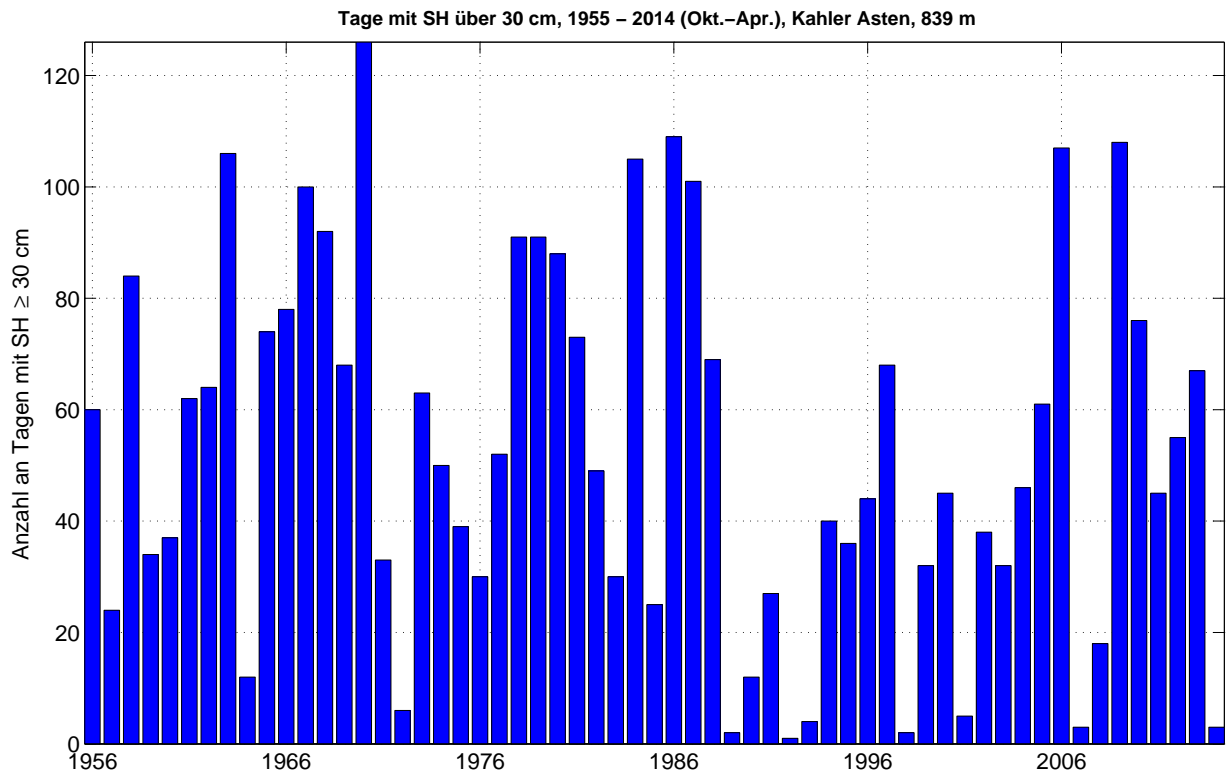


Abbildung 4.3: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1955-2014

4.8.2 Langzeitanalyse - Trends und Klima

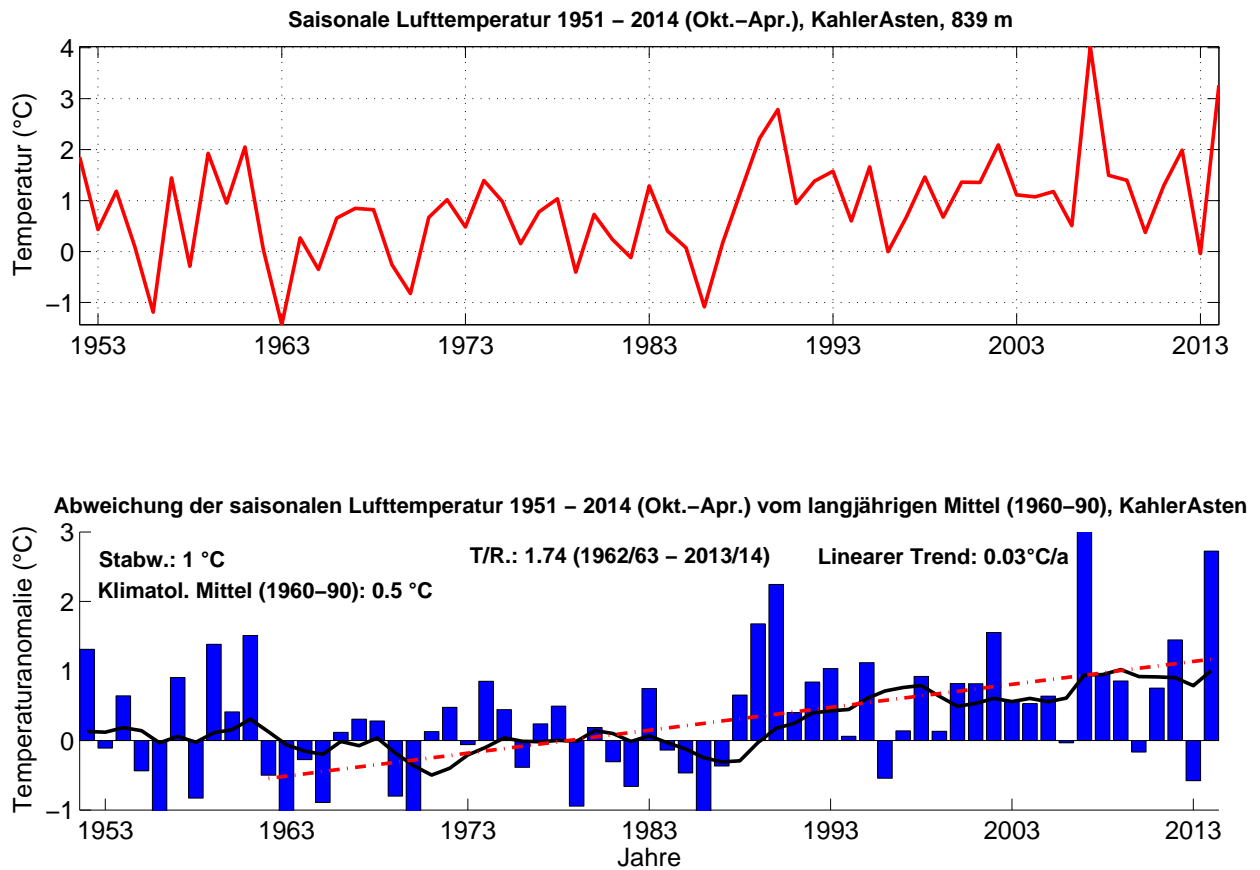


Abbildung 4.4: Langzeitanalyse der saisonalen Lufttemperatur, Kahler Asten, Okt.-Apr. 1951-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

Die mittlere Lufttemperatur zeigt seit 1962/63 einen signifikanten Anstieg um $+0,03\text{ °C}$ pro Jahr (Gesamterwärmung: $1,5\text{ °C}$) Siehe Abb. 4.4.

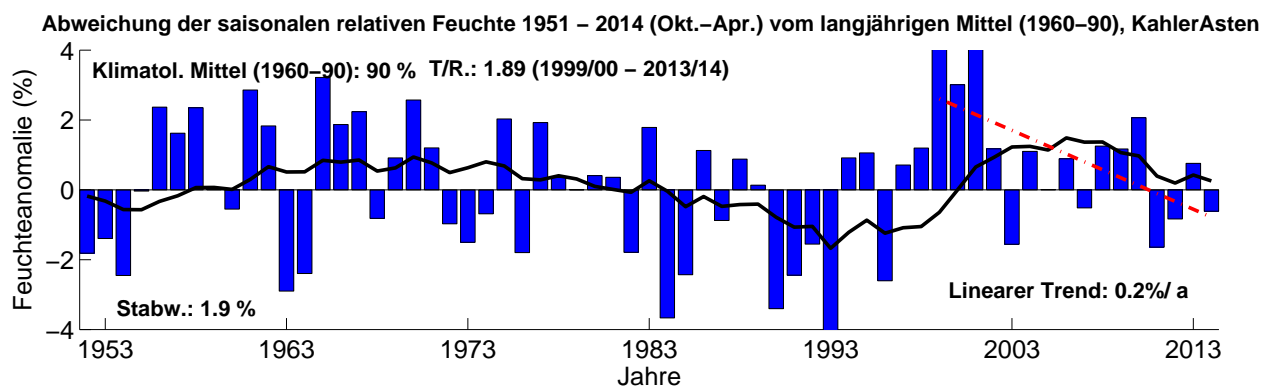
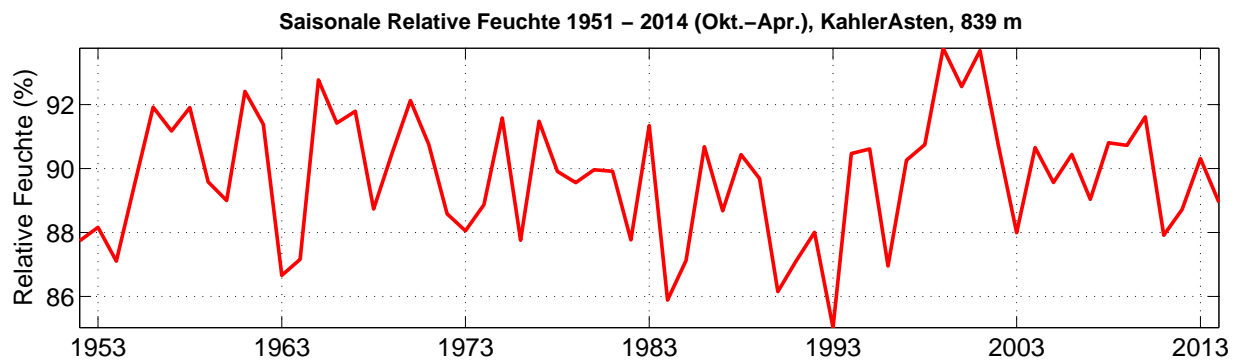


Abbildung 4.5: Langzeitanalyse der saisonalen relativen Feuchte, Kahler Asten, Okt.-Apr. 1951-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

Die relative Feuchte unterliegt starken intersaisonalen Schwankungen. Seit 1999/00 wurde es pro Jahr um 0,2% trockener. Siehe Abb. 4.5.

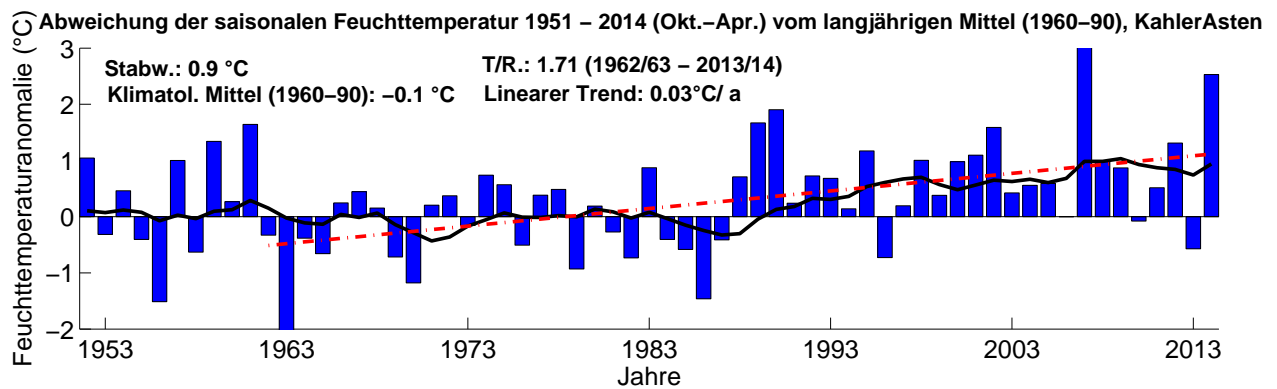
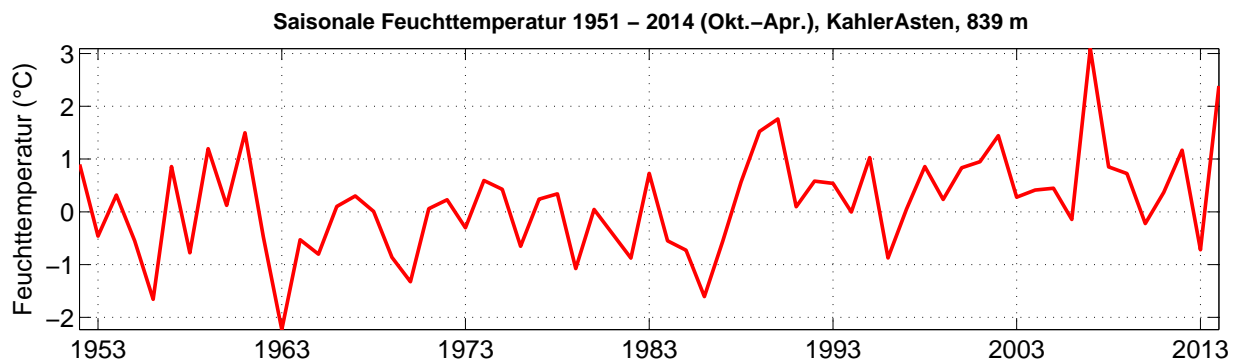


Abbildung 4.6: Langzeitanalyse der saisonalen Feuchttemperatur, Kahler Asten, Okt.-Apr. 1951-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

Die Feuchttemperatur zeigt ähnliche Schwankungen wie die Lufttemperatur und ist ebenfalls seit 1962/63 um $+0,03 \text{ °C}$ pro Jahr angestiegen. 2006/07 sticht deutlich als positive Extremsaison hervor. Die Abweichung entspricht in diesem Jahr etwa dem 3-fachen der natürlichen Schwankung. Siehe Abb. 4.6.

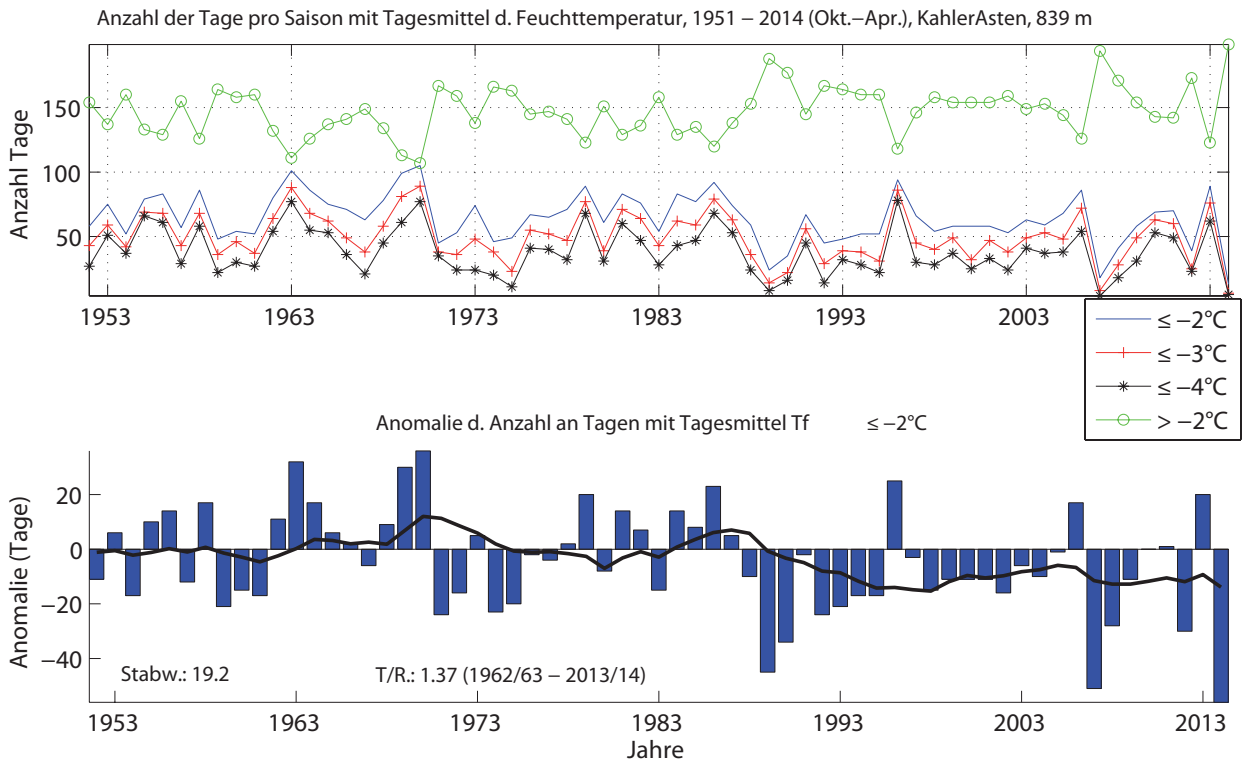


Abbildung 4.7: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchtttemperatur von -2°C , -3°C und -4°C , bzw. Überschreitung von -2°C , Periode 1951-2014, Kahler Asten. Abweichung vom langjährigen Mittel für Tagesmittel $\leq -2^{\circ}\text{C}$ (unten).

Die Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Tagesmittel der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$) unterliegt einer natürlichen, intersaisonalen Schwankung von 19 Tagen. Es gibt keinen statistisch signifikanten Trend, jedoch häufen sich seit Ende der 80er Jahre Saisons mit unterdurchschnittlich vielen Schneitagen. Seit 1988 gab es lediglich drei Jahre mit überdurchschnittlichen Werten. 2013/14 gab es nur 13 Beschneitage, der geringste Wert seit Messbeginn und etwa 50 Tage weniger als im klimatologischen Mittel. Siehe Abb. 4.7.

Entwicklung der Feuchttemperatur

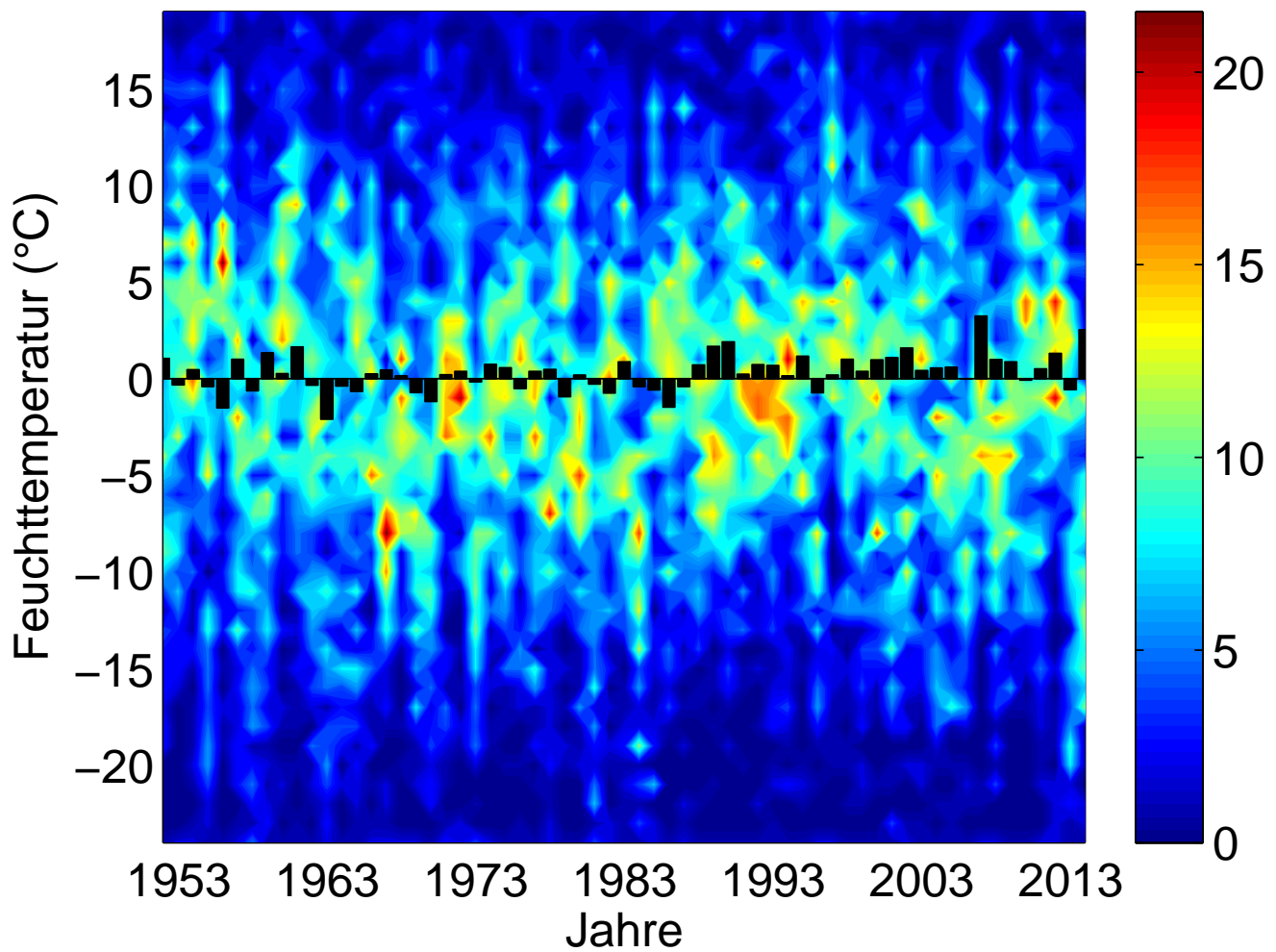


Abbildung 4.8: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1951-2014, Fichtelberg. Die schwarzen Balken zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel (1960-90).

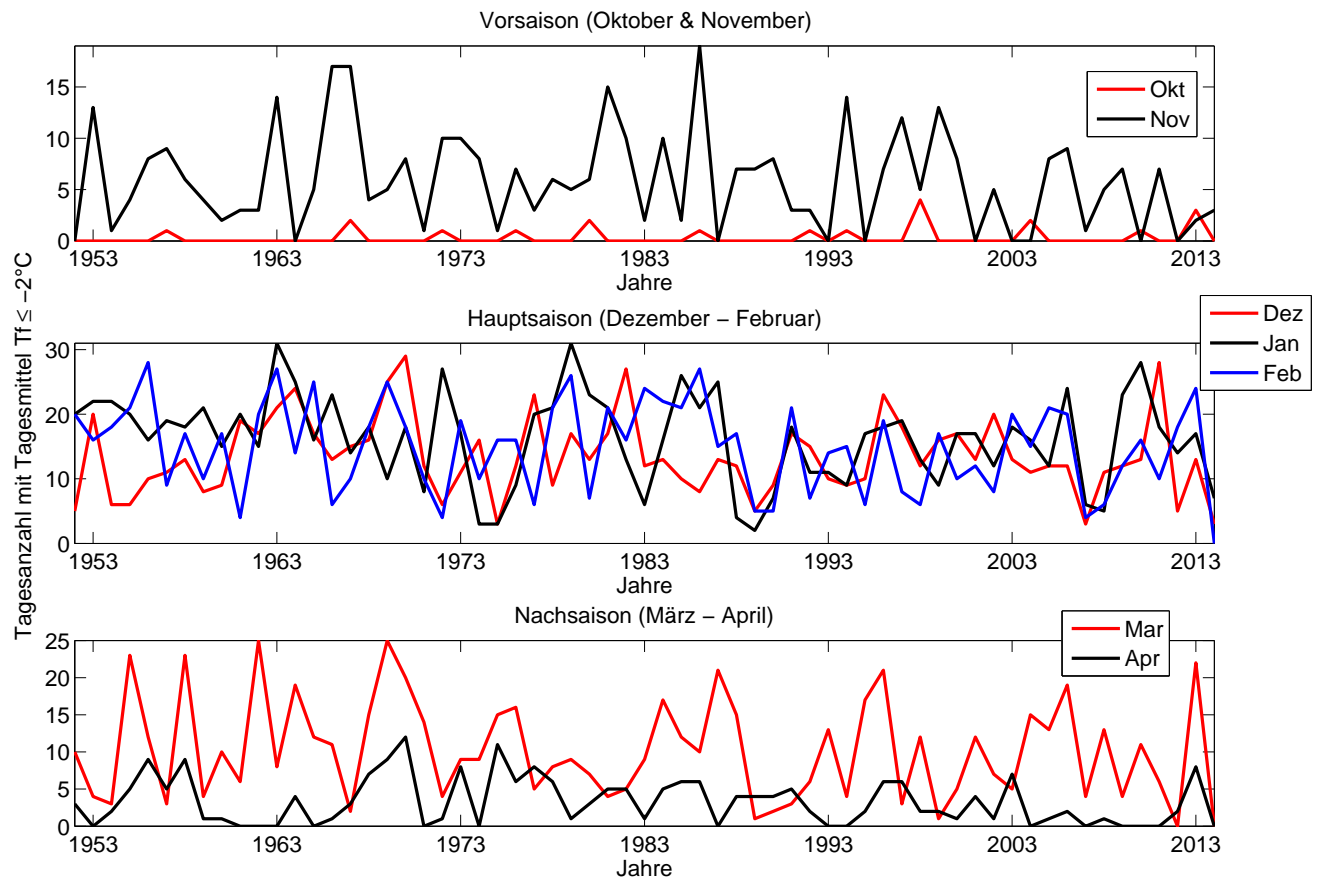


Abbildung 4.9: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Schneitagen pro Saison, nach Monaten.

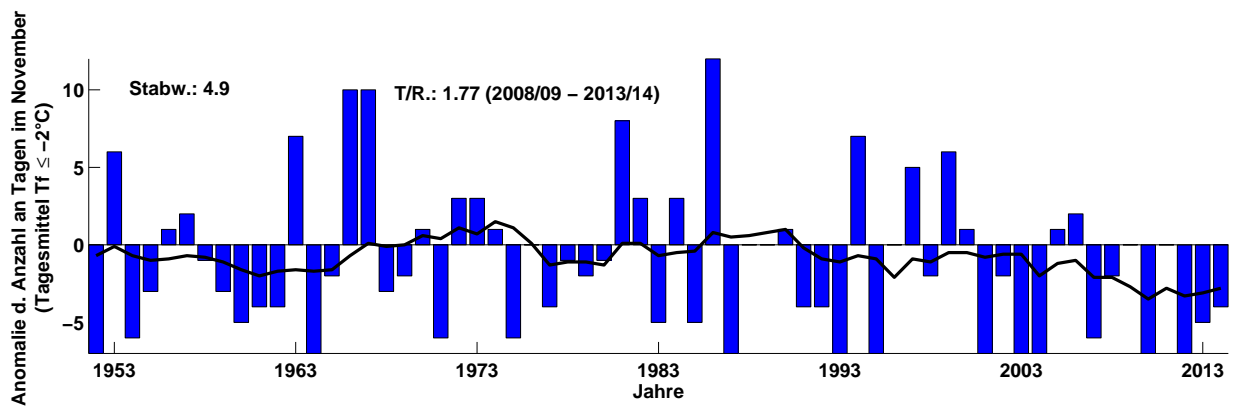
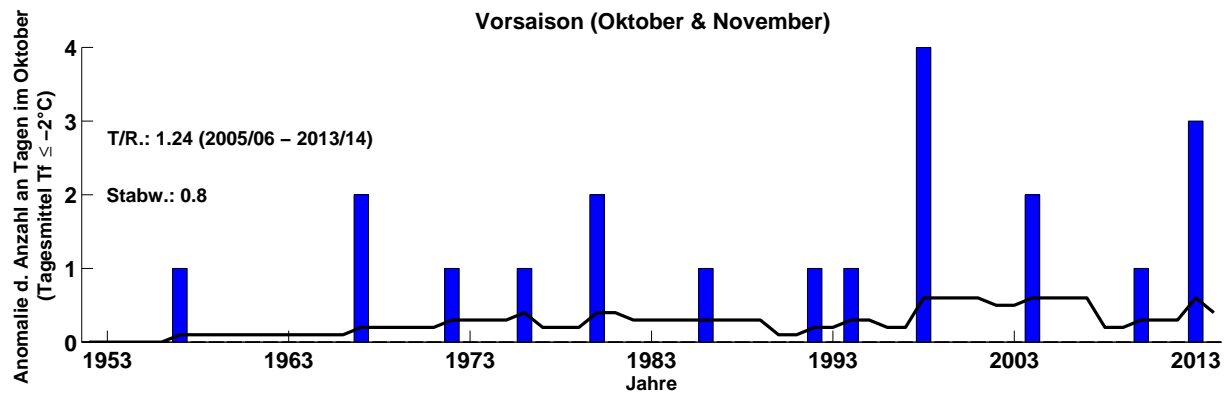


Abbildung 4.10: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Oktober und November (Vorsaison).

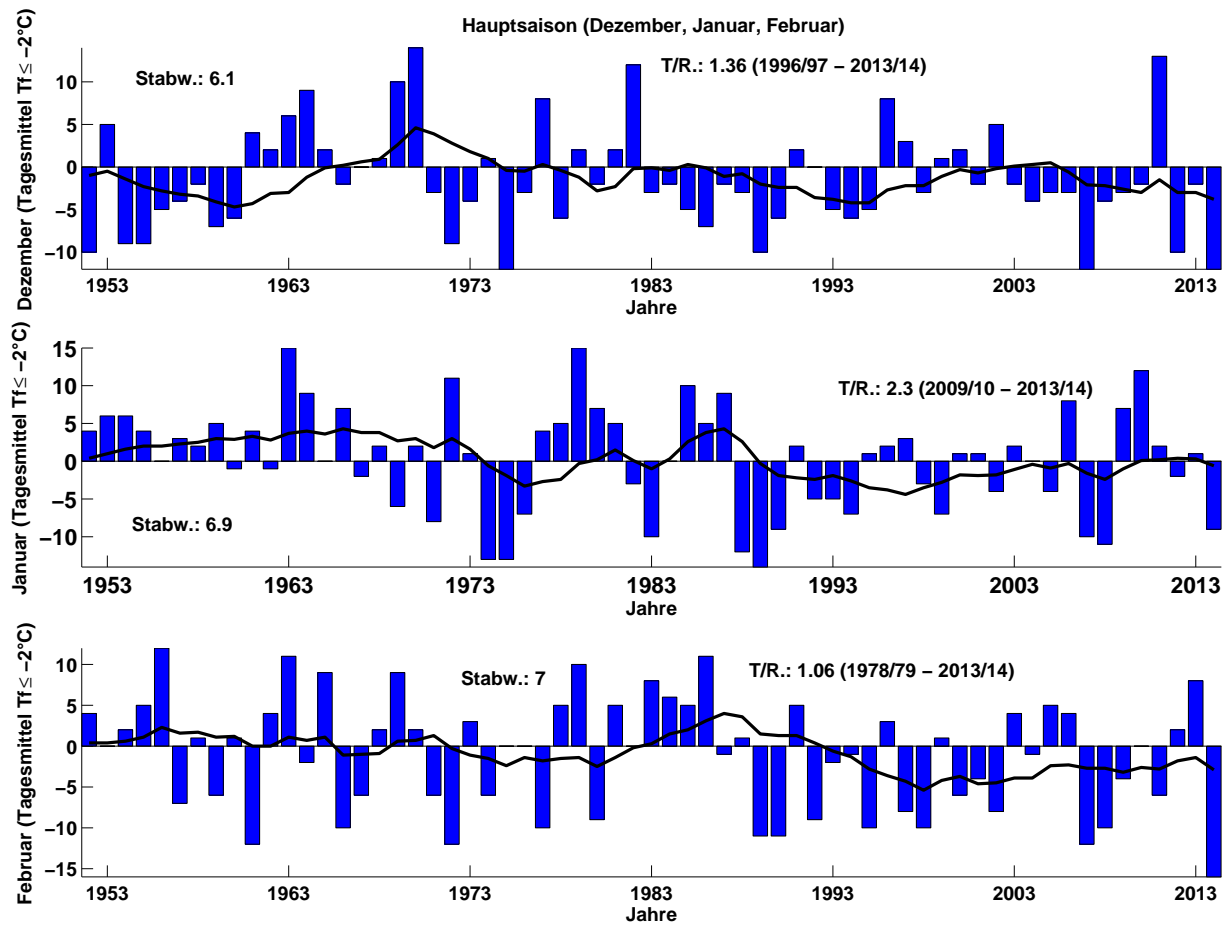


Abbildung 4.11: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Dezember, Januar und Februar (Hauptsaison).

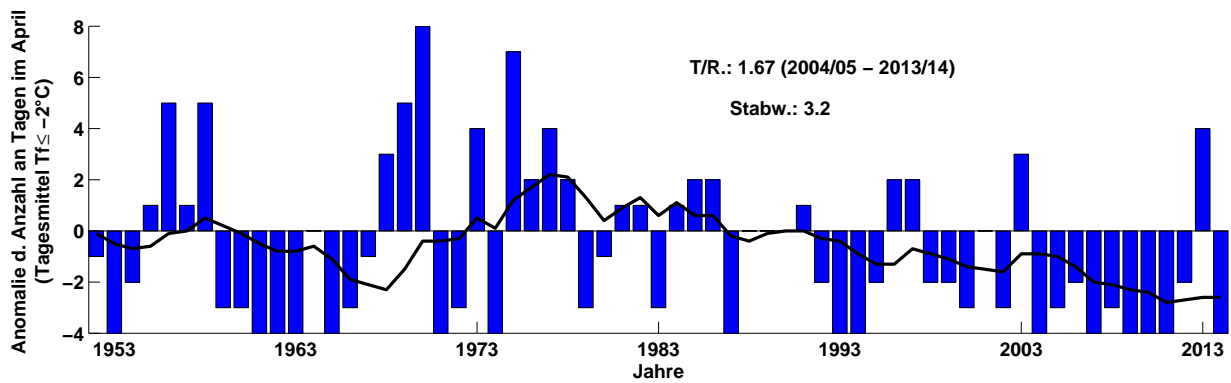
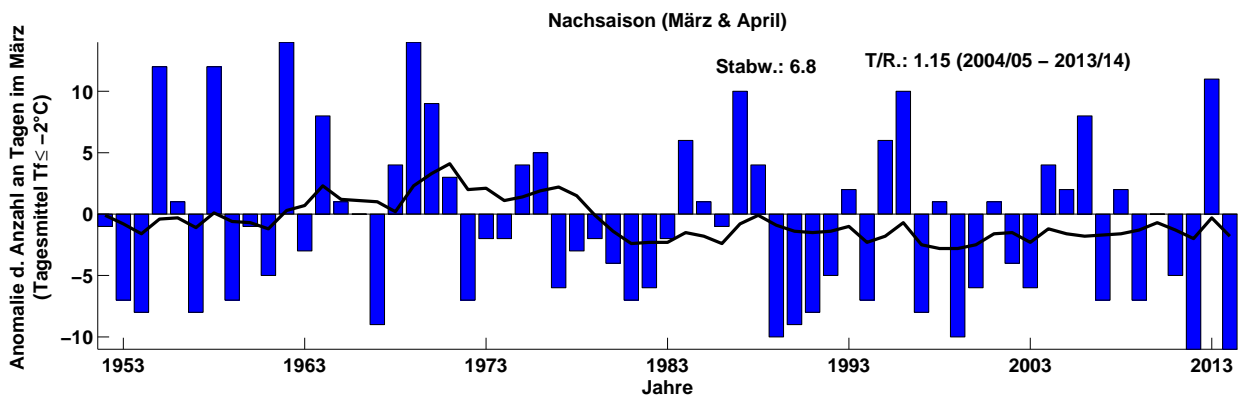


Abbildung 4.12: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt n Monate: März und April (Nachsaison).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1951 – 2014) ,Kahler Asten 839 m

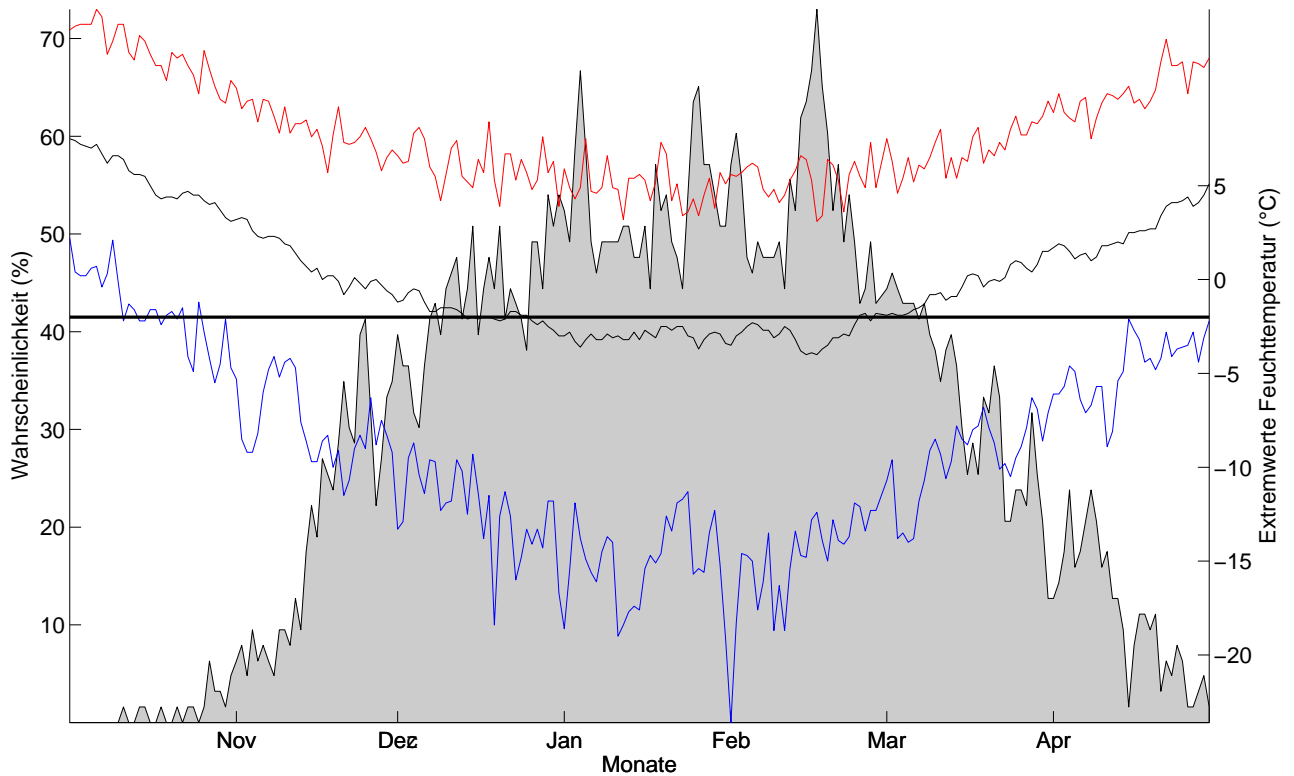


Abbildung 4.13: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Kahler Asten, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1951-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), Kahler Asten 839 m

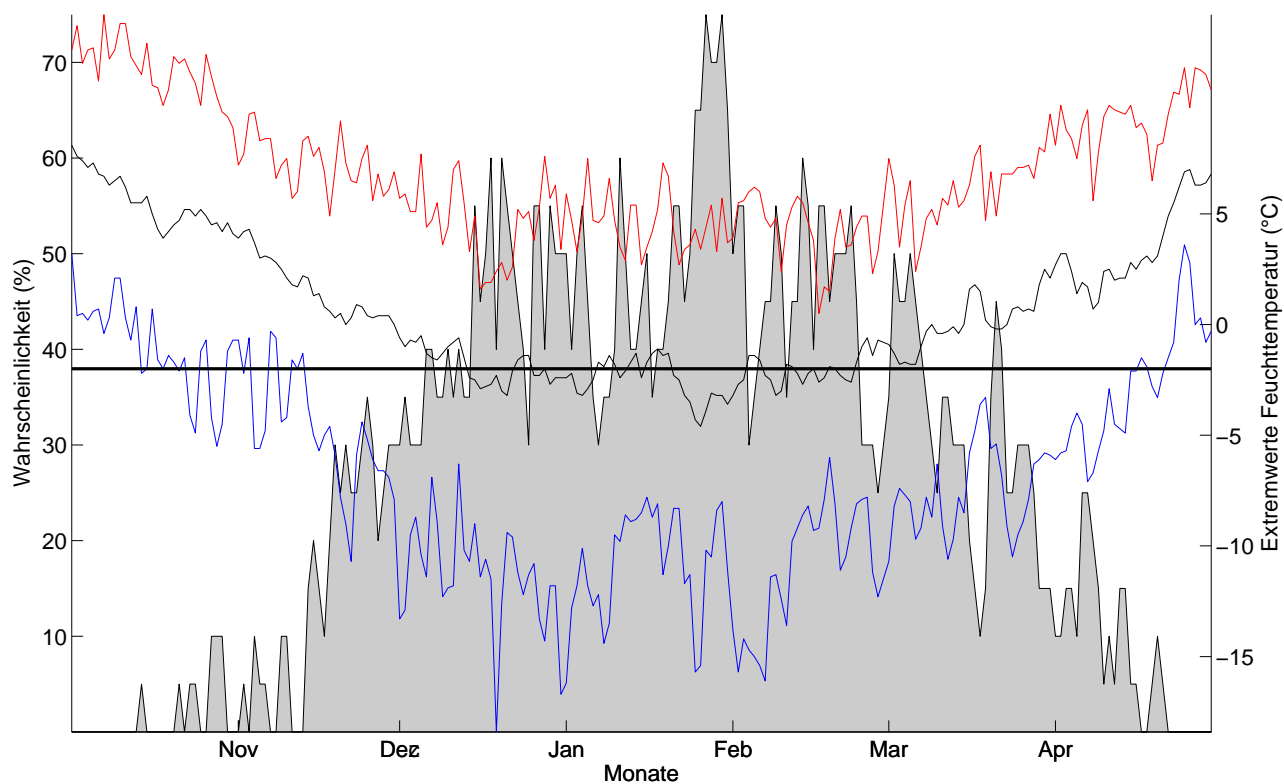


Abbildung 4.14: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Kahler Asten, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

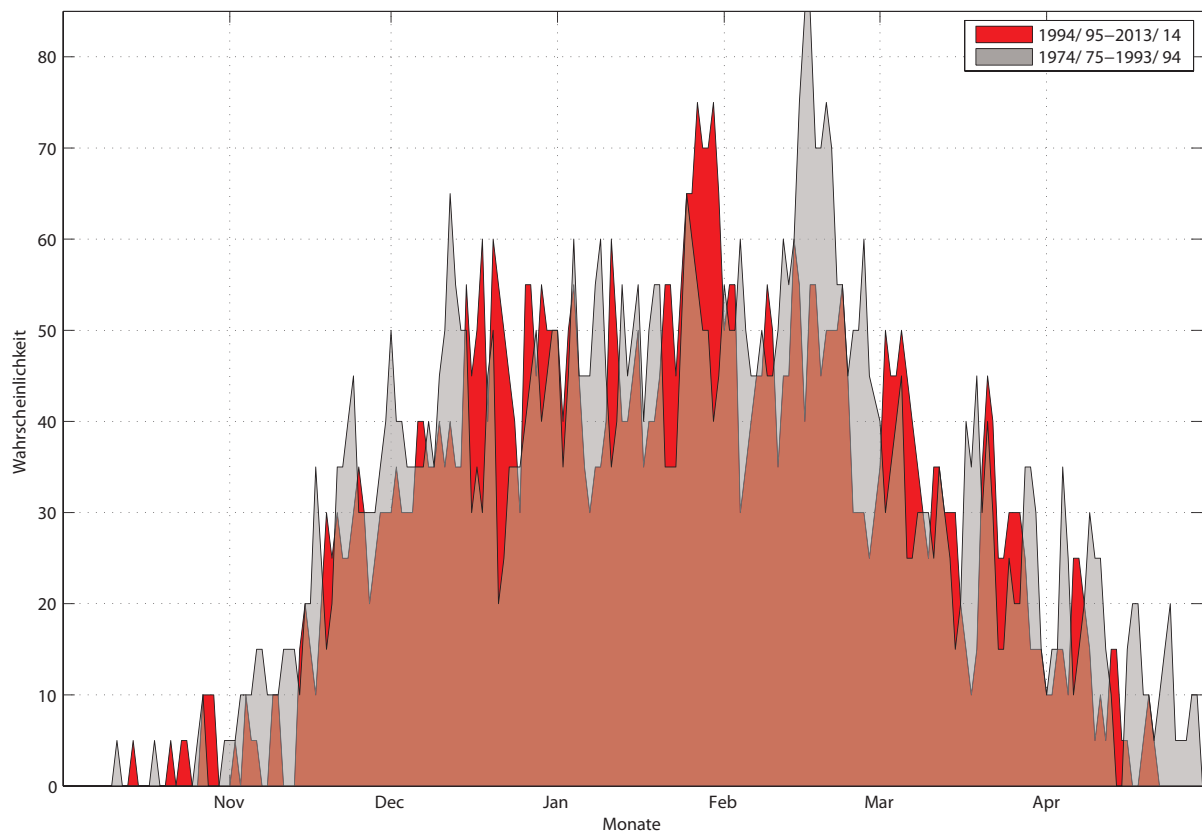


Abbildung 4.15: Vergleich Beschneigungswahrscheinlichkeit (Tagesmittelwert $T_f \leq -2^\circ\text{C}$) der letzten 20 Jahre mit den 20 Jahren davor für alle Tage der Saison (1.10.-30.4.).

Im Mittel über die gesamte Saison gesehen, ist die Wahrscheinlichkeit, Beschneien zu können, in den letzten 20 Jahren im Vergleich zu den 20 Jahren davor von 30% auf 28% gesunken. Die Verluste sind über die gesamte Saison verteilt. Siehe Abb. 4.15.

Beschneitage Kahler Asten pro Saison und Monat

Mittelwert	0	6	14	16	15	10	3
SD	1	5	6	7	7	7	3
Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
1951/52	0	0	5	20	20	10	3
1952/53	0	13	20	22	16	4	0
1953/54	0	1	6	22	18	3	2
1954/55	0	4	6	20	21	23	5
1955/56	0	8	10	16	28	12	9
1956/57	1	9	11	19	9	3	5
1957/58	0	6	13	18	17	23	9
1958/59	0	4	8	21	10	4	1
1959/60	0	2	9	15	17	10	1
1960/61	0	3	19	20	4	6	0
1961/62	0	3	17	15	20	25	0
1962/63	0	14	21	31	27	8	0
1963/64	0	0	24	25	14	19	4
1964/65	0	5	17	16	25	12	0
1965/66	0	17	13	23	6	11	1
1966/67	2	17	15	14	10	2	3
1967/68	0	4	16	18	18	15	7
1968/69	0	5	25	10	25	25	9
1969/70	0	8	29	18	18	20	12
1970/71	0	1	12	8	10	14	0
1971/72	1	10	6	27	4	4	1
1972/73	0	10	11	17	19	9	8
1973/74	0	8	16	3	10	9	0
1974/75	0	1	3	3	16	15	11
1975/76	1	7	12	9	16	16	6
1976/77	0	3	23	20	6	5	8
1977/78	0	6	9	21	21	8	6
1978/79	0	5	17	31	26	9	1
1979/80	2	6	13	23	7	7	3
1980/81	0	15	17	21	21	4	5

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

1981/82	0	10	27	13	16	5	5
1982/83	0	2	12	6	24	9	1
1983/84	0	10	13	16	22	17	5
1984/85	0	2	10	26	21	12	6
1985/86	1	19	8	21	27	10	6
1986/87	0	0	13	25	15	21	0
1987/88	0	7	12	4	17	15	4
1988/89	0	7	5	2	5	1	4
1989/90	0	8	9	7	5	2	4
1990/91	0	3	17	18	21	3	5
1991/92	1	3	15	11	7	6	2
1992/93	0	0	10	11	14	13	0
1993/94	1	14	9	9	15	4	0
1994/95	0	0	10	17	6	17	2
1995/96	0	7	23	18	19	21	6
1996/97	0	12	18	19	8	3	6
1997/98	4	5	12	13	6	12	2
1998/99	0	13	16	9	17	1	2
1999/00	0	8	17	17	10	5	1
2000/01	0	0	13	17	12	12	4
2001/02	0	5	20	12	8	7	1
2002/03	0	0	13	18	20	5	7
2003/04	2	0	11	16	15	15	0
2004/05	0	8	12	12	21	13	1
2005/06	0	9	12	24	20	19	2
2006/07	0	1	3	6	4	4	0
2007/08	0	5	11	5	6	13	1
2008/09	0	7	12	23	12	4	0
2009/10	1	0	13	28	16	11	0
2010/11	0	7	28	18	10	6	0
2011/12	0	0	5	14	18	0	2
2012/13	3	2	13	17	24	22	8

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

2013/14	0	3	3	7	0	0	0
----------------	---	---	---	---	---	---	---

Tabelle 4.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1951 - 2014, Kahler Asten.

4.8.3 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

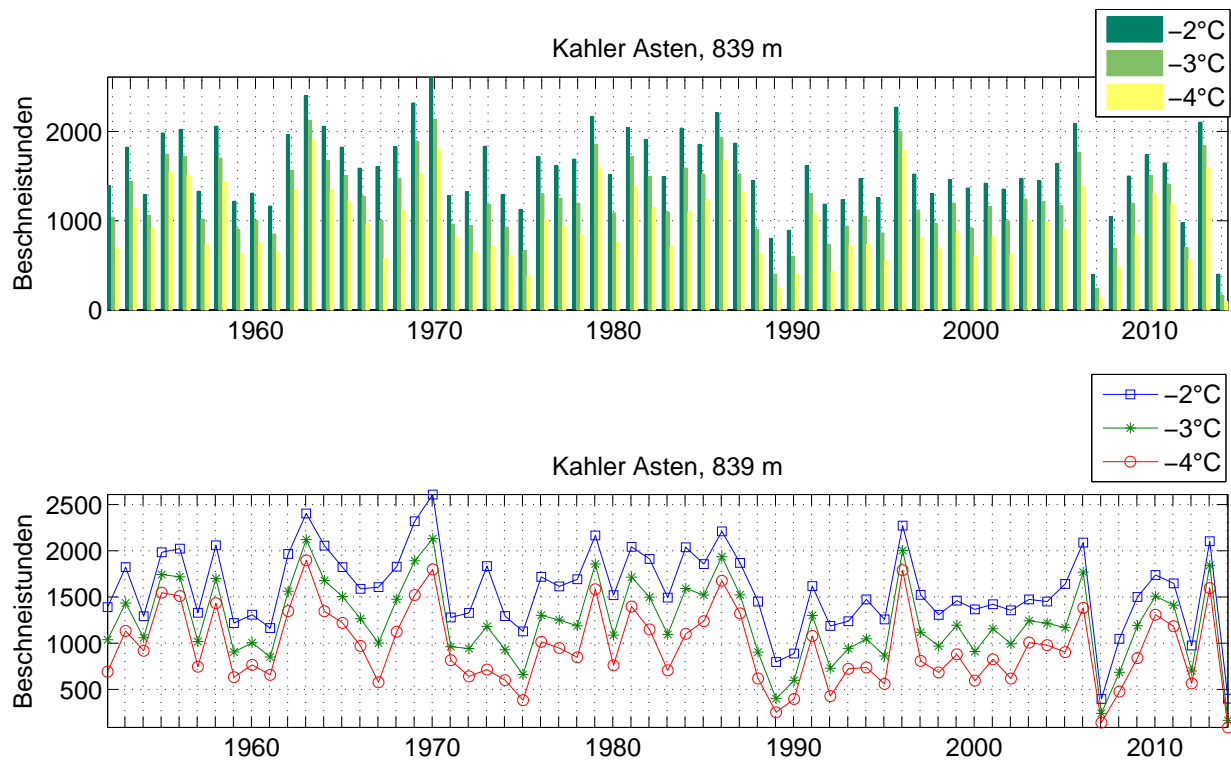
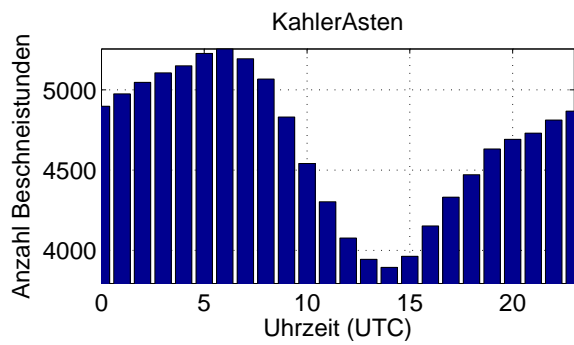
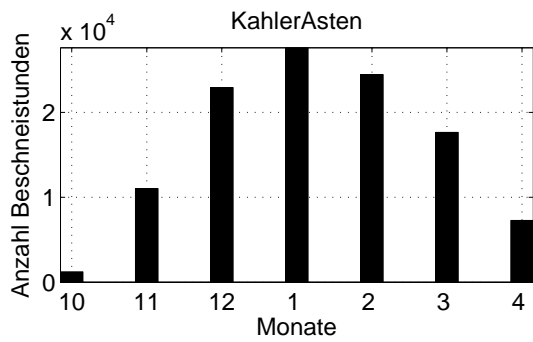
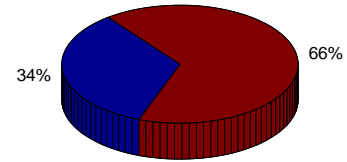


Abbildung 4.16: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 440 Stunden (18 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es in den letzten 62 Saisons (Okt.-Apr.) im Mittel 1585 potentielle Beschneistunden (ca. 66 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 440 Stunden (ca. 18 Tage). Siehe Abb. 4.16.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

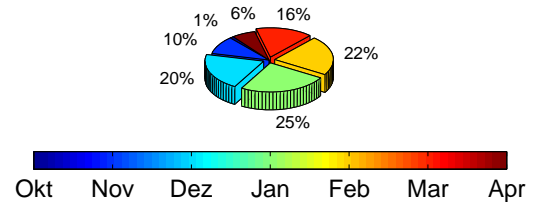


Abbildung 4.17: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

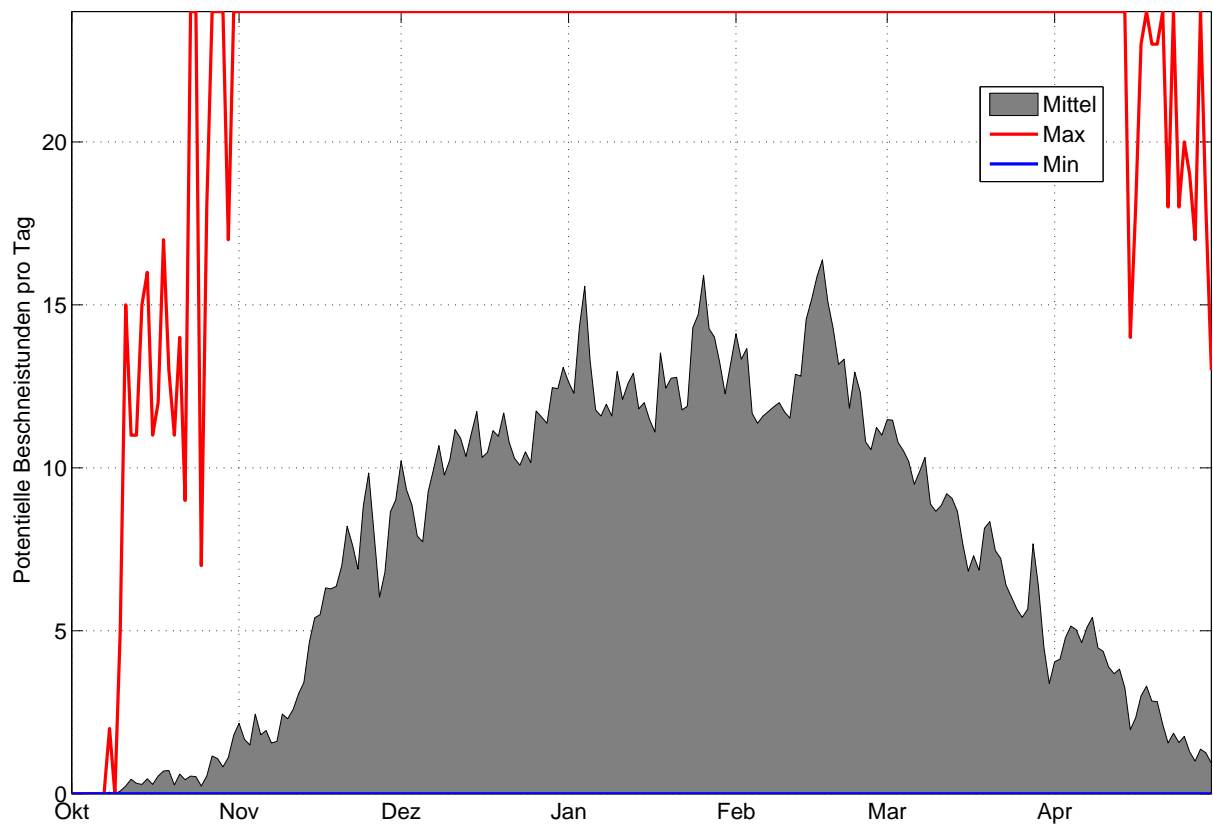


Abbildung 4.18: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1951-2014, Station Kahler Asten, 839 m.

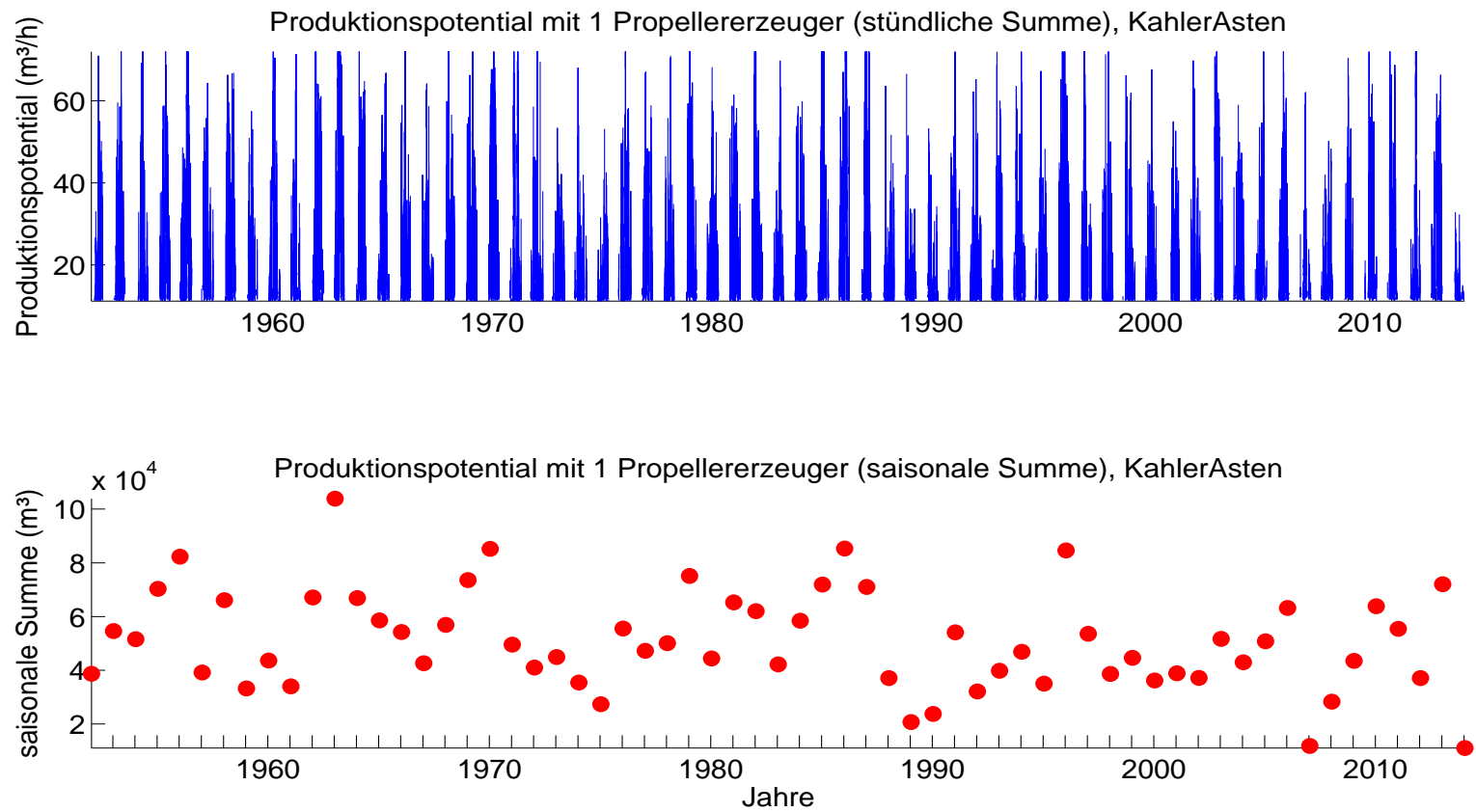


Abbildung 4.19: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

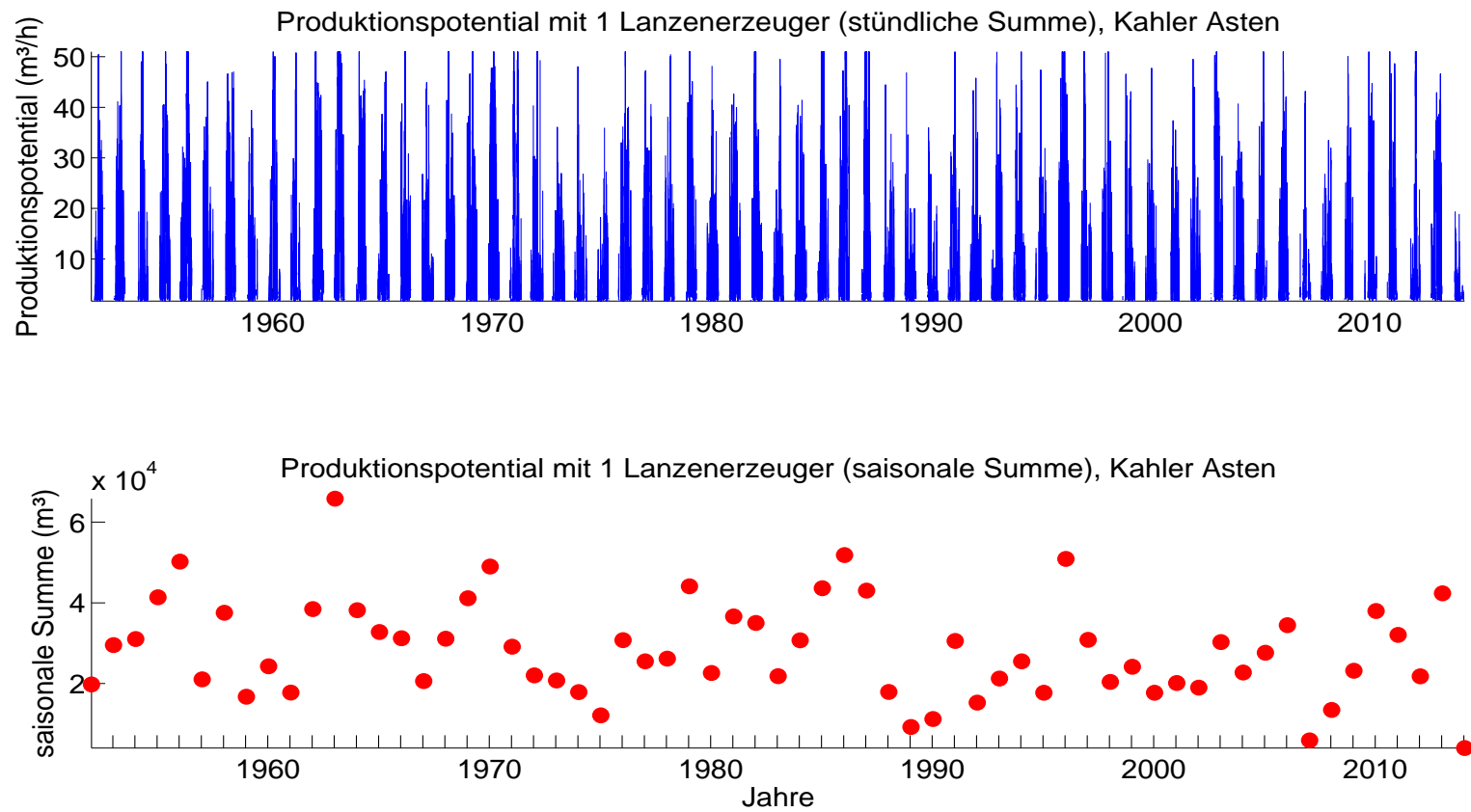


Abbildung 4.20: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 18412 m^3 (Propellergerät), bzw. 12117 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 56814 m^3 (Propellergerät), bzw. 4885 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 19 ha (Propellergerät), bzw. ca. 17 ha (Lanze) eine Grundbeschnetzung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 4.19 und 4.20.

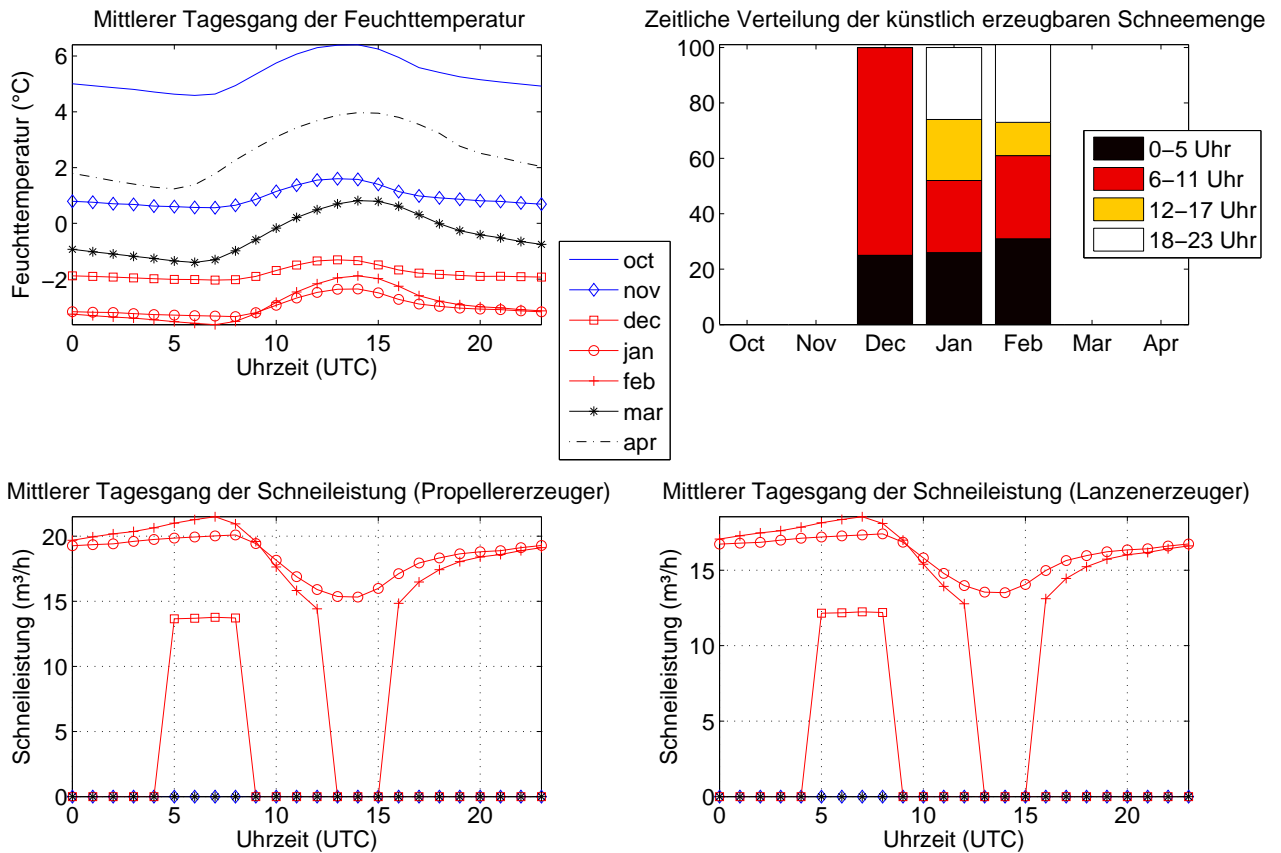


Abbildung 4.21: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1951-2014, Kahler Asten, 839 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

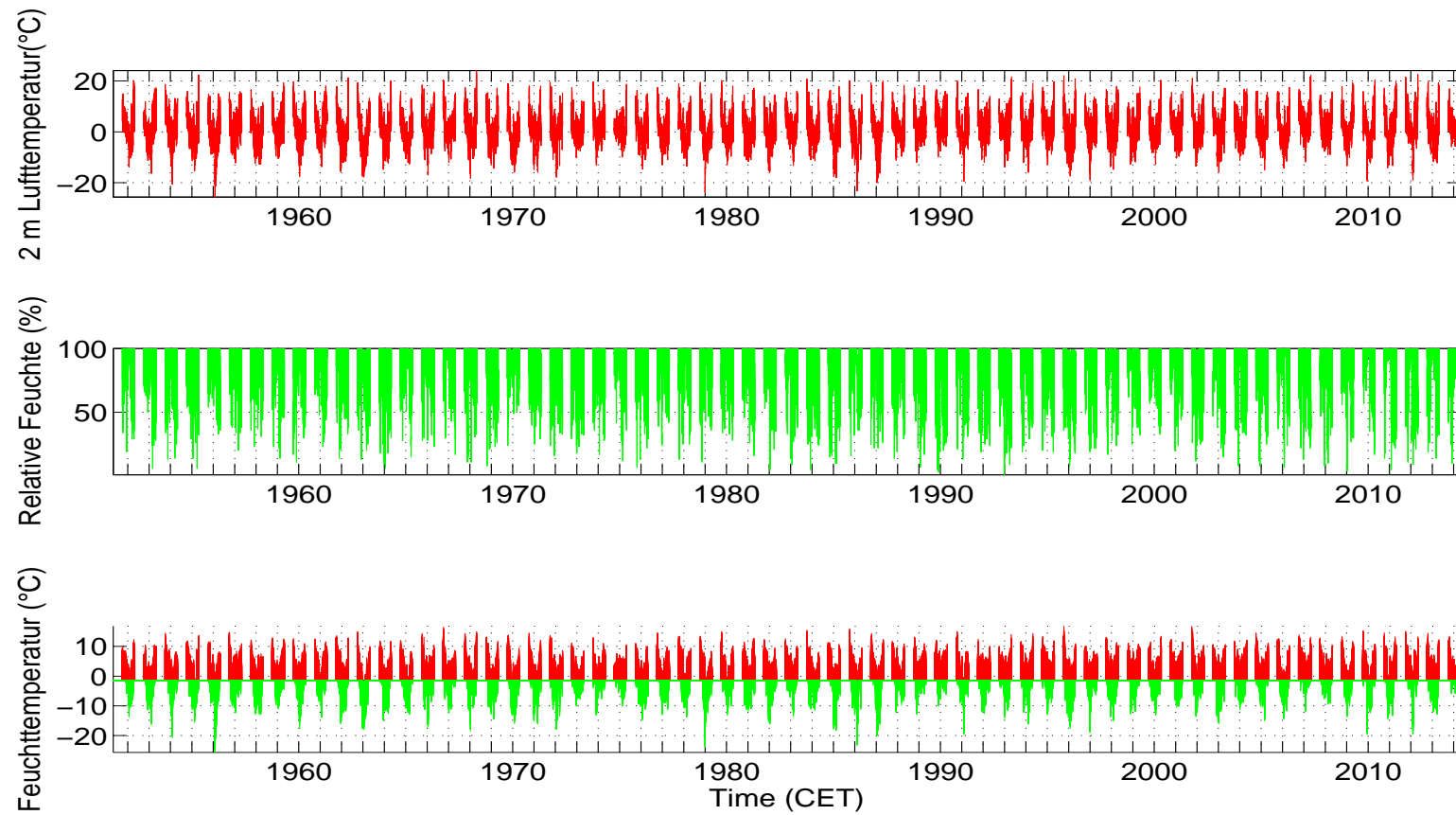


Abbildung 4.22: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Klimaparameter K. Asten									
	Klimaparameter (Saisonmittel, Kahler Asten)			Schneitage	Schneistunden mit versch. Grenztemp.				
	Lufttemp. (°C)	Rel. Feuchte (%)	Feuchttemp.(°C)		-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C	
Mittelwert	0,9	89,7	0,1	64	1780	1585	1232	955	
SD	1,0	1,9	0,9	19	431	440	434	417	
Saison									
1951/52	1,9	87,7	0,9	58	1581	1390	1038	692	
1952/53	0,4	88,2	-0,5	75	2015	1823	1435	1133	
1953/54	1,2	87,1	0,3	52	1479	1292	1059	917	
1954/55	0,1	89,5	-0,5	79	2147	1983	1742	1548	
1955/56	-1,2	91,9	-1,7	83	2263	2023	1718	1509	
1956/57	1,4	91,2	0,9	57	1467	1329	1018	745	
1957/58	-0,3	91,9	-0,8	86	2199	2059	1700	1432	
1958/59	1,9	89,6	1,2	48	1394	1218	904	632	
1959/60	1,0	89,0	0,1	54	1520	1308	1005	766	
1960/61	2,1	92,4	1,5	52	1338	1164	850	657	
1961/62	0,0	91,4	-0,5	80	2188	1965	1562	1348	
1962/63	-1,4	86,7	-2,2	101	2534	2403	2121	1896	
1963/64	0,3	87,2	-0,5	86	2204	2055	1678	1346	
1964/65	-0,4	92,8	-0,8	75	2021	1823	1505	1219	
1965/66	0,7	91,4	0,1	71	1748	1589	1266	970	
1966/67	0,8	91,8	0,3	63	1902	1607	1002	577	
1967/68	0,8	88,7	0,0	78	2052	1827	1476	1124	
1968/69	-0,3	90,5	-0,9	99	2534	2320	1892	1521	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

1969/70	-0,8	92,1	-1,3	105	2751	2609	2131	1799
1970/71	0,7	90,8	0,1	45	1517	1278	962	816
1971/72	1,0	88,6	0,2	53	1534	1327	942	641
1972/73	0,5	88,1	-0,3	74	2134	1834	1181	715
1973/74	1,4	88,9	0,6	46	1484	1294	929	599
1974/75	1,0	91,6	0,4	49	1374	1127	661	383
1975/76	0,2	87,8	-0,7	67	1956	1718	1301	1014
1976/77	0,8	91,5	0,2	65	1752	1615	1251	947
1977/78	1,0	89,9	0,3	71	1974	1691	1189	847
1978/79	-0,4	89,6	-1,1	89	2305	2166	1857	1584
1979/80	0,7	90,0	0,0	61	1828	1519	1086	761
1980/81	0,2	89,9	-0,4	83	2234	2042	1715	1397
1981/82	-0,1	87,8	-0,9	76	2091	1911	1498	1149
1982/83	1,3	91,3	0,7	54	1695	1494	1095	707
1983/84	0,4	85,9	-0,6	83	2279	2037	1591	1101
1984/85	0,1	87,1	-0,7	77	2013	1855	1521	1238
1985/86	-1,1	90,7	-1,6	92	2380	2209	1936	1675
1986/87	0,2	88,7	-0,6	74	1993	1869	1522	1322
1987/88	1,2	90,4	0,6	59	1659	1450	903	617
1988/89	2,2	89,7	1,5	24	1032	796	400	252
1989/90	2,8	86,2	1,8	35	1098	889	598	396
1990/91	0,9	87,1	0,1	67	1824	1618	1300	1078
1991/92	1,4	88,0	0,6	45	1473	1187	729	427

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

1992/93	1,6	85,0	0,5	48	1509	1237	941	723
1993/94	0,6	90,5	0,0	52	1709	1474	1048	738
1994/95	1,7	90,6	1,0	52	1462	1258	862	558
1995/96	0,0	86,9	-0,9	94	2434	2272	2003	1790
1996/97	0,7	90,3	0,0	66	1729	1523	1118	808
1997/98	1,5	90,8	0,9	54	1493	1306	969	683
1998/99	0,7	93,8	0,2	58	1642	1461	1195	880
1999/00	1,4	92,6	0,8	58	1584	1366	910	594
2000/01	1,4	93,7	0,9	58	1557	1421	1155	826
2001/02	2,1	90,7	1,4	53	1526	1355	994	618
2002/03	1,1	88,0	0,3	63	1595	1474	1243	1007
2003/04	1,1	90,7	0,4	59	1653	1451	1217	979
2004/05	1,2	89,5	0,5	67	1855	1641	1169	903
2005/06	0,5	90,4	-0,1	86	2300	2089	1768	1381
2006/07	4,0	89,0	3,1	18	506	396	240	141
2007/08	1,5	90,8	0,9	41	1302	1048	685	477
2008/09	1,4	90,7	0,7	58	1660	1500	1190	839
2009/10	0,4	91,6	-0,3	69	1893	1737	1508	1308
2010/11	1,3	87,9	0,4	69	1767	1647	1411	1184
2011/12	2,0	88,7	1,2	39	1139	975	699	566
2012/13	0,0	90,3	-0,7	89	2204	2103	1843	1597
2013/14	3,3	88,9	2,4	13	674	400	165	89

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

Tabelle 4.2: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (K. Asten)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	13,2	149,8	328,2	399,0	358,8	248,3	92,8
SD	20,9	111,1	139,3	151,1	157,5	150,8	70,0
Saison							
1951/52	0	0	119	507	453	259	62
1952/53	0	345	458	519	387	119	3
1953/54	0	38	115	535	425	87	100
1954/55	0	94	180	512	504	559	140
1955/56	22	181	229	433	667	297	203
1956/57	42	233	264	431	185	66	115
1957/58	0	160	328	431	368	545	236
1958/59	0	115	209	513	257	99	34
1959/60	0	63	225	354	394	239	39
1960/61	0	59	417	479	100	110	1
1961/62	0	97	411	350	475	571	62
1962/63	5	317	490	731	634	195	31
1963/64	5	14	586	576	345	456	77
1964/65	13	125	411	393	570	296	15
1965/66	0	355	305	534	126	247	23
1966/67	38	362	370	317	277	105	141
1967/68	0	108	408	430	440	275	170
1968/69	0	155	562	264	571	565	206
1969/70	0	200	715	460	491	479	267
1970/71	4	28	313	256	272	359	46
1971/72	39	236	150	604	115	140	43
1972/73	19	243	278	407	449	227	212
1973/74	30	196	423	107	262	225	53
1974/75	8	45	118	79	375	284	218
1975/76	32	180	346	266	354	404	138
1976/77	0	89	565	463	145	121	234
1977/78	0	173	201	520	482	182	139
1978/79	0	117	403	725	586	264	72
1979/80	38	183	289	538	175	189	107

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneistunden – Fortsetzung

1980/81	1	351	411	517	505	118	139
1981/82	0	257	609	326	374	184	161
1982/83	0	72	361	217	570	235	39
1983/84	10	233	325	448	473	403	148
1984/85	0	62	280	616	494	287	117
1985/86	32	491	156	481	656	229	164
1986/87	0	11	335	597	397	513	16
1987/88	0	130	320	114	398	352	136
1988/89	6	174	106	159	178	61	112
1989/90	0	202	201	208	125	63	92
1990/91	8	75	428	414	485	82	126
1991/92	70	74	334	295	185	184	52
1992/93	29	50	243	274	334	305	3
1993/94	34	355	250	241	395	114	87
1994/95	38	0	239	432	150	362	41
1995/96	0	201	515	445	487	489	135
1996/97	0	268	412	440	198	63	173
1997/98	101	152	295	303	167	242	46
1998/99	0	304	368	208	424	109	49
1999/00	27	213	373	377	220	126	31
2000/01	0	0	299	422	300	277	123
2001/02	0	134	487	313	173	185	65
2002/03	0	0	308	409	483	118	169
2003/04	56	22	293	402	357	332	7
2004/05	7	196	300	306	514	292	28
2005/06	0	232	308	551	469	474	55
2006/07	0	15	57	131	96	83	23
2007/08	18	149	261	172	162	274	45
2008/09	0	170	328	583	328	116	0
2009/10	31	0	355	668	384	289	31
2010/11	5	164	660	427	253	152	0
2011/12	0	9	147	332	419	18	68
2012/13	65	64	315	401	541	544	177

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneistunden – Fortsetzung

2013/14	0	98	108	171	25	7	0
----------------	---	----	-----	-----	----	---	---

Tabelle 4.3: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C).

Monatssummen der pot. Schneileistung, Propeller (m³)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	661	5086	11446	14817	13392	8383	3030
SD	746	3504	5408	6804	7571	5326	1850
Saison							
1951/52	95	690	4520	14900	13164	8719	2062
1952/53	779	10096	14580	16460	14335	4061	490
1953/54	0	1577	4395	25425	19019	3826	3879
1954/55	29	3574	5983	19756	22246	19409	4147
1955/56	1666	6230	7774	15294	40456	10713	6421
1956/57	1550	8608	9465	13575	5277	2180	3138
1957/58	74	4964	11902	15310	11908	20696	6946
1958/59	102	3591	6726	15680	8286	2902	1428
1959/60	348	3448	7829	16901	12964	6696	2347
1960/61	98	2115	12474	17375	3361	3368	213
1961/62	17	4179	17930	11561	16108	20036	3127
1962/63	387	9263	21948	40220	28027	6957	1389
1963/64	298	802	22118	16533	12630	16589	2049
1964/65	1029	3927	13954	12287	20179	11869	1500
1965/66	197	13322	9115	24636	3543	8049	798
1966/67	1045	9774	10208	12487	9200	4402	3969
1967/68	127	3726	13474	18145	13640	9124	4684
1968/69	28	6710	19838	9174	21489	16043	5360
1969/70	21	5712	26870	15948	18922	14699	7195
1970/71	364	1627	14370	11604	10938	16346	1807
1971/72	1392	8029	5287	20541	6100	5553	2205
1972/73	1179	6103	8880	11222	11984	6536	6277
1973/74	1179	7279	14106	4862	7111	6118	1816
1974/75	1566	3202	4276	3412	10183	8040	5012
1975/76	1039	6632	11528	12577	11150	15521	4527
1976/77	226	2780	18267	13131	6702	4578	6597
1977/78	4	6752	6356	13460	19896	5555	4059
1978/79	25	3832	15538	29541	19214	7865	3238
1979/80	1585	5461	7555	20410	6258	7453	3870

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Propeller – Fortsetzung

1980/81	450	12110	14621	17078	18058	3617	3861
1981/82	1040	6939	21104	16058	12670	6525	4252
1982/83	0	2700	9569	6430	21042	6023	1986
1983/84	745	7135	11843	13515	15487	11902	4664
1984/85	8	1942	8969	29826	23905	8593	3421
1985/86	1146	15982	6692	16899	35739	8530	5958
1986/87	159	1276	9913	28737	13260	20712	1190
1987/88	47	3136	10540	4332	10348	10420	4183
1988/89	449	6786	4724	5491	5261	2554	3479
1989/90	13	6735	6498	7274	3595	2568	3262
1990/91	461	4213	13118	13521	22466	2665	3948
1991/92	2181	3519	10623	10478	6233	5209	2237
1992/93	1991	2775	8432	10795	12032	10030	520
1993/94	1383	14412	7530	7715	16675	4010	3126
1994/95	1512	93	7421	15643	4568	10402	1833
1995/96	66	6203	20120	20944	19864	16365	4516
1996/97	5	7123	21273	18147	5589	2309	4922
1997/98	3293	4461	10269	10806	6711	7332	1402
1998/99	475	11105	11905	8169	13947	3812	1678
1999/00	1076	6410	10293	12182	6436	4069	1439
2000/01	0	828	8276	12706	9852	7896	3960
2001/02	0	3964	15894	9746	5176	5118	2143
2002/03	566	477	12310	17044	16845	3653	5548
2003/04	2967	923	9032	15392	10584	9698	1111
2004/05	180	5148	9806	10749	18360	10573	1004
2005/06	32	6015	11412	18212	14622	15970	2541
2006/07	0	949	3237	6410	3359	2404	671
2007/08	789	5033	8364	5698	5717	7924	1984
2008/09	468	4577	11213	18711	10786	4667	3
2009/10	1091	173	14231	25108	15710	10362	1381
2010/11	634	6622	25439	12701	10130	4973	125
2011/12	221	747	5262	10707	22555	1433	2354
2012/13	1687	1992	9893	17936	18488	20520	5172

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Propeller – Fortsetzung

2013/14	36	3898	3987	5873	3368	1367	492
----------------	----	------	------	------	------	------	-----

Tabelle 4.4: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der pot. Schneileistung, Lanze (m³)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	635	4507	9851	12514	11317	7287	2741
SD	687	2972	4414	5301	5958	4431	1609
Saison							
1951/52	127	702	4119	12856	11382	7550	1828
1952/53	777	8823	12627	14101	12066	3690	544
1953/54	0	1468	3928	20515	15429	3519	3596
1954/55	40	3271	5374	16737	18592	16470	3726
1955/56	1560	5518	6846	12901	30815	9233	5672
1956/57	1448	7436	8103	11697	4720	1976	2822
1957/58	89	4388	10346	13201	10171	17498	6061
1958/59	126	3256	6003	13485	7261	2606	1316
1959/60	367	3272	6972	13822	11115	5826	2224
1960/61	116	1918	10847	14804	3074	3042	207
1961/62	26	3847	14845	9997	13768	17022	2927
1962/63	400	8066	17805	31493	23269	6208	1306
1963/64	306	805	18627	14235	10822	14126	1872
1964/65	1005	3527	11915	10739	17138	10139	1493
1965/66	222	11403	8108	20077	3146	7172	740
1966/67	941	8574	9006	10801	8016	4100	3621
1967/68	152	3459	11636	14752	11774	7985	4117
1968/69	32	5904	16861	8115	18005	13764	4715
1969/70	33	5023	22626	13601	15910	12647	6322
1970/71	367	1598	12256	9946	9501	13453	1672
1971/72	1297	7015	4729	16914	5465	4922	2083
1972/73	1117	5434	7764	9841	10403	5870	5641
1973/74	1123	6425	12103	4488	6264	5370	1725
1974/75	1592	3017	3894	3207	8856	7046	4429
1975/76	958	5875	10118	10563	9627	13269	4047
1976/77	232	2569	15598	11360	5910	3952	5851
1977/78	5	5941	5668	11733	16683	4988	3633
1978/79	39	3350	13005	23995	16324	7027	3039
1979/80	1459	4954	6630	17327	5621	6672	3547

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Lanze – Fortsetzung

1980/81	463	10386	12531	14658	15344	3243	3441
1981/82	1073	6092	17800	12935	10855	5933	3801
1982/83	0	2474	8418	5758	17774	5378	1885
1983/84	716	6189	10191	11733	13303	10382	4236
1984/85	19	1821	7937	23590	19147	7597	3077
1985/86	1065	13655	5807	14474	28567	7537	5250
1986/87	205	1301	8600	22557	11376	17153	1143
1987/88	60	2927	9027	4023	9093	9101	3737
1988/89	418	5935	4275	5029	4759	2390	3163
1989/90	19	5881	5771	6478	3283	2376	2979
1990/91	445	3886	11394	11659	18499	2415	3517
1991/92	2003	3295	9323	9146	5534	4653	2111
1992/93	1965	2585	7431	9192	10405	8644	548
1993/94	1369	12284	6700	6911	13914	3661	2898
1994/95	1421	93	6539	13382	4104	9137	1728
1995/96	70	5382	17006	17207	16678	13962	3942
1996/97	9	6252	17329	15096	4975	2131	4399
1997/98	2918	3976	8854	9275	5641	6428	1294
1998/99	512	9630	10275	7171	11983	3528	1545
1999/00	988	5561	9010	10533	5720	3699	1353
2000/01	1	901	7167	11001	8524	6848	3541
2001/02	0	3584	13535	8464	4590	4559	1984
2002/03	579	522	10395	14146	14356	3319	4818
2003/04	2769	893	7921	13265	9124	8406	1073
2004/05	168	4613	8660	9344	15517	9005	945
2005/06	43	5265	9986	15516	12597	13581	2348
2006/07	0	954	3009	5599	3091	2214	656
2007/08	746	4574	7420	5087	5065	6967	1882
2008/09	464	4027	9811	15914	9403	4326	6
2009/10	1031	202	11790	21237	13379	8875	1330
2010/11	690	5787	21256	10908	8761	4421	140
2011/12	263	733	4827	9325	17472	1354	2160
2012/13	1483	1845	8567	15176	15757	17364	4492

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Lanze – Fortsetzung

2013/14	47	3619	3661	5314	3248	1360	484
----------------	----	------	------	------	------	------	-----

Tabelle 4.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

4.8.4 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

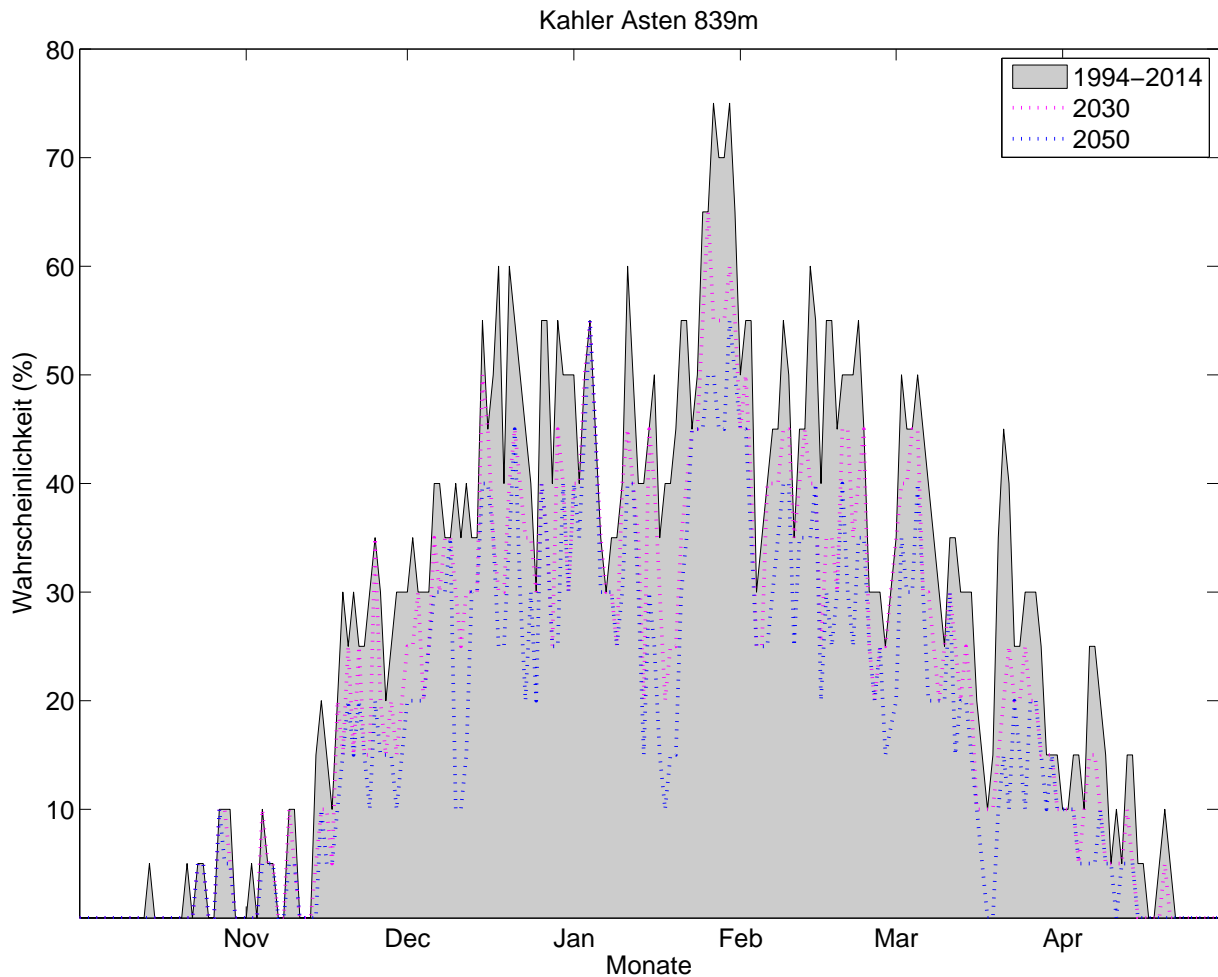


Abbildung 4.23: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Kahler Asten, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

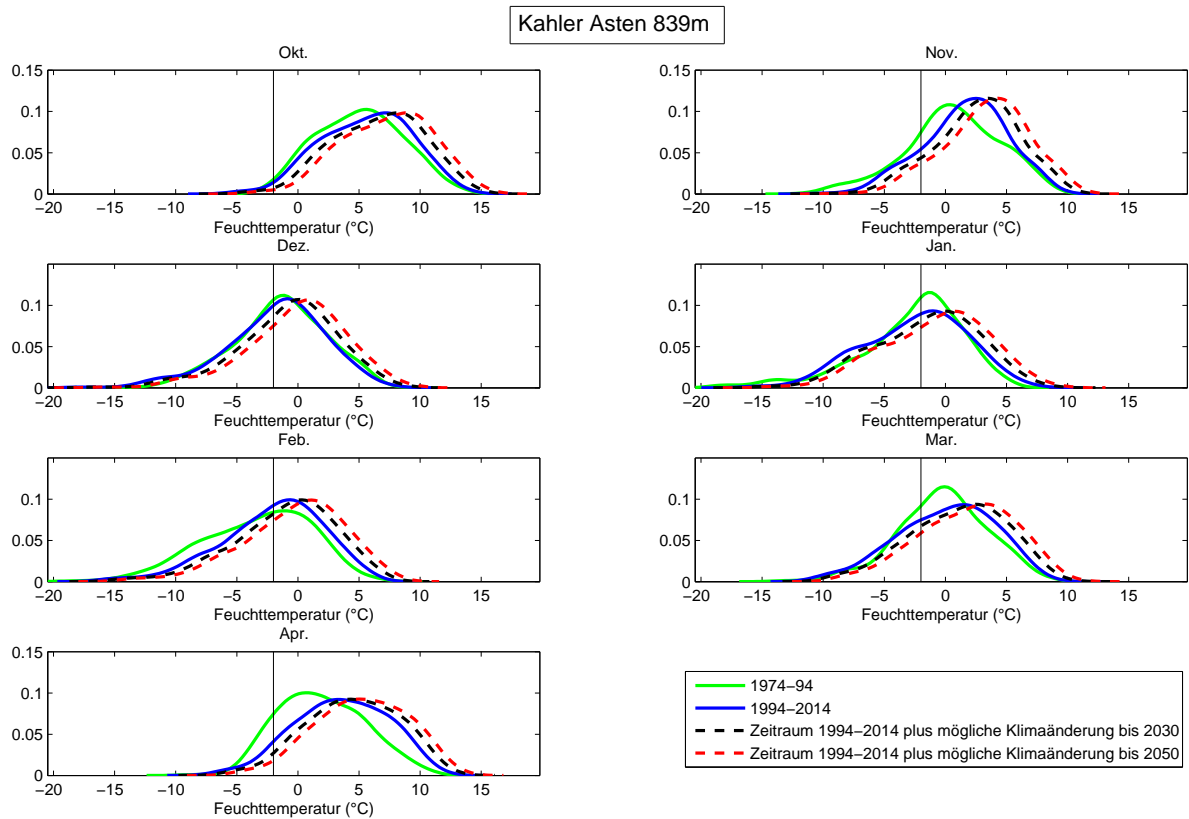


Abbildung 4.24: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchtttemperatur unter -2°C pro Monat, Kahler Asten.								
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	
Periode								
1974-1994	0,3	6,4	12,7	14,9	16,1	9,1	4,1	
1994-2014	0,5	4,6	13,3	15,5	12,6	9,5	2,3	
mit Klimaänderung bis 2030	0,4	3,2	10,4	12,8	10,3	7,2	1,3	
mit Klimaänderung bis 2050	0,3	2,4	8,7	11,0	8,7	5,5	0,9	
Abnahme bis 2050 in Tagen	0,2	2,2	4,6	4,6	3,9	4,0	1,4	
Abnahme bis 2050 in %	40	48	35	29	31	42	62	

Tabelle 4.6: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1974-94, 1994-2014 und 1994-2014 mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

4.9 Hohen Peissenberg (977 m)

4.9.1 Naturschnee

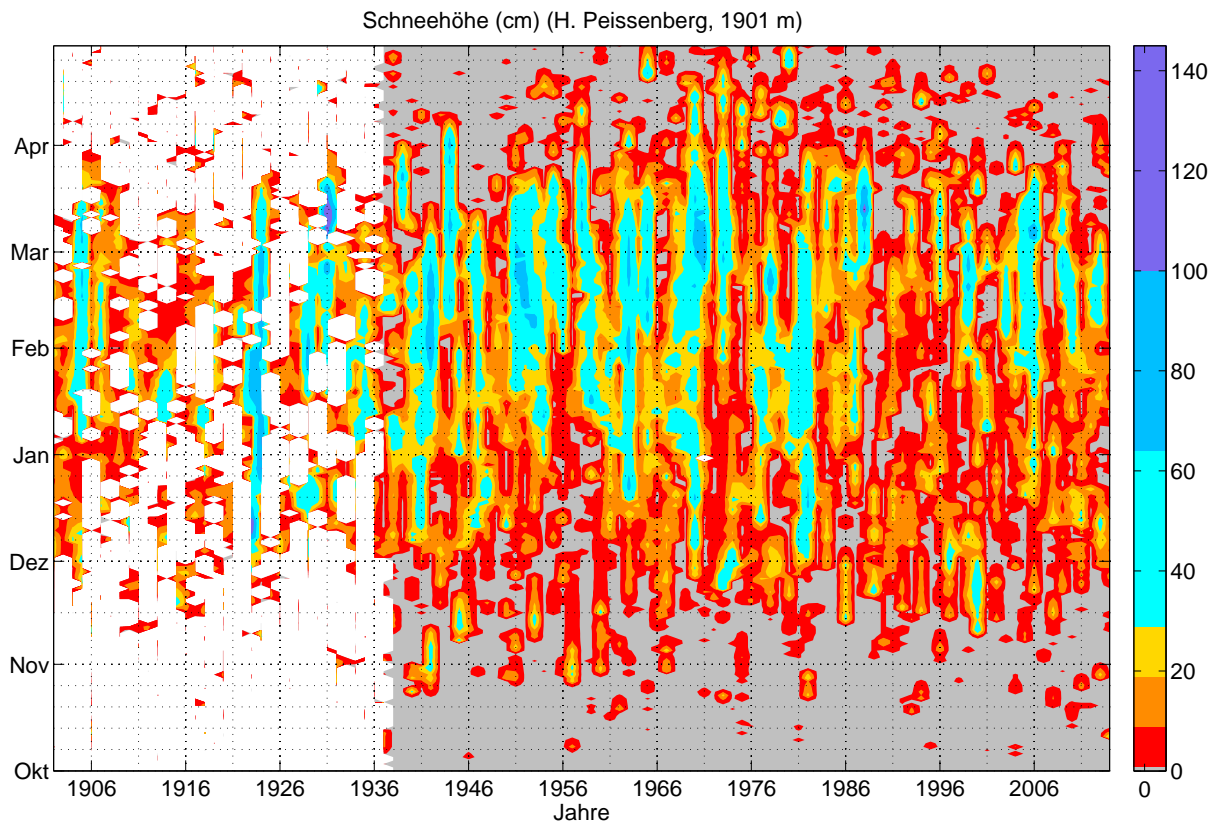


Abbildung 4.1: Tageswerte der Schneehöhe, Hohen Peißenberg, Okt.-Apr. 1901-2014. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt.

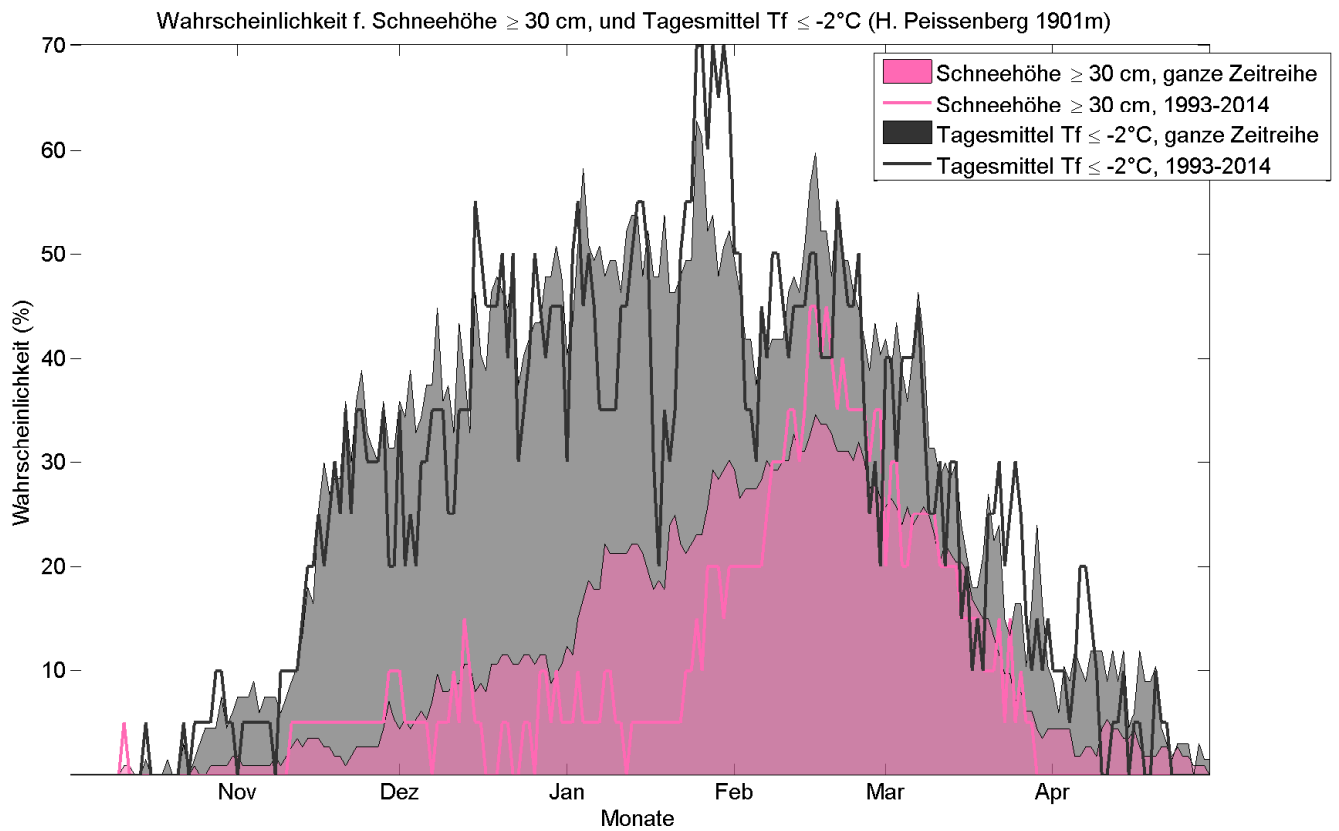


Abbildung 4.2: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Beschneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (T_f ab 1947, Schnee ab 1901).

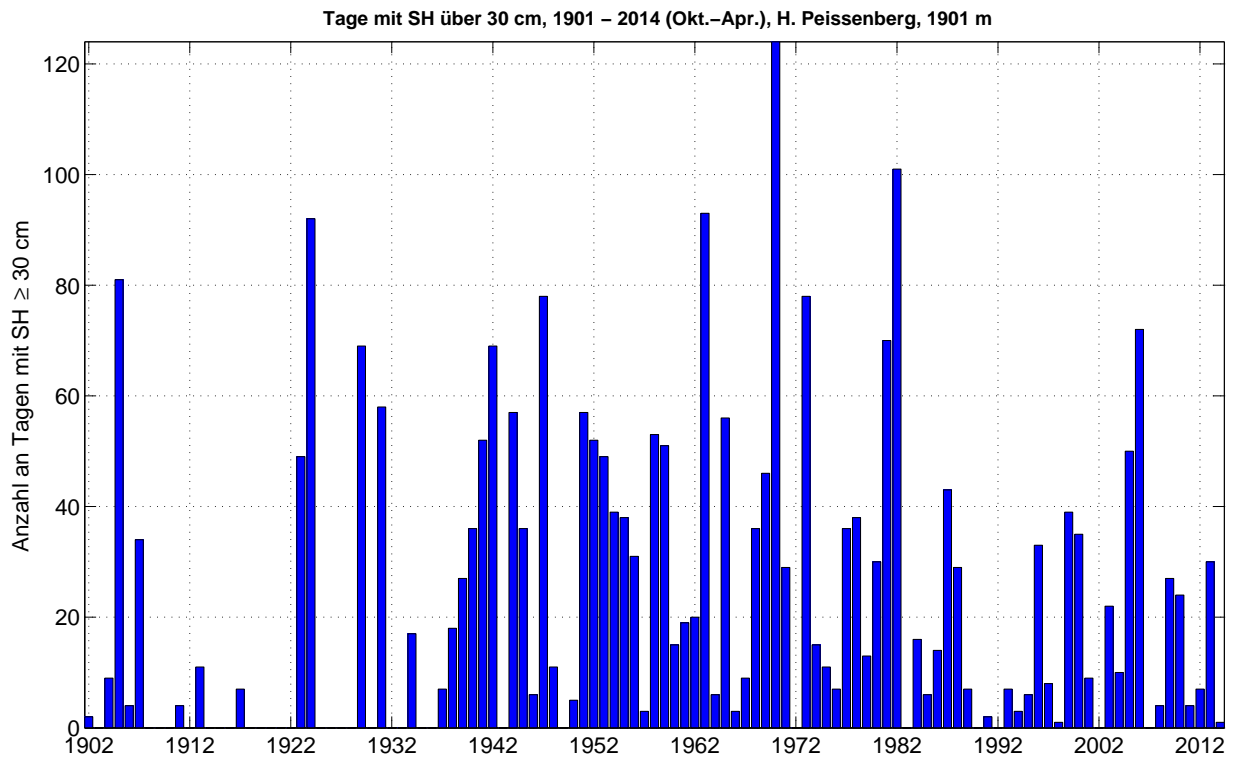


Abbildung 4.3: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1901-2014

4.9.2 Langzeitanalyse - Trends und Klima

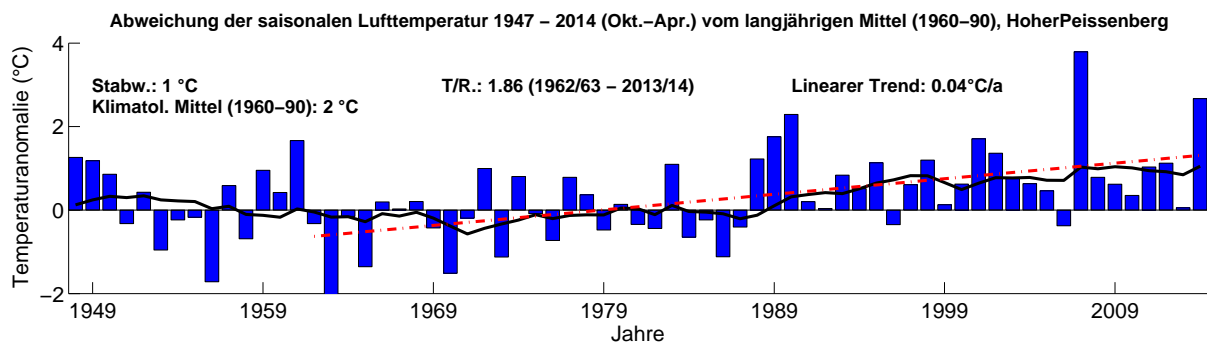
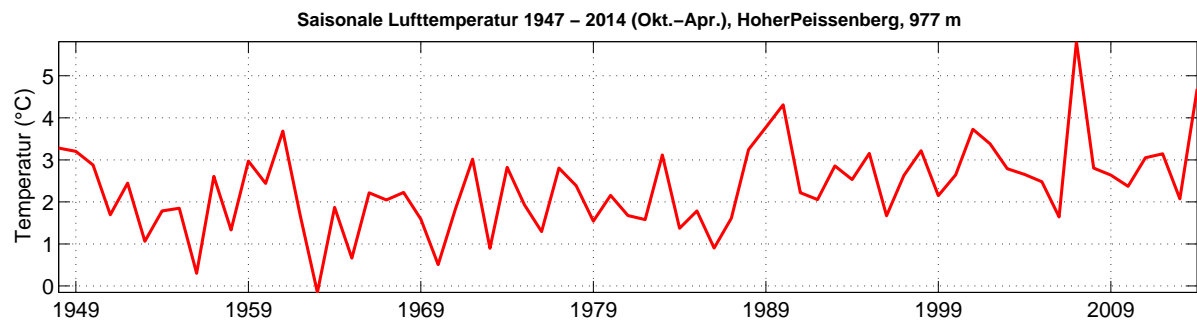


Abbildung 4.4: Langzeitanalyse der saisonalen Lufttemperatur, Hoher Peissenberg, Okt.-Apr. 1947-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

Die mittlere Lufttemperatur zeigt seit 1962/63 einen Anstieg um 0.04°C pro Jahr (2 grad gesamt).

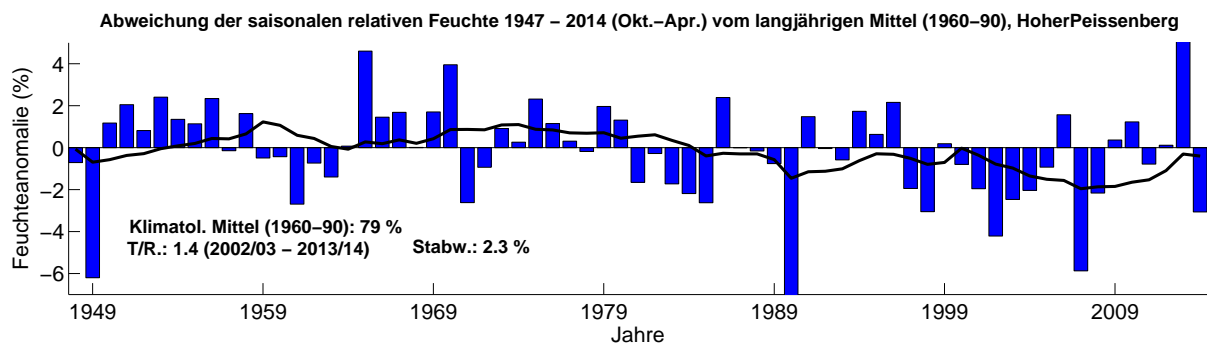
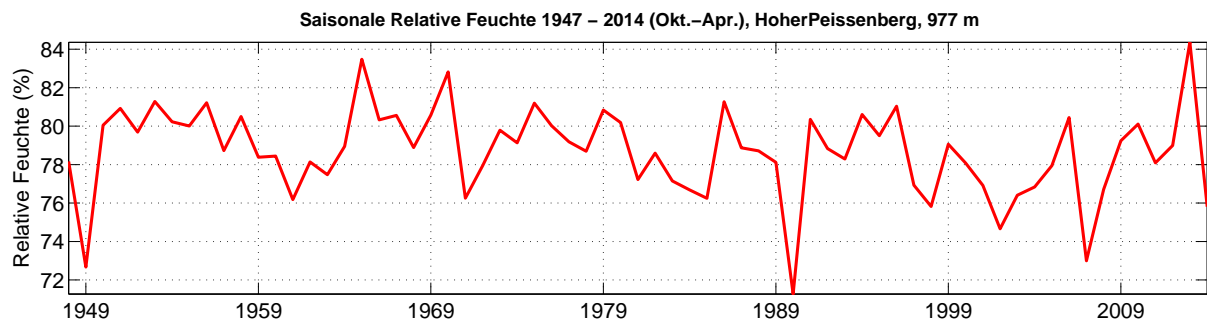


Abbildung 4.5: Langzeitanalyse der saisonalen relativen Feuchte, Hoher Peissenberg, Okt.-Apr. 1947-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

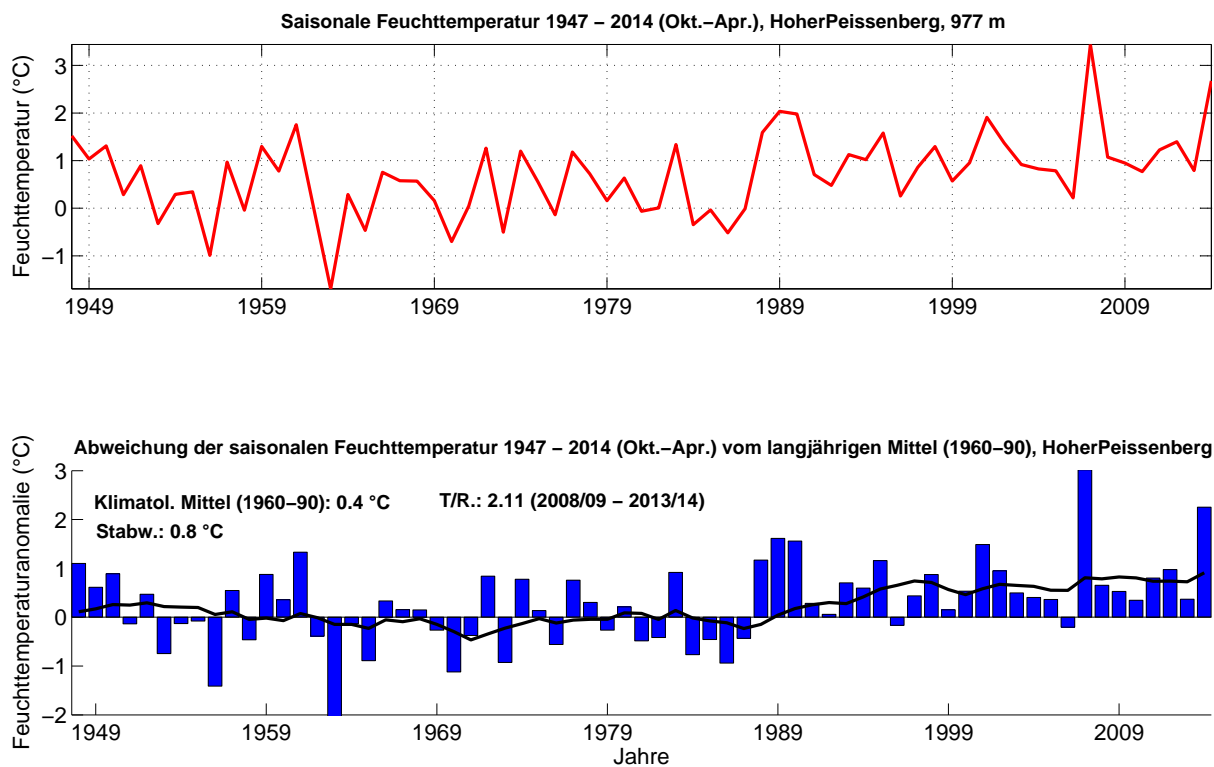


Abbildung 4.6: Langzeitanalyse der saisonalen Feuchttemperatur, Hoher Peissenberg, Okt.-Apr. 1947-2014, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

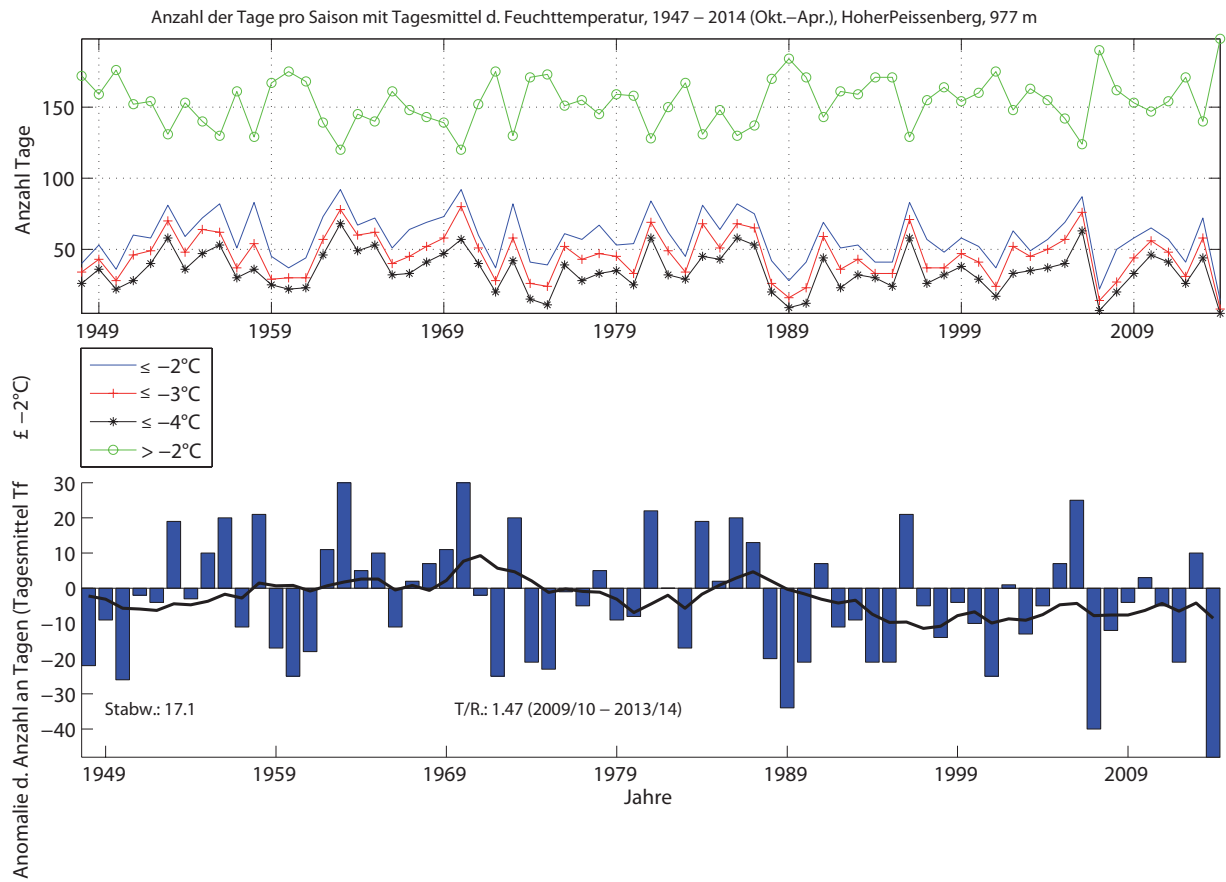


Abbildung 4.7: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchtttemperatur von -2°C , -3°C und -4°C , bzw. Überschreitung von -2°C , Periode Okt.-Apr. 1947-2014, Hoher Peissenberg. Abweichung vom langjährigen Mittel für Tagesmittel $\leq -2^{\circ}\text{C}$ (unten).

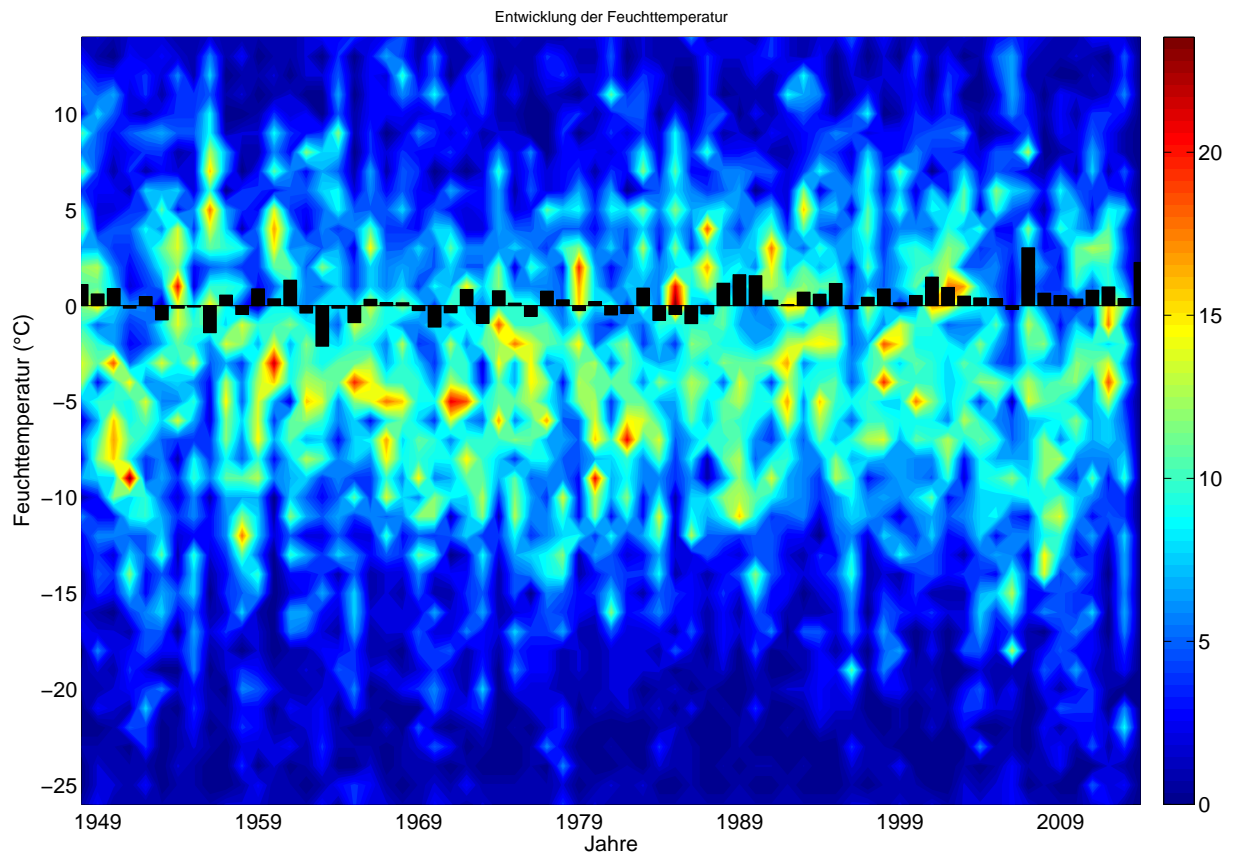


Abbildung 4.8: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchtemperatur in 1°C Klassen für die Periode Okt.-Apr. 1947-2014, Hoher Peissenberg. Die schwarzen Balken zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel (1960-90).

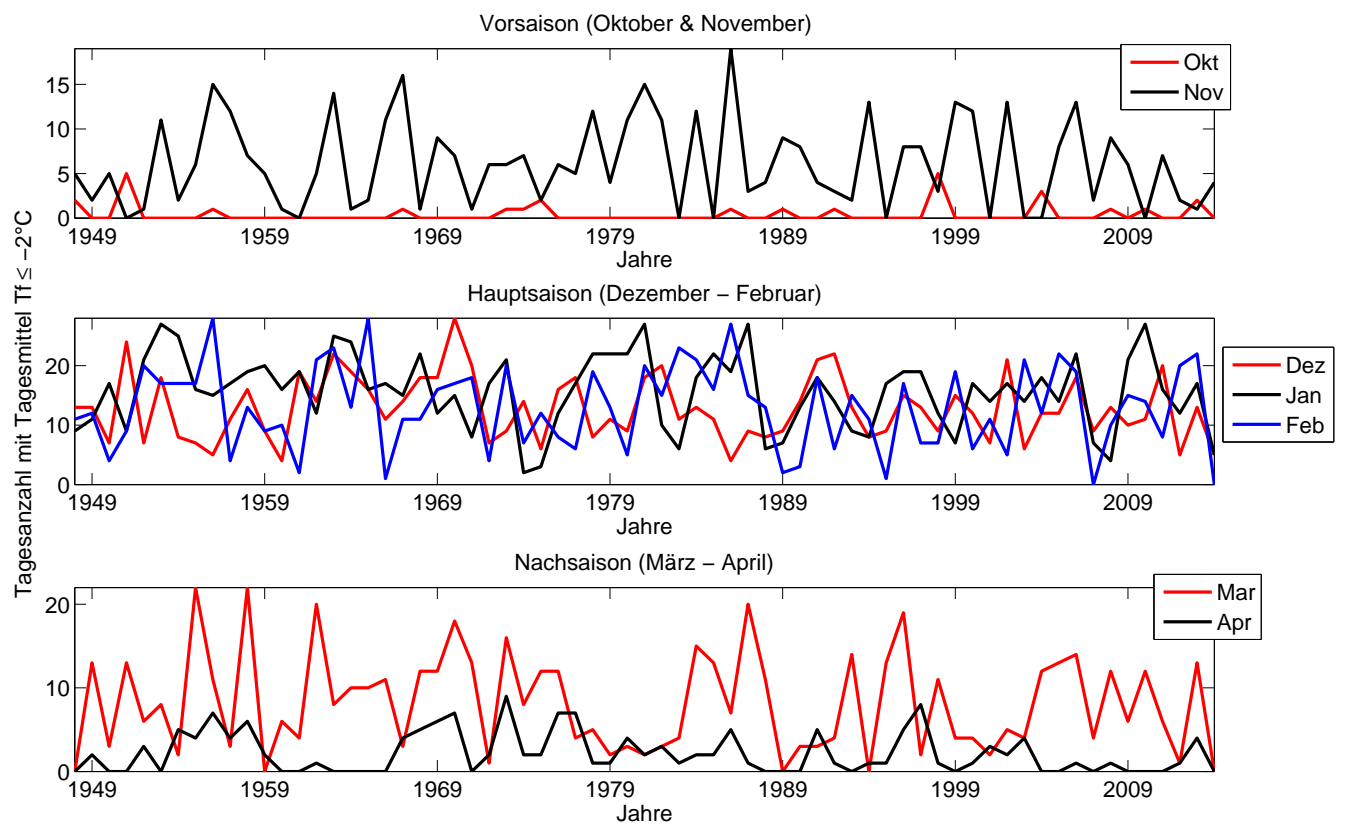


Abbildung 4.9: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Schneitagen pro Saison, nach Monaten.

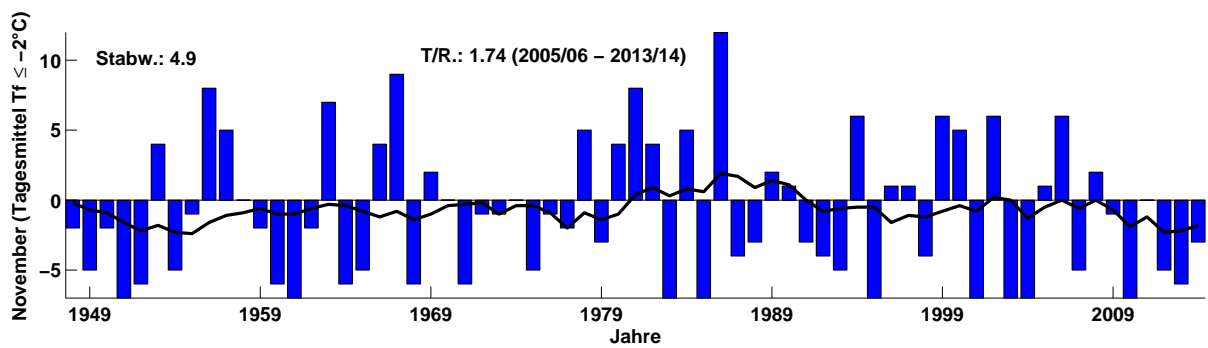
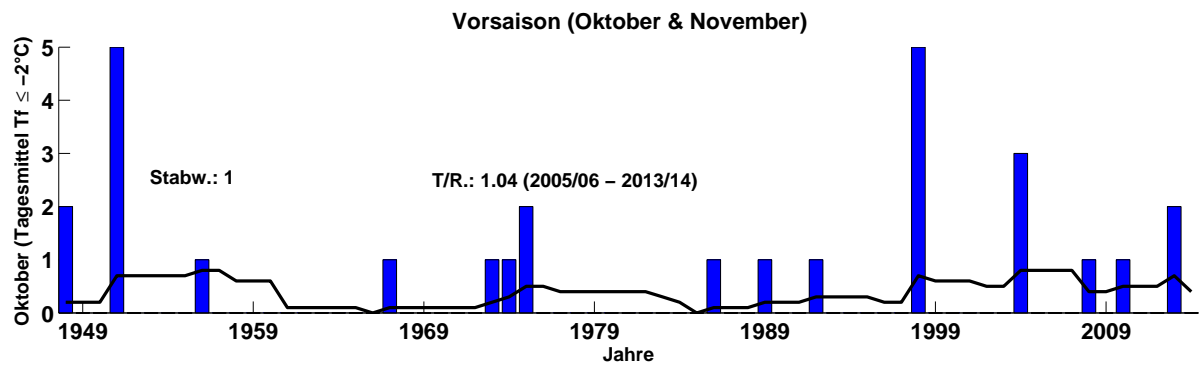


Abbildung 4.10: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Oktober und November (Vorsaison).

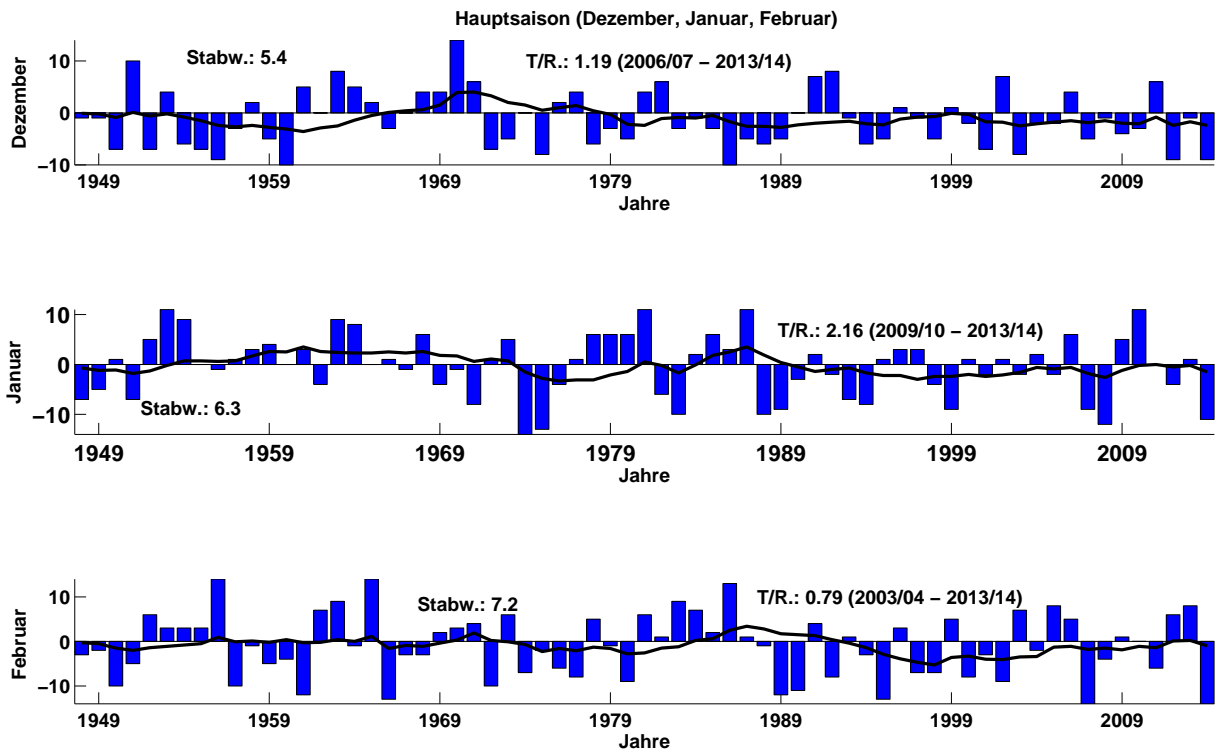


Abbildung 4.11: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Dezember, Januar und Februar (Hauptsaison).

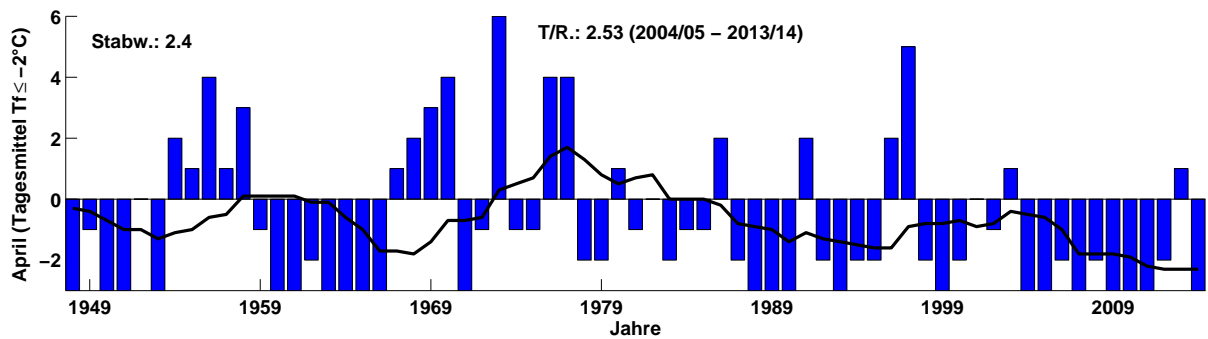
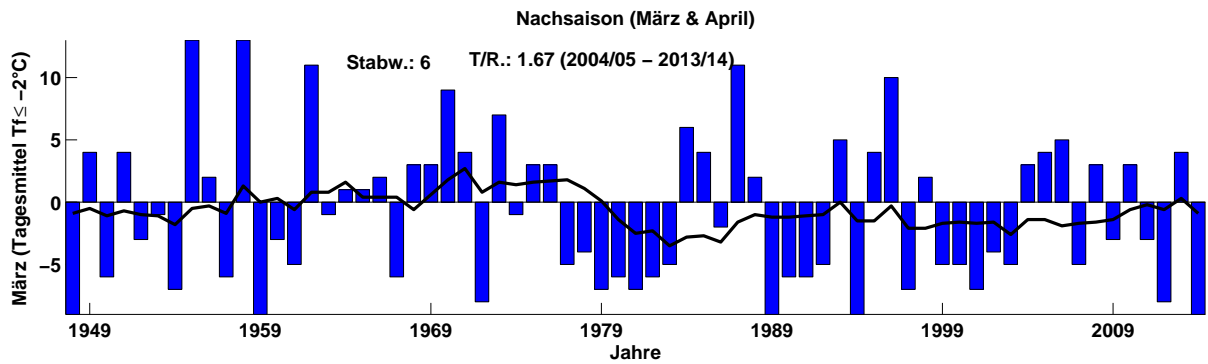


Abbildung 4.12: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt n Monate: März und April (Nachsaison).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1947 – 2014), H. Peißenberg 977 m

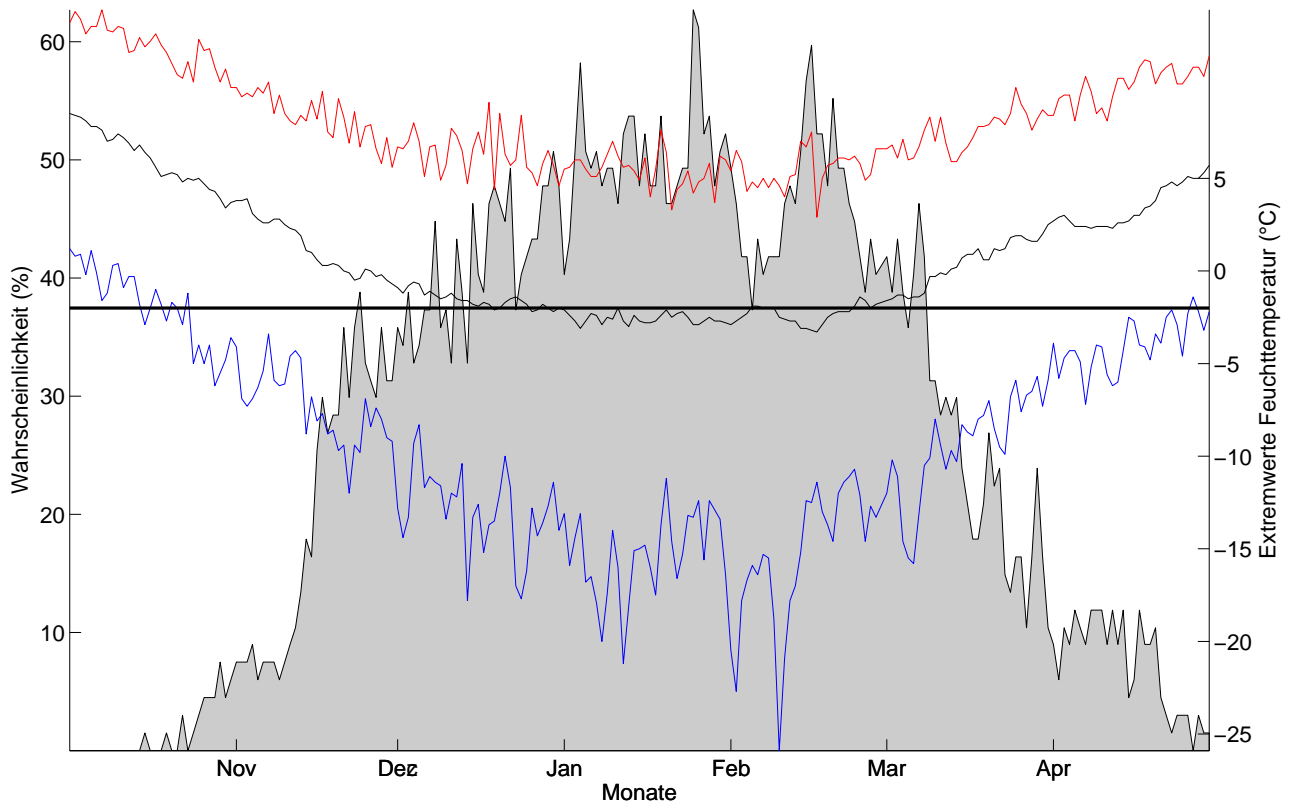


Abbildung 4.13: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Wendelstein, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1947-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), H. Peißenberg 977m

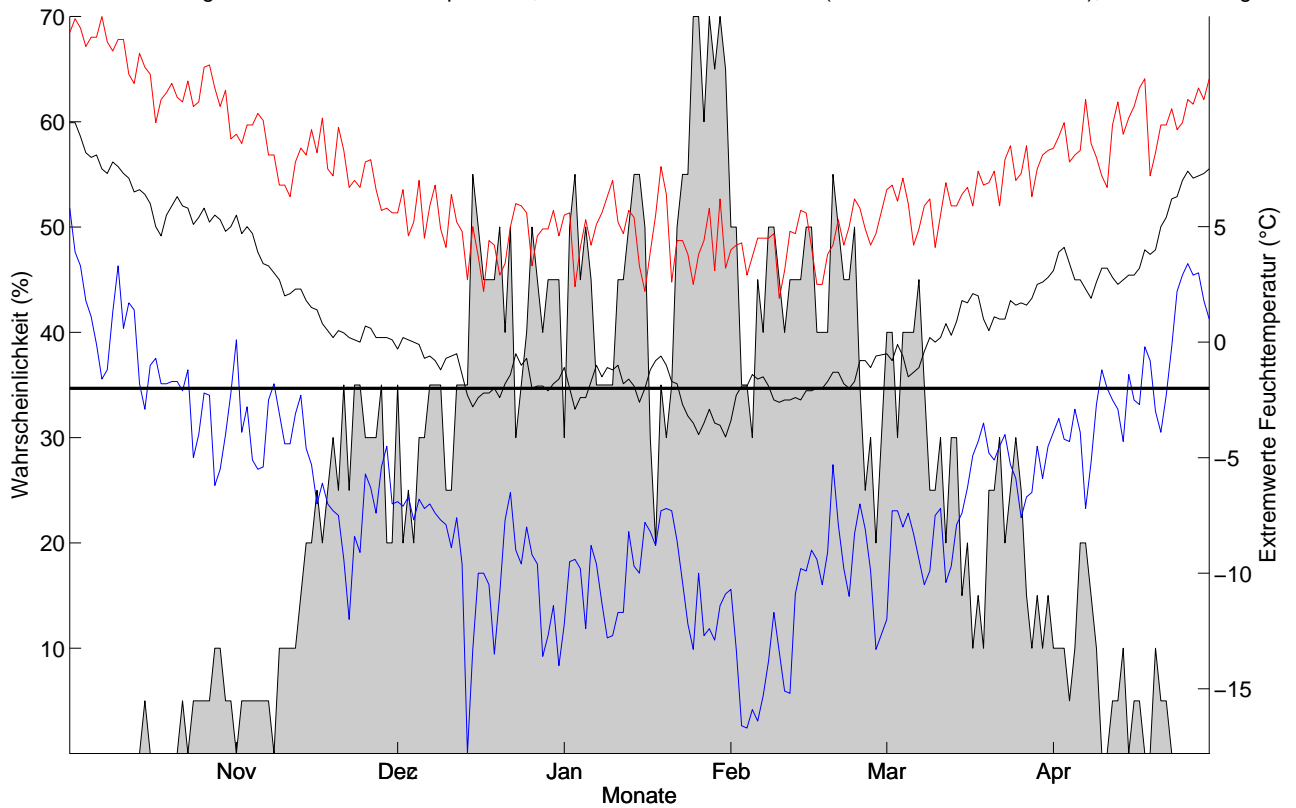


Abbildung 4.14: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Wendelstein, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

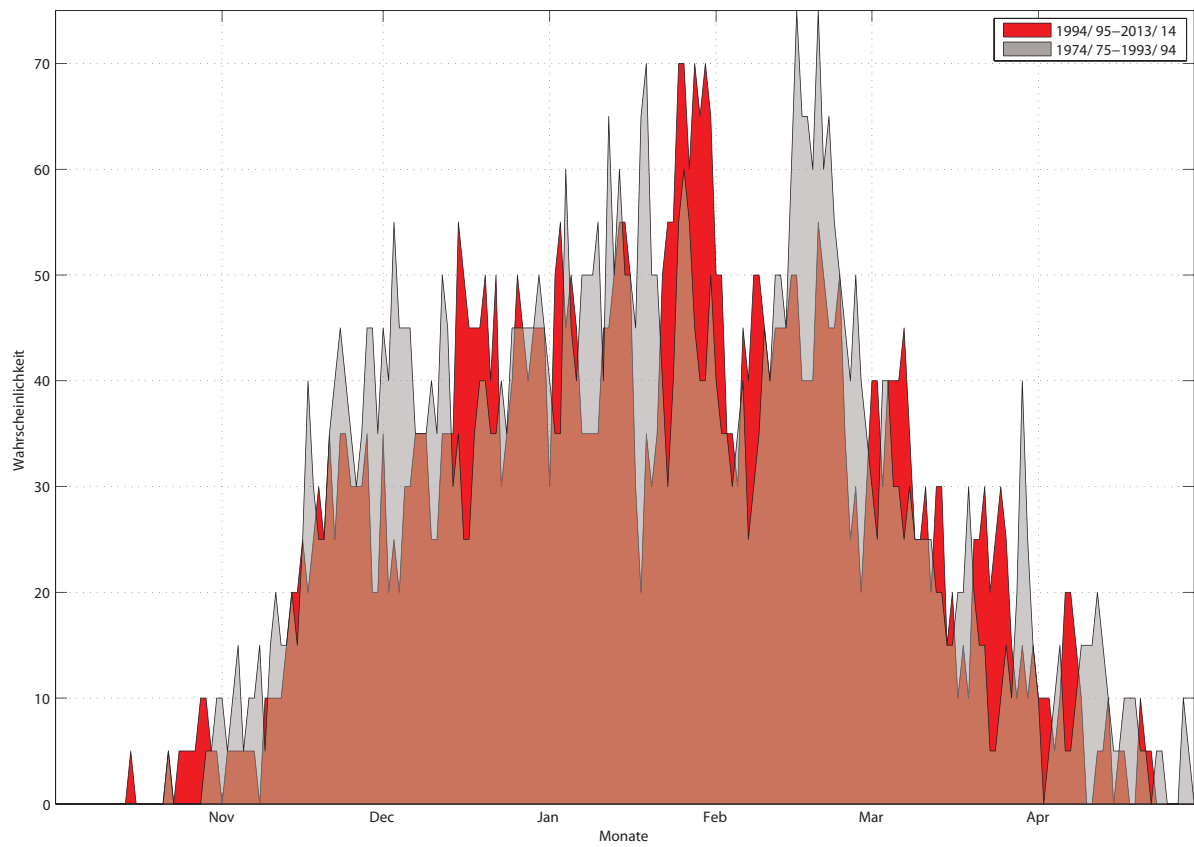


Abbildung 4.15: Vergleich Beschneigungswahrscheinlichkeit (Tagesmittelwert $T_f \leq -2^\circ\text{C}$) der letzten 20 Jahre mit den 20 Jahren davor für alle Tage der Saison (1.10.-30.4.).

Beschneitage H. Peissenberg pro Saison und Monat

Mittelwert	0	6	13	16	13	8	2
SD	1	5	5	6	7	6	2
Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
1947/48	2	5	13	9	11	0	0
1948/49	0	2	13	11	12	13	2
1949/50	0	5	7	17	4	3	0
1950/51	5	0	24	9	9	13	0
1951/52	0	1	7	21	20	6	3
1952/53	0	11	18	27	17	8	0
1953/54	0	2	8	25	17	2	5
1954/55	0	6	7	16	17	22	4
1955/56	1	15	5	15	28	11	7
1956/57	0	12	11	17	4	3	4
1957/58	0	7	16	19	13	22	6
1958/59	0	5	9	20	9	0	2
1959/60	0	1	4	16	10	6	0
1960/61	0	0	19	19	2	4	0
1961/62	0	5	14	12	21	20	1
1962/63	0	14	22	25	23	8	0
1963/64	0	1	19	24	13	10	0
1964/65	0	2	16	16	28	10	0
1965/66	0	11	11	17	1	11	0
1966/67	1	16	14	15	11	3	4
1967/68	0	1	18	22	11	12	5
1968/69	0	9	18	12	16	12	6
1969/70	0	7	28	15	17	18	7
1970/71	0	1	20	8	18	13	0
1971/72	0	6	7	17	4	1	2
1972/73	1	6	9	21	20	16	9
1973/74	1	7	14	2	7	8	2
1974/75	2	2	6	3	12	12	2
1975/76	0	6	16	12	8	12	7
1976/77	0	5	18	17	6	4	7

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

1977/78	0	12	8	22	19	5	1
1978/79	0	4	11	22	13	2	1
1979/80	0	11	9	22	5	3	4
1980/81	0	15	18	27	20	2	2
1981/82	0	11	20	10	15	3	3
1982/83	0	0	11	6	23	4	1
1983/84	0	12	13	18	21	15	2
1984/85	0	0	11	22	16	13	2
1985/86	1	19	4	19	27	7	5
1986/87	0	3	9	27	15	20	1
1987/88	0	4	8	6	13	11	0
1988/89	1	9	9	7	2	0	0
1989/90	0	8	14	13	3	3	0
1990/91	0	4	21	18	18	3	5
1991/92	1	3	22	14	6	4	1
1992/93	0	2	13	9	15	14	0
1993/94	0	13	8	8	11	0	1
1994/95	0	0	9	17	1	13	1
1995/96	0	8	15	19	17	19	5
1996/97	0	8	13	19	7	2	8
1997/98	5	3	9	12	7	11	1
1998/99	0	13	15	7	19	4	0
1999/00	0	12	12	17	6	4	1
2000/01	0	0	7	14	11	2	3
2001/02	0	13	21	17	5	5	2
2002/03	0	0	6	14	21	4	4
2003/04	3	0	12	18	12	12	0
2004/05	0	8	12	14	22	13	0
2005/06	0	13	18	22	19	14	1
2006/07	0	2	9	7	0	4	0
2007/08	1	9	13	4	10	12	1
2008/09	0	6	10	21	15	6	0
2009/10	1	0	11	27	14	12	0

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

2010/11	0	7	20	16	8	6	0
2011/12	0	2	5	12	20	1	1
2012/13	2	1	13	17	22	13	4
2013/14	0	4	5	5	0	0	0

Tabelle 4.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1947 - 2014, H. Peissenberg.

4.9.3 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es während des Messzeitraums (Okt.-Apr.) im Mittel 1456 potentielle Beschneistunden (ca. 61 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 328 Stunden (ca. 16 Tage).

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 14982 m^3 (Propellergerät), bzw. 96699 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 51970 m^3 (Propellergerät), bzw. 44660 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 17 ha (Propellergerät), bzw. ca. 15 ha (Lanze) eine Grundbeschneigung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden.

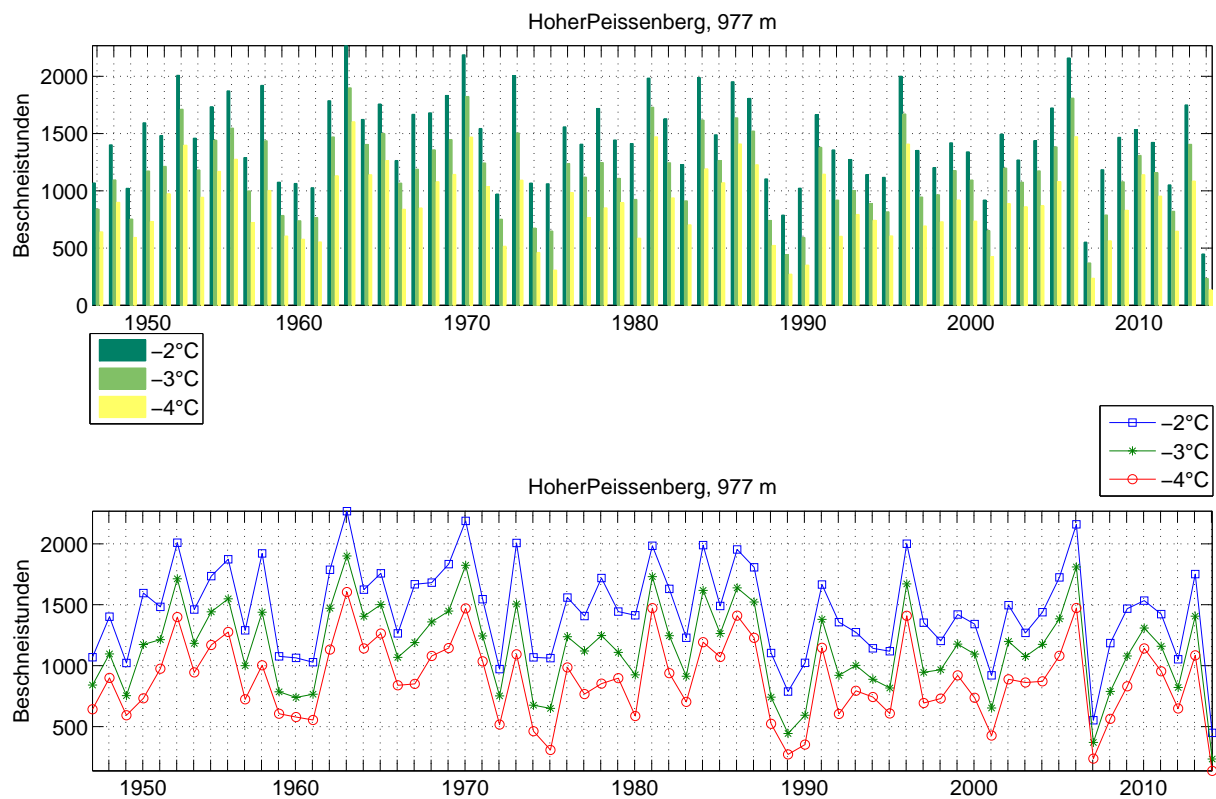
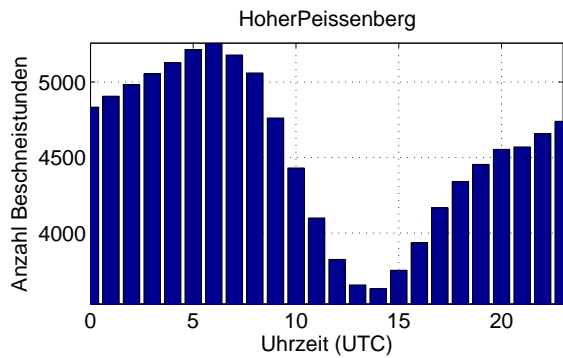
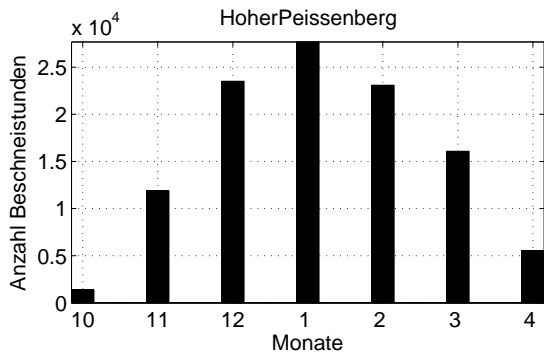
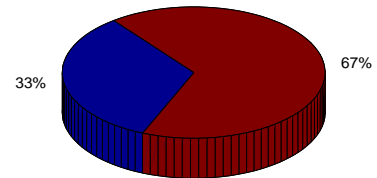


Abbildung 4.16: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 382 Stunden (16 Tage).



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

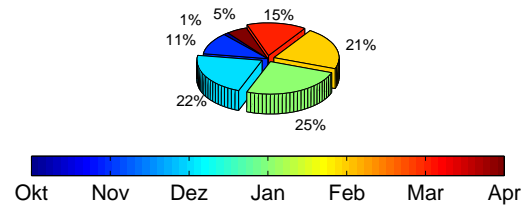


Abbildung 4.17: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

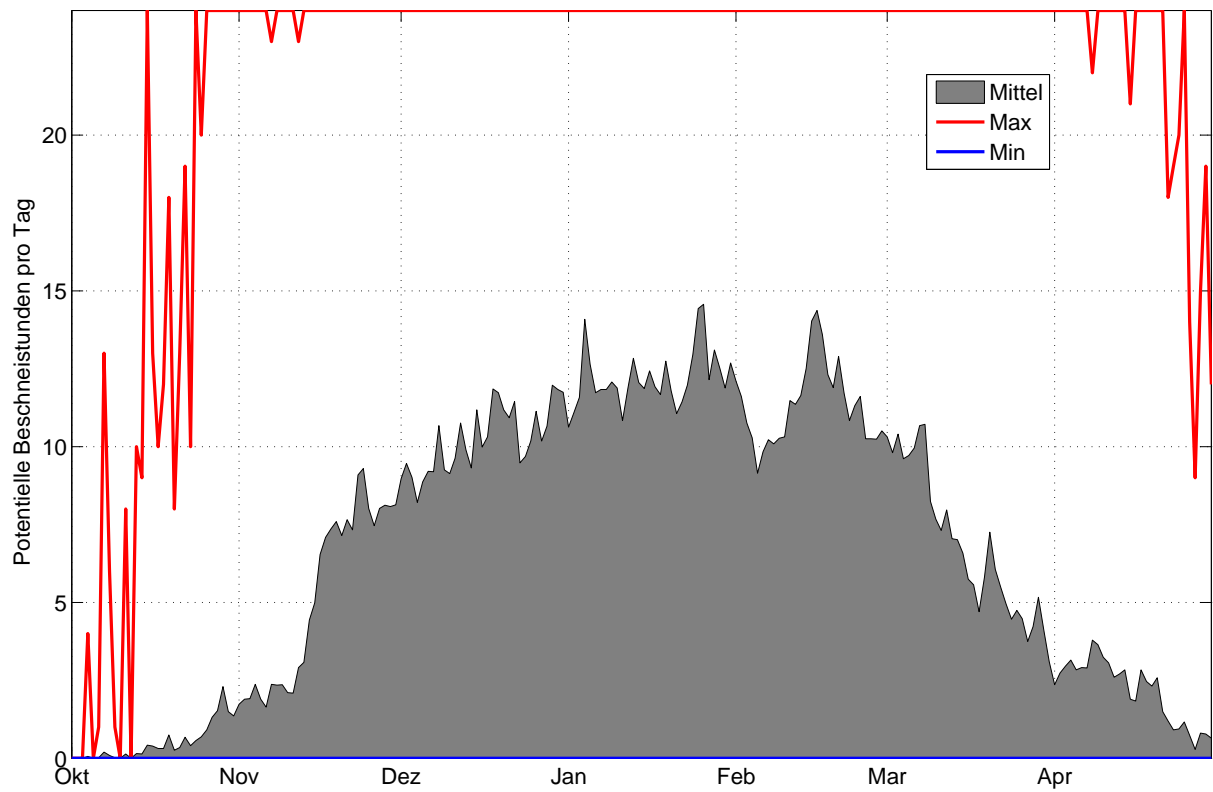


Abbildung 4.18: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1947-2014, Station Hoher Peissenberg, 977 m.

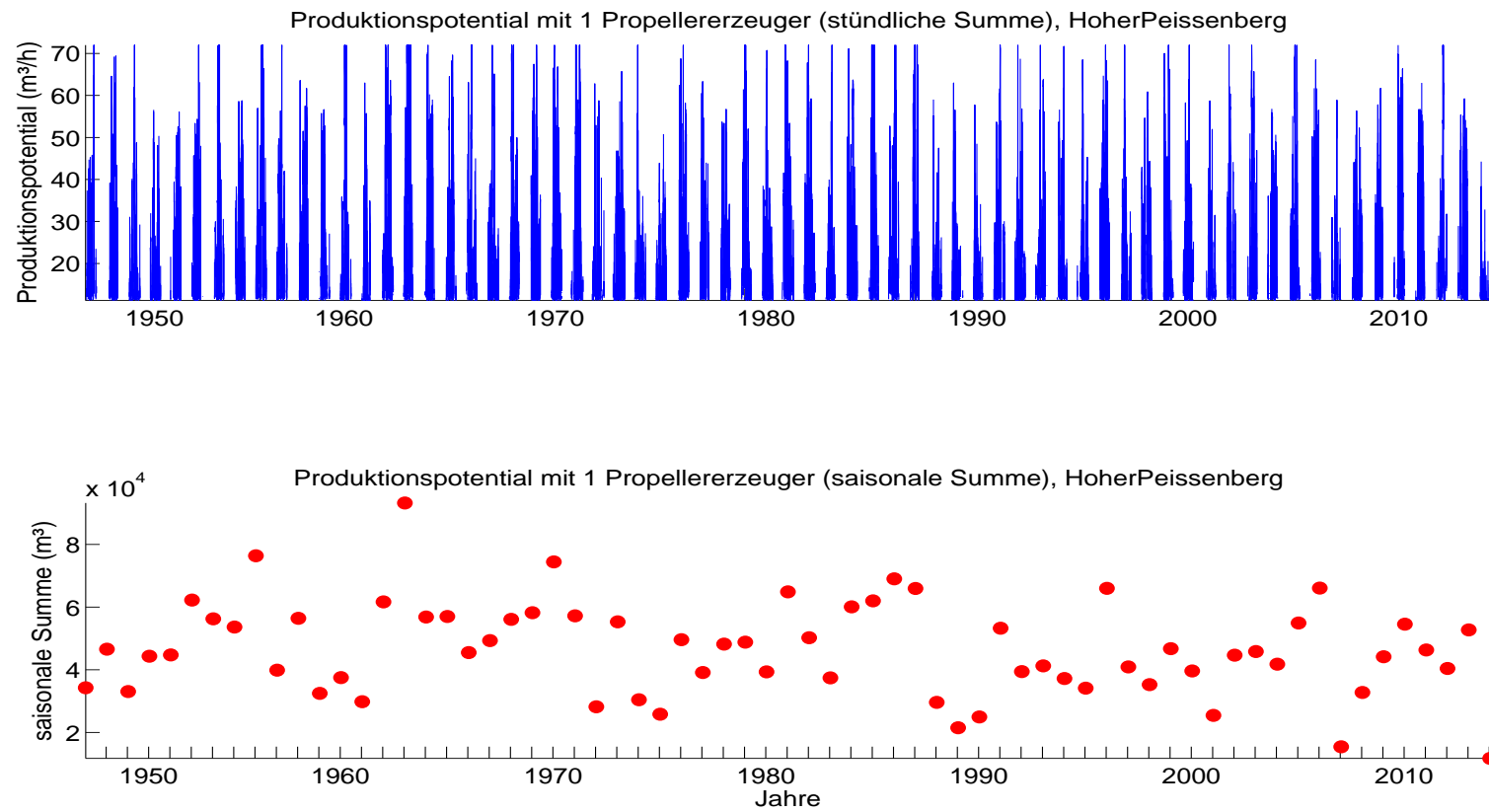


Abbildung 4.19: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

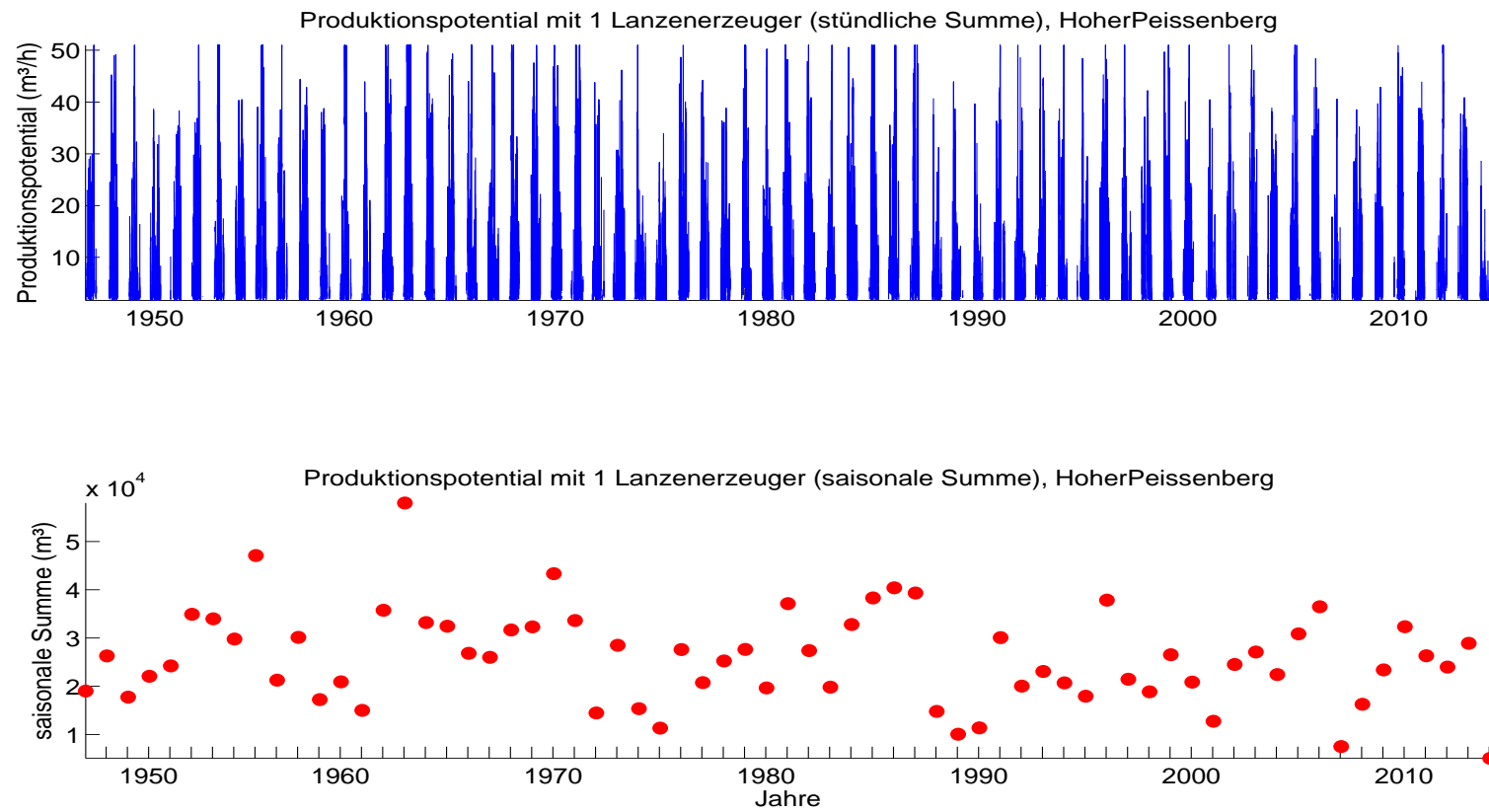


Abbildung 4.20: Schneipotentail pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

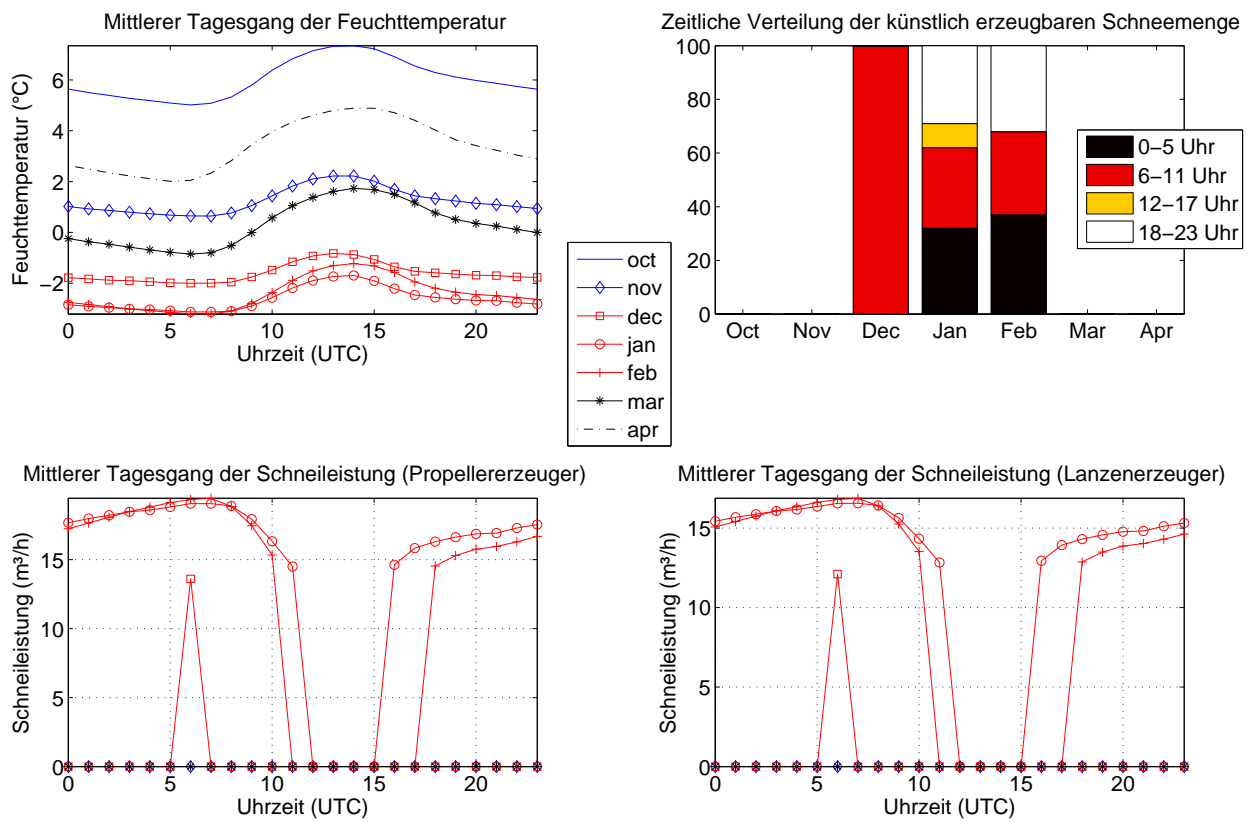


Abbildung 4.21: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1947-2014, Station Hoher Peissenberg, 977 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

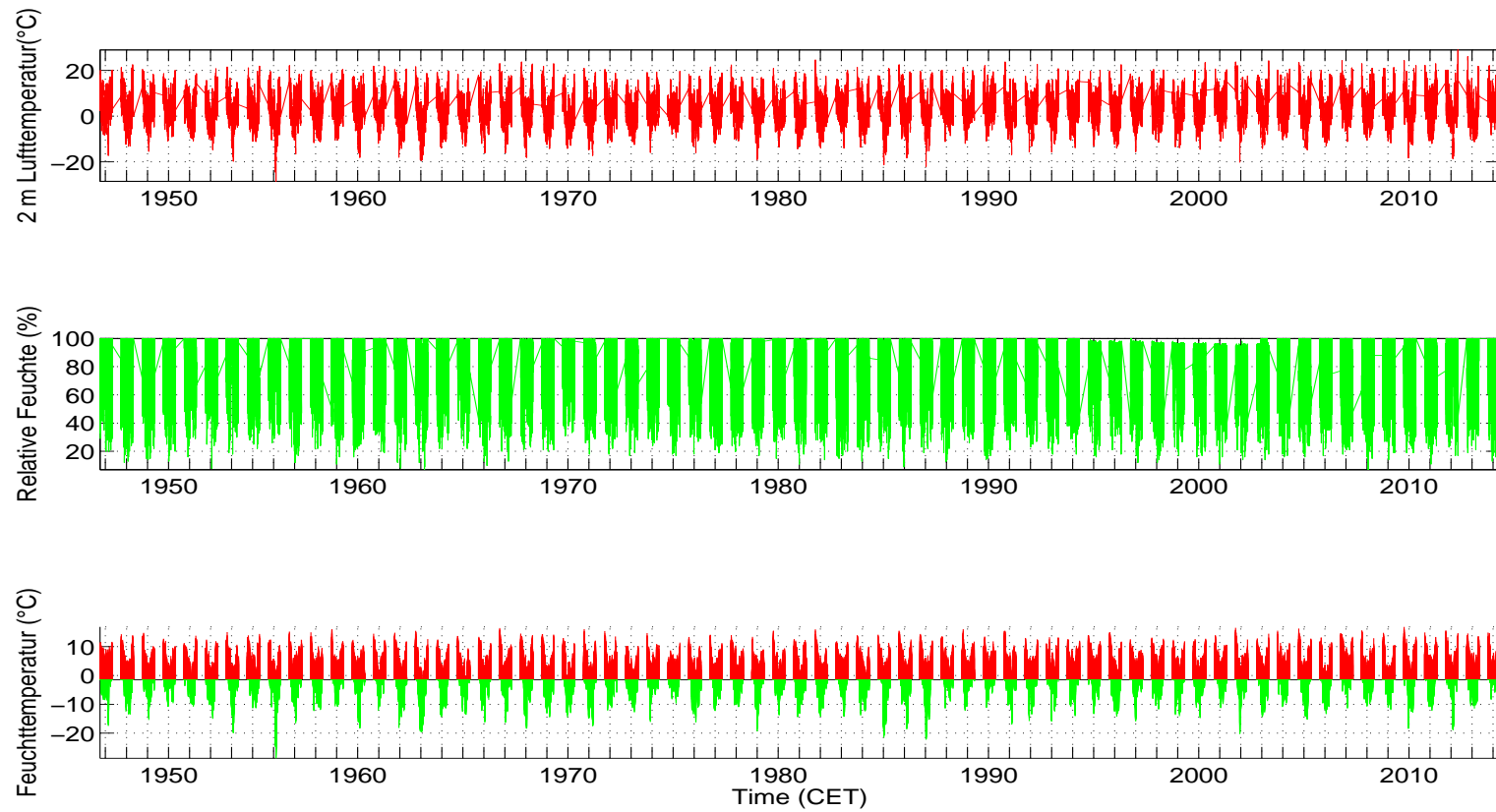


Abbildung 4.22: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Klimaparameter H. Peissenberg

	Klimaparameter (Saisonmittel, H.Peissenberg)			Schneitage	Schneistunden mit versch. Grenztemp.			
	Lufttemp. (°C)	Rel. Feuchte (%)	Feuchttemp.(°C)		-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	-1,4	74,2	-3,2	122	3121	2918	25011	2110
SD	0,9	3,2	0,8	15	326	336	351	3502
Saison								
1947/48	3,3	78,2	1,5	40	1197	1069	841	642
1948/49	3,2	72,7	1,0	53	1568	1402	1096	900
1949/50	2,9	80,0	1,3	36	1238	1022	754	593
1950/51	1,7	80,9	0,3	60	1891	1595	1174	732
1951/52	2,4	79,7	0,9	58	1650	1482	1214	975
1952/53	1,1	81,3	-0,3	81	2129	2009	1713	1399
1953/54	1,8	80,2	0,3	59	1597	1460	1183	944
1954/55	1,8	80,0	0,3	72	1880	1735	1442	1170
1955/56	0,3	81,2	-1,0	82	2035	1873	1548	1276
1956/57	2,6	78,7	1,0	51	1509	1290	1000	724
1957/58	1,3	80,5	0,0	83	2133	1921	1438	1003
1958/59	3,0	78,4	1,3	45	1245	1076	785	605
1959/60	2,4	78,4	0,8	37	1298	1064	739	578
1960/61	3,7	76,2	1,8	44	1249	1028	766	554
1961/62	1,7	78,1	0,0	73	1952	1787	1471	1132
1962/63	-0,2	77,5	-1,7	92	2417	2268	1900	1604
1963/64	1,9	78,9	0,3	67	1770	1624	1405	1141
1964/65	0,7	83,5	-0,5	72	1890	1758	1501	1264

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

1965/66	2,2	80,3	0,8	51	1376	1265	1068	839
1966/67	2,0	80,6	0,6	64	1910	1668	1189	850
1967/68	2,2	78,9	0,6	69	1889	1681	1359	1080
1968/69	1,6	80,6	0,2	73	2040	1833	1448	1144
1969/70	0,5	82,8	-0,7	92	2336	2188	1824	1470
1970/71	1,8	76,3	0,0	60	1746	1545	1244	1036
1971/72	3,0	77,9	1,3	37	1145	972	752	516
1972/73	0,9	79,8	-0,5	82	2233	2007	1505	1093
1973/74	2,8	79,1	1,2	41	1274	1068	675	462
1974/75	1,9	81,2	0,6	39	1306	1062	649	308
1975/76	1,3	80,0	-0,1	61	1726	1559	1238	985
1976/77	2,8	79,2	1,2	57	1495	1407	1120	767
1977/78	2,4	78,7	0,7	67	1893	1719	1247	852
1978/79	1,5	80,8	0,2	53	1637	1444	1109	897
1979/80	2,2	80,2	0,6	54	1670	1413	925	587
1980/81	1,7	77,2	-0,1	84	2122	1984	1731	1472
1981/82	1,6	78,6	0,0	62	1823	1630	1246	938
1982/83	3,1	77,1	1,3	45	1437	1229	913	703
1983/84	1,4	76,7	-0,3	81	2176	1989	1618	1193
1984/85	1,8	76,2	0,0	64	1641	1490	1264	1071
1985/86	0,9	81,3	-0,5	82	2133	1953	1638	1410
1986/87	1,6	78,9	0,0	75	1942	1807	1522	1228
1987/88	3,2	78,7	1,6	42	1257	1104	741	523

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

1988/89	3,8	78,1	2,0	28	1001	788	443	272
1989/90	4,3	71,3	2,0	41	1206	1023	593	352
1990/91	2,2	80,4	0,7	69	1796	1666	1380	1146
1991/92	2,1	78,8	0,5	51	1628	1357	920	603
1992/93	2,9	78,3	1,1	53	1420	1274	1002	794
1993/94	2,5	80,6	1,0	41	1293	1142	888	743
1994/95	3,2	79,5	1,6	41	1333	1118	817	607
1995/96	1,7	81,0	0,3	83	2150	2001	1671	1409
1996/97	2,6	76,9	0,9	57	1598	1353	946	693
1997/98	3,2	75,8	1,3	48	1331	1203	966	730
1998/99	2,1	79,1	0,6	58	1559	1420	1177	920
1999/00	2,6	78,1	1,0	52	1540	1341	1095	736
2000/01	3,7	76,9	1,9	37	1076	920	652	426
2001/02	3,4	74,7	1,4	63	1597	1496	1199	888
2002/03	2,8	76,4	0,9	49	1381	1269	1075	862
2003/04	2,7	76,8	0,8	57	1568	1439	1175	871
2004/05	2,5	77,9	0,8	69	1870	1724	1384	1081
2005/06	1,6	80,4	0,2	87	2342	2160	1810	1473
2006/07	5,8	73,0	3,4	22	680	552	370	237
2007/08	2,8	76,7	1,1	50	1403	1185	789	564
2008/09	2,6	79,2	0,9	58	1696	1468	1079	830
2009/10	2,4	80,1	0,8	65	1633	1534	1309	1141
2010/11	3,1	78,1	1,2	57	1542	1423	1159	954

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

2011/12	3,1	79,0	1,4	41	1198	1052	821	648
2012/13	2,1	84,4	0,8	72	1894	1751	1406	1085
2013/14	4,7	75,8	2,7	14	603	448	234	137

Tabelle 4.2: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (H. Peissenberg)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	18	155	317	378	317	213	65
SD	26	112	124	135	163	134	58
Saison							
1947/48	61	139	368	203	288	16	3
1948/49	0	65	304	321	324	344	56
1949/50	12	140	204	393	157	102	24
1950/51	116	30	589	281	275	305	17
1951/52	9	37	191	510	482	164	91
1952/53	10	294	458	649	398	204	0
1953/54	0	68	171	576	437	87	126
1954/55	0	152	170	395	402	522	96
1955/56	42	321	116	341	668	252	145
1956/57	20	321	264	399	131	67	104
1957/58	0	169	362	458	256	516	163
1958/59	1	107	214	463	235	15	45
1959/60	1	73	173	383	245	153	39
1960/61	0	8	445	410	65	101	0
1961/62	0	129	343	310	459	481	65
1962/63	2	327	508	636	570	193	32
1963/64	0	16	476	572	288	255	17
1964/65	0	73	388	376	652	258	13
1965/66	3	241	254	423	39	301	4
1966/67	31	394	379	329	283	127	126
1967/68	0	62	468	494	257	296	104
1968/69	0	199	460	298	400	328	150
1969/70	0	161	668	346	408	438	168
1970/71	14	34	471	233	428	360	5
1971/72	35	168	175	417	103	35	39
1972/73	40	165	258	464	490	365	226
1973/74	36	171	339	73	190	200	62
1974/75	48	86	150	109	286	265	120
1975/76	0	129	421	323	234	310	144
1976/77	0	146	428	387	158	112	177

1977/78	0	277	199	505	458	203	79
1978/79	0	123	279	534	331	110	67
1979/80	0	235	273	501	122	110	173
1980/81	1	344	436	580	487	78	58
1981/82	12	266	431	266	367	187	102
1982/83	0	32	292	177	531	163	34
1983/84	0	289	318	421	507	355	100
1984/85	0	4	254	502	380	291	59
1985/86	33	442	129	417	637	188	113
1986/87	0	70	260	628	326	493	30
1987/88	0	83	220	138	363	281	19
1988/89	14	220	218	222	90	24	1
1989/90	0	212	302	314	75	114	8
1990/91	4	113	494	441	409	81	125
1991/92	53	111	524	361	169	111	32
1992/93	11	41	321	207	381	314	1
1993/94	0	329	203	271	268	22	56
1994/95	20	2	227	408	77	333	51
1995/96	0	198	375	446	436	426	120
1996/97	0	183	329	435	173	53	180
1997/98	93	99	234	300	183	276	18
1998/99	0	317	333	188	447	117	18
1999/00	25	260	329	411	172	115	29
2000/01	0	12	192	344	241	49	82
2001/02	0	318	502	391	98	135	52
2002/03	0	15	179	369	496	105	105
2003/04	97	1	303	445	299	294	0
2004/05	0	235	281	357	543	301	7
2005/06	0	311	459	530	445	367	48
2006/07	0	61	189	169	22	111	0
2007/08	33	224	307	117	216	265	24
2008/09	0	159	285	541	351	162	0
2009/10	41	0	284	590	322	288	16
2010/11	0	166	480	414	196	167	0
2011/12	7	56	147	302	463	40	37

2012/13	66	32	301	379	550	326	117
2013/14	0	123	139	147	31	18	4

Tabelle 4.3: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C).

Monatssummen der pot. Schneileistung, Propeller (m ³)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	663	5031	11069	13776	12040	7174	2216
SD	812	3328	4894	6079	7328	4721	1487
Saison							
1947/48	2027	3825	11903	6147	14363	1062	656
1948/49	11	2524	11309	10356	10547	14599	1465
1949/50	832	5053	5970	16816	5496	4576	1838
1950/51	2962	3008	18807	7761	7716	9902	1833
1951/52	395	1665	6125	16172	16472	5986	2572
1952/53	540	8599	15005	21315	14999	5930	475
1953/54	66	2197	5115	27884	18582	3133	3609
1954/55	110	4289	5979	13665	14222	16721	3444
1955/56	1065	8590	3726	11181	40846	10579	4297
1956/57	1770	10077	9880	14855	3963	2297	2610
1957/58	87	4397	10572	13586	9280	18780	4633
1958/59	554	2876	8845	15427	7816	904	1513
1959/60	639	3870	6050	17544	10537	4186	1589
1960/61	506	1167	13268	14175	2814	3296	0
1961/62	172	3707	15508	11279	16167	17408	2830
1962/63	357	9547	20780	33216	25041	8011	987
1963/64	415	881	21175	18010	9266	11083	1000
1964/65	715	2410	13417	10582	24588	8922	1518
1965/66	334	8950	7680	23789	1539	9356	229
1966/67	872	10348	10840	15021	10661	4044	3821
1967/68	205	2741	18983	19485	8805	8699	2700
1968/69	3	5346	17851	9417	17882	8866	4193
1969/70	43	5551	28335	12466	14302	13381	5197
1970/71	1060	1592	16197	12076	14575	17918	340
1971/72	1320	6615	5820	13560	3863	2258	1919
1972/73	1542	5550	8345	14573	15328	10383	6347
1973/74	1342	6299	12885	3604	5761	4708	2105
1974/75	2871	3933	5325	3490	8798	6487	3300
1975/76	344	5467	13619	12437	7946	12537	3766
1976/77	0	3445	16201	10179	5118	3684	4540

1977/78	2	7873	7329	12900	17184	4951	2890
1978/79	11	4267	10527	22673	9829	3705	2829
1979/80	157	6138	6734	19202	4612	4590	5317
1980/81	325	10471	16462	19995	17181	2359	2362
1981/82	1165	7733	14363	11657	13512	6023	3384
1982/83	4	1591	8776	6214	20228	4454	1416
1983/84	249	8491	11670	12296	18097	11414	3445
1984/85	0	509	8014	28175	18279	8777	2302
1985/86	823	14554	4862	13853	29877	6134	4130
1986/87	139	2159	9149	29024	9247	18864	1150
1987/88	3	2794	8161	3734	10316	9040	1076
1988/89	444	7654	7934	6531	3411	1624	793
1989/90	0	7183	8462	7491	2357	3367	1589
1990/91	136	4222	14888	15089	17208	2284	3269
1991/92	2168	3923	15533	11959	7666	3615	1597
1992/93	950	1474	10202	8900	13741	10177	262
1993/94	732	13055	6427	8247	11050	1280	2980
1994/95	796	238	7643	16368	2993	9408	1695
1995/96	0	6032	14005	15582	17267	14231	3494
1996/97	122	5865	14073	14011	4947	1883	4920
1997/98	3208	2909	7561	10918	5856	8278	1266
1998/99	79	11811	11128	7868	16260	3640	1119
1999/00	786	9173	10254	14836	5575	4343	850
2000/01	20	910	5565	10769	8367	1986	2891
2001/02	0	8238	19625	11658	3575	3641	1818
2002/03	17	662	6941	16137	19842	3541	3869
2003/04	3168	860	9219	14361	9951	9165	673
2004/05	5	6250	9015	14587	18375	10092	702
2005/06	102	8682	15712	16618	14308	13012	1602
2006/07	0	1794	6122	6824	1849	2942	146
2007/08	1380	6522	10709	5183	6658	7860	1354
2008/09	151	4598	9598	17500	12506	5586	15
2009/10	1405	250	12493	20927	12769	10567	980
2010/11	586	5329	17643	14215	8046	4472	268
2011/12	394	1491	4987	10085	25944	1491	1239

2012/13	1595	918	9652	12247	18220	10658	2861
2013/14	130	5933	4695	4319	2315	1492	621

Tabelle 4.4: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der pot. Schneileistung, Lanze, (m ³)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	626	4438	9505	11651	10179	6237	2024
SD	734	2822	3997	4771	5774	3936	1312
Saison							
1947/48	1812	3353	10403	5439	11952	1071	677
1948/49	14	2316	9667	9087	9047	12270	1296
1949/50	781	4573	5287	14291	4869	4039	1779
1950/51	2583	2854	16032	6971	6841	8630	1782
1951/52	383	1587	5492	13860	14081	5235	2232
1952/53	525	7523	12910	18118	12725	5196	476
1953/54	80	2012	4487	22613	14884	2873	3284
1954/55	118	3739	5377	11661	12178	14222	3118
1955/56	957	7432	3384	9573	31252	8990	3784
1956/57	1682	8804	8535	12518	3581	2032	2343
1957/58	109	3895	9243	11795	7958	15923	4148
1958/59	595	2655	7722	13184	6877	888	1386
1959/60	604	3615	5456	13878	8788	3719	1483
1960/61	543	1151	11461	12273	2626	2977	0
1961/62	173	3381	12486	9717	13756	14814	2647
1962/63	349	8270	16846	25899	20247	7003	912
1963/64	407	897	17479	15421	8054	9547	940
1964/65	779	2250	11525	9250	20660	7672	1510
1965/66	366	7745	6846	18818	1449	8269	221
1966/67	773	9023	9448	12453	9119	3721	3457
1967/68	210	2570	16020	16033	7670	7580	2395
1968/69	5	4665	15241	8275	15092	7759	3707
1969/70	47	4792	23744	10735	12252	11493	4672
1970/71	1016	1511	13782	10137	12484	14530	335
1971/72	1215	5814	5213	11711	3575	2083	1759
1972/73	1426	4874	7358	12576	13157	8991	5638
1973/74	1290	5469	10772	3409	5117	4161	1956
1974/75	2756	3597	4787	3237	7732	5710	2989
1975/76	363	4851	11763	10473	7040	10739	3386
1976/77	0	3176	13834	8917	4532	3199	4054

1977/78	7	6820	6480	11241	14538	4442	2608
1978/79	26	3751	9039	18595	8524	3389	2661
1979/80	181	5453	5919	16255	4242	4226	4793
1980/81	361	8950	13848	17006	14622	2176	2146
1981/82	1123	6713	12337	9805	11542	5437	3115
1982/83	8	1518	7685	5535	16945	3966	1341
1983/84	249	7303	9984	10683	15390	9950	3191
1984/85	0	560	7017	21851	14727	7711	2129
1985/86	750	12421	4319	11980	23998	5534	3668
1986/87	167	1989	7927	23506	8040	15822	1077
1987/88	8	2600	7002	3390	9030	7930	1024
1988/89	410	6664	6987	5854	3153	1576	820
1989/90	1	6286	7386	6644	2174	3014	1588
1990/91	131	3831	12773	12890	14246	2030	2901
1991/92	1991	3600	13184	10263	6706	3303	1541
1992/93	947	1371	8854	7186	11812	8770	283
1993/94	772	11086	5696	7191	9452	1215	2772
1994/95	756	238	6639	13916	2772	8231	1571
1995/96	0	5289	12019	13300	14671	12180	3082
1996/97	123	5182	11514	11963	4422	1739	4368
1997/98	2826	2645	6625	9356	5035	7235	1202
1998/99	94	10105	9567	6897	13767	3295	1049
1999/00	713	8039	8892	12559	4948	3952	798
2000/01	27	945	4868	9352	7269	1848	2640
2001/02	0	7201	16219	10032	3224	3219	1664
2002/03	30	640	6083	13501	16829	3228	3393
2003/04	2865	855	8000	12361	8594	7933	687
2004/05	15	5514	7956	12130	15484	8499	680
2005/06	100	7472	13506	14270	12280	11090	1479
2006/07	0	1646	5426	5893	1818	2657	142
2007/08	1282	5719	9337	4676	5863	6865	1288
2008/09	168	4059	8432	15002	10759	5047	23
2009/10	1309	294	10524	17801	10885	9015	947
2010/11	597	4704	15003	12096	7022	3917	277
2011/12	410	1366	4534	8836	19822	1379	1169

2012/13	1394	845	8337	10569	15496	9226	2535
2013/14	136	5304	4304	3932	2284	1465	594

Tabelle 4.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

4.9.4 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

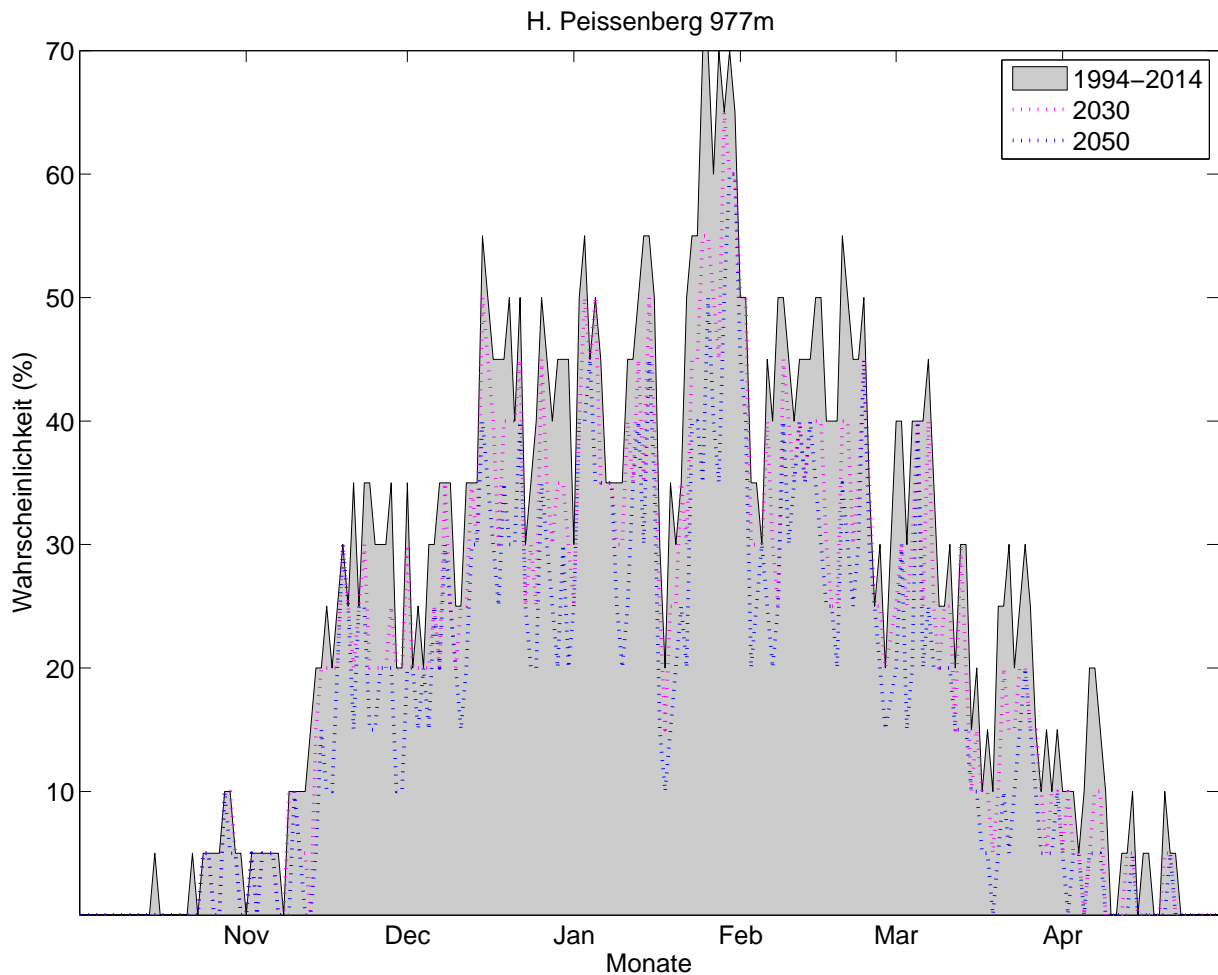


Abbildung 4.23: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Hohen Peissenberg, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

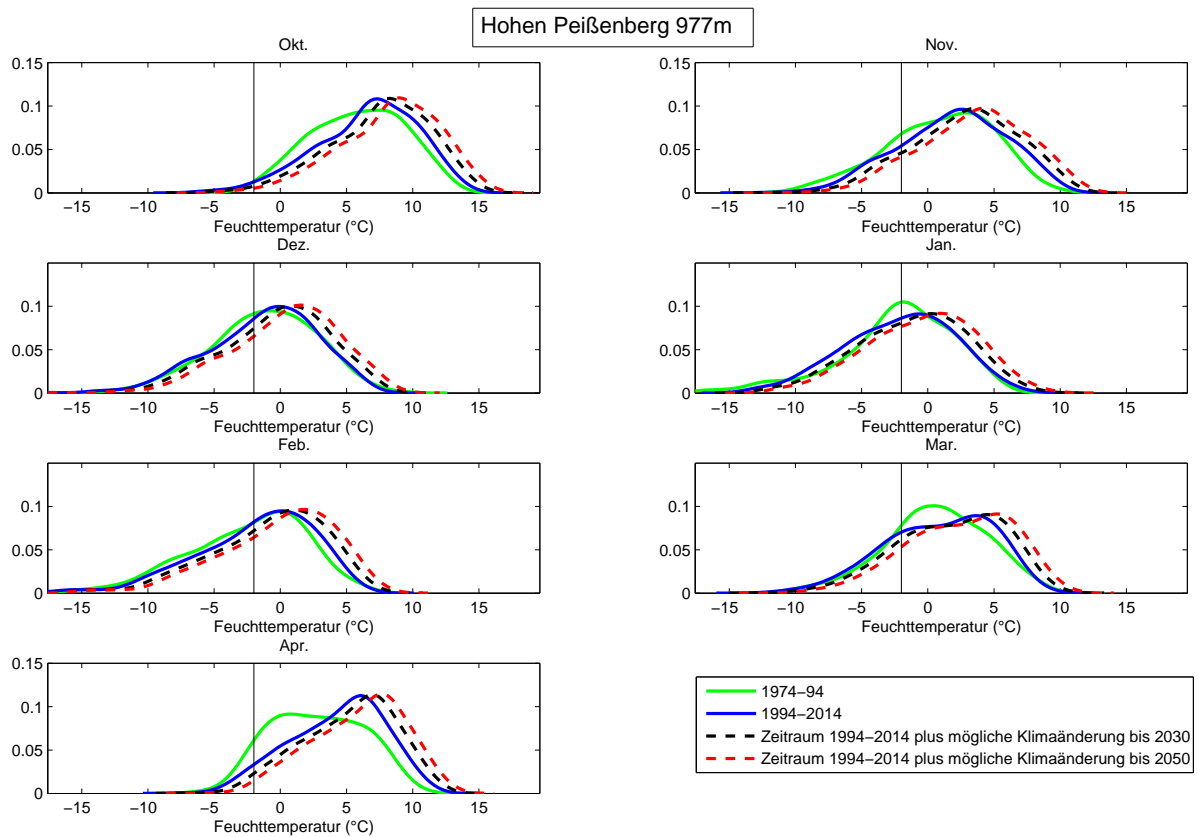


Abbildung 4.24: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2014 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchttemperatur unter -2°C pro Monat, Hohen Peißenberg.

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Periode							
1974-1994	0,3	7,2	12,5	15,1	13,4	6,9	2,3
1994-2014	0,6	5,5	11,8	15,0	11,8	7,9	1,6
mit Klimaänderung bis 2030	0,4	4,2	9,7	12,6	9,8	5,9	0,7
mit Klimaänderung bis 2050	0,3	3,3	8,0	10,6	8,4	4,4	0,4
Abnahme bis 2050 in Tagen	0,3	2,2	3,8	4,4	3,4	3,5	1,2
Abnahme bis 2050 in %	50	40	32	29	29	44	75

Tabelle 4.6: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1974-94, 1994-2014 und 1994-2014 mit möglicher Erwärmung bis 2030 ($+1^{\circ}\text{C}$) bzw. 2050 ($+1,8^{\circ}\text{C}$).

4.10 Wendelstein (1735 m)

Die klimatologische Datenerfassung am Wendelstein wurde ab 2012 nicht mehr weiter geführt. Die Analyse endet mit der Wintersaison 2011/12.

4.10.1 Naturschnee

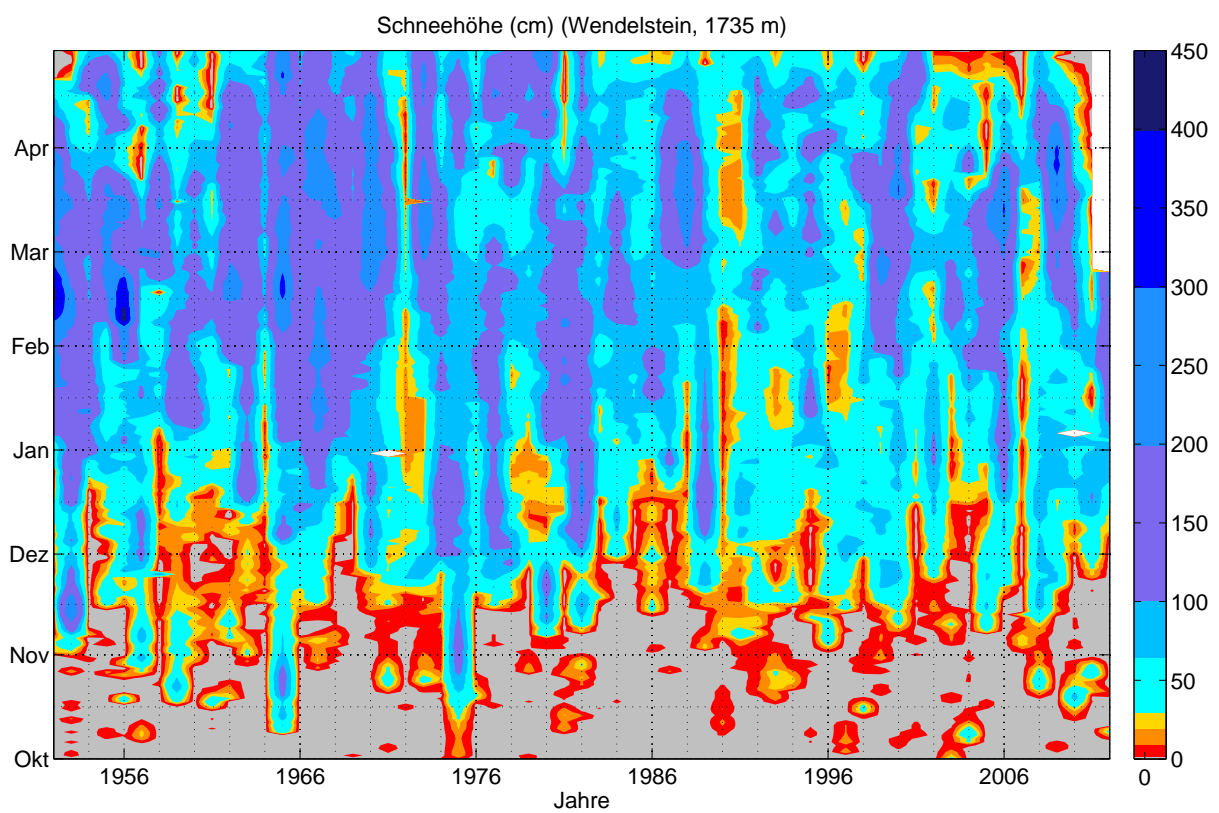


Abbildung 4.25: Tageswerte der Schneehöhe, Wendelstein, Okt.-Apr. 1951-2012. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt.

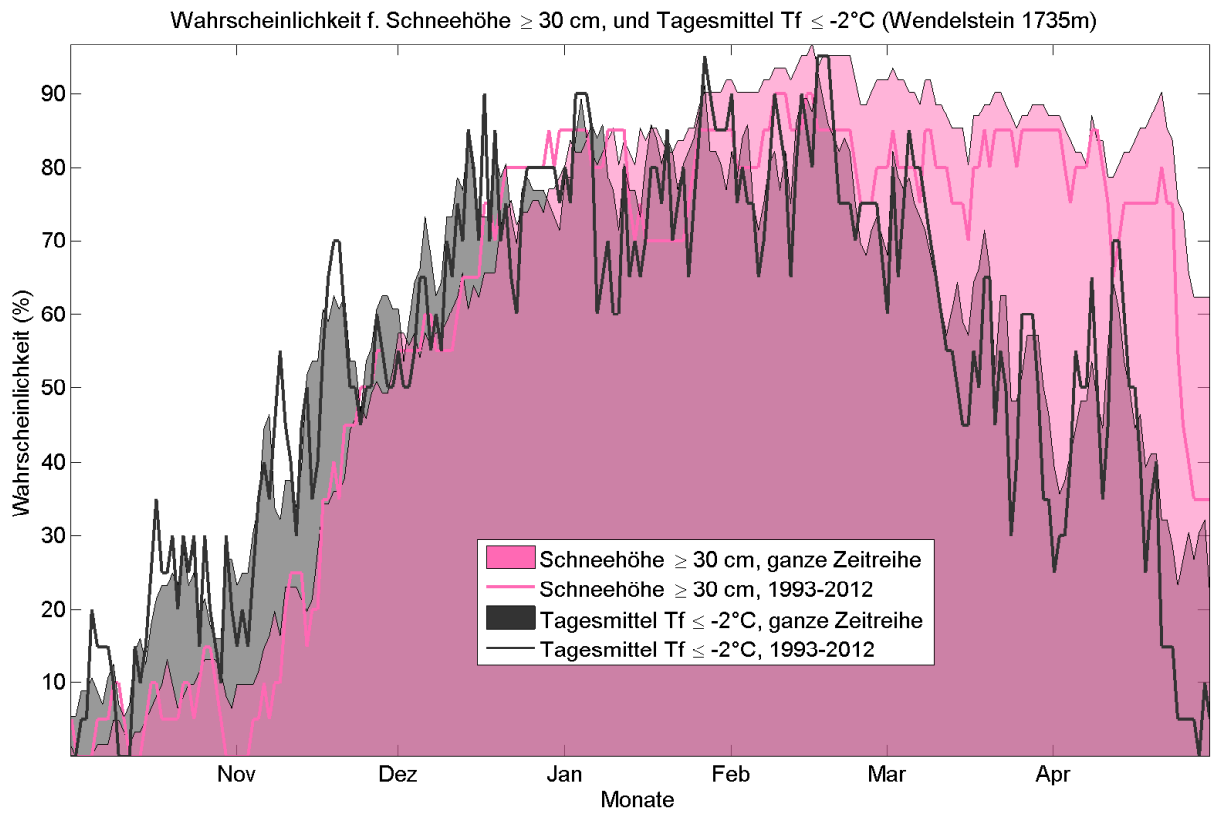


Abbildung 4.26: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Beschneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (Tf ab 1956, Schnee ab 1951).

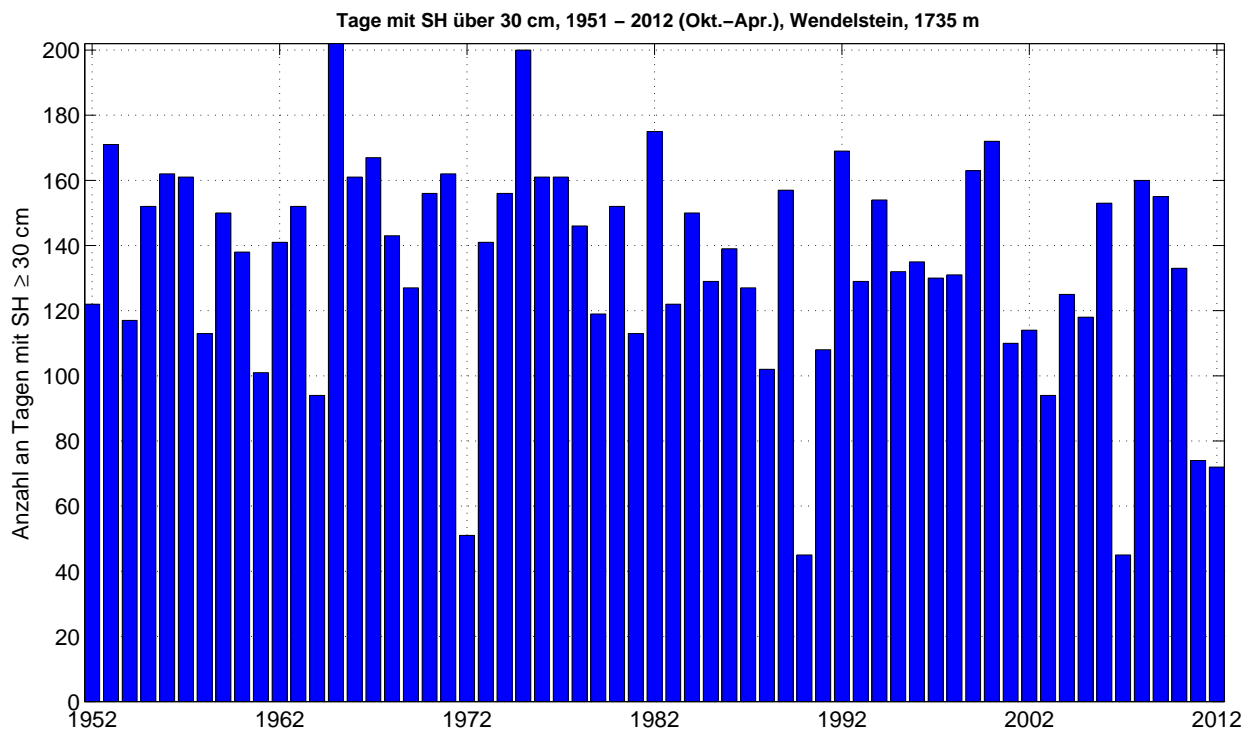


Abbildung 4.27: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1951-2012

4.10.2 Langzeitanalyse - Trends und Klima

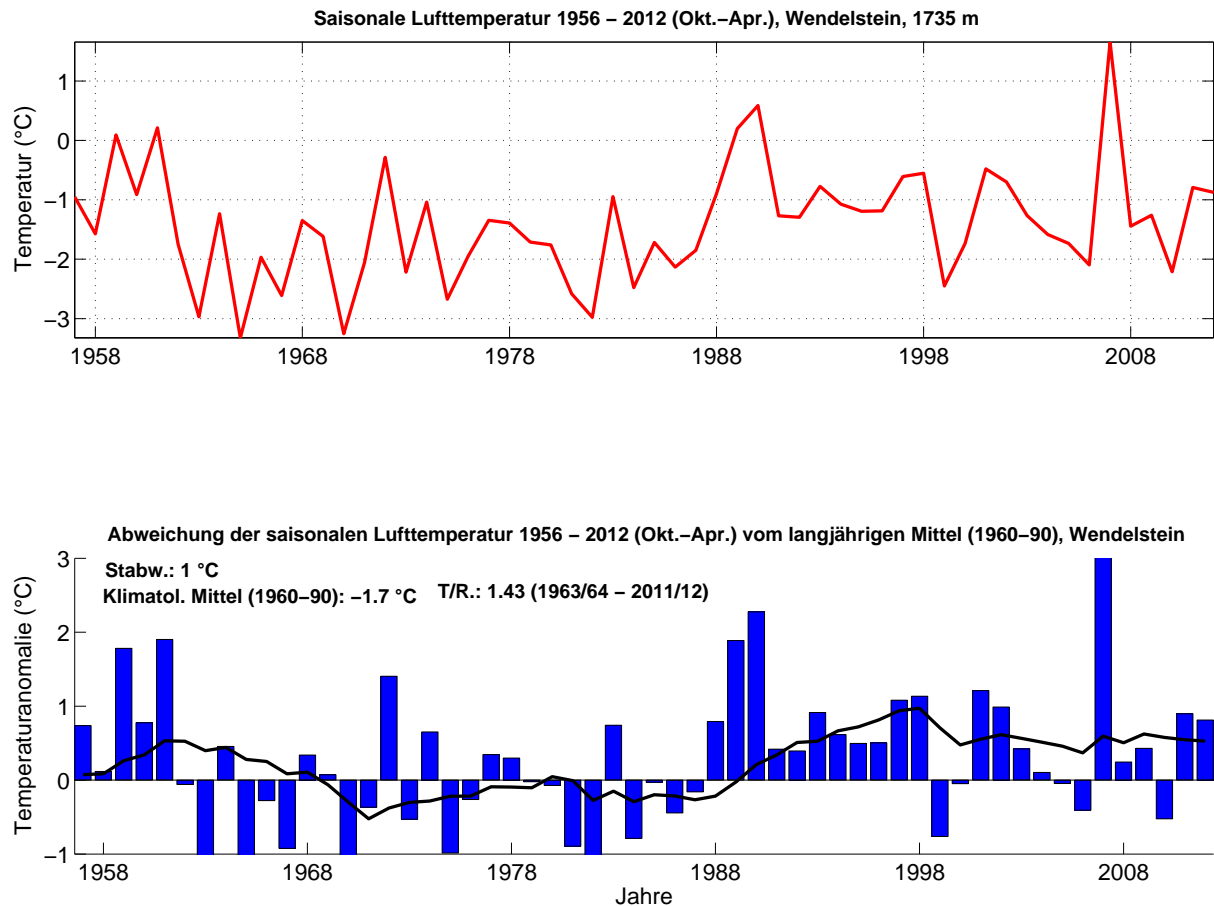


Abbildung 4.1: Langzeitanalyse der saisonalen Lufttemperatur, Wendelstein, Okt.-Apr. 1956-2012, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

Die mittlere Lufttemperatur zeigt seit 1963/64 einen knapp nicht signifikanten Anstieg. 2006/07 sticht mit 3°C über dem klimatologischen Mittel als Extremsaison deutlich hervor. Siehe Abb. 4.1.

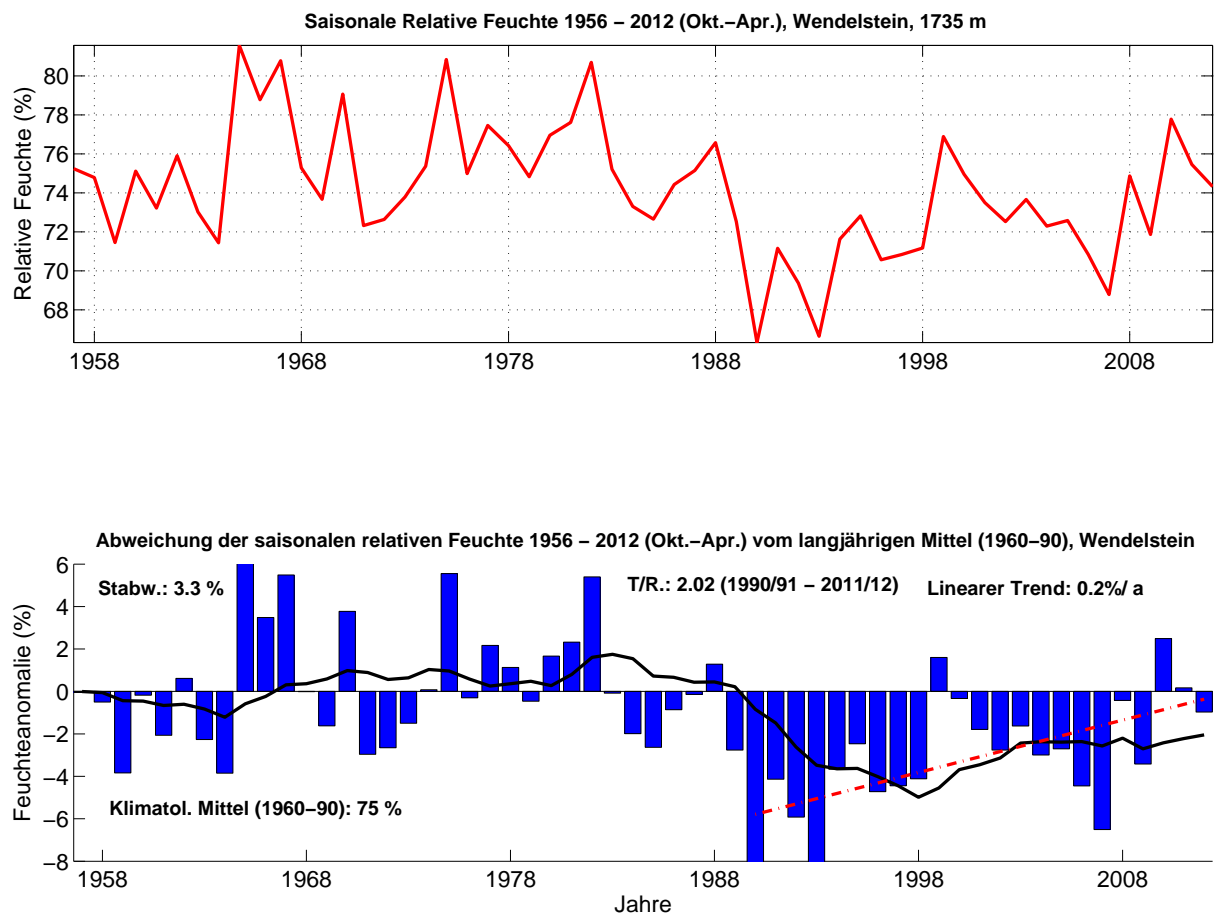


Abbildung 4.2: Langzeitanalyse der saisonalen relativen Feuchte, Wendelstein, Okt.-Apr. 1956-2012, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt das 10-jährige gleitende Mittel.

Seit Ende der 1980er Jahre waren die Winter in der Regel deutlich trockener als im klimatologischen Mittel. Von 1990 bis zum Ende der Messungen 2011/12 zeigte sich jedoch wieder ein leichter aufwärts Trend von +0,2% pro Jahr. Siehe Abb. 4.2.

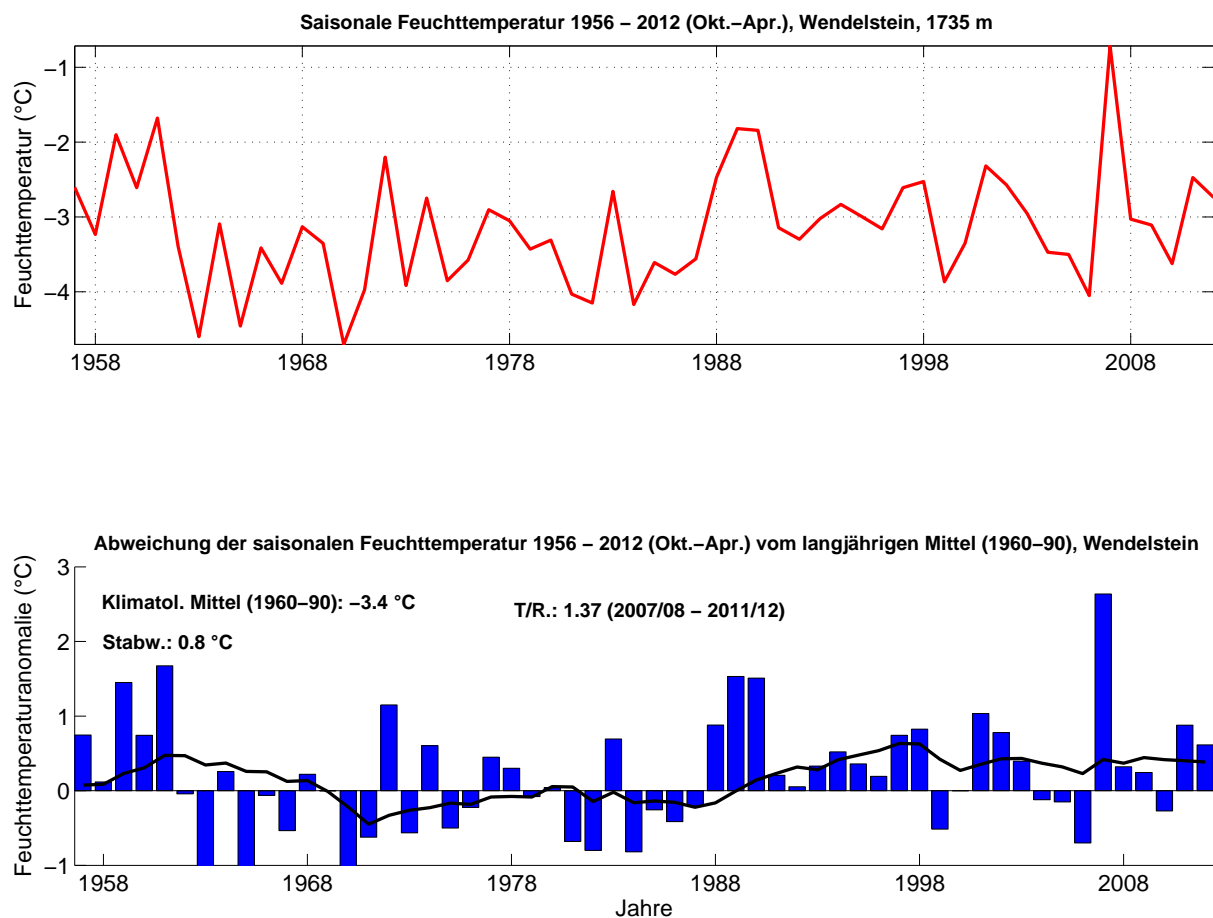


Abbildung 4.3: Langzeitanalyse der saisonalen Feuchttemperatur, Wendelstein, Okt.-Apr. 1956-2012, mit Angabe der Periode mit der höchsten Trend-Signifikanz. Abweichungen relativ zum klimatologischen Mittel von 1960-90. Die schwarze Kurve zeigt des 10-jährige gleitende Mittel.

Die Feuchttemperatur zeigt ähnliche Schwankungen wie die Lufttemperatur und ist ebenfalls seit 1963/64 knapp unter dem Signifikanzniveau angestiegen. 2006/07 sticht deutlich als positive Extremsaison hervor. Siehe Abb. 4.3.

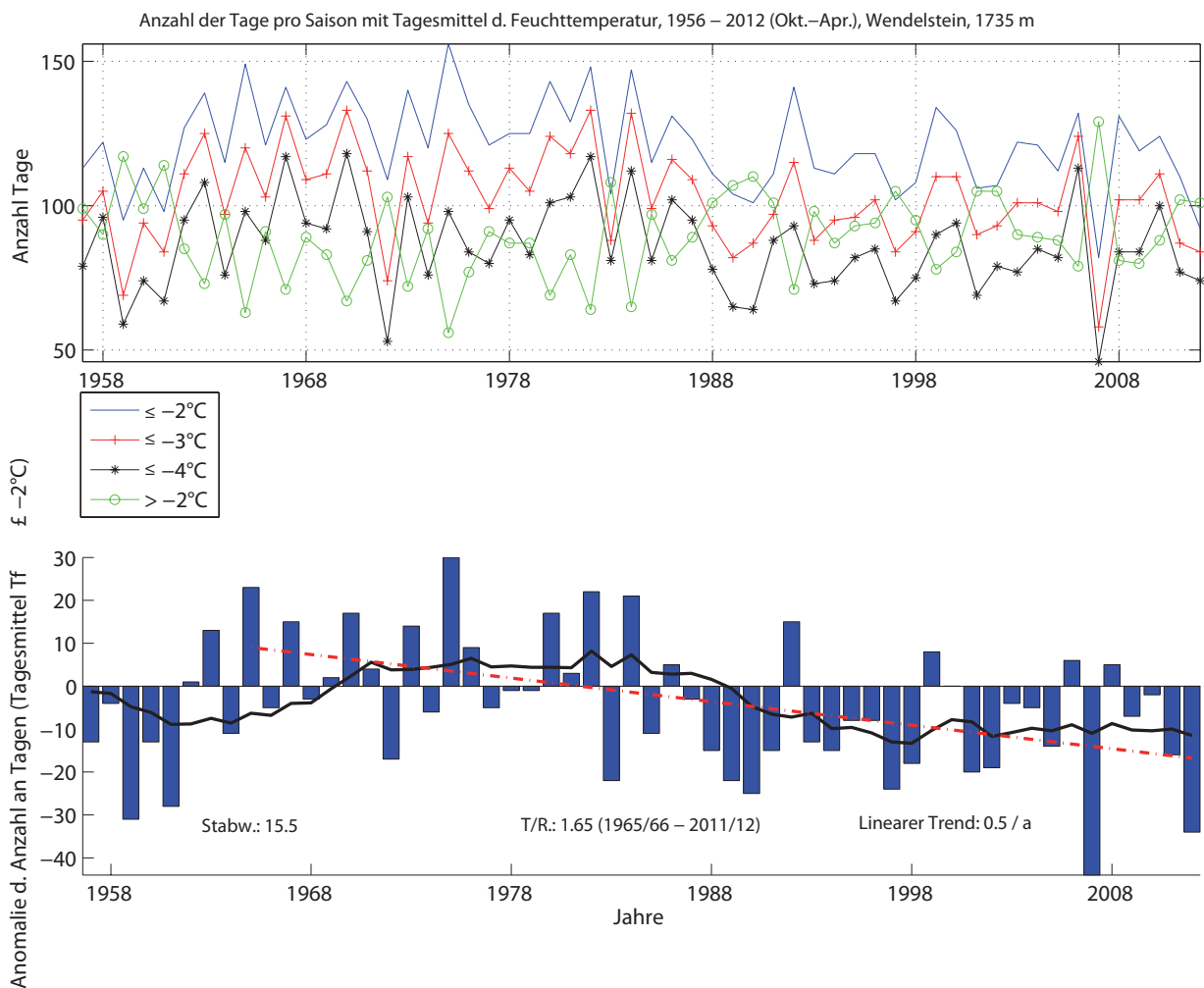


Abbildung 4.4: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchtttemperatur von -2°C , -3°C und -4°C , bzw. Überschreitung von -2°C , Periode 1956-2012, Wendelstein. Abweichung vom langjährigen Mittel für Tagesmittel $\leq -2^{\circ}\text{C}$ (unten).

Die Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Tagesmittel der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$) unterliegt einer natürlichen, intersaisonalen Schwankung von 15 Tagen. Seit 1965/66 nimmt die Zahl der Schneitage pro Saison um 0,5 Tage ab (Gesamt: 23 Tage). Seit 1988 gab es lediglich vier Jahre mit überdurchschnittlichen Werten. Siehe Abb. 4.4.

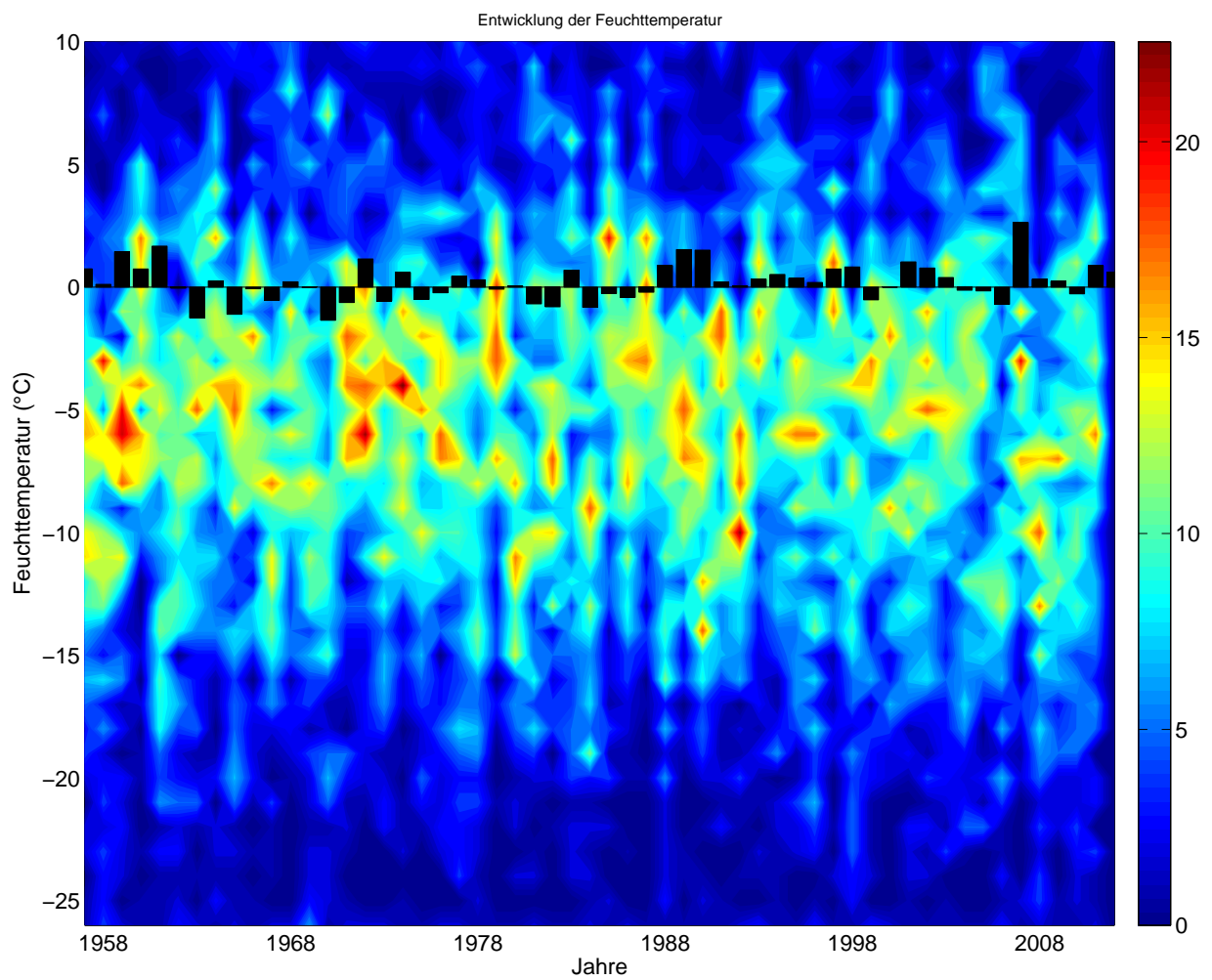


Abbildung 4.5: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1956-2012, Wendelstein. Die schwarzen Balken zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel (1960-90).

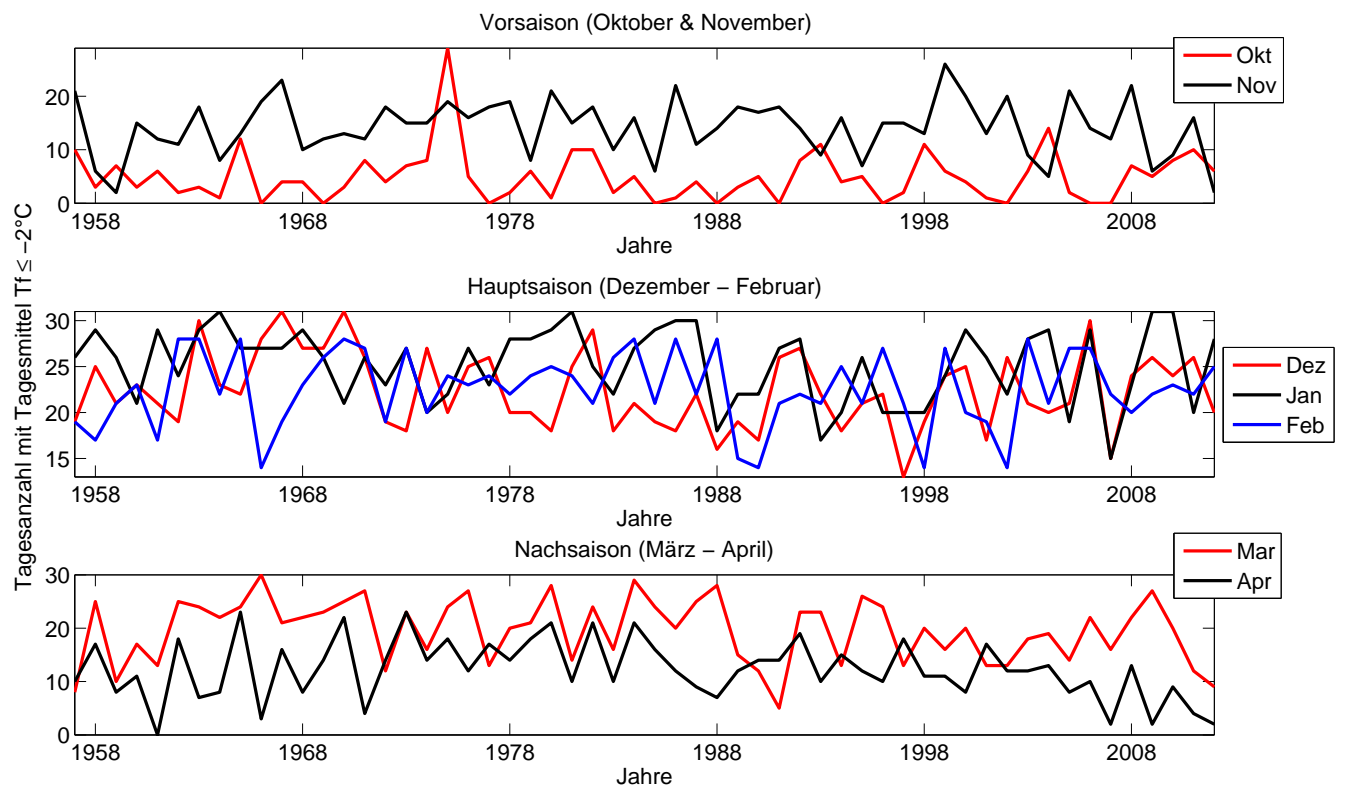


Abbildung 4.6: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Schneitagen pro Saison, nach Monaten.

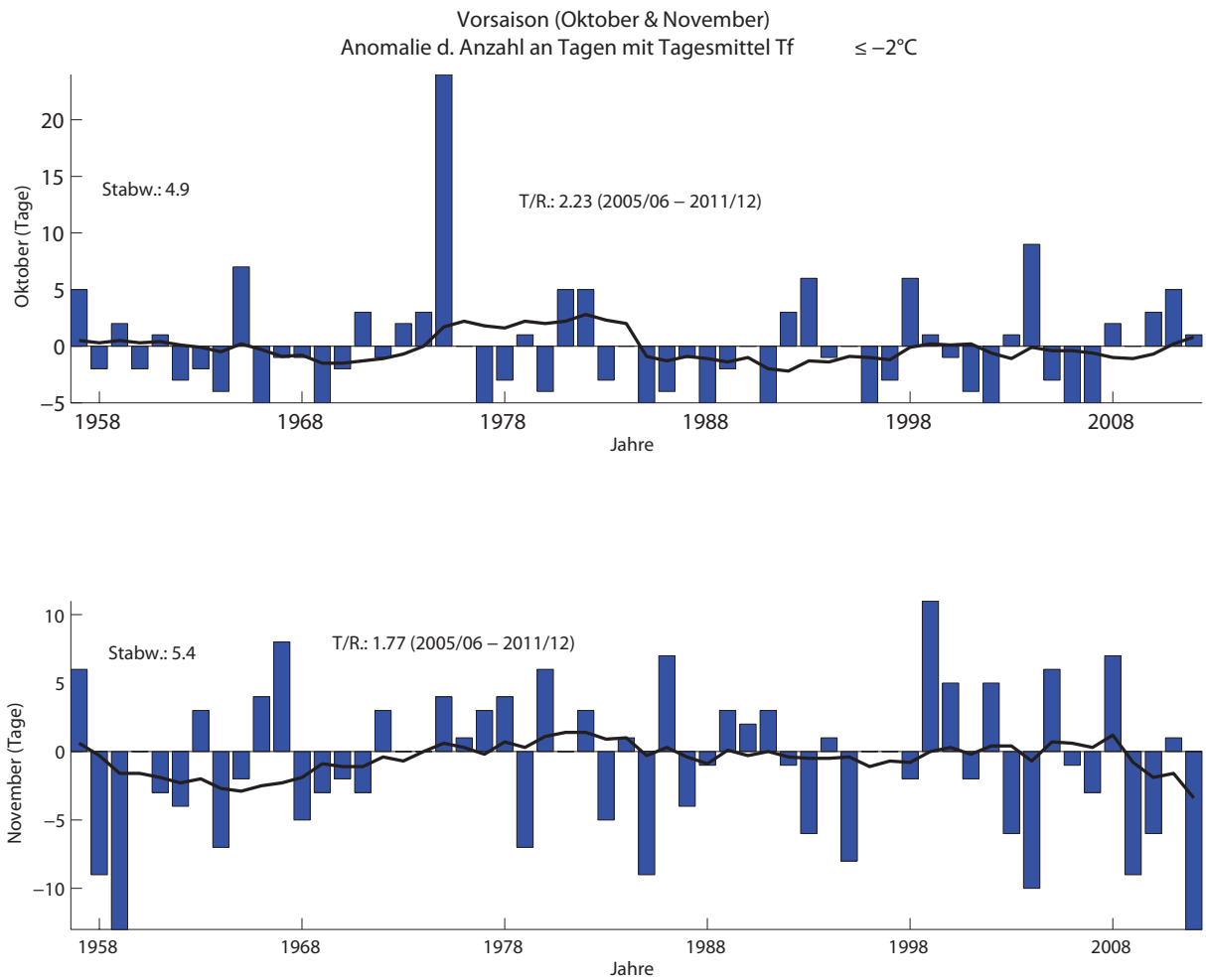


Abbildung 4.7: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Oktober und November (Vorsaison).

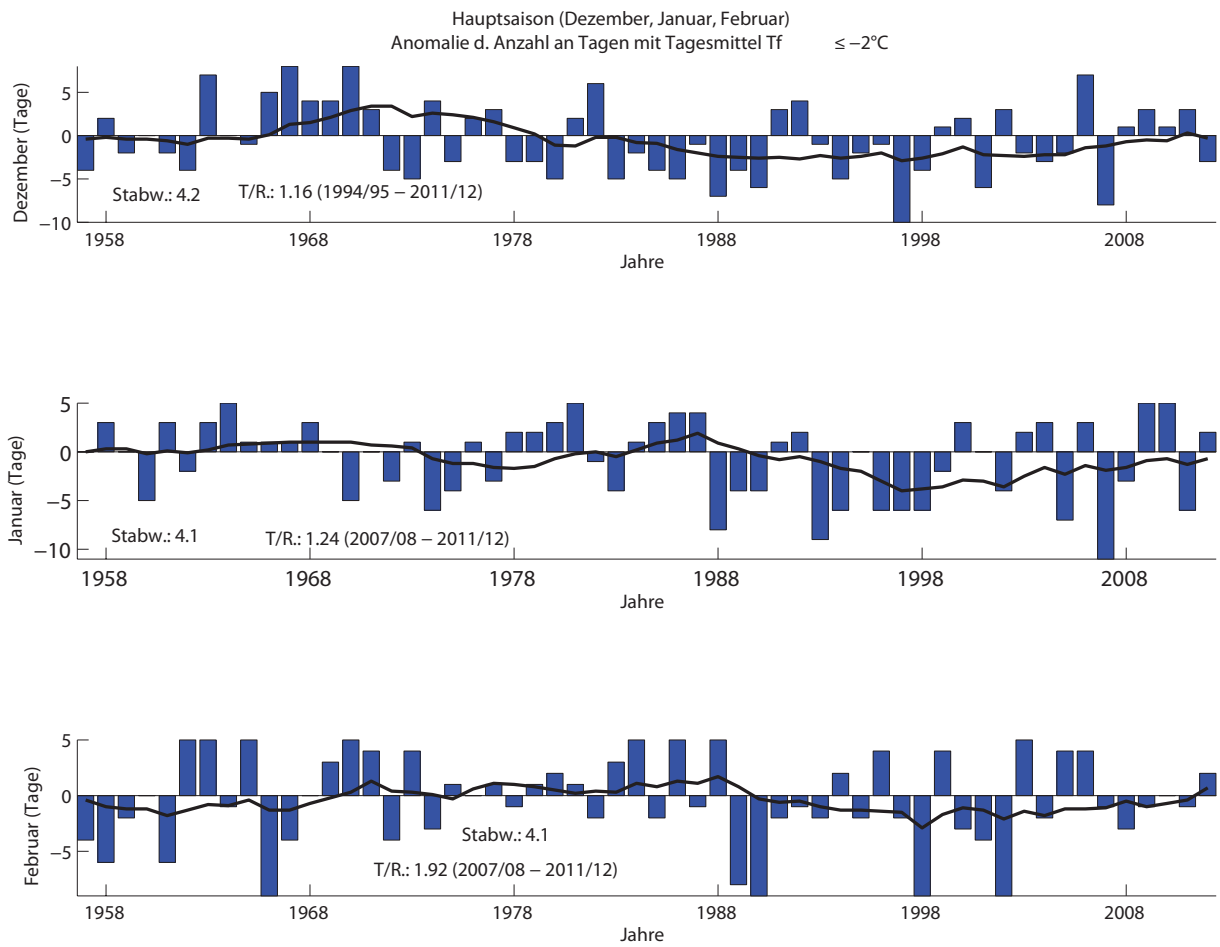


Abbildung 4.8: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt in Monate: Dezember, Januar und Februar (Hauptsaison).

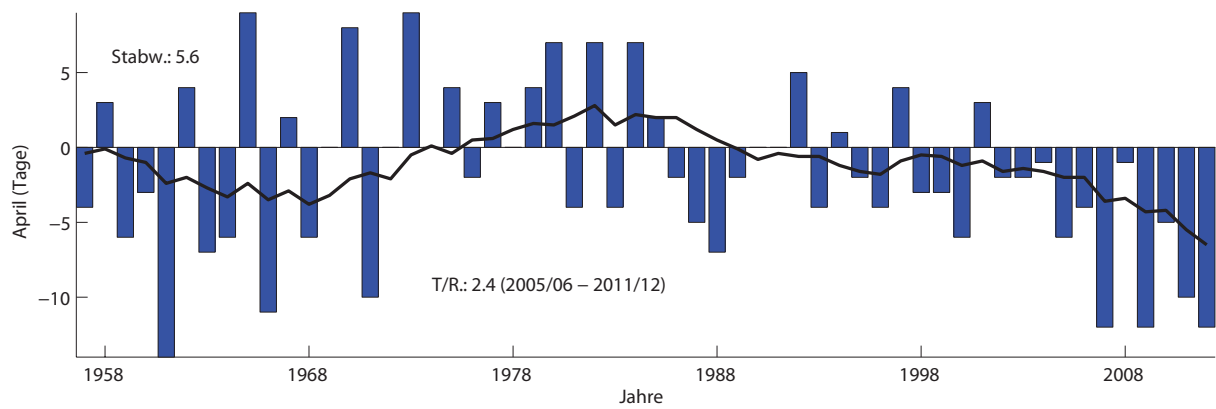
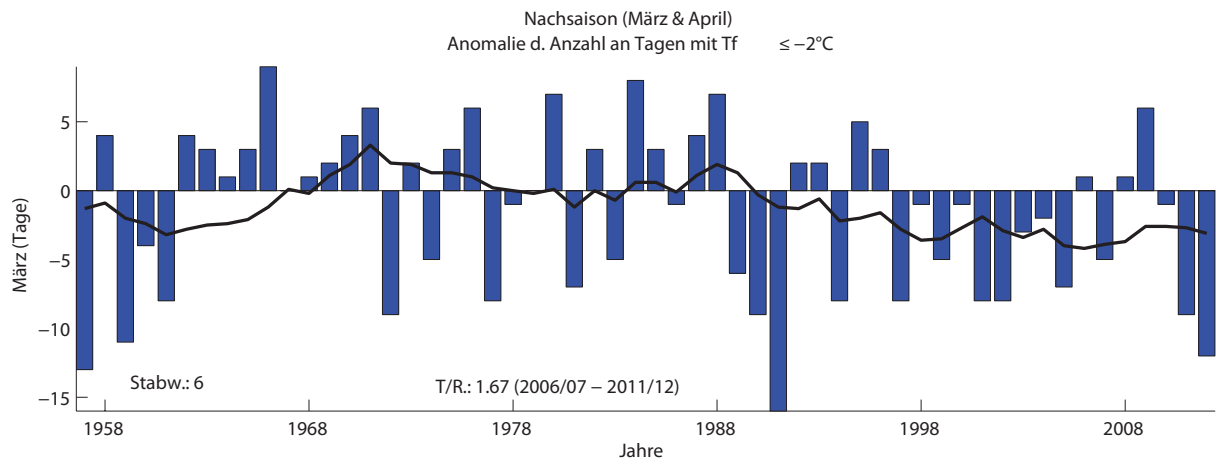


Abbildung 4.9: Abweichung der Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchtttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ vom langjährigen Mittel (1960-90), aufgeteilt n Monate: März und April (Nachsaison).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1956 – 2012) ,Wendelstein 1735 m

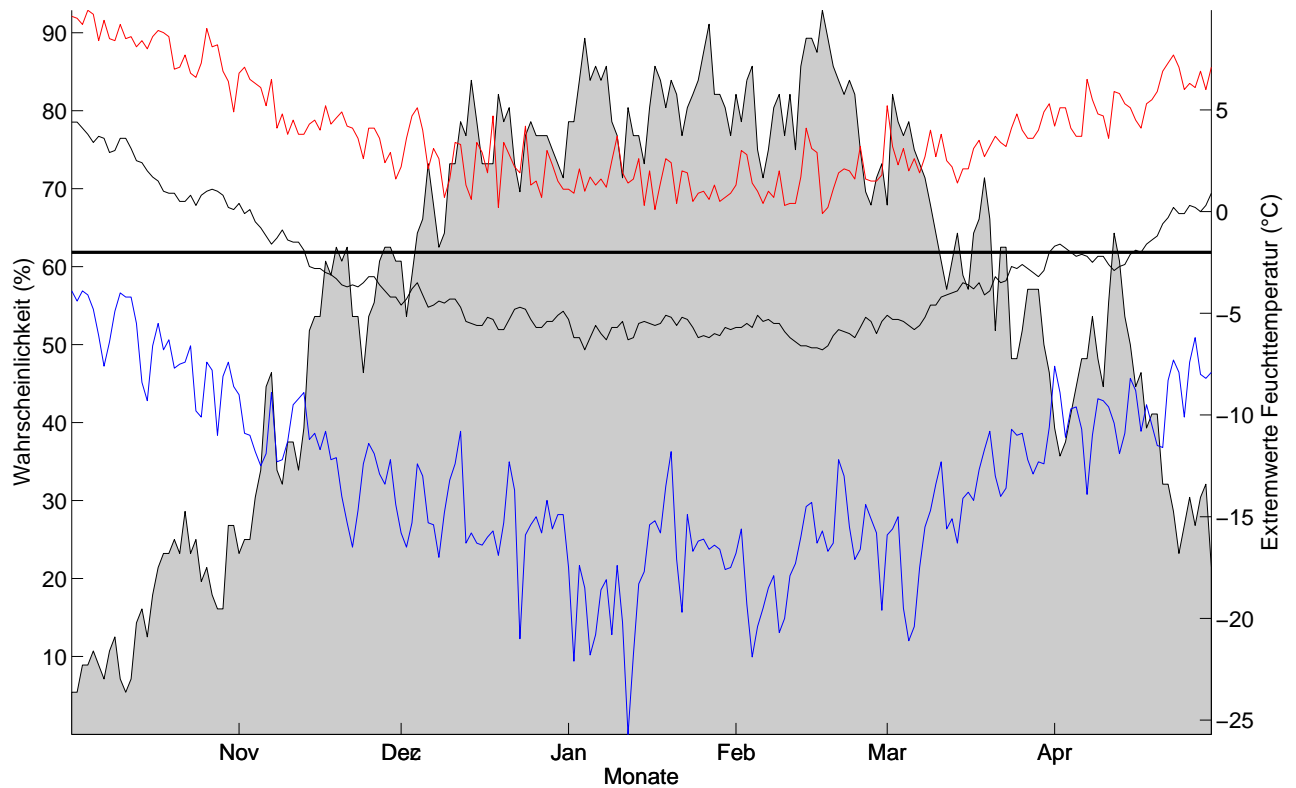


Abbildung 4.10: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Wendelstein, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1956-2012. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1993–2014), Wendelstein 1735m

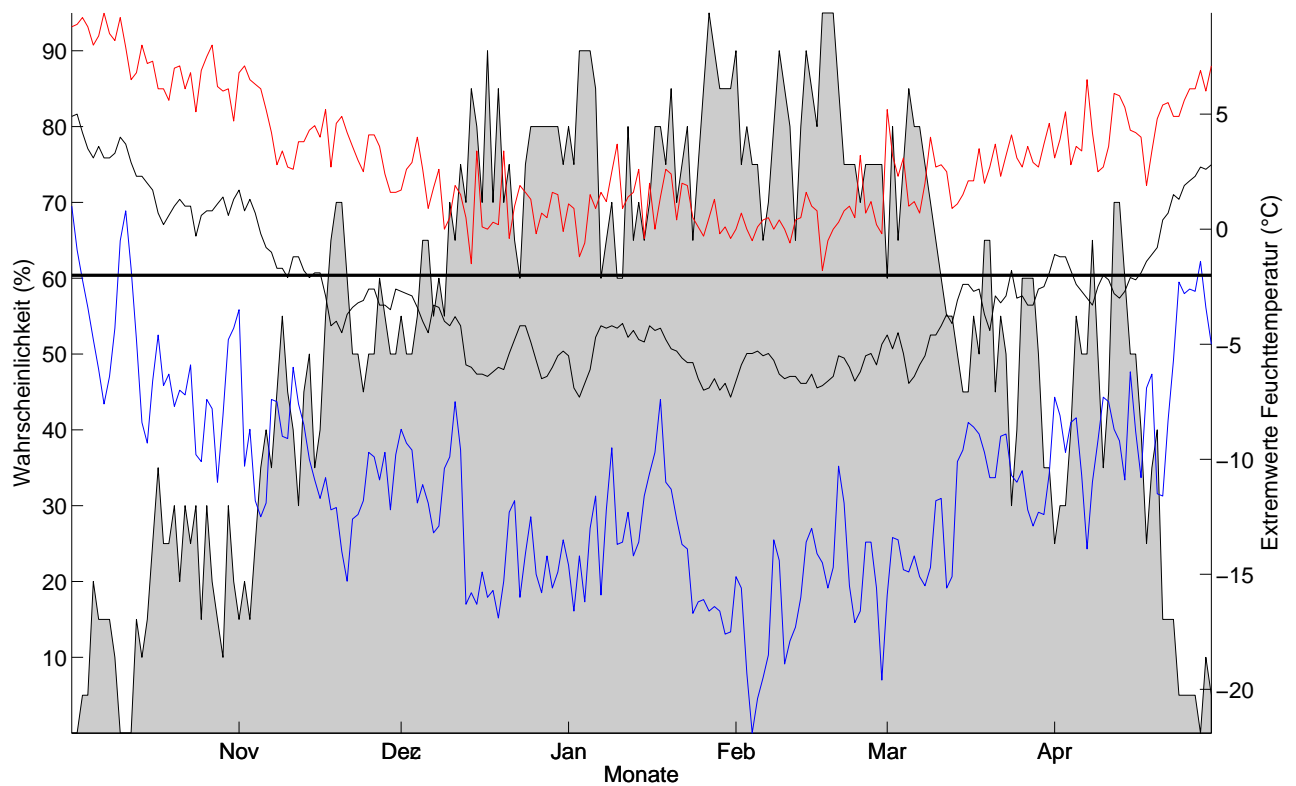


Abbildung 4.11: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Wendelstein, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1993-2012. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

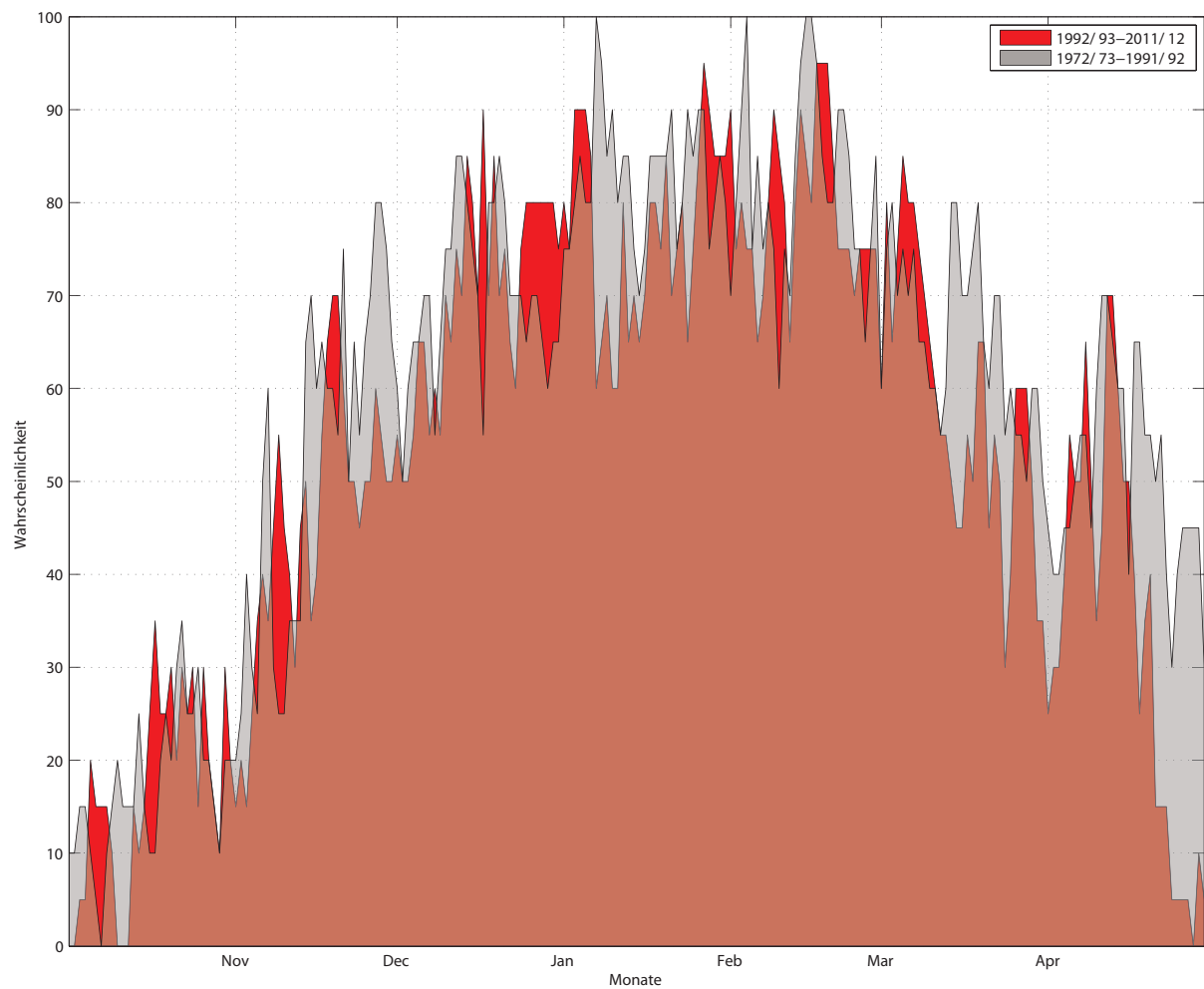


Abbildung 4.12: Vergleich Beschneigungswahrscheinlichkeit (Tagesmittelwert $T_f \leq -2^\circ\text{C}$) der letzten 20 Jahre mit den 20 Jahren davor für alle Tage der Saison (1.10.-30.4.).

Im Mittel über die gesamte Saison gesehen, ist die Wahrscheinlichkeit, Beschneien zu können, in den letzten 20 Jahren im Vergleich zu den 20 Jahren davor von 60% auf 55% gesunken. Verluste zeigen sich vor allem im März und April. Siehe Abb. 4.12.

Beschneitage Wendelstein pro Saison und Monat

Mittelwert	5	14	23	25	23	20	12
SD	5	5	4	4	4	6	5
Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
1956/57	10	21	19	26	19	8	10
1957/58	3	6	25	29	17	25	17
1958/59	7	2	21	26	21	10	8
1959/60	3	15	23	21	23	17	11
1960/61	6	12	21	29	17	13	0
1961/62	2	11	19	24	28	25	18
1962/63	3	18	30	29	28	24	7
1963/64	1	8	23	31	22	22	8
1964/65	12	13	22	27	28	24	23
1965/66	0	19	28	27	14	30	3
1966/67	4	23	31	27	19	21	16
1967/68	4	10	27	29	23	22	8
1968/69	0	12	27	26	26	23	14
1969/70	3	13	31	21	28	25	22
1970/71	8	12	26	26	27	27	4
1971/72	4	18	19	23	19	12	14
1972/73	7	15	18	27	27	23	23
1973/74	8	15	27	20	20	16	14
1974/75	29	19	20	22	24	24	18
1975/76	5	16	25	27	23	27	12
1976/77	0	18	26	23	24	13	17
1977/78	2	19	20	28	22	20	14
1978/79	6	8	20	28	24	21	18
1979/80	1	21	18	29	25	28	21
1980/81	10	15	25	31	24	14	10
1981/82	10	18	29	25	21	24	21
1982/83	2	10	18	22	26	16	10
1983/84	5	16	21	27	28	29	21
1984/85	0	6	19	29	21	24	16
1985/86	1	22	18	30	28	20	12

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneitage – Fortsetzung

1986/87	4	11	22	30	22	25	9
1987/88	0	14	16	18	28	28	7
1988/89	3	18	19	22	15	15	12
1989/90	5	17	17	22	14	12	14
1990/91	0	18	26	27	21	5	14
1991/92	8	14	27	28	22	23	19
1992/93	11	9	22	17	21	23	10
1993/94	4	16	18	20	25	13	15
1994/95	5	7	21	26	21	26	12
1995/96	0	15	22	20	27	24	10
1996/97	2	15	13	20	21	13	18
1997/98	11	13	19	20	14	20	11
1998/99	6	26	24	24	27	16	11
1999/00	4	20	25	29	20	20	8
2000/01	1	13	17	26	19	13	17
2001/02	0	20	26	22	14	13	12
2002/03	6	9	21	28	28	18	12
2003/04	14	5	20	29	21	19	13
2004/05	2	21	21	19	27	14	8
2005/06	0	14	30	29	27	22	10
2006/07	0	12	15	15	22	16	2
2007/08	7	22	24	23	20	22	13
2008/09	5	6	26	31	22	27	2
2009/10	8	9	24	31	23	20	9
2010/11	10	16	26	20	22	12	4
2011/12	6	2	20	28	25	9	2

Tabelle 4.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1956 - 2012, Wendelstein.

4.10.3 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

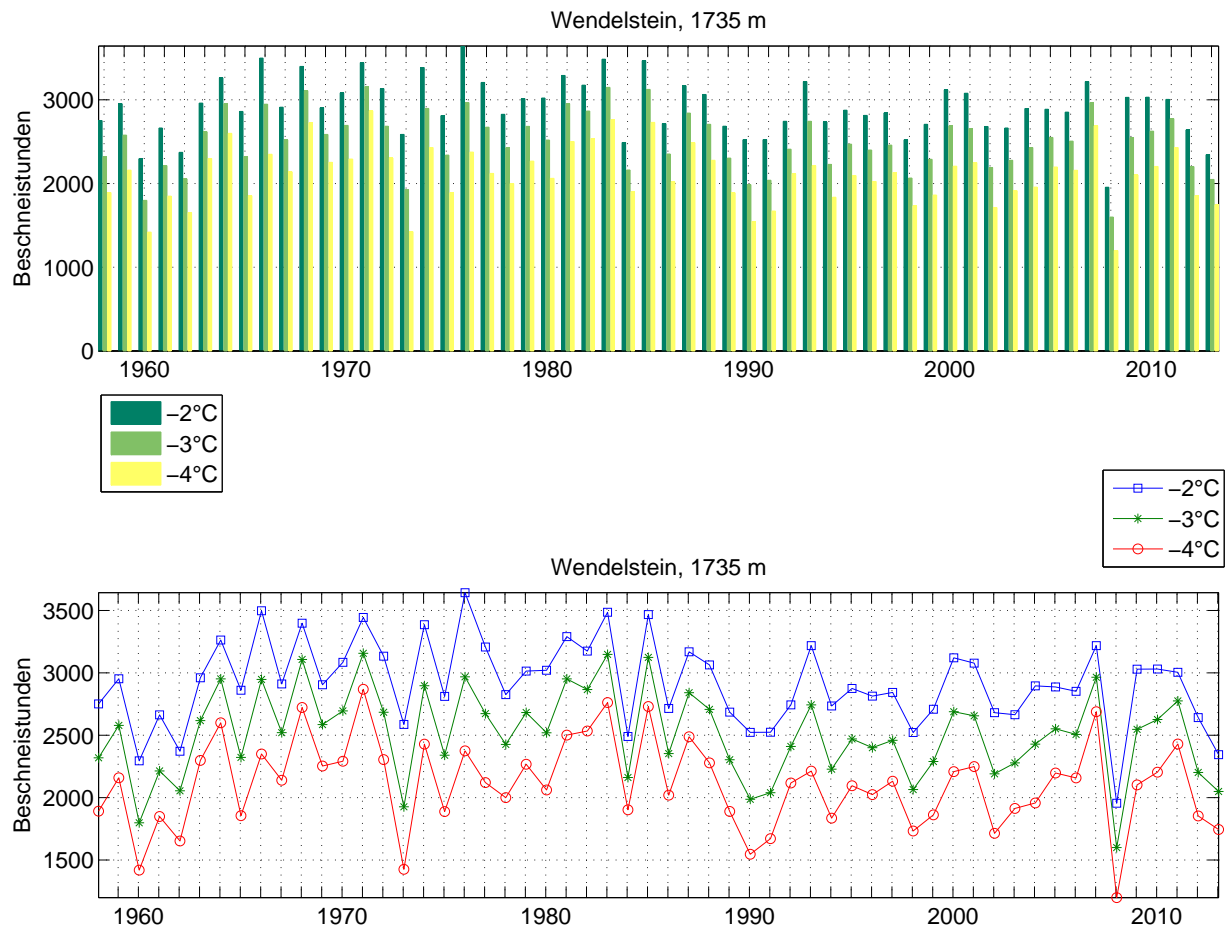
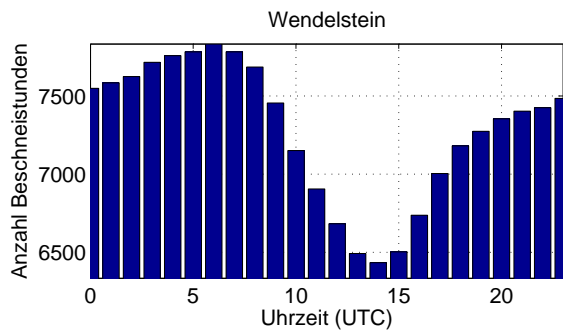
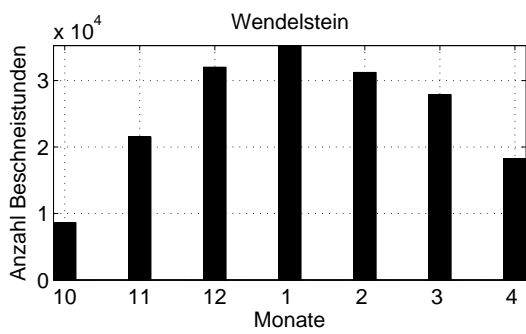
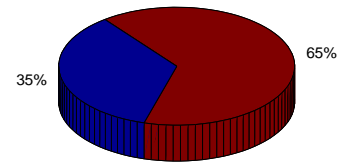


Abbildung 4.13: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 334 Stunden (14 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es während des Messzeitraums (Okt.-Apr.) im Mittel 2918 potentielle Beschneistunden (ca. 122 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 336 Stunden (ca. 14 Tage). Siehe Abb. 4.13.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

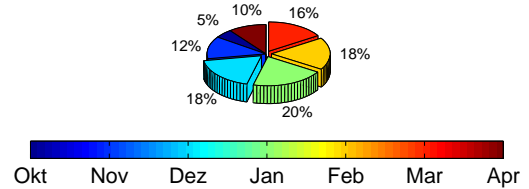


Abbildung 4.14: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

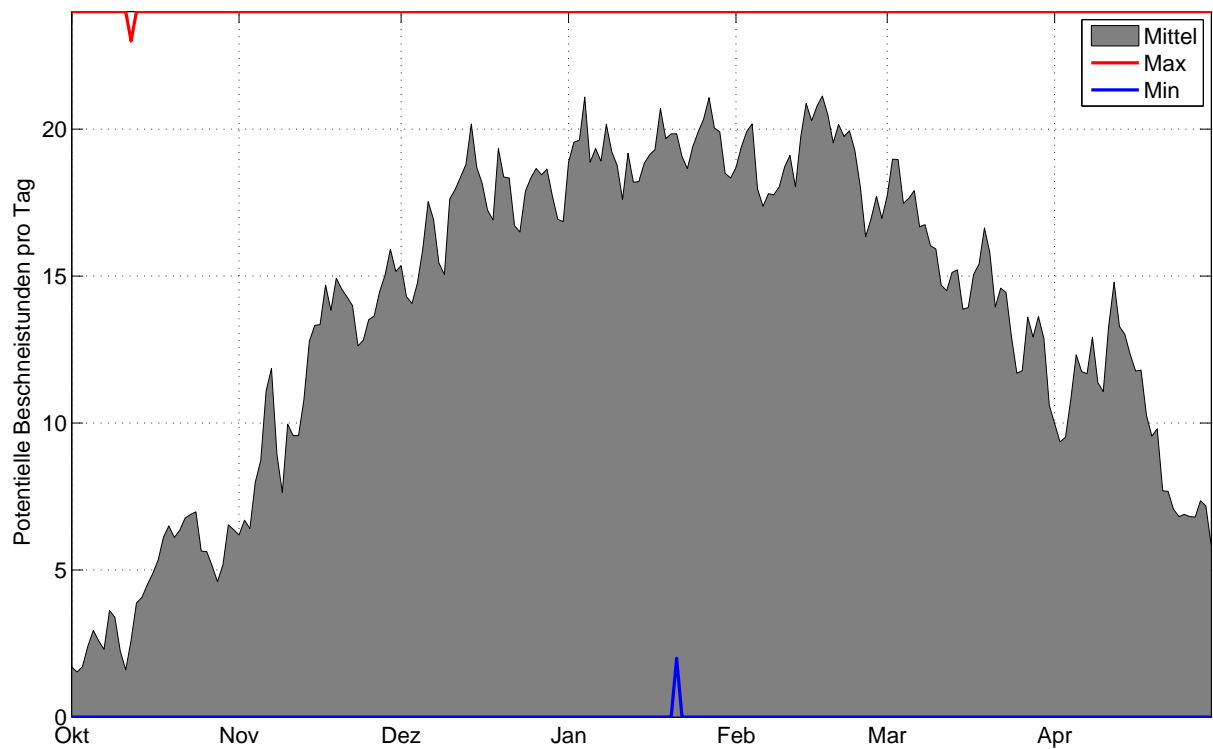


Abbildung 4.15: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1956-2012, Station Wendelsteil, 1735 m.

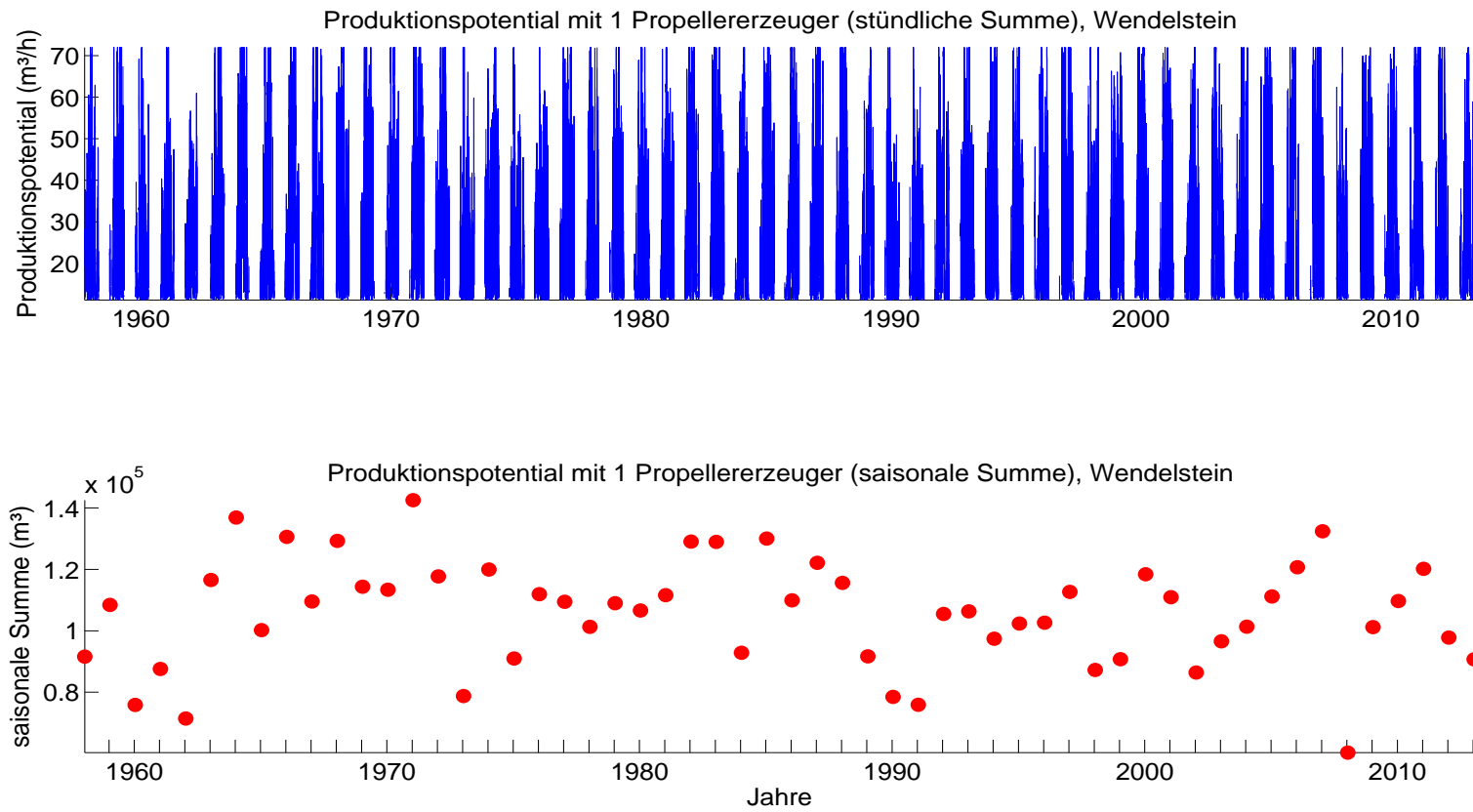


Abbildung 4.16: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

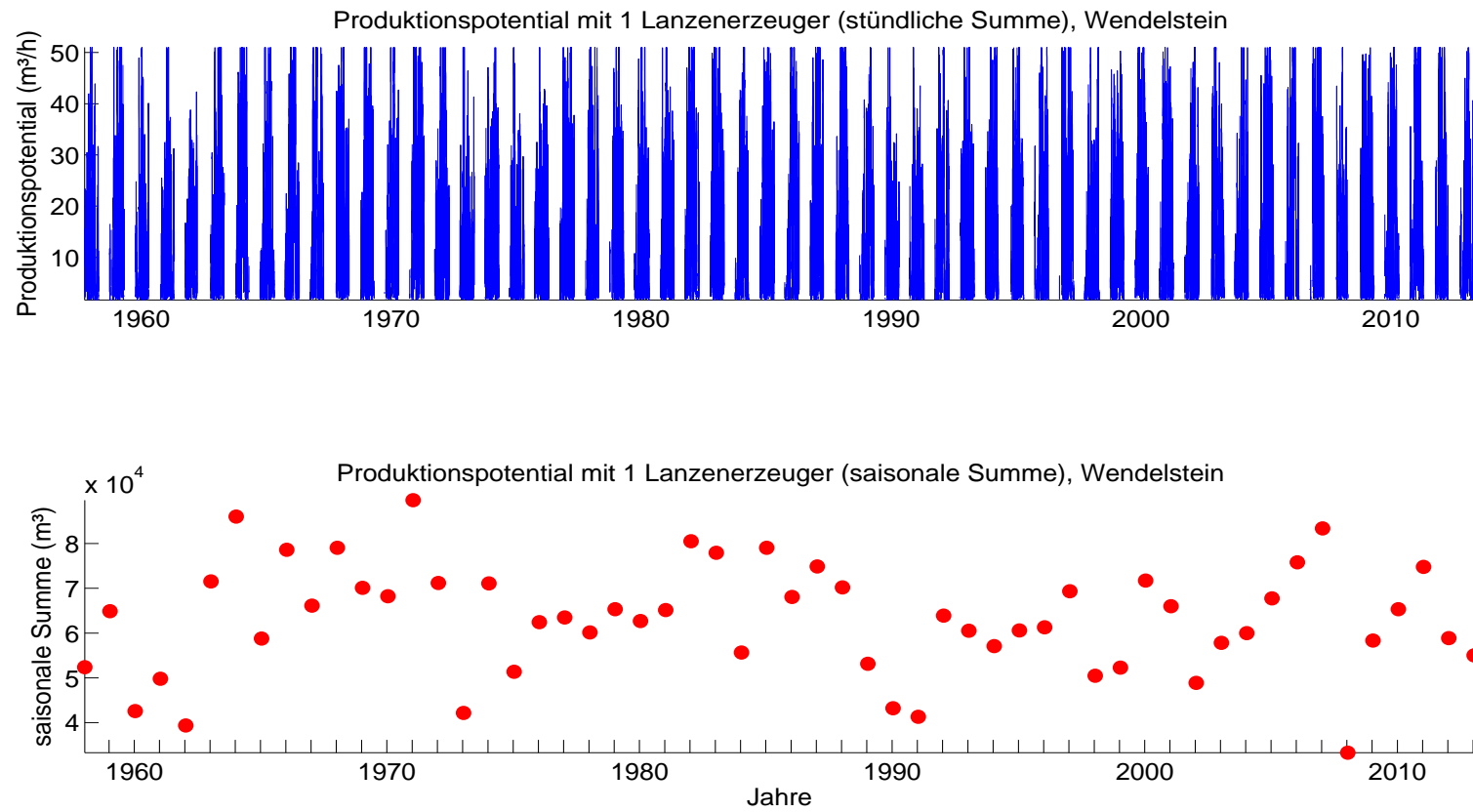
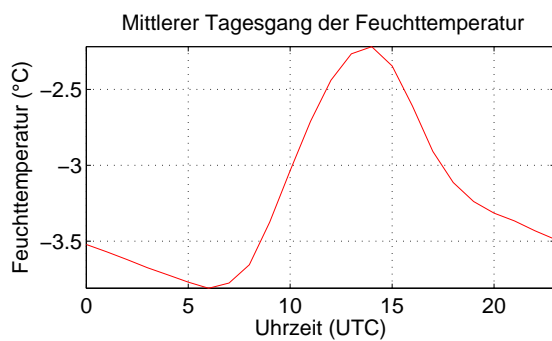
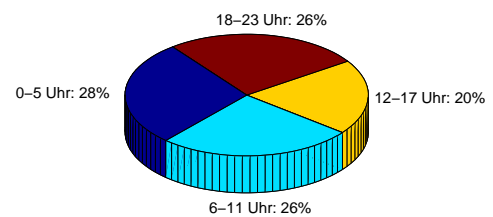


Abbildung 4.17: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

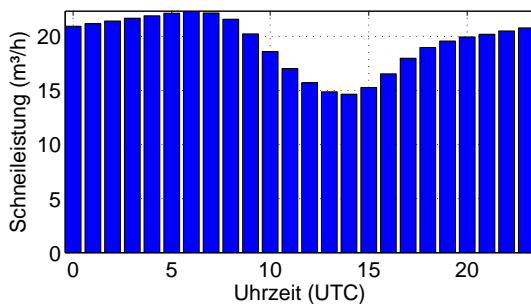
Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 17475 m^3 (Propellergerät), bzw. 12307 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 110994 m^3 (Propellergerät), bzw. 93075 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 38 ha (Propellergerät), bzw. ca. 32 ha (Lanze) eine Grundbeschneieung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 4.16 und 4.17.



Zeitliche Verteilung der künstlich erzeugbaren Schneemenge



Mittlerer Tagesgang der Schneileistung (Propellererzeuger)



Mittlerer Tagesgang der Schneileistung (Lanzenerzeuger)

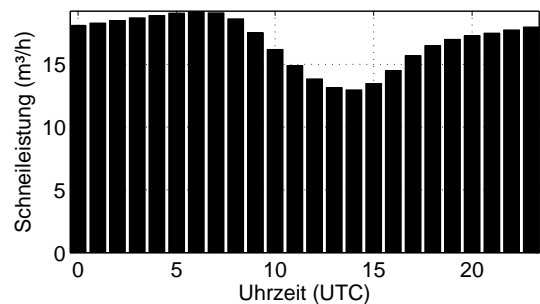


Abbildung 4.18: Mittlerer Tagesgang der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1956-2012, Wendelstein, 1735 m.

Der Tagesgang der Feuchttemperatur erreicht im Mittel über die Saison an keinem Zeitpunkt Werte über -2°C , daher schwankt die Verteilung der künstlich erzeugbaren Schneemenge über den Tag hinweg nur geringfügig. Die Schneileistung ist zwischen 13 und 14 Uhr UTC am geringsten, zwischen 20 Uhr abends und 8 Uhr früh jedoch stets über $20 \text{ m}^3/\text{h}$ (Propellererzeuger). An einem durchschnittlichen Tag können mit einem Propellererzeuger $19 \text{ m}^3/\text{h}$, mit einem Lanzenerzeuger $17 \text{ m}^3/\text{h}$ produziert werden. Siehe Abb. 4.18.

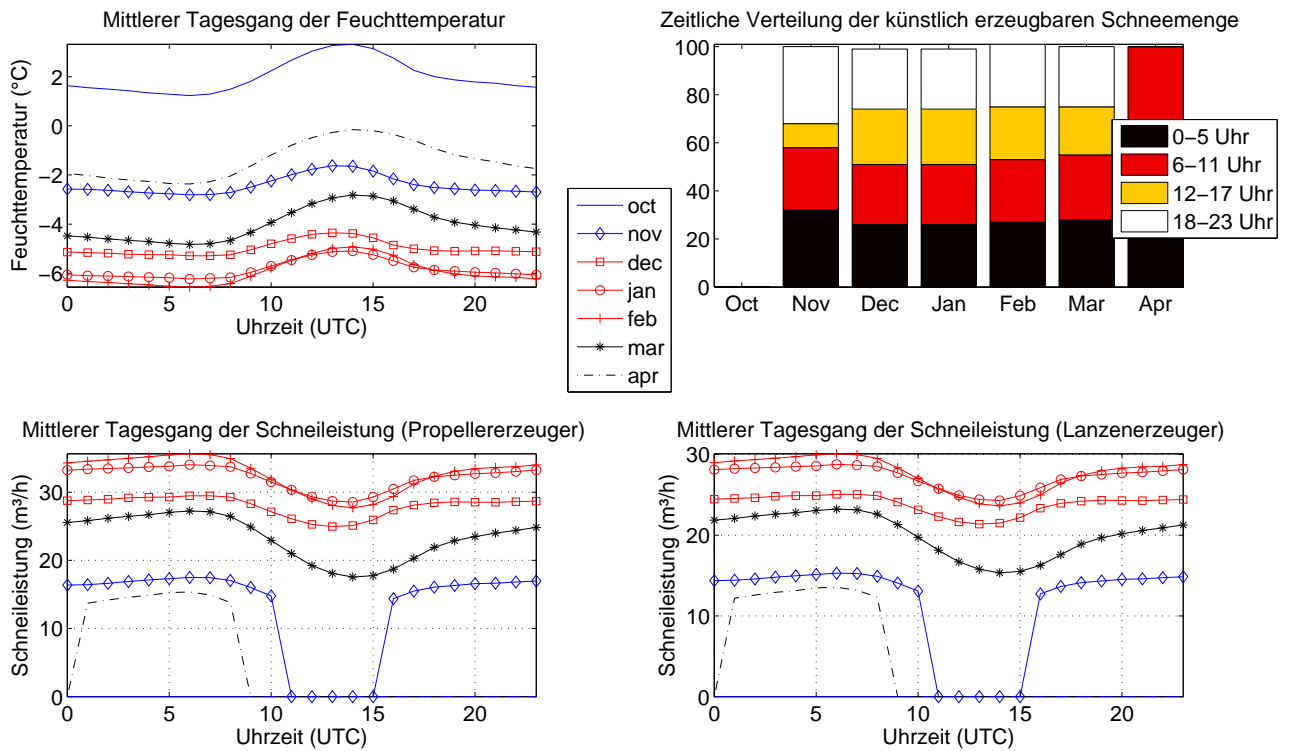


Abbildung 4.19: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1956-2012, Wendelstein, 1735 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

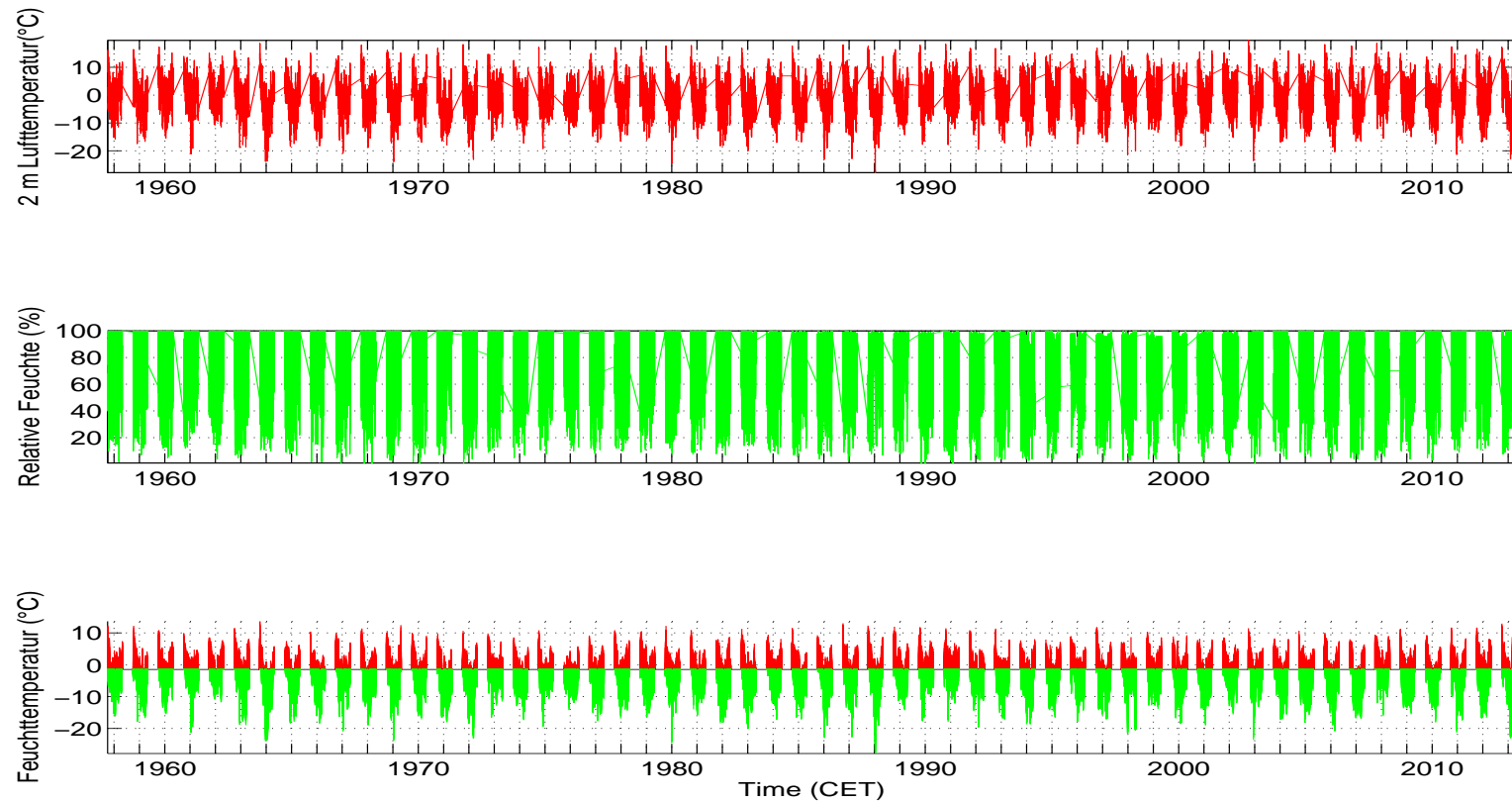


Abbildung 4.20: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

Klimaparameter Wendelstein									
	Klimaparameter (Saisonmittel, Wendelstein)			Schneitage	Schneistunden mit versch. Grenztemp.				
	Lufttemp. (°C)	Rel. Feuchte (%)	Feuchttemp.(°C)		-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C	
Mittelwert	-1,4	74,2	-3,2	122	3121	2918	25011	2110	
SD	0,9	3,2	0,8	15	326	336	351	3502	
Saison									
1956/57	-1,0	75,2	-2,6	113	2996	2751	2319	1891	
1957/58	-1,6	74,8	-3,2	122	3163	2953	2579	2159	
1958/59	0,1	71,5	-1,9	95	2592	2295	1798	1419	
1959/60	-0,9	75,1	-2,6	113	2900	2663	2214	1849	
1960/61	0,2	73,2	-1,7	98	2535	2372	2055	1652	
1961/62	-1,7	75,9	-3,4	127	3154	2961	2617	2298	
1962/63	-3,0	73,0	-4,6	139	3433	3263	2952	2600	
1963/64	-1,2	71,4	-3,1	115	3081	2861	2322	1855	
1964/65	-3,3	81,6	-4,5	149	3746	3498	2947	2350	
1965/66	-2,0	78,8	-3,4	121	3113	2911	2521	2139	
1966/67	-2,6	80,8	-3,9	141	3546	3398	3107	2723	
1967/68	-1,3	75,3	-3,1	123	3108	2905	2586	2253	
1968/69	-1,6	73,7	-3,4	128	3253	3084	2695	2292	
1969/70	-3,3	79,1	-4,7	143	3568	3444	3157	2868	
1970/71	-2,1	72,3	-4,0	130	3323	3134	2684	2305	
1971/72	-0,3	72,6	-2,2	109	2964	2587	1926	1425	
1972/73	-2,2	73,8	-3,9	140	3592	3386	2897	2429	
1973/74	-1,0	75,4	-2,7	120	3064	2811	2340	1888	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

1974/75	-2,7	80,8	-3,9	156	3881	3643	2968	2375
1975/76	-2,0	75,0	-3,6	135	3461	3207	2673	2121
1976/77	-1,3	77,5	-2,9	121	3022	2826	2427	2000
1977/78	-1,4	76,4	-3,1	125	3163	3014	2682	2267
1978/79	-1,7	74,8	-3,4	125	3256	3021	2520	2061
1979/80	-1,8	77,0	-3,3	143	3477	3290	2952	2501
1980/81	-2,6	77,6	-4,0	129	3323	3174	2866	2534
1981/82	-3,0	80,7	-4,1	148	3659	3486	3148	2762
1982/83	-0,9	75,2	-2,7	104	2696	2490	2161	1902
1983/84	-2,5	73,3	-4,2	147	3631	3467	3124	2730
1984/85	-1,7	72,7	-3,6	115	2890	2715	2353	2020
1985/86	-2,1	74,4	-3,8	131	3326	3169	2841	2488
1986/87	-1,8	75,2	-3,6	123	3232	3063	2707	2278
1987/88	-0,9	76,6	-2,5	111	2908	2685	2304	1889
1988/89	0,2	72,5	-1,8	104	2789	2523	1987	1546
1989/90	0,6	66,3	-1,8	101	2770	2524	2039	1671
1990/91	-1,3	71,2	-3,1	111	2967	2743	2410	2117
1991/92	-1,3	69,4	-3,3	141	3517	3218	2743	2213
1992/93	-0,8	66,6	-3,0	113	2998	2735	2228	1836
1993/94	-1,1	71,6	-2,8	111	3077	2875	2470	2095
1994/95	-1,2	72,8	-3,0	118	3009	2814	2400	2024
1995/96	-1,2	70,6	-3,2	118	3026	2843	2459	2131
1996/97	-0,6	70,8	-2,6	102	2777	2522	2065	1732

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Klimaparameter – Fortsetzung

1997/98	-0,6	71,2	-2,5	108	2919	2708	2289	1862
1998/99	-2,5	76,9	-3,9	134	3334	3120	2688	2208
1999/00	-1,7	75,0	-3,4	126	3293	3078	2656	2249
2000/01	-0,5	73,5	-2,3	106	2901	2681	2191	1714
2001/02	-0,7	72,5	-2,6	107	2813	2664	2278	1913
2002/03	-1,3	73,7	-3,0	122	3043	2896	2429	1957
2003/04	-1,6	72,3	-3,5	121	3079	2887	2551	2197
2004/05	-1,7	72,6	-3,5	112	3034	2852	2506	2158
2005/06	-2,1	70,8	-4,1	132	3306	3218	2965	2689
2006/07	1,7	68,8	-0,7	82	2136	1955	1600	1199
2007/08	-1,4	74,9	-3,0	131	3253	3030	2547	2102
2008/09	-1,3	71,9	-3,1	119	3239	3031	2626	2204
2009/10	-2,2	77,8	-3,6	124	3117	3004	2775	2430
2010/11	-0,8	75,5	-2,5	110	2803	2641	2202	1853
2011/12	-0,9	74,3	-2,7	92	2540	2344	2049	1744

Tabelle 4.2: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Wendelstein)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	136	354	536	600	531	467,	301
SD	111	120	92	89	95	134	122
Saison							
1956/57	257	509	476	624	459	187	251
1957/58	104	159	614	658	387	603	440
1958/59	170	127	534	593	467	224	198
1959/60	114	337	502	511	552	386	284
1960/61	140	298	532	697	373	340	0
1961/62	61	281	441	568	628	602	390
1962/63	80	446	674	684	670	555	165
1963/64	92	204	554	734	548	521	221
1964/65	338	323	511	637	665	542	504
1965/66	35	471	643	657	342	690	112
1966/67	114	564	698	646	493	505	407
1967/68	67	288	646	681	540	507	202
1968/69	14	282	628	643	636	544	354
1969/70	79	333	744	548	635	615	507
1970/71	192	269	603	650	620	638	167
1971/72	123	416	426	540	448	313	340
1972/73	212	371	459	616	628	555	554
1973/74	230	360	591	468	501	352	316
1974/75	667	463	499	477	549	574	423
1975/76	175	397	610	637	501	616	299
1976/77	19	451	618	567	524	287	368
1977/78	60	442	486	665	527	505	338
1978/79	144	215	505	676	546	488	455
1979/80	41	501	421	692	564	593	481
1980/81	249	391	612	718	593	363	261
1981/82	240	426	685	560	490	561	524
1982/83	44	229	454	491	635	397	241
1983/84	149	387	501	663	658	646	464
1984/85	10	173	437	666	495	555	379

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Beschneistunden – Fortsetzung

1985/86	72	567	379	679	659	490	323
1986/87	128	271	552	702	523	625	262
1987/88	26	377	401	437	638	642	164
1988/89	76	460	470	520	369	334	294
1989/90	118	438	439	561	310	300	361
1990/91	75	455	597	619	515	153	330
1991/92	201	359	624	585	515	552	383
1992/93	273	226	502	412	514	537	271
1993/94	113	449	530	541	591	292	362
1994/95	170	162	493	624	457	634	274
1995/96	7	378	518	469	641	570	260
1996/97	91	369	362	461	467	358	414
1997/98	275	300	515	515	314	480	311
1998/99	154	607	555	536	617	391	260
1999/00	102	506	585	675	490	517	205
2000/01	65	366	397	604	489	303	457
2001/02	1	504	624	557	349	313	316
2002/03	130	231	482	671	661	430	291
2003/04	329	153	443	686	502	474	304
2004/05	47	464	510	602	647	354	228
2005/06	13	345	725	704	650	538	244
2006/07	3	255	380	370	495	406	52
2007/08	178	501	571	499	470	542	277
2008/09	117	297	632	730	553	644	68
2009/10	202	242	554	743	537	478	251
2010/11	246	373	615	483	489	327	108
2011/12	194	76	460	659	600	226	130

Tabelle 4.3: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C.

Monatssummen der pot. Schneileistung, Propeller (m³)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	4141	12786	20903	23486	21738	1789	10047
SD	3123	5060	5216	5930	6941	6448	4139
Saison							
1956/57	7529	16993	19525	23193	13926	7449	8941
1957/58	2916	6698	19875	23504	16687	29767	14418
1958/59	4673	5470	18323	27093	14423	6904	6874
1959/60	3105	9810	15429	25159	18259	12873	9083
1960/61	4338	8340	19096	20719	11893	12750	801
1961/62	2047	9878	19820	20555	27473	29663	11822
1962/63	2517	16912	27267	38099	31236	18868	5983
1963/64	3073	6453	25771	24618	20606	18835	6324
1964/65	8716	8820	21404	24732	38118	20293	13800
1965/66	1742	18234	22557	32349	10190	25617	4356
1966/67	3532	23473	26749	27324	20192	17280	13906
1967/68	2139	8402	29528	31565	18369	20159	8026
1968/69	887	9152	24699	20438	31009	18247	13687
1969/70	1865	13655	33573	21523	28781	28543	17979
1970/71	6392	9156	24946	21636	25848	29989	5412
1971/72	3638	15376	13472	20405	12160	9642	10861
1972/73	6982	13443	13216	19479	28481	23625	19445
1973/74	6606	16192	22507	12821	16954	11946	10423
1974/75	18416	14986	17269	14263	19818	20045	12877
1975/76	5120	14045	20270	25906	14481	24607	10623
1976/77	1097	14234	27391	21949	17063	10837	14141
1977/78	1560	17484	16321	24327	24529	17099	11664
1978/79	4218	10767	15256	33013	19700	15748	13922
1979/80	2097	16292	16104	28126	17333	17767	17769
1980/81	6354	17039	27294	34155	28044	10890	8922
1981/82	7122	18933	28887	19496	21516	19866	16652
1982/83	2099	7592	19261	17563	30122	14939	7849
1983/84	4432	13516	19251	27609	29390	24690	14784
1984/85	1210	5379	17986	33356	25347	20868	12034

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Propeller – Fortsetzung

1985/86	2657	23441	13742	28173	32396	14523	11397
1986/87	3477	8926	21947	29832	18223	30193	7784
1987/88	925	11981	13901	14869	24827	25282	6038
1988/89	2624	17937	19766	13631	12617	10235	8189
1989/90	3141	15181	13355	16892	10973	11288	11312
1990/91	2381	14674	27355	20341	26389	7484	13014
1991/92	6499	12339	24262	19517	20133	17648	11562
1992/93	7743	8363	17324	16796	22432	23613	7389
1993/94	3363	18132	19337	20682	23474	9751	12792
1994/95	5776	4487	18533	29893	13937	25879	9152
1995/96	338	15951	21352	14728	29350	26024	10449
1996/97	3448	13742	18721	14296	15083	11464	17998
1997/98	8962	8969	18574	21079	11729	17996	9280
1998/99	4163	23753	22539	19612	30595	14617	8112
1999/00	3075	18881	24307	27025	18641	17650	6831
2000/01	1788	9267	13675	21888	21074	9851	14183
2001/02	67	17175	31224	21197	11909	12200	8550
2002/03	3709	6661	13112	27772	28091	14464	12113
2003/04	10835	4923	18094	29753	22732	21412	8331
2004/05	1191	17381	18573	27322	34000	19262	7373
2005/06	641	17526	30376	27357	26842	24268	8413
2006/07	294	8540	12891	15213	13632	14049	1847
2007/08	6294	17792	20703	15699	16020	21215	9408
2008/09	3200	10230	21201	28205	26802	21427	2161
2009/10	7421	6161	25141	32352	23863	21683	7458
2010/11	6493	13451	29521	21551	16749	11126	3363
2011/12	4941	3433	17979	24577	32861	7613	4763

Tabelle 4.4: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der pot. Schneileistung, Lanze (m ³)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	3662	10922	17429	19417	17911	15046	8688
SD	2661	4120	3999	4428	5248	5083	3461
Saison							
1956/57	6516	14591	16290	19296	11942	6543	7785
1957/58	2628	5894	16828	19728	13757	23970	12409
1958/59	4105	5013	15645	22248	12442	6159	5965
1959/60	2730	8590	13301	20163	15352	11188	7942
1960/61	3884	7384	16304	17642	10320	11076	855
1961/62	1859	8683	16296	16917	22316	23927	10126
1962/63	2259	14364	22552	28849	25110	16085	5314
1963/64	2843	5738	20443	20834	17132	15767	5619
1964/65	7614	7781	17757	20884	30286	16833	11931
1965/66	1699	15184	19138	25294	8981	21536	3990
1966/67	3049	19737	22574	21924	16727	14766	11883
1967/68	1897	7375	23965	25278	15602	16795	6919
1968/69	874	8005	20016	17283	24372	15610	11687
1969/70	1678	11507	26679	18070	23356	23648	15236
1970/71	5631	8053	20335	17687	21165	23670	4877
1971/72	3221	12987	11516	17370	10563	8552	9458
1972/73	6134	11382	11524	16638	23305	19815	16523
1973/74	5776	13379	18581	11170	14513	10251	9099
1974/75	15779	12889	14733	12390	16848	17103	11050
1975/76	4633	11906	17220	21133	12477	20190	9186
1976/77	1119	12271	22551	18608	14500	9229	12076
1977/78	1424	14739	13961	20403	20078	14633	10138
1978/79	3784	9329	13125	26146	16495	13539	11976
1979/80	1956	13920	13730	23150	14795	15211	15100
1980/81	5614	14412	22155	27779	22809	9381	7686
1981/82	6131	15778	23875	16281	17778	16926	14242
1982/83	1978	6698	16382	15022	24660	12894	6777
1983/84	3960	11547	15961	23194	23899	20733	12699
1984/85	1227	4803	15091	25546	20175	17733	10390

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Schneileistung Lanze – Fortsetzung

1985/86	2470	19758	11691	23491	25635	12539	9670
1986/87	3084	7836	18002	23945	15458	24533	6780
1987/88	899	10408	12008	12843	20879	21124	5372
1988/89	2306	14870	16599	11840	10928	8869	7175
1989/90	2830	12770	11527	14505	9487	9756	9887
1990/91	2184	12610	22784	17289	20642	6637	11256
1991/92	5647	10719	20399	16441	16632	15123	10010
1992/93	6739	7312	14795	14031	18136	19311	6490
1993/94	3055	15158	16428	17508	19358	8487	10946
1994/95	5045	4023	15835	24129	12012	21662	7914
1995/96	338	13404	17827	12753	23823	20994	9017
1996/97	3153	11678	15092	12361	12940	9941	15078
1997/98	7672	7909	15809	17917	10169	15104	8087
1998/99	3705	19528	18788	16145	24240	12607	7128
1999/00	2775	15896	20348	22334	15825	15083	6031
2000/01	1630	8150	11763	18609	17461	8622	12164
2001/02	73	14677	25024	17754	10326	10560	7532
2002/03	3373	5852	11386	22596	22952	12457	10149
2003/04	9341	4406	15060	24500	18784	17835	7302
2004/05	1070	14770	15823	21712	27531	15617	6559
2005/06	637	14630	24925	22864	22079	19791	7340
2006/07	332	7348	11171	12544	11798	12154	1719
2007/08	5465	15063	17546	13475	13635	17885	8244
2008/09	2837	8854	17987	23635	21713	18211	2035
2009/10	6397	5467	20171	26608	19546	17560	6545
2010/11	5646	11395	23320	17910	14113	9712	2964
2011/12	4353	3206	15392	20687	25177	6661	4188

Tabelle 4.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

4.10.4 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

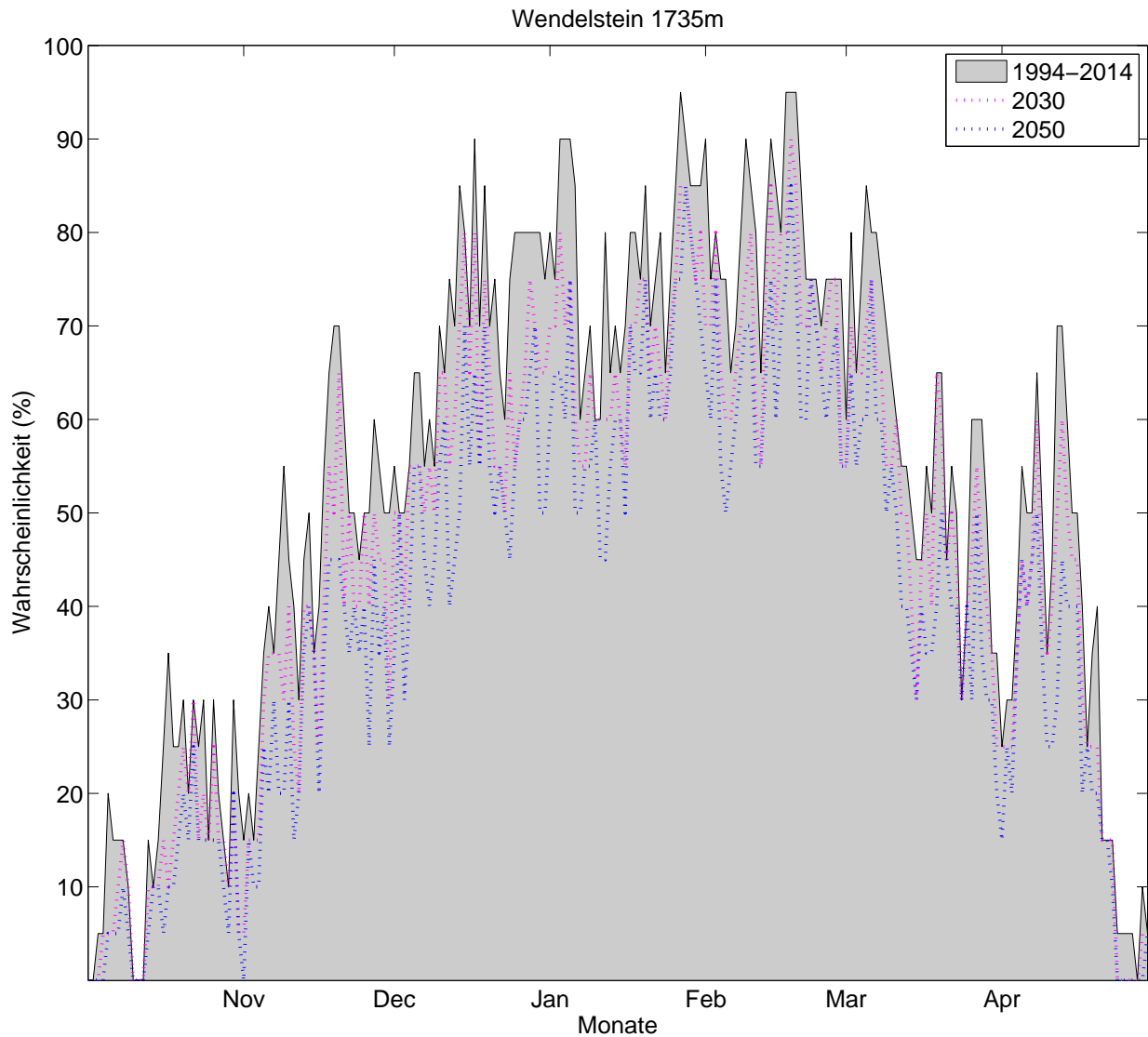


Abbildung 4.21: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Wendelstein, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2012. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

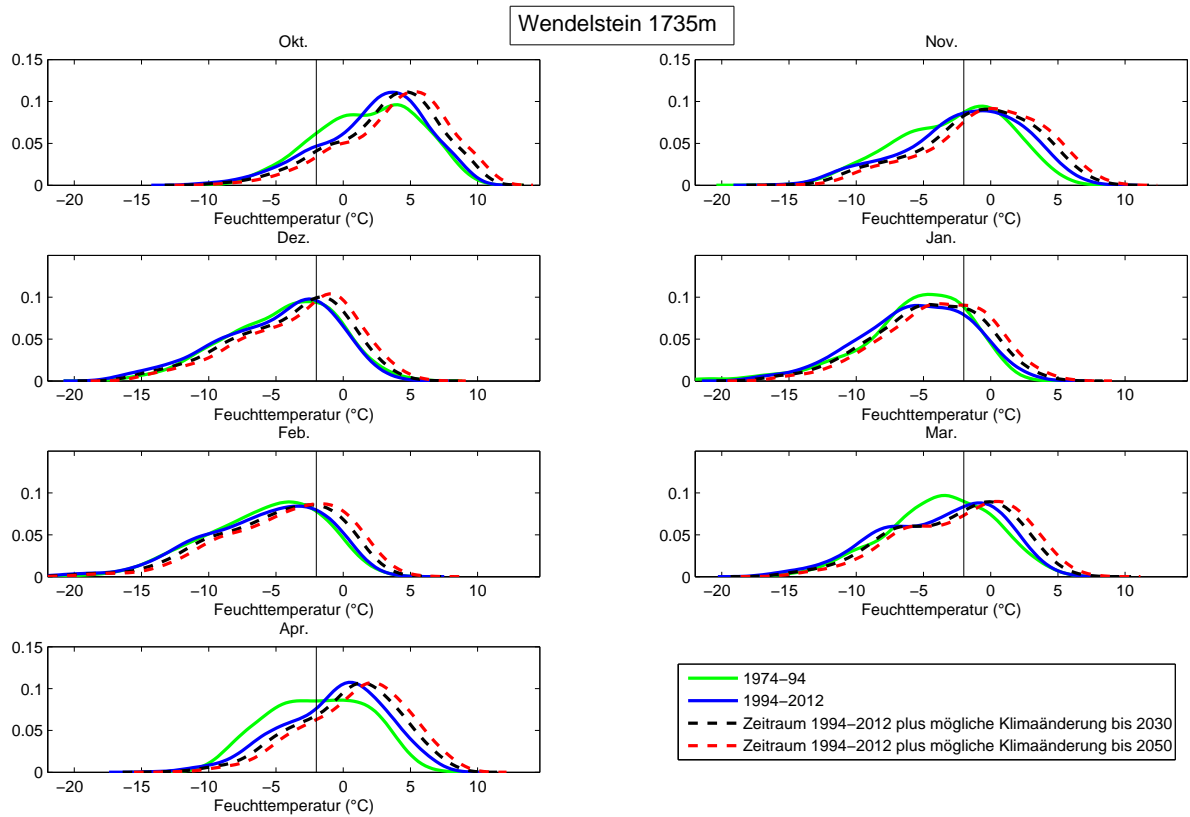


Abbildung 4.22: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2012 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchtttemperatur unter -2°C pro Monat, Wendelstein.

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Periode							
1974-1994	5,3	15,3	21,3	25,3	22,9	20,2	14,5
1994-2012	4,8	13,6	21,9	24,4	22,2	18,0	9,7
mit Klimaänderung bis 2030	3,1	9,8	17,1	19,7	17,8	14,4	7,2
mit Klimaänderung bis 2050	2,4	7,9	14,8	18,2	16,3	12,6	6,0
Abnahme bis 2050 in Tagen	2,4	5,7	7,1	6,2	5,9	5,5	3,8
Abnahme bis 2050 in %	50	42	32	25	27	30	39

Tabelle 4.6: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1974-94, 1994-2012 und 1994-2012 mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

4.11 Großer Arber (1446 m)

4.11.1 Naturschnee

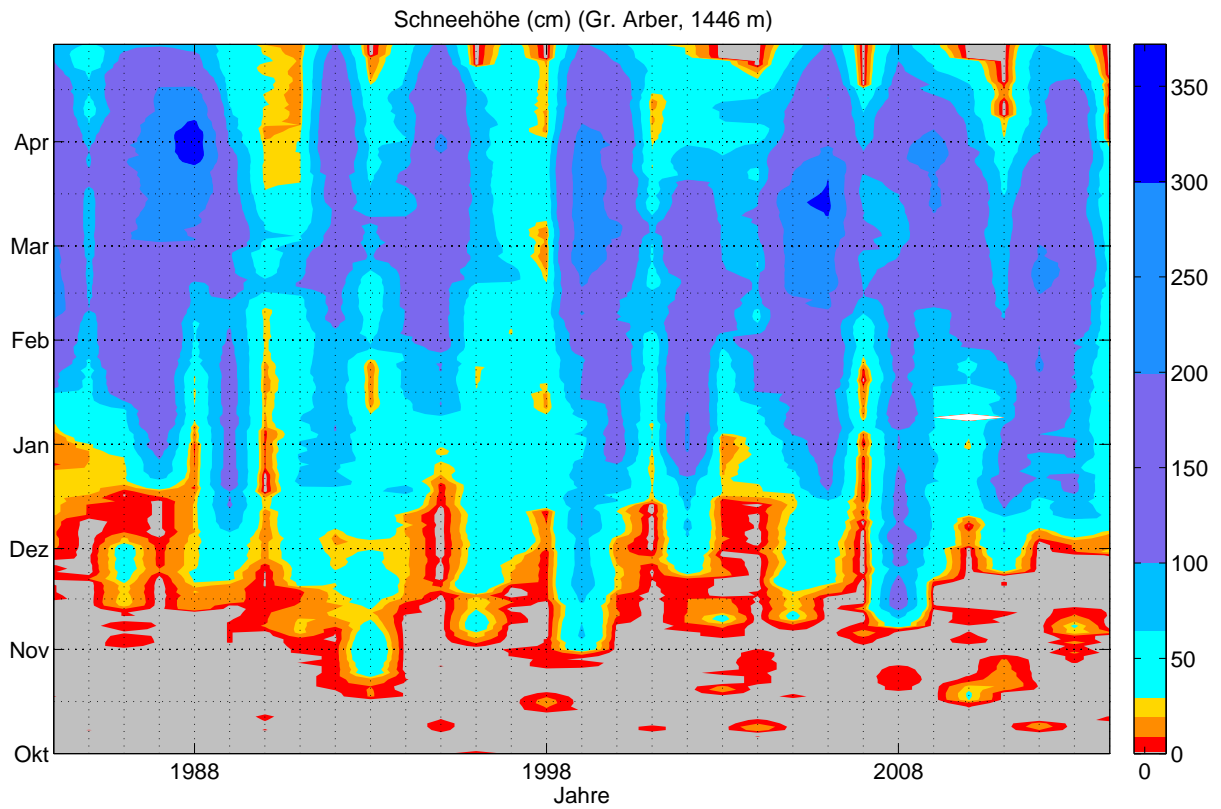


Abbildung 4.1: Tageswerte der Schneehöhe, Großer Arber, Okt.-Apr. 1983-2014. Tage von denen keine Daten vorliegen sind farblos dargestellt.

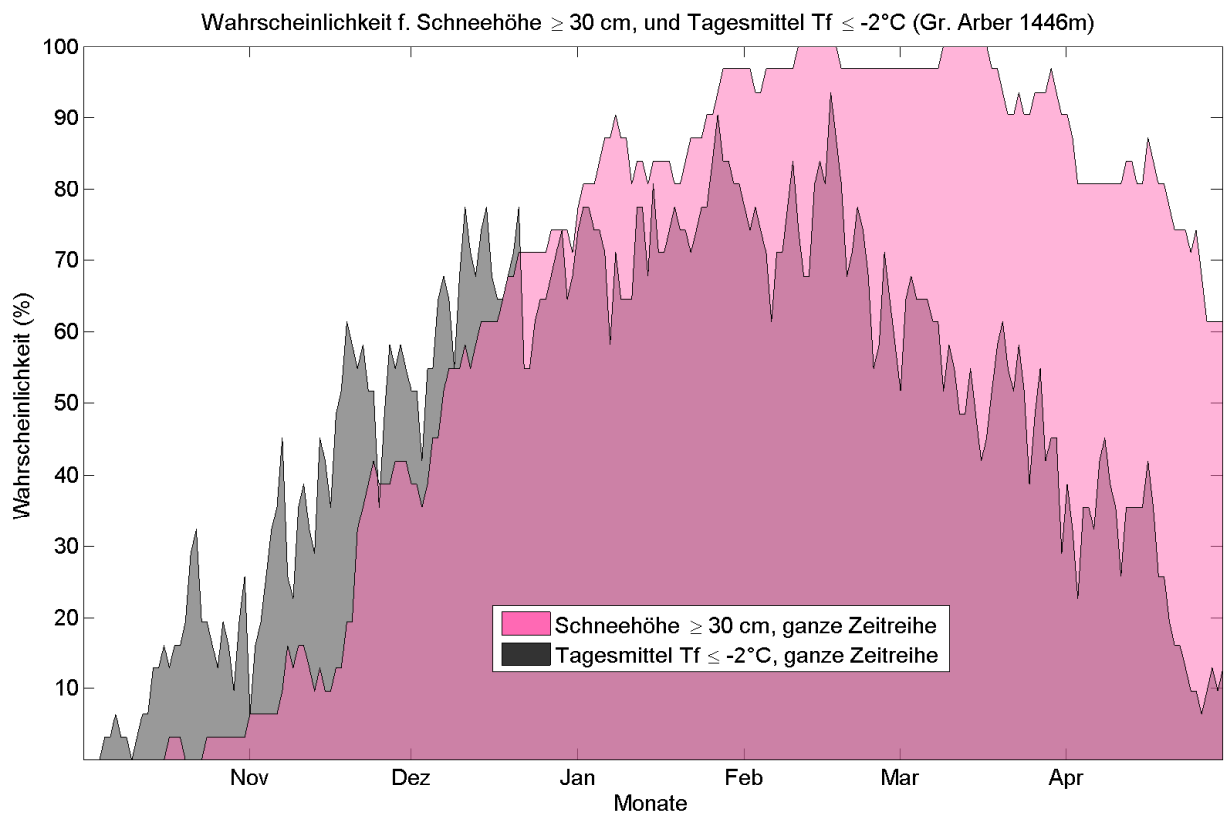


Abbildung 4.2: Wahrscheinlichkeit für eine natürliche Schneedecke ≥ 30 cm, sowie für Tagesmittel Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$ (Beschneibedingungen), jeweils für die gesamte verfügbare Zeitreihe (Tf ab 1983, Schnee ab 1983).

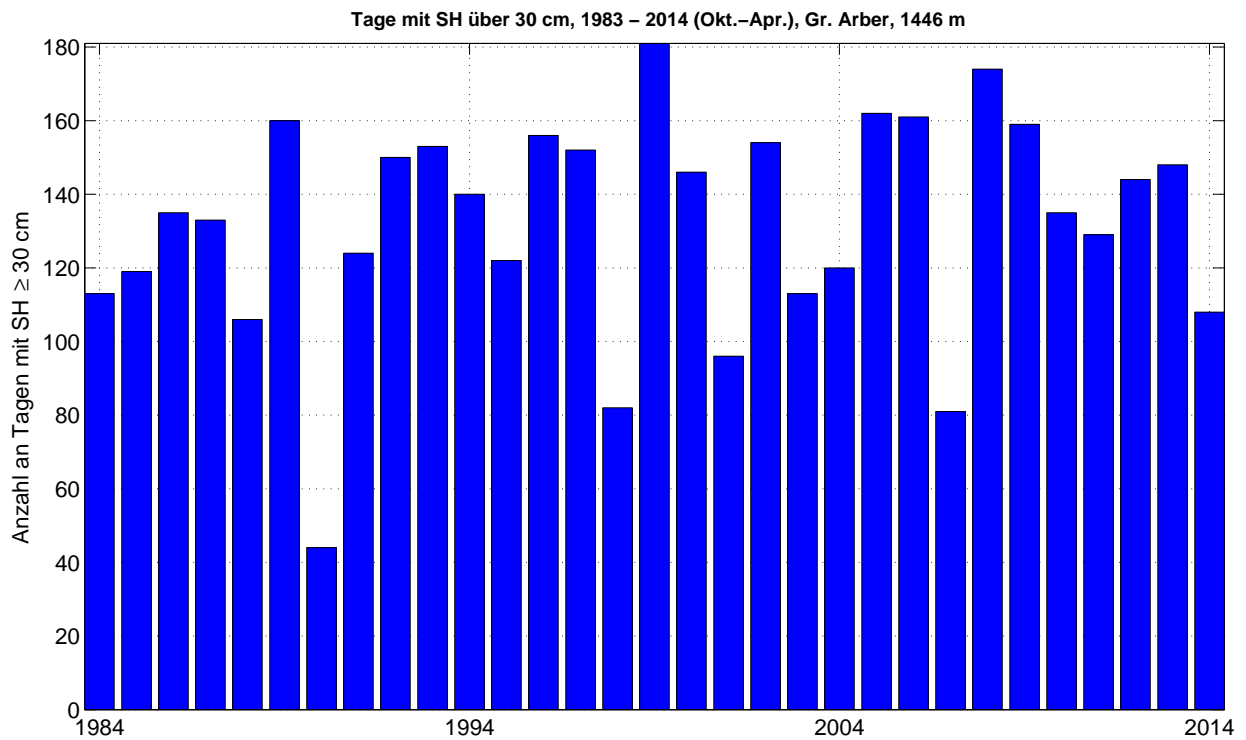


Abbildung 4.3: Anzahl der Tage pro Saison mit einer Schneehöhe von 30 cm oder mehr, 1983-2014

4.11.2 Langzeitanalyse - Trends und Klima

Am Großen Arber werden Lufttemperatur und -feuchte erst seit 1983 gemessen, daher sind ein Vergleich mit dem klimatologischen Mittel (1960-1990) und eine entsprechende Trendanalyse nicht möglich.

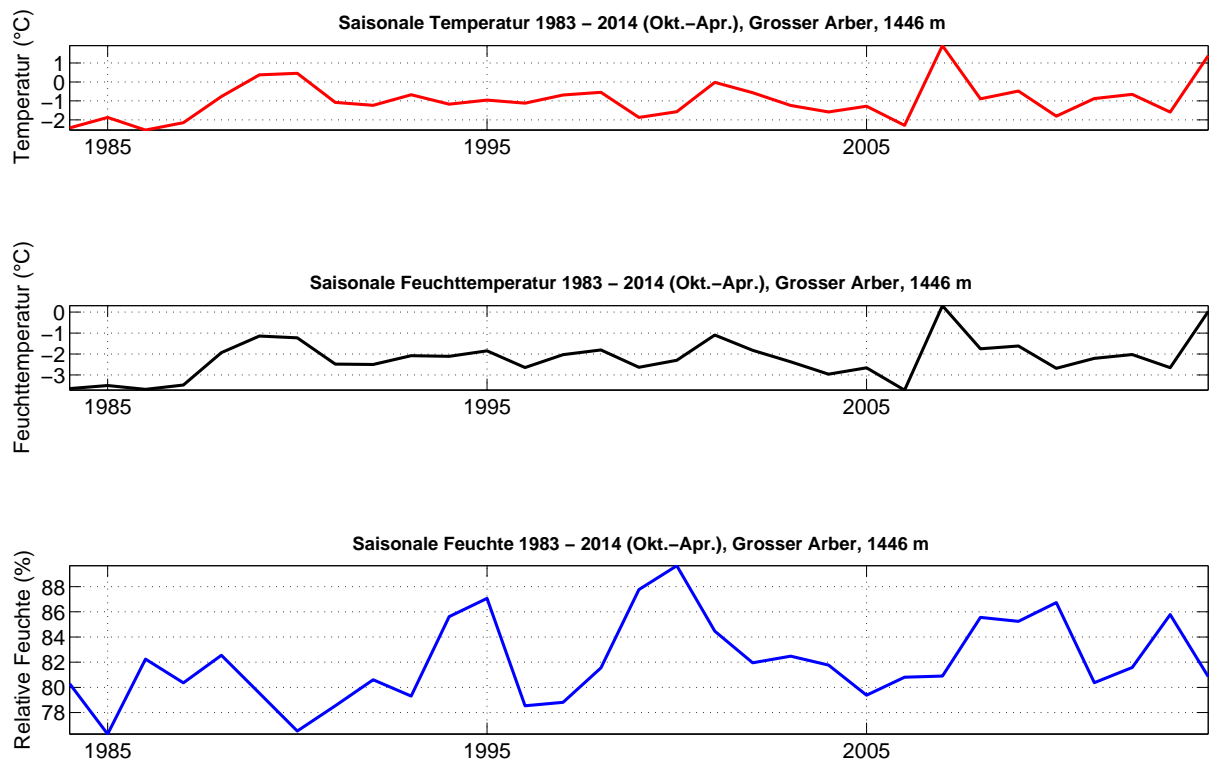


Abbildung 4.4: Saisonale Lufttemperatur, relative Feuchte und Feuchttemperatur, Großer Arber, Okt.-Apr. 1983-2014.

Die Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Tagesmittel der Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$) beträgt im Mittel 104 Tage und unterliegt einer natürlichen, intersaisonalen Schwankung von etwa 17 Tagen.

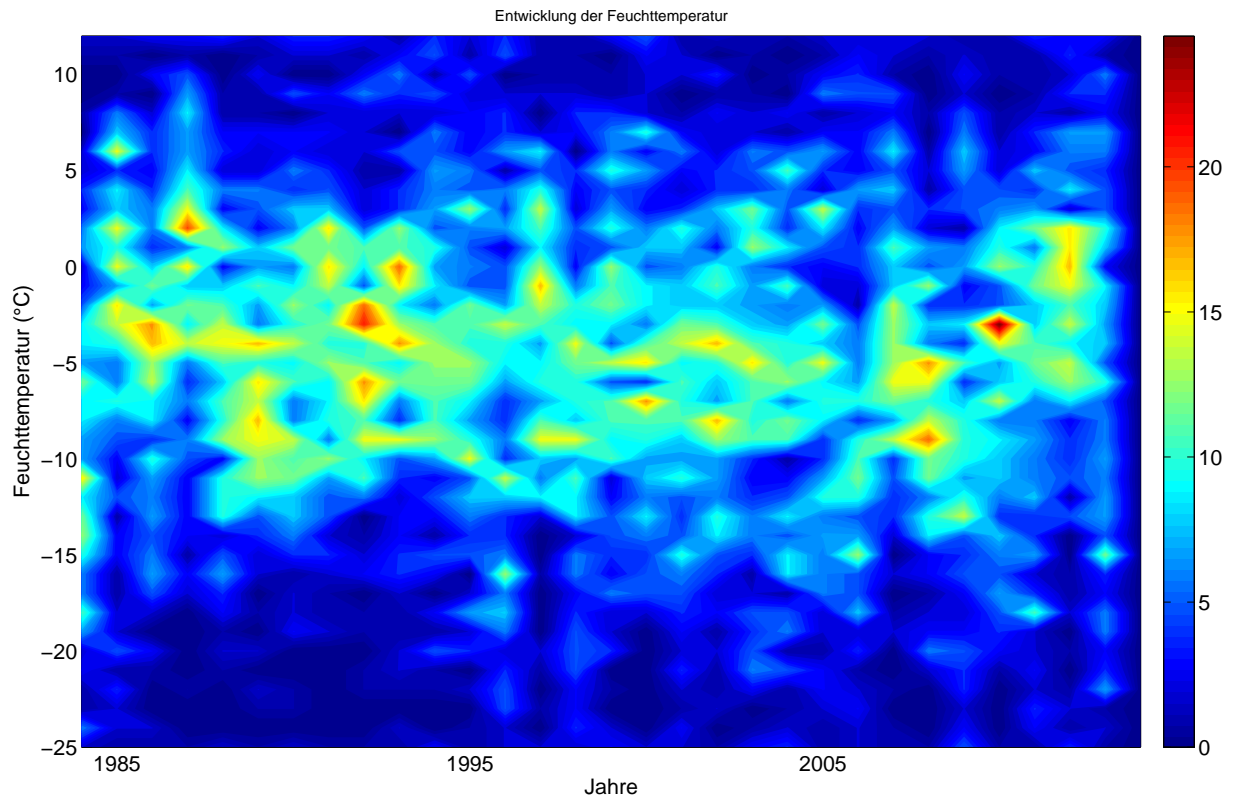


Abbildung 4.5: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Tagen pro Saison mit Unterschreitung des Tagesmittelwertes der Feuchttemperatur in 1°C Klassen für die Periode 1983-2014, Großarber.

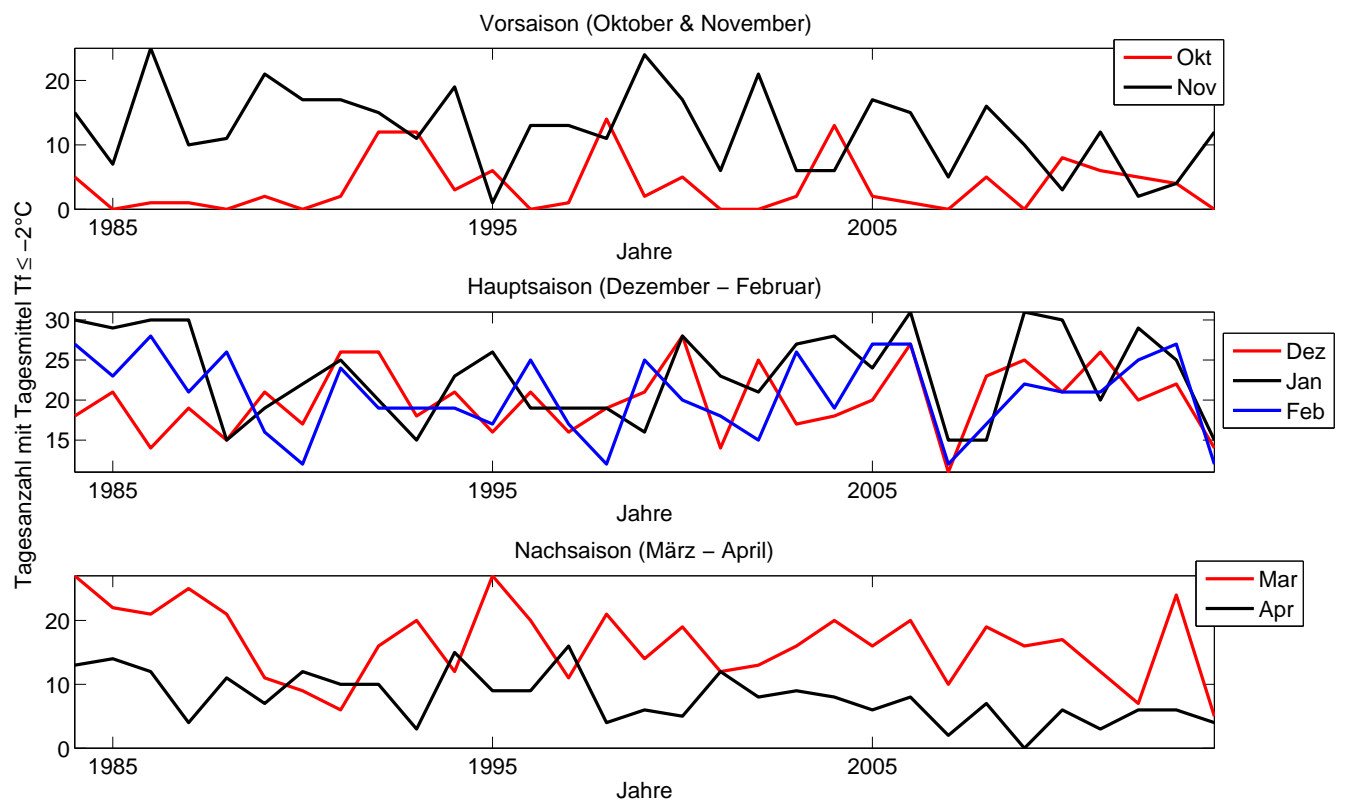


Abbildung 4.6: Anzahl an Tagen mit Tagesmittelwerten der Feuchttemperatur $\leq -2^\circ\text{C}$, aufgeteilt in Monate.

Im Januar gibt es im Durchschnitt am meisten Schneitage (23) im Oktober (4) und April (8) am wenigsten. Die intersaisonale Variabilität ist im November und März mit 6 Tagen am höchsten (Mittel November: 12, Mittel März:16). Siehe Abb. 4.6.

Wahrscheinlichkeit f. Tagesmittelwert Feuchttemp $\leq -2^{\circ}\text{C}$, Mittelwert und Extremwerte (basierend auf 1983 – 2014), Großer Arber 1446 m

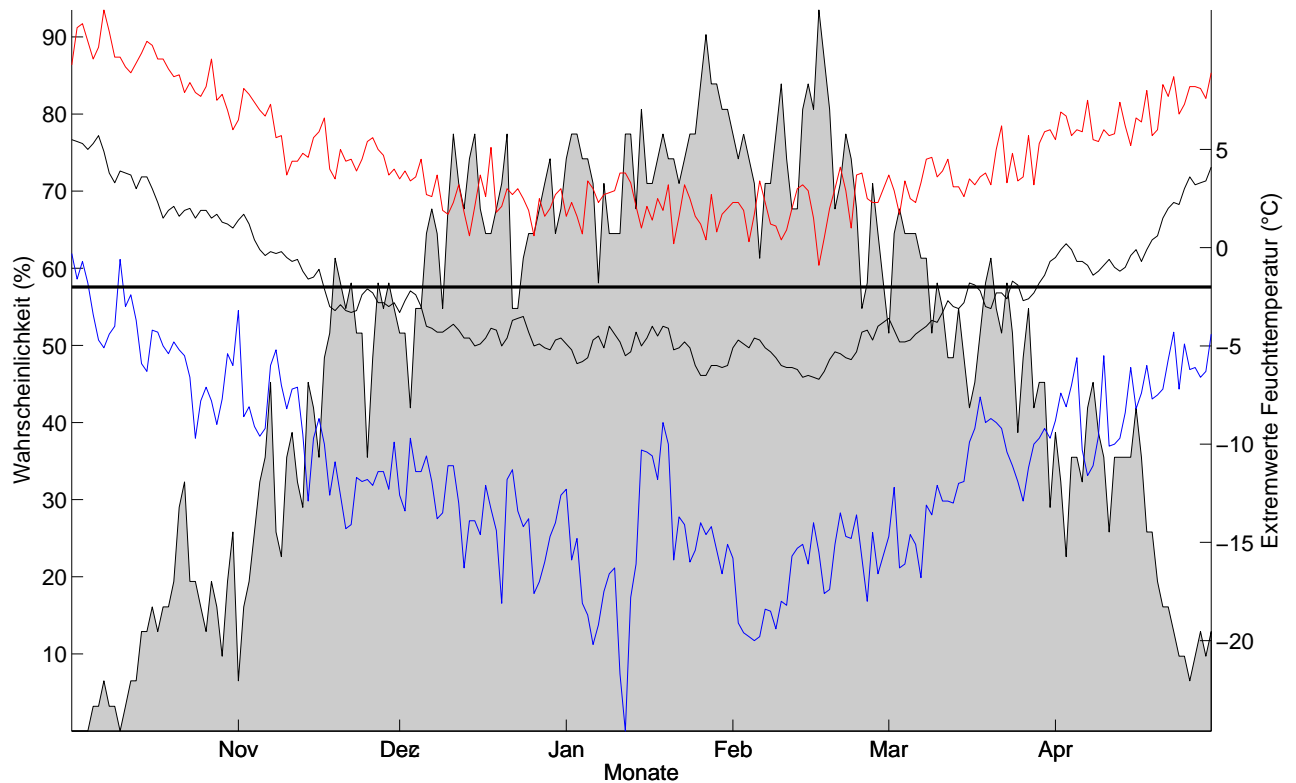


Abbildung 4.7: Klimatologische Beschneiwahrscheinlichkeit, Großer Arber, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1983-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Um die Schwankungsbreite abschätzen zu können, sind zudem die an diesem Tag jemals höchsten (rot) und jemals tiefsten (blau) Tagesmittelwerte angegeben. Der horizontale Balken gibt die Grenztemperatur ($T_f = -2^{\circ}\text{C}$) für die künstliche Beschneigung an (nur relevant für die Temperaturkurve).

Beschneitage Großer Arber pro Saison und Monat

Mittelwert	4	12	20	23	21	16	8
SD	4	6	4	6	5	6	4
Saison	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
1983/84	5	15	18	30	27	27	13
1984/85	0	7	21	29	23	22	14
1985/86	1	25	14	30	28	21	12
1986/87	1	10	19	30	21	25	4
1987/88	0	11	15	15	26	21	11
1988/89	2	21	21	19	16	11	7
1989/90	0	17	17	22	12	9	12
1990/91	2	17	26	25	24	6	10
1991/92	12	15	26	20	19	16	10
1992/93	12	11	18	15	19	20	3
1993/94	3	19	21	23	19	12	15
1994/95	6	1	16	26	17	27	9
1995/96	0	13	21	19	25	20	9
1996/97	1	13	16	19	17	11	16
1997/98	14	11	19	19	12	21	4
1998/99	2	24	21	16	25	14	6
1999/00	5	17	28	28	20	19	5
2000/01	0	6	14	23	18	12	12
2001/02	0	21	25	21	15	13	8
2002/03	2	6	17	27	26	16	9
2003/04	13	6	18	28	19	20	8
2004/05	2	17	20	24	27	16	6
2005/06	1	15	27	31	27	20	8
2006/07	0	5	11	15	12	10	2
2007/08	5	16	23	15	17	19	7
2008/09	0	10	25	31	22	16	0
2009/10	8	3	21	30	21	17	6
2010/11	6	12	26	20	21	12	3
2011/12	5	2	20	29	25	7	6
2012/13	4	4	22	25	27	24	6

2013/14	0	12	14	15	12	5	4
----------------	---	----	----	----	----	---	---

Tabelle 4.1: Absolute Anzahl an potentiellen Beschneitagen (Monatsweise) für die Periode 1983 - 2014, Großer Arber.

4.11.3 Kurzzeitanalyse - Schneizeiten

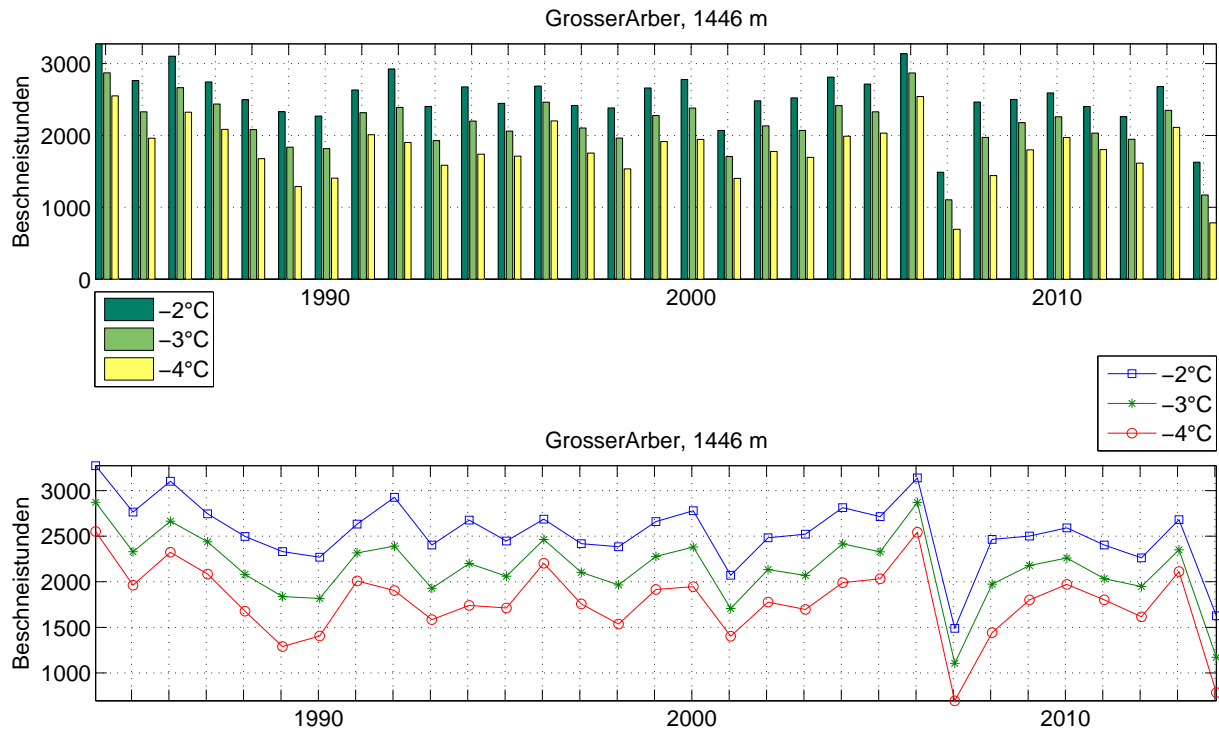
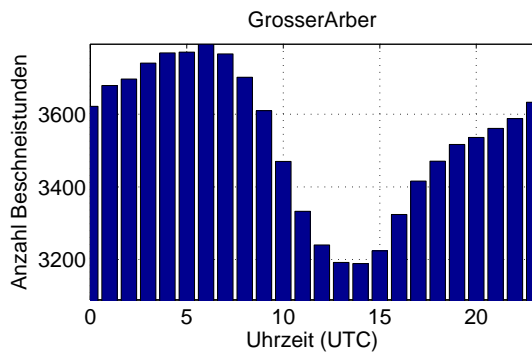
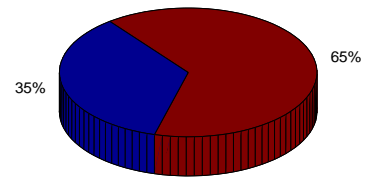


Abbildung 4.8: Zeitliche Entwicklung der Anzahl an Beschneistunden mit unterschiedlichen Grenztemperaturen. Die natürliche, intersaisonale Variabilität liegt bei -2°C bei 366 Stunden (15 Tage).

Bei einer Grenztemperatur von -2°C gab es in den letzten 30 Saisons (Okt.-Apr.) im Mittel 2541 potentielle Beschneistunden (ca. 106 Tage). Die natürliche Schwankung beträgt pro Saison 366 Stunden (ca. 15 Tage). Siehe Abb. 4.8.



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (9–17/17–8 Uhr)



Relative zeitliche Verteilung der möglichen Beschneistunden (Monate)

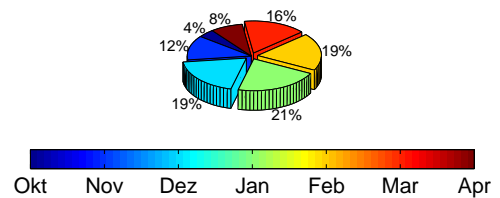


Abbildung 4.9: Zeitliche Verteilung der Beschneistunden: Tageszeitlich (oben) und nach Monaten (unten). Uhrzeiten in UTC (Universal Time Coordinated) – MESZ=UTC + 2 Std. ; MEZ=UTC + 1 Std.

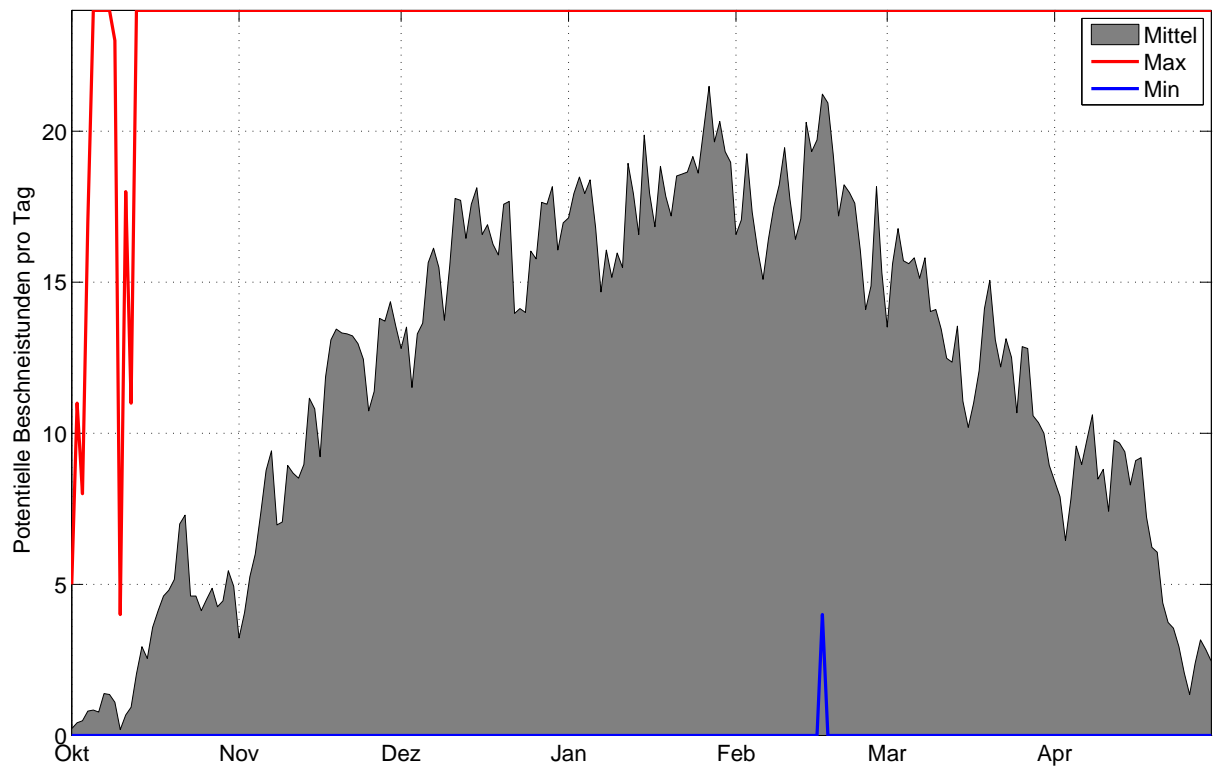


Abbildung 4.10: Mittlere Anzahl, sowie Maximal- und Minimalwerte der Potentiellen Beschneistunden, basierend auf Stundenwerten 1983-2014, Station Großglockner, 1446 m.

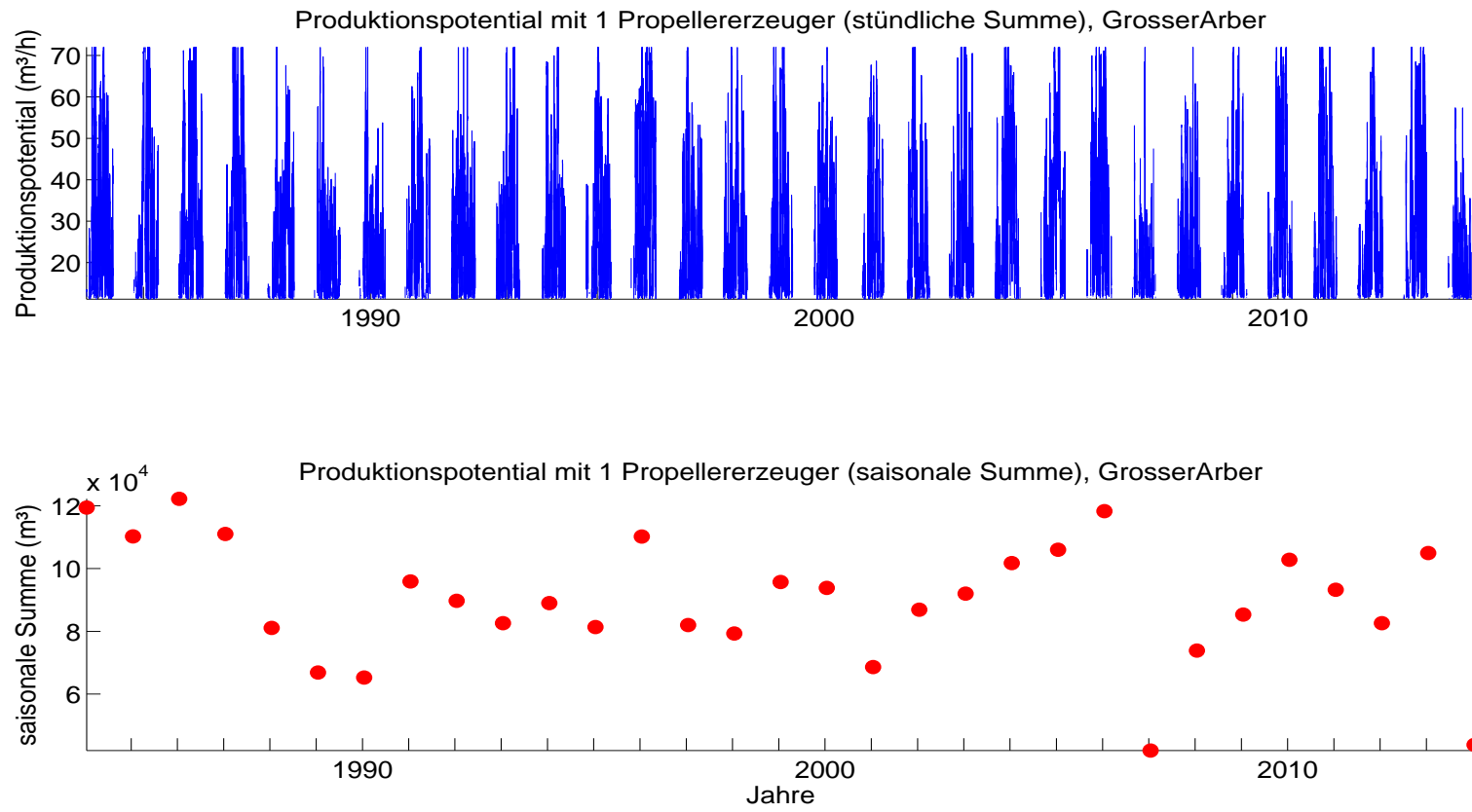


Abbildung 4.11: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Propellererzeuger.

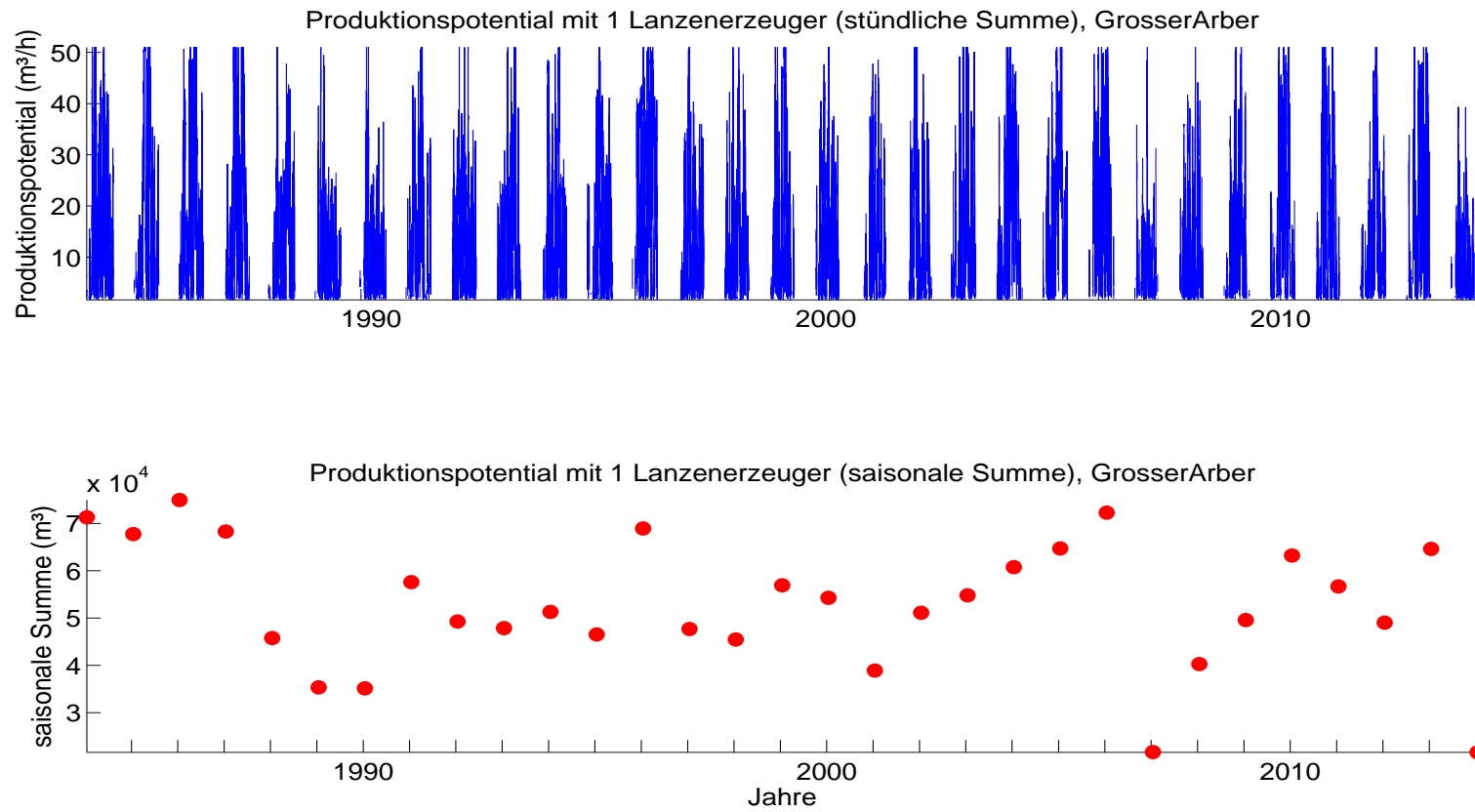


Abbildung 4.12: Schneipotential pro Stunde und als saisonale Summe, Umrechnung aus Feuchttemperatur für einen für Österreich durchschnittlichen Lanzenerzeuger.

Die natürliche Variabilität der saisonalen Schneileistung beträgt 19673 m^3 (Propellengerät), bzw. 13662 m^3 (Lanze). Die mittlere saisonale Schneileistung beträgt 94984 m^3 (Propellengerät), bzw. 80067 m^3 (Lanze). Damit kann auf ca. 32 ha (Propellengerät), bzw. ca. 27 ha (Lanze) eine Grundbeschnieung (30 cm kompakte Schneeauflage) gewährleistet werden. Siehe 4.11 und 4.12.

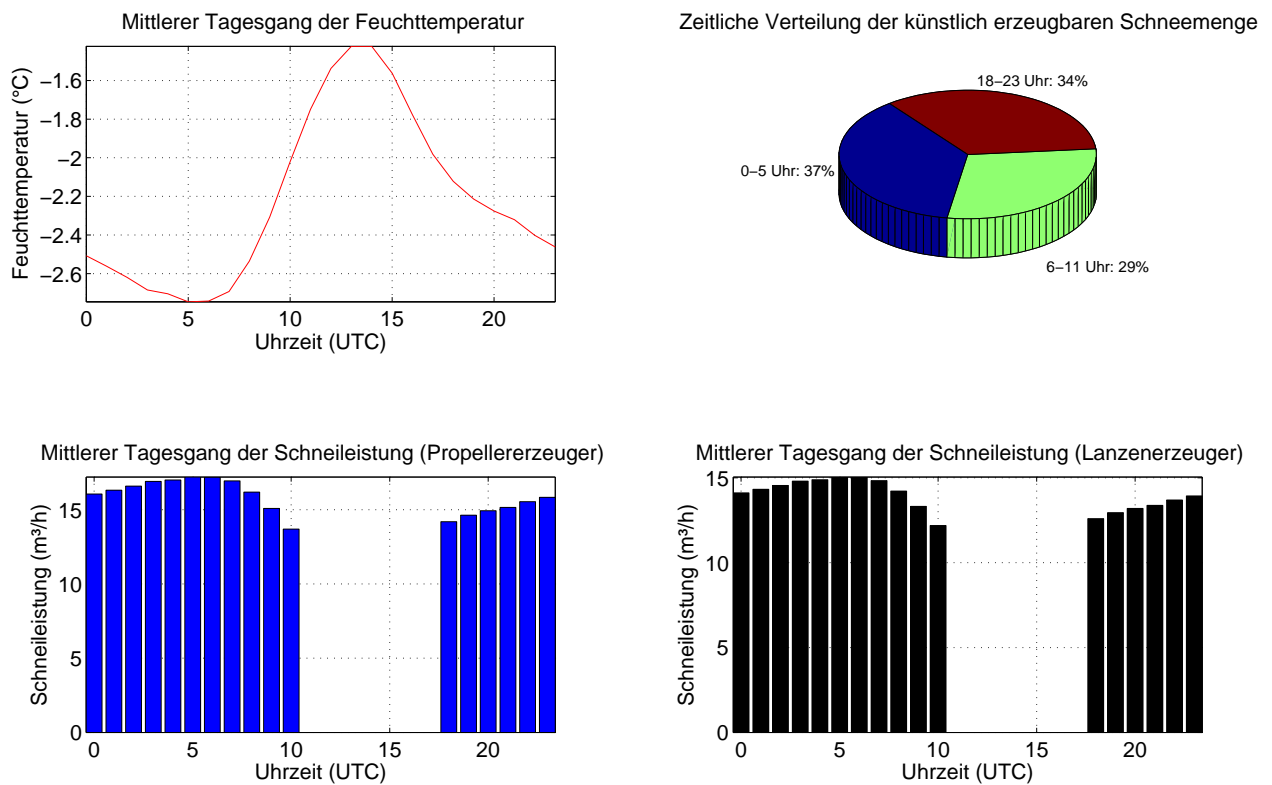


Abbildung 4.13: Mittlerer Tagesgang der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1983-2014, Großer Arber, 1446 m.

Die künstlich erzeugbare Schneemenge ist zwischen 0 und 5 Uhr UTC am höchsten (37%). An einem durchschnittlichen Tag können mit einem Propellernerzeuger $11 \text{ m}^3/\text{h}$, mit einem Lanzernerzeuger $10 \text{ m}^3/\text{h}$ produziert werden. Siehe Abb. 4.13.

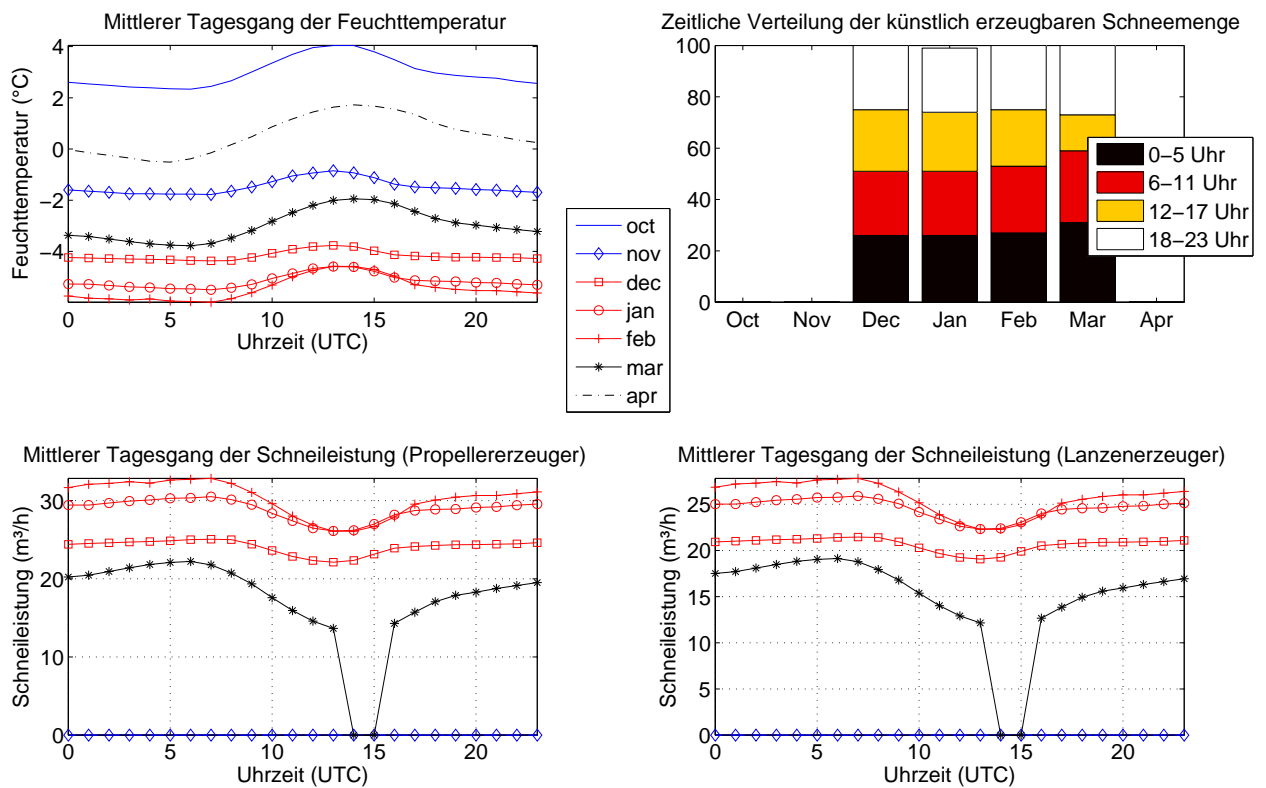


Abbildung 4.14: Monatsweise Darstellung des mittleren Tagesganges der Feuchttemperatur und Schneileistung, sowie deren zeitliche Verteilung basierend auf Stundenwerten von Okt.-Apr. 1983-2014, Großer Arber, 1446 m. Vorsaison in blau, Hauptsaison in rot, Nachsaison in schwarz.

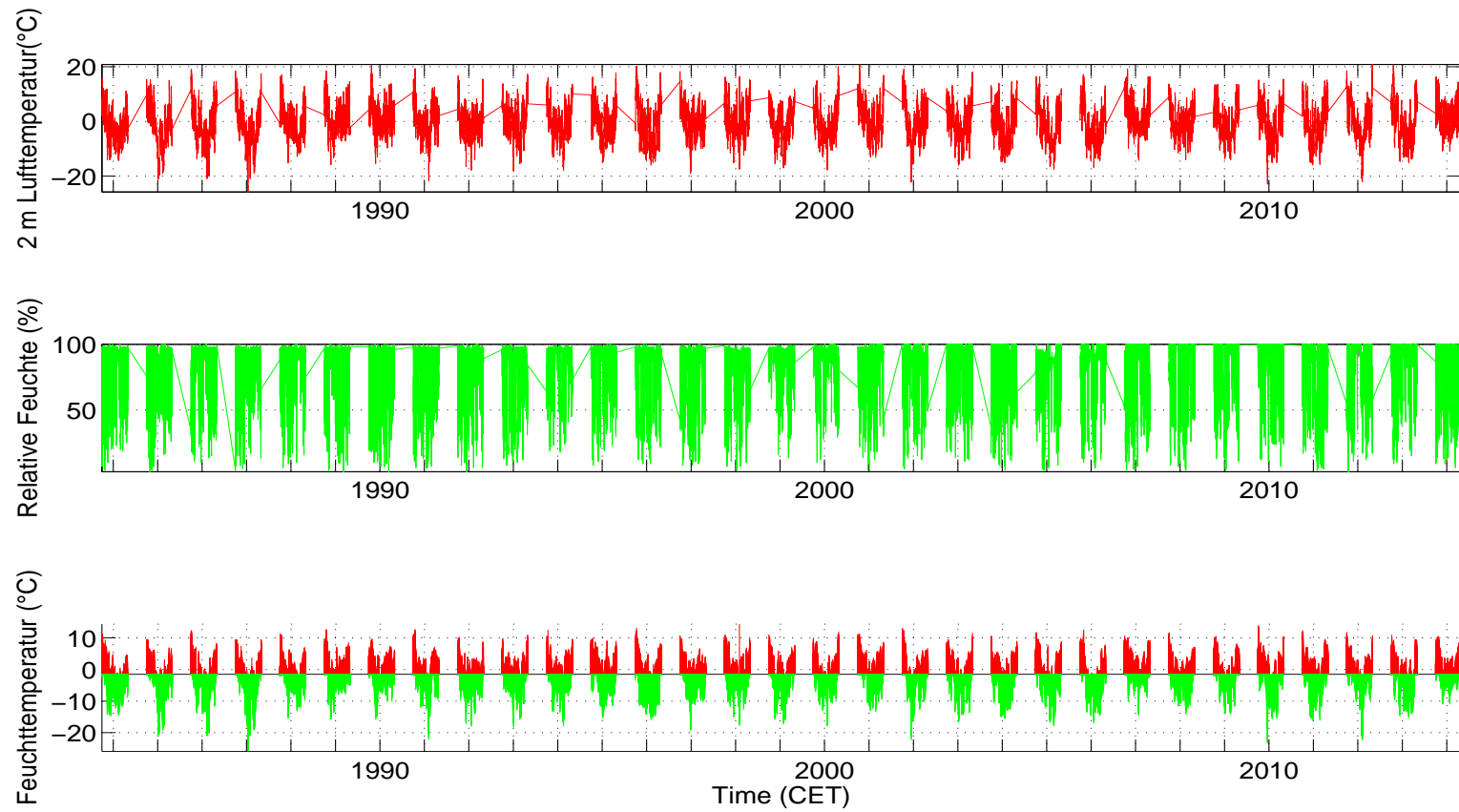


Abbildung 4.15: Lufttemperatur, relative Feuchte und berechnete Feuchttemperatur (T_f), aufgeteilt in beschneibare (grün) und nicht-beschneibare Stunden (rot) (Grenztemperatur: $T_f \leq -2^\circ\text{C}$).

	Klimaparameter (Saisonmittel, Großer Arber)			Schneitage	Schneistunden mit versch. Grenztemp.			
	Lufttemp. (°C)	Rel. Feuchte (%)	Feuchttemp.(°C)		-1,5°C	-2°C	-3°C	-4°C
Mittelwert	-1,0	82,0	-2,2	104	2737	2541	2151	1783
SD	1,0	3,3	0,9	17	359	366	380	406
Saison								
1983/84	-2,4	80,3	-3,6	135	3507	3274	2872	2551
1984/85	-1,9	76,3	-3,5	116	2959	2765	2330	1963
1985/86	-2,5	82,2	-3,7	131	3316	3103	2665	2324
1986/87	-2,2	80,4	-3,5	110	2980	2745	2438	2085
1987/88	-0,8	82,6	-1,9	99	2736	2498	2082	1677
1988/89	0,4	79,5	-1,1	97	2577	2331	1837	1289
1989/90	0,5	76,5	-1,2	89	2432	2270	1817	1406
1990/91	-1,1	78,5	-2,5	110	2767	2633	2317	2010
1991/92	-1,2	80,6	-2,5	118	3209	2927	2391	1903
1992/93	-0,7	79,3	-2,1	98	2617	2404	1928	1585
1993/94	-1,2	85,6	-2,1	112	2858	2677	2201	1741
1994/95	-1,0	87,1	-1,8	102	2663	2448	2061	1712
1995/96	-1,1	78,5	-2,6	107	2810	2687	2463	2203
1996/97	-0,7	78,8	-2,0	93	2576	2418	2104	1756
1997/98	-0,5	81,5	-1,8	100	2584	2384	1965	1536
1998/99	-1,9	87,8	-2,6	108	2836	2661	2278	1915
1999/00	-1,6	89,7	-2,3	122	2986	2779	2381	1946
2000/01	0,0	84,5	-1,1	85	2292	2071	1707	1403
2001/02	-0,6	82,0	-1,8	103	2652	2482	2134	1778

2002/03	-1,2	82,5	-2,4	103	2719	2523	2070	1696
2003/04	-1,6	81,8	-3,0	112	2986	2813	2416	1991
2004/05	-1,3	79,4	-2,7	112	2916	2715	2329	2033
2005/06	-2,3	80,8	-3,7	129	3249	3139	2871	2543
2006/07	1,9	80,9	0,3	55	1697	1489	1105	695
2007/08	-0,9	85,6	-1,7	102	2684	2465	1974	1442
2008/09	-0,5	85,2	-1,6	104	2693	2502	2179	1801
2009/10	-1,8	86,7	-2,7	106	2771	2592	2261	1972
2010/11	-0,9	80,4	-2,2	100	2598	2404	2034	1803
2011/12	-0,7	81,6	-2,0	94	2452	2262	1948	1616
2012/13	-1,6	85,8	-2,6	112	2821	2681	2351	2113
2013/14	1,4	80,9	0,0	62	1901	1628	1172	784

Tabelle 4.2: Saisonmittel der meteorologischen Parameter, Schneitage (Tagesmittel der Feuchttemperatur unter -2°C) und berechnete, potentielle Beschneistunden mit Grenztemperaturen zwischen $-1,5$ und -4°C .

Potentielle Beschneistunden (Großer Arber)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	9	306	490	559	495	405	198
SD	95	144	98	121	114	134	90
Saison							
1983/84	91	374	491	712	635	640	331
1984/85	15	162	506	692	574	503	313
1985/86	80	577	364	700	652	471	259
1986/87	71	261	488	708	483	595	139
1987/88	7	303	394	378	611	576	230
1988/89	55	502	501	464	358	264	187
1989/90	14	407	444	562	324	245	274
1990/91	42	419	632	572	573	150	245
1991/92	268	353	615	510	451	442	288
1992/93	259	278	420	388	454	468	137
1993/94	101	436	502	531	481	280	346
1994/95	187	49	402	618	394	598	200
1995/96	24	322	512	471	629	503	226
1996/97	38	324	432	488	450	299	387
1997/98	317	263	449	479	270	483	123
1998/99	69	587	525	384	601	347	148
1999/00	100	395	618	651	456	437	128
2000/01	0	165	317	587	447	269	300
2001/02	0	478	638	510	345	308	204
2002/03	82	146	399	618	616	391	271
2003/04	336	191	438	713	475	491	169
2004/05	36	433	480	584	654	408	120
2005/06	24	355	710	720	622	507	206
2006/07	1	189	299	379	340	261	49
2007/08	133	426	538	388	393	479	133
2008/09	38	232	578	722	505	459	3
2009/10	203	82	512	723	492	420	186
2010/11	147	292	610	478	496	310	80
2011/12	103	87	469	665	588	201	170
2012/13	89	92	546	566	637	562	195

2013/14	19	295	367	377	323	176	93
----------------	----	-----	-----	-----	-----	-----	----

Tabelle 4.3: Berechnete, potentielle Beschneistunden pro Monat (für Grenztemperatur -2°C).

Monatssummen der pot. Schneileistung, Propeller (m ³)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	3091	10620	18323	21449	20244	14977	6280
SD	2506	5265	5076	6415	7557	6263	2902
Saison							
1983/84	3569	14764	20462	26288	26451	21741	10496
1984/85	755	4868	17566	35087	30525	17058	9316
1985/86	3153	23259	11932	28370	36792	14095	9293
1986/87	2432	7588	19963	33970	17620	30307	4643
1987/88	855	8336	16247	12027	20656	21572	7310
1988/89	2076	17196	17604	12573	10895	8004	5100
1989/90	1416	14646	14344	15312	9610	8309	7721
1990/91	2071	11335	24690	20735	27849	5649	8510
1991/92	7346	10656	21703	17688	16212	13862	8620
1992/93	6879	8477	14324	17033	19118	19182	3766
1993/94	2683	18466	16645	17036	20911	8866	9120
1994/95	5330	2703	14521	26048	11922	20223	6081
1995/96	681	13548	21526	18064	28166	24713	7981
1996/97	1567	11475	21817	15679	14200	9032	13634
1997/98	9162	8114	15386	18692	11414	18780	3929
1998/99	2361	20039	20158	15857	27637	10514	4388
1999/00	3042	15310	22490	24913	15358	13534	3883
2000/01	494	5133	12222	20496	17818	9249	8830
2001/02	7	15224	29405	18785	10632	11396	6591
2002/03	3032	5543	13610	26067	26977	11690	10461
2003/04	10041	4782	16533	30999	20103	19023	4595
2004/05	1605	13839	16531	24377	30379	19332	4101
2005/06	820	14731	25871	25158	25238	23001	5939
2006/07	209	5921	8963	14310	9053	8518	1733
2007/08	3926	13215	17077	12921	13281	16270	4351
2008/09	1914	9159	17211	26309	21327	13954	410
2009/10	5476	3468	21864	31586	21213	18961	5104
2010/11	4587	10042	31047	21001	18531	11062	2283
2011/12	3441	3362	15070	22867	31273	6829	6528
2012/13	3934	3832	20936	22677	27240	23661	7175

2013/14	974	10187	10303	11993	9149	5892	2780
----------------	-----	-------	-------	-------	------	------	------

Tabelle 4.4: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Propellererzeugers in Kubikmetern.

Monatssummen der pot. Schneileistung, Lanze (m ³)							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Mittelwert	2767	9139	15407	17844	16710	12702	5499
SD	2153	4328	3980	4926	5757	5008	2458
Saison							
1983/84	3253	12364	17041	22191	21906	18479	9165
1984/85	754	4425	14899	26764	23657	14658	8126
1985/86	2918	19539	10217	23579	28684	12199	7972
1986/87	2252	6696	16484	26947	14874	24206	4170
1987/88	843	7400	13586	10488	17489	18321	6363
1988/89	1830	14393	14971	10971	9490	7066	4551
1989/90	1390	12327	12270	13222	8283	7270	6850
1990/91	1952	9873	20862	17562	22272	4964	7388
1991/92	6353	9307	18277	14877	13698	12005	7591
1992/93	6087	7430	12351	14032	15725	16010	3418
1993/94	2458	15426	14279	14557	16726	7739	7855
1994/95	4669	2544	12438	21582	10343	17244	5302
1995/96	627	11661	17970	15272	22666	20505	6814
1996/97	1471	9815	17297	13450	12210	7923	11657
1997/98	7911	7186	13090	15853	9691	15951	3574
1998/99	2175	16827	16920	13072	22610	9107	3920
1999/00	2696	13100	19058	20559	13143	11688	3442
2000/01	523	4678	10487	17411	15073	8051	7696
2001/02	9	13108	24009	15767	9222	9837	5761
2002/03	2779	4872	11685	21065	22362	10111	8879
2003/04	8703	4289	13933	25282	16923	16090	4102
2004/05	1481	11876	14229	19655	25085	15651	3624
2005/06	755	12399	21535	21037	20968	19100	5209
2006/07	209	5191	7902	12027	8018	7555	1607
2007/08	3507	11374	14673	11241	11293	13915	3928
2008/09	1782	7910	14756	22061	17796	12092	417
2009/10	4755	3225	17928	26150	17827	15379	4581
2010/11	4128	8645	24910	17743	15438	9577	2065
2011/12	3105	3108	12974	19234	23890	6067	5791
2012/13	3443	3482	17546	19130	22557	19674	6163

2013/14	955	8826	9042	10381	8106	5326	2479
----------------	-----	------	------	-------	------	------	------

Tabelle 4.5: Monatliche Summen der potentiellen Schneileistung eines Lanzenerzeugers in Kubikmetern.

4.11.4 Häufigkeitsverteilung Feuchttemperatur, mögliche zukünftige Entwicklung

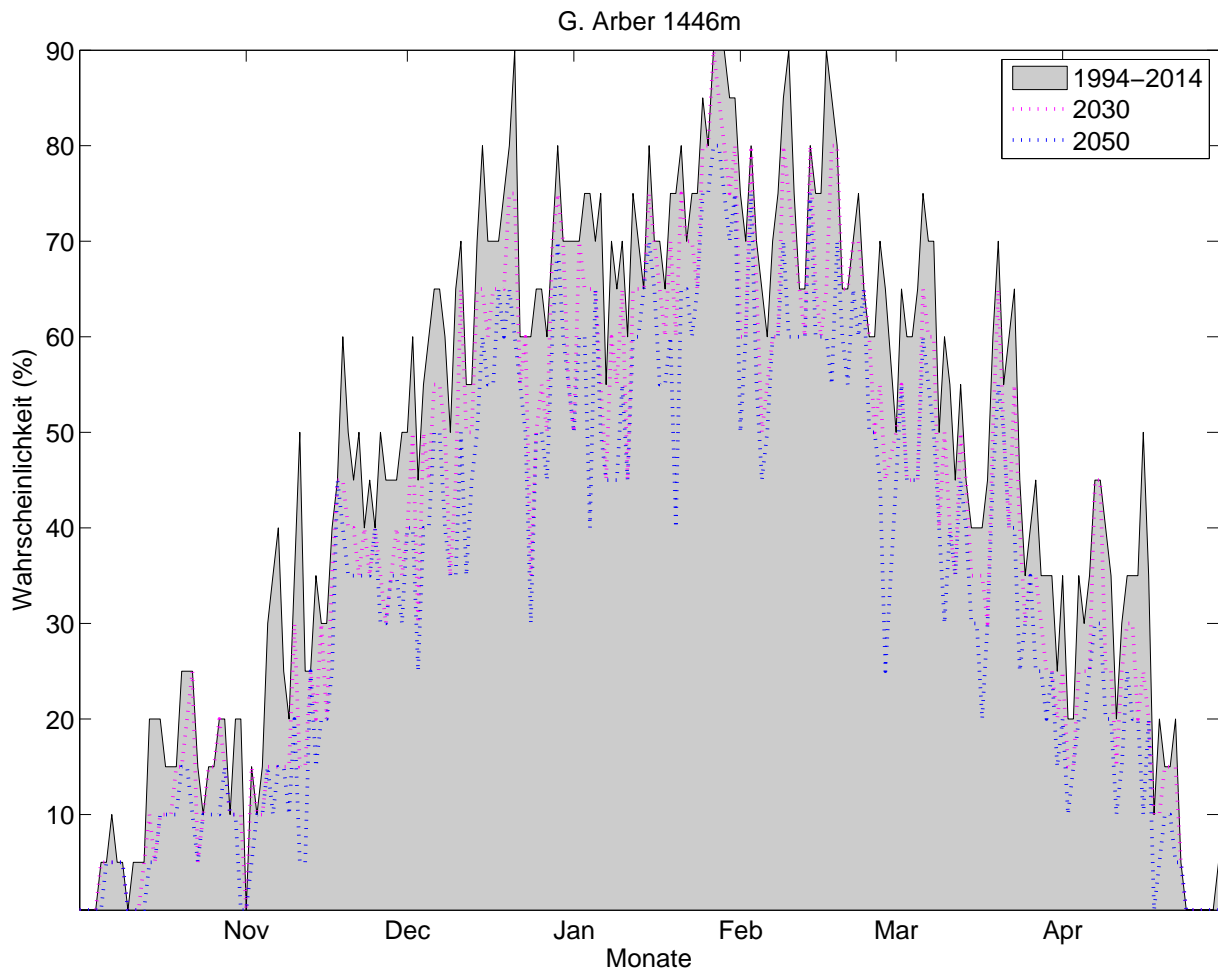


Abbildung 4.16: Klimatologische Beschneigungswahrscheinlichkeit, Großer Arber, für alle Tage d. Saison (1.10. – 30.4.) auf Basis der Daten von 1994-2014. Für jeden Tag kann die Wahrscheinlichkeit für künstliche Beschneigung abgelesen werden (Tagesmittelwert d. Feuchttemperatur $\leq -2^{\circ}\text{C}$). Die strichlierte rosa Linie zeigt analog die Wahrscheinlichkeiten bei um 1°C erhöhten Temperaturen und gleichbleibender Variabilität. Die strichlierte blaue Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

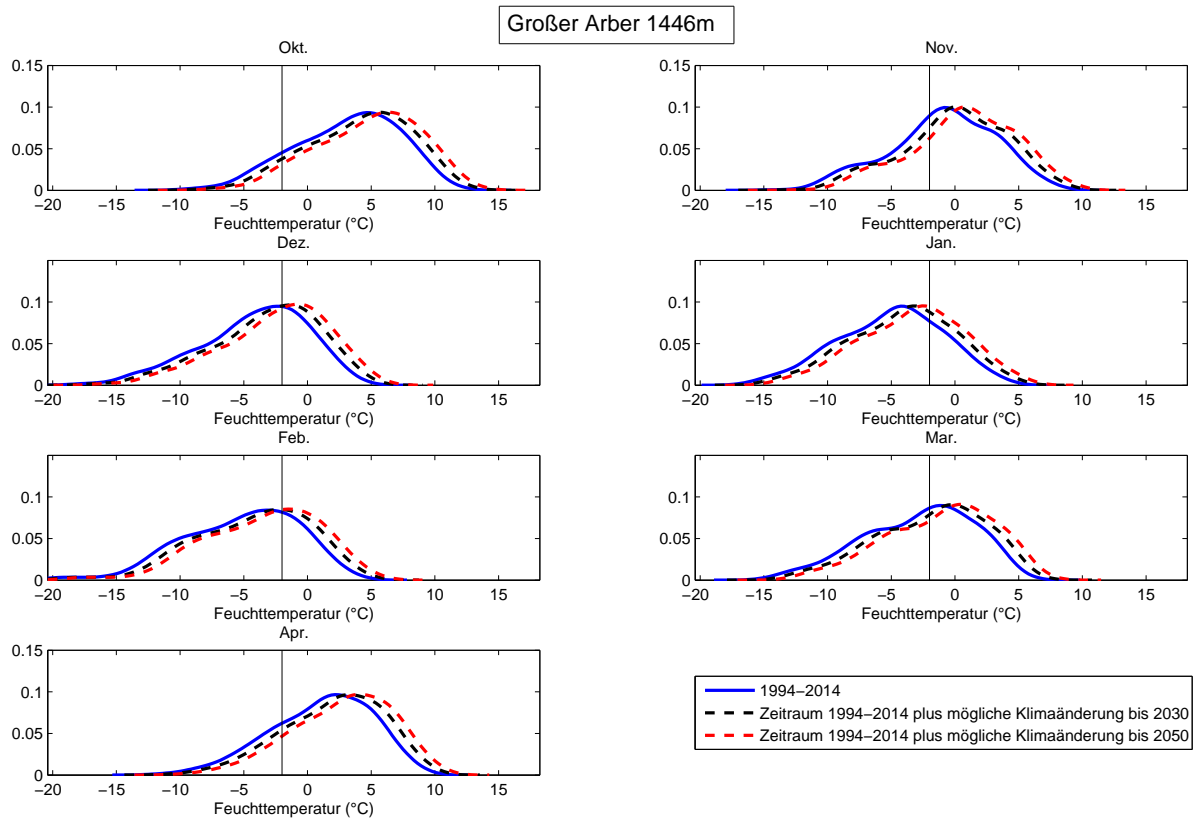


Abbildung 4.17: Häufigkeitsverteilung der Feuchttemperatur (Tagesmittel) in verschiedenen Perioden, nach Monaten. Die y-Achse zeigt die relative Häufigkeit einer bestimmten Feuchttemperatur, die x-Achse zeigt die Feuchttemperatur. Der Grenzwert von -2°C ist als senkrechter Strich eingetragen. Die schwarze, strichlierte Linie zeigt die Feuchttemperaturen der Periode 1994-2012 bei gleicher Variabilität um 1°C erhöht. Die rote, strichlierte Linie zeigt eine Erhöhung um 1.8°C . Diese Werte entsprechen aus der Literatur entnommenen Abschätzungen des erwarteten Temperaturanstiegs bis 2030 bzw. bis 2050.

Tage mit Tagesmittel Feuchtttemperatur unter -2°C pro Monat, Großer Arber.								
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	
Periode								
1994-2014	3,7	10,7	20,2	23,1	20,3	16,0	6,7	
mit Klimaänderung bis 2030	2,6	8,0	17,3	20,9	18,2	13,2	5,1	
mit Klimaänderung bis 2050	1,9	6,9	15,2	18,8	16,2	11,7	3,7	
Abnahme bis 2050 in Tagen	1,8	3,9	5,0	4,3	4,1	4,3	3,1	
Abnahme bis 2050 in %	49	36	25	19	20	27	46	

Tabelle 4.6: Mittlere Anzahl an Schneitagen für die Periode 1994-2014 und 1994-2014 mit möglicher Erwärmung bis 2030 (+1°C) bzw. 2050 (+1,8 °C).

Kapitel 5

Wirtschaft

Projektbericht Beschneigungsklimatologie Teil IV: Mögliche wirtschaftliche Entwicklungspfade für den Skitourismus - was wir wissen und nicht wissen

Das Klima ist nur ein Faktor von vielen, der die Entwicklung des Skitourismus beeinflusst. Darüber hinaus gibt es diverse demographische, wirtschaftliche und auch politische Faktoren, die eine entscheidende Rolle spielen. Einige davon können abrupten Änderungen unterliegen (z.B. die aktuelle politische Situation in Russland beeinflusst die touristische Nachfrage in Österreich), andere verändern sich eher langfristig (z.B. demographische oder sozio-ökonomische Entwicklungen). Mit Blick auf die Seilbahnwirtschaft sind einnahmen- bzw. ausgabenseitig vor allem folgende Faktoren von Bedeutung (vgl. Abb. 5.1; erweitert nach Scott & Lemieux 2010):

- Demographische Entwicklungen (z.B. Alterung, Bevölkerungsstruktur)
- Sozioökonomische Entwicklungen (z.B. Einkommensverteilung, Industriestrompreis)
- Politische Stabilität und Sicherheit (im Ziel- und Herkunftsland)
- Transportkosten (Anreisekosten) und touristische Erreichbarkeit (z.B. Flugverbindungen)
- Technologische Entwicklungen und damit verbundene Investitionen (z.B. künstliche Beschneigung)
- Andere Faktoren, wie z.B. die Entwicklung des Freizeitverhaltens
- Klimawandel

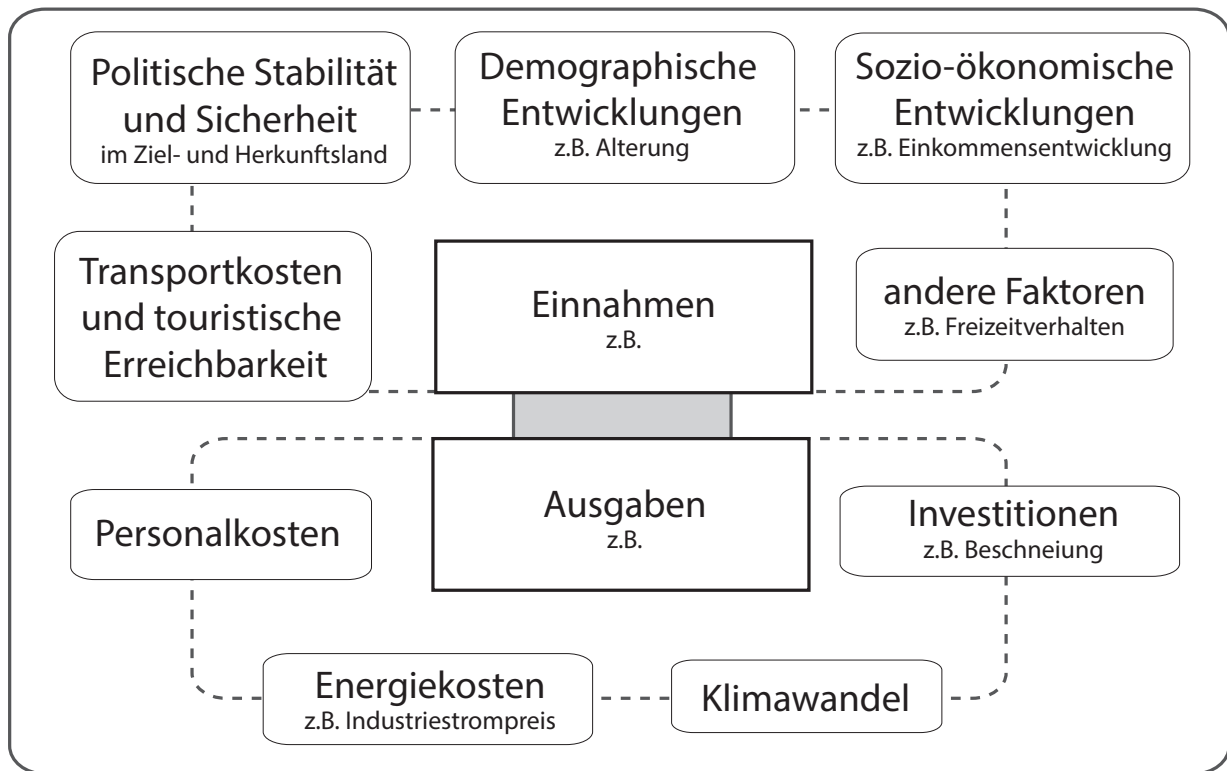


Abbildung 5.1: Einnahmen- und ausgabenseitige Einflussfaktoren für die Seilbahnindustrie.

Um zu zeigen wie hoch die Variabilität dieser Größen ist, wird nachfolgend die Entwicklung ausgewählter Faktoren skizziert. Es wird deutlich, dass Prognosen über die zukünftige Entwicklung vieler dieser Faktoren mit sehr hohen Unsicherheiten verbunden und teilweise nicht möglich sind.

5.1 Demographische Entwicklungen werden eine bedeutende Rolle spielen

Bei einem Vergleich demographischer und klimatischer Faktoren kommt eine Studie der Universität Innsbruck zu dem Ergebnis, dass sich demographische Veränderungen (Bevölkerungszahl in den Herkunftsländern, Alterung und Strukturwandel) in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts wahrscheinlich stärker auf den Skitourismus in Österreich auswirken werden, als klimabedingte Veränderungen. Der Klimawandel könnte jedoch vor allem gegen Ende des 21. Jahrhunderts den dominanten Einflussfaktor darstellen (Steiger 2012).

Generell ist anzunehmen, dass sich folgende demographische Veränderungen auf die touristische Nachfrage im Wintersport auswirken werden:

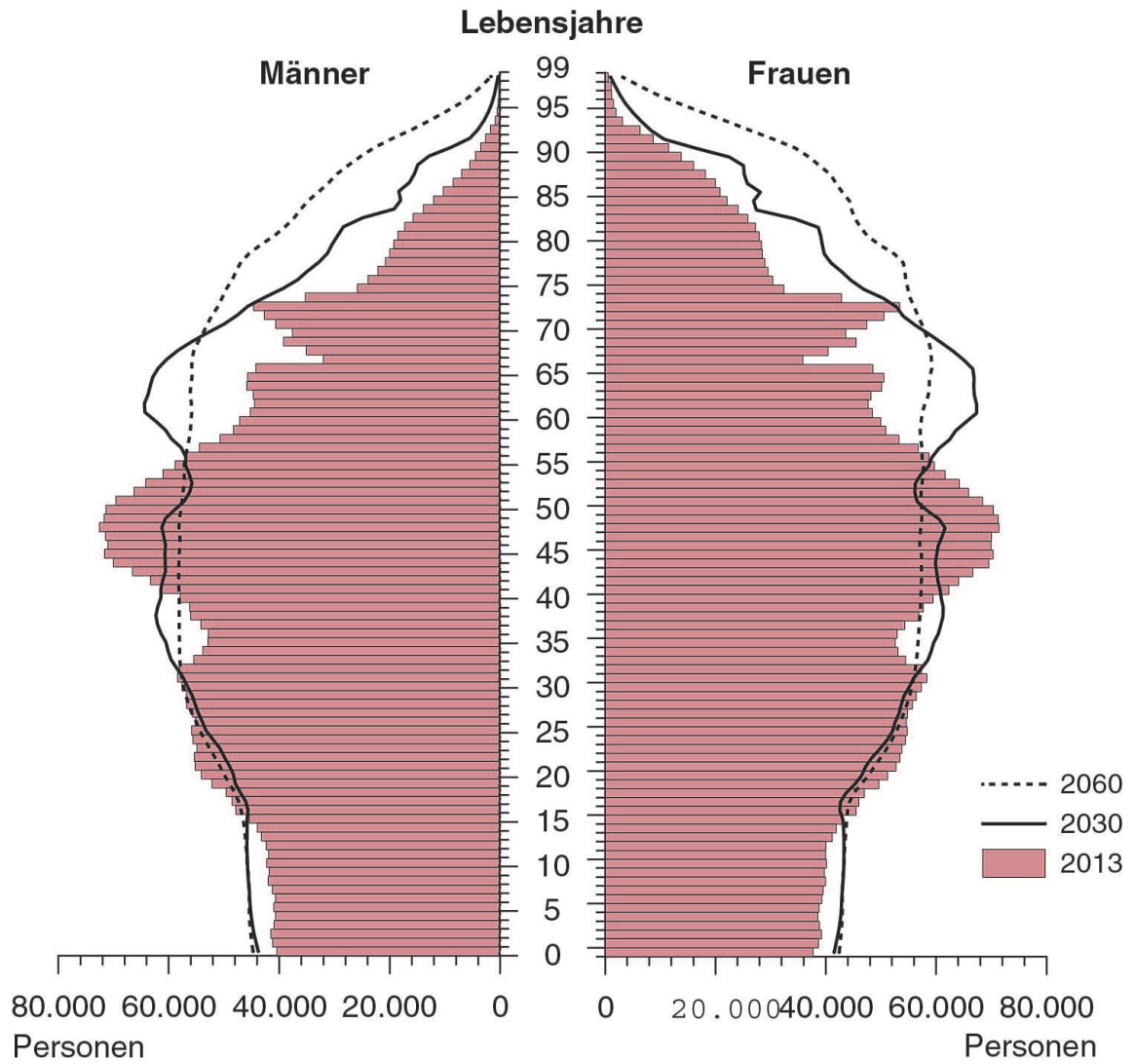
1. absolute Bevölkerungszahl (z.B. Einwohnerzahl in den Herkunftsländern)
2. Altersstruktur (z.B. zunehmende Alterung der Bevölkerung)
3. Sozialstruktur (z.B. mehr Menschen mit Migrationshintergrund)

In Österreich betrug der Anteil der Skiurlauber unter den Wintergästen im Winter 2013/14 knapp 40 % (ÖW Tourismusforschung 2014). Die zahlenmäßig wichtigsten Herkunftsländer sind Deutschland, Österreich (Binnentourismus) und die Niederlande, weshalb nachfolgend auch vorrangig auf deren mögliche Bevölkerungsveränderung eingegangen wird.

Während die derzeitigen Prognosen für die zukünftige absolute Bevölkerungsentwicklung in Österreich und Deutschland gegenläufig sind (in Österreich steigt die Einwohnerzahl zuwanderungsbedingt kontinuierlich an, in Deutschland sinkt sie kontinuierlich, vgl. Tab. 5.1), verändern sich die Alters und die Sozialstruktur in beiden Ländern in dieselbe Richtung: der Anteil (in %) der unter 20jährigen sinkt leicht, jener im Pensionsalter steigt stark (siehe Abb. 5.2) und absolut wie auch prozentual schrumpft die Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter deutlich (zwischen 20 und 65 Jahren).

In den Niederlanden wird die prognostizierte Bevölkerungsentwicklung ähnlich verlaufen wie in Österreich, das heißt die Einwohnerzahl wird noch bis 2040 wachsen und danach wird von einem vergleichsweise moderaten Bevölkerungsrückgang gesprochen (OECD 2013). Viele osteuropäische Länder, darunter auch Russland, werden sich jedoch ähnlich wie Deutschland entwickeln und damit wahrscheinlich an Bevölkerung verlieren (Scherbov 2014).

Bevölkerungspyramide 2013, 2030 und 2060



Q: STATISTIK AUSTRIA. Erstellt am 12.11.2014.

Abbildung 5.2: Einnahmen- und ausgabenseitige Einflussfaktoren für die Seilbahnindustrie.

	Österreich ¹	unter 65 J. (Ö)	Deutschland ²	unter 60 J. (D)
2013	8,48 Mio.	6,93 Mio. (81,8%)	80,8 Mio.	58,8 Mio. (72,7%)
2020	8,83 Mio.	7,11 Mio. (80,5%)	80,4 Mio.	55,9 Mio. (69,5%)
2030	9,19 Mio.	7,02 Mio. (76,4%)	79,0 Mio.	50,4 Mio. (63,8%)
2040	9,41 Mio.	6,89 Mio. (73,2%)	76,8 Mio.	48,2 Mio. (62,7%)
2050	9,54 Mio.	6,99 Mio. (72%)	73,6 Mio.	45,0 Mio. (61,1%)

Tabelle 5.1: Bevölkerungsprognose für Österreich und Deutschland bis 2050.

Im Bereich des Skitourismus werden gegenläufige Entwicklungen aufeinanderprallen, deren Wirkungen schwer abschätzbar sind: einerseits könnte der Rückgang von Personen unter 60 Jahren in Deutschland und die zunehmende Alterung der Bevölkerung dazu führen, dass sowohl die absolute Anzahl der Skifahrenden, als auch die Häufigkeit (wie oft wird noch Ski gefahren) sinkt (Foot 2004). Zusätzlich könnte sich die steigende Bedeutung von gesundheitlichen Aspekten negativ auf die Zahl der Skifahrenden auswirken, da diese Sportart als verhältnismäßig gefährlich wahrgenommen wird (Williams 1999). Andererseits verlängert sich die Lebensdauer und wir werden auch immer gesünder älter. Dies führt dazu, dass die Generation 60plus auch bis ins höhere Alter verstärkt aktivitätsorientierte Freizeitangebote nachfragen wird (Immerfall & Wasner 2011).

Ebenso relevant ist der Aspekt, dass Österreichs Bevölkerungswachstum der nächsten Jahrzehnte (und auch die Bevölkerungsänderung in Deutschland) ausschließlich zuwanderungsbedingt stattfinden wird. Daraus ergibt sich, dass sich die Sozialstruktur weiter verändert mit der offenen Frage wie viele Menschen mit Migrationshintergrund und deren Kinder Skisport ausüben werden.

5.2 Einkommensentwicklung - die Schere geht weit auseinander

Um die reale Wertentwicklung der Einkommen im Zeitvergleich beschreiben zu können, muss die Inflation (Teuerungsrate) mitberücksichtigt werden. Werden die Einkommen der unselbst-

¹Hauptvariante; Statistik Austria Bevölkerungsprognose 2014.

²Statistisches Bundesamt Deutschland

ständig Erwerbstätigen inflationsbereinigt dargestellt, zeigt sich folgendes Bild (vgl. Abb. 5.3): in den vergangenen 15 Jahren hat sich das reale Nettojahreseinkommen der unteren Einkommensschicht (1. Quartil, untere 25% der Erwerbstätigen) stark vermindert. Das bedeutet, dass in diesen Jahren ein Einkommensverlust für Niedrigverdienende stattfand. Die Medianeinkommen blieben annähernd gleich, während die höheren Einkommen (3. Quartil, obere 25%) leichte Zugewinne verzeichneten. Daraus lässt sich ableiten, dass die Schere zwischen niedrigen und hohen Einkommen seit 1997 weiter auseinander geht. Diese Entwicklung zeigt sich auch in Deutschland, wo die Einkommensungleichheit seit 2000 erheblich zugenommen hat (OECD 2008).

Der durchschnittliche Anteil der monatlichen Haushaltsausgaben für Freizeit, Unterhaltung und Kultur liegt in Deutschland bei ca. 12% ³. Dieser Anteil variiert jedoch je nach Einkommensklasse. So geben Haushalte der unteren Einkommensschichten absolut wie auch anteilig weniger für Freizeit, Unterhaltung und Kultur aus. Es zeigt sich ein gewisses „Sparpotenzial“ bei Freizeit- ausgaben, wobei dies vor allem auf Haushalte mit geringeren Einkommen zutrifft (Immerfall & Wasner 2011). Demnach ist es auch für den Skitourismus von Interesse, wie sich die Preise für Seilbahnen und Lifte - im Vergleich zu Inflation und Einkommen - entwickeln.

³Ergebnis der laufenden Wirtschaftsrechnung Deutschlands, bei der jährlich private Haushalte zu ihren Einnahmen und Ausgaben befragt werden; nicht berücksichtigt werden Haushalte von Selbstständigen, Landwirten und jene, deren monatliches Nettohaushaltseinkommen €18.000 übersteigt (vgl. Immerfall & Wasner 2011:67f)

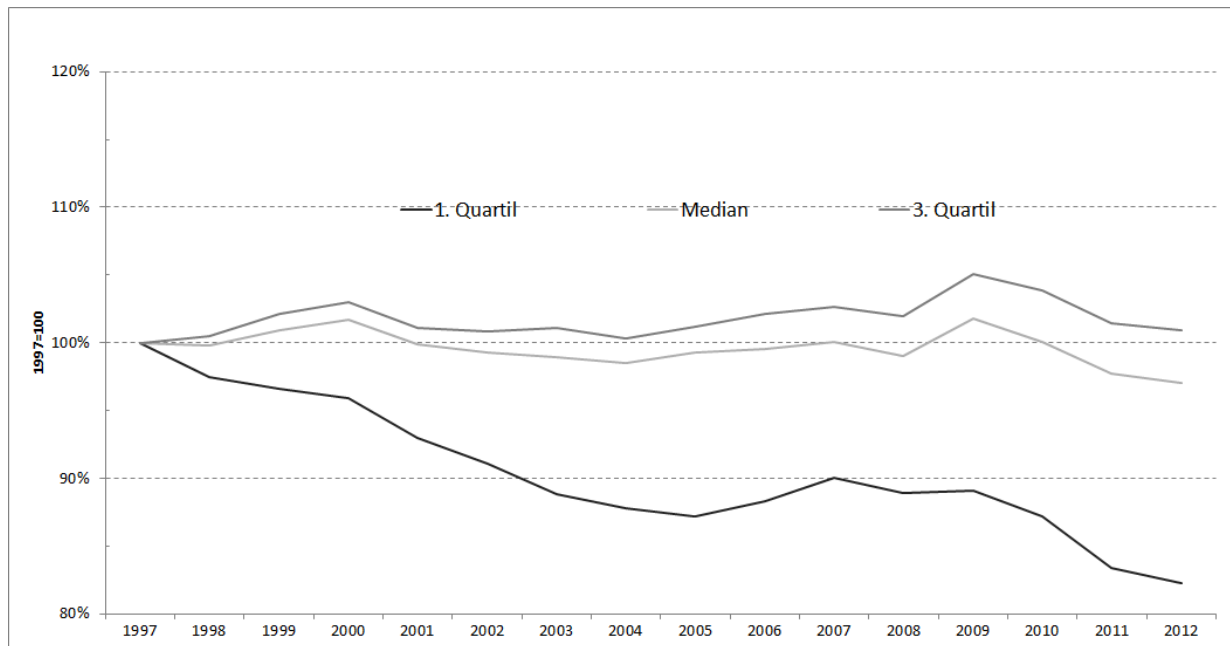


Abbildung 5.3: Nettojahreseinkommen der unselbstständig Erwerbstätigen in Österreich (inflationsbereinigt) seit 1997. 1. Quartil = untere 25% der Einkommen, Median = 50% verdienen mehr bzw. weniger, 3. Quartil = 75% verdienen weniger. Daten: Statistik Austria.

5.3 Transportkosten und politische Situation

Ein weiterer Unsicherheitsfaktor ist die Entwicklung der Transportkosten (z.B. Benzinkosten, Flugpreise), die zukünftig nicht nur ökonomisch bedingt schwanken könnten, sondern auch aufgrund von Klimaschutzmaßnahmen ansteigen könnten (Steiger 2012). Da die meisten Skiurlauber mit dem eigenen PKW anreisen (82%), hätte dies unmittelbare Auswirkungen auf die An- und Abreisekosten der Gäste (ÖW Tourismusforschung 2014). Inwiefern sich der aktuelle politisch-wirtschaftliche Konflikt zwischen Russland und der Ukraine und die „visumfreie“ Alternative Sotschi auf die touristische Nachfrage in Deutschland und Österreich auswirken wird, bleibt abzuwarten. Derzeit sprechen Reiseveranstalter von einem abwartenden Buchungsverhalten russischer Gäste (ÖW 2014). Russland belegte im Winter 2013/14 Platz 7 bei den ausländischen Nächtigungen in Österreich (55% der russischen Wintergäste fahren Ski), die Tagesausgaben sind jedoch etwa doppelt so hoch wie Ausgaben von Gästen anderer Herkunftsländer (Statistik Austria 2007).

5.4 Die Entwicklung von Arbeits- und Freizeit – ein einheitlicher Trend bisher

Im Laufe des 20. Jahrhundert kam es in Europa zu einer kontinuierlichen Verringerung der durchschnittlichen Wochenarbeitszeit und damit zu einer allgemeinen Zunahme der Freizeit (Abb. 5.4). Diese quantitative Ausweitung der Freizeit umfasst sowohl die Freizeitstunden als auch die Freizeittage. So wurde in Deutschland und Österreich erst in den 1950er Jahren die 5-Tage-Woche eingeführt (Huberman & Minns 2007). Aktuell (2013) liegt die Tarifarbeitszeit von Arbeitnehmer/innen in der EU (28) bei 38,1 Wochenstunden (WKO 2014). In den letzten Jahren kam es zu keiner weiteren Ausdehnung der Freizeit, sondern der Trend zeigt eher wieder eine Verlängerung der Arbeitszeit (Immerfall & Wasner 2011).

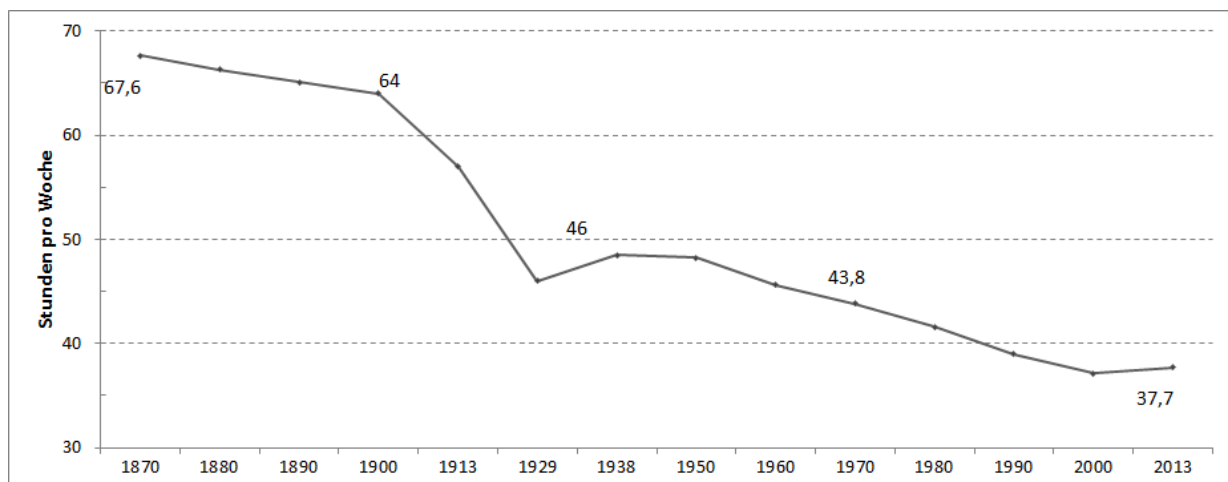


Abbildung 5.4: Entwicklung der wöchentlichen Arbeitszeit in Deutschland (Vollzeitbeschäftigung). Quelle: Huberman & Minns 2007; OECD Statistics (2014), WKO 2014.

Verknüpft man die demographische Entwicklung mit der Entwicklung des Freizeitverhaltens, so gewinnt der SSeniorenmarkt immer mehr an Bedeutung. Senioren werden in den nächsten Jahren noch über relativ stabile Einkommen verfügen und haben auch Zeit dieses auszugeben; auch erben sie häufig noch beträchtliche Beträge (Immerfall & Wasner 2011). Mittelfristig könnte sich dies jedoch verändern, wenn jene Alterskohorten ins Pensionsalter kommen, die instabilere Einkommen hatten und deren finanzielle Situation im Alter weniger stabil sein wird als jene ihrer Vorgängergeneration (Immerfall & Wasner 2011).

5.5 Der Industriestrompreis - eine besonders variable Größe

Ausgabenseitig ist der österreichische Industriestrompreis ein Faktor, der eine sehr hohe Variabilität aufweist: seit 1980 unterlag er Schwankungen um mehr als 250% (vgl. Abb.5.5). Es ist anzunehmen, dass der enorme Anstieg des Industriestrompreises seit 2003 auch ein wesentlicher Grund für den Anstieg der Energiekosten der österreichischen Seilbahnunternehmen sein dürfte, die sich im Zeitraum von 2000 bis 2011 mehr als verdoppelt haben (vgl. Abb. 5.6). Anteilig an den Gesamtaufwänden ist ebenfalls ein leichter Anstieg der Energiekosten seit 2000 zu erkennen, während die Personalkosten relativ konstant mit den Gesamtaufwänden gewachsen sind bzw. in den letzten Jahren anteilig sogar gesunken sind. Betrachtet man die Investitionen der Österreichischen Seilbahnen im Zeitraum von 2000 bis 2013, so schwankten die jährlichen Ausgaben zwischen 387 und €562 Mio..

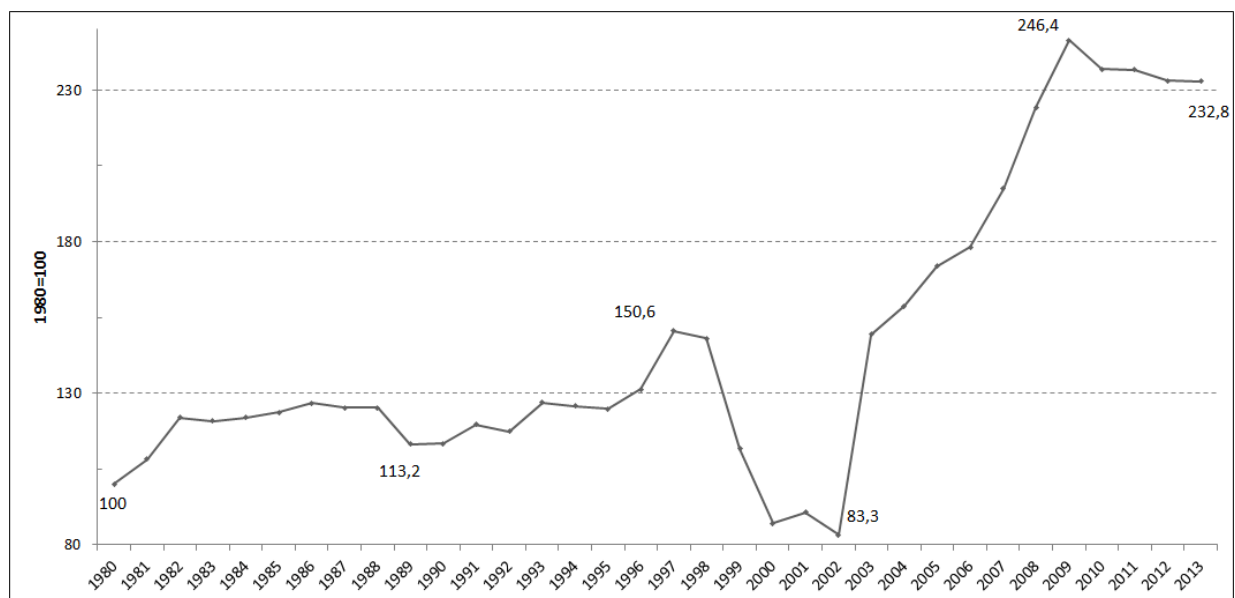


Abbildung 5.5: Entwicklung des Industriestrompreises seit 1980 in Österreich (€t/kWh inkl. aller Steuern und Abgaben, Basis 1980). Quelle: Austrian Energy Agency (Enerdata bezogen auf Daten der Statistik Austria).

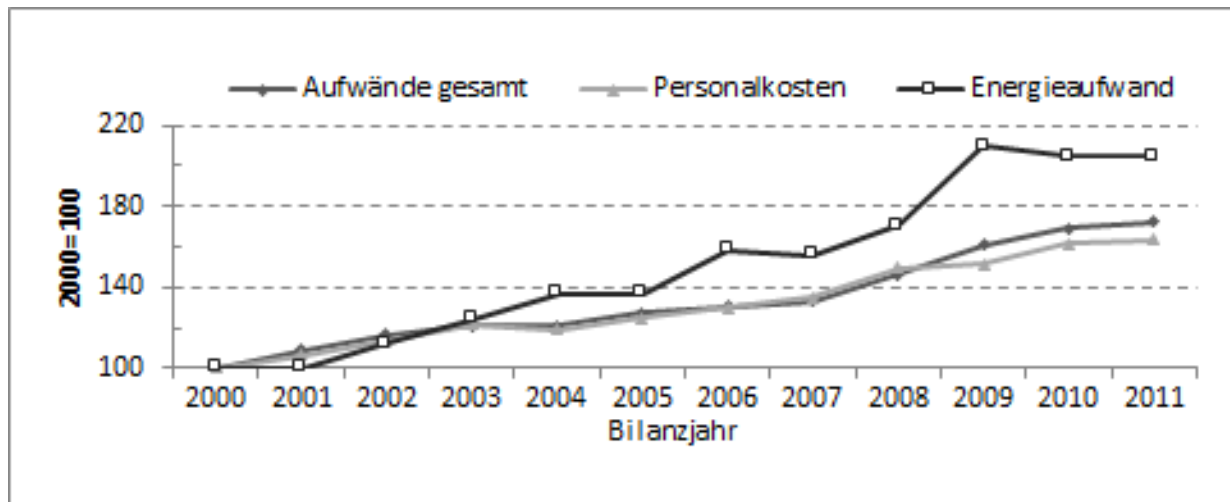


Abbildung 5.6: Aufwände der österreichischen Seilbahnunternehmen im Zeitvergleich. Quelle: Österreichische Seilbahnen, Webmark Jahresumfrage, Bilanzjahr 1999-2011.

5.6 Zusammenfassung

1. Neben dem Klimawandel gibt es diverse gesellschaftliche (vor allem demographische), wirtschaftliche und politische Faktoren, die für die Seilbahnunternehmen im 21. Jh. von großer Bedeutung sein werden.
2. Die Verquickung und teilweise gegenläufige Entwicklung vieler dieser Faktoren führt dazu, dass Aussagen über die Zukunft mit großen Unsicherheiten behaftet sind und viele Fragen offen bleiben. Zu nennen sind:
 - Gegenläufige demographische Entwicklungen, wie z.B.:
 - a. Wir werden nicht nur älter, sondern auch gesünder älter. Heißt das auch, dass skifahrende Personen mehr Skitage verzeichnen werden?
 - b. Österreichs Bevölkerungszahl wird bis 2050 ausschließlich zuwanderungsbedingt wachsen, Deutschlands trotz Zuwanderung sinken: wie hoch wird der Skifahreranteil bei Menschen mit Migrationshintergrund und deren Kinder sein?
 - c. Der Anteil von Personen im erwerbsfähigen Alter ist in allen Ländern rückläufig. Welche Auswirkungen wird diese Entwicklung auf leistbares Skifahren haben?

- Wie wird sich die steigende Bedeutung von gesundheitlichen und ökologischen Aspekten auf die alpine Wintersportnachfrage auswirken?
- 82% der Skigäste reisen derzeit mit dem eigenen PKW an. Welchen Effekt hätten steigende Anreisekosten aufgrund von Klimawandelanpassungen?
- Die Einkommensschere in Deutschland und Österreich geht weiter auseinander. Eine denkbare Konsequenz könnte sein, dass Skifahren wie wir es heute kennen zu einem Exklusivsport für Personen mit höheren Einkommen wird, da es vor allem bei Haushalte mit niedrigem Einkommen ein gewisses „Sparpotenzial“ bei Freizeitausgaben gibt.
- Die Arbeitszeitstruktur hat sich in den letzten 100 Jahren erheblich verändert. Wird sich dieses hohe Freizeitniveau auch in den nächsten Jahrzehnten halten?
- Wie werden sich die Energiekosten Investitionsaufwände im Laufe des 21. Jh. entwickeln? Allein die Schwankung des Industriestrompreises seit 1980 von über 250% macht deutlich, wie variabel dieser Kostenfaktor ist.

5.7 Literatur

- Foot, D. (2004): Leisure futures: A change in demography? In: Weiermair, K. & Mathies, C. (Hrsg.): The tourism and leisure industry. Shaping the future (S. 21-33). New York, London: Routledge.
- Huberman, M. & Minns, C. (2007): The times are not changin': Days and hours of work in Old and New Worlds, 1870-2000. In: Explorations in Economic History 44, S. 538-567.
- Immerfall, S. & Wasner B. (2011): Freizeit. Verlag Barbara Buderich, Opladen & Farmington Hills.
- OECD (2008): Mehr Ungleichheit trotz Wachstum? Einkommensverteilung und Armut in OECD-Ländern.
- OECD (2013): Demographic change in the Netherlands: Strategies for resilient labour markets.
- OECD Statistics (2014): Average usual weekly hours worked on the main job; <http://stats.oecd.org/index.aspx?DataSetCode=ANHRS> [12.11.2014].
- ÖW Tourismusforschung (2014): T-MONA Basisinfo Skiurlauber in Österreich, Auswertungszeit-raum Winter 2013/14.
- ÖW TourMis (2014): Tourismus in Österreich, Nächtigungen und Ankünfte. Online verfügbar unter: <http://www.tourmis.info/cgi-bin/tmintro.pl> [04.12.2014].
- ÖW, Österreich Werbung (2014): TIP: Winteraussichten 2014/15 und Winter = Schnee + ?. Trends in Progress aus der Tourismusforschung, September 2014.
- Scherbov, S. (2014): European Demographic Data Sheet, Migration makes the difference. Vienna Institute of Demography (VID), Austrian Academy of Sciences.
- Scott, D., & Lemieux, C. (2010). Weather and climate information for tourism. *Procedia Environmental Sciences*, 1, 146-183.
- Statistik Austria (2007): Russische Gäste in Österreich: Ein rapide wachsender Markt.
- Statistik Austria (2014): Bevölkerungspyramide für Österreich 2013, 2030 und 2060. Erstellt am 12.11.2014.
- Steiger, R. (2012): Scenarios for skiing tourism in Austria: integrating demographics with an analysis of climate change. In: *Journal of Sustainable Tourism*, Vol. 20 (6), S. 867-882.
- WKO (2014): Arbeitszeit, Tarifarbeitszeit von Arbeitnehmern, Stand 2013. Online verfügbar unter: <http://wko.at/statistik/eu/europa-arbeitszeit.pdf> [03.11.2014].