



**ZAMG**  
Zentralanstalt für  
Meteorologie und  
Geodynamik

Kundenservice Tirol und Vorarlberg

*Das Innsbrucker Hangprofil  
im Zeitraum 1999 – 2018*

Durchführung  
Kundenservice Tirol und Vorarlberg

Erstellt von  
Dr. Johannes Vergeiner und  
Dr. Susanne Drechsel

Innsbruck, 4. März 2020

[www.zamg.at](http://www.zamg.at)

6020 Innsbruck  
Fürstenweg 180  
Tel.: +43 (0) 512 / 28 55 98 DW 3529  
Fax: +43 (0) 512 / 28 56 26  
E-Mail: [innsbruck@zamg.ac.at](mailto:innsbruck@zamg.ac.at)



# Inhaltsverzeichnis

1	Motivation / Einleitung.....	4
2	Stationen .....	4
3	Datenerfassung und Qualitätskontrolle.....	8
4	Auswertung.....	9
4.1	Datenverfügbarkeit .....	9
4.2	(Entwicklung der) Monats- und Jahresmitteltemperatur .....	10
4.3	Temperaturprofile.....	12
4.4	Stabilitäten.....	13
4.5	Inversionen .....	18
5	Interpretation und Einordnung der Inversions-Analysen.....	20
6	Literaturverzeichnis .....	22
7	Appendix .....	23
7.1	Weitere Informationen zu den Stationen .....	23
7.2	Datenaufbereitung und Qualitätskontrolle.....	26
7.2.1	Die Datenbasis / Ausgangslage .....	26
7.2.2	Digitalisierung fehlender Daten.....	27
7.2.3	Datenkontrolle .....	31
7.2.4	Grenzen der Qualitätskontrolle.....	33
7.3	Weitere Auswertungen .....	34
7.3.1	Datenverfügbarkeit.....	34
7.3.2	Monats- und Jahresmitteltemperatur.....	38
7.3.3	Temperaturprofile.....	41
7.3.4	Stabilitäten.....	48
7.3.5	Inversionen .....	56

# 1 Motivation / Einleitung

Die Erfassung, Qualitätskontrolle und Auswertung der Innsbrucker Hangprofildaten (TEMPIS) waren ein langgehegtes Vorhaben an der ZAMG-Kundenservicestelle für Tirol und Vorarlberg. Die Temperaturdaten - andere gemessene Parameter (Feuchte, Wind) werden in diesem Projekt nicht betrachtet - konnten im Rahmen des internen Entwicklungsprojektes LUFTLEER im Jahr 2019 bearbeitet werden. Von Seiten der Abt. Waldschutz des Landes Tirol gab es im Rahmen eines Werkvertrages dankenswerterweise eine Förderung des Vorhabens. Der betrachtete Zeitraum ist 1999 bis 2018 und umfasst somit 20 volle Jahre. Im Abschnitt 2 wird eine Übersicht über die Mess-Stationen vom Inntalboden bis zum Kammniveau gegeben. Die Arbeitsschritte rund um die Datenerfassung und die Qualitätskontrolle werden im Kapitel 0 dargelegt. Die Auswertungen konzentrieren sich auf die Interpretation der Temperaturprofile, Stabilitäten und Inversionen im Laufe der Jahre bzw. Jahreszeiten und sind im Abschnitt 4 zu finden. Die beschriebenen Ergebnisse werden im Kapitel 5 in Bezug zu Erkenntnissen aus anderen Studien gesetzt. Es wurde darauf geschaut, diesen Hauptteil möglichst kurz und lesbar zu halten. Eine Reihe von weiteren Informationen und Auswertungen ist dem Appendix zu entnehmen.

# 2 Stationen

Das TEMPeraturInformationsSystem – kurz TEMPIS – reicht bis Ende der 1970er, Anfang 1980er-Jahre zurück. Aufgrund zahlreicher Probleme, insbesondere im Hinblick der Funkübertragung der Daten, zog sich die Umsetzung schließlich bis 1986/87. Finanzierung und Erhaltung übernahm die Stadt Innsbruck, die im Hinblick auf die Luftqualität an der dafür maßgeblichen Temperaturschichtung und deren zeitlicher Entwicklung interessiert war und ist. Ab Anfang 1987 wurde an sieben über die Stadt und in verschiedenen Höhenlagen der Nordkette verteilten Standorten Temperatur und teils auch Feuchte, Windrichtung und -geschwindigkeit registriert und per Funk an die Wetterdienststelle – damals noch in der Kranebitter Allee 97 – übertragen: im Olympischen Dorf (ODO), beim Alpenzoo (ALP), im Bereich der Hungerburg (HBG), beim Rastlboden (RAB) und auf dem Hafelekar (KAR). Die beiden Stationen Hauptbahnhof und Seegrube<sup>1</sup> wurden aufgrund langer Ausfallzeiten, Qualitätsproblemen oder fehlender Temperaturregistrierung im Rahmen des Projektes nicht bzw. kaum berücksichtigt.

Die Temperaturfühler waren bis 2015 an allen Standorten in einer kleinen, klassischen Wetterhütte ohne zusätzliche Ventilation montiert. Für den Standort Hafelekar auf dem

---

<sup>1</sup> Die ursprüngliche TEMPIS Station Seegrube wurde im Oktober 2013 durch die Station des Hydrographischen Dienstes (HD) Tirol ersetzt. Erst ab diesem Zeitpunkt sind Datenverfügbarkeit und -qualität ausreichend für die Analysen.

exponierten Kamm der Nordkette in über 2000 m Seehöhe spielt dies kaum eine Rolle (Abbildung 7-1). Dies gilt im Grunde auch für den Standort Olympisches Dorf (Abbildung 7-2). Der zentral im Inntal gelegene, 66 m hohe Hochhausturm überragt die umgebenden Gebäude deutlich. Selbst in allgemein windschwachen Situationen kommt es in der Regel zu einer Ausbildung des Talwindsystems, wodurch der Standort relativ gut ventiliert ist. Die beiden Wetterhütten der Stationen Hungerburg (Abbildung 7-3 links) und Rastlboden (Abbildung 7-3 rechts) befanden sich bis 2015 jeweils fast ganz oben (bis 2006 zwischen Gondel und Tragseil, danach oberhalb des Tragseils) auf den über 25 m hohen Liftstützen der Nordkettenbahn etwas oberhalb der Hungerburg bzw. etwas unterhalb des Rastlbodens. In dieser – an der Hungerburg recht flachen – Hanglage kann es durchaus zu windschwachen Situationen kommen, mehr an der Hungerburg als am Rastlboden. Mit dem Neubau der Nordkettenbahn 2006 wurden die beiden Wetterhütten rund 3 m höher verlegt, die Situation hat sich aber höchstens geringfügig verändert bzw. verbessert. Der in Punkto Ventilation ungünstigste Standort war der Alpenzoo. Die Wetterhütte befand sich bis 2005 in recht steiler Hanglage, umgeben von Sträuchern und teils auch Bäumen (Abbildung 7-5 links). Immer wieder mussten bei der Wartung auch Vogelnester innerhalb der Hütte entfernt werden. Hitzestau bei entsprechender Sonneneinstrahlung bzw. verminderte nächtliche Abstrahlung sorgten damit für eine zum Teil deutliche Überschätzung der Lufttemperatur. Ein wenig verbessert hat sich die Situation 2005, als die Wetterhütte rund 30 Höhenmeter nach unten verlegt wurde. Dieser Standort ist ein wenig freier, dennoch ist er noch immer nicht als gut ventiliert zu bezeichnen (Abbildung 7-5 rechts). 2015 wurden die Stationen Olympisches Dorf, Alpenzoo, Hungerburg und Rastlboden in Kooperation mit dem Land Tirol und der Station Innsbruck erneuert (Abbildung 7-6). Hafelekar und Seegrube wurden abgebaut, während das TEMPIS-Profil nun die Stationen Hauptbahnhof und Höttinger Alm inkludiert. Ab diesem Zeitpunkt ist die Temperaturmessung standardmäßig ventiliert. Die Station Alpenzoo liegt nun etwas freier oberhalb der Vogelvoliere, Hungerburg und Rastlboden wurden aufgrund von Sicherheitsbestimmungen auf der jeweiligen Stütze tiefer verlegt (vgl. Abbildung 7-6).

Zur Ergänzung bzw. Erweiterung der Vertikalprofile werden die ventilierten, teilautomatischen Wetterstationen (TAWES) der ZAMG am Flughafen (FLH) und auf dem Patscherkofel (PAK) herangezogen, sowie die von der ZAMG und dem Institut für Atmosphäre und Cryosphäre in Kooperation betriebene Station Universität (UNI). Auf dem Patscherkofel ist der Einfluss der Topographie auf die Temperatur nur mehr gering. Die Station kommt somit der „freien Atmosphäre“ am nächsten. In Tabelle 2-1 sind Informationen zu den TEMPIS-Stationen und den TAWES zusammengefasst. Abbildung 2-1 zeigt eine Übersichtskarte.

Standort	Kürzel	Adresse oder weitere Bezeichnung	geogr. Länge [° O]	geogr. Breite [° N]	Seehöhe Gelände [m ü.d.A.]	Gebäude + Masthöhe [m]	Messhöhe total [m]	Datum Verlegung / Auflassung
<b>Olympisches Dorf</b>	ODO	Kajethan-Sweth-Str. 54	11.446341	47.270121	563	66+2.5 66+6	632 635	Dez 2015
<b>Alpenzoo</b>	ALP	Steinbockgehege Bärengehege	11.396389 11.397545 11.397504	47.281667 47.281100 47.280986	696 668 665	2 ca. 1.5 3.5	698 670 668	Nov 2005 Dez 2015
<b>Hungerburg</b>	HBG	1 Stütze Nordkettenbahn	11.397366	47.287872	907	ca. 25 ca. 28 11.5	ca. 932 ca. 935 919	Apr 2006 Juni 2015
<b>Rastboden</b>	RAB	2. Stütze Nordkettenbahn	11.390418	47.295204	1208	ca. 27 ca. 30 6.5	ca. 1235 ca. 1238 1215	Apr 2006 Juni 2015
Seegrube	SEE	Seegrube HD	11,378026	47,306374	1922	4	1926	
<b>Hafelekar</b>	KAR	Dachfirst	11.383595	47.312116	2280	ca. 3+2	ca. 2285	Sep 2012
Flughafen	FLH	Klimagarten	11.356537	47.259953	578	2	580	
Innsbruck Uni	UNI	Klimagarten	11.384243	47.259850	578	2	580	
Patscherkofel	PAK	Klimagarten	11.462274	47.208823	2248	2	2250	

Tabelle 2-1: Standortinformationen der TEMPIS Stationen (schwarz) und TAWES bzw. HD-Station (grau). Es sind die geographische Länge, Breite und die Geländehöhe des jeweiligen Standortes angegeben, entnommen aus dem Tiroler Rauminformationssystem (TIRIS, WGS 84). Des Weiteren sind die Höhe über dem Gelände aus der Summe von Gebäude und Masthöhe (bzw. Höhe der Wetterhütte) angeführt, sowie die absolute Messhöhe und ggf. das Datum einer Verlegungen bzw. der Auflassung.

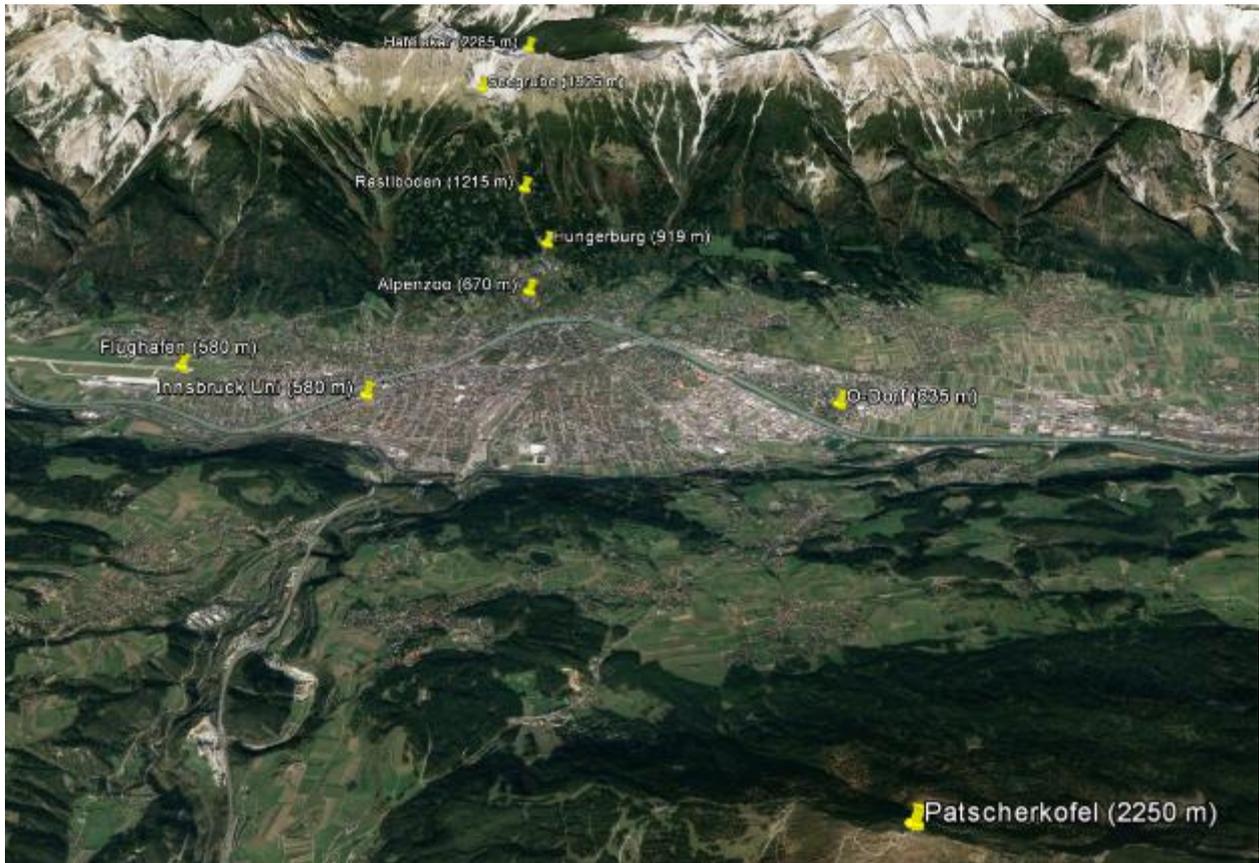


Abbildung 2-1: Satellitenfoto mit den Standorten der TEMPIS-Stationen sowie der TAWES/HD-Station im Bereich Innsbruck, der Nordkette und auf dem Patscherkofel (Quelle: Google maps).

Weitere Informationen zu den Stationen sind im Appendix unter 7.1 zu finden.

### 3 Datenerfassung und Qualitätskontrolle

Zu Beginn des Projektes lag zwar ein Gutteil der Daten bereits digitalisiert vor, allerdings mit beträchtlichen Lücken und vielen Werten, die falsch erfasst wurden. Darüber hinaus gibt es ab April 1999 Tagesblätter, die täglich ausgedruckt und abgeheftet wurden. Bis März 1999 wurden die Messwerte allerdings in Halbstundenblöcken ausgegeben, die nicht so leicht zu digitalisieren sind. Die Daten der ersten drei Monate im Jahr 1999 wurden daher händisch eingegeben. Beispiele für die Tagesblätter und die Ausdrücke mit halbstündigen Blöcken finden sich im Abschnitt 7.2.1. Ab Dezember 2015 wurden die alten TEMPIS-Stationen durch neue ersetzt. Diese werden nun über die TAWES<sup>2</sup>-Schiene eingespeist und damit auch dort kontrolliert. Nähere Informationen dazu finden sich in den Jahresberichten, die seit 2016 erstellt werden. Für die vorliegende Auswertung im Rahmen von Luftleer 2019 wurden die Daten 1999 – 2015 mit den neuen TEMPIS-Daten ab 2016 zusammengehängt.

Für die Erfassung vollständig fehlender Tage ab April 1999 wurden in einem ersten Schritt die Fehltag (keine TEMPIS-Daten vorhanden) identifiziert. Für die Fehltag wurde – falls ein Tagesblatt an entsprechenden Tag verfügbar war – eine eigene Datenerfassungsschiene konzipiert, die im Abschnitt 7.2.2.1 genauer erläutert wird. Dadurch konnten insgesamt 377 zusätzliche Tage erfasst werden. Nach dieser Ergänzung wurden alle 6209 Tage des Zeitraumes 1999 – 2015 über ein Webtool kontrolliert und bei Bedarf auch korrigiert bzw. ergänzt. Der Ablauf dazu ist im Unterkapitel 7.2.2.2 beschrieben.

Nach der tagesweisen Datenkontrolle werden die Rohdaten nicht mehr angefasst/ verändert. Daher wurde eine weitere Datenbank-Tabelle mit dem Namen qualtempis aufgebaut. In dieser werden die Temperaturdaten der TEMPIS-Stationen durch Daten von weiteren Stationen (Innsbruck Flughafen, Innsbruck Uni, HD Seegrube, Patscherkofel) ergänzt. Weiters gibt es dort ein Feld für einen Qualitäts-Flag, für einen qualitätskontrollierten Temperaturwert und für die Kennzeichnung, ob die Zeitbasis MEZ oder MESZ ist.

Bei allen Temperaturzeitreihen wurden zunächst Lücken bis zu drei Halbstundenwerten mittels linearer Interpolation gefüllt. Sodann erfolgte eine Qualitätskontrolle, bei der verdächtige Temperaturgradienten bzw. Abweichungen zu einer Referenz detektiert und händisch angeschaut wurden. Details dazu sind dem Abschnitt 7.2.3.2 zu entnehmen.

Abschließend wurde noch eine visuelle Kontrolle anhand von monatlichen Zeitreihenplots der Temperaturgradienten vorgenommen. Die Vorgangsweise dazu samt einem Beispielplot werden im Abschnitt 7.2.3.3 kurz dargelegt.

---

<sup>2</sup> TAWES steht für Teilautomatische Wetterstation. Die Daten aller TAWES-Stationen werden schon beim Einspeisen einer Qualitätsprüfung unterzogen, fragliche Werte werden von ZAMG-Mitarbeitern genauer angeschaut.

## 4 Auswertung

### 4.1 Datenverfügbarkeit

Ein Überblick über die nach der Datenkontrolle ab dem Jahr 1999 prozentuelle, jährliche Datenverfügbarkeit ist in Tabelle 4-1 gegeben. Ab dem Jahr 2009 sind bei allen Stationen mit Ausnahme der Seegrube mehr als 85 % der Halbstunden-Daten vorhanden, ebenso in den beiden Jahre 1999 und 2000. Dazwischen fehlen mehr Daten, wobei vor allem bei den TEMPIS Stationen in den Jahren 2006 bis 2008 große Lücken zu finden sind, an der Station Olympisches Dorf 2005 und an der Universität auch 2008. Ursache dafür waren hauptsächlich Umbaumaßnahmen an den Standorten, wie z.B. die Erneuerung der Stützen der Nordkettenbahn mit den beiden TEMPIS Stationen Hungerburg und Rastlboden. Daten der Seegrube sind erst ab Oktober 2013 verfügbar.

Prozentuelle Datenverfügbarkeit der TEMPIS-Stationen und TAWES:									
JAHR	FLH	UNI	ODO	ALP	HBG	RAB	SEE	PAK	HAF
1999	99,4	98,0	93,4	92,3	93,5	93,5	0,0	98,3	93,4
2000	99,6	100,0	95,9	92,5	94,2	96,2	0,0	93,3	95,8
2001	99,6	95,1	88,8	88,4	89,1	93,6	0,0	93,7	31,9
2002	99,6	99,2	91,0	85,7	92,4	82,3	0,0	90,9	37,4
2003	99,7	100,0	86,7	91,0	90,5	44,1	0,0	95,8	70,6
2004	99,4	99,5	90,3	95,4	79,2	50,4	0,0	98,3	64,1
2005	99,6	99,8	67,1	80,9	89,5	90,3	0,0	99,9	95,9
2006	99,6	99,9	69,0	88,6	25,8	23,4	0,0	98,8	26,5
2007	100,0	98,4	1,3	70,3	0,0	0,0	0,0	100,0	56,0
2008	100,0	58,9	9,5	66,0	55,3	63,5	0,0	97,1	56,8
2009	100,0	93,2	93,9	91,7	90,0	94,5	0,0	99,7	34,2
2010	100,0	100,0	98,2	98,3	97,3	99,6	0,0	99,7	26,1
2011	100,0	98,5	95,8	97,3	97,5	97,9	0,0	99,8	0,0
2012	100,0	100,0	97,5	99,4	99,5	99,7	0,0	100,0	0,0
2013	100,0	100,0	97,8	97,4	99,4	99,4	19,3	100,0	0,0
2014	100,0	100,0	97,1	96,3	98,1	98,2	98,6	99,1	0,0
2015	100,0	100,0	88,5	93,8	97,4	97,6	99,3	100,0	0,0
2016	99,9	100,0	99,7	99,8	99,0	99,0	98,5	99,9	0,0
2017	99,9	100,0	99,6	99,6	99,7	99,7	99,6	100,0	0,0
2018	99,9	100,0	97,3	99,9	99,9	99,8	99,4	100,0	0,0

Tabelle 4-1: Prozentuelle, jährliche Datenverfügbarkeit der TEMPIS Stationen und TAWES. Farblich kodiert sind die Felder, die keine oder kaum (grau), bzw. einen sehr hohen Anteil (grün) Daten aufweisen.

Die monatsweise Übersicht (abgesehen von Seegrube und Hafelekar) ist im Appendix unter 7.3.1 zu finden.

## 4.2 Monats- und Jahresmitteltemperatur

Dieser Abschnitt fasst die (Entwicklung der) Monats- und Jahresmitteltemperaturen zusammen. Die Jahresmitteltemperaturen an den TEMPIS Stationen (vgl. Tabelle 4-2 für Olympisches Dorf, Hungerburg und Rastlboden und Abschnitt 7.3.2 für die restlichen Stationen) liegen in dem 20-jährigen Zeitraum von 1999 bis 2018 zwischen gut 11 Grad im Bereich der Talsohle (Olympisches Dorf, Alpenzoo und Innsbruck Uni) und knapp 0 Grad auf Kammniveau (Patscherkofel und Hafelekar). Im Bereich der Hungerburg bewegt sich das Jahresmittel um 9 Grad, am Rastlboden um 7 Grad. An allen Stationen inklusive der TAWES ist es in diesem Zeitraum um 0,2 bis 1,4 °C wärmer geworden, wobei nur die Trends an der Innsbruck Uni (1,1 °C), Alpenzoo (1,4 °C) und Patscherkofel (1,1 °C) auf dem 5 % Niveau signifikant sind.

Monatsweise betrachtet, war es im Feber 2005 und 2012 auf dem Patscherkofel mit einer Durchschnittstemperatur von jeweils -11,6 °C am kältesten und im Juli 2015 mit 22,4 °C in der Stadt an der Station Innsbruck Uni am heißesten. Signifikante Trends finden sich fast ausschließlich für den Sommer (Juni, Juli, August) mit Erwärmungen zwischen 1,3 und 2,0 °C in den 20 Jahren ab 1999.

### a) Temperaturmittel Olympisches Dorf (632 m NN)

JAHR	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	GESAMT
1999	1,0	-1,6	6,2	9,6	15,0	NA	18,4	17,3	16,5	10,9	2,2	0,4	9,3
2000	-2,3	2,9	5,5	11,4	15,8	18,9	16,1	19,0	14,7	11,6	6,2	3,9	10,3
2001	1,0	2,8	7,8	7,3	16,6	15,1	18,6	NA	11,2	12,9	NA	-2,8	9,1
2002	NA	5,2	7,2	8,9	15,3	19,4	18,4	17,8	12,5	9,6	7,2	2,4	10,5
2003	-0,8	-2,0	6,6	9,0	NA	20,9	19,6	NA	NA	7,0	6,8	1,6	10,0
2004	-0,9	1,4	5,0	10,3	12,2	15,8	18,1	19,0	NA	12,3	3,0	0,4	9,4
2005	-1,4	-1,2	5,2	11,0	15,5	18,6	NA	15,8	NA	NA	NA	NA	NA
2006	NA	-0,8	2,7	NA	13,4	17,2	NA	NA	NA	12,5	5,3	1,1	NA
2007	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1,0	NA
2009	-1,5	1,1	4,0	13,0	NA	16,5	18,5	19,8	15,8	9,4	6,5	0,4	9,7
2010	-2,0	1,6	5,2	10,3	12,2	17,2	20,3	17,1	13,4	9,3	5,4	-0,5	9,1
2011	0,2	1,6	7,3	12,9	15,3	17,0	16,5	19,7	15,7	9,6	5,6	1,6	10,2
2012	-0,2	-3,9	7,7	10,0	14,9	18,2	18,2	19,4	14,9	10,0	6,1	0,7	9,7
2013	0,5	-1,0	4,2	10,3	12,8	16,3	21,0	19,5	14,3	11,4	3,6	2,6	9,7
2014	3,0	5,4	8,5	11,2	13,2	18,0	18,6	16,5	15,2	12,3	8,8	2,1	11,1
2015	1,6	0,8	6,4	10,1	14,0	17,6	21,7	20,8	13,6	10,1	6,7	NA	11,2
2016	0,5	4,2	5,3	10,4	13,4	17,0	19,0	18,6	16,7	9,5	5,5	0,7	10,1
2017	-3,5	3,9	8,7	8,8	15,3	19,9	18,7	19,4	12,2	10,6	3,5	0,1	9,9
2018	2,6	-1,9	4,6	14,6	NA	18,2	20,1	20,5	16,2	12,4	7,2	1,5	11,1

## b) Temperaturmittel Hungerburg (932 m NN)

JAHR	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	GESAMT
1999	1,2	-2,9	4,6	7,7	13,3	NA	16,7	15,7	15,4	9,7	1,4	0,1	8,1
2000	-1,8	2,0	3,9	9,3	14,1	17,2	14,2	17,5	13,2	10,4	5,2	3,6	9,2
2001	0,4	1,7	6,2	5,2	14,8	13,1	16,8	18,3	9,5	12,8	NA	NA	8,5
2002	NA	4,5	6,0	7,0	13,5	17,8	16,8	16,2	10,7	8,7	6,4	NA	9,4
2003	-1,9	-2,5	5,4	7,1	14,2	19,3	17,8	20,6	13,0	6,4	6,7	NA	9,4
2004	NA	NA	3,8	8,1	10,1	14,0	16,4	17,4	NA	NA	NA	0,6	NA
2005	NA	NA	3,3	8,2	12,9	16,0	16,1	14,0	14,3	11,0	2,6	NA	8,9
2006	-2,2	-0,9	0,9	NA	NA	NA	NA						
2007	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2008	NA	NA	NA	6,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,4	NA
2009	-2,4	-0,4	2,3	11,2	NA	14,5	16,9	18,0	14,6	8,0	6,2	NA	8,8
2010	-3,0	NA	3,2	8,3	10,2	15,3	18,4	15,3	11,6	8,0	4,8	-1,1	7,9
2011	0,0	1,6	5,6	11,1	13,6	15,1	14,8	18,3	14,3	8,7	6,5	1,4	9,2
2012	-0,9	-5,6	6,5	7,8	12,8	16,4	16,4	17,8	13,2	8,9	5,8	0,0	8,3
2013	-0,3	-2,9	2,2	8,7	10,6	14,4	19,1	17,7	12,7	10,8	2,4	3,0	8,3
2014	2,8	4,1	7,2	9,3	11,1	15,8	16,8	14,5	13,6	11,2	8,7	1,8	9,8
2015	1,1	-0,3	4,8	8,0	12,0	15,6	19,9	19,2	11,8	8,7	7,3	4,7	9,4
2016	-0,1	3,5	3,5	8,6	11,4	14,7	16,9	16,6	15,1	8,0	3,9	1,7	8,7
2017	-3,5	3,6	6,9	6,8	13,2	17,9	16,3	17,5	10,3	9,4	2,5	-0,6	8,4
2018	2,4	-3,7	3,1	12,6	14,7	15,9	17,9	18,5	14,4	11,2	6,2	0,6	9,6

## c) Temperaturmittel Rastlboden (1235 m NN)

JAHR	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	GESAMT
1999	1,1	-3,7	3,1	5,9	11,6	NA	15,0	14,3	14,1	8,3	0,9	-0,5	6,9
2000	-2,0	1,2	2,6	7,5	12,2	15,5	12,4	16,1	11,8	9,0	4,0	3,2	7,8
2001	-0,1	-0,1	4,6	3,4	12,9	11,5	15,1	16,4	8,1	12,1	NA	-4,2	6,8
2002	NA	3,4	4,8	5,3	11,5	16,3	15,0	14,6	9,2	7,8	NA	NA	8,7
2003	NA	NA	NA	NA	NA	17,9	16,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2004	NA	NA	NA	7,1	8,7	NA	15,4	15,9	NA	NA	NA	NA	NA
2005	NA	-4,5	2,3	6,5	11,2	14,2	14,5	12,4	12,4	10,5	2,3	-3,0	7,3
2006	-1,2	NA	-0,5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2007	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2008	NA	2,4	NA	4,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-0,3	NA
2009	-2,7	-2,1	0,6	9,2	NA	12,6	15,2	16,4	13,0	6,6	5,7	-2,0	6,9
2010	-3,8	-1,5	1,1	6,5	8,0	13,5	16,7	13,7	10,0	6,9	3,3	-2,6	6,0
2011	-0,5	1,4	4,0	9,2	11,7	13,3	13,0	17,0	13,1	7,7	6,9	0,6	8,0
2012	-1,7	-6,9	5,3	5,7	10,9	14,9	14,8	16,4	11,9	8,5	5,3	-1,1	7,1
2013	-1,2	-4,6	0,8	7,1	8,5	12,5	17,4	16,0	11,3	9,6	1,6	2,8	6,9
2014	2,2	2,4	5,6	7,4	9,0	13,9	15,0	12,8	12,1	10,0	7,8	1,0	8,3
2015	0,1	-1,6	3,0	6,0	10,1	13,8	18,3	17,6	10,0	7,7	6,9	5,6	8,1
2016	-0,4	1,7	1,7	6,6	9,4	12,9	15,1	14,8	13,4	6,3	2,8	2,4	7,2

2017	-3,5	2,9	5,4	4,9	11,1	16,0	14,7	16,1	8,7	8,3	1,5	-1,4	7,1
2018	1,5	-4,9	1,6	10,6	12,9	14,1	16,1	16,9	13,2	10,0	5,6	0,3	8,3

Tabelle 4-2 a-c: Monats- und Jahresmittel der Temperatur in °C aus den 10-Minuten Daten der TEMPIS Messstationen Olympisches Dorf (a), Hungerburg (b) und Rastlboden (c). Sind im betrachteten Mittelungszeitraum weniger als 80 % an Daten verfügbar, wurde kein Mittel berechnet (NA). Mittels Farbcodierung werden eher kältere (blau) bzw. eher wärmere (rot) Werte der jeweiligen Station hervorgehoben.

### 4.3 Temperaturprofile

Die Temperaturschichtung oberhalb der Stadt bis hinauf zum Patscherkofel und ihre Entwicklung seit 1999 sind in den über die Monate, Jahreszeiten bzw. Jahre gemittelten Temperaturprofilen ersichtlich.

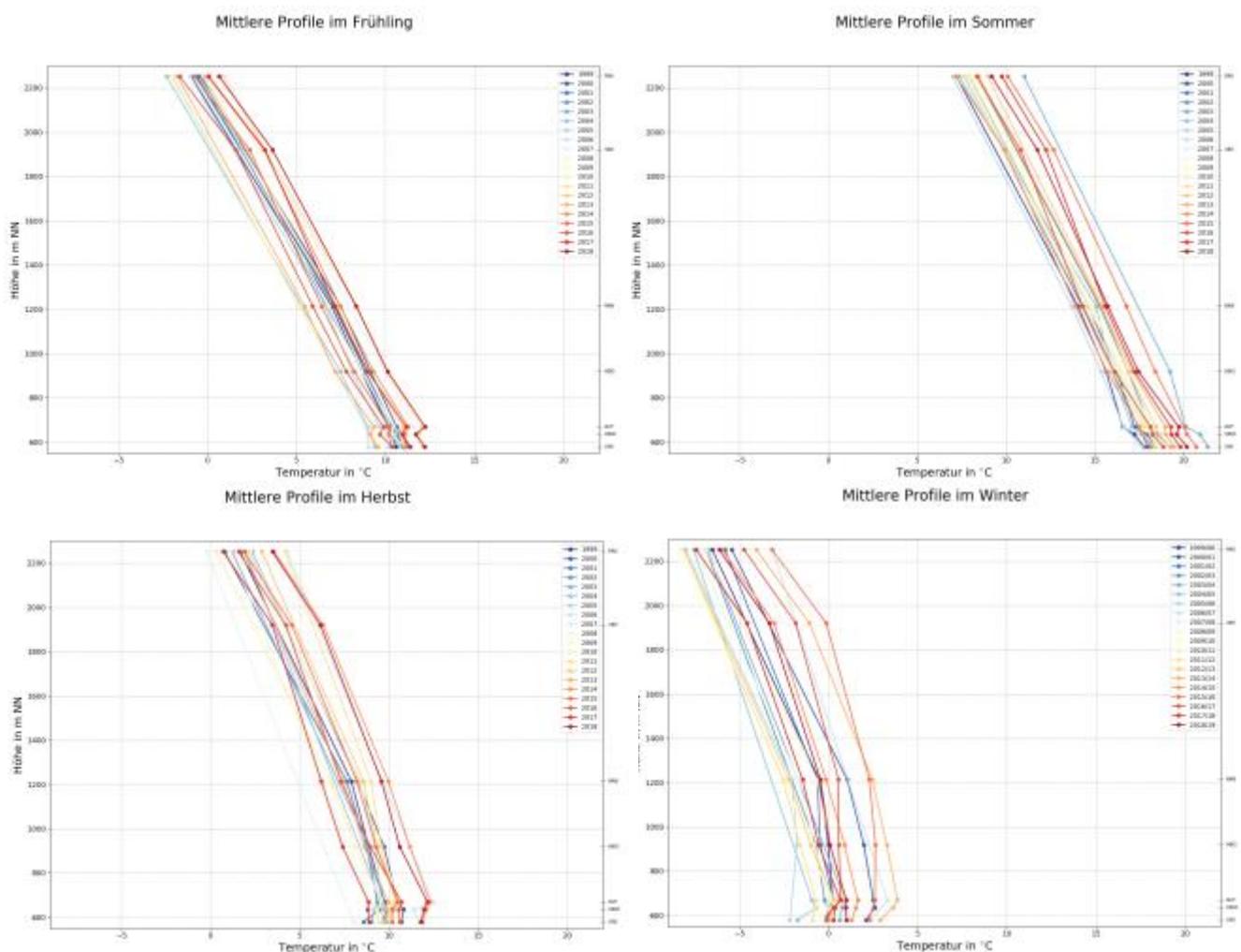


Abbildung 4-1: Saisonale Temperaturprofile für die Jahre 1999 bis 2018. Die ältesten Profile sind blau, die jüngsten rot farbcodiert.

Aus den Temperaturprofilen lassen sich Aussagen zur Stabilität in den Schichten zwischen den Stationen ableiten. Grundsätzlich gilt, je steiler (senkrechter) ein Temperaturprofil, desto

weniger nimmt die Temperatur mit der Höhe ab (oder sogar zu), umso stabiler ist also die Schichtung. Abbildung 4-1 zeigt die saisonalen Mittel, die monatlichen Mittel sind im Appendix im Abschnitt 7.3.3 dargestellt.

Wie zu erwarten, ist es im Winter deutlich stabiler als im Sommer, in der Schicht bis zum Alpenzoo findet sich sogar häufig eine Inversion. Vergleicht man Frühjahr und Herbst, fällt auf, dass ersteres labiler geschichtet ist. Während die Temperaturen im Bereich der Talsohle ähnlich sind, sind die höheren Lagen bis zum Kammniveau im Frühjahr noch oft schneebedeckt und daher kälter. Dadurch sind die Profile flacher, ergo die Schichtung labiler. Auch die bereits im vorigen Abschnitt 4.2 erwähnte Erwärmung zwischen 1999 und 2018 ist erkennbar: während die älteren (blauen) Profile sich mehrheitlich links befinden, sammeln sich jüngeren (orangen und roten) Profile eher rechts bei den höheren Temperaturen. Die Streuung der Profile ist dabei im Winter größer ist als in den anderen Jahreszeiten, wo die Profile dichter gedrängt sind. Dies liegt daran, dass Luftmassen im Winter je nach Herkunft (kontinental, atlantisch oder vom Mittelmeer beeinflusst) größere Temperaturunterschiede aufweisen als zu den wärmeren Jahreszeiten. Je nachdem, welche Wetterlagen über einen Winter dominieren, fällt dieser wärmer oder kälter aus. Gleichzeitig wirkt sich dies in der Regel auf die Schneebedeckung aus, welche durch verstärkte Ausstrahlung für kältere Verhältnisse sorgen kann.

#### 4.4 Stabilitäten

In diesem Abschnitt wird die (Entwicklung der) Stabilität dargestellt. Zunächst einmal ist es von Interesse, ob sich im Verlauf der 20-jährigen Periode systematische Änderungen in der Stabilität ergeben haben. Basis für die Auswertung ist die Zeitreihe des Temperaturgradienten, also der Temperaturänderung mit der Höhe in der jeweiligen Schicht, aufbauend darauf wurde für das Mittel im Jahr bzw. der Jahreszeit eine Trend-Analyse mit Mann-Kendall Signifikanztest gemacht. Voraussetzung für eine Auswertung war eine Datenverfügbarkeit von mindestens 75 %. Tabelle 4-3 zeigt zusammenfassende Trend-Ergebnisse für die aufeinanderfolgenden Schichten Innsbruck Flughafen – Hungerburg, Hungerburg – Rastlboden, Rastlboden – Patscherkofel und für die gesamte Talatmosphäre, also Innsbruck Flughafen – Patscherkofel. Die Stationen Olympisches Dorf und Alpenzoo werden hier bewusst ausgelassen. Eine Auswertung in einer Schicht von wenigen Dekametern (vom Talboden zu den Stationen) ist nicht sehr aussagekräftig. Zudem ist das Olympische Dorf vom städtischen Wärmeineffekt überprägt, die Datenreihe der Station Alpenzoo ist durch die Verlegungen nicht homogen.

Schicht	Jahr	Jahreszeiten			
		Fr	So	He	Wi
FLH - HBG	-0.372	-0.327	-0.528	-0.367	-0.580
HBG - RAB	-0.228	<b>-0.397</b>	-0.190		
RAB - PAK		<b>0.249</b>	0.174		0.160
FLH - PAK	-0.046	0.004	-0.012	-0.090	-0.144

Tabelle 4-3: Trends der mittleren Stabilität in den ausgewiesenen vier Schichten im Jahr und den Jahreszeiten in Kelvin pro 100 m und 100 Jahre. Die Zellen sind leer, wenn die Datenverfügbarkeit unter 75 % liegt. Signifikante Trends sind fett gedruckt. Siehe Text für die weitere Interpretation.

Betrachten wir zunächst die gesamte Talatmosphäre Flughafen bis Patscherkofel. Der Jahrestrend und die jahreszeitlichen Trends sind - auf dem 95 % Niveau - nicht signifikant. Rechnerisch ergibt sich eine Änderung von knapp  $-0.05$  °C/100m in 100 Jahren, das entspricht unter Berücksichtigung der Schichtdicke von 1670 m einer stärkeren Erwärmung der Talstation (FLH) gegenüber der Bergstation (PAK) von  $0.15$  °C im Zeitraum 1999 bis 2018<sup>3</sup>. So gesehen ist es also im Inntal um Innsbruck weniger stabil geworden. Schaut man auf die Jahreszeiten, so kommt diese Tendenz vor allem aus dem Winter (DJF) und Herbst (SON). Interessant sind auch die Ergebnisse bei einer feineren Schichtunterteilung. In den unteren zwei Schichten bis zum Rastlboden sind die Trends durchgehend negativ, in der Schicht über dem Rastlboden hingegen positiv. Das bedeutet, dass sich die Hungerburg und der Rastlboden im Vergleich zur Talstation Flughafen und auch zur Bergstation Patscherkofel weniger erwärmt haben. Aber Achtung: signifikante Trends tauchen nur im Frühling auf.

<sup>3</sup> Alternativ lässt sich auch der Temperaturtrend an den jeweiligen Stationen separat analysieren. Macht man dies mit einer linearen Regressionsgeraden, so ergibt sich am Flughafen eine Temperaturerhöhung von  $1,00$  °C im Zeitraum 1999 – 2018 und eine Erwärmung von  $1,06$  °C am Patscherkofel. Mit dieser Methode ergibt sich also keine stärkere Erwärmung der Talstation! Die Auswertung von schichtweisen Temperaturgradienten ist nach unserer Auffassung aber aussagekräftiger als der Vergleich von Steigungen zweier Regressionsgeraden.

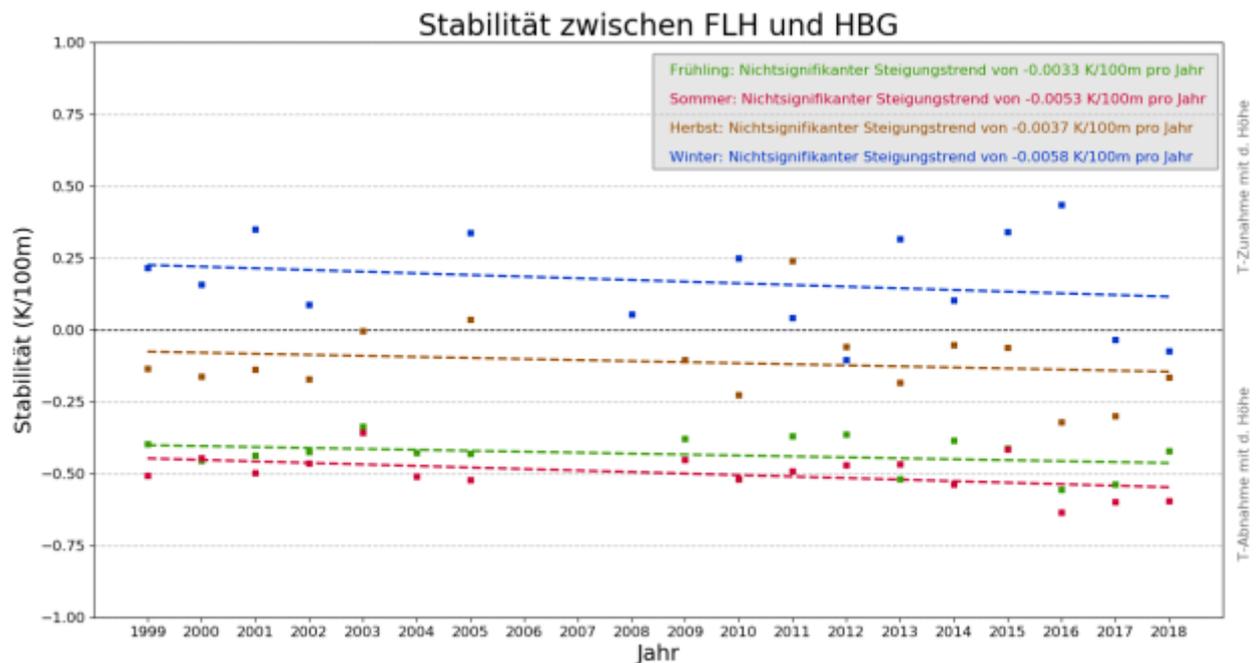


Abbildung 4-2: Jahreszeitliche Werte der mittleren Stabilität in der Schicht Innsbruck Flughafen – Hungerburg in K/100m im Zeitraum 1999 – 2018 (farbige Rechtecke). Der Winterwert setzt sich aus dem Dezember dieses Jahres und Jänner, Feber des Folgejahres zusammen. Zusätzlich wird eine Trendlinie gezeichnet, wenn mindestens 75 % der Daten vorhanden sind. Informationen zu den berechneten Trends und ihrer Signifikanz sind in der Infobox rechts oben angegeben.

Die Zeitreihen der mittleren jahreszeitlichen Stabilitäten in der ca. 350 m dicken Schicht Innsbruck Flughafen - Hungerburg sind in Abbildung 4-2 dargestellt. Man erkennt:

- Die Änderung der Stabilität im Laufe der Jahreszeiten: im Winter liegt in dieser Schicht im Mittel meist eine Temperaturzunahme mit der Höhe vor, am labilsten ist es im Sommer gefolgt vom Frühling.
- Alle Trends sind nicht signifikant.
- Alle Trends sind negativ, d. h. die Talstation hat sich im Laufe der 20 Jahre mehr erwärmt als die Hangstation. Die (nicht signifikante) stärkere Erwärmung am Talboden gegenüber der Hungerburg beträgt zwischen 1999 und 2018 im Jahr (Frühling/ Sommer/ Herbst/ Winter): 0.13 °C (0.13 °C/ 0.18 °C/ 0.13 °C/ 0.20 °C) pro Jahrzehnt.<sup>4</sup>
- Die Jahr-zu-Jahr Variabilität ist im Winter am größten. Aufgrund des geringeren Strahlungsangebotes ist die Abhängigkeit der Stabilität in dieser flachen Schicht von Wetterlage, Bewölkung, Wind und Schneebedeckung bedeutend größer als in den anderen Jahreszeiten.

Weitere Zeitreihenplots sind im Appendix im Abschnitt 7.3.4 zu finden.

<sup>4</sup> Allerdings war die Messstelle an der Hungerburg bis Ende 2015 nicht ventiliert, daher war sie bis dahin wohl stärker verstrahlt als im neuen Setup. Das könnte den Trend der Erwärmung an der Hungerburg etwas zu niedrig ausfallen lassen.

In Tabelle 4-4 ist die Häufigkeit stabiler Lagen in der Periode 1999 bis 2018 analysiert. Zu Grunde gelegt wurden die drei aufeinanderfolgenden Schichten Innsbruck Flughafen – Hungerburg, Hungerburg – Rastlboden und Rastlboden – Patscherkofel. Als Bedingung für eine stabile Schicht wurde eine Temperaturabnahme von weniger als 0,4 °C/100 m oder eine Temperaturzunahme gesetzt. Über die Jahre schwanken die Häufigkeiten in der untersten Schicht zwischen knapp 37 und 52 %. Bei großer Variabilität war die Stabilitätshäufigkeit in den letzten drei Jahren bis zur Hungerburg eher gering. Nach oben hin werden die stabilen Lagen deutlich seltener. Im Winter sind stabile Lagen häufiger, bis zur Hungerburg betrifft dies je nach Jahr gut die Hälfte bis  $\frac{3}{4}$  des jeweiligen Winters. Im Gegensatz zum Jahresverlauf zeigt sich im Winter in der untersten Schicht keine Abnahme der Häufigkeit stabiler Lagen in den letzten Jahren.

JAHR	FLH - HBG	HBG - RAB	RAB - PAK		WINTER	FLH - HBG	HBG - RAB	RAB - PAK
1999	46,8	37,7	11,4		99/00	68,1	60,2	
2000	46,0	39,0	12,0		00/01	67,7	52,1	12,9
2001	45,5	36,9	11,9		01/02			
2002	47,1	35,3			02/03			
2003	51,3				03/04			
2004					04/05			
2005	46,4	36,4	9,6		05/06			
2006					06/07			
2007					07/08			
2008					08/09	61,5	40,1	25,2
2009	45,4	31,9	13,0		09/10			24,3
2010	39,2	24,9	11,1		10/11	66,0	50,6	20,7
2011	52,0	40,0	17,0		11/12	63,4	44,8	24,7
2012	45,3	35,3	14,8		12/13	53,2	38,0	20,5
2013	41,6	31,2	16,1		13/14	68,3	41,7	17,2
2014	43,8	28,5	9,8		14/15	58,0	39,8	25,1
2015	47,4	34,5	15,5		15/16	70,0	59,1	30,6
2016	36,7	29,4	17,5		16/17	75,6	59,9	34,5
2017	37,9	31,7	19,3		17/18	54,5	43,5	21,7
2018	40,5	32,6	15,4		18/19	69,2	56,9	33,5

Tabelle 4-4: Prozentuelle Häufigkeit stabiler Lagen im Jahr (links) bzw. Winter (DJF, rechts) in den Schichten Innsbruck Flughafen – Hungerburg, Hungerburg – Rastlboden und Rastlboden – Patscherkofel. Werte sind nur dann angegeben, wenn eine Datenverfügbarkeit von 80 % erreicht wird.

Plots der Stabilitätshäufigkeiten über alle Schichten vom Talboden (Innsbruck Flughafen) aus finden sich im Kapitel 7.3.4.

Es wurde auch betrachtet, wovon es abhängt, dass es in einem Jahr bzw. einer Jahreszeit häufig oder weniger häufig stabile Lagen gibt. Dazu wurden an den Stationen Innsbruck Flughafen und Innsbruck Universität Parameter in jedem Jahr und jeder Jahreszeit abgeleitet, für die ein Zusammenhang mit der atmosphärischen Stabilität vermutet werden kann. Tabelle 4-5 zeigt den Korrelationskoeffizienten zwischen dem jeweiligen Parameter und der mittleren Stabilität in der Schicht Innsbruck Flughafen – Hungerburg in den vier Jahreszeiten.

Konzentrieren wir uns bei der Interpretation auf den Winter, in dem die Stabilitätsverhältnisse mitentscheidend für die Luftqualität sind. Keinen überzeugenden Zusammenhang gibt es mit der Anzahl der Schwachwindtage, der mittleren Windgeschwindigkeit, der Tage mit einer Schneedecke und mit der Temperatur selbst. Korrelationen über 0.6 (bzw. unter -0.6) lassen sich hingegen mit der mittleren Bewölkung, dem Niederschlag und der Sonnenscheindauer feststellen. Die Korrelation zur Bewölkung ist negativ, das heißt, je weniger Bewölkung, desto stabiler (durch mehr Hochdrucklagen). Im Herbst und Winter ist auch die Korrelation zum Niederschlag (Anzahl der Tage oder Summe) negativ, weil hier der Niederschlag das meist stabile Temperaturprofil zum neutralen hin umschichtet. Zur Sonnenscheindauer der Zusammenhang hingegen positiv. Umso größer die Sonnenscheindauer, desto stabiler die Schichtung im Inntal. Im Abschnitt 7.3.4 werden die Korrelationsplots für den Winter und jene Parameter, für die ein brauchbarer Zusammenhang festgestellt wurde, gezeigt.

Parameter	R <sup>2</sup>			
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Bewölkungsmittel (%)	-0,52	-0,60	-0,83	-0,78
Anzahl der Schwachwindtage (d)	0,38	0,56	0,07	0,09
Mittlere Windgeschwindigkeit (m/s)	-0,35	0,08	-0,11	-0,08
Tage mit messbarem Niederschlag (d)	-0,35	-0,49	-0,63	-0,73
Summe des Niederschlags (mm)	-0,08	-0,24	-0,11	-0,82
Summe der Sonnenscheindauer (h)	0,51	0,52	0,70	0,64
Sonnenscheindauer zur effektiv möglichen (%)	0,51	0,52	0,74	0,69
Anzahl der Tage mit Sonnenschein =0h (d)	-0,31	-0,37	-0,51	-0,58
Anzahl der Tage mit Sonnenschein ≥ 1h (d)	0,27	0,45	0,48	0,73
Anzahl der Tage mit Sonnenschein ≥ 5h (d)	0,43	0,36	0,69	0,65
Anzahl der Tage mit Sonnenschein ≥ 10h (d)	0,52	0,46	0,34	
Anzahl der Tage mit Schneehöhen ≥ 1cm	0,18		-0,03	-0,23
Mittel der Tagesmitteltemperaturen ( °C)	0,39	0,27	0,02	0,09

Tabelle 4-5: Korrelationskoeffizient ( $R^2$ ) zwischen dem jeweiligen Parameter an der Universität Innsbruck und der mittleren Stabilität in der Schicht Innsbruck Flughafen – Hungerburg für die Periode 1999 – 2018. Je näher der Wert an -1 bzw. +1 ist, desto besser ist der Zusammenhang.

## 4.5 Inversionen

Ein Spezialfall der vertikalen Temperaturverhältnisse ist die Inversion, also die Zunahme der Temperatur mit der Höhe. Bei dieser sehr stabilen Schichtung kommt der vertikale Luftaustausch nahezu zum Erliegen. Länger anhaltende Inversionslagen in der kalten Jahreszeit führen in der Regel zu einer Akkumulation von Schadstoffemissionen, also belastenden Umweltbedingungen, zumal dann auch viel geheizt wird.

Jahr	ODO	ALP	HBG	RAB	SEE	PAK	HAK
1999	56,3	42,5	28,4	23,3		6,1	5,1
2000	57,4	44,0	29,0	25,1		5,4	4,8
2001	58,3	46,2	25,8	21,2		4,3	
2002	52,5	44,3	31,7	23,8		5,3	
2003	58,1	52,7	34,6			6,6	
2004	54,9	46,5				6,4	
2005		44,9	29,5	21,6		6,2	5,7
2006		59,2				10,8	
2007						5,2	
2008						3,9	
2009	57,9	56,9	27,8	22,5		3,0	
2010	52,0	53,2	23,9	19,0		1,8	
2011	61,4	64,2	36,2	31,1		9,0	
2012	59,4	60,4	27,7	23,7		5,4	
2013	54,6	56,3	25,2	20,9		4,4	
2014	55,8	56,9	28,6	23,6	8,6	3,2	
2015	57,1	61,5	33,3	28,2	16,2	9,2	
2016	50,3	50,3	23,6	19,8	11,4	6,0	
2017	51,7	53,2	22,2	18,6	11,9	5,9	
2018	56,3	58,4	24,1	20,1	8,1	3,1	

Tabelle 4-6: Jährliche prozentuelle Häufigkeit von Inversionen von der Station Innsbruck Flughafen zur jeweiligen Station – aufsteigend nach Stationshöhe geordnet. Werte sind nur dann angegeben, wenn eine Datenverfügbarkeit von 80 % erreicht wird.

Tabelle 4-6 zeigt die Häufigkeit von Inversionen von der Talstation Innsbruck Flughafen zur jeweilig angegebenen Station für die Jahre von 1999 bis 2018.

Daraus lassen sich die folgenden Erkenntnisse ableiten:

- Die Inversionshäufigkeit sinkt mit zunehmender Schichtdicke
- In der untersten Schicht (zum Olympisches Dorf, gute 50m Schichtdicke) kommen in über der Hälfte aller Zeiten Inversionen vor.<sup>5</sup>
- In der Schicht bis zum Kammniveau kommen Inversionen noch zwischen 2 und 11 % aller Zeiten vor.
- Die Station Alpenzoo wurde im Jahr 2006 verlegt und die Temperaturmessung ist nicht homogen, ab 2006 treten deutlich mehr Inversionen auf.
- Es gibt Jahre mit mehr hochreichenden und Jahre mit einer größeren Anzahl an flachen Inversionen, das hängt u. a. von der Jahreszeit ihres Auftretens ab. Vergleiche dazu die Jahre 2001 und 2002: relativ viele bodennahe Inversionen 2001 und wenige bis zur Hungerburg (> 350 m) und umgekehrt im Jahr 2002.
- In den Jahren 2016 – 2018 gab es in den Schichten zwischen Talboden und Rastboden relativ wenig Inversionen. Ein Grund dafür mag sein, dass die TEMPIS-Stationen ab 2016 belüftet und damit weniger überwärmt sind.

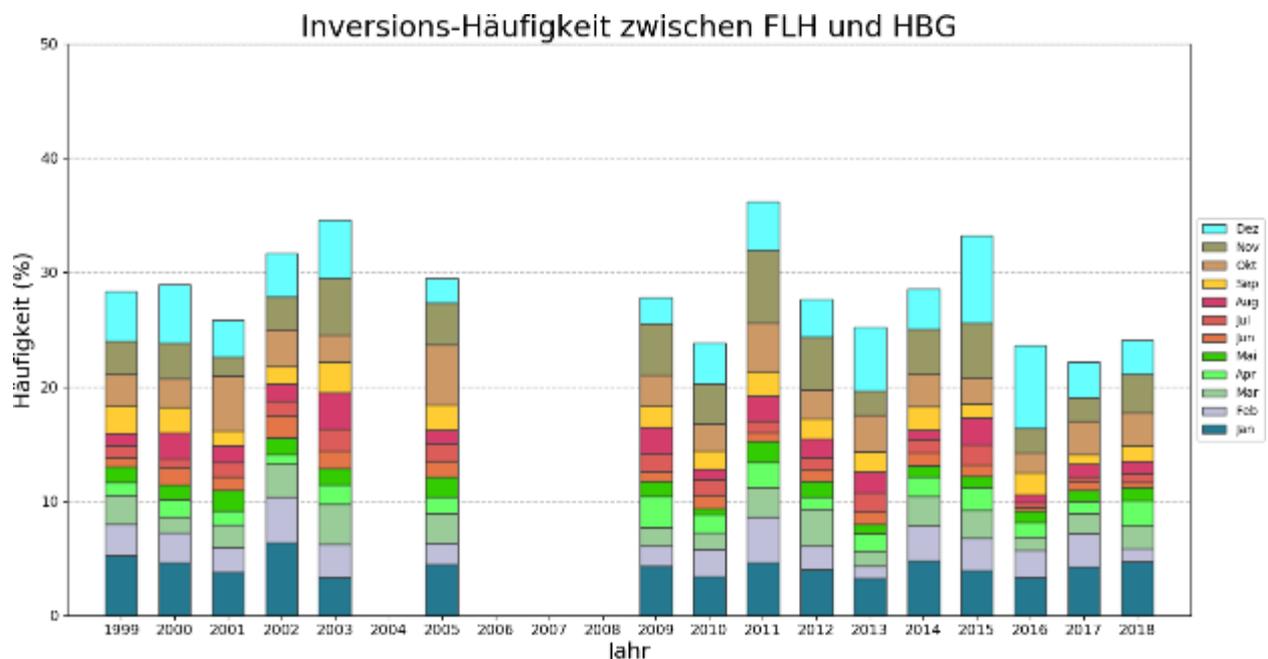


Abbildung 4-3: Häufigkeit von Inversionen in der Schicht Innsbruck Flughafen – Hungerburg inklusive Anteil in den Monaten. Jahresbalken sind nur dann angegeben, wenn eine Datenverfügbarkeit von 80 % erreicht wird.

Wie bereits weiter oben erwähnt ist die ca. 350 m dicke Schicht Innsbruck Flughafen – Hungerburg gut geeignet für eine Stabilitätsauswertung. Die Häufigkeit von Inversionen in dieser Schicht inklusive monatlichem Anteil daran ist in Abbildung 4-3 dargestellt. Das Mittel über alle

<sup>5</sup> Zwischen UNI und Olympisches Dorf sind es nur 43 %.

Jahre mit mindestens 80 % Datenverfügbarkeit liegt bei 28,2 % und schwankt zwischen 22,2% im Jahr 2017 und 36,2 % im Jahr 2011. Für die Interpretation ist die Verknüpfung mit der Datenverfügbarkeit an den beiden Stationen erforderlich, die in Abschnitt 7.3.1 zu finden ist. Im Dezember 2005 und 2009 sind zum Beispiel nur 66,9 % bzw. 54,1 % aller Werte an der Hungerburg vorhanden, was den relativ dünnen Dezemberbalken in diesen beiden Jahren verständlich macht.

Inversionen kommen in allen Monaten vor, der Schwerpunkt ist zwischen Oktober und Februar zu finden, mit doch deutlich wechselnden Anteilen von Jahr-zu-Jahr. In den letzten drei Jahren (2016 – 2018) war der Inversionsanteil unterdurchschnittlich, ein klarer Trend ist aber nicht ersichtlich.

Weitere Abbildungen zu den Inversionshäufigkeiten finden sich im Kapitel 7.3.5.

## 5 Interpretation und Einordnung der Inversions-Analysen

Vergleiche mit Ergebnissen aus anderen Hangprofilen sind nur eingeschränkt möglich, da zahlreiche Parameter die Häufigkeit, Stärke und Mächtigkeit von Inversionen beeinflussen. Dies sind vor allem

- Dicke der untersuchten Schicht
- Lokale Gegebenheiten wie Stadteffekt, Vegetation
- Hangexposition der Stationsstandorte
- Methodik der Inversionsbestimmung
- Sensorik der Instrumente inklusive Ventilation und Strahlungsschutz

Wird die Station Innsbruck-Uni anstatt Innsbruck-Flughafen verwendet, zeigt sich bereits ein großer Unterschied in der Inversionshäufigkeit. Während die zeitliche Entwicklung quasi parallel verläuft, kommt es aufgrund des Stadteffekts bis zur Hungerburg „nur“ noch in etwa 21 % (statt 28 %) der Gesamtzeit zu Inversionen.

Thudium (2019) hat Inversionen an verschiedenen Standorten in den West- und Ostalpen ab Ende der 1990er bzw. Anfang der 2000er-Jahre untersucht. Auch hier verläuft die zeitliche Entwicklung sowohl an allen Hangprofil-Standorten untereinander, als auch im Vergleich zu den hier gezeigten Ergebnissen im Großen und Ganzen parallel. Die Häufigkeits-Niveaus von Inversionen sind aber sehr unterschiedlich und liegen zwischen 10 und 60 %. Am vergleichbarsten ist das sich ebenfalls im Inntal befindende Hangprofil bei Schwaz. Es wurde allerdings nur für die Jahre 2002 bis einschließlich 2016 bei der Auswertung herangezogen (Thudium, 2017), im neuesten Bericht wurde es ab 2016 durch das Innsbrucker TEMPIS Profil mit den Standorten Flughafen-Hungerburg ersetzt. In der rund 50 m dünneren Schicht in Schwaz ist die Inversionshäufigkeit über die an beiden Standorten verfügbaren Jahre mit einer mittleren

Häufigkeit von 23 % um etwa 6 Prozentpunkte geringer als in Innsbruck mit Basisstation Flughafen, bzw. um 1 Prozentpunkt höher, wenn die Innsbruck-Uni verwendet wird. Das Schwazer Profil befindet sich am Nord exponierten Hang außerhalb des dichteren Siedlungsbereiches, der Stadteffekt spielt hier also keine Rolle. Jedoch kommt es durch die schattiger gelegene „Bergstation“ etwas seltener zu Inversionsbedingungen als im Innsbrucker Profil mit der am Südhang gelegenen Station Hungerburg. Zudem berücksichtigt Thudium neben den Temperaturen auch die Luftfeuchte, wodurch die so bestimmten Häufigkeiten etwa 7 % geringer ausfallen: Nach Thudium liegen sie in den Jahren 2016 bis 2018 beim Innsbrucker TEMPIS zwischen gut 20 und knapp 23 %, während die in dieser Arbeit bestimmten Werte zwischen 22,2 und 24,1 % erreichen.

Eine (zunächst) als Tendenz interpretierte Abnahme der Inversionshäufigkeiten bis 2014 (mit dem Ausreißer-Jahr 2011) in Schichten von mehr als 200 m Dicke, wurde in den Folgejahren bis 2018 von stark schwankenden Häufigkeiten abgelöst. In Summe kann auch Thudium noch keinen – eventuell dem Klimawandel zuzuschreibenden – Trend feststellen, längere Datenreihen sind dafür notwendig.

Hoher Luftdruck mit stabil geschichteten Luftmassen kann die Ausbildung bzw. Verstärkung von Inversionen begünstigen. Stabilität (wie in Abschnitt 4.4) und Hochdrucklagen<sup>6</sup> über dem Ostalpenraum korrelieren insbesondere im Winter ( $R^2=0,76$ ), sowie teilweise im Herbst ( $R^2=0,55$ ). In den letzten 70 Jahren haben diese Lagen in allen Jahreszeiten statistisch signifikant zugenommen, im Winter<sup>7</sup> um knapp 17 %. Großräumig ist dieser Trend aber gegenläufig zu den Ergebnissen der Studie von Hiebl und Schöner (2018), die Inversionen und mögliche Trends basierend auf gegitterten Temperaturdaten über Österreich untersucht hat. Im Gitterdatensatz des Temperaturminimums liegt die mittlere Inversionshäufigkeit über Gesamtösterreich in der Klimanormalperiode 1961 bis 1990 bei 21 %, in den Tälern von Westösterreich bei 15 bis 20 %. Von 1961 bis 2017 hat die Häufigkeit um durchschnittlich 11 % abgenommen. Nur in Teilen von Tirol konnte eine statistisch signifikante Zunahme festgestellt werden.

In Summe sind die Ergebnisse dieser Studie aufgrund ihrer Methoden, vor allem bezüglich der Bestimmung der Vertikalprofile, allerdings kaum mit dem hier analysierten Innsbrucker TEMPIS-Profil vergleichbar. Wie bereits oben erwähnt, bedarf es zur Trendanalyse der Inversionen oberhalb von Innsbruck noch deutlich längere Messreihen.

---

<sup>6</sup> Über dem Ostalpenraum bestimmt, nach Jenkinson und Collison (1977) mit Einteilung in elf verschiedenen Lagen.

<sup>7</sup> Im Sommer beträgt die Zunahme 33 %, allerdings ist die Korrelation zwischen Stabilität und Hochdrucklagen sogar leicht negativ ( $R^2=-0,31$ )

## 6 Literaturverzeichnis

Hiebl, J. und Schöner, W., 2018: Temperature inversions in Austria in a warming climate – changes in space and time, Met. Zeitschrift Vol.27 No.4 (2018), S. 309 – 323.

Jenkinson, A. F., 1977: An initial climatology of gales over the North Sea, Synoptic Climatology. Meteorological Office, Bracknell: Branch Memorandum No. 62.

Thudium, J. und Chélala, C., 2017: Zur Entwicklung der Häufigkeit atmosphärischer Inversionen im Alpenraum 1997 – 2016, Oekoscience AG, 22.05.2017 / 5992 70.

Thudium, J. und Chélala, C., 2019: Zur Entwicklung der Häufigkeit atmosphärischer Inversionen im Alpenraum 1997 – 2018 mit spezieller Betrachtung zu Tirol, Oekoscience AG, 20.09.2019 / 5844 90.

## 7 Appendix

### 7.1 Weitere Informationen zu den Stationen



Abbildung 7-1: Standort der TEMPIS-Station Hafelekarr auf dem Dachfirst der Bergstation. Die Wetterhütte ist mit einem orangen Kreis markiert.



Abbildung 7-2: Standort der TEMPIS-Station Olympisches Dorf bis 2015. Die Wetterhütte wurde 2015 entfernt und der Wind- und Temperaturfühler auf einen 6 m hohen Masten am Dachrand verlegt.



Abbildung 7-3 und 7-4: Standorte der TEMPIS-Stationen Hungerburg (links) und Rastlboden (rechts). Die Standorte sind trotz Umbau der Nordkettenbahn 2006 nicht verändert worden, es sind aber das alte, schmale Stützensystem bzw. das neue, breitere System erkennbar. Die Wetterhütten sind mit einem orangen Kreis markiert, links bis 2006, rechts 2006-2015.



Abbildung 7-5: Standorte der TEMPIS-Stationen Alpenzoo bis 2005 (links) und 2005-2015 (rechts). Vom Standort bis 2005 existieren keine Fotos mehr mit der Wetterhütte. Sie befand sich in etwa beim Stamm der Fichte in Bildmitte. Seit 2016 befindet sich die die Wetterhütte wenige Meter entfernt von jener auf dem rechten Bild, schräg gegenüber nach links unterhalb des Asphaltstreifens.



Abbildung 7-6: Die TEMPIS-Stationen Olympisches Dorf(links oben), Alpenzoo (rechts oben), Hungerburg (rechts unten) und Rastboden (links unten) ab 2015 nach der derzeit letzten Erneuerung. Die Temperatursensoren sind nun alle ventiliert. Die Messinstrumente der Stationen Hungerburg und Rastboden befinden sich deutlich weiter unten (mit gelben Kreisen markiert) auf den beiden Masten der Nordkettenbahn.

## 7.2 Datenaufbereitung und Qualitätskontrolle

In den folgenden Abschnitten werden detailliertere Informationen zur Datenbasis am Beginn des Projektes, der Digitalisierung fehlender Daten, der Datenkontrolle sowie den Grenzen der Qualitätskontrolle gegeben.

### 7.2.1 Die Datenbasis / Ausgangslage

TAGESWECHSEL: 062. TER TAG

Station	Kürzel	Seehöhe	Temperatur	Windgeschw.	Windrichtg.	...
102	...	...	...	270	2.9	12.4
170	...	...	...	170	1.7	6.2
150	...	...	...	150	3.7	6.2
180	...	...	...	180	5.5	11.5

03. März 1999

Abbildung 7-7: Beispiel eines Ausdruckes mit halbstündigen Blöcken, wie sie bis März 1999 geliefert wurden. Die relevanten ersten Spalten bezeichnen Stationsnummer, Stationskürzel, Seehöhe und Temperatur.

TEMPIS Stationsdaten Wetterdienststelle Innsbruck															Seite 1 von 1					Zeitraum: 20.10.2014 bis 20.10.2014		Messung: WMO										
ZEIT	KAR					RASTLB					HÜNBGB					ZOO					ODORF					STADT						
	LT	WR	WG	WMax	BAT	NPKT	SZEIT	LT	BAT	NPKT	SZEIT	LT	BAT	NPKT	SZEIT	LT	BAT	NPKT	SZEIT	LT	WR	WG	WMax	BAT	NPKT	SZEIT	WR	WG	WMax	BAT	NPKT	SZEIT
00:00	13,3	12,7	0	02:42	13,3	12,7	0	03:12	11,8	13,8	0	03:43	11,5	251	1,9	7,1	15,8	0	04:19	267	0,2	8,5	14,0	0	04:46							
01:00	13,8	12,7	0	02:42	12,7	12,5	0	03:14	11,6	13,8	0	03:43	11,4	239	1,0	6,2	15,8	0	04:19	249	0,2	9,0	13,9	0	04:46							
02:00	13,3	12,7	0	03:42	13,0	12,7	0	03:12	11,3	13,8	0	03:43	11,0	259	2,8	8,0	15,8	0	04:19	263	0,2	9,0	14,0	0	04:46							
03:00	13,7	12,7	0	02:42	13,6	12,5	0	03:12	11,8	13,8	0	03:43	10,6	244	4,7	8,0	15,8	0	04:19	262	3,0	13,7	14,0	0	04:46							
04:00	13,8	12,7	0	02:42	13,8	12,6	0	03:12	10,8	13,8	0	03:43	10,3	246	4,7	8,0	15,8	0	04:19	261	5,6	13,7	13,9	0	04:46							
05:00	13,2	12,6	0	02:43	12,3	12,6	0	03:12	10,5	13,8	0	03:43	10,1	231	1,9	7,1	15,8	0	04:19	250	3,9	8,3	13,9	0	04:46							
06:00	12,7	12,6	0	02:43	12,2	12,4	0	03:13	10,3	13,8	0	03:44	10,0	267	5,6	9,3	13,8	0	04:20	254	4,8	9,6	14,0	0	04:47							
07:00	12,8	12,6	0	02:43	12,2	12,6	0	03:13	10,2	13,8	0	03:44	9,8	264	3,7	6,2	13,8	0	04:20	235	1,1	4,8	13,7	0	04:45							
08:00	12,2	12,6	0	02:43	12,4	12,5	0	03:13	9,9	13,8	0	03:44	9,5	265	1,0	4,4	13,8	0	04:20	257	0,2	4,8	13,9	0	04:45							
09:00	12,8	12,6	0	02:43	12,3	12,4	0	03:12	9,7	13,8	0	03:44	9,3	260	4,7	8,0	13,8	0	04:20	263	3,9	8,8	14,0	0	04:46							
10:00	12,1	12,6	0	02:42	12,8	12,4	0	03:13	9,6	13,7	0	03:44	9,2	260	4,7	8,0	13,8	0	04:20	261	3,9	8,8	14,0	0	04:46							
11:00	12,7	12,4	0	02:42	12,6	12,5	0	03:12	9,6	13,7	0	03:44	9,1	263	2,9	5,3	13,8	0	04:20	263	3,9	7,2	13,9	0	04:46							
12:00	12,2	12,8	0	02:42	12,0	12,6	0	03:13	9,6	13,7	0	03:44	8,9	257	1,9	4,4	13,8	0	04:20	253	1,1	4,8	14,0	0	04:46							
13:00	12,6	12,6	0	02:42	0,0	0,0	0	03:13					9,1	256	1,9	5,3	13,7	0	04:19	250	2,1	6,4	13,9	0	04:46							
14:00	12,3	12,8	0	03:42	11,5	12,5	0	03:13	9,5	13,2	0	03:42	9,0	249	1,9	4,4	13,8	0	04:19	262	3,0	8,0	14,0	0	04:46							
15:00	12,1	13,0	0	02:42	11,7	12,8	0	03:13	9,2	12,6	0	03:42	9,0	268	2,9	6,2	13,8	0	04:19	259	3,9	8,8	14,0	0	04:46							
16:00	12,2	13,9	0	02:42	11,7	13,7	0	03:14	9,3	13,7	0	03:42	9,0	272	0,1	6,2	13,8	0	04:19	255	4,8	9,0	14,0	0	04:46							
17:00	12,8	14,0	0	02:42	12,4	13,8	0	03:14	9,7	13,8	0	03:42	9,5	254	1,9	6,2	13,8	0	04:19	259	5,7	9,6	14,0	0	04:46							
18:00	13,1	14,0	0	02:42	12,2	13,8	0	03:12	9,9	13,8	0	03:42	9,7	266	2,9	6,2	13,8	0	04:19	253	3,9	8,0	14,0	0	04:46							
19:00	13,4	13,9	0	02:43	12,2	13,6	0	03:12	10,4	13,8	0	03:42	10,1	253	1,0	4,4	13,8	0	04:19	197	3,9	5,6	13,9	0	04:46							
20:00	13,9	13,9	0	02:43	12,7	13,7	0	03:12	11,7	13,8	0	03:42	11,1	219	1,0	4,4	13,8	0	04:19	153	1,1	8,0	13,9	0	04:46							
21:00	14,2	13,9	0	02:43	12,9	13,7	0	03:12	12,1	13,8	0	03:42	11,6	268	0,1	4,4	13,8	0	04:19	197	3,1	4,8	14,0	0	04:47							
22:00	15,1	13,8	0	02:43	6,0	6,0	00	03:12	13,8	13,8	0	03:42	12,3	358	1,1	6,2	13,8	0	04:20	240	1,1	7,2	13,9	0	04:47							
23:00	15,7	13,9	0	02:43	14,6	13,7	0	03:12	15,6	13,8	0	03:43	13,8	127	0,9	6,2	13,8	0	04:20	152	3,0	7,2	13,7	0	04:45							
24:00	16,0	13,8	0	02:43	15,2	13,7	0	03:12	16,9	13,8	0	03:43	15,1	72	1,8	6,2	13,8	0	04:20	141	3,8	8,8	13,9	0	04:45							
01:00	16,0	13,8	0	02:43	15,5	13,5	0	03:12	17,4	13,8	0	03:43	16,4	300	1,0	5,3	13,8	0	04:20	146	3,8	8,8	13,9	0	04:45							
02:00	15,8	13,8	0	02:43	16,4	13,7	0	03:13	18,8	13,8	0	03:43	17,4	106	1,8	8,0	13,8	0	04:20	132	3,8	9,6	13,9	0	04:46							
03:00	15,5	13,8	0	02:42	16,4	13,7	0	03:13	19,0	13,8	0	03:43	17,1	91	7,3	15,1	13,8	0	04:20	3,7	3,7	12,9	14,0	0	04:46							
04:00	15,7	13,8	0	02:42	16,5	13,5	0	03:13	18,9	13,8	0	03:43	18,2	99	5,5	11,5	13,8	0	04:20	81	5,6	12,9	13,9	0	04:46							
05:00	16,2	13,8	0	02:42	17,5	13,5	0	03:13					19,0	67	2,7	8,0	13,6	0	04:19	172	0,2	8,8	13,9	0	04:46							
06:00	16,6	13,7	0	02:42	18,0	13,6	0	03:13	19,1	13,2	0	03:42	19,5	81	3,6	9,8	13,8	0	04:19	179	0,2	7,2	14,0	0	04:46							
07:00	17,0	13,7	0	02:42	18,4	13,6	0	03:13	19,1	12,6	0	03:42	19,7	101	4,6	8,9	13,8	0	04:19	252	0,3	7,2	13,9	0	04:46							
08:00	16,5	13,8	0	02:42	17,8	13,6	0	03:13	18,6	13,8	0	03:42	19,2	92	6,4	9,8	13,8	0	04:19	118	2,0	12,9	13,8	0	04:46							
09:00	16,3	13,8	0	02:42	17,4	13,5	0	03:13	18,3	13,9	0	03:42	18,8	90	7,3	11,5	13,8	0	04:19	128	1,1	11,2	14,0	0	04:46							
10:00	16,0	13,7	0	02:42	16,6	13,4	0	03:12	17,7	13,8	0	03:42	18,4	68	6,4	8,9	13,8	0	04:19	183	1,1	10,4	13,9	0	04:46							
11:00	15,8	13,1	0	02:42	16,3	12,9	0	03:12	17,3	13,8	0	03:42	17,9	67	5,5	8,0	13,8	0	04:19	136	0,1	9,0	13,9	0	04:46							
12:00	14,9	12,8	0	02:42	16,0	12,8	0	03:12	16,8	13,8	0	03:42	17,5	86	3,6	8,9	13,8	0	04:19	196	1,1	11,2	13,9	0	04:46							
13:00	14,0	12,8	0	02:43	15,8	12,8	0	03:12	16,1	13,8	0	03:43	17,1	289	1,9	8,8	13,8	0	04:20	212	0,2	7,2	13,9	0	04:46							
14:00	14,9	12,8	0	02:43		9,0	0	03:12	15,6	13,8	0	03:43	16,8	270	1,9	4,4	13,8	0	04:20	197	6,8	13,7	13,9	0	04:47							
15:00	14,7	12,8	0	03:43	15,6	12,8	0	03:12	15,2	13,8	0	03:43	16,0	307	1,0	6,2	13,8	0	04:20	193	6,0	13,7	13,9	0	04:45							
16:00	14,6	12,7	0	02:43	15,3	12,8	0	03:12	14,9	13,8	0	03:43	15,5	313	2,0	8,0	13,8	0	04:20	241	0,2	9,6	13,9	0	04:45							
17:00	14,6	12,7	0	02:43	15,1	12,7	0	03:13	14,7	13,8	0	03:43	15,0	316	2,0	6,2	13,8	0	04:20	201	0,2	9,0	14,0	0	04:45							
18:00	14,4	12,7	0	02:41	14,8	12,7	0	03:13	14,6	13,8	0	03:43	14,8	316	2,9	5,3	13,8	0	04:20	180	0,2	2,4	14,0	0	04:45							
19:00	14,4	12,6	0	02:42	14,9	12,7	0	03:13	14,4	13,8	0	03:43	14,6	321	1,1	4,4	13,8	0	04:20	211	0,2	7,2	13,9	0	04:45							
20:00	14,0	12,7	0	02:42	14,5	12,7	0	03:13	14,3	13,8	0	03:43	14,0	29	6,4	8,0	13,7	0	04:19	121	0,1	0,0	14,0	0	04:46							
21:00	14,2	12,7	0	02:42	14,4	12,7	0	03:13					14,0	39	3,7	4,4	13,8	0	04:19	121	0,1	0,0	14,0	0	04:46							
22:00	13,9	12,7	0	02:42	14,2	12,6	0	03:13	14,3	13,8	0	03:43	13,8	99	3,7	4,4	13,8	0	04:19	121	0,1	0,0	14,0	0	04:46							

welcher Spalte sich der Wert befindet! Siehe Abbildung 7-9.

- Diese html-Files wurden in einen ASCII-File „übersetzt“. Grundsätzlich werden dabei über „span title“ die Zeilen identifiziert und über die Position der bbox entschieden, um welche Spalte es sich handelt. Rausgeschrieben werden die Zeit, die Temperaturwerte und der Batterie-Spannungswert aller Stationen, Leerstellen werden durch einen Fehlwert (-99,8) ersetzt. Ein Auszug des Datenfiles für den Beispieltag 20.10.2014 findet sich in Abbildung 7-10. Bei manchen der resultierenden dat-Files waren Korrekturen anzubringen, diese wurden von J. Vergeiner direkt in den Files im Vergleich mit den Scans angebracht. Das betrifft hauptsächlich Non-Ascii Character, die zum Beispiel statt einem Minus-Zeichen zugeordnet wurden oder auftauchten, wenn auf den Tagesblättern etwas händisch vermerkt wurde.
- Im letzten Schritt wurden die Daten mit einem python-Programm in die Datenbank eingespielt.

```
</span>
</span>
<span title="baseline 0.007 -54; bbbox 167 745 6674 844; x_ascenders 15.335708; x_descenders 15.335708; x_size 61.342831" class="ocr_line" id="line_1_56">
<span title="bbbox 167 745 315 792; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 94" class="ocrx_word" id="word_1_104" lang="de"><strong>00:30</strong></span>
<span title="bbbox 1782 754 1888 811; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 89" class="ocrx_word" id="word_1_105" lang="de"><strong>13,3</strong></span>
<span title="bbbox 1978 755 2087 811; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 92" class="ocrx_word" id="word_1_106" lang="de"><strong>12,7</strong></span>
<span title="bbbox 2206 757 2235 803; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 94" class="ocrx_word" id="word_1_107" lang="de"><strong>0</strong></span>
<span title="bbbox 2344 758 2496 804; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 88" class="ocrx_word" id="word_1_108" lang="de"><strong>02:42</strong></span>
<span title="bbbox 2578 759 2686 816; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 91" class="ocrx_word" id="word_1_109" lang="de"><strong>13,3</strong></span>
<span title="bbbox 2776 761 2885 816; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 95" class="ocrx_word" id="word_1_110" lang="de"><strong>12,7</strong></span>
<span title="bbbox 3003 762 3032 808; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 95" class="ocrx_word" id="word_1_111" lang="de"><strong>0</strong></span>
<span title="bbbox 3139 763 3289 810; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 88" class="ocrx_word" id="word_1_112" lang="de"><strong>03:13</strong></span>
<span title="bbbox 3371 765 3479 822; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 95" class="ocrx_word" id="word_1_113" lang="de"><strong>11,8</strong></span>
<span title="bbbox 3569 766 3676 822; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 91" class="ocrx_word" id="word_1_114" lang="de"><strong>13,8</strong></span>
<span title="bbbox 3796 768 3826 814; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 98" class="ocrx_word" id="word_1_115" lang="de"><strong>0</strong></span>
<span title="bbbox 3935 769 4086 816; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 89" class="ocrx_word" id="word_1_116" lang="de"><strong>03:43</strong></span>
<span title="bbbox 4168 771 4276 826; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 88" class="ocrx_word" id="word_1_117" lang="de"><strong>11,5</strong></span>
<span title="bbbox 4367 772 4459 818; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 89" class="ocrx_word" id="word_1_118" lang="de"><strong>251</strong></span>
<span title="bbbox 4564 774 4638 830; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 89" class="ocrx_word" id="word_1_119" lang="de"><strong>1,9</strong></span>
<span title="bbbox 4775 776 4849 832; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 90" class="ocrx_word" id="word_1_120" lang="de"><strong>7,1</strong></span>
<span title="bbbox 4961 777 5069 834; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 90" class="ocrx_word" id="word_1_121" lang="de"><strong>13,8</strong></span>
<span title="bbbox 5189 778 5217 824; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 95" class="ocrx_word" id="word_1_122" lang="de"><strong>0</strong></span>
<span title="bbbox 5323 780 5474 826; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 91" class="ocrx_word" id="word_1_123" lang="de"><strong>34:19</strong></span>
<span title="bbbox 5560 782 5658 828; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 91" class="ocrx_word" id="word_1_124" lang="de"><strong>267</strong></span>
<span title="bbbox 5756 783 5834 839; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 93" class="ocrx_word" id="word_1_125" lang="de"><strong>0,2</strong></span>
<span title="bbbox 5976 786 6053 843; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 87" class="ocrx_word" id="word_1_126" lang="de"><strong>8,8</strong></span>
<span title="bbbox 6161 789 6268 844; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 92" class="ocrx_word" id="word_1_127" lang="de"><strong>14,0</strong></span>
<span title="bbbox 6389 790 6417 836; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 98" class="ocrx_word" id="word_1_128" lang="de"><strong>0</strong></span>
<span title="bbbox 6524 792 6674 839; x_font Times_New_Roman_Bold; x_fsize 7; x_wconf 90" class="ocrx_word" id="word_1_129" lang="de"><strong>34:46</strong></span>
</span>
```

Abbildung 7-9: Auszug aus einem html-File der zeigt, wie die Datenzeile um 00:30 vom 20.10.2014 im html-Code aussieht. Vergleiche mit der ersten Zeile in Abbildung 2.

20141020.dat									
1	00:30	13,3	12,7	13,3	12,7	11,8	13,8	11,5	13,8
2	01:00	13,8	12,7	12,7	12,5	11,6	13,8	11,4	13,8
3	01:30	13,3	12,7	13,0	12,7	11,3	13,8	11,0	13,8
4	02:00	13,7	12,7	13,6	12,5	11,0	13,8	10,6	13,8
5	02:30	13,8	12,7	12,9	12,6	10,8	13,8	10,3	13,8
6	03:00	13,2	12,6	12,3	12,6	10,5	13,8	10,1	13,8
7	03:30	12,7	12,6	12,2	12,4	10,3	13,8	10,0	13,8
8	04:00	12,8	12,6	12,2	12,6	10,2	13,8	9,8	13,8
9	04:30	12,2	12,6	12,4	12,5	9,9	13,8	9,5	13,8
10	05:00	12,8	12,6	12,3	12,4	9,7	13,8	9,3	13,8
11	05:30	12,1	12,6	12,8	12,4	9,6	13,7	9,2	13,8
12	06:00	12,7	12,4	12,6	12,5	9,6	13,7	9,1	13,8
13	06:30	12,2	12,5	12,0	12,6	9,6	13,7	8,9	13,8
14	07:00	12,6	12,6	0,0	0,0	-99,8	-99,8	9,1	13,7
15	07:30	12,3	12,5	11,5	12,5	9,5	13,2	9,0	13,8
16	08:00	12,1	13,0	11,7	12,8	9,2	12,6	9,0	13,8
17	08:30	12,2	13,9	11,7	13,7	9,3	13,7	9,0	13,8
18	09:00	12,8	14,0	12,4	13,8	9,7	13,8	9,5	13,8
19	09:30	13,1	14,0	12,2	13,8	9,9	13,8	9,7	13,8
20	10:00	13,4	13,9	12,2	13,6	10,4	13,8	10,1	13,8
21	10:30	13,9	13,9	12,7	13,7	11,7	13,8	11,1	13,8
22	11:00	14,3	13,9	12,9	13,7	12,1	13,8	11,6	13,8
23	11:30	15,1	13,8	6,0	6,0	13,8	13,8	12,3	13,8
24	12:00	15,7	13,9	14,6	13,7	15,6	13,8	13,8	13,8
25	12:30	16,0	13,8	15,2	13,7	16,9	13,8	15,2	13,8
26	13:00	16,0	13,8	15,5	13,5	17,6	13,8	16,4	13,8
27	13:30	15,8	13,8	16,4	13,7	18,8	13,8	17,4	13,8
28	14:00	15,5	13,8	16,4	13,7	19,0	13,8	17,1	13,8
29	14:30	15,7	13,8	16,5	13,5	18,9	13,8	18,2	13,8
30	15:00	16,2	13,8	17,5	13,5	-99,8	-99,8	19,5	13,8

Abbildung 7-10: Auszug aus dem dat-File für den 20.10.2014. Nach der Uhrzeit stehen die identifizierten Temp- und Spannungswerte von Rastlboden, Hungerburg, Alpenzoo und Olympisches Dorf. Vergleiche mit Abbildung 7-8.

### 7.2.2.2 Ergänzung im Rahmen der visuellen Datenkontrolle

Um eine möglichst gute Datenqualität zu erzielen und weil eine Automatik nicht alle Probleme erfassen kann, wurden alle Tage der Auswerteperiode 1999 – 2015 tagesweise angeschaut. Dazu wurde ein Webtool entwickelt, das in Abbildung 7-11 gezeigt wird. Die Temperaturdaten der TEMPIS-Stationen werden aus der Datenbank-Tabelle in das Formular geladen. Bei Bedarf werden Daten ergänzt oder korrigiert. Mit dem Update werden die Daten in die Tabelle zurück geschrieben. Wenn kein Eintrag vorhanden ist, wird die Zelle hellrot unterlegt, deklarierte Fehlwerte -998 sind gelb hinterlegt, Nullwerte grün. Das dient der leichteren visuellen Identifizierung dieser Werte, gerade Nullwerte waren oft falsch und durch Fehlwerte zu ersetzen. Wird der Haken erledigt gesetzt, so ist der Tag fertig kontrolliert und taucht nicht mehr als „Tag

mit unvollständigen Daten“ oder „Tag ohne Daten“ auf. Die entsprechende Abrechnung der Daten pro Tag nutzt eine temporäre Tabelle. Über dieses Webtool wurden auch die 90 Tage von 1.1. bis 31.3. 1999 anhand der Ausdrucke mit den Halbstundenblöcken händisch eingegeben, weil dafür noch keine Digitalisierungsschiene entwickelt werden konnte. Dank an Susanne Lentner und Irma Stenzel (Umweltabteilung in Wien) für die Mithilfe!

Tage mit unvollständigen Daten:  Tage ohne Daten:  beliebiger Tag:   verticalTabs

Temperaturdaten aus Tabelle 'rohdata' [1/10°C] fuer 2014-10-20					
Stdmin	1: KAR	3: RASTLBODEN	4: HUNGERBURG	5: ALPENZOO	6: ODORF
00-30	1-00-30	133	133	118	115
01-00	1-01-00	138	127	116	114
01-30	1-01-30	133	130	113	110
02-00	1-02-00	137	136	110	106
02-30	1-02-30	138	129	108	103
03-00	1-03-00	132	123	105	101
03-30	1-03-30	127	122	103	100
04-00	1-04-00	128	122	102	98
04-30	1-04-30	122	124	99	95
05-00	1-05-00	128	123	97	93
05-30	1-05-30	121	128	96	92
06-00	1-06-00	127	126	96	91
06-30	1-06-30	122	120	96	89
07-00	1-07-00	126	-998	-998	91
07-30	1-07-30	123	115	95	90
08-00	1-08-00	121	117	92	90
08-30	1-08-30	122	117	93	90
09-00	1-09-00	128	124	97	95
09-30	1-09-30	131	122	99	97
10-00	1-10-00	134	122	104	101
...					
22-30	1-22-30	140	145	143	143
23-00	1-23-00	142	144	-998	140
23-30	1-23-30	139	142	143	138
24-00	1-24-00	133	140	139	138

2014-10-20 erledigt?

Abbildung 7-11: Das Webtool zur Datenkontrolle mit den geladenen Daten des 20.10.2014.

## 7.2.3 Datenkontrolle

### 7.2.3.1 Tagesweise Datenkontrolle über Webtool

Der Ablauf wurde bereits im Abschnitt 7.2.2.2 weitgehend beschrieben. Kontrolliert wurde einerseits, ob die Werte in der Datenbank richtig erfasst wurden, ob sie also jenen der Tagesblätter entsprechen. Häufige Fehler waren:

- Ein Nullwert in der Datenbank statt einem Fehlwert (Spalte in den Tagesblättern ist leer, wurde falsch digitalisiert)
- Falsches Zuordnen der Spalten bei der ursprünglichen Digitalisierung, dann taucht z. B. die Batteriespannung als Temperaturwert auf
- Original aufgezeichnete, unrichtige Ausreißer (auch in den Tagesblättern falsch)
- Hänger nach einem Fehlwert: Nach einem Ausfall eines Halbstundenwertes scheint als folgender Wert jener vor dem Ausfall auf

### 7.2.3.2 Datenkontrolle über Temperaturgradienten bzw. – abweichungen zu einer Referenzstation

Über eine programmierte Qualitätskontrolle wurden Flags in einem ersten Schritt gesetzt, ohne die Daten zu verändern. Die Kriterien für die QC waren die Folgenden:

- Bei den Stationen Rastlboden und Hungerburg muss der Temperaturgradient von der Referenzstation Innsbruck Flughafen zur Station im Bereich  $-2 \text{ K}/100\text{m}$  bis  $+4 \text{ K}/100\text{m}$  liegen. Und der Gradient von der Station zur Gipfelreferenz Patscherkofel im Bereich  $-1.2 \text{ K}/100\text{m}$  bis  $+1.0 \text{ K}/100\text{m}$ <sup>8</sup>.
- Die restlichen Stationen wurden auf Überschreitung einer Temperaturabweichung zu einer höhenmäßig nahegelegenen Referenz geprüft. Die Abweichung vom Hafelekar zum Patscherkofel sollte dabei im Bereich  $[-4.0 \text{ °C}, +4.0 \text{ °C}]$  liegen, jene vom Olympisches Dorf und vom Alpenzoo zum Flughafen im Bereich  $[-4.0 \text{ °C}, +6.0 \text{ °C}]$ . Bei Föhn im Wipptal (Ellbögen) wurde an diesen beiden Stationen eine positive Abweichung von  $+10 \text{ °C}$  akzeptiert, da vor Ausräumen der bodennahen Kaltluft (kurzfristig) viel wärmere Temperaturen im Olympisches Dorf bzw. beim Alpenzoo auftreten können.

Insgesamt wurden über die oben genannten Kriterien 986 Flags gesetzt, also verdächtige Halbstundenwerte entdeckt. Diese Werte wurden wieder mit einem Webtool, bei dem man alle vorhandenen Temperaturdaten des Tages laden und bearbeiten kann, angeschaut. Meist wurde

---

<sup>8</sup> Ein positiver Gradient steht für eine Zunahme der Temperatur mit der Höhe.

der Wert gut gegeben oder auf Fehlwert gesetzt, in seltenen Fällen wurde aber auch der qualitätskontrollierte Temperaturwert händisch gesetzt.

### 7.2.3.3 Visuelle Kontrolle über Monatsplots

Zunächst wurden monatliche Zeitreihenplots (für alle 240 Monate im Zeitraum 1999 – 2018) des Temperaturgradienten der Talstation Innsbruck Flughafen zu den TEMPIS-Stationen Hafelekofel, Patscherkofel, Rastlboden und Hungerburg geplottet. Die Stationen Alpenzoo und Olympisches Dorf wurden weggelassen, weil diese Gradienten aufgrund der geringen Höhendifferenz zum Talboden sehr stark streuen und das grafische Bild damit stören. Abbildung 7-12 zeigt einen Beispielplot für den April 2001. Hier ist der Peak beim Gradienten zur Hungerburg (gelbe Linie) zu Beginn des 30. 04. auffällig, alle anderen Minima und Maxima sind anhand des Vergleiches der Zeitreihen konsistent.

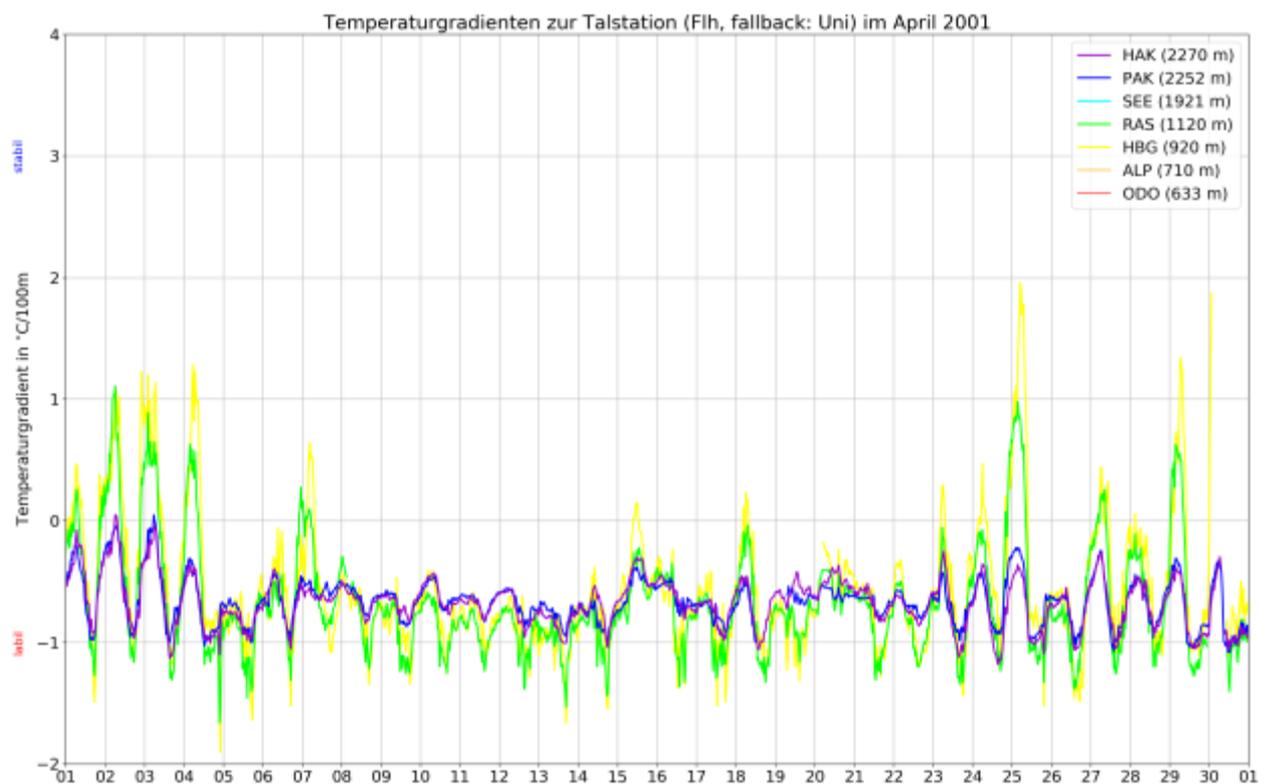


Abbildung 7-12: Zeitreihe der Temperaturgradienten zur Talstation (Innsbruck Flughafen, fallback Innsbruck Universität) im April 2001. Zuordnung zu den Stationen sind der Legende zu entnehmen.

Je dicker die Schicht, desto glatter ist der Verlauf des Temperaturgradienten. Der Vorteil dieser Darstellung ist, dass sehr gut erkennbar ist, ob bei Ausreißern ähnliche Verläufe bei den Gradienten zu den anderen Stationen vorhanden sind oder nicht. Im Falle von auffälligen Ausreißern wurde der entsprechende Temperaturwert an der betroffenen Station noch einmal geprüft.

#### 7.2.3.4 Offset an der Station Olympisches Dorf

Bei der Datenkontrolle fielen einige Perioden im Zeitraum November 2005 bis Jänner 2007 an der Station Olympisches Dorf auf, in denen die Temperatur zwar einen nachvollziehbaren Gang aufweist, aber mit einem Offset versehen ist. Diese Perioden wurden identifiziert und der Offset anhand eines Vergleiches zu den Werten der anderen Stationen in diesen Perioden und (als Referenz) demselben Zeitraum aller anderen Jahre der alten TEMPIS-Reihe (1999 – 2004 und 2007 -2015) bestimmt. Die Tabelle 7-1 fasst die Perioden und den ermittelten Offset zusammen. Die Offset-Korrektur erfolgte auf den Parameter TempQC (qualitätskontrollierte Temperatur), der originale Temperaturwert ist unabhängig davon immer noch verfügbar.

Anfang JJJJMMDDhhmm	Ende JJJJMMDDhhmm	Offset °C
200511250000	200604052330	-2,0
200605060000	200605151130	-0,7
200605151200	200606012330	-8,1
200606020000	200607132330	-4,2
200607140000	200607212330	-1,0
200608100000	200701082330	-2,5

Tabelle 7-1: Perioden und dazugehörige Temperatur-Offsets in den originalen Temperaturwerten der Station Olympisches Dorf. Ein negativer Offset bedeutet, dass der Temperaturwert zu niedrig ist und nach oben korrigiert werden muss.

#### 7.2.4 Grenzen der Qualitätskontrolle

Wie aus den bisherigen Ausführungen ersichtlich ist, wurden zahlreiche Anstrengungen unternommen, um die Qualität der untersuchten Datenreihen zu verbessern. Bei schleichenden Veränderungen der Umgebung oder des Mess-Systems (Wetterhütte – Sensor) stoßen diese Bemühungen aber an ihre Grenzen. Leider gibt es auch fast keine Aufzeichnungen zur Wartung der Stationen, die damals zuständigen Techniker wurden ausführlich befragt, konnten aber allfällige Veränderungen auch nur aus dem Gedächtnis reproduzieren. Die Metadatenlage ist also dürftig.

Hinsichtlich des Mess-Setups sticht natürlich ins Auge, dass die Wetterhütten nicht ventiliert waren. Daraus resultiert bei Sonneneinstrahlung je nach lokalem Wind eine Überwärmung und nachts potentiell eine reduzierte Auskühlung. Wie sich das an den einzelnen Standorten auswirkt, wurde bereits in Abschnitt 2 dargelegt. Zusammenfassend kann hier gesagt werden, dass der Standort Alpezzoo am deutlichsten von mangelnder Durchlüftung betroffen war, während andere



2014	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2015	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2016	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	99,9	99,9	99,7	99,9	99,8	99,9	99,9	99,9
2017	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,8	99,8	99,7	99,9
2018	99,9	99,8	99,9	100,0	100,0	100,0	99,9	99,5	99,9	99,9	100,0	100,0	99,9

UNI 580 m ü. NN													
JAHR	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAHR
1999	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	89,0	92,3	94,7	100,0	98,0
2000	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2001	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	53,6	91,5	97,4	100,0	100,0	95,1
2002	100,0	90,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,7	100,0	99,2
2003	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2004	100,0	100,0	100,0	97,0	100,0	100,0	100,0	100,0	96,8	100,0	100,0	100,0	99,5
2005	100,0	100,0	100,0	97,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8
2006	100,0	100,0	99,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9
2007	100,0	100,0	100,0	99,4	95,4	99,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	87,1	98,4
2008	0,0	0,0	0,0	0,0	54,0	100,0	60,0	100,0	95,5	94,9	100,0	100,0	58,9
2009	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	18,8	99,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,2
2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2011	100,0	100,0	100,0	100,0	97,2	100,0	100,0	84,7	100,0	100,0	100,0	100,0	98,5
2012	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2013	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2014	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2015	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2016	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2017	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2018	100,0	100,0	100,0	99,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

ODO 632 m ü. NN													
JAHR	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAHR
1999	93,6	98,1	94,5	85,3	99,7	66,0	99,4	98,6	100,0	96,8	99,4	89,2	93,4
2000	100,0	84,6	94,2	95,2	96,0	88,9	97,9	99,7	97,3	99,3	99,1	98,4	95,9
2001	97,8	94,9	94,6	99,6	100,0	97,5	93,5	44,9	92,6	88,0	71,2	92,3	88,8
2002	77,6	87,0	91,5	99,0	97,7	91,0	97,5	99,7	96,7	86,1	81,9	86,4	91,0
2003	91,3	85,6	95,6	90,1	79,6	96,9	88,4	75,1	67,6	92,3	85,4	91,8	86,7
2004	83,1	87,9	86,2	84,3	84,3	97,6	90,4	96,2	79,8	97,7	98,5	96,6	90,3
2005	92,2	96,8	93,6	98,1	93,7	96,0	21,6	96,1	21,9	0,0	18,5	78,8	67,1
2006	55,2	94,1	91,7	8,7	83,1	97,0	57,5	9,9	66,0	88,0	96,2	83,1	69,0
2007	14,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
2008	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	98,6	9,5
2009	96,9	97,8	99,7	97,6	69,1	86,0	97,3	97,9	89,7	98,3	98,2	98,7	93,9

2010	98,9	97,5	97,9	98,1	97,0	95,9	97,2	99,0	100,0	98,9	99,0	98,6	98,2
2011	96,0	96,4	97,8	99,5	100,0	95,3	95,8	91,3	82,6	97,8	96,6	99,5	95,8
2012	99,5	97,6	99,1	98,7	97,2	94,4	95,3	98,5	96,1	99,0	97,8	96,3	97,5
2013	98,5	98,3	97,0	94,5	96,9	96,2	95,5	98,2	100,0	98,9	100,0	99,5	97,8
2014	98,5	99,5	84,0	98,8	99,6	96,0	99,5	98,5	98,6	97,2	99,5	96,4	97,1
2015	95,6	96,8	100,0	90,5	99,3	82,4	97,4	97,3	99,3	99,9	96,9	7,6	88,5
2016	100,0	99,6	99,9	99,9	99,9	99,8	99,9	100,0	98,8	99,2	100,0	99,9	99,7
2017	97,2	100,0	99,9	99,9	99,9	99,9	99,5	99,9	100,0	99,9	100,0	99,5	99,6
2018	100,0	100,0	100,0	100,0	68,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	97,3

ALP 705 m ü. NN													
JAHR	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAHR
1999	91,9	96,4	89,9	84,3	98,7	65,6	97,0	97,4	99,2	99,7	99,1	87,7	92,3
2000	99,3	80,9	94,2	94,7	98,3	84,0	91,5	98,7	77,8	97,9	98,8	92,7	92,5
2001	98,3	94,8	94,0	97,2	97,8	91,0	76,3	76,4	72,4	95,6	71,4	96,2	88,4
2002	79,4	98,0	98,3	97,5	97,8	91,1	96,4	94,8	86,2	39,1	67,7	82,8	85,7
2003	89,2	98,5	88,7	80,3	72,1	92,0	95,2	94,4	93,9	91,9	96,8	99,6	91,0
2004	96,1	97,1	92,8	95,7	94,2	100,0	94,6	95,9	81,0	98,3	99,2	100,0	95,4
2005	92,8	97,2	97,4	98,1	95,6	100,0	98,8	100,0	84,7	0,0	25,9	81,0	80,9
2006	86,8	31,8	83,5	76,2	96,2	94,2	97,5	93,6	100,0	99,7	98,9	99,7	88,6
2007	99,0	98,7	98,1	94,4	56,7	88,0	75,3	10,6	42,3	62,9	74,1	47,4	70,3
2008	71,2	79,0	72,7	96,7	49,8	71,1	30,6	47,6	54,4	58,1	68,1	94,4	66,0
2009	96,7	94,3	95,6	97,0	69,7	79,4	97,8	98,2	90,4	92,5	89,6	99,0	91,7
2010	97,1	97,6	100,0	96,8	100,0	100,0	100,0	98,3	97,4	92,9	100,0	100,0	98,3
2011	99,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	98,2	91,1	80,0	99,6	99,7	99,4	97,3
2012	99,0	97,9	99,1	100,0	98,9	98,5	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	99,5	99,4
2013	100,0	96,4	98,1	99,4	95,8	96,2	98,5	93,2	100,0	92,7	98,7	100,0	97,4
2014	98,5	100,0	85,1	97,9	99,0	97,7	99,0	99,0	100,0	97,2	96,6	85,8	96,3
2015	94,2	92,4	94,0	91,7	91,9	81,6	98,9	99,1	98,8	92,5	97,2	93,3	93,8
2016	100,0	99,6	99,9	99,9	99,8	100,0	99,9	99,8	99,6	99,3	99,9	99,9	99,8
2017	97,1	100,0	100,0	99,9	99,9	100,0	99,5	99,9	99,9	100,0	99,4	99,9	99,6
2018	100,0	99,9	99,9	99,9	99,7	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0	99,9

HBG 932 m ü. NN													
JAHR	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAHR
1999	94,3	100,0	94,5	84,2	98,9	65,4	99,4	99,7	99,5	100,0	97,8	88,2	93,5
2000	92,5	82,3	93,3	95,8	97,9	87,7	97,3	99,1	97,9	99,7	90,3	95,9	94,2
2001	83,3	83,9	94,2	98,5	100,0	97,8	94,2	86,6	95,3	95,6	65,8	73,2	89,1
2002	79,8	97,8	98,3	97,4	99,1	91,1	97,5	100,0	94,0	95,3	85,8	73,5	92,4
2003	93,0	82,8	96,2	93,6	83,7	95,8	97,4	95,0	95,3	84,0	90,2	78,8	90,5
2004	47,6	75,1	87,4	98,1	96,0	100,0	94,6	97,0	71,2	77,2	11,3	93,1	79,2
2005	70,0	49,3	95,6	97,8	95,5	100,0	100,0	100,0	95,8	99,7	100,0	66,9	89,5

2006	94,6	81,4	95,9	40,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,8
2007	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
2008	0,0	0,0	71,2	99,1	50,4	74,9	31,9	49,1	58,5	59,7	69,4	98,5	55,3
2009	98,5	94,8	98,8	98,7	70,4	85,1	99,5	98,1	89,2	97,3	96,2	54,1	90,0
2010	99,4	71,9	100,0	98,8	95,2	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0	97,3
2011	100,0	99,5	100,0	100,0	97,2	100,0	99,7	92,3	83,5	99,9	99,7	98,3	97,5
2012	100,0	98,7	100,0	100,0	99,2	96,0	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	99,6	99,5
2013	100,0	98,1	99,7	100,0	100,0	99,7	99,7	99,0	100,0	96,0	100,0	100,0	99,4
2014	100,0	100,0	84,9	98,8	100,0	98,1	99,5	100,0	100,0	97,2	100,0	98,6	98,1
2015	99,3	99,4	99,1	94,4	99,7	84,0	100,0	99,3	99,6	99,3	98,5	96,4	97,4
2016	100,0	91,2	99,8	99,9	99,7	99,9	99,9	99,9	98,5	99,3	99,9	99,9	99,0
2017	97,2	99,8	100,0	99,9	99,9	100,0	99,9	100,0	99,9	99,9	99,9	99,9	99,7
2018	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	99,8	100,0	100,0	99,9	99,7	100,0	99,7	99,9

RAB 1235 m ü. NN													
JAHR	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAHR
1999	94,3	100,0	95,2	85,0	100,0	66,0	99,4	100,0	99,5	100,0	93,8	88,4	93,5
2000	100,0	84,1	93,7	96,2	97,9	88,9	97,8	100,0	97,7	100,0	99,1	98,4	96,2
2001	98,3	94,6	94,4	98,1	100,0	97,5	94,2	89,5	94,8	96,0	69,1	96,2	93,6
2002	79,8	98,9	98,2	97,4	99,1	91,0	97,5	100,0	93,6	95,6	38,5	0,0	82,3
2003	0,0	0,0	17,1	47,3	61,6	94,2	80,6	59,3	75,0	29,0	19,4	42,9	44,1
2004	6,3	0,0	56,7	80,8	83,3	68,5	83,2	94,2	78,1	40,5	3,1	7,5	50,4
2005	22,4	94,0	97,9	98,1	94,8	100,0	100,0	100,0	95,6	99,3	100,0	82,7	90,3
2006	81,8	76,6	95,2	30,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,4
2008	21,0	80,7	73,0	97,8	50,1	72,9	33,3	51,1	58,4	58,9	69,1	98,6	63,5
2009	98,6	96,0	99,7	98,7	70,8	86,0	99,5	94,7	91,7	99,6	98,8	99,7	94,5
2010	99,4	99,7	100,0	99,2	99,3	100,0	98,3	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0	99,6
2011	100,0	99,5	100,0	100,0	100,0	100,0	99,7	92,3	83,5	99,9	99,7	99,7	97,9
2012	100,0	98,7	100,0	100,0	100,0	98,5	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	99,6	99,7
2013	100,0	98,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,2	99,2	99,7	100,0	99,4
2014	100,0	99,6	85,2	99,6	100,0	98,1	100,0	100,0	100,0	97,2	99,7	98,9	98,2
2015	99,4	100,0	98,5	94,7	100,0	84,2	99,5	99,3	100,0	99,4	98,5	97,8	97,6
2016	100,0	99,8	99,9	100,0	99,9	100,0	99,9	99,9	89,4	99,1	99,9	99,9	99,0
2017	97,2	99,6	100,0	100,0	99,7	99,9	100,0	99,9	99,9	99,9	100,0	100,0	99,7
2018	99,9	100,0	100,0	100,0	99,9	99,9	99,9	100,0	99,9	99,9	99,9	98,1	99,8

PAK 2252 m ü. NN													
JAHR	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAHR
1999	99,9	99,4	100,0	98,7	100,0	99,1	96,6	98,7	98,5	97,7	99,4	91,3	98,3
2000	96,8	99,4	99,4	90,5	92,4	89,5	73,6	93,0	99,7	100,0	85,9	100,0	93,3
2001	100,0	100,0	100,0	97,4	97,0	98,7	98,8	87,4	63,5	82,7	98,5	100,0	93,7
2002	99,6	100,0	100,0	100,0	100,0	91,2	80,2	100,0	52,6	100,0	72,2	94,8	90,9

2003	95,2	100,0	100,0	100,0	96,1	98,3	78,8	99,3	98,8	100,0	83,5	100,0	95,8
2004	100,0	99,7	99,1	100,0	100,0	100,0	90,1	100,0	98,1	93,1	100,0	100,0	98,3
2005	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,3	100,0	99,4	99,9
2006	100,0	99,6	100,0	100,0	93,4	99,4	100,0	100,0	93,6	100,0	100,0	100,0	98,8
2007	99,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2008	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	85,8	90,7	100,0	100,0	99,7	88,8	100,0	97,1
2009	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	98,3	100,0	98,8	98,7	100,0	100,0	99,7
2010	100,0	100,0	100,0	99,2	100,0	100,0	98,0	100,0	100,0	99,7	98,9	100,0	99,7
2011	100,0	97,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8
2012	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2013	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2014	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	89,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,1
2015	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2016	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,6	99,9	100,0	100,0	99,9	99,9
2017	100,0	100,0	99,9	100,0	99,9	100,0	100,0	100,0	99,9	99,9	100,0	99,9	100,0
2018	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

### 7.3.2 Monats- und Jahresmitteltemperatur

Im Folgenden werden die Monats- und Jahresmitteltemperaturen der im Hauptteil noch nicht angeführten Stationen tabellarisch angeführt. Sind im betrachteten Mittelungszeitraum weniger als 80 % an Daten verfügbar, wurde kein Mittel berechnet (NA). Mittels Farbcodierung werden eher kältere (blau) bzw. eher wärmere (rot) Werte der jeweiligen Station hervorgehoben.

#### Temperaturmittel Flughafen (580 m NN)

JAHR	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	GESAMT
1999	-0,4	-2,2	5,6	9,1	14,9	15,4	18,4	17,4	16,3	10,4	1,2	-1,3	8,8
2000	-3,6	2,0	5,3	10,9	15,7	18,3	16,2	18,6	14,4	11,1	4,9	2,1	9,7
2001	0,0	1,8	7,3	7,2	16,4	15,1	18,5	19,0	11,1	11,9	1,6	-3,4	8,9
2002	-3,1	4,0	6,8	8,9	15,2	18,9	18,6	17,8	12,5	9,0	6,3	2,1	9,8
2003	-1,9	-2,9	5,8	8,9	15,7	20,9	19,3	21,2	13,8	6,8	5,0	0,1	9,4
2004	-1,4	0,5	4,3	9,9	12,1	16,0	18,0	18,9	14,6	11,6	2,6	-2,0	8,8
2005	-3,4	-2,2	4,3	10,0	14,5	17,8	17,9	15,9	15,3	9,8	2,3	-2,2	8,4
2006	-5,6	-1,5	2,4	9,4	13,5	17,4	21,3	15,1	17,1	11,5	4,6	0,0	8,8
2007	1,7	3,5	6,1	13,4	15,1	18,2	18,9	17,3	12,1	8,6	2,4	-1,1	9,7
2008	1,3	2,7	4,4	8,4	15,8	17,8	17,6	18,3	13,1	9,7	4,4	-0,2	9,5
2009	-2,9	0,2	3,9	12,1	15,6	16,2	18,4	19,3	15,6	8,9	5,2	-0,5	9,4
2010	-3,0	0,5	4,9	9,8	12,3	17,2	20,2	17,2	13,3	8,9	4,6	-1,8	8,7
2011	-1,2	0,8	6,7	12,4	15,1	17,2	16,7	19,3	15,8	8,2	3,6	0,4	9,6
2012	-1,3	-4,6	6,8	9,7	14,5	18,3	18,2	19,1	14,5	9,4	4,7	-0,3	9,1

2013	-0,2	-1,4	3,9	10,3	12,8	16,4	20,7	19,1	14,0	10,7	3,2	0,7	9,2
2014	1,7	4,1	7,2	10,9	13,2	17,8	18,6	16,4	14,8	11,4	7,7	1,4	10,5
2015	0,4	-0,2	5,8	9,3	14,0	18,1	21,4	20,1	13,5	9,6	5,3	0,7	9,9
2016	-0,1	3,7	5,4	10,3	13,3	17,2	19,0	18,5	16,3	9,2	4,7	-1,1	9,7
2017	-4,9	3,5	8,4	8,8	15,2	19,9	18,7	19,2	12,1	9,9	3,2	-0,7	9,5
2018	1,3	-2,0	4,3	13,7	16,7	18,2	19,9	20,3	15,9	11,5	6,1	0,9	10,6

## Temperaturmittel Universität (580 m NN)

JAHR	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	GESAMT
1999	0,3	-1,5	6,3	9,8	15,6	16,0	19,2	18,1	16,7	11,0	1,6	-0,4	9,4
2000	-2,6	2,6	5,8	11,6	16,4	19,0	16,8	19,3	14,9	11,6	5,6	3,1	10,4
2001	0,7	2,6	8,0	7,8	17,1	15,7	19,3	NA	11,5	12,5	2,0	-2,6	9,1
2002	-2,0	4,9	7,5	9,6	15,9	19,8	19,4	18,5	13,1	9,6	6,9	2,4	10,5
2003	-1,2	-1,9	6,7	9,7	16,4	21,7	20,2	22,2	14,3	7,1	5,7	0,9	10,2
2004	-0,7	1,6	5,1	10,5	12,7	16,7	18,6	19,5	14,8	12,0	2,9	-1,2	9,4
2005	-2,5	-1,6	5,0	10,7	15,0	18,4	18,4	16,2	15,8	10,3	2,9	-1,6	9,0
2006	-4,2	-0,6	3,1	10,0	14,1	17,7	22,1	15,6	17,7	12,0	5,4	0,7	9,5
2007	2,4	4,2	6,7	14,3	15,7	18,7	19,6	17,9	12,4	8,8	2,8	-0,2	10,4
2008	NA	NA	NA	NA	NA	18,2	NA	18,7	13,6	9,9	5,1	0,4	NA
2009	-2,3	0,8	4,4	12,9	16,1	NA	19,0	20,0	16,3	9,5	5,9	0,1	9,5
2010	-2,1	1,3	5,6	10,6	12,7	17,8	20,8	17,6	13,7	9,3	5,2	-1,1	9,3
2011	-0,4	1,5	7,3	13,2	15,8	17,6	17,2	20,6	16,4	9,1	4,9	1,2	10,3
2012	-0,4	-3,7	7,8	10,3	15,2	18,9	18,8	19,8	15,0	9,9	5,5	0,4	9,8
2013	0,4	-0,8	4,5	11,0	13,2	17,0	21,5	19,9	14,5	11,2	3,6	1,6	9,9
2014	2,4	4,9	8,1	11,5	13,7	18,5	19,2	16,8	15,3	11,9	8,3	2,0	11,1
2015	1,2	0,6	6,5	10,1	14,5	18,7	22,4	21,0	14,0	10,3	6,3	1,7	10,7
2016	0,7	4,5	6,1	11,1	14,0	17,8	19,6	19,1	16,9	9,7	5,2	-0,2	10,4
2017	-3,8	4,1	9,0	9,3	15,8	20,6	19,2	19,7	12,5	10,5	3,7	-0,1	10,1
2018	2,1	-1,3	4,9	14,5	17,2	18,8	20,7	21,0	16,5	12,1	6,8	1,4	11,3

## Temperaturmittel Alpenzoo (705 m NN)

JAHR	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	GESAMT
1999	1,3	-1,9	6,2	9,4	14,4	NA	17,7	16,7	16,0	10,9	2,3	0,7	9,1
2000	-2,1	2,9	5,2	11,0	15,5	18,1	15,3	18,3	NA	11,6	6,1	3,8	10,0
2001	1,2	2,6	7,7	7,0	16,3	14,7	NA	NA	NA	13,0	NA	-2,7	9,1
2002	NA	5,3	7,4	8,9	14,9	18,9	18,1	17,5	12,5	NA	NA	2,1	10,5
2003	-1,1	-1,5	7,1	8,9	NA	20,1	18,8	21,4	13,9	7,1	7,1	1,9	9,9
2004	-0,6	1,5	5,0	10,2	11,7	15,1	17,5	18,7	14,4	12,2	3,0	0,4	9,0
2005	-1,7	-1,7	4,6	10,1	14,4	17,4	17,2	15,2	15,9	NA	NA	-1,3	8,9
2006	-3,1	NA	2,4	NA	13,4	17,2	21,4	15,1	17,8	13,0	6,6	2,3	10,5
2007	3,1	4,7	6,6	14,5	NA	18,0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2008	NA	NA	NA	8,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1,0	NA
2009	-1,4	1,0	4,1	13,1	NA	NA	18,2	19,5	15,9	9,5	6,5	0,5	9,8

2010	-1,8	1,9	5,5	10,5	12,2	17,0	20,1	16,9	13,4	9,5	5,9	0,1	9,3
2011	0,8	2,0	7,5	13,2	15,4	17,0	16,6	19,7	16,0	9,9	6,3	1,9	10,4
2012	-0,2	-4,0	8,0	10,2	14,8	18,0	17,9	19,4	15,0	10,3	6,4	1,0	9,8
2013	0,7	-0,9	4,6	10,7	12,9	16,2	20,9	19,6	14,3	11,8	3,9	2,9	9,8
2014	3,2	5,6	8,8	11,4	13,3	17,8	18,5	16,2	15,1	12,5	9,1	2,3	11,3
2015	1,7	0,9	6,6	10,0	14,0	17,5	21,6	20,5	13,8	10,5	7,1	3,0	10,7
2016	0,6	4,3	5,6	10,7	13,4	16,9	18,9	18,6	16,8	9,7	5,7	1,0	10,2
2017	-3,1	4,4	8,9	9,1	15,4	20,0	18,5	19,3	12,2	10,6	3,6	0,3	10,0
2018	3,0	-1,6	5,0	14,8	16,9	18,4	20,1	20,6	16,3	12,6	7,5	1,5	11,3

## Temperaturmittel Seegrube (1921 m NN)

JAHR	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	GESAMT
2013	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-0,7	0,5	NA
2014	-1,6	-2,2	1,8	3,1	4,6	9,6	11,3	9,0	8,3	6,7	3,9	-2,0	4,3
2015	-3,3	-3,9	-0,8	2,0	5,9	9,9	14,5	13,5	5,6	4,2	3,9	4,0	4,7
2016	-2,8	-1,9	-2,5	2,3	4,8	9,0	11,7	11,7	10,1	2,7	-0,1	0,9	3,9
2017	-5,6	-0,7	2,1	0,9	6,6	12,0	11,5	13,3	5,2	5,9	-0,8	-4,5	3,8
2018	-1,7	-7,8	-2,5	5,4	8,3	9,8	12,3	13,1	10,0	6,4	2,0	-2,3	4,5

## Temperaturmittel Patscherkofel (2252 m NN)

JAHR	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	GESAMT
1999	-4,9	-9,9	-4,6	-2,4	4,2	4,9	8,4	8,2	7,2	2,3	-4,5	-6,8	0,3
2000	-7,1	-5,7	-4,5	-0,9	4,5	8,6	NA	9,8	6,0	2,7	-2,4	-3,4	0,9
2001	-6,4	-6,6	-2,7	-3,9	4,9	4,5	8,3	10,4	NA	5,9	-3,7	-9,0	0,0
2002	-4,3	-3,9	-2,9	-2,5	3,4	8,3	8,4	8,4	NA	1,5	NA	-3,7	0,9
2003	-8,2	-8,7	-3,1	-2,8	5,1	11,2	NA	12,2	5,4	-1,4	-0,5	-4,7	1,1
2004	-9,0	-6,6	-5,2	-2,1	0,4	5,4	7,8	8,8	5,6	3,7	-3,3	-3,8	0,1
2005	-7,7	-11,6	-4,7	-1,6	3,5	7,0	7,8	6,1	5,7	4,8	-4,0	-8,9	-0,2
2006	-7,1	-8,0	-6,7	-1,7	2,9	6,8	11,7	4,4	8,8	5,1	-0,8	-2,0	1,1
2007	-3,8	-3,8	-4,1	3,2	4,0	7,3	8,4	7,8	2,9	1,3	-4,9	-5,6	1,1
2008	-4,2	-3,5	-6,6	-3,2	4,0	6,9	7,5	8,7	3,4	2,9	-3,5	-6,2	0,4
2009	-7,1	-9,0	-6,4	0,6	5,0	5,5	8,7	10,5	6,6	1,1	-0,8	-7,9	0,6
2010	-8,7	-8,3	-6,0	-1,1	1,0	6,3	10,3	7,4	3,6	0,6	-3,3	-9,2	-0,6
2011	-6,6	-4,5	-3,1	1,2	4,4	6,5	6,2	10,3	8,1	2,3	2,2	-5,5	1,8
2012	-7,4	-11,6	-1,7	-2,1	3,1	7,9	8,5	10,4	6,0	3,2	-0,5	-7,3	0,8
2013	-6,6	-10,7	-5,8	-0,1	0,8	5,4	10,4	9,4	5,6	3,3	-3,5	-2,6	0,6
2014	-4,4	-5,3	-1,5	0,0	1,6	7,1	8,0	6,5	5,7	3,8	1,1	-4,8	1,5
2015	-6,2	-7,0	-4,1	-1,4	3,3	7,5	12,0	10,7	3,1	1,6	1,0	1,3	1,9
2016	-5,8	-5,1	-5,7	-0,8	1,9	6,6	9,3	9,2	7,4	0,2	-2,8	-1,9	1,0
2017	-8,5	-3,7	-1,3	-2,3	3,8	9,5	9,0	10,7	2,6	3,2	-3,8	-7,3	1,0
2018	-4,5	-10,7	-5,7	2,4	5,4	7,4	9,8	10,3	7,5	3,6	-0,7	-5,0	1,7

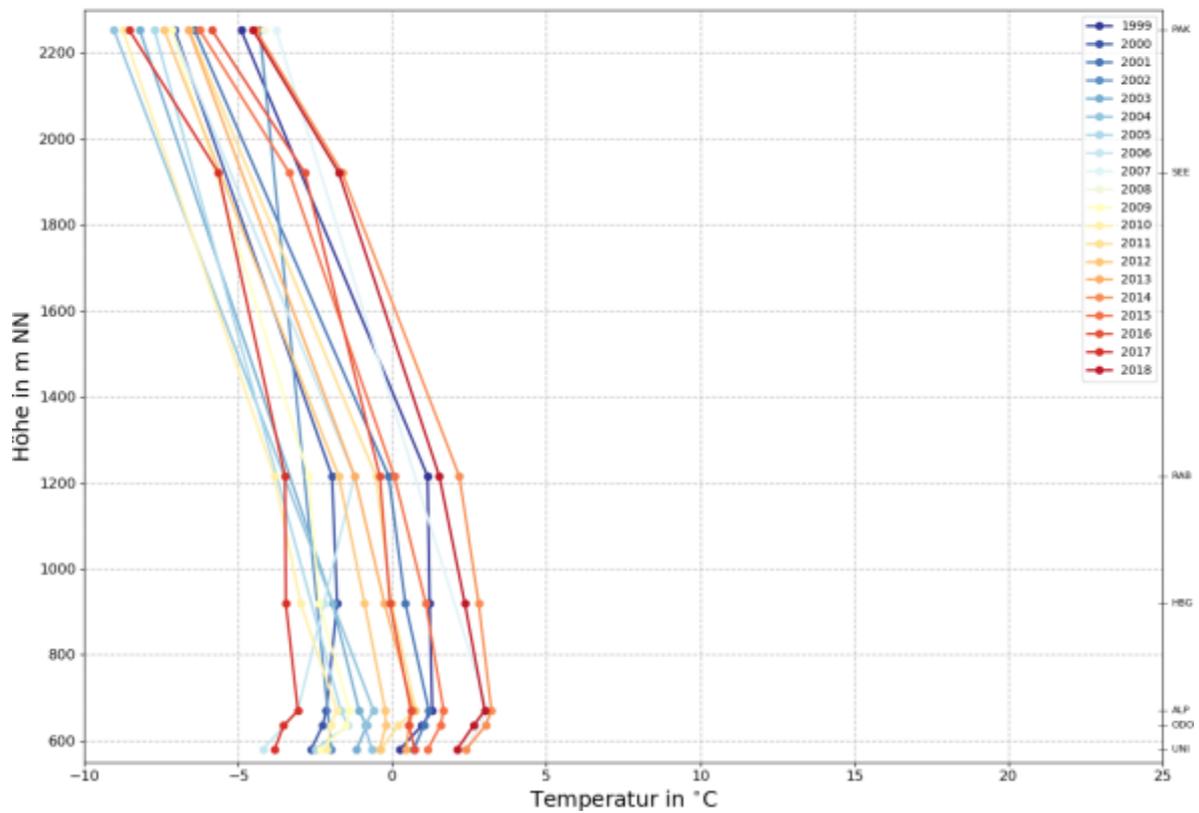
## Temperaturmittel Hafelekar (2285 m NN)

JAHR	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	GESAMT
1999	-5,1	-9,9	-4,8	-2,0	4,2	NA	8,2	8,1	7,1	2,2	-5,1	-7,2	0,1
2000	-7,5	-5,9	-5,3	-0,9	4,1	8,4	4,8	9,5	5,4	2,2	-3,2	-3,5	0,7
2001	-6,7	NA	-3,7	-4,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2002	NA	NA	NA	NA	NA	NA	7,6	7,8	NA	NA	NA	-4,3	NA
2003	-8,3	-9,1	-3,1	-3,2	NA	10,9	9,1	12,4	NA	NA	NA	NA	NA
2004	-9,7	-6,8	-5,2	-1,9	0,1	5,0	NA	NA	NA	NA	NA	-3,8	NA
2005	-7,8	-11,4	-5,1	-1,8	3,0	6,6	7,5	5,8	5,9	4,9	-4,0	-8,7	-0,1
2006	-7,3	-8,2	-7,5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2007	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2009	NA	NA	NA	NA	NA	5,2	8,2	10,2	6,4	0,5	-1,2	-8,6	NA
2010	-9,4	-8,8	-6,6	-1,3	0,6	6,1	10,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2011	NA	NA	NA	NA	4,3	6,2	5,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2012	NA	NA	NA	NA	NA	7,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

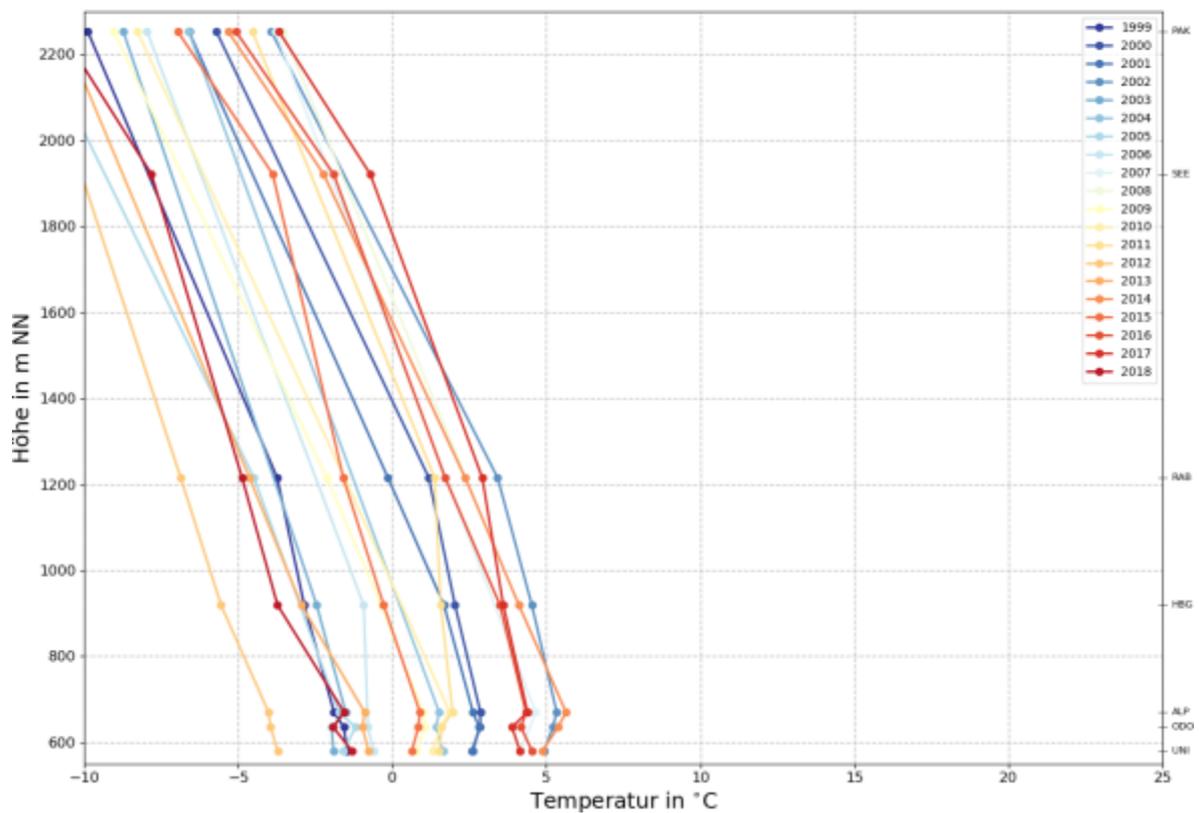
### 7.3.3 Temperaturprofile

Die folgenden Abbildungen zeigen die mittleren Temperaturprofile getrennt nach Jahren (1999 – 2018, siehe Legende) für die Monate Jänner bis Dezember. Die Temperaturskala auf der x-Achse reicht dabei einheitlich von -10 °C bis +25°C, dadurch lässt sich die Änderung von Monat zu Monat gut erkennen. Fehlt der entsprechende Wert an einer Station (wegen zu geringer Datenverfügbarkeit), so wird das Profil trotzdem durchgezogen.

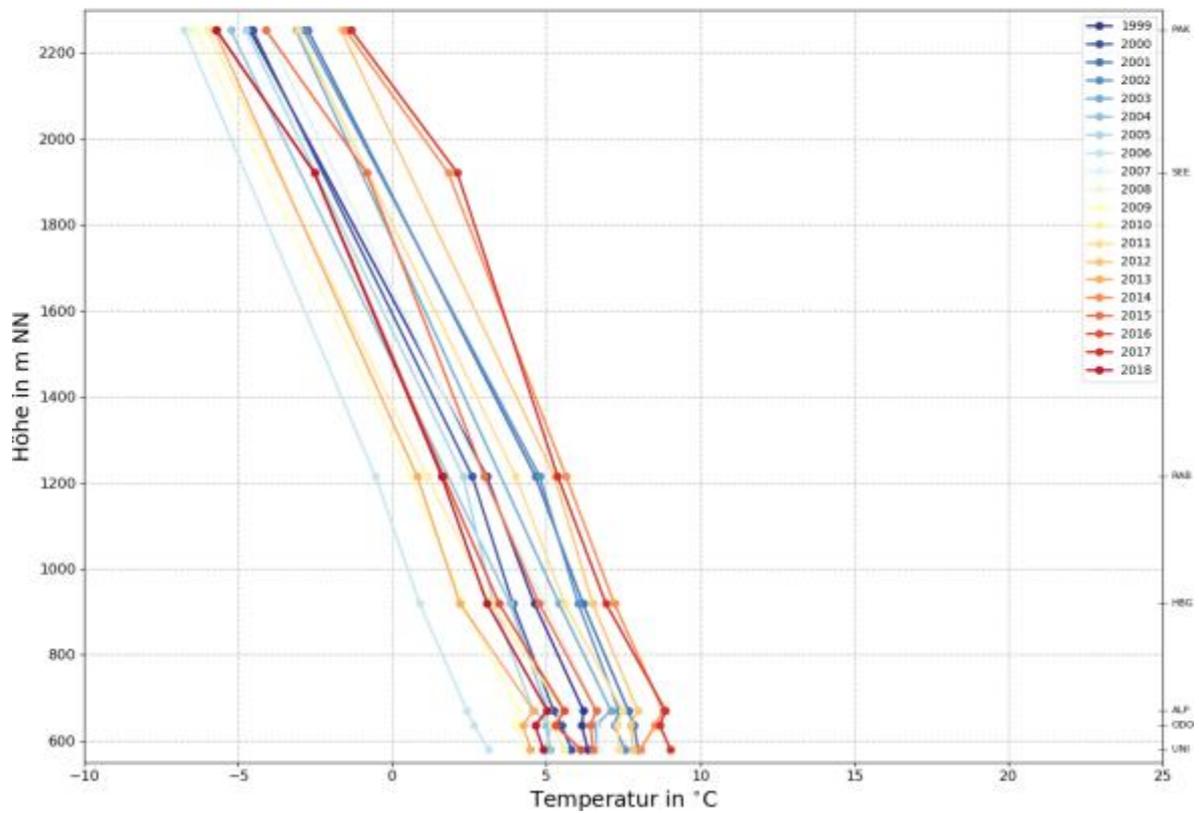
### Mittlere Temperatur-Profile im Jänner



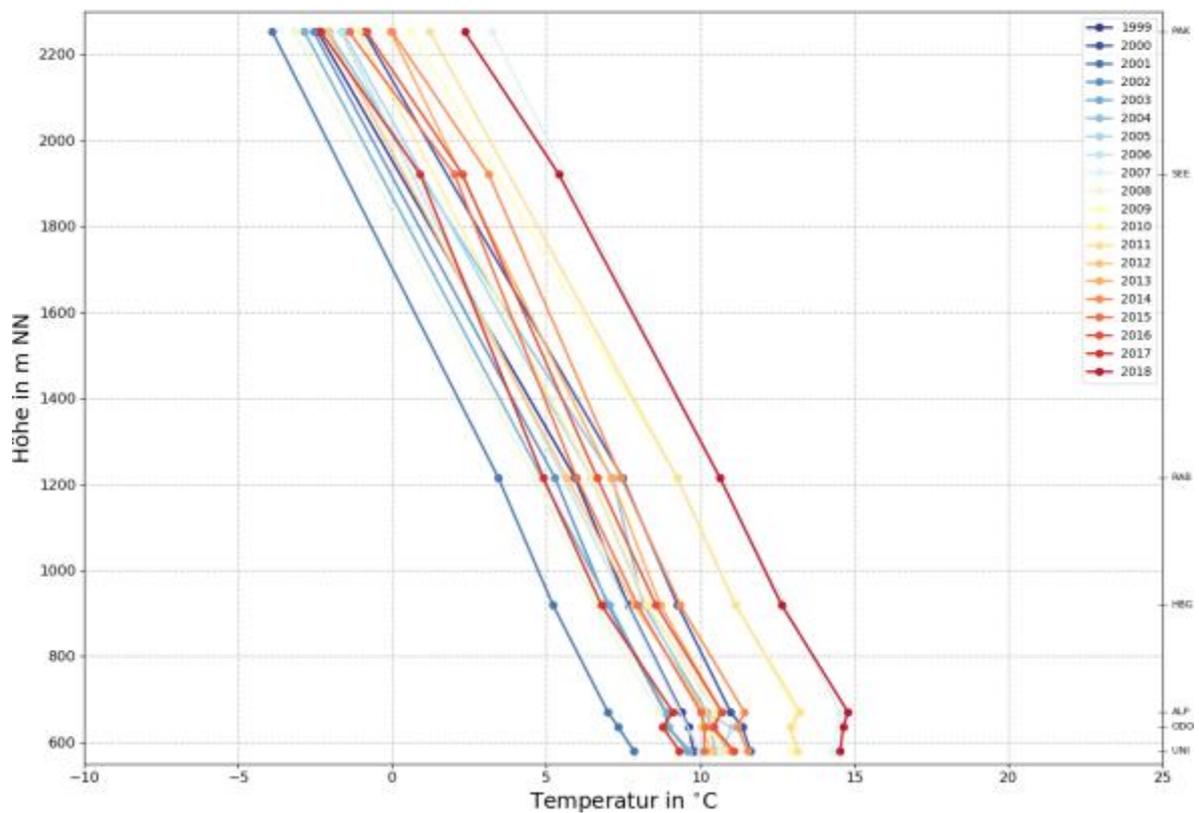
### Mittlere Temperatur-Profile im Februar



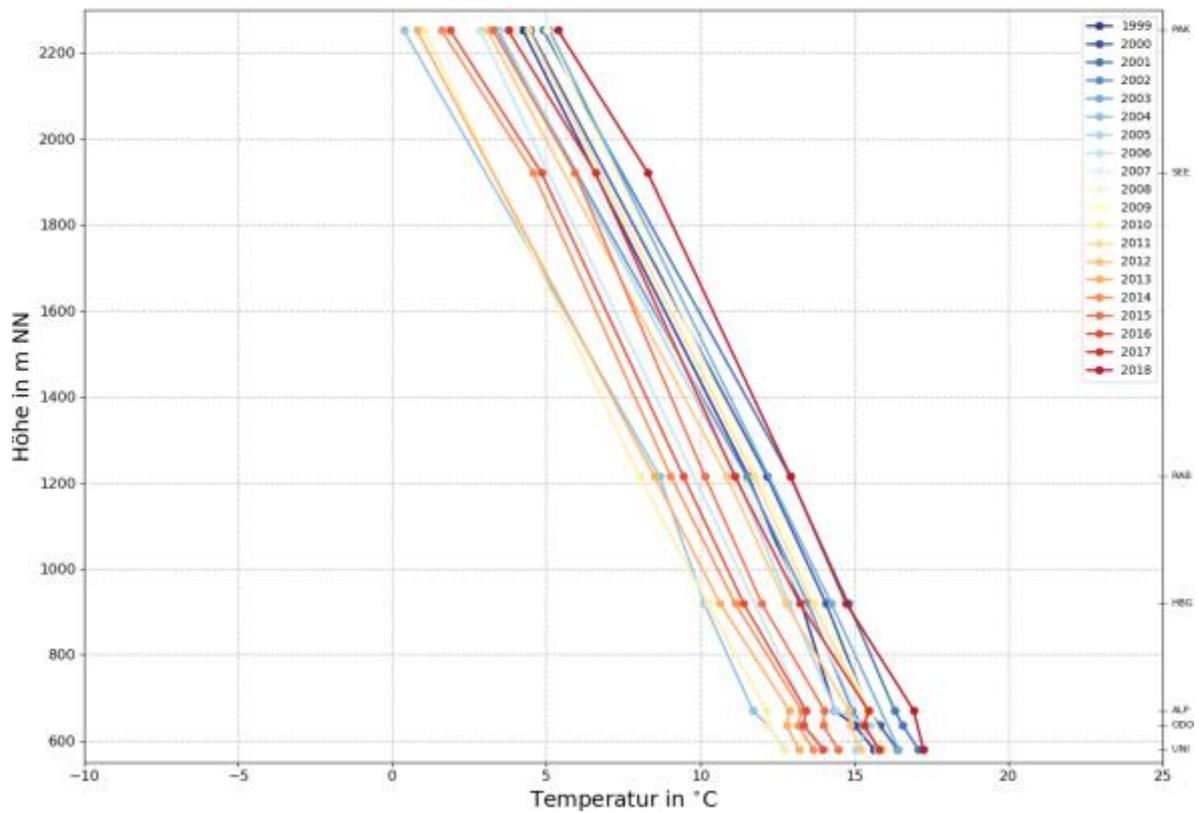
### Mittlere Temperatur-Profile im März



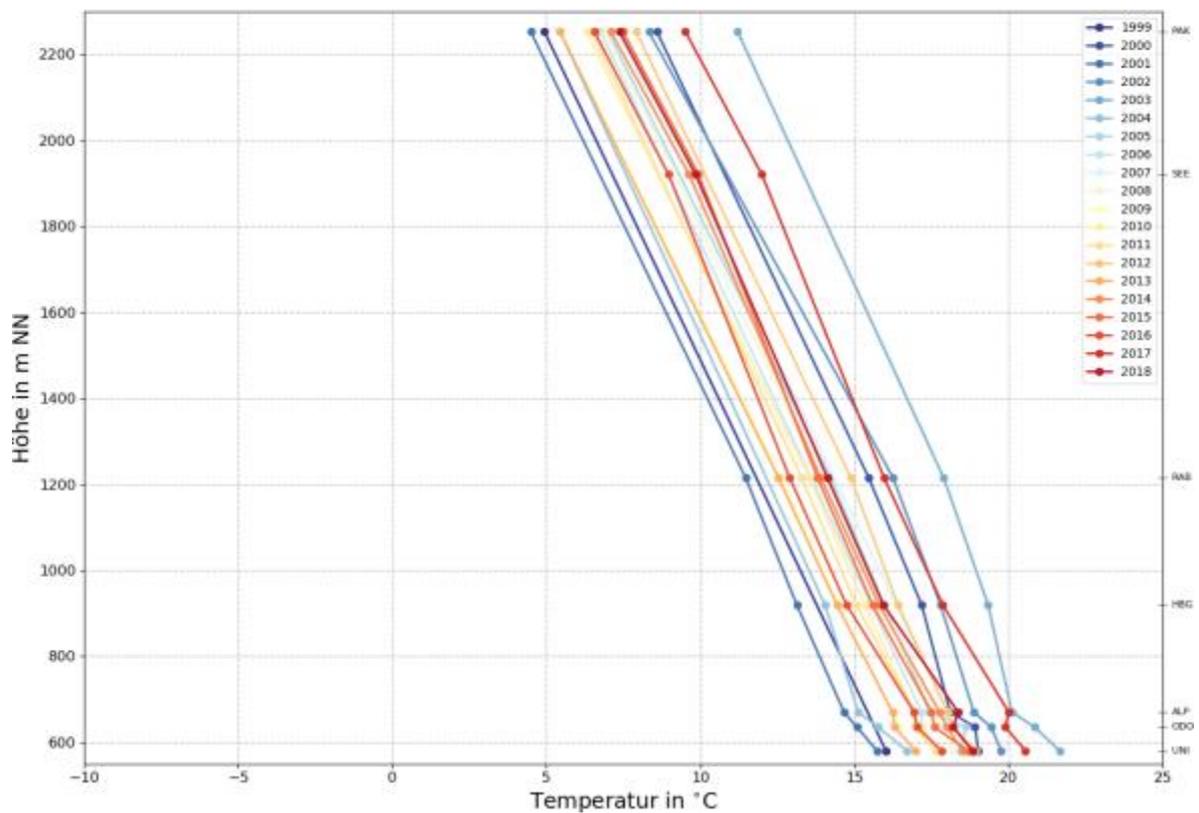
### Mittlere Temperatur-Profile im April



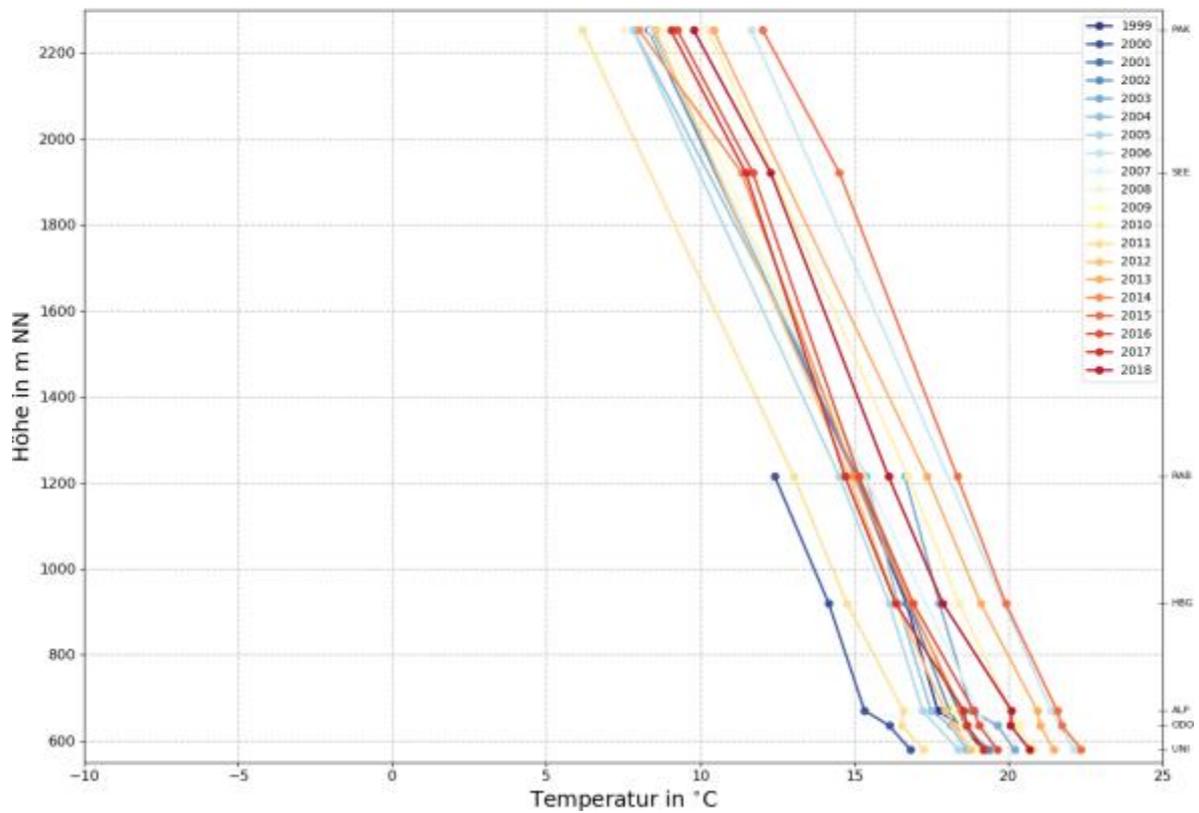
### Mittlere Temperatur-Profile im Mai



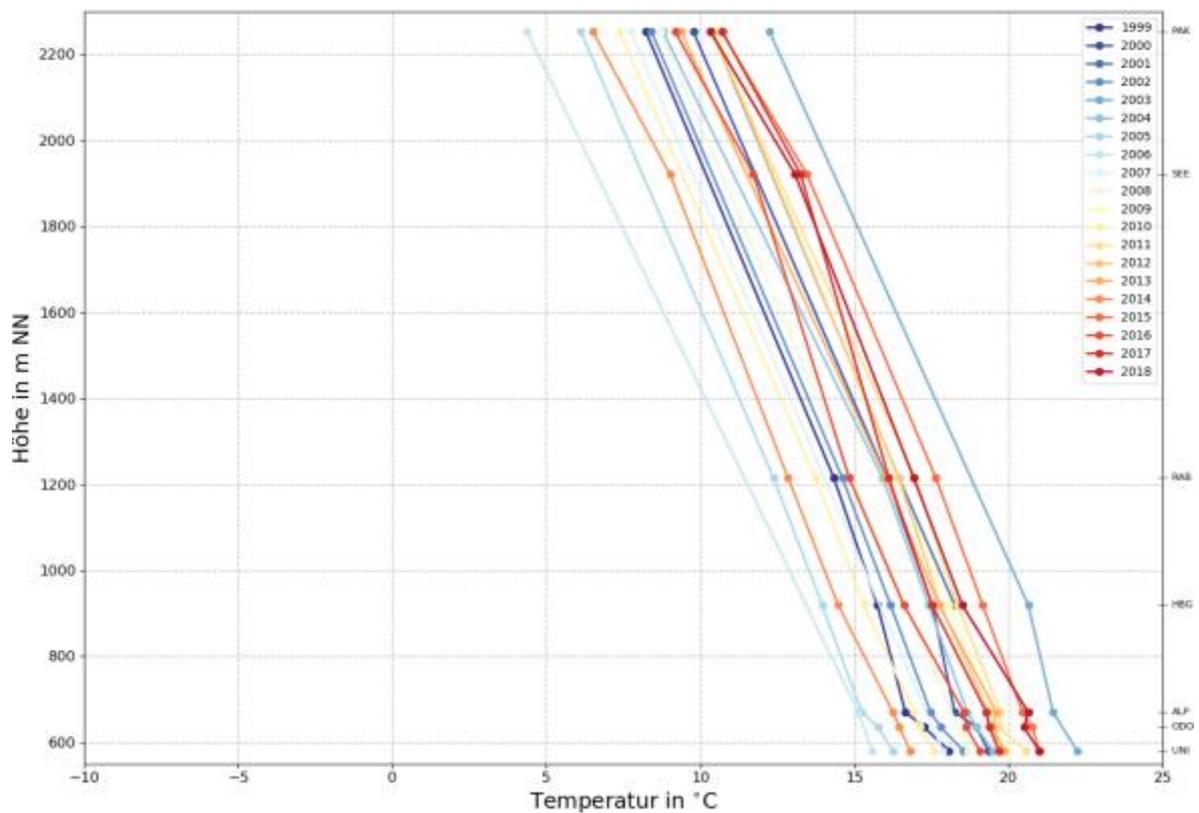
### Mittlere Temperatur-Profile im Juni



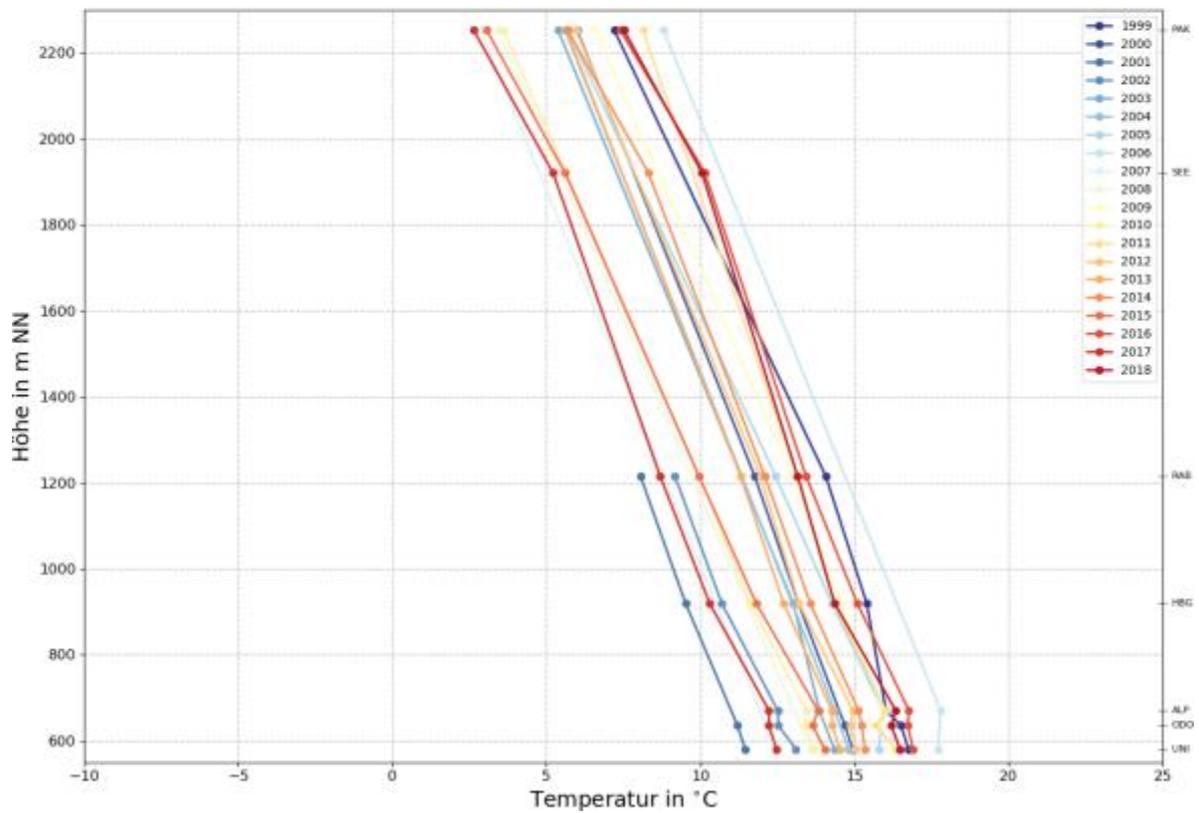
### Mittlere Temperatur-Profile im Juli



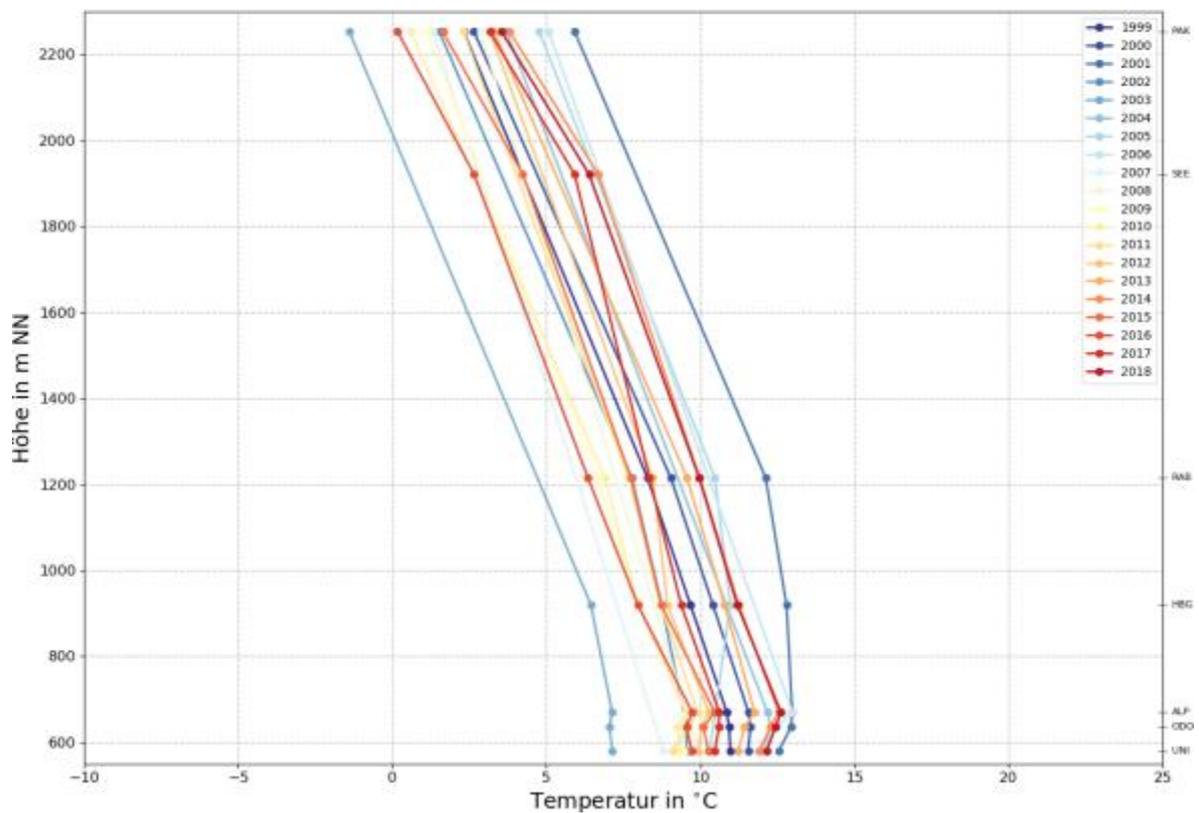
### Mittlere Temperatur-Profile im August



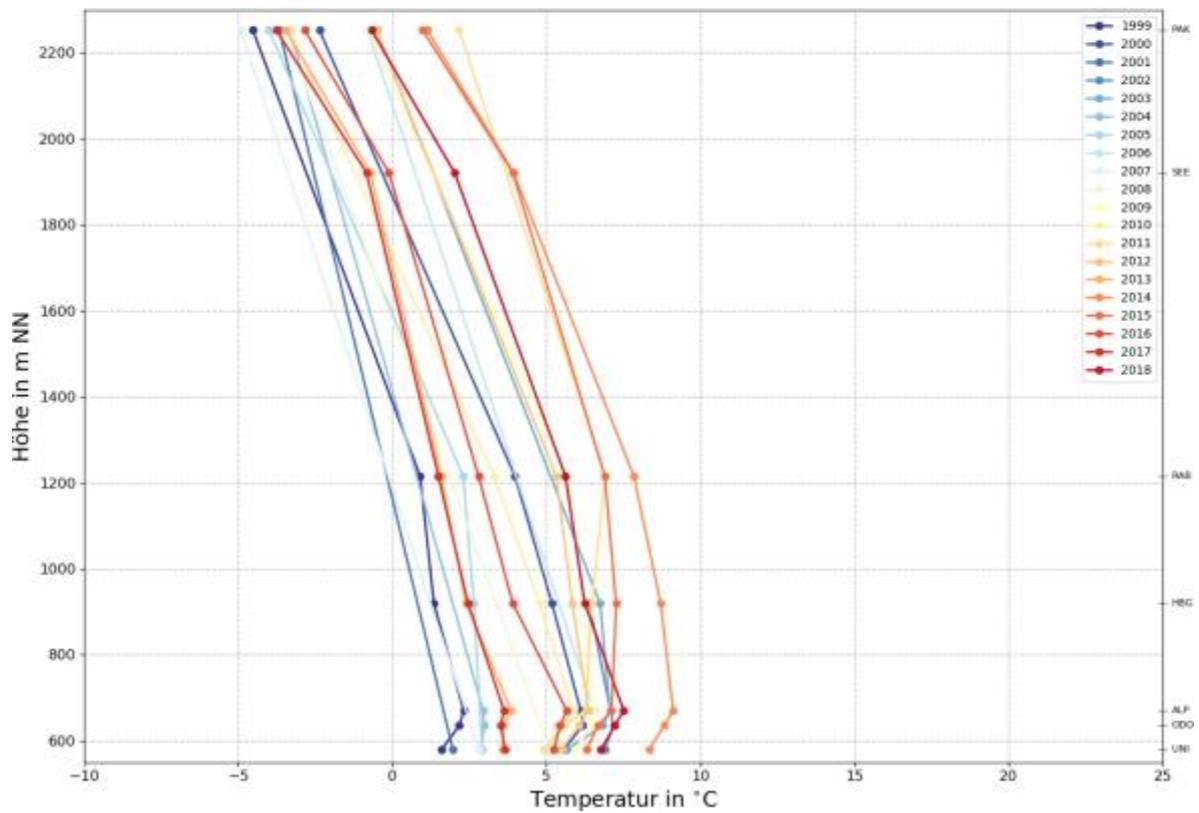
### Mittlere Temperatur-Profile im September



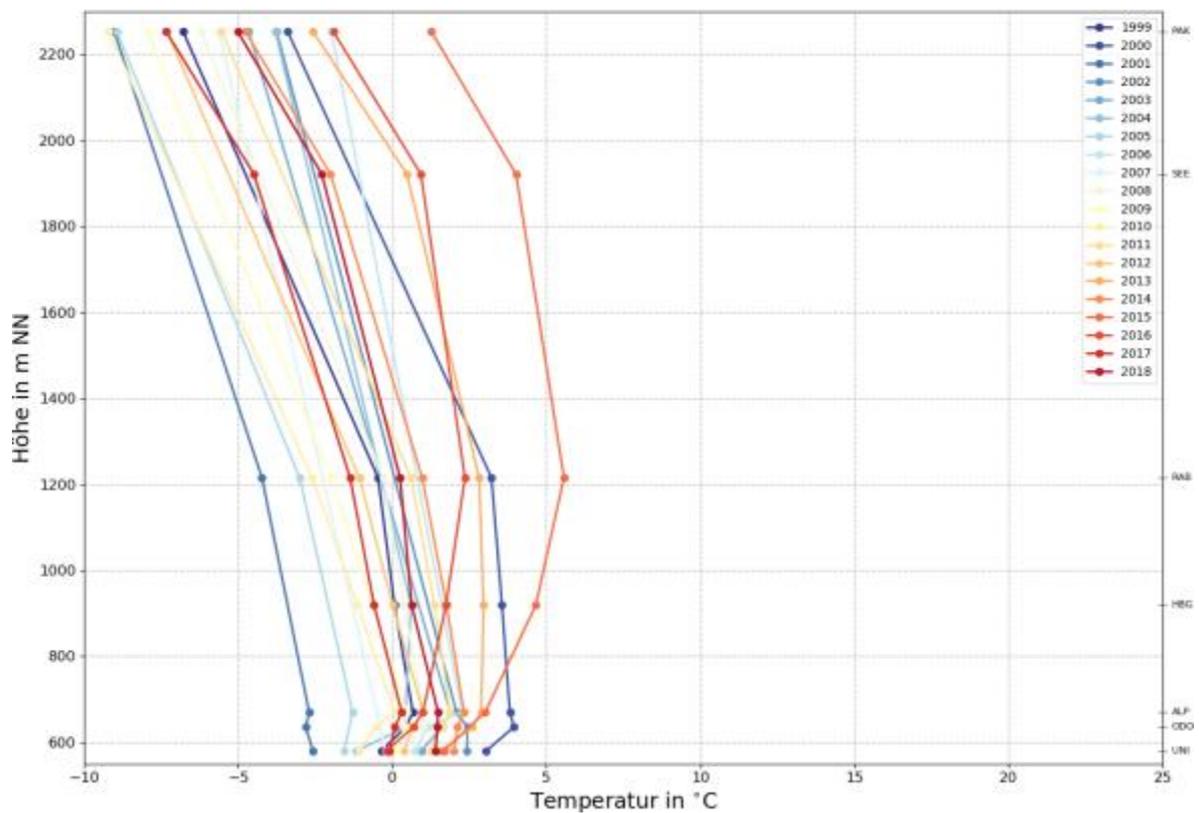
### Mittlere Temperatur-Profile im Oktober



### Mittlere Temperatur-Profile im November

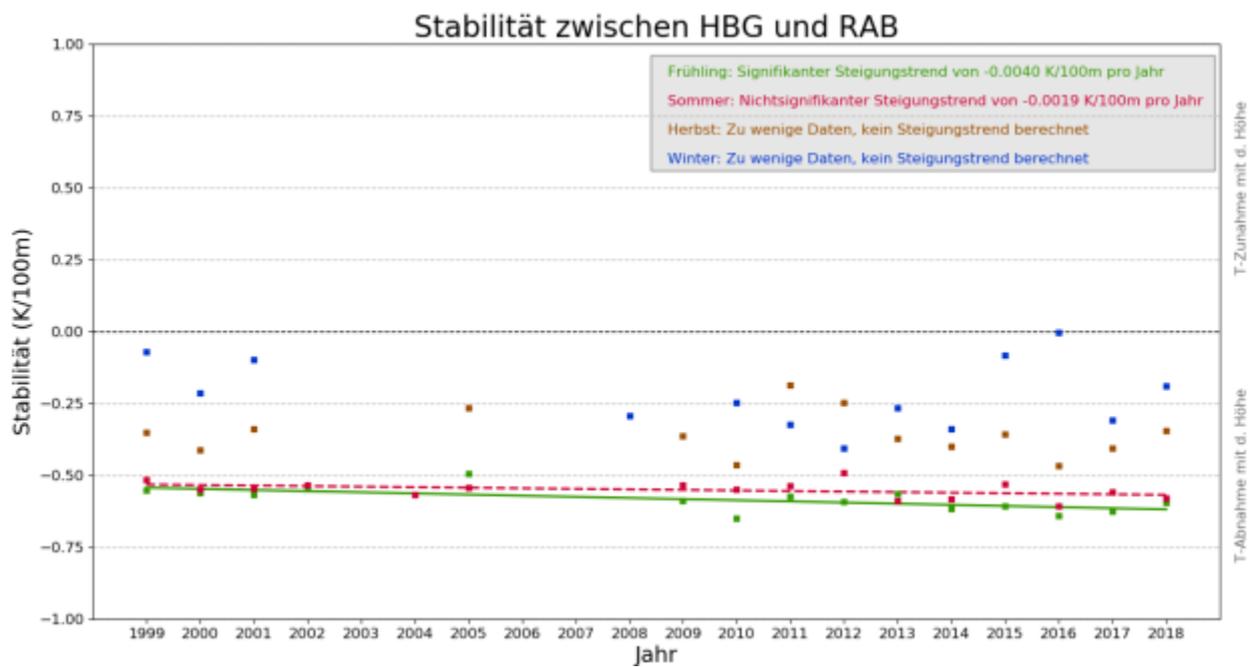


### Mittlere Temperatur-Profile im Dezember

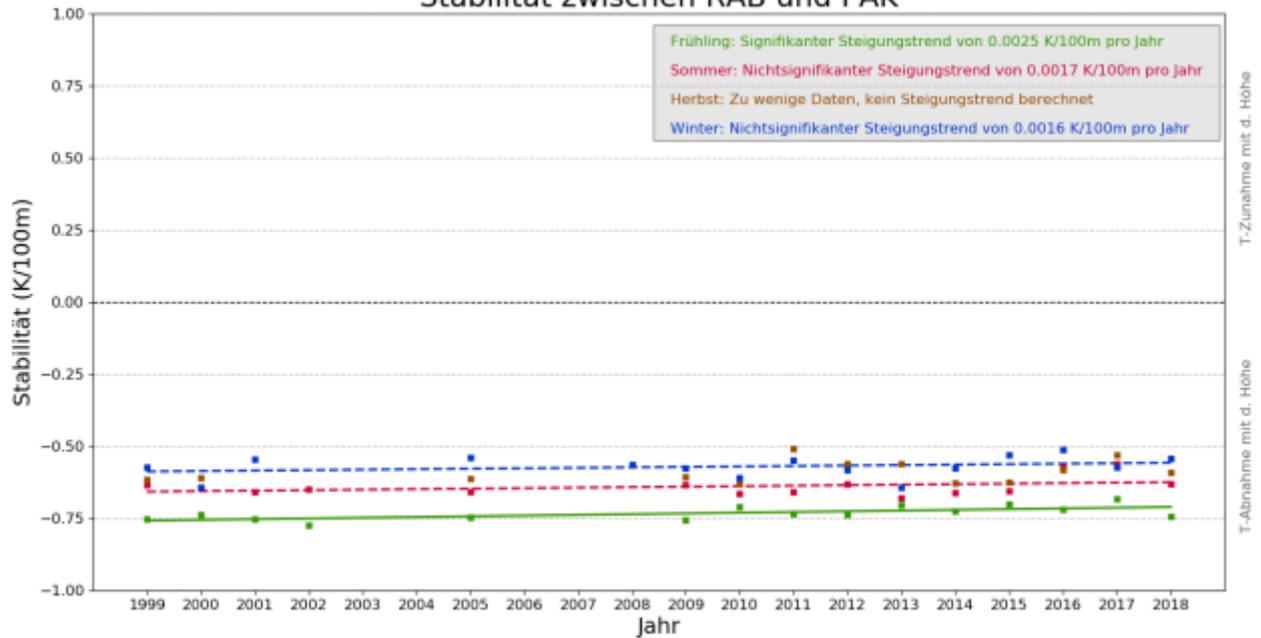


### 7.3.4 Stabilitäten

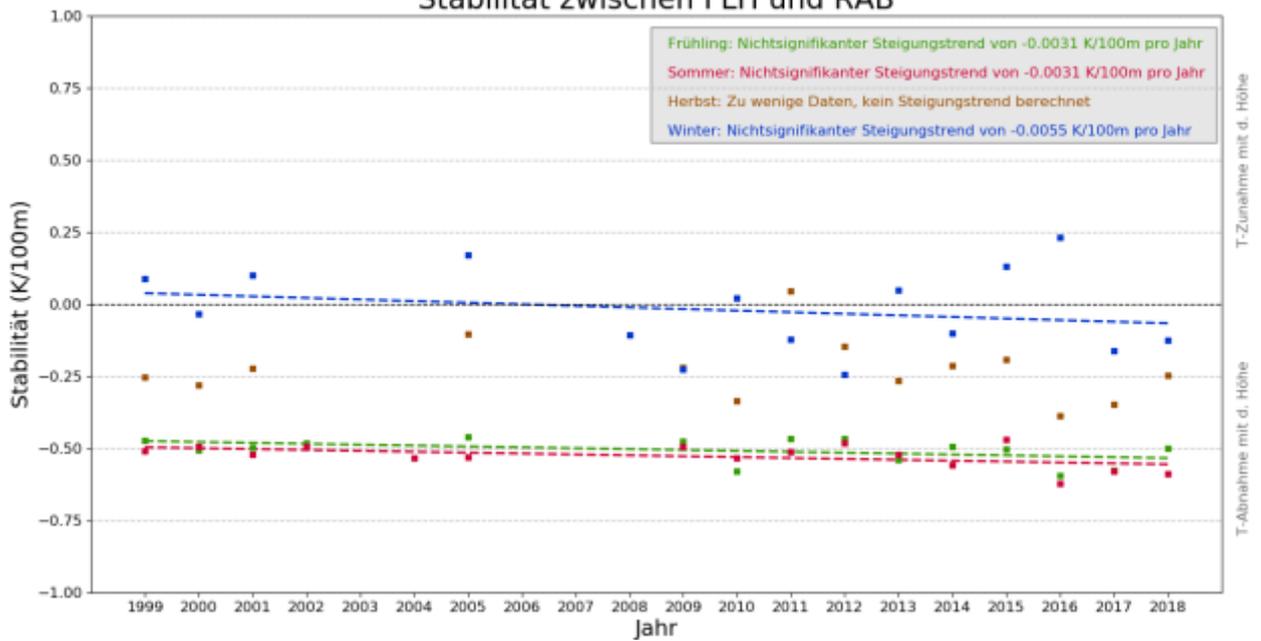
Die nachfolgenden vier Tabellen zeigen die Werte der mittleren Stabilität in K/100 m im Zeitraum 1999 bis 2018 für vier ausgesuchte (sinnvolle) Schichten. Die Zuordnung der Kürzel in der Überschrift zum Standort ist Tabelle 2-1 zu entnehmen. Die jahreszeitlichen Werte der Einzeljahre sind als farbige Rechtecke eingetragen, die Zuordnung der Farbe zur Jahreszeit ist der Legende zu entnehmen. Der Winterwert setzt sich aus dem Dezember dieses Jahres und Jänner, Feber des Folgejahres zusammen. Zusätzlich wird eine Trendlinie gezeichnet, wenn mindestens 75 % der Daten vorhanden sind. Informationen zu den berechneten Trends und ihrer Signifikanz sind in der Infobox rechts oben angegeben.

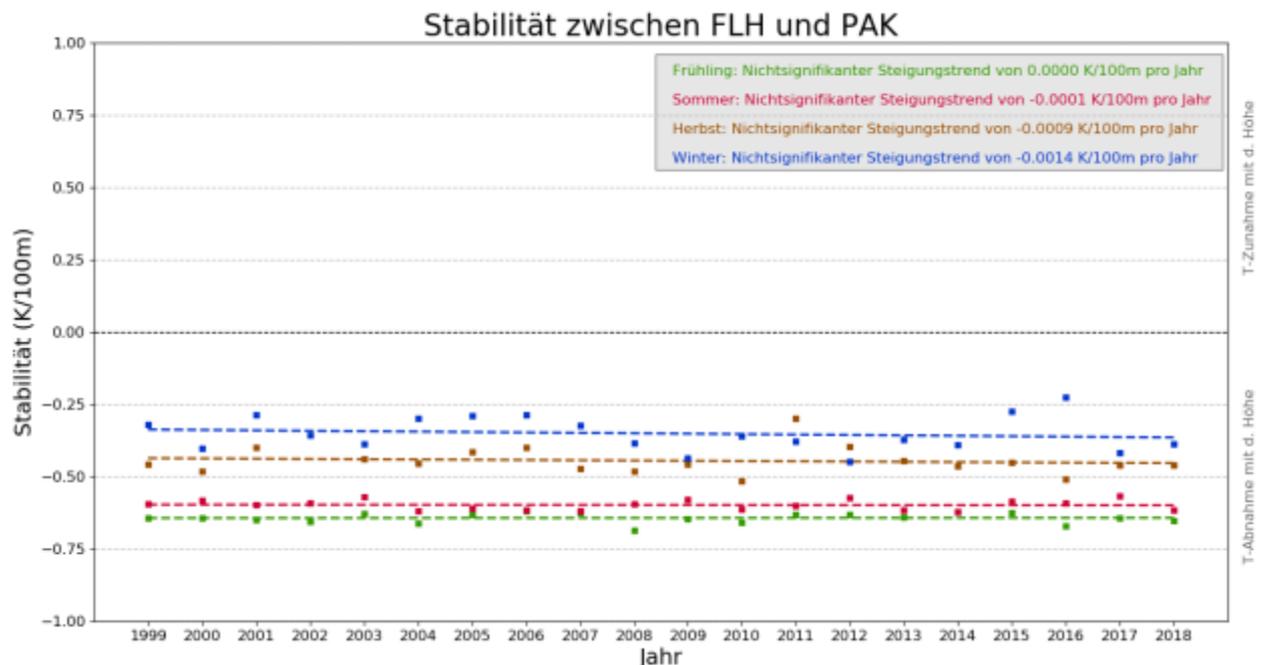


### Stabilität zwischen RAB und PAK



### Stabilität zwischen FLH und RAB





Die nachfolgenden sieben Abbildungen zeigen die Häufigkeit von sehr stabilen bis sehr labilen Perioden in jedem Jahr. Als Basisstation am Talboden fungiert immer Innsbruck Flughafen, die Schichtdicke nimmt von Abbildung zu Abbildung zu. Die Werte eines Jahres wurden nur klassifiziert, wenn die Datenverfügbarkeit mindestens 80 % beträgt. Die Kriterien für die 5 Stabilitätsklassen sind:

- sehr labil: Temperaturabnahme  $> 1.30$  K/100 m
- labil: Temperaturabnahme zwischen 1.30 und 0.87 K/100 m
- neutral: Temperaturabnahme zwischen 0.86 und 0.41 K/100 m
- stabil: Zwischen Temperaturabnahme  $< 0.40$  K/100 m und Temperaturzunahme  $\leq 0.40$  K/100 m
- sehr stabil: Temperaturzunahme  $> 0.40$  K/100 m

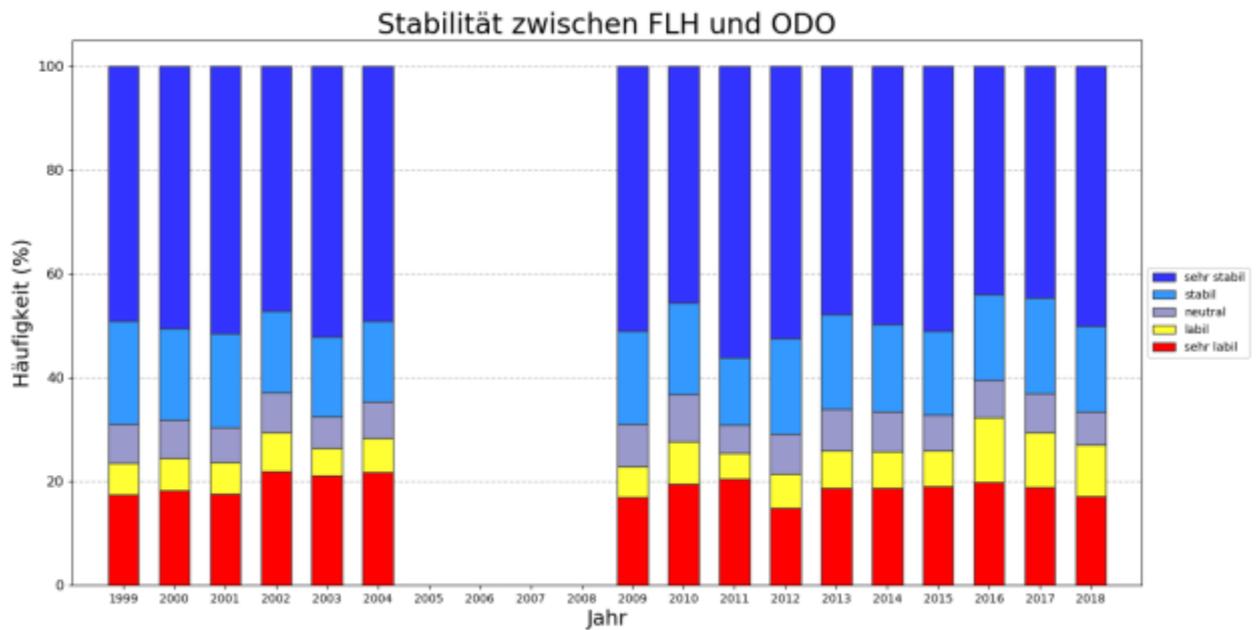


Abbildung 7-13: Die Häufigkeit der 5 Stabilitätsklassen in der Schicht Innsbruck Flughafen – Olympisches Dorf in der Periode 1999 bis 2018. Weitere Informationen siehe Text.

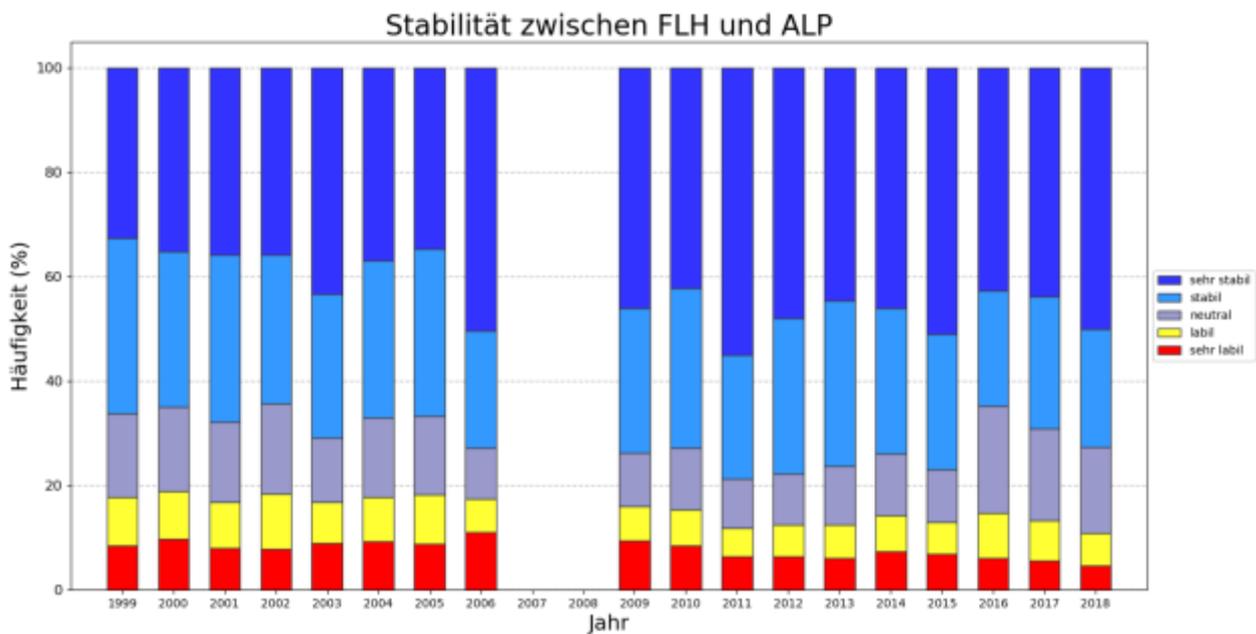


Abbildung 7-14: Die Häufigkeit der 5 Stabilitätsklassen in der Schicht Innsbruck Flughafen Alpenzoo in der Periode 1999 bis 2018. Weitere Informationen siehe Text.

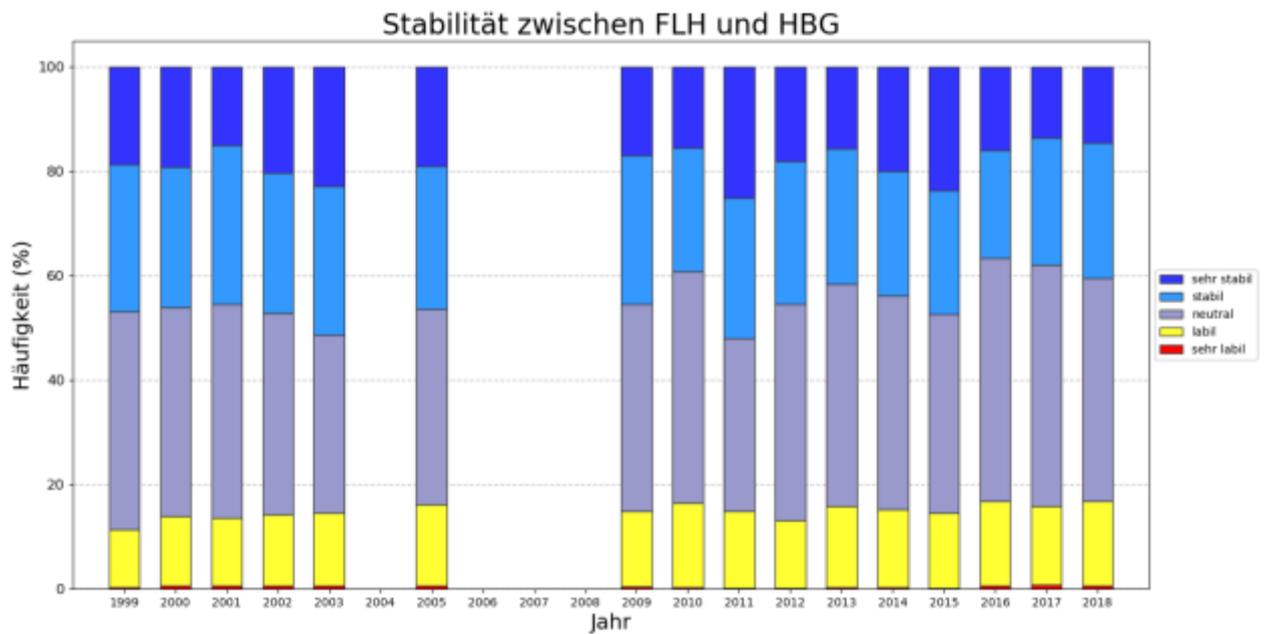


Abbildung 7-15: Die Häufigkeit der 5 Stabilitätsklassen in der Schicht Innsbruck Flughafen – Hungerburg in der Periode 1999 bis 2018. Weitere Informationen siehe Text.

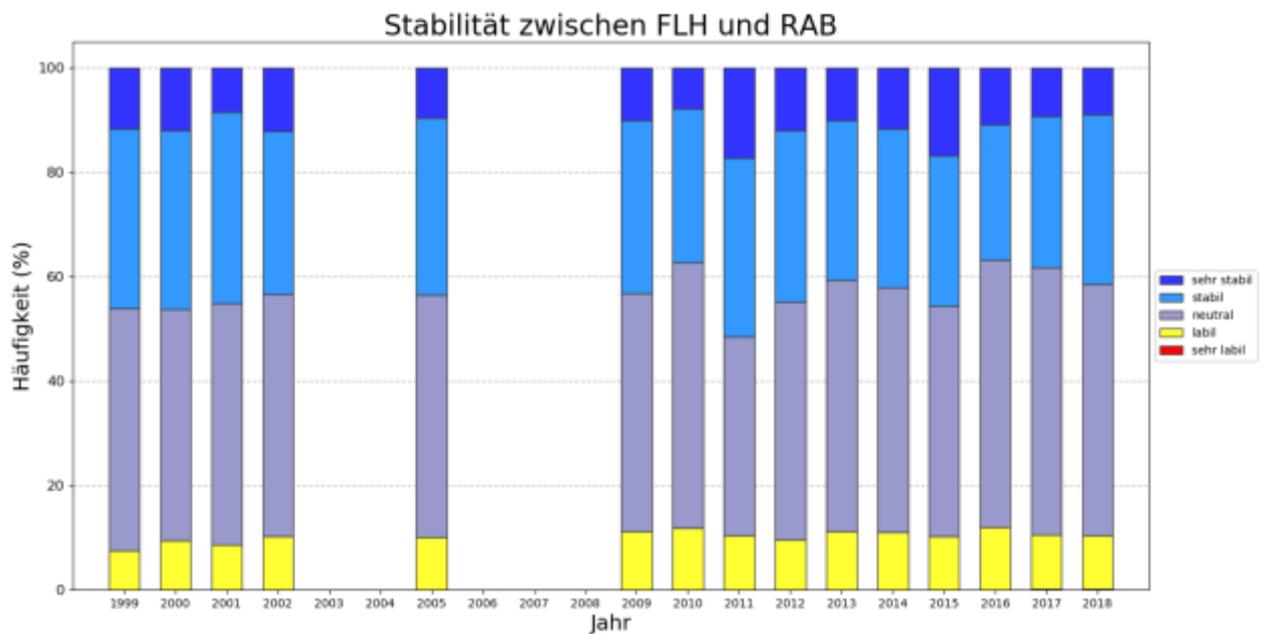


Abbildung 7-16: Die Häufigkeit der 5 Stabilitätsklassen in der Schicht Innsbruck Flughafen – Rastlboden in der Periode 1999 bis 2018. Weitere Informationen siehe Text.

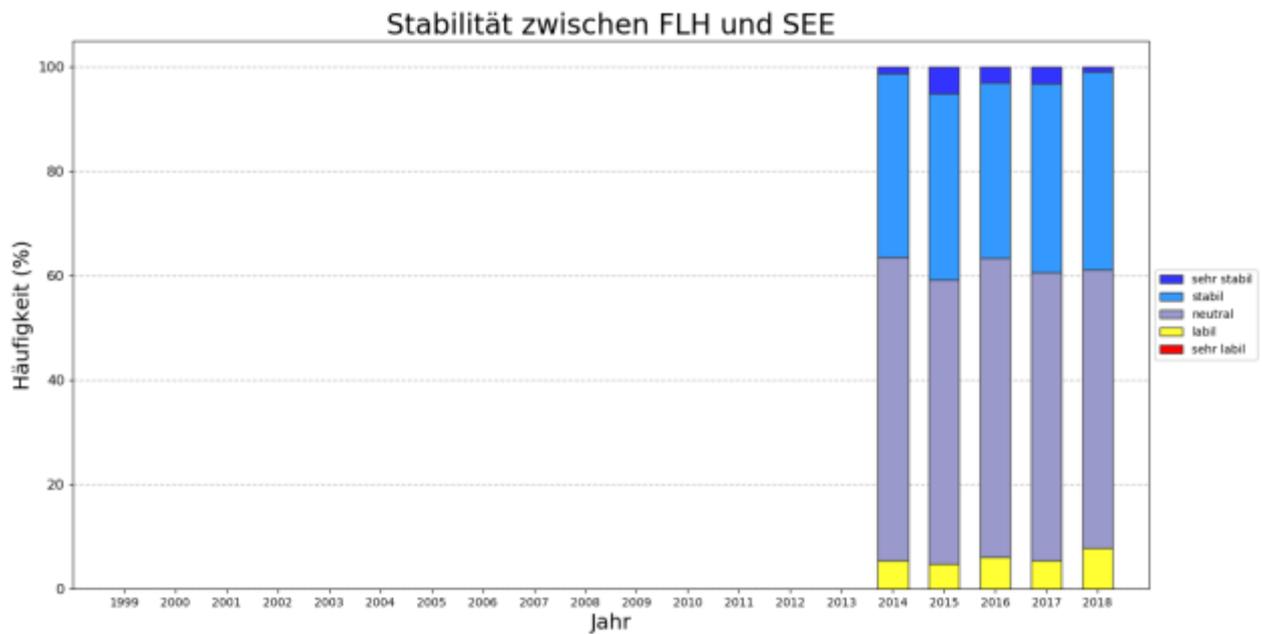


Abbildung 7-17: Die Häufigkeit der 5 Stabilitätsklassen in der Schicht Innsbruck Flughafen – Seegrube in der Periode 1999 bis 2018. Weitere Informationen siehe Text.

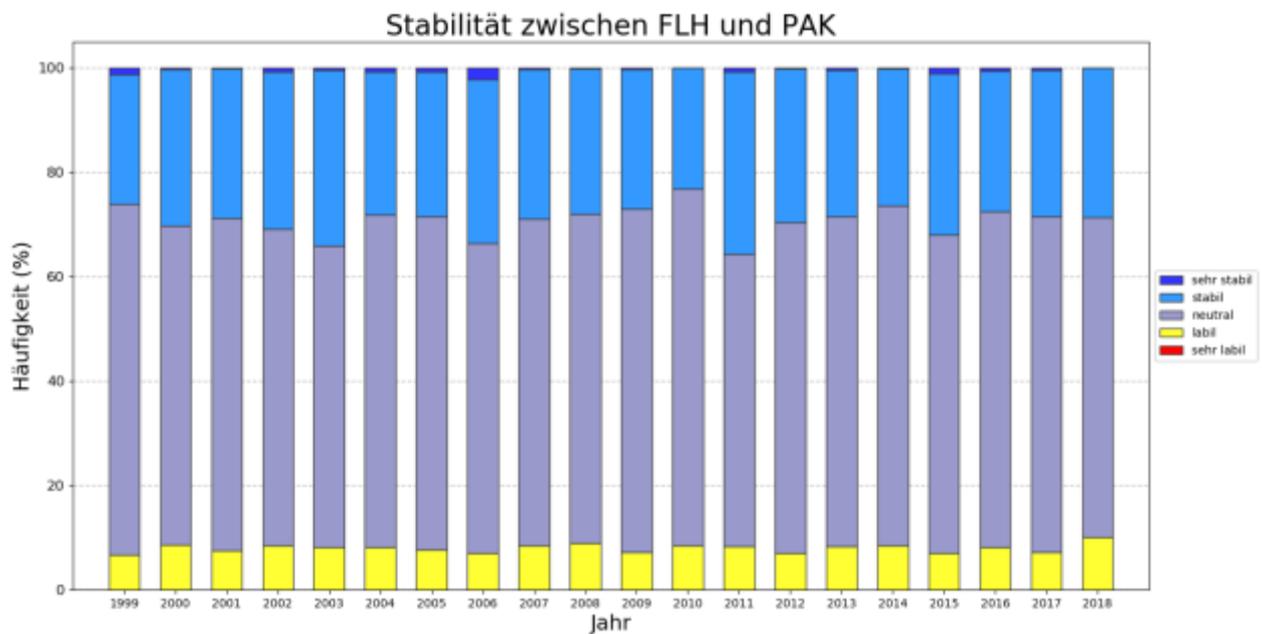


Abbildung 7-18: Die Häufigkeit der 5 Stabilitätsklassen in der Schicht Innsbruck Flughafen – Patscherkofel in der Periode 1999 bis 2018. Weitere Informationen siehe Text.

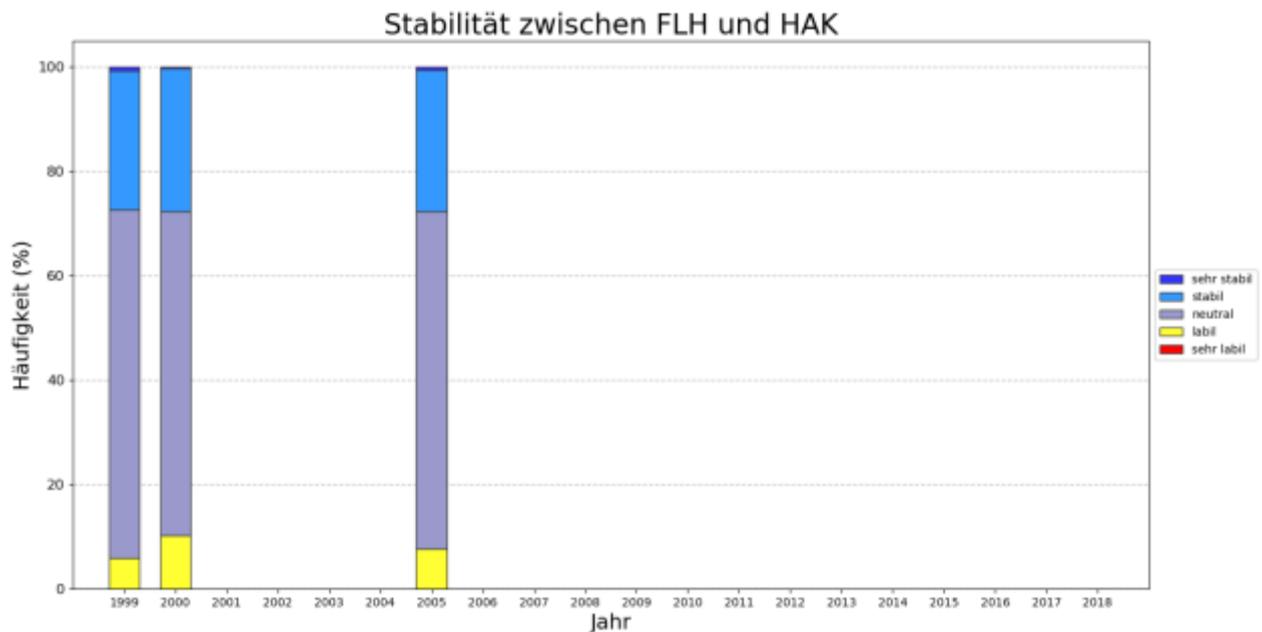


Abbildung 7-19: Die Häufigkeit der 5 Stabilitätsklassen in der Schicht Innsbruck Flughafen – Hafelekar in der Periode 1999 bis 2018. Weitere Informationen siehe Text.

In den drei folgenden Abbildungen sind winterliche Korrelationen der Schichtung von Innsbruck Flughafen zur Hungerburg zu ausgesuchten meteorologischen Parametern dargestellt.

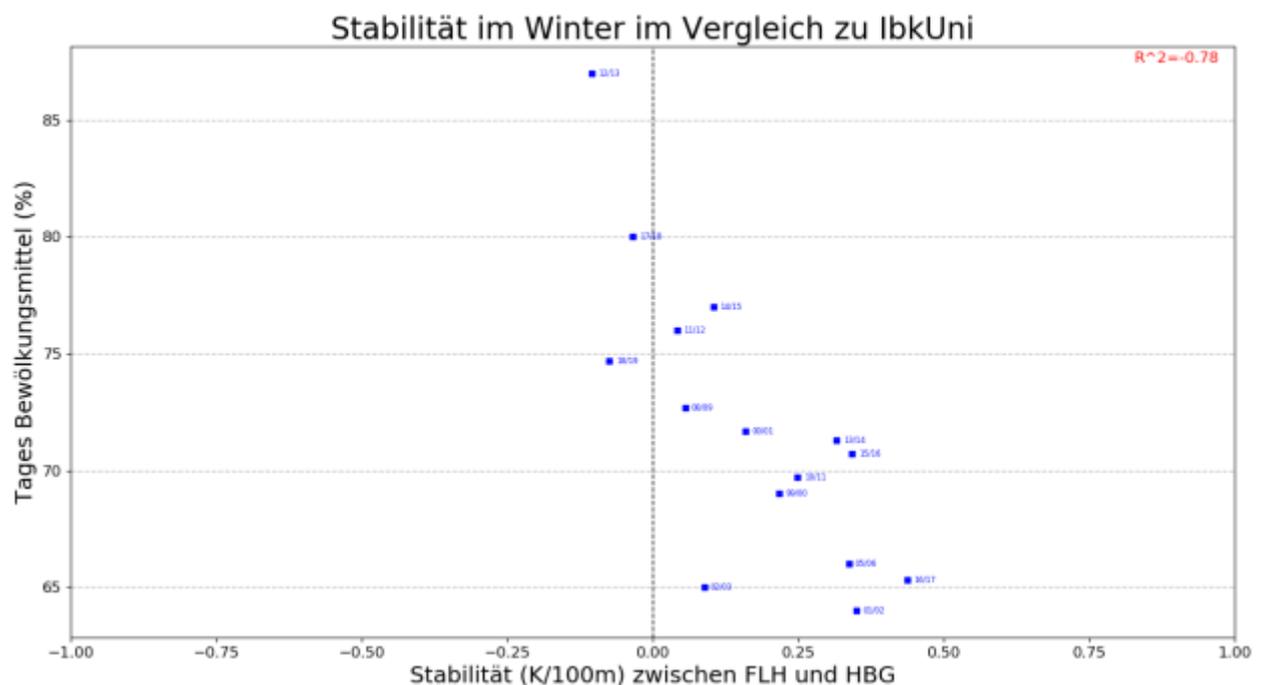


Abbildung 7-20: Zusammenhang zwischen der mittleren Stabilität in K/100 m in der Schicht Innsbruck Flughafen – Hungerburg und dem Tagesmittel der Bewölkung in % an der Universität Innsbruck in den Wintern von 1999/2000 bis 2018/2019. Der Winter umfasst die Monate Dezember, Jänner und Februar.

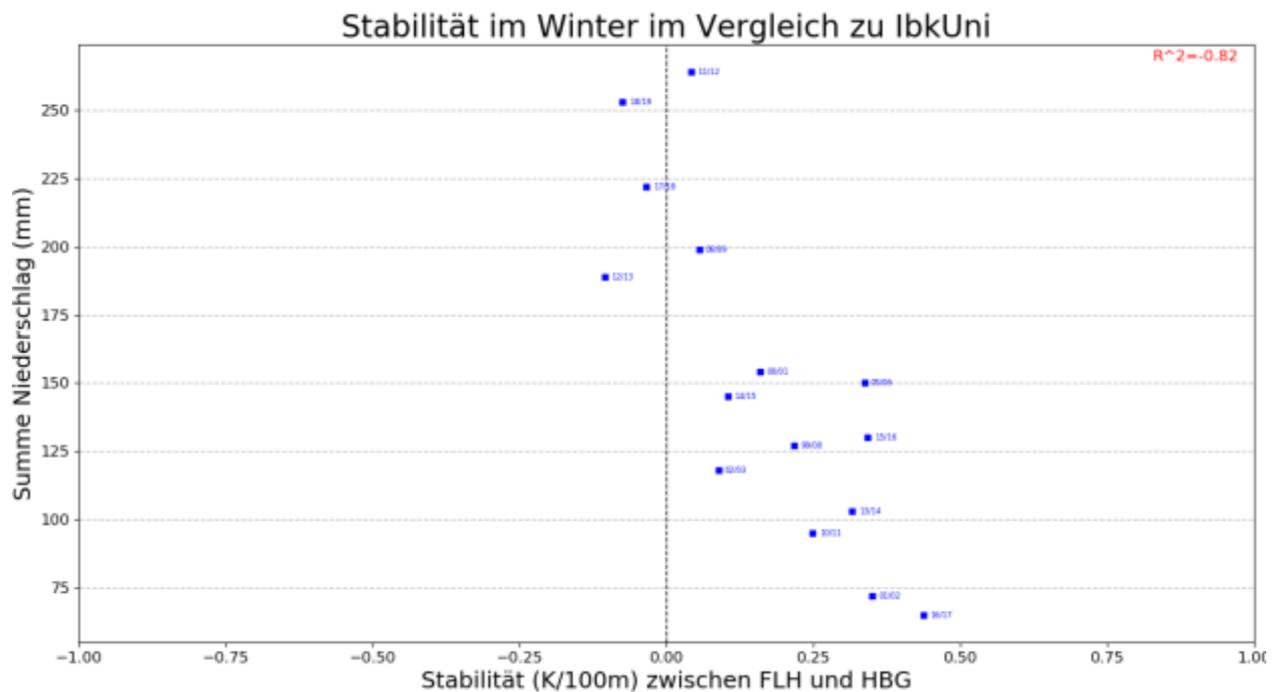


Abbildung 7-21: Zusammenhang zwischen der mittleren Stabilität in K/100 m in der Schicht Innsbruck Flughafen – Hungerburg und der Niederschlagssumme in mm an der Universität Innsbruck in den Wintern von 1999/2000 bis 2018/2019. Der Winter umfasst die Monate Dezember, Jänner und Februar.

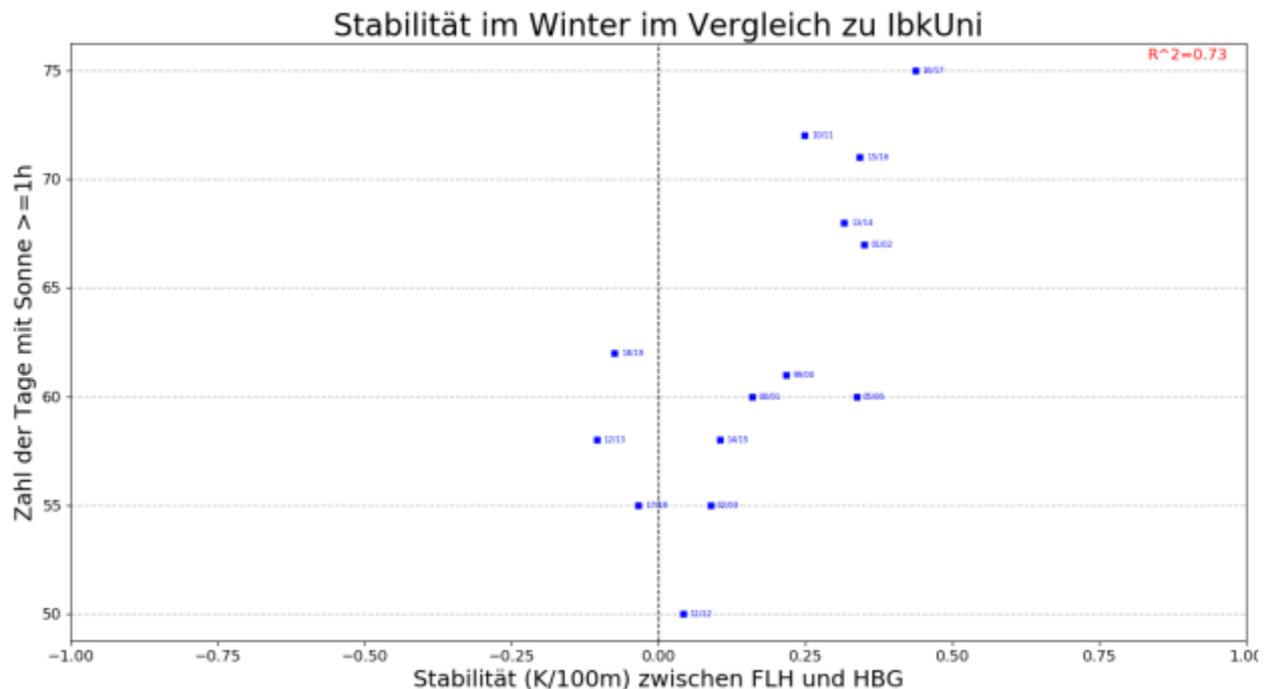


Abbildung 7-22: Zusammenhang zwischen der mittleren Stabilität in K/100 m in der Schicht Innsbruck Flughafen – Hungerburg und der Anzahl der Tage mit einer Sonnenscheindauer  $\geq 1$  Stunde an der Universität Innsbruck in den Wintern von 1999/2000 bis 2018/2019. Der Winter umfasst die Monate Dezember, Jänner und Februar.

### 7.3.5 Inversionen

In den folgenden Abbildungen wird die Inversionshäufigkeit in der jeweiligen Schicht samt monatlichem Anteil ausgewiesen. Für eine genaue Interpretation ist der monatliche Anteil mit der Datenverfügbarkeit in dieser Periode zu verknüpfen, die im Abschnitt 7.3.1 zu finden ist.

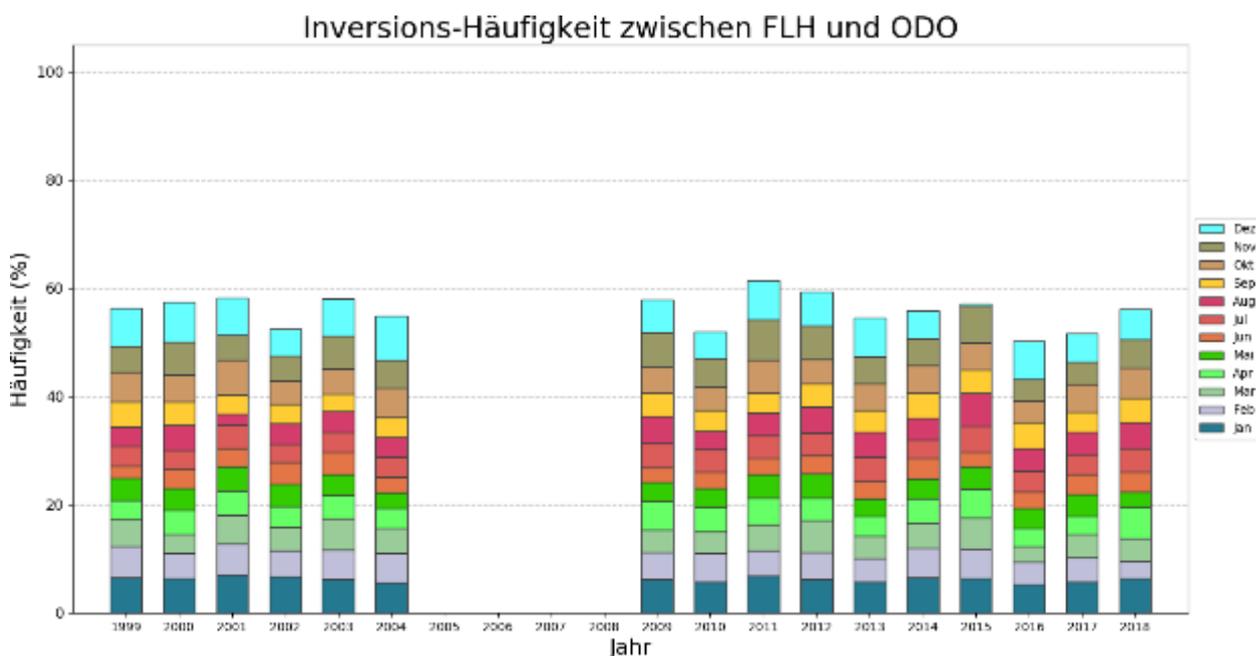


Abbildung 7-23: Häufigkeit von Inversionen in der Schicht Innsbruck Flughafen – Olympisches Dorf inklusive Anteil in den Monaten. Jahresbalken sind nur dann angegeben, wenn eine Datenverfügbarkeit von 80 % erreicht wird. Im Mittel über die gesamte Periode gab es zu 55,9 % inersive Lagen.

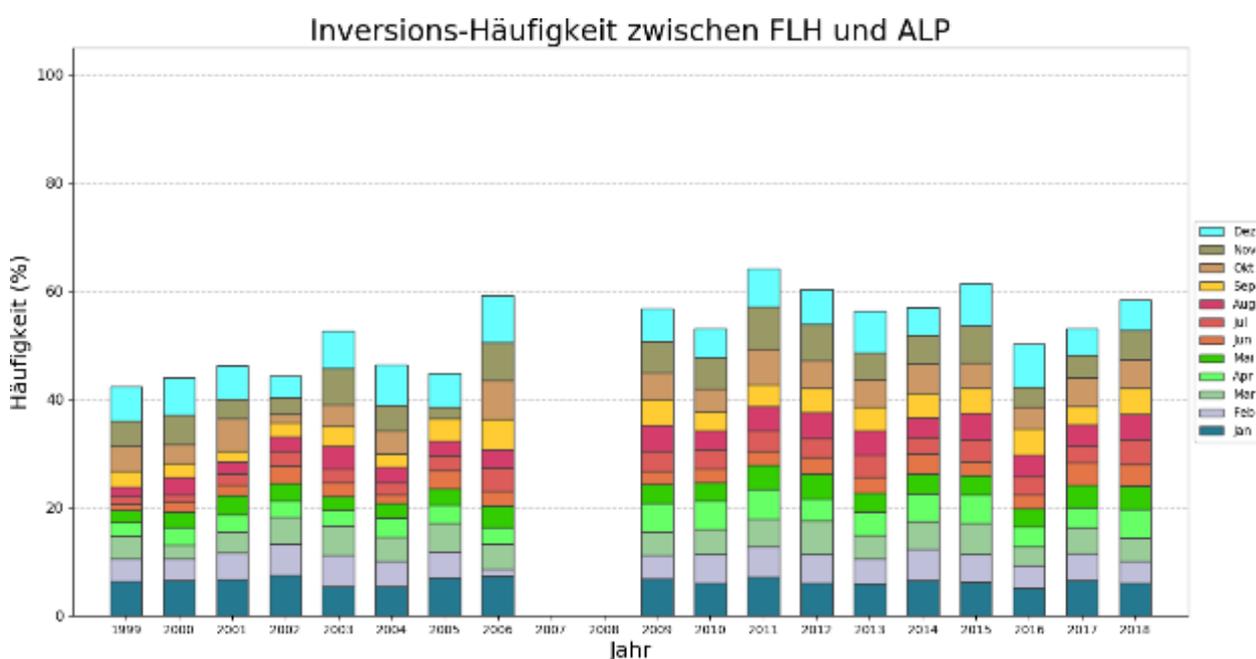


Abbildung 7-24: Häufigkeit von Inversionen in der Schicht Innsbruck Flughafen – Alpenzoo inklusive Anteil in den Monaten. Jahresbalken sind nur dann angegeben, wenn eine Datenverfügbarkeit von 80 % erreicht wird. Im Mittel über die gesamte Periode gab es zu 52,9 % inverse Lagen.

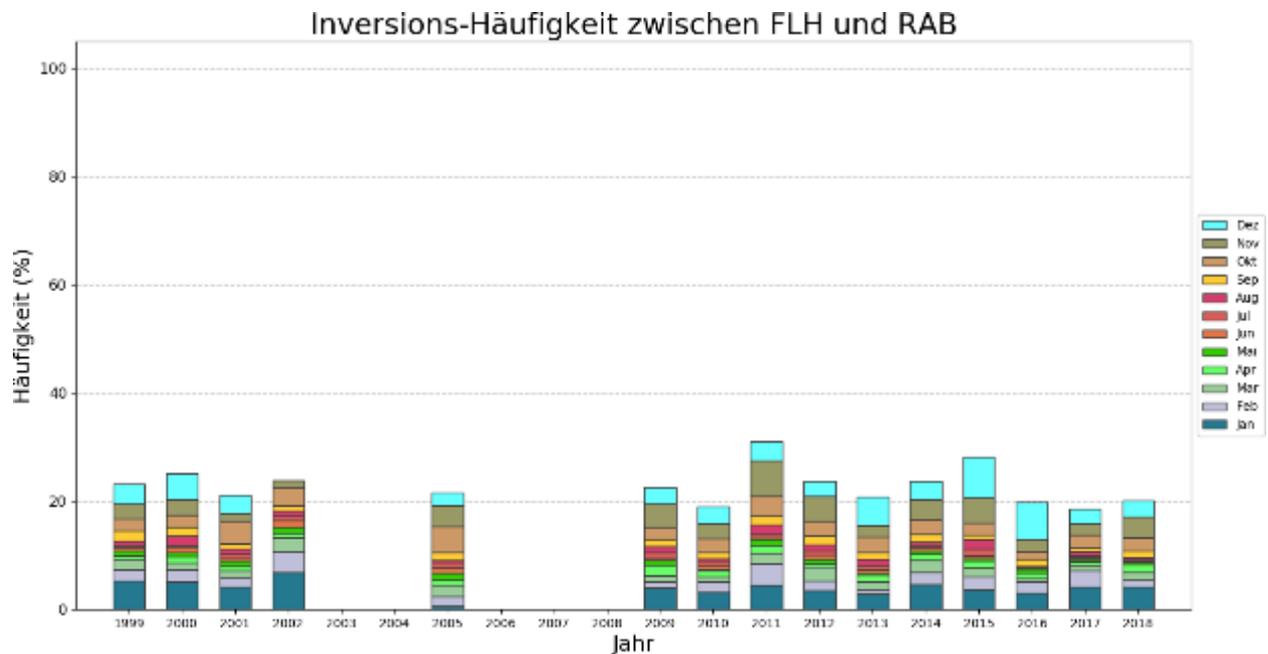


Abbildung 7-25: Häufigkeit von Inversionen in der Schicht Innsbruck Flughafen – Rastlboden inklusive Anteil in den Monaten. Jahresbalken sind nur dann angegeben, wenn eine Datenverfügbarkeit von 80 % erreicht wird. Im Mittel über die gesamte Periode gab es zu 22,8 % inverse Lagen.

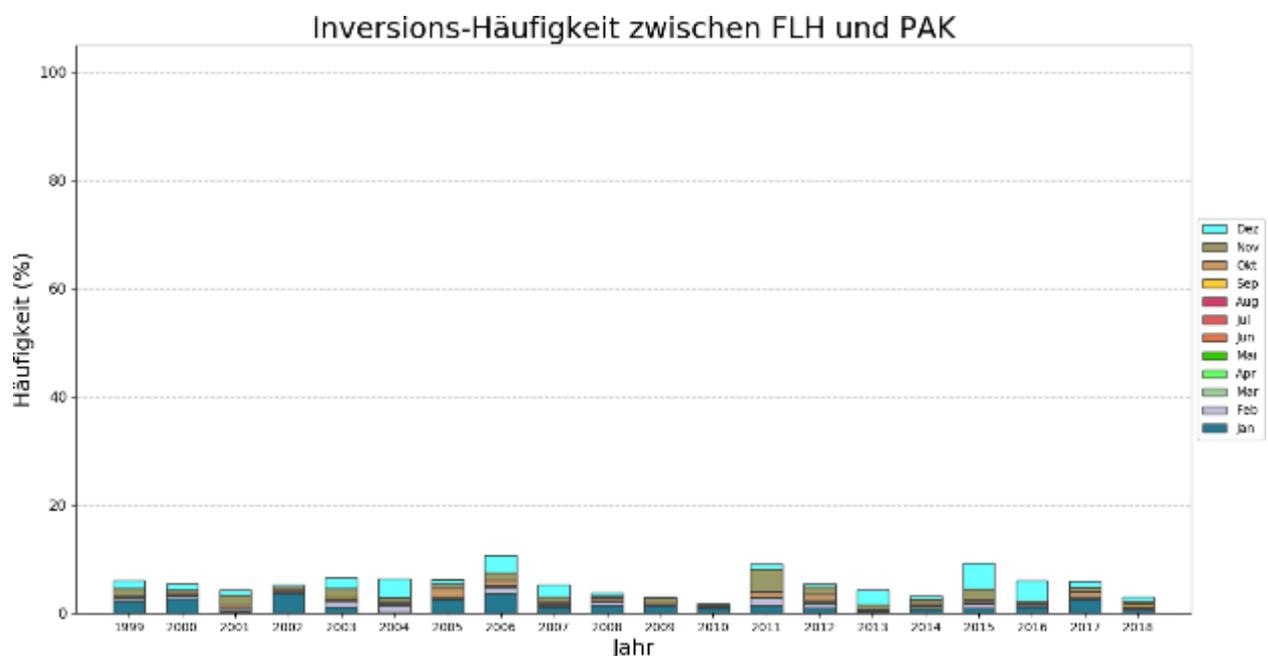


Abbildung 7-26: Häufigkeit von Inversionen in der Schicht Innsbruck Flughafen – Patscherkofel inklusive Anteil in den Monaten. Jahresbalken sind nur dann angegeben, wenn eine Datenverfügbarkeit von 80 % erreicht wird. Im Mittel über die gesamte Periode gab es zu 5,6 % inverse Lagen.