



Detaillierte Statistik des Südföhns in Innsbruck:

Einfluss des Südföhns auf die Temperatur



Diplomarbeit eingereicht am
INSTITUT DER METEOROLOGIE UND GEOPHYSIK,
LEOPOLD FRANZENS UNIVERSITÄT INNSBRUCK

zur Erlangung des akademischen Grades
MAGISTER DER NATURWISSENSCHAFTEN

eingereicht von
ANDREAS ORTNER

INNSBRUCK, MÄRZ 2010

*In Gedenken an Markus
und Bernhard Ortner*

*Es ist der gewöhnliche Fehler der Menschen,
bei gutem Wetter nicht an Sturm zu denken.*

(Niccoló Machiavelli)

Zusammenfassung

Diese Diplomarbeit ist eine klimatologische Abhandlung über den Südföhn in Innsbruck. Innsbruck und Umgebung zählt zu den meist untersuchten Föhnregionen in den Alpen. Es wurde mittels der subjektiven Föhnklassifikation die Periode von 1870 bis 2008 untersucht. Da einige Daten der frühen Periode zum Teil übernommen wurden, ging es in erster Linie darum festzustellen welche Vorstellungen und Kenntnisse die meteorologischen Beobachter vor fast 120 Jahren hatten, um eine Statistik von Föhntagen für Innsbruck zu erstellen. Dabei ist die Frage zu beantworten, welche Bedeutung den einzelnen Parametern des Föhns damals beigemessen wurde.

Wegen einer gewissen Inhomogenität der Gesamtreihe (1870-2008) wurden nur die letzten 61 Jahre (1948-2008) genauer durchleuchtet, welche als homogen anzusehen sind. Dabei wurde erstmals eine Föhnstatistik auf Basis von Stundenwerten angefertigt, welche die Auswertung des Tagesganges des Föhns ermöglichte.

Ein erstes jährliches Maximum erreicht die Föhnhäufigkeit im Frühling, besonders im April und Mai. Ein zweites, aber etwas schwächeres Maximum wird im Herbst erreicht. Die stärksten Monate im Herbst sind der Oktober und der November. Die Föhnminima sind in den Winter- bzw. Sommermonaten. Die relative Föhnhäufigkeit der Tage mit Föhn über das ganze Jahr gesehen beträgt 12,6% im Mittel. Die tageszeitlichen Maxima der Föhnhäufigkeit finden sich zwischen 14 und 19 Uhr und das Minimum in den Nachtstunden. Die mittlere Dauer eines Südföhnergebnisses in Innsbruck beträgt in etwa 10 Stunden. Eine Trendanalyse ergab, dass der Föhn in den letzten 61 Jahren um 3,5 bis 4% pro Jahrzehnt zurückgegangen ist.

Es wurde weiters ein Vergleich zwischen dem Auftreten von Föhn und der damit verbundenen Erhöhung der Temperatur angestrebt. Auch hier konnte eine stundenweise Auswertung der Lufttemperatur über einen Zeitraum von 30 Jahren verwendet werden (1976-2005). Dies ergab für die föhnreichste Zeit den Frühling, dass bei völligem Fehlen von Südföhn die Mitteltemperatur um $0,5^{\circ}\text{C}$ geringer wäre als sie tatsächlich ist. Am stärksten ist der thermische Unterschied zwischen Föhnstunden und föhnlosen Stunden im Winter bzw. in der 2.Nachthälfte bis in die Morgenstunden. So beträgt der Unterschied zum Beispiel im Winter am Morgen im Mittel circa 9°C . Am geringsten ist diese Differenz im Sommer, im Mittel etwa 4°C .

Abstract

In this diploma thesis a detailed study on the influence of the south foehn in Innsbruck is summarized. Even though the city of Innsbruck and its surroundings were examined extensively during the past decades, the data is not homogeneous. In this study, data of the last 120 years was compared and refined. Obviously, the collected data during this time period has focused on different priorities, therefore only the data of the past 61 years was considered a homogeneous statistical serie.

For the first time it was possible to compile a foehnstatistic based on hourly measurements of every single day within these 61 years. These reading points enabled a monitoring of the foehn development on hourly basis.

These observations revealed a first maximum of the foehn in spring, especially in April and May. The second peak, still with lower intensity, is reached in fall, especially in October and November. In winter and summer time the foehn plays a minor role. On average there is a 12,6% chance of a foehn event during the whole year. Within this study it was demonstrated that the foehn maximum arises between 14.00 and 19.00 CET, while the minimum occurs during the night. On average a foehn event lasts for 10 hours. A trend analysis over the last 6 decades revealed a 3-4% decrease of foehn events per decade.

Furthermore, a detailed analysis of foehn events and its impact on the temperature development was performed. Monitoring of hourly time points during the past 3 decades revealed a temperature decrease of 0.5°C for the mean temperature in complete absence of any foehn event. The biggest differences between hours with and without foehn occur in winter during night time with a temperature difference of 9°C in the morning, while in summer temperature difference of only 4°C were observed.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	iii
Abstract	v
1 Einleitung	1
1.1 Motivation und Zielsetzung	1
1.2 Aufbau der Arbeit	2
2 Föhn	3
2.1 Vorwort	3
2.2 Geschichte und Literatur	4
2.3 Die Entstehungsgeschichte der Innsbrucker Föhnreihe von 1870 bis 2008 und ihre Vorläufer	10
2.4 Bemerkung zur Föhnstatistik nach Ekhart	17
3 Gesamtreihe (1870-2008)	23
3.1 Statistische Aufarbeitung der Gesamtreihe	23
4 Die Periode 1948-2008	27
4.1 Föhnbeginn und Föhnende	27
4.2 Föhndauer	29
4.3 Föhnhäufigkeitsverteilung	30
5 Einfluss des Südföhns auf die Temperatur, 1976-2005	35
5.1 Jahreszeiten und Gesamtjahr	35
6 Schlussfolgerungen	43
A Häufigkeiten von Südföhntagen in Innsbruck von 1870 bis 2009	45
Danksagung	53
Curriculum Vitae	55

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Motivation und Zielsetzung

Seit fast schon 200 Jahren setzen sich die Menschen wissenschaftlich mit dem Wetterphänomen Föhn auseinander. Nicht nur Wetterbegeisterte sondern auch solche die sich mit den physiologischen und neurologischen Wirkungen des Föhns auseinander setzten.

Von Anbeginn der Föhnforschung bis heute wurden unzählige Arbeiten über das faszinierende Mysterium veröffentlicht, welche immer wieder neue Hypothesen beinhalteten. Zum Teil gab es heftige Streitigkeiten über die Herkunft bzw. die Entstehung des Föhns und über seine Besonderheiten. Ebenso ein Thema dieser Konflikte war, wie wurde der "warme" Wind, wie man den Föhn auch oft nannte, klassifiziert.

Durch die Entwicklung der Computer und mit dem Einsatz von modernen Messflugzeugen wurde die Föhnforschung in den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts durch das ALPEX-Projekt neu belebt. Ein weiterer großer Meilenstein in dieser Richtung war das Mesoscale Alpine Programme (MAP) um die Jahrtausendwende, in dessen Folge auch die neue objektive Föhnklassifikation entwickelt wurde.

Die Motivation und Zielsetzung dieser Diplomarbeit lag darin, mittels der subjektiven Föhnklassifikation, die längste zusammenhängende Föhnstatistik von Innsbruck zu erstellen. Eine der größten Probleme dabei war es, herauszufinden wie die Beobachter früher klassifizierten und welche zeitlichen Scales sie verwendeten. Dies ging von Föhnfällen bzw. Föhnereignissen über Föhntage bis hin zu Föhnterminen.

Weiters stellte sich auch die Frage ob sich dieser "warme" Wind auf das Klima in Innsbruck auswirkt. Daher ist in dieser Arbeit auch der thermische Einfluss des Föhns, mittels Stundenwerten von Föhn und Temperatur, auf das Klima untersucht worden.

1.2 Aufbau der Arbeit

Im Kapitel 2 wird näher auf die Geschichte und Literatur eingegangen. Unter anderem wird die Entstehungsgeschichte der Innsbrucker Föhnreihe von 1870 bis 2008 und ihre Vorläufer erörtert. In diesem 2. Kapitel wird auch hinterfragt, wie genau bzw. mit welchen Kriterien die einzelnen Beobachter ihre Föhnstatistik anfertigten.

Kapitel 3 beinhaltet die statistische Aufarbeitung der gesamten Innsbrucker Föhnreihe. Es werden für die einzelnen Perioden, die den jeweiligen Beobachtern zu zuordnen sind, statistische Maßzahlen wiedergegeben und der Jahresgang der Föhnhäufigkeit dieser Unterteilung wird grafisch dargestellt.

Das Kapitel 4 verfügt über eine kürzere Periode, die eine gewisse Homogenität in sich trägt. Diese kürzere Periode von 1948 bis 2008 besitzt nicht nur Föhntage sondern auch Föhnstunden. Diese Zeitreihe wird in Bezug auf Föhnanfang, Föhnende, Föhndauer und Föhnhäufigkeit untersucht.

Ein weiterer Schwerpunkt dieser Arbeit ist das 5. Kapitel. Dort wird der thermische Einfluss auf das Klima von Innsbruck untersucht und die Eigenheiten dieses Einflusses im Laufe des Kalenderjahres differenziert dargestellt.

Das letzte Kapitel ist eine Zusammenfassung der Ergebnisse und Erkenntnisse. Das Ende dieser Diplomarbeit wird abgerundet durch einen Hinweis auf mögliche weitere Arbeiten.

Kapitel 2

Föhn

2.1 Vorwort

Im ersten Teil dieser klimatologischen Abhandlung geht es darum, festzustellen welche Vorstellungen und Kenntnisse die meteorologischen Beobachter vor fast 120 Jahren hatten, um eine Statistik von Föhntagen für Innsbruck zu erstellen. Direkte Unterlagen, also detaillierte Aufzeichnungen liegen darüber leider nicht vor. Konkret ist die Frage zu stellen, welche Bedeutung den einzelnen Parametern des Föhns damals beigemessen wurde.

Worauf haben die vielen meteorologischen Beobachter im Laufe der vielen Jahrzehnte ihr Augenmerk gerichtet:

- auf stürmische böige Südwinde
- auf ungewöhnlichen Temperaturanstieg
- auf ungewöhnliche Feuchteabnahme?

Mit Hilfe welchen Zeitfensters (Terminbeobachtung oder Tagesstatistik) haben sie ihre Entscheidung Föhn *JA* oder Föhn *NEIN* getroffen?

Um das zu beantworten ist es erst einmal notwendig zu klären was man unter

- thermodynamische Föhntheorie
- Föhntheorie nach J. Hann
- physikalische Föhntheorie

damals in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts verstanden hatte.

2.2 Geschichte und Literatur

Föhn ist ein regionales bis mesoskaliges Phänomen und auf allen Kontinenten anzutreffen. Die Entwicklung von Theorien über die Entstehung des Föhns auf Basis von Beobachtungen hat deshalb schon von allem Anfang an eine sehr starke lokale Einfärbung. Jeder der Beteiligten hatte seine persönlichen Beobachtungen im Vordergrund. Derjenige im Tessin hatte den Niederschlag im Kopf, der Landwirt im Wipptal die Trockenheit, welche zum Namen Türkenröster führte, der Baumeister in Innsbruck die extreme Böigkeit, welche ihm die Baugerüste beschädigte. An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass zum Wort Föhn in Abhängigkeit von der lokalen Topographie der Begriff einer Richtung, also zum Beispiel Nord-, Süd- oder West- hinzugefügt werden muss. Für Innsbruck wird hier in dieser Abhandlung ausschließlich der Südföhn betrachtet und dies auch nur auf der Basis der Klimatabellen des Institutes.

Es sind nun nahezu 200 Jahre vergangen seit sich Naturforscher im Allgemeinen und Meteorologen im Besonderen mit der Frage des Föhns auseinander zusetzen begannen. Es sollen hier nicht die zahlreichen Zusammenfassungen (z.B. Kuhn 1989) und Übersichtsarbeiten über die verschiedenen Föhntheorien wiederholt werden, sondern es soll eine etwas ausführlichere Darstellung der **ersten** Erklärungsversuche gegeben werden.

Aus der Literatur ist bekannt, dass die Herrn Wild, Escher von der Linth, Betzold, Dove, Hann, Billwiller u.a. sich Jahrzehnte lang eine erbitterte Diskussion lieferten über die wesentlichen Parameter des Föhns, nämlich über Ursprung, Feuchtigkeit und Trockenheit der beteiligten Luft. Konzentriert man sich auf die von der World Meteorological Organisation (WMO) im Jahre 1992 verfasste und heute allgemein anerkannte Föhndefinition, so geht es an der Leeseite von Gebirgen um das

- Absinken,
- Erwärmen und
- Abtrocknen

der Luftmassen:

Föhn ist ein Wind, der auf der Leeseite von Gebirgen wärmer und relativ trockener wird.

Also auch um die selben Parameter, die schon in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts diskutiert wurden.

Eine intensive Literaturrecherche führt zurück in die Zeit vor 1830, dem Jahr an dem Johann Gottfried Ebel (geboren 1764 in Züllichau, heutiges Polen) verstarb.

Ebel war nach verschiedenen Aufenthalten in Frankfurt, Paris und Zürich, wo er letztlich von 1810-1830 als Arzt tätig war, nicht nur medizinisch sondern auch als geografischer Schriftsteller aktiv. Er stand im Schriftverkehr mit H.H. Denzler, welcher im September 1848 in den Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich einen Teil seiner Korrespondenz unter namentlicher Nennung seines Briefpartners Ebel veröffentlichte (Denzler 1848). Im Folgenden lässt er Ebel auf Seite 28 wie folgt zu Worte kommen.

Darum, meinte Ebel, seien die Alpen als der Erzeugungsherd des Föhns anzusehen, und seine hohe Temperatur rühre von dem vielen, durch das Tropfbarwerden der Dünste entbundenen Wärmestoff her.

Es gibt Hinweise, dass obige Formulierung aus einem Brief um 1825 stammt. Ein weiteres Zitat, bezogen auf das Gebiet des St. Gotthard Passes, auf Seite 24 lautet:

Gewöhnlich herrscht der Föhn auf beiden Seiten. Sehr oft bringt er trockenes Wetter nördlich und heftigen Niederschlag südlich von Gotthard.

Als zweiten Meilenstein in der Geschichte der Föhnforschung müssen die Veröffentlichungen des vormaligen Mathematiklehrers und später Meteorologen, des Amerikaners James Pollard Espy (1785-1860) angesehen werden.

- Philosophy of Storms (Espy 1841)
- Fourth Meteorological Report (Espy 1857)

Hann schreibt 1885 in der Zeitschrift für Meteorologie (Hann 1885) dazu:

Als ich vor mehreren Jahren (1881) zuerst (ich gestehe dies mit Beschämung) die Werke von J.P. Espy aufmerksam durchblättert, sah ich zu meinem Erstaunen, dass dieser ausgezeichnete, noch immer nicht nach Verdienst gewürdigte Meteorologe eine große Zahl jener Lehrsätze, die wir jetzt als Errungenschaften der so genannten "modernen Meteorologie" zu betrachten gewohnt sind, schon in diesen Werken niedergelegt hat, und zwar nicht etwa als lose hingeworfenen Gedanken, was ja in den naturwissenschaftlichen Disziplinen kaum einen Wert hat, sondern als Ausfluss einer richtigen physikalischen Theorie, die an den Beobachtungen geprüft wird.

Das folgende Zitat stammt vom Fourth Meteorological Report, Seite 146 und lautet

(Espy 1857):

It is known that air in passing over high mountains such as the Himalaya or the Andes, is 20 or 30 degrees warmer than the atmosphere is at the same height over plains, because in passing over them it has the latent caloric in it, just evolved by the condensation of vapor on the windward side, making it ten degrees warmer for every tenth of an inch of elastic vapor condensed than it would be in rising to the same height without vapor in it to condense.

bzw. auf Seite 153:

The theory, also, would indicate that during the great rains that take place north of the head of the Gulf of Venice, and south of the Carnic Alps, there would be felt on the north slope of these Alps a very hot, dry wind, such as the sirocco is described to be.

Hann kommentiert diese beiden Absätze mit dem Satz (Hann 1885):

Hier fehlt nur noch das Wort Föhn, die richtige Theorie ist in klarer Weise ausgesprochen.

Als weiteres Zeitzeugnis kann man nicht ohne einen gewissen Lokalpatriotismus zitieren was der Kurat von Gurgl Trientl (1864) in seinem Aufsatz "Ein Gang nach Gurgl" schrieb:

Der warme Wind ist in der Höhe gar nicht warm, sondern geradezu kalt und wird umso kälter, je höher man hinauf kommt, wiewohl er nicht die markdurchschneidende Kälte des Nordwindes besitzt. Je tiefer der warme Wind hinabsinkt desto lauer wird er. Ich glaube dies dadurch zu erklären, dass er immer stärker komprimiert, je tiefer er kommt, auch mehr und mehr, gleichsam wie ein Schwamm ausgedrückt, latente Wärme frei lasse.

Und das im Jahr 1864!

Hann hat alle diese drei Zitate gekannt (Ebel, Espy und Trientl) die sich auf den Begriff der latenten Wärme bzw. auf ihre Freisetzung durch Niederschlagsbildung im Luv und am Kamm des Gebirges beziehen.

Hat also Hann (1885) "seine Theorie" allein auf diesen Erklärungsversuch aufgebaut?

Nein! Wie im Folgenden gezeigt wird.

Hahn war schon 1882 bzw. 1885 in der Lage zu formulieren, dass Südföhn auch ohne gleichzeitigen Niederschlag an der Alpensüdseite in Innsbruck auftreten kann (Hann 1885, S.399).

*Ich selbst so wie meine Nachfolger in der weiteren Anwendung der thermodynamischen Theorie des Föhns haben zu **ausschließliches** Gewicht auf den Satz gelegt, dass die hohe Wärme, des auf der Leeseite eines Gebirges herabkommenden Luftstromes zusammenhänge und abhängig sei von der Kondensationswärme des Wasserdampfes, der gleichzeitig auf der Luvseite als Regen und Schnee niedergeschlagen wird. Nun tritt aber nicht selten der Föhn in der Nordschweiz auf, bevor auf der Südseite die Niederschläge begonnen haben. ... Es ist deshalb ein auf der Südseite der Alpen unmittelbar vorausgegangener Niederschlag nicht nötig zur Erklärung der hohen Wärme der ersten Föhnstöße.*

Hann (1882) schreibt in seiner Arbeit über den Föhn in Bludenz, nicht nur sehr ausführlich über die von einem Herrn O.Sternbach von 1856-1873 gemachten Beobachtungen, sondern erklärt auf Seite 436 ausführlich seine damals schon feststehenden Vorstellung über den Ursprung des Föhns:

Man hat, wie ich es selbst früher getan habe, den nicht ganz adäquaten und leicht zu Missverständnissen führenden Satz aufgestellt, dass ein Föhn entsteht, wenn ein stürmischer Wind einen hohen Gebirgskamm überweht. Nun liegt aber das Motiv der Föhnstürme nicht jenseits, auf der Rückseite der Alpen, sondern diesseits auf deren Nordseite, und es besteht in dem Auftreten tiefer Barometer-Minima auf irgendeinem Teil der Strecke zwischen der Bay von Biscaya und Nordschottland. Diese Barometer-Minima ziehen zunächst die Luft über Frankreich und Mitteleuropa in den Wirbelsturm hinein und später auch die Luft über den Niederungen der Nordschweiz und den Alpentälern. Indem aber die Luft in den Alpentälern nach Nord und Nordwest hin abfließt, stürzt sich die Luft von den Alpenkämmen in die Täler hinab, erwärmt sich dabei und bildet den Föhn. Die Föhnluft kommt im Anfang gar nicht vom Süden her, dies im weiteren Sinn des Wortes genommen, es ist die Luft über den Alpenkämmen selbst und der unmittelbar südlich davon gelegenen Schichten, welche in die Täler hinabfällt, sie ist gar nicht im Süden am jenseitigen Gebirgshange emporgestiegen. Ihre hohe Temperatur erklärt sich aus der normalen Wärme der betreffenden höheren Luftschichten im Winter und der raschen Temperaturzunahme beim Niedersinken auf der Nordseite vollkommen.

In ähnlicher Weise versucht Hann in seinem Lehrbuch der Meteorologie (Hann 1901) die verschiedenen, bis dahin durch zahlreiche Beobachtungen gestützten Ansichten "unter einen Hut" zubringen, in dem er auf Seite 600 schreibt:

Man hatte früher angenommen, dass zur Entstehung von Föhnwinden ein die Alpen (oder überhaupt einen Gebirgskamm) überwehender heftiger Süd oder Südwest-Wind nötig sei, der auf der Südseite in starken Niederschlägen seinen Wasserdampf kondensiert, daher nur langsam abkühlt und dann auf der Nordseite, für je 100m 1° Temperaturzunahme erfahrend, als sehr warmer Wind auftritt, die hohe Wärme derselbst somit auf die jenseits frei gewordene Dampfwärme zurückzuführen sei. Solche Fälle kommen in der Tat vor, und die meisten langen Föhnperioden des Herbstes und Winters (namentlich jene in den Ostalpen) haben diesen Ursprung auf der Südseite der Alpen heftige Regen und Überschwemmungen, auf der Nordseite trockenes, warmes Föhnwetter mit ziemlich hellen Himmel. Aber eine absolute Bedingung zu Entstehung des Föhns ist dies durchaus nicht, und gerade die typischen Föhnfälle kommen auf die früher dargestellte Weise zur Entstehung, der Impuls zum Herabsinken der Luft, zum Föhn, kommt von Nordwesten her und schreitet nach Süd fort. Die Wärmeabnahme mit der Höhe ist im Winterhalbjahr fast stets und gerade bei der dem Föhn vorausgehenden ruhigen Witterung so langsam, dass ein bloßes Herabsinken der Luft von der Höhe der Alpenkämme genügt, um derselben die Wärme und Trockenheit des Föhns zu verleihen. Die ersten Föhnstöße kommen meist gar nicht von Süden her über den ganzen Alpenkamm herüber, sie sind einfach Luft aus der Höhe.

Es war also Hann bewußt, dass zur Entstehung von Föhn *einfach Luft aus der Höhe* ausreicht, die gar nicht *im Süden am jeweiligen Gebirgshang empor steigen muss*. Er konnte sich somit mindestens zwei Mechanismen vorstellen wie es zum Südföhn kommt.

Warum sich dann aber mit dem Namen Hann verbunden, in fast allen meteorologischen und georafischen Lehrbüchern der kommenden 100 Jahren, nur eine Version (Abb. 2.3), nämlich diejenige mit Niederschlag im Luv des Gebirges wiederfindet, versucht Seibert vergeblich 1990 zu klären. Nur zweimal ist vor 1970 in meteorologischen Abhandlungen die zweite Version (Abb. 2.4), also ohne Niederschlag, zu finden, einen mal bei Ficker (1920) (Abb. 2.1) und zum anderen mal bei Koschmieder (1933) (Abb.2.2). Es ist auch erstaunlich, dass Ficker in seinem Buch mit Rudder "Föhn und Föhnwirkungen" nicht einmal selbst auf diese Grafik zurückgreift (Ficker 1943). Der Name Ficker muss aber auch im Zusammenhang mit seinen Innsbrucker Föhnstudien (Ficker 1906, Ficker 1910) erwähnt werden, welche den ersten experi-



Abbildung 2.1: Schematischer Querschnitt über die Alpen bei Föhn nach Ficker (1920).

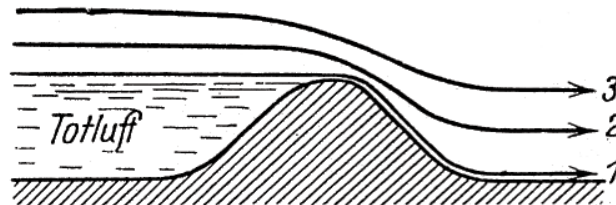


Abbildung 2.2: Antizyklonales Föhnstadium nach Koschmieder (1933). Die Stromlinien sind Linien konstanter potentieller Temperatur.

mentellen Schwerpunkt in der Föhnforschung des 20. Jahrhunderts darstellten.

Erst wieder durch das ALPine-EXperiment (1978-1982) wurde ein neuer experimenteller Höhepunkt gesetzt. Gefolgt von MAP (Mesoskaliges Alpines Experiment, 1999), mit zahlreichen Veröffentlichungen auch der österreichischen Meteorologen um I. Vergeiner, P. Seibert, M. Kuhn, G. Mayr, A. Gohm und vor allem R. Steinacker, welcher in seiner Übersichtsarbeit (Steinacker 2006) neben mehreren anderen Versionen auch die beiden ursprünglichen "Hannschen" Vorstellungen grafisch wie in Abbildung 2.3 und in Abbildung 2.4 umsetzte:

Durch die Wiedergabe der beiden Steinackerschen Abbildungen kann der Eindruck entstehen, dass es sich um ein duales, überschaubares Phänomen handelt. Dem ist nicht so. Steinacker weist in seiner Arbeit darauf hin, dass die beiden Typen, nicht nur isoliert auftreten, sondern "tatsächlich ist in vielen Fällen eine Mischung beider Typen vorhanden". Soweit dieser historische Rückblick.

Unklar bleibt trotzdem, was der "einfache" Beobachter im Detail, unter dem Föhn verstand und aufgrund welcher Kriterien ein Föhnereignis Eingang in die meteorologischen Journale und meteorologischen Monatsbögen fand.

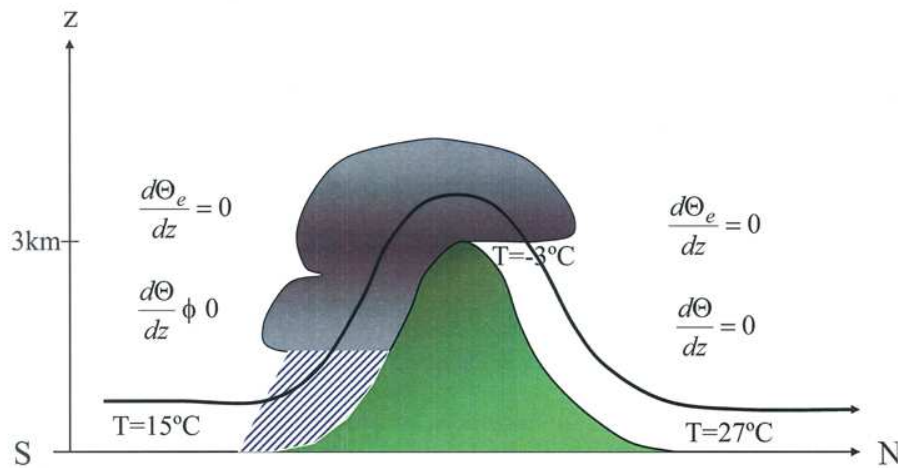


Abbildung 2.3: Schematische Darstellung des Föhns mit Niederschlag im Lee (Typ 1) nach Steinacker (2006).

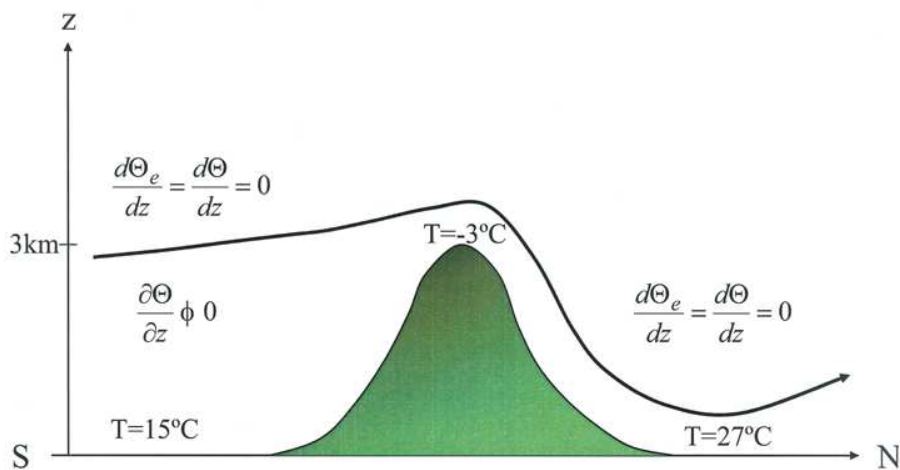


Abbildung 2.4: Schema der aktuellen Föhntheorie (Typ 2) nach Steinacker (2006).

2.3 Die Entstehungsgeschichte der Innsbrucker Föhnreihe von 1870 bis 2008 und ihre Vorläufer

Es gibt weltweit kaum einen Ort dessen meteorologische Datensammlung so weit in der Geschichte zurückgeht wie die von Innsbruck. Schon bei dem von 1657 bis

1667 vom Großherzog Ferdinand II von der Toscana und von seinem Bruder Leopold aufgebauten Beobachtungsnetz "Academia del Cimento" war Innsbruck mit dabei und war neben Paris, Warschau und Osnabrück eine der vier Stationen außerhalb von Italien, welche mit einheitlichen Instrumenten Temperatur, Druck, Feuchte, und Niederschlag gemessen und zu einer zentralen Stelle nach Florenz gesandt hatte. Von der ganzen Aktion sind bisher leider nur einige Jahre mit Daten der Station Paris aufgetaucht.

Als Mitte des 18. Jahrhunderts in Kremsmünster (1767) und in Wien (1775) wieder regelmäßige und brauchbare meteorologische Daten gesammelt wurden, war Innsbruck (1777) als dritte Station wieder dabei.

Es war der Jesuit Franz Zallinger (Zallinger 1833), der in den folgenden 50 Jahren persönlich, Tag für Tag und zwar zweimal täglich Messungen der Temperatur, der Feuchte, des Luftdrucks und der Witterung notierte.

Innsbrucker meteorologische Beobachtungen

von fünfzig Jahren

mit einer Uebersicht derselben

von

Franz von Zallinger zum Thurn,

k. k. jubiliretem Professor der physikalischen und mathematischen
Wissenschaften an der Universität zu Innsbruck und Ehren-
Domherrn des Bisthums Trient.

Nach des Verfassers Tode mit einer Biographie
desselben herausgegeben
von dem Ausschusse des Ferdinandeums.



Innsbruck,

gedruckt mit Wagner'schen Schriften.

1833.

Seine Windstatistik, welche er als "Tage an welchen ein mehr merklicher Wind ging" definierte und zu 50-jährigen Mitteln verarbeitete kann durchaus als erste se-

riöse Föhnstatistik angesehen werden und läßt sich in allen Details durchaus mit den späteren Windstatistiken vergleichen. Der Grund für ihre etwas höheren Häufigkeiten dürfte ähnlich wie später bei Ekhart (1932) darin liegen, dass ihre Klassifikation aus reinen Windkriterien bestand und sicherlich auch einige Gewitterböen und Nordföhnfälle mitgezählt worden waren.

20. Ich bemerkte auch die Tage, an welchen ein mehr merklicher Wind ging; ihre Anzahl für jedes Monat zeigt in folgender Tabelle die Rubrik W. und die nächste Rubrik M. das Mittel für jedes Monat; daraus erhellet, daß den Winden an meisten der April, am wenigsten der September ausgesetzt sey, die mittlere Anzahl der windigen Tage ist für den Frühling 23, den Sommer 10, den Herbst 12, den Winter 15. Für das ganze Jahr 60.

	W.	M.		W.	M.
Jänner	236	5	Juli	141	3
Februar	317	6	August	115	2
März	334	7	September	106	2
April	443	9	Oktober	259	5
Mai	357	7	November	264	5
Juni	271	5	Dezember	215	4

Die Summe aller windigen Tage ist 3058; für ein Jahr 60. Für den Frühling 23, den Sommer 10, den Herbst 12, den Winter 15.

21. Donnerwetter beobachtete ich in diesen Jahren im März 1, im April 10, im Mai 71, im Juni 224, im Juli 204, im August 36, im September 35, im Oktober 3. Die Summe ist 582, für

Ein anderer Blick zurück zeigt, dass der im Jahre 1890 mit kaiserlicher Entschliebung zum außerordentlichen Professor für kosmische Physik ernannte Privatdozent Dr. Josef M. Pernter, erst im Herbst 1893 die finanziellen Mittel zur ersten wissenschaftlichen Ausstattung eines meteorologischen Observatoriums in Innsbruck zugesagt bekam. Er hatte allerdings, wie aus den im Institut vorhandenen Monatsbögen ersichtlich, bereits am 1.1.1891 mit den meteorologischen Beobachtungen in der Universitätsstraße in Innsbruck begonnen, sodass er schon 1895 einen Bericht "Über die Häufigkeit, Dauer und die meteorologischen Eigenschaften des Föhns in Innsbruck" (Pernter 1895) der Akademie für Wissenschaften in Wien vorlegen konnte. Der erste und größte Teil der Beobachtungen von 1870-1895 wurde von freiwilligen Beobachtern im Innsbrucker Militärspital gemacht. Mit der Übersiedelung des Observatoriums im Jahre 1906 von der Universitätsstraße in die Schöpfstraße 41 wurde diese zweite Beobachtungsperiode von 1891-1905 in der Innsbrucker Innenstadt abgeschlossen und von Fessler (1907) als Bericht veröffentlicht. Die Dissertation von Wilcke (1929) war die Vorarbeit für eine Neubearbeitung der 25-jährigen Klimareihe (1906-1930) durch Ekhart (1932), Ekhart (1934) sowie Ekhart (1949).

Die Aussagen über die Föhnhäufigkeit seit 1870 in Innsbruck beziehen sich auf die folgenden Dokumente.

- Pernter (1895)
- Monatsbögen des Instituts für kosmische Physik Innsbruck (1895-1905)
- Ekhart (1932, 1934, 1949)
- Reiter (1958)
- Fliri (1973)
- Monatsbögen des Instituts für Meteorologie und Geophysik Innsbruck (IMGI) (1973-1977)
- Seibert (1985)
- Monatsbögen des Instituts für Meteorologie und Geophysik Innsbruck (IMGI) (1983-2008).

Wie schon Seibert (1985) in seiner Dissertation ausführlichst beschreibt, kann die Gesamtreihe in keinsten Weise als homogen angesehen werden. Nicht nur die Beobachterwechsel und die wechselnden Messgeräte sondern auch die sehr unterschiedlichen Richtlinien in der Klassifikation haben dazu geführt, dass jegliche Aussagen über säkulare Veränderungen in der Häufigkeit des Innsbrucker Föhns mit äußerster Skepsis zu betrachten sind.

Die zeitliche Auflösung, der verwendeten Datensätze, ist außerdem sehr unterschiedlich. Sie reicht von

- Föhnfällen (1 bis mehrere Tage)
- über Föhntage
- bis Föhnstunden.

Ihre Entstehung resultiert aus den verschiedensten Quellen, von Augenbeobachtungen der Beobachter zu den Terminwerten, bis hin zu Interpretationen von Autographen und Dataloggern. Dieses Material, heute meist als META-Daten (Auer et. al. 2001) bezeichnet, ist somit als extrem inhomogen anzusehen.

Erste Autographen waren kontinuierlich seit 1897, am neu gegründeten Institut für kosmische Physik in Innsbruck, in Betrieb, vor dieser Zeit nur sporadisch, wie einer Bemerkung von Pernter zu entnehmen ist, der für seine Beobachtungsperiode 1870-1895 nur "weniger als 5 Jahre Temperaturregistrierung" zur Verfügung hatte. Pernter (1895) schreibt weiters auf Seite 449:

Man wird sich wundern, dass wir über das, wie es scheinen muss, wichtigste Element, den Wind selbst, seine Richtung und Stärke, seine Schwankungen usw. keine

Angaben machen. Es geschieht dies deshalb, weil die Innsbrucker Beobachtungen hierzu fast ganz untauglich sind. Die Schätzung der Windstärke ist von Beobachter zu Beobachter derart verschieden, dass es ganz unmöglich ist, aus ihren Angaben eine Untersuchung über die Windstärke des Föhns durchzuführen. Ja nicht einmal die Aufzeichnungen bezüglich der Windrichtung bieten ein sicheres Material.

Und auf Seite 428 schreibt er, dass er sich *auf die im Titel gegebenen Punkte beschränke und auch diese nur nach den 3mal täglichen Beobachtungen der letzten 25 Jahre zur Darstellung bringe. ... Ich habe dann die Tage mit Föhn in jedem Monat zusammengezählt und in eine Tabelle gebracht und ich verstehe daher, unter Häufigkeit des Föhns, die Zahl der Tage mit Föhn.*

Von Pernter (1895) stammt auch die Bemerkung *In Innsbruck heißt der Föhn im allgemeinen schlechtweg, der warme Wind.* Pernters Klassifizierung kann dennoch als umfassend und gründlich bezeichnet werden, denn er schreibt:

Um nun den Stand und Gang der meteorologischen Elemente zur Föhnzeit richtig zu erkennen und zu beurteilen, war es notwendig, vorerst das allgemeine Mittel des Luftdrucks, der Temperatur, der Feuchtigkeit und Bewölkung, sowie Wind und Regen für die 25 Jahre, welche ich der Untersuchung unterzog, zu ermitteln, um den Vergleichspunkt für dieselben Mittel an den Föhntagen zu erhalten. Dieser eine Vergleichspunkt schien mir aber nicht hinreichend, ich hielt es für notwendig, dieselben Mittel auch für die dem Föhn vorhergehenden Tage einerseits, und für die dem Föhn nachfolgenden Tage andererseits zu bilden, um so ein volles Bild des Standes und Ganges der meteorologischen Elemente bei Föhn entwerfen zu können.

Noch umfassender und auch aufwendiger, waren die Analysen von Mayr (1908) vor allem durch das Vorhandensein von Autographen des Windes, der Temperatur und der Feuchte. Auch Wetterkarten standen ihm zur Verfügung. In seinen Aufzeichnungen findet sich die Formulierung:

*Es wurden daher als Föhn**fälle**, nur solche bezeichnet, an welchen nach den Autographen Föhn mindestens 24 Stunden in Innsbruck herrschte, gleichgültig, ob er Morgens, Mittags oder Abends begann oder aufhörte”...“Es genügte wenn in dem Zeitraum von 24 Stunden, der Verlauf der Feuchtigkeit ein unregelmäßiger und niedriger war, wenn somit der Autograph Föhnlage anzeigte.*

In der Arbeit von Mayr findet sich explizit keine Aufschlüsselung nach Monaten und vor allem, auch keine Aufschlüsselung nach Tagen, da er sich auf Föhn**fälle** konzen-

triert. Um seine Ergebnisse mit denen von Pernter (1895) vergleichen zu können, gibt er zwar auch eine Häufigkeit in Tagen pro Dekade an, wieder mit dem Hinweis, dass als Tage mit Föhn "alle gezählt wurden, an denen Föhn mindestens 24 Stunden herrschte", wobei als Ausgangspunkt die Aufzeichnungen des Hygrographen gedient haben. Die Anzahl der Fälle, von mindestens einem Tag Dauer, in den 10 Jahren, seiner Untersuchungsperiode von 1897-1906 betrug im Mittel 21,8 Fälle pro Jahr. Seine Auswertung der Tage nach den Aufzeichnungen der Autographen 74,6 Tage. Eine Interpretation dieser Fälle bzw. Tage ist insofern nicht möglich als alle "Föhne" klassifiziert wurden, also auch wenn "der Wind eine nördliche Komponente aufwies". Die Untersuchung "der **Fälle** von Föhn" fand somit in der Innsbrucker Föhnstatistik keinen Eingang.

Die bisherigen Statistiken über den Innsbrucker Südföhn weisen in den Jahren 1895-1905 eine Lücke auf. Diese Untersuchung hier umfasst auch die Jahre vor 1905. Die Werte basieren auf einer nachträglichen Auswertung im Jahr 2009 der alten Journalbögen von 1895-1905, bei der sowohl die Windrichtung und Windstärke, als auch die Temperaturabweichung und vor allem der Rückgang der relativen Feuchte zu den Terminen in die Klassifikation mit einbezogen wurden.

Mit der Verlegung des meteorologischen Observatoriums 1906 in die Schöpfstraße 41, entstand zumindest für die kommenden 65 Jahre eine definierte Situation bezüglich des Windschreibers (Modell Beckley), welcher sich circa 25m über dem umgebenden Garten auf dem Dach des Institutsgebäudes befand. 1965 wurde das Gerät durch einen elektrischen Windschreiber der Firma Fuess (E 627) ersetzt. Dieses Gerät wurde 1971 in die Schöpfstraße 45 übersiedelt und befand sich bis 1996 in 19m Höhe auf dem Dach einer zweigeschossigen Villa. Von 1986 an stand ein weiteres Windmessgerät auf dem neuen Institutsgebäude Bruno-Sander-Haus, Innrain 52 in 40m Höhe über Grund. Detaillierte Daten zur Institutsgeschichte befinden sich auf der CD-Rom, welche der Publikation von Auer et. al. (2001) beigelegt ist.

Zur Registrierung der Windrichtung an diesen unterschiedlichen Standorten kann gesagt werden, dass die Verlegungen des Observatoriums von Schöpfstraße 41, über Schöpfstraße 45, zum Innrain 52, immer nur wenige 100m betrug und die für den Innsbrucker Föhn typische Richtung "S-SSE" nur geringfügig, im Bereich von einigen wenigen Grad, beeinflusst hat.

Ab März 1952 ist die so genannte 3-stufige Föhnskala in Gebrauch, welche laut einer Aussendung der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien im Detail lautet:

0....föhnig: Auf den Bergen mäßig bis starke Südwinde, die jedoch nicht bis ins Tal durchgreifen. Vom Tal aus ist diese Föhnlage verschiedentlich erkennbar:

a) am Wolkenbild: Föhnmauer am Alpenhauptkamm, Aufreißen der Wol-

kendecke, Bildung von flachen Wolken mit hellen Rändern (altocumulus lenticularis), Wolkenzug aus S bis SW,

- b) an der auffallenden guten Sichtweite und dem Näherrücken der fernen Objekte,
- c) am Verschwinden des weißlichen Luftlichtes, an den dunkleren und satteren Farben der Umgebung, insbesondere der Berghänge und des Himmelsblaus.

1.....leichter Föhn: Zeitweise Auftreten von südlichen Winden auch im Tal, Windböen erreichen nicht Sturmstärke. Deutlicher Temperaturanstieg und Feuchterückgang. Wolkenbild und optische Erscheinungen wie unter 0.

2.....starker Föhn: Lebhaft bis stürmische Südwinde mit großer Böigkeit durch mehrere Stunden anhaltend. Sonstige Erscheinungen wie unter 1.

Nach dieser 3-stufigen Föhnskala erfolgt die Klassifizierung bis heute. Selbstverständlich werden in jenen seltenen Fällen, wo die obigen Kriterien nicht ausreichen einen Föhntag eindeutig zu klassifizieren, die heute im synoptischen Dienst hochauflösenden Strömungsbilder herangezogen, um über die Strömungssituation und über die Druckdifferenzen längs der Brennerlinie zu einer Aussage zu gelangen.

Für die Unterscheidung zwischen leichtem Föhn (Skalenbezeichnung 1) und starkem Föhn (Skalenbezeichnung 2) wurden im Laufe der Jahre verschiedene Maßzahlen für Sturmstärke verwendet, für die Terminbeobachtungen war es die Windstärke ≥ 6 Beaufort, bei den elektronischen Registrierungen der letzten Jahre sehr uneinheitliche Werte, meist in der Größenordnung ≥ 10 m/s. Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass die beiden Gruppen des Innsbrucker Föhns, in der Reihe 1948-2008 eine Verteilung von 40% Föhn 1 und 60% Föhn 2 besitzen. Seibert (1985) gibt für die ALPEX-Messperiode 1978-1982 eine Verteilung von 55% Föhn 1 und 45% Föhn 2 an. In Anbetracht der Unsicherheiten der Klassifikation kann dieses Ergebnis so formuliert werden: Der Datensatz besteht je zur Hälfte aus Ereignissen mit Föhn 1 und mit Föhn 2. Diese Inhomogenität ist für die vorliegende Untersuchung ohne Bedeutung, weil in keinem Abschnitt zwischen Föhn 1 und Föhn 2 unterschieden wird.

An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass die subjektive Methode der Föhnklassifikation durch Probleme, wie etwa Beobachterwechsel oder die verschiedenen Kriterien, usw., anfällig ist für Fehler. Daher wurde in den vergangenen Jahren an einer objektiven Föhnklassifikation (OFK) (Vergeiner 2004) gearbeitet, welche die Fehlinterpretationen der subjektiven Föhnklassifikation weitgehend ausräumen sollte, da die OFK laut Föst (2006) die Physik des Föhns beinhaltet und ebenso den Ursprung der Föhnluft in den Tälern und den leeseitigen trockenadiabatischen Abstieg.

Neben einem Windkriterium wird ein Kriterium mit der potentiellen Temperatur verwendet. Die potentielle Temperatur ist definiert als

$$\theta = T \left(\frac{1000hPa}{p} \right)^{\frac{R}{cp}} \quad (2.1)$$

und wird als Tracer benützt. T ist die Temperatur in Kelvin, p der Druck in hPa, R die Gaskonstante und cp die spezifische Wärme bei konstantem Druck. Die potentielle Temperatur (θ) ist demnach die Temperatur, die man erhält wenn man ein Luftpaket aus einer beliebigen Höhe trockenadiabatisch auf $1000hPa$ führt.

Verant (2006) und Föst (2006) beschreiben in ihren Diplomarbeiten sehr ausführlich wie diese OFK aufgebaut ist. Das wesentliche soll hier mit einfachen Worten zusammengefasst werden:

Durch turbulente Durchmischung wird potentiell wärmere Luft aus einem höheren Niveau des Gebirgskammes Richtung Talstation transportiert. Und da die potentielle Temperatur als Erhaltungsgröße entlang einer Stromlinie bei trockenadiabatischen Föhnverhältnissen an der Leeseite des Gebirges angesehen werden kann, wird mittels der potentiellen Temperatur ein Temperaturkriterium für das Vorhandensein von Föhn definiert:

$$\theta_{Talstation} - \theta_{Kammstation} \geq 0K \quad (2.2)$$

Bei Föhn weist die potentielle Temperatur der Talstation gleiche oder höhere Werte als die potentielle Temperatur der Referenzstation am Gebirgskamm auf.

Weiters ist zu erwähnen, dass diese objektive Föhnklassifikation im Klimadienst nicht (noch nicht) verwendet wird.

2.4 Bemerkung zur Föhnstatistik nach Ekhart

Wie ein Blick auf die Abbildung 2.5 zeigt, weisen die von Ekhart klassifizierten Jahre deutlich höhere Werte auf. Ekhart hat zwar, wie er später schreibt, die Jahre 1906-1930 überarbeitet, aber geradezu hartnäckig auf die Kriterien Temperaturanstieg und Feuchterückgang verzichtet. Er verwendet ein reines Windkriterium und schreibt, dass Föhntage als jene Tage definiert wurden, an denen die Windregistrierung eine "mittlere Windrichtung" aus dem S-Quadranten (SE-, S-, SW-Winde) anzeigt und überdies die Richtung starke Schwankungen aufwies (Ekhart 1949). Daraus folgt laut Seibert (1985) auf Seite 184, dass in Ekharts Klassifizierung auch Gewitter, Kaltfronten aus Westen und gewisse Nordföhn ähnliche Südwestwinde eingegangen sind und seine Häufigkeiten auf jeden Fall als zu hoch angesehen werden müssen. Aus heutiger Sicht ist es erstaunlich und unverständlich, dass Ekhart an diesen rein strömungsbedingten Windkriterien festhielt. Er formuliert sogar Kritik

an der anderen, der subjektiven Betrachtungsweise der Temperatur- und Feuchteabweichung. Er bezeichnet sie als gefühlsmäßige Föhndiagnose und schreibt (Ekhart 1953), dass die Begriffe "warm" und "trocken" zu relativ seien. Unklar bleibt auch wie er für seine Föhntage zu einer mittleren Windrichtung kommt. Das in den Jahren 1940-1952 die Auswertung der Föhnstatistik nicht mehr unter dem Diktat von Ekhart stand, sondern von Hoinkes durchgeführt wurde ist anzunehmen.

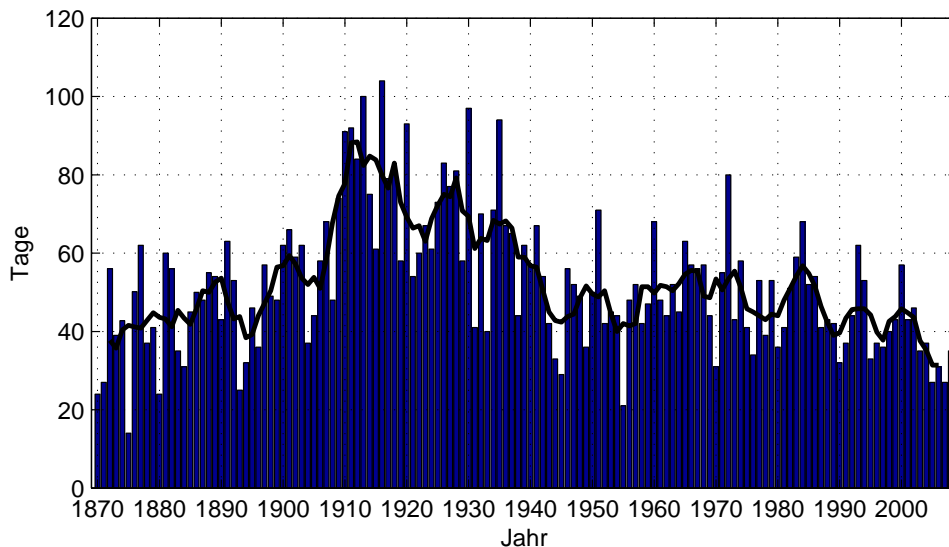


Abbildung 2.5: Häufigkeitsverteilung der Tage mit Südföhn in Innsbruck von 1870-2008. Die durchgezogene Linie repräsentiert das 5-jährige Mittel.

Seibert (1985) hat sich ganz konkret einzelne Jahre, so auch das Jahr 1916 mit dem maximalen Wert von 104 Tagen, vorgenommen und neu klassifiziert und schreibt im einzelnen:

Dieses weist nämlich nach Ekhart die meisten Föhntage mit 104 Tagen bzw. an anderer Stelle mit zitierten 105 Tage auf. ... Wie zu erwarten, ergab sich bei der Überprüfung eine viel geringere Föhnhäufigkeit, nämlich 69 Tage. Auch wenn es sicherlich einige Tage gibt, über die diskutiert werden kann, erscheint Ekharts Zahl bei weitem überhöht und somit seine Föhnkriterien als zu weit gefasst. ... Da die Originalauswertung Ekharts nicht mehr verfügbar war, konnte die von ihm als Föhn eingestuftene Windereignisse nicht mehr vollständig rekonstruiert werden.

Unter anderem findet Seibert mit Hilfe der Wetterkarten, dass ein von Ekhart irrtümlich als Südföhn klassifizierter Tag eine typische Nordföhnlage darstellte. Es scheinen auch Fälle auf mit einer mittleren Windrichtung zwischen Südwest und West. Weiters schreibt Seibert, *andere, hier nicht gezeigte Tage scheinen bei ganz geringen Richtungsschwankungen im Südsektor bei sehr schwachem Wind bereits*

als Föhntage eingestuft worden zu sein. Angesichts dieser Tatsache müssen Ekharts Föhnstatistiken als nur eingeschränkt brauchbar betrachtet werden.

In der vorliegenden Arbeit wird versucht die Ekhartsche Periode mit einer anderen Methode zu durchleuchten. Basierend auf der Hypothese, dass vor allem auch Gewitter in seiner, auf ein reines Windkriterium basierenden, Statistik als Föhn auftreten, wurden die Daten jahreszeitlich aufgegliedert. Um die Unregelmäßigkeiten näher verstehen zu können, werden verschiedene Perioden miteinander verglichen, nicht nur ganze Jahresgänge, sondern auch einzelne Jahreszeiten.

Im wesentlichen kann man den sogenannten "Ekharteffekt" als deutlich zu hohe Häufigkeit in drei von vier Jahreszeiten feststellen. Nicht im Winter, dafür aber umso deutlicher im Frühling. Der Frühling ist in allen Untergruppen die Jahreszeit mit der maximalen Anzahl von Föhntagen. In Abbildung 2.6 sind die beiden starken Jahreszeiten Frühling und Herbst und in Abbildung 2.7 die eher schwächeren Jahreszeiten Sommer und Winter für die gesamte Periode von 1870-2008 abgebildet.

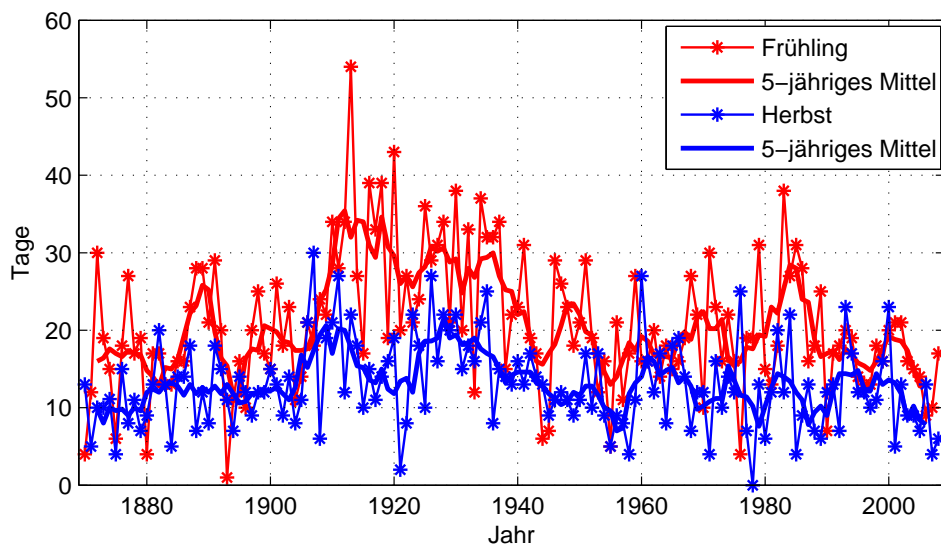


Abbildung 2.6: Häufigkeitsverteilung der Tage mit Südföhn in Innsbruck von 1870-2008 für die jeweilige Jahreszeit.

Noch deutlicher sieht man diesen "Ekharteffekt" in Abbildung 2.8. Die Gesamtreihe ist hier in vier Teilreihen unterteilt. Maximale Werte treten wieder im Frühling in allen vier Teilreihen auf. Das sekundäre Maximum im Herbst hebt sich nur unwesentlich vom Winter ab. Die minimalen Verhältnisse finden sich im Sommer mit Werten zum Teil unter 10 Tagen pro Jahreszeit. Die Jahreszeiten sind hier wie üblich definiert als Frühling M A M, Sommer J J A, Herbst S O N und der Winter als D J F. Die unterschiedliche Länge der Teilperioden sollte dieses Ergebnis nicht wesentlich beeinflussen.

Als zusammenfassendes Ergebnis dieses Versuchs den "Ekharteffekt" vielleicht

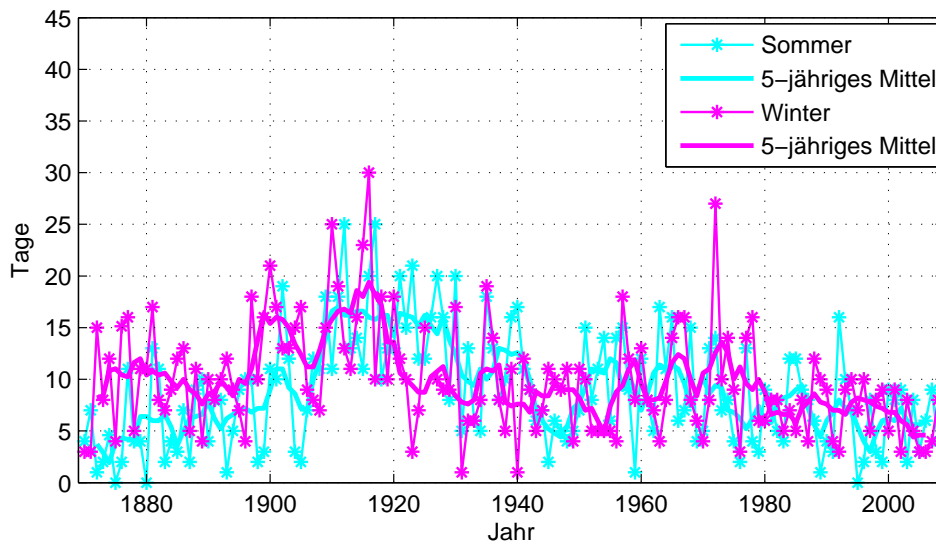


Abbildung 2.7: Häufigkeitsverteilung der Tage mit Südföhn in Innsbruck von 1870-2008 für die jeweilige Jahreszeit.

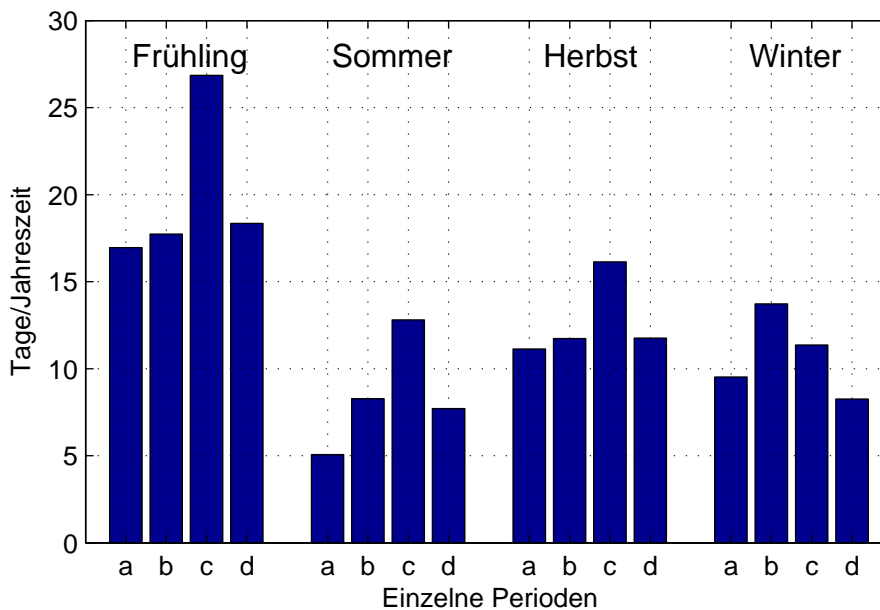


Abbildung 2.8: Gemittelte Anzahl der Tage mit Südföhn zur jeweiligen Jahreszeit, a ... ist die Periode von Pernter (1870-1894), b ... die der Monatsbögen des Instituts für kosmische Physik Innsbruck (1895-1905), c ... die Periode von Ekhart (1906-1947) und d ... die Monatsbögen des IMG I (1948-2008).

zu beseitigen, muss gesagt werden, dass auch diese Methode hier nicht zum Erfolg führt. Wie schon bei Seibert (1985) formuliert, ist es auf Grund der fehlenden Unterlagen nicht möglich diesen "Ekharteffekt" aus der Gesamtreihe zu eliminieren. Für verschiedene detaillierte Untersuchungen wird deshalb nur auf die 61-jährige Periode

von 1948-2008 Bezug genommen.

Kapitel 3

Gesamtreihe (1870-2008)

3.1 Statistische Aufarbeitung der Gesamtreihe

Trotz der im vorigen Kapitel erwähnten Inhomogenität der Gesamtreihe wird im folgenden versucht, diese etwas genauer zu durchleuchten. Die Aufteilung in Untergruppen erfolgt in den folgenden Tabellen entsprechend ihrer historischen Aufarbeitung.

Die sieben Tabellen 3.1 bis 3.7 zeigen für die verschiedenen Teilperioden die statistischen Kenngrößen: Mittelwert, Standardabweichung, maximale und minimale Anzahl der Föhntage. Unter Föhntag wird in dieser Statistik ein Kalendertag verstanden, an dem zwischen 1,5 und 24 Stunden Föhn in Innsbruck beobachtet wurde. Das jährliche Maxima von 104 Tagen bzw. 94 Tagen wurden oben bereits als in die Ekhartperiode fallend kritisiert. Der Wert von 80 Tagen im Jahr 1972 erscheint vernünftig.

1870-1894	jän	feb	mär	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dez	Summe
Mittel	3,1	3,4	6,0	5,9	5,1	1,5	2,2	1,4	2,0	4,8	4,3	3,0	42,7
σ	2,7	2,4	4,2	3,4	4,0	1,3	2,6	1,5	1,9	3,2	2,5	2,6	13,6
min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
max	9	7	17	15	15	5	7	5	6	10	10	9	63

Tabelle 3.1: Statistische Maßzahlen in Tagen für die Periode von 1870-1894

1895-1905	jän	feb	mär	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dez	Summe
Mittel	3,8	5,5	6,6	6,3	5,2	4,0	2,5	2,4	2,8	4,9	4,1	4,1	52,2
σ	2,0	3,2	1,8	2,3	2,7	2,5	2,2	2,5	2,1	2,8	2,0	2,0	10,6
min	0	0	4	3	1	1	0	0	0	1	2	1	36
max	7	11	10	11	10	8	6	7	5	9	8	8	66

Tabelle 3.2: Statistische Maßzahlen in Tagen für die Periode von 1895-1905

1906-1930	jän	feb	mär	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dez	Summe
Mittel	4,0	5,2	10,0	10,3	9,1	6,0	5,0	4,2	4,9	6,8	5,4	4,2	75,1
σ	3,7	3,3	4,3	5,3	3,5	3,1	1,8	3,2	2,7	4,2	4,1	3,2	15,6
min	0	1	0	2	2	0	2	1	0	0	0	0	48
max	13	12	17	23	15	11	8	13	9	18	16	11	104

Tabelle 3.3: Statistische Maßzahlen in Tagen für die Periode von 1906-1930

1931-1947	jän	feb	mär	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dez	Summe
Mittel	2,1	3,3	7,3	7,5	8,4	4,2	3,2	1,8	4,6	5,6	4,5	2,9	55,5
σ	2,1	2,7	4,7	5,2	4,1	2,7	3,0	1,6	2,9	2,5	3,9	2,4	16,4
min	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	29
max	8	9	16	17	14	10	9	6	10	10	14	8	94

Tabelle 3.4: Statistische Maßzahlen in Tagen für die Periode 1931-1947

1948-2008	jän	feb	mär	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dez	Summe
Mittel	2,5	3,3	5,3	6,5	6,5	3,4	1,8	2,5	3,6	4,4	3,8	2,4	46,1
σ	2,2	3,4	3,4	3,9	3,6	2,5	1,6	2,1	2,6	3,5	3,1	2,1	11,5
min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
max	9	17	15	18	16	10	6	9	11	15	13	7	80

Tabelle 3.5: Statistische Maßzahlen in Tagen für die Periode von 1948-2008

1976-2005	jän	feb	mär	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dez	Summe
Mittel	2,4	2,3	5,2	6,7	6,9	2,8	1,6	1,9	3,4	5,3	3,1	2,5	44,3
σ	2,2	1,8	3,5	4,3	3,7	2,1	1,7	2,0	2,6	3,5	3,0	2,2	9,9
min	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	27
max	9	7	15	18	16	8	6	8	10	12	10	7	68

Tabelle 3.6: Statistische Maßzahlen in Tagen für die Periode von 1976-2005

1870-2008	jän	feb	mär	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dez	Summe
Mittel	3,0	3,8	6,6	7,2	6,8	3,7	2,6	2,5	3,6	5,0	4,3	3,0	52,3
σ	2,7	3,2	4,1	4,4	3,9	2,8	2,4	2,4	2,6	3,5	3,3	2,5	17,3
min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
max	13	17	17	23	16	11	9	13	11	18	16	11	104

Tabelle 3.7: Statistische Maßzahlen in Tagen für die gesamten Reihe von 1870-2008

Zusammenfassend zeigt die Tabelle 3.8, dass auf die Frage nach der mittleren Jahressumme von Föhntagen in Innsbruck, unter Berücksichtigung aller obigen Inhomogenitäten gesagt werden kann, dass sie mit Ausnahme der Ekhartschen Periode salop formuliert 50 ± 5 Tage beträgt.

Der Jahresgang der monatlichen Häufigkeit ist auch wieder - "Ekharteffekt" ausgelassen - erstaunlich gleichlaufend mit den beiden bekannten Maxima, dem Haupt-

Jahr	Mittel	σ	min	max
1870-1894	42,7	13,6	14	63
1895-1905	52,2	10,6	36	66
1906-1930	75,1	15,6	48	104
1931-1947	55,5	16,4	29	94
1948-2008	46,1	11,5	21	80
1870-2008	52,3	17,8	14	104

Tabelle 3.8: Jahressumme der statistischen Maßzahlen in Tagen für die einzelnen Perioden von 1870-2008

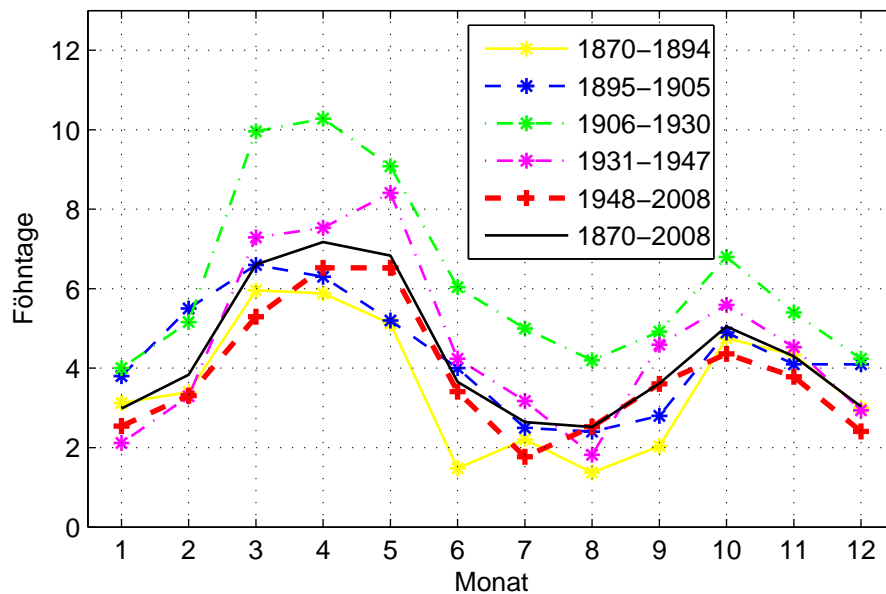


Abbildung 3.1: Jahresgang des Mittelwertes der Föhnhäufigkeit in den einzelnen Monaten für die jeweiligen Perioden von 1870-2008.

maxima im April und dem sekundären Maxima im Oktober. Das Schlusslicht in der Reihe der Jahreszeiten kommt wie in Abbildung 3.1 ersichtlich dem Sommer zu, allerdings dicht gefolgt von den Wintermonaten.

Kapitel 4

Die Periode 1948-2008

4.1 Föhnbeginn und Föhnende

Wegen der in den vorigen Kapiteln vorhandenen Ungereimtheiten in der Auswertung wird von einer weiteren detaillierten Untersuchung der Gesamtreihe von 1870-2008 Abstand genommen und es werden nur die 61 Jahre von 1948-2008 näher durchleuchtet. Es wurde dabei als wesentlicher Schritt eine Auswertung von Föhnanfang und Föhnende auf der Basis der Eintragung in den Monatsbögen (IMGI) vorgenommen, mit einer Genauigkeit bzw. Auflösung von Stunden. Die Registrierungen von Windgeschwindigkeit und Windrichtung standen nicht mehr zur Verfügung, da diese bei einer der letzten beiden Übersiedlungen abhanden gekommen sind. Als minimales Zeitfenster wurde die Dauer von mindestens 1,5 Stunden gewählt, wobei berücksichtigt werden muss, dass die Genauigkeit von halbstündigen Zeiten von den einzelnen Beobachtern sicher nicht mit vergleichbarer Exaktheit vorgenommen worden war. In Abbildung 4.1 bedeutet 1 das Zeitintervall von 00:30 bis 01:30.

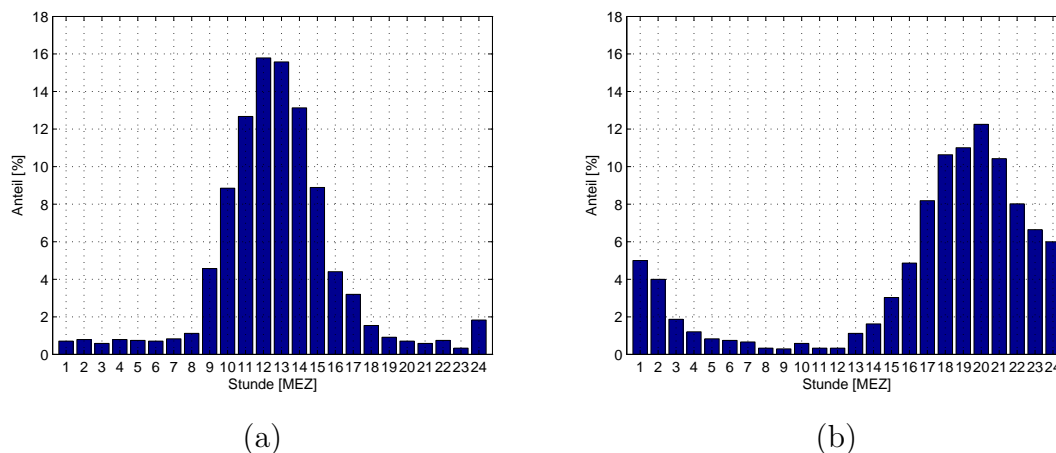


Abbildung 4.1: Häufigkeit [%] des Föhnanfangs (a) und Föhnendes (b) von 1948-2008

Eine Korrektur der Eintragungen musste am Datenmaterial "Föhnende" (Abb. 4.1 b, korrigierte Version) vorgenommen werden. Die ursprüngliche Eintragung in den Monatsbogen enthielt vielfach als Föhnende die allgemeine Abkürzung "n" für "bis in die Nacht hinein". Und diese Zeitangabe wurde bei der Eingabe in den Computer durch "24" Uhr ersetzt, was zu einer unrealistischen Anhäufung der Föhnstunden zu diesem Mitternachtstermin führte. Dies war sicherlich ein Fehler, in Ermangelung genauerer Angaben aber verständlich. Die Behebung des Fehlers erfolgte durch Aufteilung dieses Datengipfels in linearer Form auf die zwei Stundenintervalle vor und die drei Intervalle nach Mitternacht.

Beim Datensatz Föhnanfang (Abb. 4.1 a) erscheint in den beiden letzten Stunden auch eine Unregelmäßigkeit, welche auf das Mindestzeitfenster von 1,5 Stunden zurückgeht: eine einzelne Stunde vor Mitternacht wurde nur gezählt wenn sie eine Fortsetzung in der Folgestunde hatte.

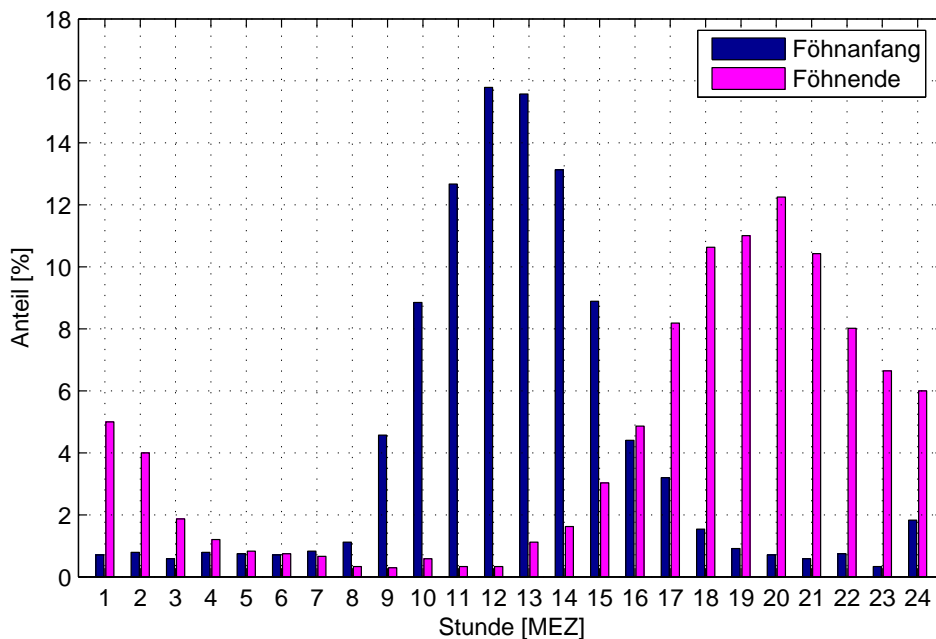


Abbildung 4.2: Häufigkeit [%] des Föhnanfangs und des Föhnendes von 1948-2008

Ergänzend zu Abbildung 4.1 wurden die gleichen Verhältnisse in Abbildung 4.2 zusammen gezeichnet, um eine Abschätzung zwischen den häufigsten Anfangszeiten und häufigsten Föhnenden grafisch zu ermöglichen. Es wird dadurch bestätigt, dass der Südföhn in Innsbruck am häufigsten in den Mittagsstunden beginnt und mit Sonnenuntergang wieder "einschläft". Auch die bekannte nächtliche Föhnpause kann herausgelesen werden. Nicht ausgesagt soll durch diese Abbildung 4.2 werden, dass ein Föhn an dem Tag an dem er anfängt auch wieder aufhört. Wie im Kapitel 4.2 gezeigt wird, dauern Föhnfälle in Innsbruck, in etwa 90% der Fälle nicht länger als

20 Stunden.

4.2 Föhndauer

In diesem Kapitel kann gezeigt werden wie bereits erwähnt, dass die weitaus meisten Föhnfälle eine Dauer von 20 Stunden (90%) nicht überschreiten. Es bleibt dahingestellt, ob diese Aussage für jene Menschen die unter der "Innsbrucker Föhnkrankheit" leiden einen Trost darstellt.

Auf Grund der Stundenauswertung ist es möglich, die längsten Föhnperioden in der 61-jährigen Reihe mit jeweils 110 Stunden den Monaten April 1983 und Mai 1984 zuzuordnen. Die Abbildung 4.3 zeigt in der ersten Säule (bezeichnet mit 1) die Klasse der 1,5 Stunden dauernden Föhnereignisse. Unter Ziffer 2 sind die Fälle mit 2 Stunden und 2,5 Stunden erfasst. Alle weiteren Klassen folgen diesem System. Diese Statistik erlaubt auch die Aussage, dass in Innsbruck ein Föhnereignis eine mittlere Dauer von etwa 10 Stunden hat. Die mittlere Jahressumme der absoluten Föhnstunden in Innsbruck beträgt 4,7%, das sind 408 Stunden im Mittel pro Jahr. Der Datensatz den Föst (2006) bearbeitete, stellt nur eine kleinere Stichprobe dar (Sep.99-Apr.04). Mit Hilfe der objektiven Föhnklassifikation wurden in diesen 4,5 Jahren die Föhnfälle analysiert, die daraus berechnete mittlere Föhnhäufigkeit beträgt im Durchschnitt 6,1%. Im Vergleich dazu gibt Föst für die Station in Ellbögen, im vorderen Wipptal, einen Wert von 22% an.

Dies ist eine Ziffer die der föhngeplagten Innsbruckerin bzw. dem föhngeplagten Innsbrucker eher niedrig vorkommen dürfte.

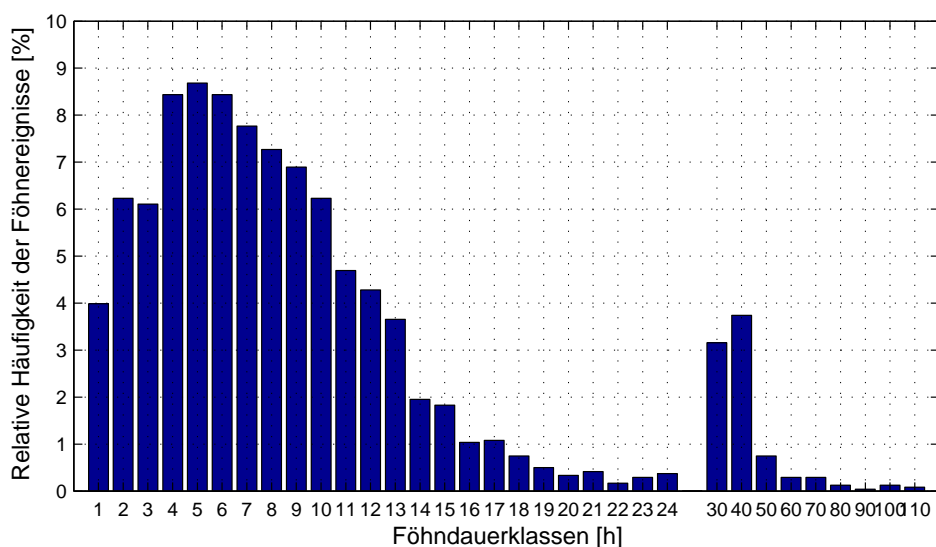


Abbildung 4.3: Relative Häufigkeit [%] der Föhndauer [h] nach Klassen von 1948-2008

4.3 Föhnhäufigkeitsverteilung

Zu allererst darf wieder in Erinnerung gerufen werden, dass hier die Jahre 1948-2008 diskutiert werden. In Abbildung 4.4 sieht man die "Ausreißer" des jeweiligen Monats (rote Kreuze). Mit maximal 18 Tagen führt der April 1983. Maximale Häufigkeiten sind noch mit 17 Tagen im Februar 1972, mit 15 Tagen im Oktober 1960, im September mit 11 Tagen 1965, 10 im September 1993 und 9 im August 1951, wie auch im Jänner 1988. In dieser Abbildung kommt auch deutlich zum Ausdruck, dass jeder der 12 Monate föhnfrei sein kann. Zusätzlich zu diesen absoluten Zahlen, also jeweils der Anzahl von Föhn**t**agen pro Monat, werden in Abbildung 4.5 die absoluten Föhnstunden sowie Mittelwert und Median der Föhnstunden dargestellt. Der Jahresgang der beiden Abbildungen entspricht den Erwartungen und bestätigt die bisherigen Untersuchungen.

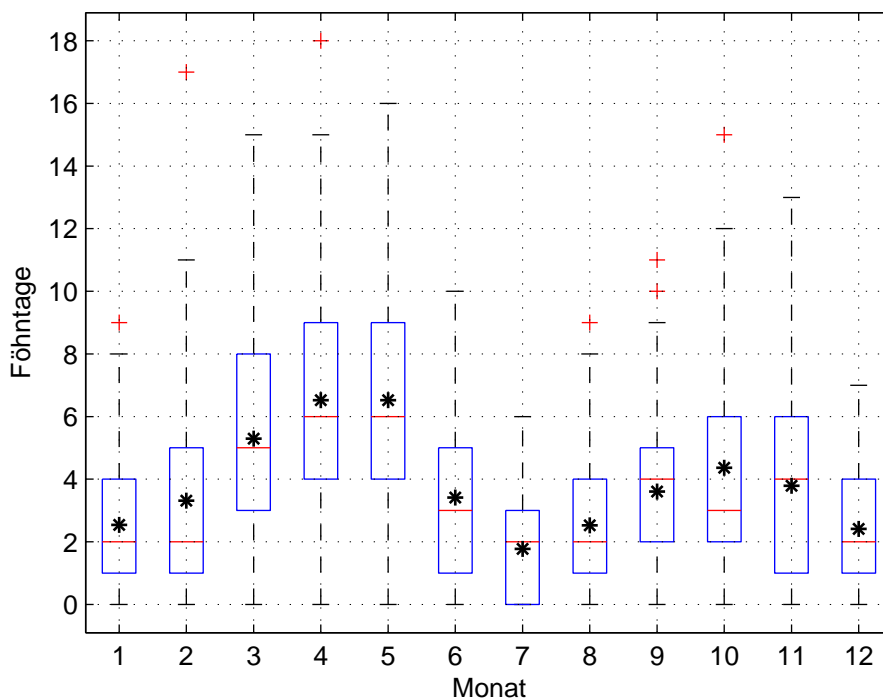


Abbildung 4.4: Boxplot der monatlichen Anzahl von **Föhntagen** und der Mittelwert der Föhntage von 1948-2008

Erläuterung zu Abbildung 4.4 und Abbildung 4.5.:

Boxplot: In einer Box befinden sich 50% aller Werte. Die untere Begrenzung der Box ist die 25%-Perzentile, und die obere die 75%-Perzentile. Unterhalb und oberhalb der Box befinden sich nochmals jeweils 25% der Daten. Die rote Linie innerhalb der Box ist der **Median**. Ist der Abstand zwischen Median und der oberen Begrenzung der Box bzw. zwischen Median und der unteren Begrenzung der Box

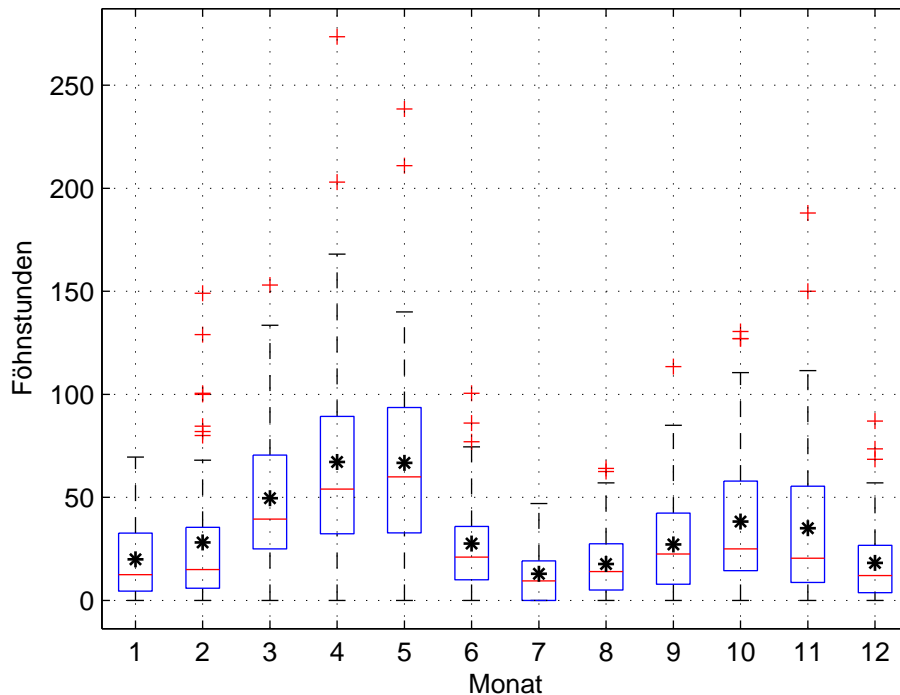


Abbildung 4.5: Boxplot der monatlichen Anzahl von **Föhnstunden** und der Mittelwert der Föhnstunden von 1948-2008

nicht gleich groß, so ist die Verteilung der Daten asymmetrisch. Der schwarze Stern repräsentiert den **Mittelwert** der Verteilung. Die sogenannten "Whiskers", also die vertikalen strichlierten Linien zeigen die Verteilung der Datenwerte. Die Länge der vertikalen Linien ist definiert durch 1,5 mal den Interquartielabstand (75%-Perzentile - 25%Perzentile). Werte, die sich außerhalb dieser Grenzen befinden, sind Ausreißer und werden als rote Kreuze dargestellt.

In den beiden folgenden Diagrammen (Abb. 4.6 und Abb. 4.7) ist das Hauptergebnis dieser Diplomarbeit zu finden: Tagesgang und Jahrgang der Föhnhäufigkeit, sowohl in Stunden als auch in Prozent. Die Ordinatenkalierung der Abbildung 4.6 ist in die Stunden des Tages aufgelöst mit unterschiedlichen Häufigkeiten von halben Stunden (farbige Skala). Das Maximum liegt auch hier eindeutig mit Werten von über 5 Stunden im Frühjahr und am späten Nachmittag. Das sekundäre Maximum erreicht um die selbe Tageszeit in den Monaten Oktober und November nur mehr Werte von über 3 Stunden.

Diese Darstellung der Isoplethendiagrammen ist sehr hochauflösend und erlaubt Aussagen, nicht nur über die Föhnhäufigkeit einzelner Monate, sondern auch über die Häufigkeitsstruktur der einzelnen Tagesstunden.

Abbildung 4.7 liefert das relativierte Bild für die Häufigkeit in Prozent. Die Struktur bleibt natürlich die gleiche und solche Diagramme finden sich auch bei Seibert

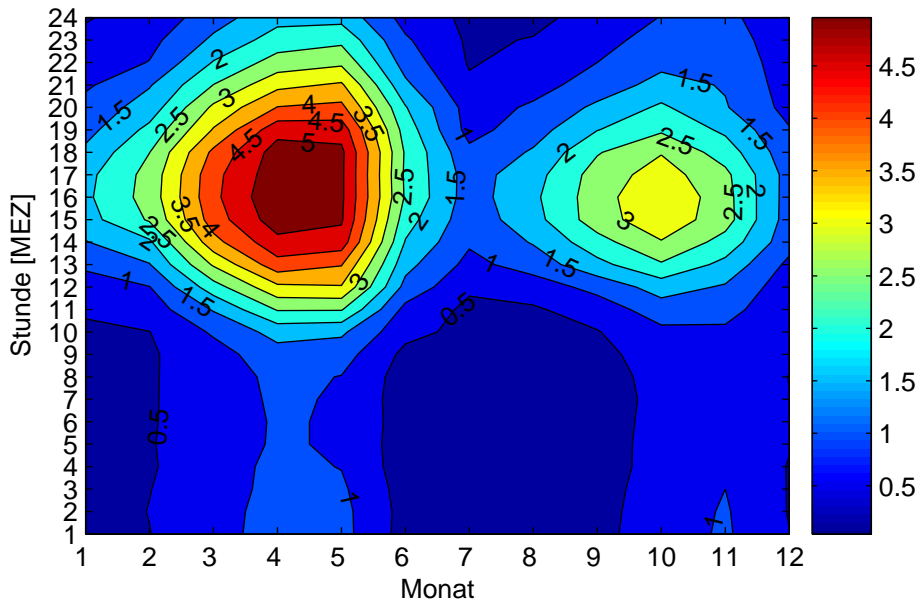


Abbildung 4.6: Isoplethendiagramm des mittleren täglichen Gangs der Föhnhäufigkeit in Stunden von 1948-2008

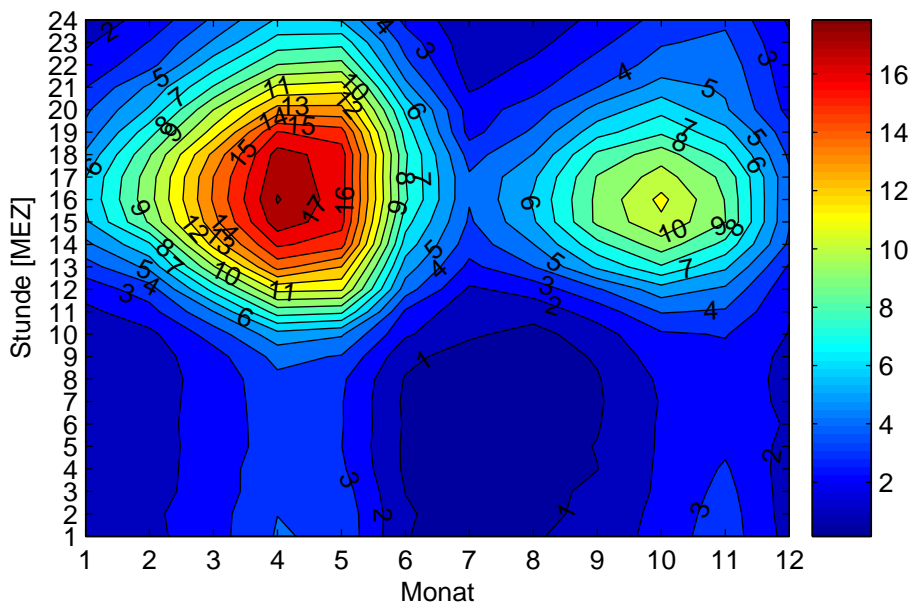


Abbildung 4.7: Isoplethendiagramm der relativen Föhnhäufigkeit in Prozent von 1948-2008

(1985) und Föst (2006). Bei der hier gezeigten Grafik ist Folgendes zu beachten. Die in Abbildung 4.8 präsentierten Vergleiche basieren auf dem hier verwendeten Datensatz (1948-2008). Aus diesem Datensatz wurden für den Vergleich die 4,5 Jahre von Föst, 1. September 1999 bis 1. April 2004 und für Seibert die 4 Jahre von 1. Oktober 1978 bis 30. September 1982 herausgenommen und mit dem Programm

durchgerechnet, wie es auch für die 61-jährige Periode verwendet wurde.

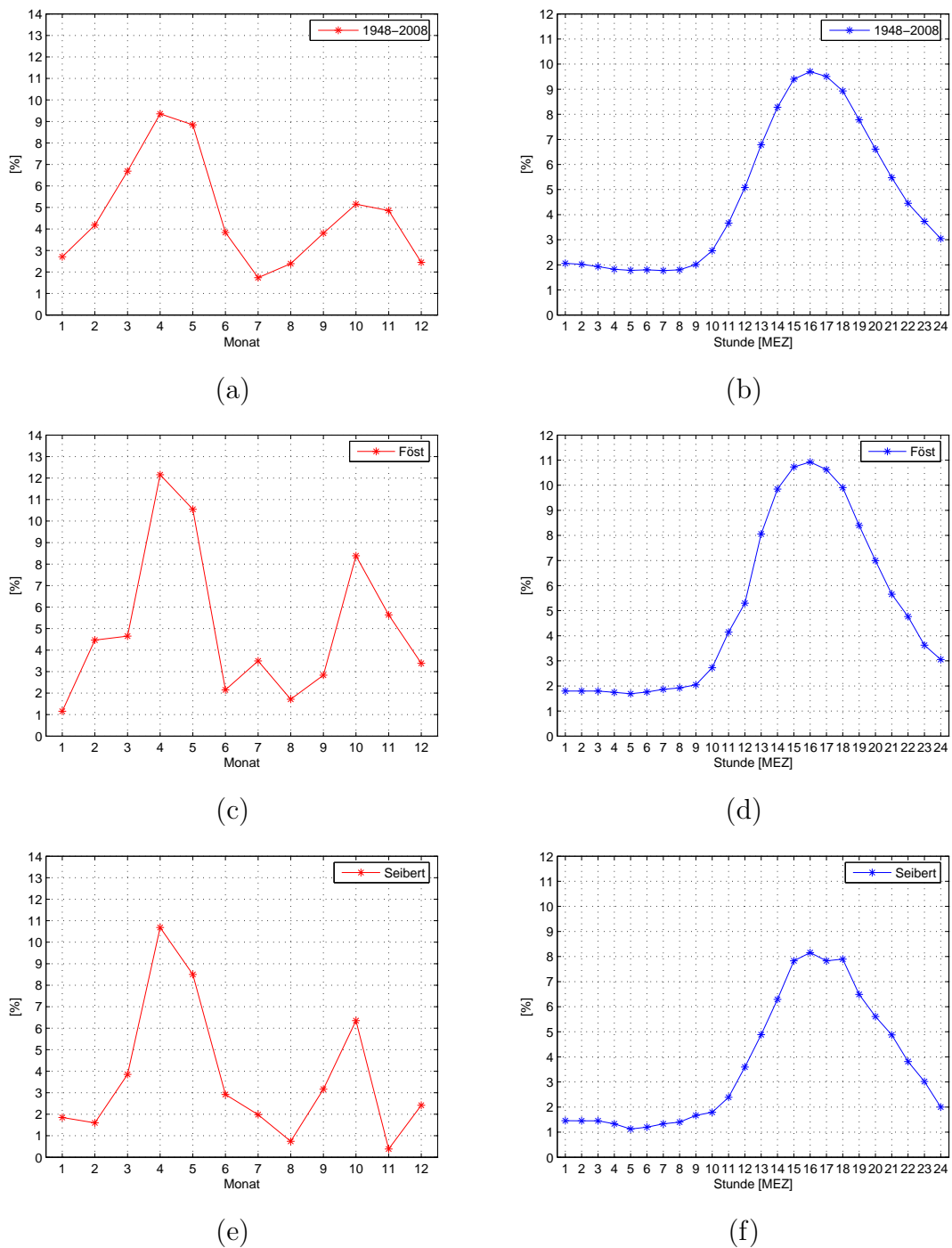


Abbildung 4.8: Relative Föhnhäufigkeit [%] (a) nach Monaten und (b) nach Stunden von 1948-2008. Ebenso für die Periode von Föst von 1. September 1999 - 1. April 2004, (c) nach Monaten und (d) nach Stunden und auch für die Periode von Seibert 1. Oktober 1978 - 30. September 1982, (e) nach Monaten und (f) nach Stunden

Einen Teil der Unterschiede der Abbildung 4.8 (linke Seite, Jahresgänge) ist damit zu erklären, dass in diesen kurzen Zeitabschnitten die Häufigkeit von Föhn-

wetterlagen eine ganz andere ist. Typisch dafür ist der deutlich glattere Verlauf in Abbildung 4.8 a bzw. das ungewöhnliche Minimum im November in Abbildung 4.8 e. Es lässt sich daraus auch ableiten, dass in der Föstperiode zu allen Jahreszeiten häufiger Föhnfälle auftraten. Ähnliches gilt auch für die rechte Seite der Abbildung 4.8, welche die mittleren Tagesgänge darstellen. Die Föstperiode zeigt auch hier gegenüber der Seibertperiode die größten Häufigkeiten. Die Häufigkeiten der 61-jährigen Periode liegen dazwischen.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass in der Originalarbeit von Föst (2006) durch Verwendung des TAWES-Datensatzes und der objektiven Föhnklassifikation zu allen Zeiten noch deutlich höhere (zum Teil zweistellige Prozentpunkte) Häufigkeiten berechnet wurden.

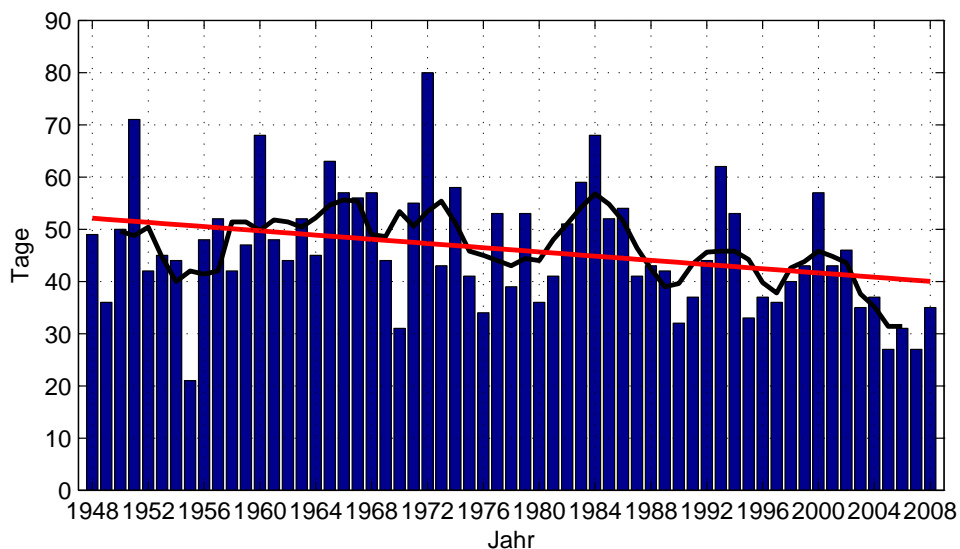


Abbildung 4.9: Trend der Föhnhäufigkeit von 1948-2008 mit 5-jährigen Mittel

Wenngleich in den früheren Kapiteln davon Abstand genommen wurde auf Grund des "Ekharteffekts" eine Aussage zu treffen über die Entwicklung der Föhnhäufigkeit in den letzten 140 Jahren, so soll in Abbildung 4.9 doch gezeigt werden ob und wie stark sich die Häufigkeit von Föhntagen in den letzten 61 Jahren verändert hat. Wegen der doch immer wieder auftretenden Perioden mit geringfügiger Zunahme bzw. Abnahme von Föhntagen, wurden keine Teilreihen auf Trends untersucht. Es wurde deshalb in Abbildung 4.9 nur für die Gesamtperiode von 1948-2008 ein Trend berechnet. Dieser ergab eine Abnahme von 2 Tagen pro Jahrzehnt, anders ausgedrückt eine Abnahme von 3,5 bis 4% pro Jahrzehnt. Auch das Jahr 2009 (siehe Tabelle im Anhang) weist mit 36 Tagen eine deutlich unterdurchschnittliche Anzahl von Föhntagen auf. Die letzten sieben Jahre liegen alle unter 40 Tagen pro Jahr.

Kapitel 5

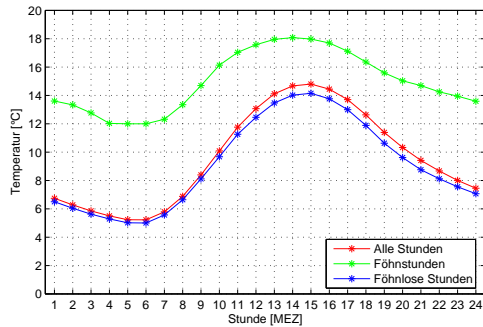
Einfluss des Südföhns auf die Temperatur, 1976-2005

5.1 Jahreszeiten und Gesamtjahr

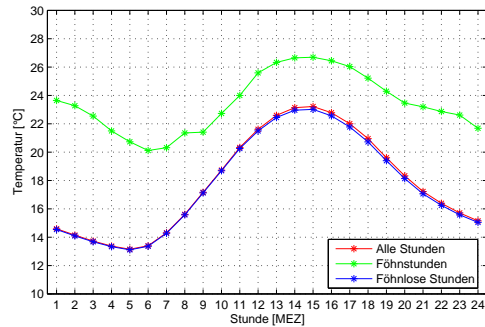
Wie schon früher erwähnt, wurde der Föhn in Innsbruck als "warmer" Wind bezeichnet. Seine Besonderheit wurde von den Menschen vor allem wegen seiner ungewöhnlich hohen Temperatur wahrgenommen. Darüber hinaus werden verschiedene Lebensbereiche bis hin zur Medizin von den stürmischen, warmen und trockenen Winden beeinflusst. Seine Hauptwirkung hat der Föhn jedoch zweifelsohne auf die Vegetation, welche sich durch Föhneinfluss sowohl im Frühling als auch im Herbst im Innsbrucker Becken gegenüber den weniger von Föhn beeinflussten Landschaften im Tiroler Ober- und Unterland unterscheidet. Dieser doppelte Einfluss im Jahresgang war auch der Hauptgrund das Gesamtkollektiv an Föhn- und Temperaturstunden in die vier Jahreszeiten zu unterteilen. Ein weiterer Grund bestand darin, die Daten der 30-jährigen Reihe (1976-2005) mit denen von Ekhart (1906-1920) vergleichbar zu machen, welcher in seiner Arbeit "Klima von Innsbruck" (Ekhart 1934) auch den thermischen Einfluss des Föhns auf die klimatischen Verhältnisse untersucht. Also den Föhn gewissermaßen als Baustein, als Teil des Klimas im Inntal einzubauen suchte.

Es bedarf des besonderen Hinweises, dass die folgenden Rechnungen nicht mit Tagesmitteln oder Monatsmitteln wurden, sondern es wurden sowohl der Temperaturdatensatz als auch der Föhndatensatz auf der Basis von Stundenwerten analysiert. Im Detail heißt dies, dass den Föhnereignissen in ihrer Stundenstruktur, die Temperaturstunden zugeordnet wurden und entsprechend auch den Nicht-Föhn-Situationen die Temperaturwerte in Stunden. Es wurde also diese hier vorliegende Auflösung eines langjährigen Datensatzes in Stunden voll genützt. Es wurde eine Methode angewandt, von der Pernter (1895) nur "träumen" konnte. Er schrieb in

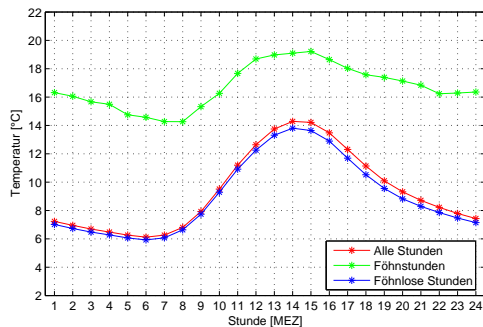
seiner Arbeit, "dass man die wirkliche Temperatur des Föhns aber nur dann erfährt, wenn man die Mitteltemperatur aller Beobachtungsstunden nimmt, an denen der Föhn tatsächlich wehte, was eine stündliche Beobachtung zur Folge hätte".



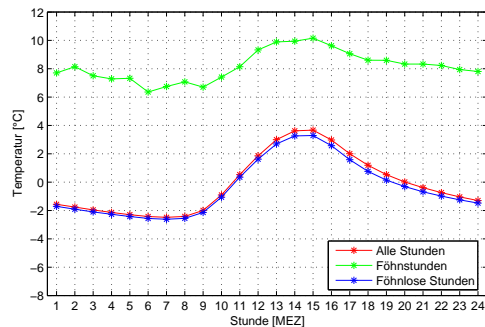
(a) Frühling



(b) Sommer



(c) Herbst



(d) Winter

Abbildung 5.1: Mittel der Temperatur [°C] zu den jeweiligen Tagesstunden für alle Stunden, für die Föhnstunden und für die föhnlosen Stunden von 1976-2005 für (a) Frühling, (b) Sommer, (c) Herbst und (d) Winter.

Der obige Hinweis, dass hier mit Stundenwerten gerechnet wird, ist ja in den Tabellen 5.1 bis 5.4 augenscheinlich. Diese Tabellen sind also die mittleren Tagesgänge von drei recht unterschiedlich großen Kollektiven: viele Stunden in Zeile 1 und Zeile 3 und vergleichsweise wenige in Zeile 2 (Föhnstunden).

In Abbildung 5.1 a bis d wird durch die unterschiedliche Ordinatenkalierung der Jahresgang der Temperatur deutlich gemacht. Abbildung 5.1 zeigt die mittleren Tagesgänge der drei Untergruppen: alle Stunden, Föhnperioden und föhnlose Perioden. Der glatte Verlauf der Kurven zeigt, dass der 30-jährige Datensatz durchaus ausreicht ein mittleres Bild zu definieren. Die weniger glatten Kurvenstücke weisen darauf hin, dass in der grünen Kurve (Föhnstunden) die Anzahl um etwa den Faktor 10 geringer ist als in den beiden anderen Kollektiven.

Zeit [h]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Alle Stunden	6,7	6,3	5,9	5,5	5,2	5,2	5,8	6,9	8,4	10,1	11,8	13,1	14,1	14,7	14,8	14,4	13,7	12,6	11,4	10,3	9,4	8,7	8,0	7,5
Föhnstunden	13,6	13,3	12,8	12,0	12,0	12,0	12,3	13,3	14,7	16,1	17,0	17,6	18,0	18,1	18,0	17,7	17,1	16,4	15,6	15,0	14,7	14,3	14,0	13,6
Föhnlose Stunden	6,5	6,0	5,6	5,3	5,0	5,0	5,6	6,6	8,1	9,7	11,3	12,5	13,5	14,0	14,2	13,8	13,0	11,9	10,6	9,6	8,8	8,1	7,6	7,1
$\Delta T1$	7,1	7,3	7,1	6,7	7,0	7,0	6,8	6,7	6,6	6,5	5,8	5,1	4,5	4,1	3,8	3,9	4,1	4,5	5,0	5,4	5,9	6,1	6,4	6,5
$\Delta T2$	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4
Föhnhäufigkeit [%]	3,4	3,3	3,2	3,2	3,0	3,2	3,3	3,5	4,3	6,3	8,7	11,8	14,4	16,1	17,0	17,4	17,2	16,8	15,3	13,1	11,1	9,0	7,1	5,9

Tabelle 5.1: Mittelwerte der Temperaturen in °C und die Föhnhäufigkeit [%] des Auftretens von Föhn zu den einzelnen Tagestunden im Frühling von 1976-2005. **DeltaT1** = Föhnstunden - föhnlose Stunden und **DeltaT2** = alle Stunden - föhnlose Stunden.

Zeit [h]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Alle Stunden	14,6	14,1	13,7	13,4	13,2	13,4	14,3	15,6	17,2	18,7	20,3	21,6	22,6	23,1	23,2	22,8	22,0	21,0	19,6	18,3	17,2	16,4	15,7	15,1
Föhnstunden	23,7	23,3	22,5	21,5	20,7	20,1	20,3	21,4	21,4	22,7	24,0	25,6	26,3	26,7	26,7	26,4	26,0	25,2	24,3	23,5	23,2	22,9	22,6	21,7
Föhnlose Stunden	14,5	14,1	13,7	13,3	13,1	13,4	14,3	15,6	17,1	18,7	20,3	21,5	22,4	23,0	23,0	22,6	21,8	20,7	19,4	18,1	17,1	16,2	15,6	15,0
$\Delta T1$	9,1	9,2	8,9	8,2	7,6	6,8	6,0	5,8	4,3	4,0	3,7	4,1	3,9	3,7	3,7	3,9	4,3	4,5	4,9	5,3	6,1	6,6	7,0	6,6
$\Delta T2$	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Föhnhäufigkeit [%]	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	1,0	1,1	1,8	2,8	3,9	5,0	5,5	5,7	5,4	5,0	4,2	3,6	2,8	2,2	1,8	1,6

Tabelle 5.2: Mittelwerte der Temperaturen in °C und die Föhnhäufigkeit [%] des Auftretens von Föhn zu den einzelnen Tagestunden im Sommer von 1976-2005. **DeltaT1** = Föhnstunden - föhnlose Stunden und **DeltaT2** = alle Stunden - föhnlose Stunden.

Zeit [h]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Alle Stunden	7,2	7,0	6,7	6,5	6,3	6,1	6,3	6,8	7,9	9,5	11,2	12,6	13,7	14,3	14,2	13,5	12,3	11,1	10,1	9,3	8,7	8,2	7,8	7,4
Föhnstunden	16,3	16,1	15,7	15,5	14,8	14,6	14,3	14,3	15,3	16,3	17,7	18,7	19,0	19,1	19,2	18,6	18,0	17,6	17,4	17,1	16,8	16,2	16,3	16,4
Föhnlose Stunden	7,0	6,7	6,5	6,3	6,1	5,9	6,1	6,6	7,7	9,3	10,9	12,3	13,3	13,8	13,6	12,9	11,7	10,5	9,6	8,8	8,3	7,9	7,5	7,1
$\Delta T1$	9,3	9,3	9,2	9,2	8,7	8,7	8,2	7,6	7,6	7,0	6,8	6,4	5,7	5,3	5,6	5,7	6,3	7,1	7,8	8,3	8,5	8,4	8,8	9,2
$\Delta T2$	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3
Föhnhäufigkeit [%]	2,3	2,3	2,4	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,6	3,2	4,2	5,9	7,8	9,2	10,4	10,1	9,9	8,9	7,0	6,0	5,0	4,4	3,7	3,2

Tabelle 5.3: Mittelwerte der Temperaturen in °C und die Föhnhäufigkeit [%] des Auftretens von Föhn zu den einzelnen Tagestunden im Herbst von 1976-2005. **DeltaT1** = Föhnstunden - föhnlose Stunden und **DeltaT2** = alle Stunden - föhnlose Stunden.

Zeit [h]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Alle Stunden	-1,6	-1,8	-2,0	-2,1	-2,3	-2,4	-2,5	-2,4	-2,0	-0,9	0,5	1,9	3,0	3,6	3,7	3,0	2,0	1,2	0,5	0,0	-0,4	-0,7	-1,0	-1,3
Föhnstunden	7,7	8,1	7,5	7,3	7,3	6,4	6,7	7,1	6,7	7,4	8,1	9,3	9,9	9,9	10,2	9,6	9,1	8,6	8,6	8,3	8,3	8,2	7,9	7,8
Föhnlose Stunden	-1,7	-1,9	-2,1	-2,3	-2,4	-2,6	-2,6	-2,6	-2,1	-1,1	0,4	1,6	2,7	3,3	3,3	2,6	1,6	0,8	0,1	-0,3	-0,7	-1,0	-1,2	-1,5
$\Delta T1$	9,4	10,1	9,6	9,6	9,8	8,9	9,4	9,6	8,8	8,5	7,8	7,7	7,2	6,7	6,9	7,0	7,5	7,8	8,4	8,6	9,0	9,2	9,2	9,3
$\Delta T2$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
Föhnhäufigkeit [%]	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4	1,6	1,9	2,3	3,0	4,1	5,3	5,5	5,7	5,7	5,4	4,5	3,8	3,3	2,6	2,3	2,0

Tabelle 5.4: Mittelwerte der Temperaturen in °C und die Föhnhäufigkeit [%] des Auftretens von Föhn zu den einzelnen Tagestunden im Winter von 1976-2005. **DeltaT1** = Föhnstunden - föhnlose Stunden und **DeltaT2** = alle Stunden - föhnlose Stunden.

Das Hauptergebnis steckt in den beiden Differenzen ΔT_1 und ΔT_2 , welche in ganz unterschiedlichen Dimensionen auftreten. Die von Mensch und Tier spürbare Überhitzung (fühlbare Wärme!) ist die Differenz ΔT_1 , welche die Föhnstunden mit den föhnlosen Stunden vergleicht, mit Werten bis zu 10°C (Winter, frühe Morgenstunden). Grafisch sind diese Differenzen, sowohl ΔT_1 als auch ΔT_2 , in Abbildung 5.2 zusammengestellt. Achtung auf die sehr unterschiedlichen Ordinalskalierungen.

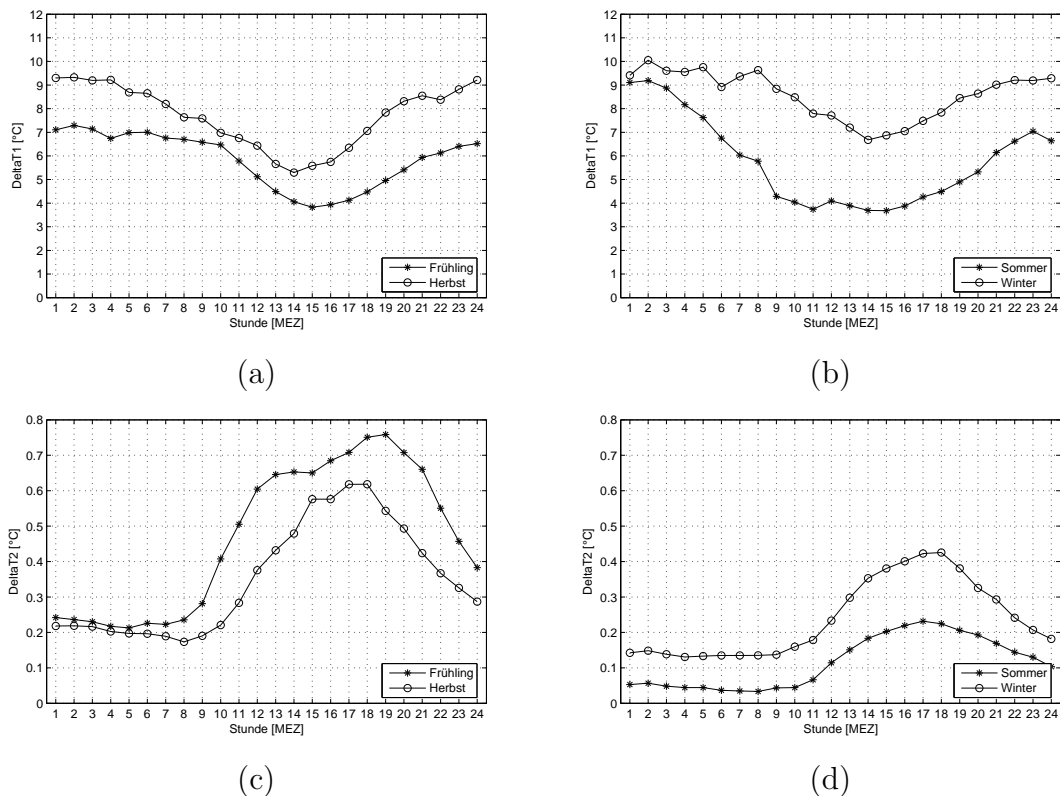


Abbildung 5.2: ΔT_1 = Föhnstunden - föhnlose Stunden für (a) Frühling und Herbst (b) Sommer und Winter. ΔT_2 = alle Stunden - föhnlose Stunden für (c) Frühling und Herbst (d) Sommer und Winter.

Das Maximum der ΔT_2 , also des klimatisch relevanten thermischen Föhninflusses, zu den späten Nachmittagsstunden ist sicher ein quantitativer Effekt. Hier ist die Anzahl der Föhnstunden im Tagesgang weitaus am größten! Quantitativ sollte auch der Unterschied zwischen Frühling (Abb. 5.2 c) und Sommer (Abb. 5.2 d) sein. Die Häufigkeitswerte im Frühling sind ja dreimal so hoch wie im Sommer.

Die Lage des Minimums um 14 bzw. 15 Uhr in den Abbildungen 5.2 a und 5.2 b sollte auf den Effekt zurückzuführen sein, dass auch in der Gruppe der föhnlosen Stunden um diese Tageszeit das Maximum der Erwärmung auftritt und die Überhöhung eines Tagesganges durch ein Föhnmaximum nicht so deutlich wird. (Wie aus Einzelfällen bekannt, kann das Temperaturmaximum bei Föhn sogar ge-

kappt werden.)

Die Mittelung der Differenzen aus Abbildung 5.2 c und d ergibt für das gesamte Jahr einen Wert von $0,5^{\circ}\text{C}$. Dieser Wert ist also der mittlere jährliche thermische Einfluss des Föhns in Innsbruck, welcher gut mit den aus der Literatur bekannten Föhneffekten übereinstimmt, wie im folgenden Absatz kurz gezeigt wird.

Pernter (1895), welcher also seine Statistik auf drei Zeiten pro Tag aufgebaut hatte, kam zu einer mittleren Differenz von $0,6^{\circ}\text{C}$.

Die Untersuchung von Ekhart (1934) wird in Tabelle 5.5 ausführlich wiedergegeben. Die Werte dieser Tabelle basieren auf Terminwerten und daraus ergibt sich ein Jahresmittelwert für den thermischen Föhneinfluss von $0,4^{\circ}\text{C}$. Um einen detaillierten Vergleich zu ermöglichen, sind aus dem langjährigen Datensatz (1976-2005) ebenso die drei Terminwerte herausgegriffen worden (Tab. 5.6). Die Rechnung bestätigt den Wert von $0,4^{\circ}\text{C}$.

In Tabelle 5.7 sind jetzt nicht die Werte aus Untergruppen enthalten, sondern einfach die Differenz von Tabelle 5.5 minus Tabelle 5.6.

Bei Fliri (1973) lautet der vergleichbare Jahreswert für den thermischen Einfluss $0,9^{\circ}\text{C}$, berechnet für den Zeitraum 1906-1970.

Ekhart 1906-1920	7h	7h	7h	7h	14h	14h	14h	14h	21h	21h	21h	21h
	Wi	Fr	So	He	Wi	Fr	So	He	Wi	Fr	So	He
Alle Termine	-3,8	4,8	12,6	5,0	2,1	14,0	22,0	13,1	-1,5	8,8	16,2	7,9
Föhntermine	5,0	9,4	16,9	13,8	8,7	16,7	24,8	17,9	6,6	13,4	21,6	17,2
Föhnlose Termine	-4,0	4,6	12,6	4,8	1,6	13,2	21,8	12,3	-2,0	8,0	15,8	7,3
$\Delta T1$	9,0	4,8	4,3	9,0	7,1	3,5	3,0	5,6	8,6	5,4	5,8	9,9
$\Delta T2$	0,2	0,2	0,0	0,2	0,5	0,8	0,2	0,8	0,5	0,8	0,4	0,6

Tabelle 5.5: Ekharts Auswertung der Mittelwerte der Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ zu den Terminbeobachtungen um 7, 14 und 21 Uhr von 1906-1920, für die vier Jahreszeiten.

Ortner 1976-2005	7h	7h	7h	7h	14h	14h	14h	14h	21h	21h	21h	21h
	Wi	Fr	So	He	Wi	Fr	So	He	Wi	Fr	So	He
Alle Termine	-2,5	5,8	14,3	6,3	3,6	14,7	23,1	14,3	-0,4	9,4	17,2	8,7
Föhntermine	6,7	12,3	20,3	14,3	9,9	18,1	26,7	19,1	8,3	14,7	23,2	16,8
Föhnlose Termine	-2,6	5,6	14,3	6,1	3,3	14,0	23,0	13,8	-0,7	8,8	17,1	8,3
ΔT	9,4	6,8	6,0	8,2	6,7	4,1	3,7	5,3	9,0	5,9	6,1	8,5
$\Delta T2$	0,1	0,2	0,0	0,2	0,4	0,7	0,2	0,5	0,3	0,7	0,2	0,4

Tabelle 5.6: Auswertung der Mittelwerte der Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ zu den Terminbeobachtungen um 7, 14 und 21 Uhr von 1976-2005, für die vier Jahreszeiten.

Die Abbildung 5.3 stellt nur einen Auszug aus den Tabellen 5.1 bis 5.4 dar und ist wegen ihrer Übersichtlichkeit in Prozent für die 4 Jahreszeiten dargestellt. Das

Ortner - Ekhart	7h	7h	7h	7h	14h	14h	14h	14h	21h	21h	21h	21h
	Wi	Fr	So	He	Wi	Fr	So	He	Wi	Fr	So	He
Alle Termine	1,3	1,0	1,7	1,3	1,5	0,7	1,1	1,2	1,1	0,6	1,0	0,8
Föhntermine	1,7	2,9	3,4	0,5	1,2	1,4	1,9	1,2	1,7	1,3	1,6	-0,4
Föhnlose Termine	1,4	1,0	1,7	1,3	1,7	0,8	1,2	1,5	1,3	0,8	1,3	1,0
ΔT	0,4	2,0	1,7	-0,8	-0,4	0,6	0,7	-0,3	0,4	0,5	0,3	-1,4
$\Delta T2$	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1	0,0	-0,3	-0,2	-0,1	-0,2	-0,2

Tabelle 5.7: Differenz zwischen Tabelle 5.6 und Tabelle 5.5 der Mittelwerte der Temperatur in °C zu den Terminbeobachtungen um 7, 14 und 21 Uhr für die vier Jahreszeiten.

primäre Maximum ist wiederum im Frühling mit 17% Häufigkeit in den Nachmittagsstunden und das sekundäre im Herbst mit 10%, ebenso zur gleichen Tageszeit. Die Minima liegen im Sommer und Winter, welche sich ähnlich verhalten mit Maximalwerten um 5-6%.

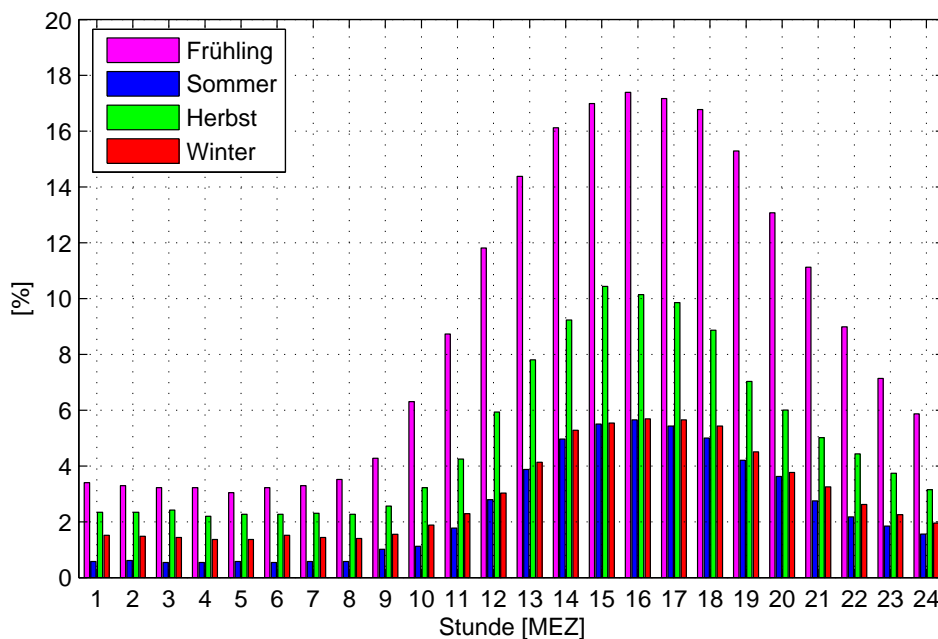


Abbildung 5.3: Relative Föhnhäufigkeit [%] nach Stunden für die einzelnen Jahreszeiten von 1976-2005.

Zusammenfassend läßt sich also festhalten, dass der thermische Einfluss des Föhns (DeltaT2) am kräftigsten ausgeprägt ist in den Nachmittagsstunden der Jahreszeiten mit den größten Föhnhäufigkeiten, also im Frühling und im Herbst, denn dann, also zu diesen Nachmittagsstunden und diesen beiden Jahreszeiten, erhöht sich die Mitteltemperatur der einzelnen Tagesstunden um etwa 0,7-0,8°C.

Kapitel 6

Schlussfolgerungen

In der vorliegenden Diplomarbeit war die Absicht, eine Föhnstatistik der längsten zusammenhängenden Föhnreihe von Innsbruck zu erstellen. Die erste Phase beinhaltete die Datendigitalisierung und Datenaufbereitung der zwei verwendeten Datensätze, also dem Föhn Datensatz (1870-2008) und dem Temperaturdatensatz (1976-2005).

Zur Föhnklassifikation wurde die subjektive Methode herangezogen, da meine Vorgänger die selbe verwendeten. Es sei hier nochmals erwähnt, dass die subjektive Methode sicherlich etwas fehlerbehaftet ist, da die wechselnden Beobachter verschiedene Klassifikationen und auch verschiedene Zeitskalen verwendeten.

Nach der ersten statistischen Aufbereitung der Gesamtreihe stellte sich heraus, dass diese durch den in Kapitel 2.4 erwähnten "Ekharteffekt" als inhomogen anzusehen ist, da Ekhart nur ein reines Windkriterium verwendete. Der von mir (2. Teil) bzw. von der ZAMG (1. Teil) digitalisierte Anteil (1948-2008) dieser Gesamtreihe kann als homogen betrachtet werden. Die Auswertung dieser kürzeren Periode ergab ein Mittel der Föhntage pro Jahr von 46,1 Tagen mit einer Standardabweichung von 11,5 Tagen. Das absolute Minimum lag bei 21 Tagen im Jahr 1955 und das absolute Maximum von 80 Tagen im Jahr 1972. Die Monate mit der größten Föhnhäufigkeit sind April und Mai bzw. etwas geringer Oktober und November. Die föhnärmste Zeit ist der Sommer dicht gefolgt vom Winter.

Die Maxima des Föhndurchbruchs liegen um die Mittagszeit, die des Föhnendes in den Abendstunden, was aber nicht heißen soll, dass der Föhn ein Phänomen ist, welches nur am Tag auftritt. Es wurden auch Föhnereignisse registriert, die eine Dauer von über 100 Stunden hatten, doch diese sind eher selten. In Innsbruck hat ein Föhnereignis eine mittlere Dauer von etwa 9-10 Stunden. Die Wahrscheinlichkeit für Föhnfälle über 20 Stunden beträgt nur etwa 10%. Weiters wurde eine Trendanalyse durchgeführt, welche eine Abnahme von 2 Tagen, das sind in etwa 3,5-4%, pro Jahrzehnt ergab.

Ein weiteres großes Ziel dieser Arbeit war es, den thermischen Einfluss des Föhns zu berechnen, da der Föhn für seine besondere Wärme bekannt ist. Diese Berechnungen ergaben, dass bei völligem Fehlen von Föhn, die wahre Mitteltemperatur von Innsbruck um $0,5^{\circ}\text{C}$ niedriger wäre als sie tatsächlich ist.

Für zukünftige Untersuchungen der Gesamtreihe wäre es sicher ratsam die Ekharthsche Periode zu korrigieren. Ebenso sei zu bedenken, dass mit einer neuen, verbesserten Föhnklassifikation, also der objektiven wiederum ein neues Kriterium Einzug hält. Diese neuen Föhndaten dann mit der alten Reihe zu kombinieren stellt die nachfolgenden Föhnwissenschaftler bzw. Klimaforscher vor neue Herausforderungen.

Anhang A

Häufigkeiten von Südföhntagen in Innsbruck von 1870 bis 2009

Jahr	jän	feb	mär	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dez	Jahr
1870	1	1	0	2	2	0	2	2	2	3	8	1	24
1871	2	1	10	2	0	2	3	2	0	0	5	0	27
1872	7	3	9	6	15	0	0	1	0	9	1	5	56
1873	2	5	7	7	5	2	0	0	1	4	5	1	39
1874	4	5	7	5	3	1	2	1	2	5	4	3	43
1875	3	1	0	5	1	0	0	0	0	1	3	0	14
1876	3	6	11	7	0	1	0	1	1	7	7	6	50
1877	9	7	10	8	9	2	4	5	3	2	3	0	62
1878	0	0	3	6	8	3	0	1	0	5	6	5	37
1879	4	6	7	10	2	0	4	0	1	1	5	1	41
1880	0	5	0	4	0	0	0	0	0	7	2	6	24
1881	8	5	7	5	5	3	7	3	3	6	4	4	60
1882	1	3	3	9	5	2	7	2	5	6	9	4	56
1883	4	3	3	6	4	1	1	0	4	4	5	0	35
1884	2	4	5	5	3	3	1	0	4	1	0	3	31
1885	4	5	6	4	6	1	0	2	3	6	5	3	45
1886	3	1	4	4	8	0	7	0	0	8	6	9	50
1887	3	2	3	15	5	2	0	0	3	5	10	0	48
1888	1	6	13	8	7	2	7	0	0	1	6	4	55
1889	1	0	5	12	11	3	5	2	1	10	1	3	54
1890	7	1	6	8	7	1	2	1	5	0	3	2	43

Jahr	jän	feb	mär	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dez	Jahr
1891	0	0	17	3	9	5	0	3	6	10	2	8	63
1892	1	7	8	1	11	1	2	5	4	10	1	2	53
1893	0	7	1	0	0	1	0	0	2	5	4	5	25
1894	8	1	4	5	2	1	1	3	1	3	3	0	32
1895	4	0	7	4	5	2	6	1	2	6	6	3	46
1896	0	2	5	3	2	5	4	1	5	4	3	2	36
1897	5	8	7	6	7	6	4	0	1	3	5	5	57
1898	3	3	7	8	10	1	0	1	0	7	5	4	49
1899	7	5	6	8	3	2	1	0	5	4	3	4	48
1900	4	11	4	6	5	3	1	7	5	2	8	6	62
1901	4	5	9	11	6	6	0	4	2	9	2	8	66
1902	2	7	6	7	5	8	5	6	0	4	5	4	59
1903	6	6	10	5	8	6	3	3	3	9	2	1	62
1904	3	8	5	5	1	1	1	1	5	1	2	4	37
1905	8	6	8	4	2	0	0	2	3	3	5	3	44
1906	4	4	5	13	3	1	5	1	1	8	12	1	58
1907	3	2	3	2	13	6	4	2	6	18	6	3	68
1908	1	2	8	8	8	7	2	2	1	4	1	4	48
1909	1	8	11	6	5	11	3	4	9	7	3	6	74
1910	5	11	10	13	11	6	4	1	0	9	12	9	91
1911	0	9	13	7	8	9	5	4	4	12	11	10	92
1912	5	5	14	13	7	10	5	10	3	7	2	3	84
1913	2	3	17	23	14	7	5	1	8	12	2	6	100
1914	1	8	12	8	7	5	8	1	5	7	6	7	75
1915	7	9	5	5	7	7	2	2	7	0	3	7	61
1916	7	12	15	13	11	7	7	6	6	4	5	11	104
1917	3	1	8	10	15	10	5	10	3	7	1	6	79
1918	13	3	12	21	6	4	3	3	4	6	4	2	81
1919	4	4	12	5	2	2	6	5	6	5	5	2	58
1920	12	6	11	20	12	3	8	2	8	5	6	0	93
1921	9	1	8	2	10	4	8	8	2	0	0	2	54
1922	3	1	9	12	6	6	4	5	5	1	2	6	60
1923	0	3	3	9	9	5	3	13	8	9	5	0	67
1924	2	2	11	7	6	4	5	3	8	6	4	3	61
1925	1	9	10	12	14	0	5	7	7	3	0	5	73

Jahr	jän	feb	mär	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dez	Jahr
1926	3	8	8	9	12	8	6	2	2	9	16	0	83
1927	1	5	15	6	10	11	4	5	8	2	6	4	77
1928	4	4	15	12	7	9	5	2	3	9	10	1	81
1929	0	2	0	9	12	1	5	2	2	13	5	7	58
1930	9	7	14	12	12	8	8	4	7	7	8	1	97
1931	0	1	4	6	10	2	1	2	2	6	7	0	41
1932	1	0	7	16	10	7	6	0	8	7	3	5	70
1933	2	1	7	1	4	4	1	1	5	6	5	3	40
1934	1	3	10	17	10	1	2	2	2	6	13	4	71
1935	2	9	7	12	13	10	2	6	4	7	14	8	94
1936	8	5	16	12	4	4	9	0	5	0	3	1	67
1937	2	4	15	5	14	8	0	0	5	9	1	2	65
1938	2	0	2	0	13	4	4	2	10	3	1	3	44
1939	6	4	0	11	11	5	7	4	0	10	3	1	62
1940	0	1	6	11	6	8	9	0	2	8	6	0	57
1941	3	7	10	8	13	4	4	3	3	4	6	2	67
1942	1	3	9	3	7	4	4	1	8	6	3	5	54
1943	3	1	8	6	3	1	2	3	5	6	3	1	42
1944	1	3	0	4	2	3	2	2	6	5	2	3	33
1945	2	1	3	0	4	0	0	2	0	6	3	8	29
1946	2	7	7	9	13	4	0	2	8	3	0	1	56
1947	0	6	13	7	6	3	1	1	5	3	4	3	52
1948	8	1	2	11	10	1	0	3	6	4	1	2	49
1949	2	0	2	5	11	1	0	4	0	3	6	2	36
1950	0	9	3	9	9	3	2	2	5	0	6	2	50
1951	2	7	9	12	8	4	2	9	3	3	11	1	71
1952	2	1	3	6	10	3	0	5	4	4	2	2	42
1953	1	1	4	8	0	6	4	1	8	7	2	3	45
1954	0	2	11	1	4	4	3	7	3	2	4	3	44
1955	3	1	1	0	4	4	1	1	2	2	1	1	21
1956	3	0	10	7	4	6	5	3	9	0	0	1	48
1957	1	10	4	6	1	9	2	4	0	1	7	7	52
1958	2	5	4	4	9	5	0	4	2	2	0	5	42
1959	4	0	11	12	4	0	0	1	0	6	5	4	47
1960	5	3	10	3	3	3	3	6	7	15	5	5	68

Jahr	jän	feb	mär	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dez	Jahr
1961	1	4	1	12	3	3	3	2	4	5	7	3	48
1962	2	4	7	9	4	2	2	1	4	1	7	1	44
1963	0	2	4	8	2	9	1	7	3	1	13	2	52
1964	2	6	4	9	5	6	2	3	5	3	0	0	45
1965	7	1	9	2	4	6	6	4	11	4	3	6	63
1966	1	11	5	7	4	3	3	0	2	12	5	4	57
1967	3	11	6	5	8	3	2	2	4	6	4	2	56
1968	0	7	5	9	13	10	2	3	2	2	3	1	57
1969	2	4	5	7	10	3	0	1	3	1	8	0	44
1970	3	0	3	3	4	3	1	1	4	4	4	1	31
1971	6	2	5	11	14	7	2	4	0	0	4	0	55
1972	5	17	10	7	6	9	1	4	4	5	7	5	80
1973	2	2	0	5	11	2	4	1	4	2	4	6	43
1974	4	10	13	4	5	3	2	3	3	4	7	0	58
1975	4	5	7	2	7	3	0	1	8	1	3	0	41
1976	1	1	1	2	1	0	0	2	6	12	7	1	34
1977	5	5	6	4	9	6	4	3	0	6	1	4	53
1978	6	6	9	4	6	2	1	1	0	0	0	4	39
1979	2	2	15	6	10	2	0	1	1	11	1	2	53
1980	4	2	8	3	4	5	4	0	2	4	0	0	36
1981	1	1	6	1	6	5	3	0	6	6	0	6	41
1982	0	1	8	4	6	3	0	2	4	9	7	7	51
1983	0	1	5	18	15	2	0	2	5	3	4	4	59
1984	4	1	7	4	16	4	4	4	2	10	10	2	68
1985	2	0	10	10	11	3	2	7	2	0	2	3	52
1986	5	2	4	15	9	6	1	2	4	2	3	1	54
1987	0	3	3	6	7	4	2	2	1	8	4	1	41
1988	9	3	3	7	8	1	4	1	2	5	0	0	43
1989	0	3	5	15	5	0	0	1	2	2	2	7	42
1990	4	4	0	6	1	3	0	1	0	10	2	1	32
1991	2	2	10	4	3	3	0	0	5	4	4	0	37
1992	1	1	5	5	8	8	0	8	6	1	0	1	44
1993	3	0	1	9	10	4	2	4	10	11	2	6	62
1994	2	7	4	7	8	5	0	2	9	3	5	1	53
1995	5	2	6	4	4	0	0	0	6	2	4	0	33

Jahr	jän	feb	mär	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dez	Jahr
1996	4	5	3	3	7	1	1	0	1	3	8	1	37
1997	0	1	2	0	11	5	2	1	1	3	6	4	36
1998	3	4	3	11	4	3	0	0	5	6	0	1	40
1999	3	0	8	5	3	2	0	0	4	9	3	6	43
2000	0	2	0	14	6	4	2	3	5	9	9	3	57
2001	4	5	8	6	7	1	4	3	2	3	0	0	43
2002	0	2	6	6	9	1	6	2	2	6	5	1	46
2003	2	2	1	7	8	1	1	0	2	2	5	4	35
2004	0	2	7	7	1	1	3	4	2	7	0	3	37
2005	1	0	2	7	5	0	3	0	4	3	0	2	27
2006	0	2	4	2	3	1	1	4	4	4	5	1	31
2007	1	2	2	3	5	1	4	4	1	0	3	1	27
2008	6	2	3	9	5	0	1	3	4	2	0	0	35
2009	1	5	2	8	5	2	3	0	2	2	4	2	36

Literatur

- Auer, I., Böhm, R., Schöner, W., 2001: Austrian Long-Term Climate 1767-2000. *Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik*, **25**, 147.
- Denzler, H., H., 1848: Mitteilungen der Naturforsch. Ges. Zürich. , **15**, 17–28.
- Ekhart, E., 1932: Einiges zur Statistik des Innsbrucker Föhns. *Meteor. Z.*, **47**, 452–459.
- Ekhart, E., 1934: Klima von Innsbruck. *Ber. Naturw.-Med. Ver. Innsbruck*, **43/44**, 247–359.
- Ekhart, E., 1949: Zum Innsbrucker Föhn. *Met. Rundschau*, **2**, 276–280.
- Ekhart, E., 1953: Über den täglichen Gang des Windes im Gebirge. *Arch. Met. Geophys. Biokl., Ser. B*, **4**, 441–450.
- Espy, J.P., 1841: *Philosophy of Storms*. Little and Brown, Boston.
- Espy, J.P., 1857: *Fourth Meteorological Report*. A.o.F Nicholson Printer, Washington.
- Fessler, A., 1907: Das Klima von Innsbruck. *Ber. Naturw.-Med. Ver. Innsbruck*, **30**, 1–96.
- Ficker, H. v. und Rudder, B.d., 1943: *Föhn und Föhnwirkungen*. Bd.1. Akademische Verlagsges. Becker und Erler, Leipzig, 112 pp.
- Ficker, H.v., 1906: Innsbrucker Föhnstudien 1. Beiträge zur Dynamik des Föhns. *Denkschrift d. kaiserlichen Akademie d. Wissenschaften*, **78**, 85–163.
- Ficker, H.v., 1910: Innsbrucker Föhnstudien 4. Weitere Beiträge zur Dynamik des Föhns. *Denkschrift d. kaiserlichen Akademie d. Wissenschaften*, **85**, 114–173.
- Ficker, H.v., 1920: Der Einfluss der Alpen auf Fallgebiete des Luftdrucks und die Entstehung von Depressionen über dem Mittelmeer. *Meteor. Z.*, **55**, 350–362.
- Fliri, F., 1973: Statistische Untersuchungen über den Zusammenhang von Südföhn und Gesamtklima von Innsbruck (1906-1972). *Beitrag zur Klimatologie, Meteorologie und Klimamorphologie, Festschrift f. Hanns Tollner zum 70. Geburtstag. Arbeit aus dem Geographischen Institut der Universität Salzburg*, 45–57.

- Föst, F., 2006: Eine objektive Föhnklimatologie für das Wipp- und Inntal. Diplomarbeit, Fachbereich der Geowissenschaften, Freie Universität Berlin, Berlin/Innsbruck.
- Hann, J., 1882: Über den Föhn in Bludenz. *Sitzungsberichte der Österr. Akademie d. Wiss., Math.-Naturwiss. Klasse 85, 2 Abt.*, **1-5**, 416–440.
- Hann, J., 1885: Einige Bemerkungen zur Entwicklungsgeschichte der Ansichten über den Ursprung des Föhns. *Meteor. Z.*, **1**, 393–399.
- Hann, J., 1901: *Lehrbuch der Meteorologie*. Chr. Herm. Tauchnitz, Leipzig, 805 pp.
- Koschmieder, H., 1933: *Dynamische Meteorologie*. Akad. Verlagsges., Leipzig.
- Kuhn, M., 1989: *Föhnstudien*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 504 pp.
- Mayr, F., 1908: Die Fälle von Föhn ohne darauffolgenden Niederschlag. *Ber. Naturw.-Med. Ver. Innsbruck*, **31**, 121–166.
- Pernter, J.M., 1895: Über die Häufigkeit, die Dauer und die meteorologischen Eigenschaften des Föhns in Innsbruck. *Sitzungsberichte der Österr. Akademie d. Wiss., Math.-Naturwiss. Klasse*, **104**, 427–461.
- Reiter, E., 1958: Klima von Innsbruck. *Stadtmagistrat Innsbruck, Statistisches Amt, 2. Sonderveröffentlichung*, 59–63.
- Seibert, P., 1985: *Fallstudien und statistische Untersuchungen zu Südföhn im Raum Tirol*. Dissertation, Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Innsbruck.
- Steinacker, R., 2006: Alpiner Föhn - eine neue Strophe zu einem alten Lied. *Pro-met*, **32**, 3–10.
- Trientl, A., 1864: Ein Gang nach Gurgl. *Mitt. d. österr. Alpenvereins*, **2**, 3–38.
- Verant, W., 2006: Föhnklimatologie für Südtirol und das Aostatal. Diplomarbeit, Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Innsbruck.
- Vergeiner, J., 2004: *South foehn studies and a new foehn classification scheme in the Wipp and Inn valley*. Dissertation, Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Innsbruck.
- Wilcke, F., 1929: Das Klima von Innsbruck. Diplomarbeit, Institut für kosmische Physik, Universität Innsbruck.
- Zallinger, F., 1833: *Innsbrucker meteorologische Beobachtungen von fünfzig Jahren*. Ausschuß des Ferdinandeums, Innsbruck.

Danksagung

Bei solch einer klimatologischen Arbeit ist eine umfangreiche Erfahrung im Bereich der Auswertung von Daten, der Überprüfung der Qualität von Daten und im Bereich der Datenaufbereitung von Nöten, ebenso langjähriges Wissen über die Klimatologie im Allgemeinen und die des Alpenraumes im speziellen.

Deshalb geht mein größter Dank an Dr. Ekkehard Dreiseitl, der mir von Anfang an mit zwei helfenden Händen beiseite gestanden ist. In unzähligen Gesprächen konnte ich mich von seinen umfangreichen Erfahrungen überzeugen lassen.

Ebenso möchte ich mich bei Univ.-Prof. Dr. Michael Kuhn für seine Hilfe bedanken.

Mein nächster Dank geht an die ZAMG für die Mithilfe der Digitalisierung der Föhndaten und auch bei Fritz Pellet möchte ich mich bedanken für seine Mithilfe und für die Rohdaten der Temperaturreihe.

Ein großes "Danke" geht an meine Freundin Tamara, die mir immer motivierend beiseite gestanden ist und mich unterstützte wo sie nur konnte. Weiters möchte ich mich bei meiner Mutter, Ursula Ortner, bzw. meiner ganzen Familie bedanken, die mich nicht nur finanziell unterstützt haben sondern auch immer meine Begeisterung für das Studium gefördert haben.

Bedanken möchte ich mich auch bei meinen Studienkollegen, Mitbewohnern und Freunden für ihre Hilfe und für eine unglaublich tolle Zeit mit vielen schönen Momenten.

"Last but not least" möchte ich Wilhelm Busch mit dem folgenden vielsagenden Zitat zu Wort kommen lassen.

Der Weise äußert sich vorsichtig,
der Narr mit Bestimmtheit
über das kommende Wetter.

Curriculum Vitae

Name: Andreas Ortner
Adresse: Schulgasse 30, 6363 Westendorf
Telefon: 0650/6143135
e-mail: AndiOrtner@gmx.at
Geboren: 6. November 1979 in Westendorf, Österreich

AUSBILDUNG:

2008–2010 Diplomarbeit am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck: "Detaillierte (stundenweise) Statistik des Südföhns in Innsbruck: Einfluss des Südföhns auf die Temperatur".

2004–2010 Diplomstudium der Meteorologie und Geophysik, Universität Innsbruck.

2001–2003 Berufsreife am Berufsförderungsinstitut, Kitzbühel.
Berufsreifeprüfung.

1996–1999 Lehre als Maler und Anstreicher, Malerei Peter Müllauer, Westendorf.
Geselle.

1994–1996 Handelsakademie, Kitzbühel.

1990–1994 Hauptschule, Westendorf.

1986–1990 Volksschule, Westendorf.