

# Nordföhn in Graz

Bodo MALOWERSCHNIG<sup>1</sup> & Herwig WAKONIGG<sup>2</sup>  
Mit 5 Abbildungen und 18 Tabellen

Angenommen am 30. September 2009

**Summary: North foehn in Graz.** – Over a period of 17 years starting in the year 1990 an intermittent collection of subjective observations and manual measurements has been made, whenever a north foehn event could be recognized in the Graz basin. The manual notations include temperature, humidity and a subjective classification into three intensity classes 'low', 'normal', 'intensive'. These 304 records have been matched with the official meteorological data and analyzed by temperature, relative humidity, visibility, cloudiness and wind force to determine the meteorological parameters characterizing a typical (and extraordinary) event, which is defined now by a humidity lower than 50 (45) percent, visibility of at least 50 (80) kilometers and a minimal wind force of 2 (3) Beaufort at the appointed time, as also a minimal peak value wind force of 5 (6) Beaufort.

These parameters have been used as an input to find all 449 north foehn events (26.4 per year) automatically in the official meteorological data of the station Graz-University. A number of 98 events (5.8 per year) are assigned to the category 'intense', with a maximal accumulation in the spring months, and a minimum during summer. The winds highest force is usually reached at midday between 12:00 PM and 4:00 PM, when the insolation reaches its daily peak and the primary atmospheric layering becomes instable. In the night hours the north foehn usually aborts suddenly, only very strong events predominate for a period of 2 days (16 percent), and only 7 percent last longer than 2 days. While the average temperatures in winter are significantly higher during the events effective period, and the north foehn is followed by days with under average temperatures, in summer the arctic and polar air masses which dominate the event, are lowering the temperature for a period of 2 or 3 days. Also during the frost season from October to April nightfrosts on the following day are common, and the eventuality of this reaches a frequency of 96 percent in December.

The included air masses mostly have an above average maritime characteristic, while continental and subtropical air masses are represented under average. These values are emphasized by the effective general weather situations, where especially northwest and northeast conditions have a higher specific effectuality to cause the occurrence of north foehn in Graz, and also the precipitation potency is significantly above average on the northwest side of the Alps during all seasons, while in Graz it declines against zero. Also the following days show an under average precipitation potency, especially during the summer months like August the north foehn is a forerunner of fair weather conditions.

The interpretation of a high distinctive north foehn period from November 3<sup>rd</sup> until November 7<sup>th</sup> at the end of this paper stands as an example for all analysis that have been made.

**Zusammenfassung:** Es wird die Häufigkeit und Witterung bei Nordföhn in Graz im Zeitraum von 1990 bis 2006 an Hand von direkten, subjektiven Beobachtungen sowie des amtlichen Beobachtungsmaterials untersucht. Nach letzterem konnte an insgesamt 449 Tagen (26,4 pro Jahr) Nordföhn beobachtet werden, davon an 98 Tagen (5,8 pro Jahr) starker Nordföhn. Die Abgrenzungskriterien für Nordföhn (starken Nordföhn) sind: Relative Luftfeuchtigkeit höchstens 50 (45) Prozent, Sichtweite mindestens 50 (80) km, maximale Windstärke an einem Beobachtungstermin 2 (3) Bft, maximale Spitzenböe 5 (6) Bft bei Windrichtung aus W bis N. Für die nach dem amtlichen Beobachtungsmaterial festgestellten Nordföhnstage werden die Temperatur mit Frostgefährdung, Niederschlag und Bewölkung sowie die beteiligten Großwetterlagen und Luftmassen näher untersucht. Dazu wird der Witterungsablauf an einer besonders ausgeprägten Nordföhnphase (3.–7. November 1995) analysiert.

Die Witterung bei Nordföhn in Graz wird durch übernormale Temperaturen im Winter aber relativ kühle in den übrigen Jahreszeiten, bei definitionsgemäß böigem Wind, geringer relativer und absoluter Luftfeuchtigkeit, großer bis extremer Fernsicht, fast fehlender Niederschlagswirkung und geringe Bewölkung gekennzeichnet, doch ist die Bewölkung bei starker Streuung kein typisches Witterungselement. Der Nordföhn erreicht seine größte Häufigkeit im Frühjahr und die geringste im Sommer und leitet bei normalem Wetterablauf zu „Schönwetter“ über.

<sup>1</sup> Bodo MALOWERSCHNIG, Johann-Fux-Gasse 10, 8010 Graz. E-Mail: bodomalo@gmail.com

<sup>2</sup> O. Univ.-Prof. Dr. Herwig WAKONIGG, Inst. f. Geographie und Raumforschung der Universität Graz, Heinrichstraße 36, 8010 Graz. E-Mail: herwig.wakonigg@uni-graz.at

## 1. Einleitung

Die vorliegende Arbeit ist eine chronologische und methodische Fortsetzung der Studie über den Nordföhn am südöstlichen Alpenrand aus dem Zeitraum von 1970 bis 1989 (WAKONIGG 1991). Ziel der damaligen Arbeit war in erster Linie der Vergleich zwischen direktem Beobachtungsmaterial (Erfassung der Nordföhneignisse nach subjektiver Einschätzung, dazu knapp 100 Begleitmessungen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit mit einem Aspirationspsychrometer) und dem amtlichen Beobachtungsmaterial der Station der ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) an der Universität Graz zur Festlegung bestimmter Grenzwerte von Wind, relativer Luftfeuchtigkeit und Sichtweite, um einen Tag bzw. ein Ereignis eindeutig als Nordföhn(tag) ansprechen zu können. Darüber hinaus wurde auch eine Häufigkeitsstatistik, gegliedert in schwachen, „normalen“ und starken Nordföhn, eine Zuordnung zu den Ostalpinen Wetterlagen und eine Berechnung von dynamischen Mittelwerten (Durchschnittswerte von meteorologischen Elementen bei Nordföhn) getrennt nach den einzelnen Monaten durchgeführt.

Die nach 1989 weitergeführten subjektiven Beobachtungen und Begleitmessungen durch Wakonigg wurden dann im Zuge einer Seminar- und Bachelorarbeit durch MALOWERSCHNIG 2008 ausgewertet, wobei der Vergleich mit den amtlichen Messwerten der Station der Universität und die Analyse von Art, Häufigkeit und jahreszeitlicher Verteilung des Nordföhns sowie der Witterung bei Nordföhn methodisch entsprechend erweitert und verbessert werden konnten. Die Ergebnisse dieser Auswertung werden hier präsentiert. Für die Übermittlung von amtlichen Beobachtungsdaten sei den Herren Richard GWALTL und Alexander PODESSER von der Außenstelle Graz der ZAMG sowie Herrn Christoph BICHLER vom Institut für Physik an der Karl-Franzens Universität der Dank ausgesprochen.

## 2. Der Nordföhn als Wettererscheinung

Unter Nordföhn wird hier vereinfacht das Pendant zum ungleich besser bekannten Südföhn verstanden, d.h. ein Wind mit überwiegend nördlicher Richtungskomponente, der den südöstlichen Alpenrand bzw. den Raum Graz als typischer Lee-Wind, dazu mit absteigender Bewegungskomponente erreicht. Nach diesen Vorgaben ist Nordföhn eine eindeutige Rückseitenwitterung mit entsprechenden Luftmassen, die vor allem in den wärmeren Jahreszeiten eher Abkühlung als Erwärmung bewirkt und subjektiv auch nicht immer als Föhn erkannt oder empfunden wird. Allerdings hat sich der für die Steiermark erstmals von KLEIN 1900 verwendete Begriff „Nordföhn“ längst im offiziellen Sprachgebrauch der amtlichen Meteorologie eingebürgert und auch in den täglichen Wetterberichten in den Medien als zunehmend vertrauter Begriff etabliert.

Abgesehen von der unterdurchschnittlichen Temperatur in den wärmeren Jahreszeiten hat die Witterung bei Nordföhn im Raum Graz durchaus alle typischen Attribute, die man üblicherweise mit Föhn in Zusammenhang bringt. Das sind auffällender, z. T. böiger Wind, geringe relative (und absolute) Luftfeuchtigkeit, auffallende bis extreme Fernsicht aufgrund der Auflösung der Grundsicht und des Verschwindens des Dunstes, weithin fehlender Niederschlag und in besonders typischen Fällen auch geringe Bewölkung bzw. das Auftreten von Föhnwolken (*Alto cumulus lenticularis*). Dazu sind, bedingt durch die absteigende Bewegungskomponente, auch große, meist sogar trockenadiabatische Temperaturgradienten entwickelt. Insbesondere im Winter mit seiner durchschnittlich recht trüben und windschwachen Witterung werden Tage mit Nordföhn in Graz als besonders auffallend und von der Normalwitterung abweichend, dazu bei den im Winter meist übernormalen Temperaturen als erfreuliche Abwechslung und ausgesprochenes „Schön-

wetter“ empfunden. Über die allgemeinen meteorologischen Bedingungen bei Föhn und über Föhntheorien informiert am besten SEIBERT 1993.

### 3. Datenmaterial

Das benutzte Datenmaterial ist recht heterogen und setzt sich aus folgenden Quellen zusammen:

- „Direkte Beobachtungen“ durch WAKONIGG von 1990 bis 2006 in Form von kurzen Notizen über das Auftreten von Nordföhn, meist mit einigen ergänzenden Angaben zum Witterungscharakter oder zur Andauer wie „stürmisch“, „heftig“, „bis in die Nacht“ u. dgl., dazu fallweise punktuelle Messungen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit mit einem Assmann'schen Aspirationspsychrometer
- amtliche Messwerte der Station Universität Graz (366 m) im standardisierten Umfang, teilweise auch als Stunden- bzw. 10 Minuten-Werte vorliegend und verarbeitet
- Vergleichsdaten der Station Graz-Thalerhof (340 m) und Schöckl (1445 m) sowie Niederschlagswerte der Station Salzburg-Freisaal (423 m), und Luftdruckwerte der Station Salzburg-Flughafen (434 m)
- tägliche Bestimmung der im Raum Graz wirksamen Luftmasse nach dem Klassifikationsschema von M. GEB (1981) mit Hilfe der Berliner Wetterkarte durch WAKONIGG (unveröffentlicht)
- tägliche Bestimmung der Großwetterlage übernommen aus dem „COST 773“-Projekt (<http://www.cost733.org>).

In Summe wurden dabei 43.402 digitale Datensätze und dazu einige hundert Stunden- bzw. 10-Minuten-Werte verarbeitet.

#### 3.1 Messproblematik und Datenverfügbarkeit

Im Zuge der Bearbeitung der von Hand durchgeführten Begleitmessungen von WAKONIGG und deren Vergleich mit den amtlichen Messdaten stellte sich sehr schnell heraus, dass nur auf eine der beiden Datenquellen zurückgegriffen werden darf um die Grenzwerte eines Nordföhntages zu definieren. Logische Konsequenz war es hier auf das amtliche Material zu greifen, da dieses ja wiederum als Datengrundstamm für spätere Auswertungen dienen wird.

Probleme ergaben sich insofern, als zusätzlich zu den unterschiedlichen Messtechniken und dem nicht identischen Messumfeld, die begleitenden Messungen zu keinen standardisierten Zeitpunkten durchgeführt wurden. Diese konnten somit nur schwer mit den Messintervallen der ZAMG in Einklang gebracht werden. Um eine angenäherte Vergleichbarkeit mit den amtlichen 14 Uhr Werten zu ermöglichen, wurde eine zeitliche Abweichung von 1,5 Stunden eingeräumt, womit sich ein Zeitfenster von 12:30 bis 15:30 ergab. Nur jene Begleitmessungen die in diesen Zeitraum fielen wurden zur Prüfung herangezogen.

Die Messgenauigkeit der Lufttemperatur war angesichts der fehlenden zeitlichen Übereinstimmung mit einer Standardabweichung von 0,76K zu den amtlichen Daten hier erstaunlich hoch. Problematischer war die Abweichung bei der Luftfeuchtigkeit. Hier wurde bei den Begleitmessungen mit dem Aspirationspsychrometer ein um durchschnittlich 11 Prozentpunkte niedrigerer Wert gemessen. Eine Erklärung für die starken Abweichungen kann hier nicht gegeben werden. Weder die Alterung noch eine fehlende Nachjustierung des Haarhygrometers können dafür verantwortlich gemacht werden. Da eines der Ziele dieser Arbeit aber das Auffinden von Nordföhntagen im amtlichen Mate-

rial ist, wurde auch in diesem Punkt nur auf die amtlichen Luftfeuchtigkeitsmessungen zurückgegriffen.

Die Werte der täglichen Großwetterlagen wurden aus dem EU Projekt COST 773 bezogen, wofür folgende Kriterien naheliegend ausschlaggebend waren: Erstens waren diese kostenlos und sehr schnell in digitaler Form verfügbar. Zweitens waren sie ohne Ausnahme über den gesamten Zeitraum greifbar, und drittens waren sie nach einem standardisierten Verfahren ohne Einfluss des Beobachters erstellt worden. Den Autoren ist aber bewusst, dass diese Wetterlagenklassifikation nicht die optimalen Anforderungen für den Ostalpenraum erfüllt.

#### **4. Methodik**

Über einen Zeitraum von 17 Jahren (1990–2006) wurden von Wakonigg 304 handschriftliche Aufzeichnungen über Nordföhn in Stadtgebiet von Graz angefertigt. Diese beinhalteten zumindest Datum, Uhrzeit und eine subjektive Einschätzung der Heftigkeit. Diese Aufzeichnungen waren ohne Anspruch auf Vollständigkeit; sie sollten eine Auswahl der tatsächlich wahrgenommenen Ereignisse dokumentieren. Zusätzlich wurden von Wakonigg 155 Begleitmessungen der Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit durchgeführt.

Diese Aufzeichnungen dienten als Datengrundstamm, um im ersten Teil dieser Arbeit Abgrenzungskriterien der Klimatelemente für einen „echten“ Nordföhnstag zu definieren. Auf Basis dieser Grenzwerte erfolgte dann die automatisierte Auffindung von allen Nordföhntagen im selben Zeitraum. Als Arbeitsumfeld diente eine MYSQL-Datenbank.

Die 304 Datensätze wurden digitalisiert und in der SQL-Datenbank mit den amtlichen 7, 14 und 19 Uhr Messdaten der ZAMG zusammengeführt. Aus den subjektiven Einschätzungen und Beschreibungen der Heftigkeit wurden 3 Klassen gebildet: Leicht, Normal und Stürmisch. Der Datengrundstock der ZAMG wurde vorher als einfaches csv File geliefert und in die Datenbank importiert.

Als nächster Schritt wurden nun im Einzelnen die Klimatelemente Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Windspitze, Windrichtung, Bewölkung, Luftdruck sowie Sichtweite untersucht, und deren jeweilige Maximal- oder Minimalwerte festgelegt. Jene Klimatelemente, die sich als eindeutiges Abgrenzungskriterium isolieren ließen, wurden in einem SQL Statement verknüpft und die Datenbank automatisiert nach Nordföhntagen durchsucht. Dazu wurden die drei Stärkeklassen auf zwei deutlicher abgrenzbare Klassen reduziert.

Im zweiten Teil der Arbeit wurden über den gesamten Datenstamm aller 17 Jahre statistische und quantitative Auswertungen der Klimatelemente durchgeführt und diese jeweils den zuvor erkannten Nordföhntagen gegenübergestellt.

Die Datenbank wurde dabei mit um die Parameter Luftmasse und Großwetterlage erweitert, wobei in diesen Fällen das Hauptaugenmerk auf die digitale Verfügbarkeit der Daten gelegt wurde. Dieser Teil wurde durch SQL Verknüpfungen bewerkstelligt, die Darstellung der Ergebnisse erfolgte mittels MS-Excel.

#### **5. Die direkten Beobachtungen und daraus abgeleitete Nordföhnparameter**

Insgesamt wurden in den 17 Jahren zwischen 1990 und 2006 304 Nordföhnstage (17,9 pro Jahr) direkt beobachtet, wobei an 130 Tagen insgesamt 155 begleitende Messungen durchgeführt worden sind. Die jahreszeitliche Verteilung der direkt beobachteten Nordföhnstage wird in der Abbildung 1 wiedergegeben. Trotz der schon erwähnten un-

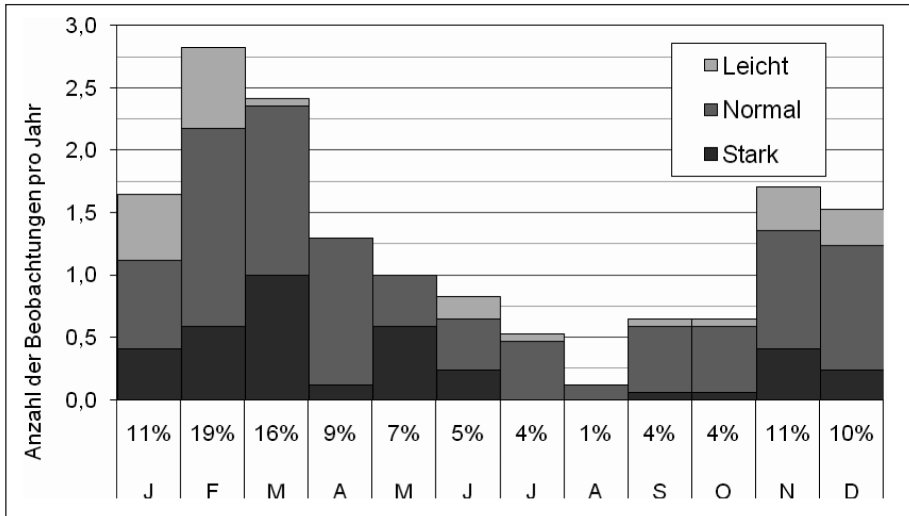


Abb. 1: Jahreszeitliche Verteilung der Tage mit direkt beobachtetem Nordföhn. Die Prozentanteile beziehen sich auf die Summe aller Tage.

Seasonally distribution of primary observed north foehn events. Percental quotations are based on the total sum.

gleichgewichtigen Auswahl ist die prinzipiell gültige Verteilung mit dem Häufigkeitsmaximum im Frühjahr und dem Minimum im Sommer gut zu erkennen, insbesondere die Tage mit starkem bzw. heftigem Nordföhn konzentrieren sich auf die kältere Jahreshälfte, wie es auch aufgrund der allgemein stärkeren Druckgegensätze in diesem Zeitraum zu erwarten ist. Wegen der Unvollständigkeit der Auswahl wird von einer weiteren Analyse bzw. Interpretation der jahreszeitlichen Verteilung abgesehen, diese erfolgt in Kapitel 6.1 mit dem gesamten Datenbestand.

### 5.1 Bestimmung der Abgrenzungskriterien eines Nordföhntages

Die schon in Kapitel 3.1 beschriebene Messproblematik war durchaus Grund genug um bei der Festlegung der Parameter welche einen Nordföhntag definieren, nur das amtliche Datenmaterial heranzuziehen.

Erstes untersuchtes Klimaelement sollte hier die **Lufttemperatur** sein, welcher aber wegen Ihres komplexen Verhaltens einerseits, und der erst oft später einsetzenden Wirkung andererseits, ein eigenes Kapitel (6.4) gewidmet wurde. Vorausgreifend erwähnt wird an dieser Stelle nur die markante Abkühlung bei Nordföhn in den wärmeren Monaten gegenüber einer Erwärmung im Winter. In den Übergangsmonaten kommt es dabei durchgehend zu indifferenten Ergebnissen. Aus den genannten Gründen ist die Lufttemperatur selbst kein Abgrenzungskriterium für einen Nordföhntag

Die zweite Begleitmessung betraf die relative **Luftfeuchtigkeit**, deren Übereinstimmung aber mit den direkten Messungen allerdings sehr unbefriedigend war. Wichtiges Kriterium zur Festlegung des Grenzwertes ist hier aber nicht der gemessene Wert der direkten Beobachtung, sondern die Uhrzeit zu welcher der Nordföhn beobachtet wurde. Um einen Bezugspunkt zur amtlichen Messung um 14 Uhr zu haben, wurde ein Zeitrahmen von jeweils 1,5 Stunden in beide Richtungen gewählt, in denen das beobachtete Ereignis stattfinden musste. Diesen Bedingungen entsprachen nur mehr 54 Nordföhntage. Eine Auswertung der amtlichen Luftfeuchtigkeitswerte zum 14 Uhr-Termin zeigt Tabelle 1.

Tab. 1: Häufigkeitsverteilung der amtlichen 14-Uhr-Hygrometermessungen (Hygr.) an Tagen mit zwischen 12:30 und 15:30 Uhr direkt beobachtetem Nordföhn.

Frequency distribution of the humidity at 2 p.m. (taken from the official meteorological data) on days with direct observed north foehn between 12:30 p.m. and 3:30 p.m.

	> 15 %	> 20 %	> 25 %	> 30 %	> 35 %	> 40 %	> 45 %	> 50 %	> 55 %	> 60 %
Hygr.	.	.	2	6	<b>26</b>	<b>26</b>	24	11	2	3

Um eine Auswahl von deutlich ausgeprägten Nordföhntagen zu erreichen, sollte die relative Feuchtigkeit an dem Beobachtungstermin mit dem jeweils niedrigsten Wert **nicht mehr als 50 %** betragen. Diese Bedingung wird an 84 % der direkt beobachteten Nordföhntage erfüllt.

Die Verteilung der **Windrichtungen** an direkt beobachteten Tagen mit Nordföhn wurde von den Aufzeichnungen der amtlichen Station abgeleitet, wobei die Windrichtung von jenem der drei Beobachtungstermine (7, 14, 19 Uhr) gewählt wurde, der dem Zeitpunkt der stärksten Windbö am nächsten lag. Die prozentuelle Verteilung der Windrichtungen zeigt Tabelle 2:

Tab. 2: Prozentuelle Verteilung der Windrichtungen an den 304 Tagen mit direkt beobachtetem Nordföhn.

Percentage distribution of wind directions on all 304 direct observed north foehn days.

Windrichtung	E	SE	S	SW	W	NW	N	NE
Häufigkeit	1	2	4	2	8	<b>63</b>	16	4

Damit fallen 87 % aller Richtungen auf den Sektor **West bis Nord**, also auf die für Nordföhn in Graz zu erwartenden Richtungen. Der Rest kann als „Ausreißer“ betrachtet werden, wobei als Ursache die Ablenkung und Verwirbelung durch Baukörper in der Umgebung des Messgerätes in Frage kommt, ungleich wahrscheinlicher ist aber das Aussetzen des Föhns zum Messtermin bzw. seine kurzfristige Wirkung nur zwischen den Messterminen.

Die **Windstärke** wird hier nur nach Beaufortgraden aufgegliedert, wobei jeweils die Windstärke jenes Termins herangezogen wurde, an dem diese am größten war und gleichzeitig die Richtungen Nordost bis West beobachtet wurden. Das sind nur mehr 258 von 304 Tagen oder 85 %. Die Häufigkeitsverteilung ist in Tabelle 3 abzulesen.

Tab. 3: Häufigkeit der beobachteten Windstärken in Beaufortgraden zu den Terminen mit der größten Windstärke bei Richtungen aus W bis N an Tagen mit leichtem, normalem und starkem Nordföhn in Prozenten.

Frequency distribution of strongest wind force (time either 7 a.m., 14 p.m. or 19 p.m. and direction only north, west and northwest) on direct observed north foehn days in percent.

	1 Bft	2 Bft	3 Bft	4 Bft	5 Bft
Leichter NF	11	<b>45</b>	42	3	0
Normaler NF	6	27	<b>54</b>	13	1
Starker NF	14	14	27	<b>38</b>	6
Gesamt	9	27	<b>45</b>	17	2

Die maximale Häufigkeit nimmt vom leichten über den normalen bis zum starken Nordföhn jeweils um eine Stärkeklasse zu, was für die gute subjektive Einschätzung der Stärke des Nordföhns spricht. Gegen diese Aussage sprechen aber die hohen Beaufort Werte in der Zeile „Leichter NF“ und die niedrigen in der Zeile „Starker NF“. Diese

Unschärfe ist wohl aus der Diskrepanz zwischen den Zeitpunkten der subjektiven Einschätzung und den Zeitpunkten der Beobachtungstermine zu erklären, zumal der Föhn als böiger und unregelmäßig wehender Wind gilt und die Spitzenböen meist nicht an einen der Beobachtungstermine fallen.

Das wird auch durch die Analyse der Stärke der **Spitzenböen** an den Nordföhntagen bestätigt, wie die nachfolgende Tabelle 4 zeigt.

Tab. 4: Häufigkeit der Windstärken bei der stärksten Windböe an Tagen mit Nordföhn in Prozenten (gleiche Tage wie in Tabelle 3).

Frequency distribution of the strongest squall per day (only north, west and northwest) on direct observed north foehn days in percent.

	4 Bft	5 Bft	6 Bft	7 Bft	8 Bft	9 Bft
Leichter NF	8	<b>45</b>	34	11	0	3
Normaler NF	4	20	<b>48</b>	20	7	1
Starker NF	3	2	29	<b>41</b>	21	5
Gesamt	4	19	<b>41</b>	24	9	2

Für die Definition eines Nordföhn(tage)s ist also eine Windstärke von wenigstens 2 Bft an einem Beobachtungstermin, bzw. eine Windstärke der stärksten Spitzenböe von wenigstens 5 Bft zu fordern.

Ein ganz wesentliches Witterungskriterium bei Nordföhn ist die schon angesprochene große **Sichtweite** und Klarheit der Luft bei geringem Aerosolgehalt und fehlendem Dunst.

Bei der Analyse der Sichtweite muss man aber beachten, dass dabei auch eine gewisse subjektive Komponente der Einschätzung eingeflossen ist, und es sich dabei immer um einen Mittelwert aus den Sichtweiten aller 4 Himmelsrichtungen handelt. Eine Zuordnung der Sichtweiten zu den direkt beobachteten Tagen mit Nordföhn ist aus Tabelle 5 zu entnehmen.

Tab. 5: Häufigkeit der Sichtweiten an Tagen mit direkt beobachtetem Nordföhn zu den Terminen, die der stärksten Windböe am nächsten lagen in Prozenten.

Frequency distribution of the visibility on days with direct observed north foehn in percent.

	0–15 km	20–30 km	30 km	40 km	50 km	60–70 km	80–100 km
Leichter NF	3	0	0	11	26	18	<b>42</b>
Normaler NF	1	1	5	8	15	15	<b>55</b>
Starker NF	2	0	2	2	17	17	<b>60</b>
Gesamt	1	0	3	7	17	16	55

Hier erweist sich die Schärfe der Zuordnung als besonders klar und eindeutig, mit nur minimalen „Ausreißern“ von insgesamt 4 % unter 40 km. Bei starkem Nordföhn betrug die Sichtweite in 94 % aller Fälle wenigstens 50 km, für alle Tage mit direkt beobachtetem Nordföhn sind es wenigstens 88 %. Damit scheint eine **Mindestsichtweite von 50 km** als Grenzwert zur Definition eines Nordföhntages sehr gut geeignet zu sein.

Die **Bewölkung** ist zwar in Form der schon angesprochenen Föhnwolkenformen eine typische Begleiterscheinung, nicht aber bezüglich des Ausmaßes der Himmelsbedeckung. Es gibt genug typische Föhntage mit allen genannten Witterungskriterien, bei gleichzeitig starker bis geschlossener Bewölkung. Das zeigt auch die Analyse der Bewölkung an den direkt beobachteten Tagen mit Nordföhn in Tabelle 6.

Tab. 6: Verteilung der Bewölkung nach Zehnteln der Himmelsbedeckung zum 14-Uhr-Termin an Tagen mit direkt beobachtetem Nordföhn und im Durchschnitt aller Tage des Beobachtungszeitraums in Prozenten.

Distribution of the sky cover in tenths (=Zehntel) at 2 p.m. on days with direct observed north foehn (NF-Tage) and on all days 1990–2006 (Alle Tage) in percent.

Zehntel	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NF-Tage	2	10	12	9	6	6	10	<b>14</b>	12	<b>14</b>	5
Alle Tage	4	9	6	5	3	4	5	10	12	16	<b>26</b>

Die Verteilung der Bewölkung an allen Tagen zeigt die gut bekannte Linksschiefe, während die Bewölkung an Tagen mit Nordföhn auffallend gleichmäßig verteilt ist. Im Durchschnitt beträgt die Bewölkung zum 14-Uhr-Termin an Tagen mit Nordföhn 5,4 Zehntel, an allen Tagen dagegen 6,7 Zehntel. Die Bewölkung erweist sich somit als wenig geeignetes Witterungskriterium zur Definition bzw. Abgrenzung von Nordföhntagen.

Der **Luftdruck** selbst ist zwar kein Nordföhn-spezifisches Element, wohl aber die Luftdruckdifferenz zur Alpennordseite. Dabei wurde die Luftdruckdifferenz zwischen Graz und Salzburg analysiert (siehe Tabelle 7).

Tab. 7: Verteilung der Differenzen der auf Meereshöhe reduzierten Tagesmittel des Luftdruckes zwischen Salzburg-Flughafen (434 m) und Graz-Universität (366 m) an Tagen mit direkt beobachtetem Nordföhn in Graz in Prozenten.

Distribution of air pressure differences (reduced to sea level) in percent between Graz-University (366 m) and Salzburg-airport (434 m) on days with direct observed north foehn.

hPa	< -10	< -8	< -6	< -4	< -2	< 0	< +2	< +4	< +6	< +8	< +10	< +12
Alle Tage	0	1	2	4	9	18	<b>25</b>	23	13	4	1	0
NF-Tage	–	–	–	–	–	0	3	15	<b>37</b>	30	11	4

Im Durchschnitt aller Tage ist der Luftdruck in Salzburg um 1,2 hPa höher als in Graz (1017,4 : 1016,2). Im Durchschnitt aller Tage mit direkt beobachtetem Nordföhn aber um 5,9 hPa. Das ergibt bei einer Luftlinienentfernung der beiden Messstationen von ca. 195 Kilometern einen Gradienten von 3,4 hPa auf 111 km bzw. für die höchsten Druckdifferenzen mit über 12 hPa einen solchen von wenigstens 6,9 hPa. Für typische Nordföhntage sind Druckdifferenzen von wenigstens 5 hPa (Gradient 2,8) zu erwarten, doch wurden die Druckgradienten zur Definition von Nordföhn nicht herangezogen. Dieses zusätzliche Kriterium hätte nämlich keine Auswirkung auf die Anzahl der im amtlichen Material aufgefunden Nordföhntage, da alle später gefundenen Tage dieses Kriterium ausnahmslos erfüllen.

## 6. Nordföhn in Graz nach dem amtlichen Beobachtungsmaterial

### 6.1 Häufigkeit des Nordföhns

Als Tage mit Nordföhn nach dem amtlichen Beobachtungsmaterial werden gemäß dem Vergleich mit den direkten Beobachtungen solche mit einer **Windrichtung** zur Zeit der höchsten Geschwindigkeit aus **West** bis **Nord** und einer **Windstärke** an wenigstens einem Beobachtungstermin von mindestens 2 bzw. während der Spitzenböe von mindestens 5 gewertet. Dazu darf zur Zeit des günstigsten Beobachtungstermins (meist 14 Uhr) die Luftfeuchtigkeit höchstens 50 % betragen und die Sichtweite muss mindestens 50 km erreichen. Temperatur, Bewölkung und Luftdruckdifferenz zu Salzburg wurden als Definitions- bzw. Abgrenzungskriterien nicht herangezogen.



Diese eindeutige Abgrenzung hat den Vorteil, dass die leichten oder schwachen Nordföhnfälle bzw. die unklaren, zu kurzen oder zweifelhaften von vornherein ausgeschlossen werden und die Verteilung auf der schwächeren Seite deutlich abgeschnitten erscheint. Dadurch wird auch nur mehr zwischen „normalem“ und starkem Nordföhn unterschieden und die Kategorie „schwacher“ Nordföhn entfällt. Als stark wird der Nordföhn eingeschätzt, wenn die relative Luftfeuchtigkeit unter **45 %** sinkt, aber auch wenn sie von einem zum nächsten Beobachtungstermin um wenigstens 15 Prozentpunkte absinkt, die Windstärke zu einem Beobachtungstermin wenigstens **3 Bft** und als Spitzenböe wenigstens **6 Bft** erreicht und die Sichtweite wenigstens **80 km** beträgt.

Nach diesen Kriterien wurden im Zeitraum von 1990 bis 2006 an insgesamt **449** Tagen Nordföhn klassifiziert, davon an **98** Tagen starker Nordföhn. Das sind 26,4 bzw. 5,8 Tage pro Jahr oder 7,2 bzw. 1,6 % aller Tage. Dabei wurden das Maximum im Jahr 1997 mit 37 und das Minimum 2004 mit 16 Tagen erreicht. Bei den Tagen mit starkem Nordföhn ergab sich die größte Häufigkeit mit je 12 Tagen in den Jahren 1997 und 1998, die geringste mit nur einem Tag im Jahr 1990 (Tabelle 8).

Tab. 8: Verteilung der Häufigkeit der Tage mit Nordföhn im Beobachtungszeitraum.  
Frequency distribution of north foehn days 1990–2006.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
NF gesamt	18	18	33	30	25	25	26	37
Starker NF	1	3	8	7	4	7	4	12

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
NF gesamt	30	26	29	30	26	24	16	36	20
Starker NF	12	6	4	6	7	4	3	7	3

Die Standardabweichung bei den Tagen insgesamt beträgt 5,9 Tage oder 22 %, bei den Tagen mit starkem Nordföhn 3,0 oder 52 %. Der Zunahmetrend mit + 0,06 Tagen pro Jahr ist bedeutungslos, dagegen wurde für den Zeitraum von 1950 bis 1989 ein linearer Zunahmetrend von + 0,287 pro Jahr bzw. 11,5 Tagen in 40 Jahren ermittelt (WAKONIGG 1991: 40).

Die jahreszeitliche Verteilung der Nordföhntage wird in der Abbildung 2 wiedergegeben, weitere Details dazu sind der Tabelle 9 zu entnehmen.

Tab. 9: Jahreszeitliche Verteilung der Tage mit Nordföhn in Graz 1990 bis 2006. T/M = durchschnittliche Zahl der Tage pro Monat, % = Anteil der Nordföhn-Tage eines Monats an der Gesamtzahl der Nordföhn-Tage des Jahres (Durchschnitt = 8,33 %), Max. = höchste beobachtete Anzahl pro Monat.

Monthly distribution of north foehn days in Graz 1990–2006. “T/M” = average number per month, “%” = Percentage of north foehn days per month upon the total yearly sum (average = 8,33%), “Max.” maximum per month, “Stark” = average number of heavy north foehn days per month.

	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
T/M	1,9	3,4	<b>3,8</b>	<b>3,8</b>	2,9	1,5	2,1	0,9	1,4	1,4	1,6	1,6	26,4
%	7	13	<b>14</b>	<b>14</b>	11	6	8	4	5	5	6	6	100
Max.	5	10	10	<b>12</b>	7	4	6	4	5	4	5	5	37
Stark	0,4	0,8	<b>1,3</b>	0,8	0,5	0,1	0,3	0,2	0,2	0,5	0,5	0,3	5,8
Max.	1	3	8	4	3	1	1	1	2	2	2	1	12

Die geringste Häufigkeit an Tagen mit Nordföhn betrug in allen Monaten Null, Der August hatte in sieben Jahren keinen Nordföhn, der Mai nur in einem.

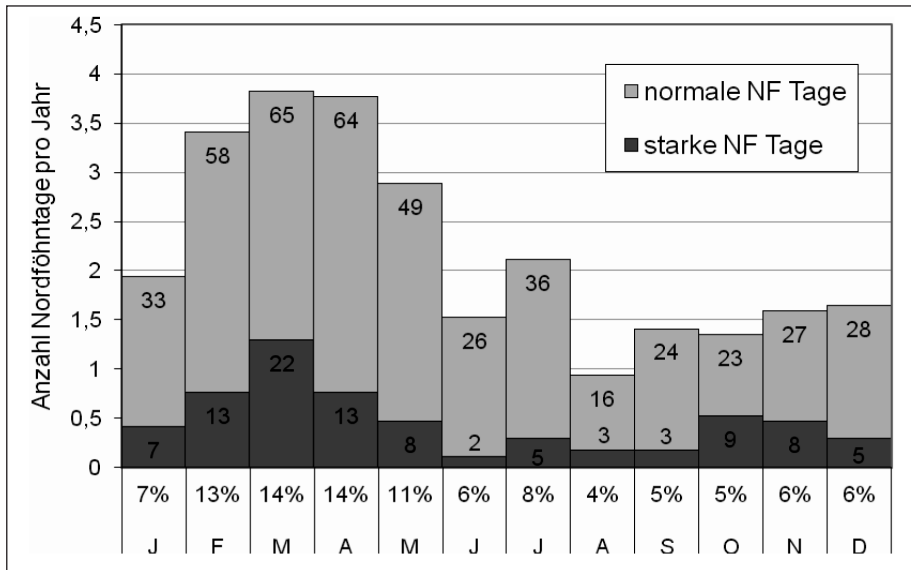


Abb. 2: Jahreszeitliche Verteilung der Nordföhnhäufigkeit. Die eingeschriebenen Zahlen betreffen die Gesamtzahl der Tage in 17 Jahren.

Seasonally distribution of all north foehn events (typical and extraordinary) found in the official meteorological data. Numbers in the bar indicate the total count for all 17 years.

Diese jahreszeitliche Verteilung entsteht durch das Zusammenwirken von mehreren Faktoren. Der eine ist der vertikale Temperaturgradient bzw. die thermische Auflockerung der Grundsicht, die in den Monaten von April bis Juni ihr Maximum erreicht und die Ausräumung der Grundsicht und das Durchgreifen des Nordföhns wesentlich erleichtert, wogegen in den Monaten Dezember und Jänner die untere Atmosphäre am stabilsten geschichtet ist wodurch ein Durchgreifen des Windes bis in die Niederungen entsprechend erschwert wird. Dazu kommt eine große Häufigkeit von stabilen Hochdruckwetterlagen mit kaltem Grundsicht-Luftkörper („Kaltluftloch“) und ein erschwertes Übertreten von Nordföhn-wirksamen zyklonalen Wetterlagen auf den Kontinent. Diese unterschiedliche Häufigkeit von nordföhnwirksamen Wetterlagen bzw. Luftmassen (siehe Kap. 5.3) ist der nächste Faktor und ein weiterer ist ganz allgemein der unterschiedliche regionale Druckgegensatz (Gradient) mit seinem Wintermaximum und Sommerminimum. Das Häufigkeitsmaximum im Frühjahr kann daher durch das Zusammenwirken von noch beachtlichen Druckgradienten (Windstärken) mit bereits starker Auflockerung der Atmosphäre erklärt werden, das sommerliche Minimum noch einfacher durch das Minimum bei den allgemeinen Druckgradienten.

## 6.2 Andauer und Ablauf des Nordföhns

Nordföhn in Graz ist sowohl bezüglich seiner Dauer innerhalb eines Tages als auch bezüglich der seines Auftretens über mehrere Tage hintereinander eine relativ kurzfristige Wettererscheinung. Die Verteilung des Auftretens der maximalen Windböen über die Stunden des Tages (Abbildung 3) zeigt die Konzentration auf die Stunden mit den höchsten Temperaturen bzw. der stärksten Einstrahlung und damit Auflockerung der Grundsicht. Demnach fällt gut die Hälfte aller Spitzenböen allein auf die Stunden zwischen 12 und 16 Uhr (= 17 % des Tageszeitraums) bzw. konzentrieren sich 78 % auf

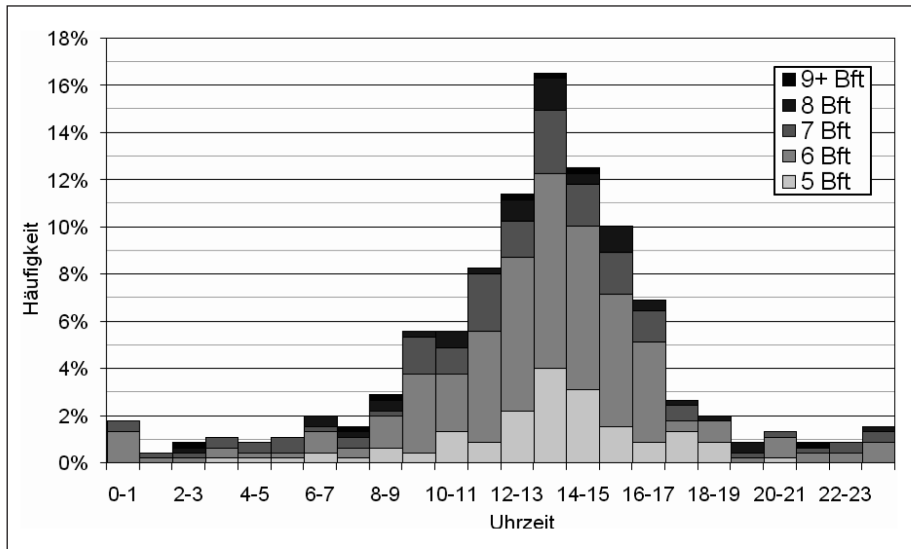


Abb. 3: Tageszeitliche Verteilung der maximalen Windböen bei Nordföhn.  
Daily distribution of the maximum squall during north foehn.

die Zeit zwischen 9 und 17 Uhr, also auf ein Drittel des Tages. Diese auffallende Konzentration betrifft alle Stärkeklassen der Spitzenböen, am wenigsten noch die wirklich stürmischen Fälle, da bei den entsprechend hohen Druckgradienten die strahlungsbedingte Stabilisierung der Atmosphäre nicht ausreicht, um den Nordföhn während der Nacht zu unterdrücken.

So ist z.B. auch der denkwürdige und Schaden bringende Sturm „Paula“ etwa um Mitternacht zwischen dem 27. und 28. Jänner 2008 bis in die Niederungen bzw. in das Stadtgebiet von Graz durchgebrochen. Abgesehen davon ist die überwiegende Zahl der Nordföhnfälle auf weniger als die Hälfte der Tagesstunden beschränkt bzw. der Föhn erlischt üblicherweise während der Nacht.

Nach WILFINGER 1947 beginnen nur 4 % der Nordföhnfälle am Abend des Vortages und weitere 15 % während der Nacht, wogegen die meisten Föhnfälle zwischen 8 und 14 Uhr einsetzen.

Entsprechend ist auch eine Aufeinanderfolge von mehreren Tagen mit Nordföhn hintereinander eine Ausnahme. 77 % aller Nordföhnfälle traten nur an einem Tag auf, weitere 16 % an zwei Tagen hintereinander und nur 7 % dauerten wenigstens drei Tage. Die längste Aufeinanderfolge wurde mit fünf Tagen nur zweimal im gesamten Beobachtungszeitraum erreicht. Dabei konzentrieren sich die Fälle mit längerer Andauer noch viel stärker als die Nordföhntage insgesamt auf nur drei Monate, nämlich mit 48 % auf Februar bis April.

### 6.3 Großwetterlagen und Luftmassen bei Nordföhn

Die im Kapitel 3 erwähnten **Großwetterlagen** lassen sich nach der Zusammenfassung durch GERSTENGARBE & WERNER 1999 in die Gruppen N, NE, E, SE, S, SW, W, NW, HM und TM gliedern. Die ersten acht Typen bedeuten dabei die Hauptströmungsrichtungen, die letzten beiden stehen für Hochdruck- bzw. Tiefdruckeinfluss über Mitteleuropa. Ihre Bedeutung für die Entstehung von Nordföhn und weitere Beziehungen sind aus Tabelle 10 abzulesen.

Tab. 10: Großwetterlagen (GWL) und Nordföhn. n % = Anteil der GWL an allen Tagen. Ant. NF = Anteil der GWL an den Tagen mit Nordföhn in %. Sp. W. = „spezifische Wirkung“, d.h. Anteil der Nordföhntage an allen Tagen einer GWL in %.  $\Sigma/D$  = Summe bzw. Durchschnitt. General weather situation (GWS) during north foehn. “n%” = normal distribution 1990–2006, “Ant. NF” = distribution during north foehn; Sp.W = “specific effectiveness” viz. percentage of north foehn days upon all days of a specific GWS. “ $\Sigma/D$ ” = sum/average.

GWL	W	NW	N	NE	E	SE	S	SW	HM	TM	$\Sigma/D$
n %	27	10	17	4	7	3	10	10	10	2	100
Ant. NF	27	23	28	9	2	0	2	3	5	1	100
Sp. W.	8	16	12	16	2	1	1	2	4	4	7

Demnach entfallen 87 % aller Nordföhntage auf die Großwetterlagen W, NW, N und NE, die aber mit 58 % ohnehin sehr häufig auftreten, weshalb ihre spezifische Wirkung relativ gering bleibt. Diese ist bei den GWL NW und NE mit je 16 % am größten, d.h. dass jeder sechste Tag mit diesen GWL zu Nordföhn führt. Die spezifischen Wirkungen bei den GWL mit „falscher“ Strömungsrichtung (SW bis E) von 1 bis 3 % können als „Ausreißer“ akzeptiert werden, die aufgrund der unscharfen Klassifizierung der GWL, der unvollkommenen zeitlichen Übereinstimmung und der unscharfen Klassifizierung der Nordföhntage (Umlenkung der Strömung?) zustande kommen.

Häufigkeit und Wirkung der GWL zeigen darüber hinaus noch jahreszeitliche Unterschiede, doch wird diesen hier nicht weiter nachgegangen, da die Beziehung zu den GWL nicht im Mittelpunkt der Analyse steht. Immerhin steigt die Wahrscheinlichkeit zu Nordföhn bei der Nordwestlage im Frühjahr auf 28,5 %, während sie im Sommer auf 8 % absinkt. Auch die Nordostlage hat im Winter eine Bereitschaft von 24 %, im Herbst nur von 7 %.

Bei den **Luftmassen**, ist eine spezifisch unterschiedliche Neigung zu Nordföhn nicht zu erwarten, sondern diese ergibt sich je nach Beteiligung der Luftmassen bei den Nordföhn-Wetterlagen. Trotzdem wird die Zuordnung von Nordföhn zu den Luftmassen hier analysiert, weil die Klassifizierung der Luftmassen in der Berliner Wetterkarte nach einem objektiven System und damit sehr verlässlich erfolgt. Die nicht zu vermeidenden Unschärfen entstehen dabei entweder durch die ungenaue zeitliche Zuordnung oder durch die unscharfe Klassifizierung für den Grazer Raum. Die Luftmasse wird nämlich für Null Uhr UTC (= 01 Uhr MEZ) klassifiziert und muss nicht unbedingt den gesamten Folgetag wirksam sein, d.h. sie kann im Laufe des Tages durch eine andere abgelöst werden, welche u. U. während des später einsetzenden Nordföhns schon wirksam ist. Dazu findet sich auf den Berliner Wetterkarten nicht in jedem Fall ein Luftmassensymbol im oder nahe dem Raum Graz. Dadurch bleibt bei der Erstellung eines Luftmassenkataloges für den Raum Graz ein nicht zu vernachlässigender subjektiver Spielraum.

Die Beziehung zwischen den Luftmassen nach GEB und dem Grazer Nordföhn wird in der Abbildung 4 dargestellt.

Dabei zeigt sich, dass sich die wirksamen Luftmassen von den jeweiligen Vortagen zu den Nordföhntagen markant in Richtung kältere Luftmassen verschieben, da der Nordföhn eine Rückseitenwitterung darstellt. Polar- (P) und Arktikluftmassen (A) sowie erwärmte Polarluft (Ps) wirken an gut 80 % aller Nordföhntage (65 % der Vortage), während die subtropischen Luftmassen (S) mit nicht einmal 10 % wieder als „Ausreißer“ gelten können, wobei dieser Anteil entweder durch die angesprochene nicht vollkommene zeitliche Übereinstimmung oder durch die Umlenkung der wärmeren Luftmassen auf nordwestliche Strömungsrichtungen entsteht. Der Rest von 10 % sind normal temperierte Luftmassen der gemäßigten Breiten (Sp). Vom Vortag zum ersten Nordföhntag nimmt auch der Anteil der maritim geprägten Luftmassen von 35 auf 61 % zu.

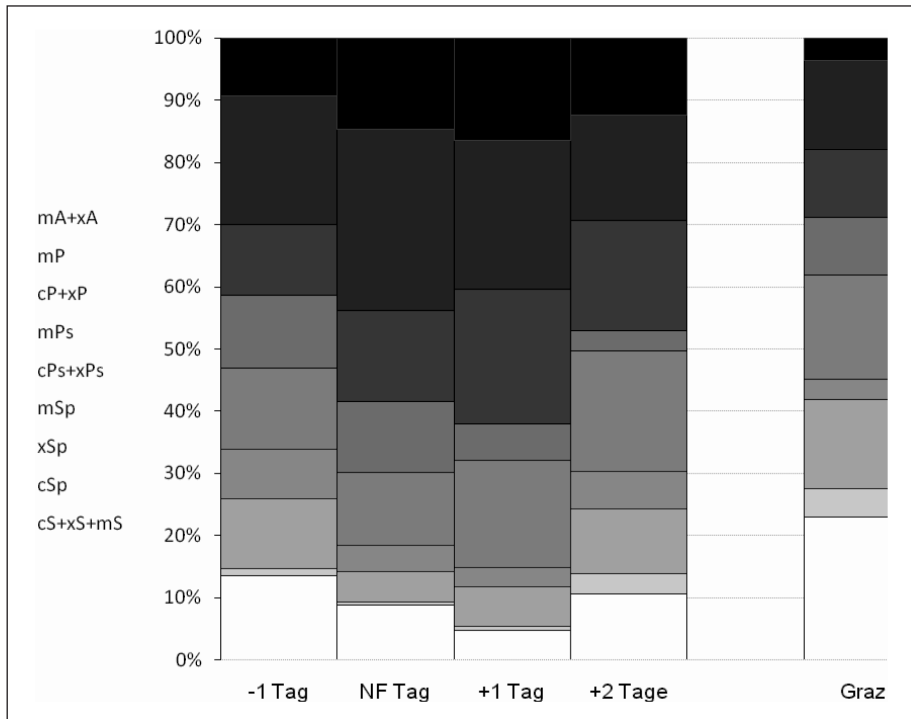


Abb. 4: Häufigkeit der Luftmassen vor, während und nach Nordföhn, sowie die Häufigkeit aller Luftmassen über Graz im Zeitraum 1990 bis 2006.

Frequency distribution of air masses before, during and after north foehn days, and the average air mass frequency in Graz between 1990 and 2006.

Am ersten Folgetag nach einem Nordföhntag verschiebt sich der Anteil noch weiter zu Gunsten der kälteren Luftmassen, wobei die arktischen, polaren und erwärmten polaren Luftmassen schon rund 85 % und die subtropischen nur etwa 5 % umfassen. Nach dem ersten Folgetag kommt es zur Wetterberuhigung und in den wärmeren Jahreszeiten auch zur allgemeinen Erwärmung und Umstellung auf die durchschnittliche Häufigkeitsverteilung der Luftmassen, die dann am 3. Nachfolgetag schon weitgehend erreicht ist.

Nach der Prägung dominieren die maritim geprägten (m) und gemischt (x) geprägten Luftmassen vor den kontinental geprägten (c) bei weitem. Letztere sind so selten, dass sie aus Darstellungsgründen meist mit den gemischt geprägten zusammengefasst wurden, nur die noch am ehesten kontinental geprägte gemäßigte Luftmasse (cSp) wurde getrennt dargestellt um diesen geringen Anteil zu veranschaulichen.

#### 6.4 Die Temperaturen bei Nordföhn

Wie schon einleitend erwähnt, liegen die Temperaturen bei Nordföhn nur im Winter, im Sinne der Wirkung eines maskierten Kaltlufteinbruchs, bei dem die erwärmte und labilisierte maritime Polarluft, d.h. die üblicherweise mit Nordföhn verbundene Luftmasse wärmer ist als die autochthone Grundsicht, über dem Durchschnitt. In allen anderen Jahreszeiten hingegen bringt der Nordföhn eine Abkühlung mit sich, wie auch die nachfolgende Tabelle 11 zeigt.

Tab. 11: Durchschnittliche Temperaturen aller Tage (Normal) und bei Nordföhn (NF) in °C sowie die Differenz zwischen beiden („Diff. K“) in Kelvin.

Average daily mean temperature in the period 1990–2006 (“Normal”), during north foehn (“NF”) in centigrade and their difference (“Diff. K”) in Kelvin.

	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Normal	-0,1	2,5	6,7	11,0	16,0	19,2	20,9	20,6	15,9	11,2	5,5	0,5
NF	2,2	3,4	6,2	9,3	15,5	16,5	19,1	17,3	14,0	10,6	5,7	1,6
Diff. K	+2,3	+0,9	-0,5	-1,7	-0,5	-2,6	-1,7	-3,3	-1,9	-0,6	+0,2	+1,1

Bei den Normalwerten aus dem Zeitraum von 1990 bis 2006 lässt sich der aktuelle Klimawandel recht gut erkennen, wobei die Temperaturen abgesehen vom Dezember um etwa 1,5 K über den Werten der älteren Reihen aus dem 20. Jahrhundert liegen. Die auffallend geringe Abkühlung bei Nordföhn im Mai ist nicht durch irgendeine Besonderheit dieses Monats zu erklären, sondern wohl eine zufällige Abweichung aufgrund teilweiser Beteiligung wärmerer Luftmassen. Schon bei Weglassen der beiden wärmsten Föhntage (28. 5. 1993 und 29. 5. 2001) vergrößert sich die Abkühlung auf 1,1 K.

Die thermische Wirksamkeit des Nordföhns lässt sich noch besser durch die jeweiligen mittleren Maxima veranschaulichen die überwiegend auf die frühen Nachmittagsstunden fallen bzw. zur Zeit der stärksten Auflockerung der Atmosphäre eintreten (siehe Tabelle 12). Damit ist eine viel bessere Vergleichbarkeit gegeben als mit den Tagesdurchschnitten, die auch durch die Nacht- und Morgentemperaturen (vielfach ohne Wind bzw. mit isolierter Bodenkaltluft) mitbestimmt werden.

Tab. 12: Mittlere tägliche Maxima („m.t.M.“) im Durchschnitt („normal“) und bei Nordföhn (NF) in °C bzw. die Differenz zwischen beiden in Kelvin.

Average of the mean daily maximum temperature (“m.t.M”) in the period 1990–2006 (“normal”), during north foehn (“NF”) in centigrade and their difference (“Differenz K”) in Kelvin.

	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
m.t.M.normal	3,5	7,4	12,0	16,5	21,9	24,9	26,6	26,2	21,1	15,6	8,7	3,4
m.t.M. NF	6,4	7,7	11,1	14,1	20,4	21,3	23,9	21,8	18,7	15,2	9,3	5,3
Differenz K	+2,9	+0,3	-0,9	-1,4	-1,5	-3,6	-2,7	-4,4	-2,4	-0,4	+0,6	+1,9

Wie schon anhand des Anteils der beteiligten Luftmassen gezeigt werden konnte, sind die Folgetage nach Nordföhn noch kälter als die Tage mit Nordföhn selbst, da sich die Zufuhr der Kaltluft dann erst richtig auswirken kann, sei es durch die Beteiligung kälterer Luftmassen (Abb. 4), oder durch starke nächtliche Abkühlung nach Aufklaren und Abflauen des Windes in der wasserdampf- und aerosolarmer Kaltluft. Der Temperaturverlauf zwischen den dem Nordföhn vorausgehenden Tagen bis zu den ihm nachfolgenden Tagen wird für einigen Monate beispielhaft in der Tabelle 13 wiedergegeben.

Tab. 13: Durchschnittlicher Temperaturverlauf (Tagesmittel) während der Nordföhneignisse in °C. „- 3 T“ = 3 Tage vor dem Nordföhntag usw. „Normal“ = Durchschnittstemperatur aller Tage des Beobachtungszeitraums.

Average of the mean daily temperature for the months December, March, July and September before and after north foehn events in degree Celsius. “- 3 T” = 3 days before north foehn a.s.o.; “Normal” = monthly average.

	-3 T.	-2 T.	- 1 Tag	NF-Tag	+1 Tag	+2 T.	+3 T.	+4 T.	Normal
Dezember	0,9	1,1	1,2	1,6	-0,7	-0,6	-0,5	<b>-0,8</b>	0,5
März	6,4	6,6	6,5	6,2	<b>5,2</b>	5,3	5,8	6,6	6,7
Juli	20,5	20,4	20,0	19,1	<b>18,6</b>	19,7	20,7	21,4	20,9
September	15,3	14,7	14,2	14,0	<b>13,3</b>	14,3	14,9	15,3	15,9

Üblicherweise stellen sich die Normaltemperaturen drei bis vier Tage nach dem Nordföhnereignis wieder ein; im Winter kann die am ersten Nachfolgetag entstehende Kälte in den Niederungen bei der zu geringen Einstrahlung und damit fehlenden Wiedererwärmung bei autochthoner Witterung aber weiter anhalten.

Entsprechend der schon angesprochenen Abfolge der Witterung mit Wetterberuhigung und Aufklaren in der eingeflossenen Kaltluft ist an den Tagen nach Nordföhn auch eine erhöhte Frostgefährdung in den Übergangsmontaten zu erwarten, wobei diese besonders im April agrarklimatisch von Bedeutung ist. Darüber gibt die folgende Tabelle 14 Aufschluss.

Tab. 14: Durchschnittliche Wahrscheinlichkeit zu Nachtfrösten („Normalwert“) und bei Nordföhnentwicklung in Prozenten.

Average probability of night frosts: 1990–2006 (A) compared to days with north foehn (B) and the day after north foehn (C).

	Jan.	Feb.	März	April	Okt.	Nov.	Dez.
A Normalwert	84	71	35	6	7	28	74
B Nordföhntage	70	57	43	11	0	22	71
C 1. Nachfolgetag	79	82	54	20	17	56	96
Differenz C – A	–5	+11	+19	+14	+10	+28	+23

Am ersten Folgetag nach Nordföhn wird demnach die Wahrscheinlichkeit zu Nachtfrösten gegenüber dem Durchschnitt im April mehr als verdreifacht, im Oktober mehr als verdoppelt und im November verdoppelt. In den Monaten Mai bis September gab es im Beobachtungszeitraum an der Station Graz-Universität keine Fröste.

## 6.5 Die Niederschlagswirkung bei Nordföhn

Während des Nordföhns ist definitionsgemäß kein Niederschlag zu erwarten; die für die Nordföhntage ermittelten Werte erklären sich nur durch die Übergangssituation zu der vorausgegangenen bzw. nachfolgenden Witterung, die oft genug in den Nordföhntag hineinwirkt bzw. den starren Messtermin für die Niederschläge (7 Uhr). Anders ist die Sache auf der Stauseite der Alpen – hier am Beispiel von Salzburg – wo nach der thermodynamischen Föhntheorie (z. B. LILJEQUIST und CEHAK 1994: 111 f.) ohnehin Niederschlag fallen muss um die latente Wärme bei der Kondensation des Wasserdampfes in fühlbare umzuwandeln, was aber keine zwingende Bedingung zur Erklärung des Föhns bzw. im Falle des Südföhns seiner auffallenden Wärme ist (SEIBERT 1993: 118).

Die Niederschlagssituation in Graz und Salzburg an Tagen mit Nordföhn in Graz wird in der Tabelle 15 dargestellt.

Tab. 15: Die Wahrscheinlichkeit zu Niederschlag mit mindestens 1mm an Tagen mit Nordföhn in Graz in Prozenten. Salzburg Ø = Durchschnitt aller Tage in Salzburg, Salzburg NFG = Wahrscheinlichkeit bei gleichzeitigem Nordföhn in Graz.

Differences of the average probability of precipitation (PoP) of at least 1 mm in Salzburg and Graz. Salzburg Ø = Average of all days 1990–2006 in Salzburg; Salzburg NFG = Probability in Salzburg during north foehn in Graz; Graz NF = Probability in Graz during north foehn.

	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Salzburg Ø	31	36	46	41	40	51	50	41	40	33	42	40
Salzburg NFG	49	61	71	56	42	56	59	62	50	59	56	42
Graz NF	9	2	11	12	6	11	–	12	–	4	8	3

Dabei liegt die durchschnittliche Niederschlagsbereitschaft in Salzburg in allen Monaten deutlich unter jener an den Tagen mit Nordföhn in Graz. Im Februar, März, August und Oktober um über 20 bis 25 Prozentpunkte, im Mai und Juni nur um 2 bis 5 Prozentpunkte. Jedenfalls führen die bei Nordföhn überwiegend beteiligten maritimen Luftmassen bzw. Strömungen aus dem nördlichen Sektor in Salzburg zu einer erhöhten Niederschlagsbereitschaft, wo diese Tage auch als ausgesprochene Schlechtwettertage gelten müssen. Die Tage mit Nordföhn in Graz repräsentieren somit die klassische Vorstellung der Witterscheidenwirkung der Alpen mit besonderer Deutlichkeit.

Der Ablauf des Niederschlagsgeschehens allein rund um den Nordföhn in Graz selbst ermöglicht recht gute Schlüsse auf den Witterungsablauf bzw. die synoptische Situation bei Nordföhn im Allgemeinen ohne weitere meteorologische Kriterien heranzuziehen (Tabelle 16).

Tab. 16: Die Wahrscheinlichkeit zu Niederschlag mit mindestens 1 mm in Graz im Durchschnitt des Beobachtungszeitraums („Normal“), am Vortag, Nordföhntag („NF“) und Nachfolgetag („Nachf.“).

Average probability of precipitation (PoP) of at least 1 mm in Graz. Period 1990–2006 (“Normal”), day before north foehn (“Vortag”), north foehn day (“NF”), day after north foehn event (“Nachf.“).

	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Normal	12	11	18	29	30	<b>37</b>	32	31	29	24	22	18
Vortag	11	8	18	30	37	66	59	<b>73</b>	37	27	19	31
NF-Tag	9	2	11	<b>12</b>	6	11	–	<b>12</b>	–	4	8	3
Nachf.	9	6	<b>20</b>	13	11	<b>20</b>	14	9	9	–	5	3

Vereinfacht ergibt sich demnach folgendes Ablaufschema: Im Zuge einer zyklonalen Witterungsentwicklung mit Frontdurchgang gerät der Ostalpenraum in eine Rückseitenströmung mit Front- und Stauniederschlägen im Nordstaubereich bzw. Bergland, die am Südostrand der Alpen bei fehlender Konvektion und geringem Wasserdampfgehalt der vorausgehenden Luftmasse in der kälteren Jahreszeit kaum wirksam werden, wobei der nachfolgende rückseitige Nordföhn auch weiter keine nennenswerten Niederschläge bringt. Ganz anders ist die Sache im Sommer, in dem der Kaltfrontdurchgang am Vortag durch Labilisierung und Konvektion zu beträchtlichen Niederschlägen führt, auf welche dann ebenfalls ein kaum niederschlagswirksamer Nordföhntag folgt.

Die Witterung nach einem Nordföhnereignis sollte nach dem normalen Ablaufschema durch den Übergang zu Schönwetter mit Druckanstieg wenigstens bei einem Zwischenhoch bestimmt werden, doch ist auch ein Anhalten der unbeständigen zyklonalen Phase mit weiteren wetterwirksamen Zyklonen und Fronten immer wieder zu beobachten. Hinsichtlich der Niederschlagswirkung ist im Frühsommer, mit seiner hohen Neigung zu labiler Schichtung und Konvektion, wieder etwas mehr Regen nach Nordföhn zu erwarten als am Tag mit Nordföhn selbst, doch bleibt auch dann die Regenwahrscheinlichkeit noch deutlich unter dem Durchschnitt aller Tage. Geradezu ideal ist das Ablaufschema mit der Aufeinanderfolge Regentag – Nordföhntag – Schönwettertag im August entwickelt, in dem nur ein einziger vorangegangener Tag keinen Niederschlag brachte. Auch in den anderen Jahreszeiten bleibt die Niederschlagswirkung am Nachfolgetag weit unter der Norm bzw. unwesentlich; die aus dem Ablaufschema nicht zu erklärende Ausnahme findet sich im März.

## 6.6 Die Bewölkung bei Nordföhn

Das bei den Niederschlägen angesprochene Schema des Ablaufs der Witterung bei einem Nordföhnereignis sollte auch an Hand der Bewölkung zu erkennen sein.



Was die Art der Bewölkung anlangt, so ist einerseits die schon angesprochene *Alto-cumulus lenticularis*-Bewölkung, für die auch die Ausdrücke „Föhnlinsen“ oder „Föhnfische“ üblich sind, eine typische aber nicht unbedingt „alltägliche“ Erscheinung, sondern im Raum Graz eher eine seltene Besonderheit.

Eine weitere Wolkenform im Zusammenhang mit Föhn ist die sogenannte Föhnmauer, das ist eine scheinbar still stehende Wolkenwand, die entlang der Wetterscheide, d.h. meist des höchsten von der Föhnströmung zu überquerenden Gebirgskammes, das Staubebiet mit seiner dichten bis geschlossenen Bewölkung und den damit verbundenen Niederschlägen vom Föhngebiet, mit seiner aufgelockerten bis fast fehlenden Bewölkung trennt.

Da diese Wetterscheide innerhalb der Steiermark aber fast immer am Alpenhauptkamm, d.h. entlang der Niederen Tauern, Eisenerzer Alpen und des Hochschwabs entwickelt ist (Abbildung bei WAKONIGG 1970: 86), ist sie von Graz aus nur in den allerseltensten Ausnahmen bei kurzfristiger Ausweitung des Niederschlags- und Wolkenfeldes bis über das Steirische Randgebirge hinaus zu sehen.

Das Ausmaß der Himmelsbedeckung wird in der folgenden Tabelle Nr. 17 angegeben.

Tab. 17: Durchschnittliche Bewölkung in Graz an allen Tagen („Normal“) und an Tagen mit Nordföhn („NF“) zum 14-Uhr-Termin in Zehnteln der Himmelsbedeckung sowie die Differenz zwischen beiden.

Average sky cover in Graz at 2 p.m. during the period 1990–2006 (“Normal”) and while north foehn (“NF”).

	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Normal	6,6	5,9	6,7	7,4	6,6	6,5	6,1	6,0	6,2	6,4	7,5	7,3
NF	5,0	5,6	5,9	7,1	6,3	6,3	6,3	6,1	5,5	5,0	4,6	3,7
Differenz	-1,6	-0,3	-0,8	-0,3	-0,3	-0,2	+0,2	+0,1	-0,7	-1,4	-2,9	-3,6

Wie schon gezeigt bedeutet Nordföhn in Graz nicht unbedingt geringe Bewölkung, schon gar nicht im Sommer, in dem die hohe Bewölkung der maritimen Kaltluft auch südöstlich der Alpen nur wenig rückgebildet ist, sodass Nordföhntage hinsichtlich der Bewölkung (und Temperatur) alles andere als Schönwettertage sind.

Bioklimatisch angenehm ist allerdings die schwülefrie frische Luft, die für das ansonsten stark zu Schwüle neigende windarme Graz eine erfreuliche Entspannung bedeutet. Im Winter, insbesondere in den Monaten November bis Jänner ist dagegen bei Nordföhn nicht nur die Wetterscheidenwirkung aufgrund der fehlenden Konvektion und des geringeren Wasserdampfgehaltes viel ausgeprägter, sondern der Winter hat auch die weitaus stärkste durchschnittliche Bewölkung, dazu häufig in Form niedriger geschlossener Stratusdecken als Hochnebel, wodurch sich die Nordföhntage umso mehr als markante Schönwettertage – dazu auch noch bezüglich Temperatur und Sichtweite und niedrigem schädlichen Aerosolgehalt von der Normalwitterung abheben.

Typisch für Nordföhntage ist auch, dass der Tagesgang der Bewölkung, d.h. die Differenz zwischen den beiden unterschiedlichsten Beobachtungsterminen bei Nordföhn deutlich größer ist als im Durchschnitt aller Tage. Diese Eigenheit ist mit einer Differenz von 4,6 Zehnteln bei Nordföhn gegenüber nur 2,7 Zehnteln im Durchschnitt aller Tage im November am stärksten ausgeprägt.

Für die konkrete Witterung bedeutet das, dass man an Nordföhntagen jedenfalls eine starke Rückbildung der Bewölkung zwischen den Terminen vor dem Einsetzen des Nordföhns und während seines Wirkens erwarten kann. Auch das bestätigt den Nordföhn als „Schönwetterbringer“.

## 6.7 Ein Beispiel eines typischen Nordföhnereignisses

Als Beispiel für ein typisches Nordföhnereignis wurden die Tage vom 4. bis 7. November 1995 ausgewählt. In den direkten Beobachtungen finden sich dazu folgende Eintragungen: „4. 11. NF sehr stürmisch! – 5. 11. NF stark bis stürmisch auch nachts – 6. 11. NF schon morgens NF... – 7. 11. NF leicht (wärmer!)“. Bedauerlicherweise wurden damals keine Begleitmessungen gemacht.

An der Rückseite des kräftigen und wetterwirksamen Tiefs „Grace“ mit seinem Kern über der südlichen Ostsee strömt am 3. 11. maritime Polarluft (mP) gegen Mitteleuropa und den Alpenraum und verdrängt die dort schon vorher eingeflossene und zur gemischt geprägten Form (xP) umgewandelte Polarluft. Am 4. 11. erreicht auch die noch kältere maritime Arktikluft (mA) im Gefolge der maritimen Polarluft mit einer nord- bis nordöstlichen Strömung den Alpenraum. Nordströmung und Zufuhr von maritimer Arktikluft halten auch noch am 5. 11. und 6. 11. an, wobei sich die Strömung am 6. 11. unter Aufbau eines Zwischenhochs etwas abschwächt. Am 7. 11. wird bei gleicher Strömungsrichtung ein Schwall milderer erwärmter Polarluft (mPs) in die Strömung einbezogen, worauf am 8. 11. neuerlich eine Welle aus maritimer Arktikluft aus Nordosten folgt.

Die genaue Analyse der Witterung während der vier Nordföhnstage vom 4. bis zum 7. 11. wird in der Abbildung 5 gezeigt. Gut zu erkennen ist dabei, dass sich der Nordföhn durch einige Stunden während der Nacht vom 4. zum 5. bei Windgeschwindigkeiten bis herunter zu  $10 \text{ km/h}^{-1}$  und einem Anstieg der relativen Feuchte bis über 80 % stark abschwächt und fast ganz aussetzt, noch stärker ist diese Abschwächung in der Nacht vom 6. auf den 7. Windgeschwindigkeiten von bis zu  $71 \text{ km/h}^{-1}$  am 4. rechtfertigen durchaus die Eintragung „sehr stürmisch“, auch die Bemerkung „auch nachts“ für die Nacht vom 5. auf den 6. wird gut bestätigt, sowie der Hinweis auf wärmere Temperaturen am 7. (siehe auch Tabelle 18). Innerhalb dieser mildereren, aus Nordwesten herangeführten Luftmasse sinkt auch die relative Luftfeuchte auf fast

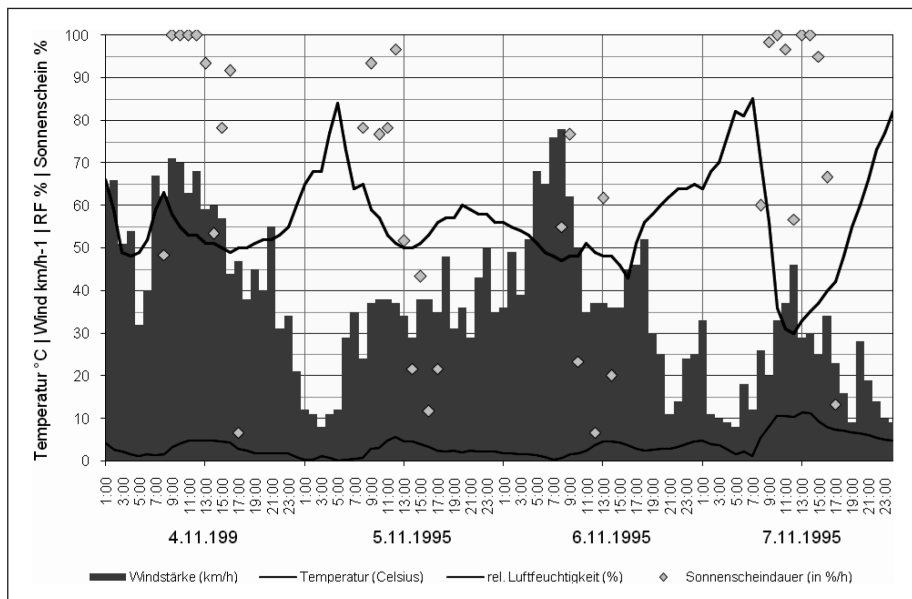


Abb. 5: Abfolge mehrere Nordföhnstage vom 4.–7. November 1995.  
Sequence of several north foehn days from November 4<sup>th</sup> to 7<sup>th</sup>, 1995.

30 %, während die Windgeschwindigkeit nicht über  $46 \text{ kmh}^{-1}$  hinausgeht und damit auch die Eintragung „NF leicht“ bestätigt. Zur Ergänzung werden in der folgenden Tabelle 18 noch einige Witterungsparameter mitgeteilt.

Tab. 18: Ergänzende Wetterdaten für die Nordföhnperiode von Anfang November 1995 von der Station Graz-Universität (G) und Salzburg-Flughafen (Sbg).

Additional meteorological data for the north foehn period in early November 1995 from Graz-University (G) and Salzburg-Airport (Sbg).

Datum	2. 11.	3. 11.	4. 11.	5. 11.	6. 11.	7. 11.	8. 11.
Luftmasse	mP	xP	mA	mA	mA	xPs	mA
Wetterlage*	N	TK**	N	N	N	NW	N
T max. °C Graz	11,7	12,7	8,1	5,7	5,0	13,0	6,8
T max. °C Sbg	11,4	8,5	5,2	-1,1	-0,7	5,5	4,1
Diff. G – Sbg	+0,3	+4,2	+2,9	+6,8	+5,7	<b>+7,5</b>	+2,7
T min. °C Graz	4,9	1,3	1,0	-0,2	0,3	1,2	1,8
T min. °C Sbg	2,3	3,0	-2,8	-3,4	-7,2	-2,9	0,4
Diff. G – Sbg	+2,6	-1,7	+3,8	+3,2	<b>+7,5</b>	+4,1	+1,4
RF 14 h %	56	52	49	48	46	<b>33</b>	98
Sicht 14 h km	50	80	80	80	80	80	2
Bewölkung 7 h	10	9	1	1	1	2	10
Max. Wind km/h <sup>-1</sup> /Bft.	34/5	40/6	71/8	50/7	<b>77/9</b>	46/6	18/3
Ni Graz mm	–	0,0	0,0	–	–	0,0	0,8
Ni Salzburg mm	6,5	7,5	12,5	5,3	2,9	1,0	8,1

\* „Ostalpine Wetterlagen“ nach dem System Lauscher der ZAMG in Wien.

\*\* Tief über dem Kontinent.

Der Niederschlag in Salzburg ist überwiegend als Schnee gefallen, wobei die Schneehöhe am 5. 18 cm erreichte. In Graz war erstaunlicherweise während der Nordföhntage die Bewölkung zum Morgentermin ungleich geringer als am frühen Nachmittag, an dem sie sich an den vier Nordföhntagen zwischen 3 und 8 Zehnteln bewegte. Auffallend ist der Temperaturvorsprung von Graz gegenüber Salzburg, der beim Maximum an den vier Nordföhntagen vom 4. bis zum 7. im Mittel 5,7 K beträgt, reduziert auf gleiche Seehöhe mit einem Gradienten von  $0,8 \text{ K km}^{-1}$  immer noch 5,2 K. Diesen auf das Freiwerden von latenter Wärme bei der Niederschlagsbildung zurückzuführen ist allerdings nicht möglich. Bei den Minima ist die Sache

viel weniger eindeutig, da dieses auch durch lokale Effekte bei Aussetzen des Windes entsteht (z. B. in Graz am 3. 11.) oder durch Wolkenrückbildung bei Schneedecke (z. B. in Salzburg am 6. 11.).

## 7. Diskussion und Ausblick

Zusammenfassend bleibt festzustellen, dass der Nordföhn im Grazer Becken durchaus eine auffallende Witterungserscheinung ist, die sich deutlich und dabei besonders bioklimatisch günstig von der „Normalwitterung“ abhebt. Auch ist eine signifikante Beeinflussung hinsichtlich agrarklimatischer Bedingungen wie erhöhter Neigung zu Nachtfrosten zum Beginn der Vegetationsperiode und der stark verminderten Niederschlagsbereitschaft an sich festzustellen. Als Kritikpunkt ist anzuführen, dass aufgrund der Beschaffenheit der amtlichen Messdaten, welche den Autoren zur Verfügung standen, eine lückenlose Ermittlung aller Nordföhntage nicht möglich war. Das Ereignis an sich weist

in einigen Fällen nur über wenige Vormittagsstunden hin die in der Arbeit geforderten Parameter auf, und geht somit zwischen den amtlichen Messzeitpunkten verloren. Eine Auswertung nach 10-Minuten-Messintervallen scheitert an der fehlenden Verfügbarkeit digital aufbereiteter und bis in die 1990er Jahre zurückreichender Daten. Auch ist den Autoren bewusst, dass der Nordföhn beträchtliche Auswirkungen auf die Luftgüte und das Stadt- sowie Bioklima im Ereigniszeitraum hat. Hieraus ergäbe sich eine Fülle von Forschungsfragen die in weiteren Arbeiten zu untersuchen wären. Auch die Frage des rezenten Klimawandels im Alpenraum und dessen Auswirkung auf Häufigkeit und Wirkungsweise des Nordföhnes ist noch unbeantwortet. Vorausgreifend ist hier aber zu sagen, dass die jährliche Streuung der Häufigkeit der erhobenen Nordföhntage im Beobachtungszeitraum zu groß war, um sich mit weiteren Analysen zu beschäftigen, welche einen signifikanten Zusammenhang zwischen Nordföhnhäufigkeit und anthropogener bzw. klimainduzierter Erwärmung nachweisen könnten.

## Literatur

- BERNAUER D. 1976: Der Nordföhn in der Steiermark. – Unveröff. Hausarbeit am Institut für Geographie der Univ. Graz, 109 S.
- GEB M. 1981: Klimatologische Grundlagen der Luftmassenbestimmung in Mitteleuropa. – Beilage zur Berliner Wetterkarte, 32 S.
- GERSTENGARBE F.-W. & WERNER P. C. 2008: Potsdam-Institut für Klimaforschung, Februar 2008: Katalog der Großwetterlagen Europas, <http://www.pik-potsdam.de/~u Werner/gwl/gwl.pdf> (Zugriff: Februar 2008).
- KLEIN R. 1900: Der Nordföhn zu Tragöß. – Zeitschrift des Deutschen. und Österreichischen Alpenvereins 31: 61–79.
- LILJEQUIST G. H. & CEHAK K. 1984: Allgemeine Meteorologie. 3. Auflage. – Vieweg Verlag, Braunschweig 1994, 396 S.
- MALOWERSCHNIG B. 2008: Der Nordföhn in Graz. – Unveröff. Bakkalaureatsarbeit am Institut für Geographie und Raumforschung der Univ. Graz, 51 S.
- SEIBERT P. 1993: Föhn in den Alpen. – Geographische Rundschau 45: 116–123.
- The COST733 Action Working Groups, Februar 2008: Objective Großwetterlagen Catalogue, <http://www.cost733.org/> (Zugriff: Februar 2008; Anmerkung: Die Daten sind seit Sommer 2009 nicht mehr direkt verfügbar)
- WAKONIGG H. 1970: Witterungsklimatologie der Steiermark. – Dissertationen der Universität Graz 3, Wien, 335 S.
- WAKONIGG H. 1991: Nordföhn am südöstlichen Alpenrand. – Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft 132: 27–55.
- WILFINGER J. 1947: Aerologisch-synoptische und statistische Untersuchung über den Nordföhn in Graz. – Unveröff. Diplomarbeit an der Univ. Graz, 134 S.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark](#)

Jahr/Year: 2009

Band/Volume: [139](#)

Autor(en)/Author(s): Malowerschnig Bodo, Wakonigg Herwig

Artikel/Article: [Nordföhn in Graz. 37-56](#)