

Der Föhn in den Alpen.

Seine Entstehung und seine meteorologischen Eigenschaften.

Von Dr. Rudolf Deschmann.

Vorwort.

Der Föhn muß wohl, was seine Stärke und seinen nachhaltigen Einfluß auf das Klima seines Herrschaftsgebietes anbelangt, als die eigenartigste Luftströmung der Alpenwelt bezeichnet werden. Zwei Hauptrichtungen sind ihm vorgezeichnet: eine im großen und ganzen nördliche Richtung und eine vorwiegend südliche. Demnach sprechen wir von dem Südföhne der nördlichen Alpentäler und dem Nordföhne am Südfuß der Alpenketten. Beiden Arten des Föhnwindes kommen indes die diesem Fallwinde charakteristischen Eigenschaften zu, Wärme und Trockenheit. Mit größerer oder geringerer Heftigkeit steigt der Föhn vom Alpenkamme in die Süd- oder Nordföhntäler hernieder. Erst dieser Abstieg, das Durcheilen einer bestimmten Fallhöhe, macht unseren Alpenwind warm und trocken.

Langjähriger Forschungsarbeit hatte es bedurft, bevor die Frage nach dem Ursprung des Föhns einwandfrei gelöst wurde. In den Kreisen der Gelehrten waren darüber verschiedene haltlose Hypothesen aufgetaucht, über die sich ein zuweilen mit großer Heftigkeit geführter Streit entspann. Der erste Anstoß zur Diskussion der Föhnfrage ging von dem Züricher Geologen Arnold Escher von der Linth aus. Er glaubte, die charakteristischen Eigenschaften des Südföhns am besten dadurch erklären zu können, daß er seine Heimat in der überhitzten Sandwüste der Sahara zu suchen lehrte (1852)¹⁾. Nach dem Doveschen Winddrehungsgesetz kann nun ein Luftstrom von der Sahara her nicht geradeswegs nach der Schweiz abfließen, sondern wird durch die Rotation der Erde nach Osten abgelenkt. Und in Konsequenz dessen verlegten auch der Berliner Meteorologe Dove und der Schweizer Gelehrte Wild den Ursprung des Föhns nach Westindien. Der Föhn sei der Äquatorialstrom, der vom atlantischen Meere komme. Weil aber dieser Passat naturgemäß nur ein feuchter Wind sein konnte, verstieg sich Dove zu der kühnen Behauptung, daß dem Alpenföhne gar nicht die Eigenschaft eines trockenen, sondern vielmehr die eines feuchten Windes anhafte²⁾.

Eine unbefangene Beurteilung der Tatsachen mußte diese Behauptung von selbst als unhaltbar erweisen; dennoch hat Doves »unphysikalische Theorie« noch lange in den Kreisen der Meteorologen nachgewirkt. Nicht mehr die Wärme, sondern die Trockenheit wurde nunmehr zum Gegenstande des Streitfalles gemacht³⁾.

Professor Wild entgegnete Dove in heftiger Weise⁴⁾. Jedoch kam er vorderhand noch keinen Schritt weiter. Nach seiner Ansicht ist der Föhn »ein Stück Äquatorialstrom«, »durch Herübersteigen desselben über die Alpen« entstanden. Infolge der Kompression und der Erwärmung beim Absteigen über das Gebirge werde der ursprünglich feuchte Luftstrom zu einem trockenen⁵⁾.

Die Klärung dieser vielumstrittenen Frage nach der Herkunft des Föhns knüpft sich an den Namen des genialsten Vertreters der Meteorologie, Julius Hann, der den Föhn als eine endemische Erscheinung auf physikalischem Wege zu erklären suchte. Und der Umstand, daß in den Südalpen ein Analogon zum Südföhne, der aus nördlicher Richtung kommende Nordföhn, festgestellt wurde und daß auch bei anderen Gebirgen Föhnerscheinungen beobachtet wurden, welche unmöglich atlantischen Ursprungs sein konnten⁶⁾, führte schließlich dahin, daß die von dem Wiener Gelehrten Julius Hann aufgestellte »physikalische Föhntheorie« sich rasch Bahn brach⁷⁾. Sie beruht auf dem thermodynamischen Prinzip, wonach die Luft beim Herabsinken von der Höhe warm und trocken wird.

Von Julius Hann stammt also die heute allgemein anerkannte Erklärung über die Entstehung des Föhns, eine Theorie, die der Züricher Gelehrte Robert Billwiller und neuerlich der Innsbrucker Föhnforscher Heinz von Ficker in manchen Punkten noch erweiterten. Die so vertiefte thermodynamische Theorie ist in ihren wesentlichen Forderungen auf alle Föhnerscheinungen anwendbar und kann demnach direkt als Föhngesetz bezeichnet werden. Nach diesem Föhngesetze ist der Föhn ein Fallwind, erzeugt durch die vorwaltenden eigentümlichen Luftdruckverhältnisse in Europa.

I. KAPITEL.

Entstehung und Verbreitungsgebiet des Föhns in den Alpen.

Das ganze Jahr hindurch steht NW-Europa unter dem Einflusse eines barometrischen Minimums um Island herum. Es ist besonders im Nordwinter sehr scharf ausgeprägt. Die Zone relativ niedrigen Druckes (748—752 *mm*) greift weit über Island nach N hinauf und schiebt sich im Atlantischen Ozean bis gegen 50° n. B. vor. Erst in 40° n. B. treffen wir wieder hohen Luftdruck (760 *mm*). Die Isobare von 760 *mm* zieht im Atlantischen Ozean etwas abseits von der Westküste Frankreichs nach NE⁸⁾, trennt Irland, Schottland sowie Nord- und Mittelskandinavien von der Hochdruckzone über dem Festlande, um schließlich bei Nowaja Semlja wiederum im Meere auszuklingen. Über SE-Europa herrscht im Nordwinter sehr hoher Druck (765—770 *mm*), da natürlicherweise die kalten Landmassen zu einer Verdichtung der Luftmassen (Maximum) Anlaß geben. Auch im W schiebt sich vom Ozean her ein Gebiet hohen Luftdruckes (über 765 *mm*) über die Pyrenäische Halbinsel und die Straße von Gibraltar vor. Das Alpengebiet und dessen nördliches Vorland zeigen gleichfalls die Tendenz zur Bildung einer Hochdruckzone (765 *mm*), während sonst der Barometerstand vom Südabhang der Alpen gegen das Mittelmeerbecken im Abnehmen begriffen ist.

Im Nordsommer erfährt die Tiefdruckzone im NW von Europa keine Änderung, allerdings kommt sie jetzt weniger deutlich zur Geltung; der Barometerstand zeigt im Mittel ja doch 757—758 *mm*. Einen eigentümlichen Verlauf nimmt aber die 760 *mm*-Juli-Isobare. Sie zieht nicht mehr nordöstlich der Westküste des Kontinentes entlang, sondern dringt vielmehr in ausgesprochen westöstlicher Richtung in 55° n. B. in das Innere desselben ein. Bei der Weichselmündung biegt sie plötzlich nordsüdlich ab, zieht an der Außenseite der Karpaten und der Transylvanischen Alpen vorbei nach Apulien zu, sodann wieder nordsüdlich an Sizilien vorbei nach Tripolis und endlich südwestlich, die Südabhänge des Atlasgebirges begleitend. Das barometrische Maximum (765—768 *mm*) ist nun von SW-Spanien abgerückt und ganz in den Atlantischen Ozean verschoben. E- und N-Europa haben gleich dem asiatischen Kontinente im Sommer durchaus niedrigen Luftdruck, da die warmen Landmassen eine Verdünnung der sie überlagernden Luftschichten (Minimum) hervorrufen. Auch das warme Mittelmeer und insbesondere die Adria zeigen überhaupt fast konstant eine barometrische Depression⁹⁾. Dagegen beeinflußt das Alpengebiet den Barometerstand im Jahreslaufe der Druckverteilung stets in positivem Sinne.

Diese Luftdruckverhältnisse sind von Wichtigkeit für die vorwaltenden Windströmungen; sie geben uns einen Fingerzeig für die Entstehung der Föhnwinde. Ein barometrisches Minimum im NW von Europa bedingt notwendig ein Abfließen der Luft von dem Maximum über dem Kontinente gegen die große nordatlantische Depression hin. Diese zieht zunächst die Luft der Umgebung in den Wirbelsturm (Zyklone) hinein und versetzt sodann die Luft über Nordfrankreich und Mitteleuropa in eine antizyklonale Bewegung, die ihre Wurzel in den die Hochdruckzone spiralenförmig umkreisenden Luftschichten (Antizyklone) hat. Dabei muß ausdrücklich betont werden, daß das Luftdruckminimum im NW von Europa nicht

stabil verankert bleibt, sondern vielmehr bestimmten Zugstraßen, vornehmlich nach SE hin, folgt¹⁰⁾. Es saugt, immer weiter und weiter seine Kreise ziehend, die kalte Luft aus dem Alpenvorlande und den Tälern der Alpen an sich¹¹⁾. Von der Südseite her kann infolge des Alpenwalles kein Nachrücken der Luft erfolgen; denn der Kamm der Alpen bildet eine trennende Wetterscheide, die den horizontalen Austausch der unteren Luftschichten bis zur Kammhöhe hinauf verhindert¹²⁾. Der Südabhang der Alpen zeigt daher auch ein ungestörtes Gleichgewicht der Luft¹³⁾. — Das Abfließen der Luft aus dem Alpenvorlande und den Alpentälern läßt den Barometerstand auf der Nordseite der Alpen sinken und erzeugt eine Druckdifferenz (Gradient) zwischen der Luft über den Bergkämmen und den Luftschichten in der Tiefe. Sowie aber dieser barometrische Gradient eine, das labile Gleichgewicht der Kammluft störende bestimmte Größe erreicht hat, beginnt die Höhenluft talabwärts zu gleiten, eine Bewegung, die entsprechend der Vertiefung des barometrischen Minimums und in strengster Abhängigkeit von der Bodengestaltung des Tales und der Intensität des wirkenden Gradienten alle Variationen zwischen sanft und heftig zuläßt. So entsteht der »typische« Schweizer Südföhn, ein Fallwind, »der nichts anderes bedeutet als ein Auslösen der zu groß gewordenen Druckdifferenz«. Billwiller bezeichnet diese Art des Föhns ganz zutreffend als Gradientföhn¹⁴⁾. Der Impuls zum Herabsinken des Südföhns geht also von der Leeseite (Föhnseite) des Gebirges aus¹⁵⁾.

Ganz analoge Druckverhältnisse bedingen das Auftreten des Nordföhns auf der Südseite des Alpenkammes. Wenn sich unter dem Einflusse eines ausgeprägten Minimums im S ein barometrisches Gefälle von N nach S einstellt, so wird hier durch den Nordföhn in gleicher Weise ein Ausgleich herbeigeführt wie in den nördlichen Alpentälern durch den Südföhn.

Die Barometerminima und die Gebirge, deren Längserstreckung dem Minimum zugekehrt und durch Brüche nicht sonderlich gestört ist, sind also die echten Föhnerzeuger. Nicht ein Kind fremder Zonen ist der Föhn, sondern ein Sprößling der Alpen selbst.

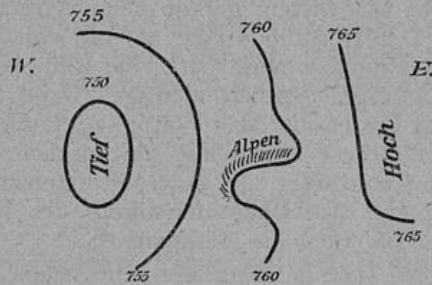
Eine zweite Entstehungsursache der Gradient-Föhnwinde müssen wir in den sogenannten Teilminima oder den sekundären Depressionen erblicken. Diese lokalen Luftwirbel ziehen mit der Hauptdepression im NW und wandern von Zentral-Frankreich gegen das Alpengebiet. Der mächtige Alpenkamm verhindert den direkten Zufluß der Luft von S her und unter seiner Einwirkung löst sich das Teilminimum von dem großen Minimum im NW ab und zieht, eng an das Gebirge angeschmiegt, selbständig gegen E hin¹⁶⁾.

Namentlich in der kalten Jahreszeit führt die Ausstrahlung des Bodens zur Ansammlung von erkalteter Luft über dem Alpenvorlande und zur Ausbildung der Temperaturumkehr in den Alpentälern. Die als »Inversionsschicht« bezeichneten kalten Luftmassen der Täler zeigen also mit der Höhe zunächst eine Temperaturzunahme und erst von einer gewissen Grenze an wieder eine langsame Abnahme. In verschiedener Höhe kann die obere Grenze der Inversionsschicht liegen; im Innsbrucker Föhngebiet reicht sie im Mittel bis 1300 m hinan. Die aspirierende Wirkung des lokalen Luftdruckminimums bewirkt nun das Abfließen der kalten Luft im Alpenvorlande und eine allmähliche Bewegung der Inversionsschicht gegen dasselbe. Wenn aber die vertikale Mächtigkeit der Inversionsschicht sich erniedrigt, wird die Bahn für den Abstieg der Föhnströmung frei. Dann sinkt die potentiell wärmere Höhenluft zum Ersatz herab, da ein horizontaler Luftzufluß von S her durch den Wall der Alpen verhindert wird. Freilich findet der Föhn

eine Begrenzung an dem oberen Niveau der Inversionsschicht; er pflegt ja gewöhnlich nicht zum Talboden durch die kalten Luftschichten durchzubringen. Verringert sich nun deren vertikale Mächtigkeit, so sinkt die obere Grenze der Inversionsschicht überall im Föhngebiete gleichzeitig gleich tief nach. Daher bricht der Föhn an gleich hohen Orten auch gleichzeitig aus, überweht die obere Grenze der kalten Luft und erreicht erst den unteren Talboden, wenn die Inversionsschicht im Alpenvorlande und auch in den tiefsten Tälern gänzlich abgeflossen ist¹⁷⁾. Nur durch eine sekundäre Depression ist ein starker, lokaler Föhn zu erklären, wenn ein direktes Druckgefälle vom Alpenkamm zum atlantischen Minimum nicht vorhanden ist, wohl aber zwischen der Kammhöhe und der sekundären lokalen Depression besteht¹⁸⁾.

Natürlich können auch in den südlichen Alpentälern in der Gefolgschaft der Mittelmeerdepression wandernde sekundäre Luftwirbel auftreten und lokalen Nordföhn erzeugen.

Schließlich läßt die Frage nach der Entstehung des Gradientenföhnes noch eine dritte Möglichkeit zu. Es kann auch dann zur Ausbildung von Föhn kommen, wenn sich eine Hochdruckzone von W- oder E-Europa über das Alpengebiet schiebt und hier am Kamme ein Steigen des Barometerstandes bedingt. Im Winter bilden solche »Keile« hohen Luftdruckes sehr häufig die Veranlassung für das Auftreten von Südföhn¹⁹⁾. Der hohe Luftdruck im E stößt dabei keilförmig auf der Südseite der Alpen vor, so daß der Verlauf der Isobaren eine gegen W gerichtete »Nase« (Föhnnase) relativ hohen Druckes im S der Alpen anzeigt, die einen ausgeprägten SN-Gradienten zwischen Kamm und Tal zur Folge hat²⁰⁾. (Figur 1.)



Figur 1.

In analoger Weise wird wiederum eine rasche Druckzunahme auf der Nordseite der Alpen, die von W oder NW her erfolgt, lokalen Nordföhn hervorrufen, dessen Motiv diesmal nordwärts der Alpen auf der Luvseite zu suchen ist²¹⁾. Es hängt damit zusammen, daß auf der Rückseite einer im N der Alpen ostwärts vorschreitenden Mittelmeerdepression der Druck zu steigen beginnt, weil kalte Luft von N her zuströmt. Die Alpenmauer macht ein Abströmen nach S unmöglich; die Luft schwillt auf der Nordseite in die Höhe und zieht der Alpenkette entlang nach E, wobei sich auch der Gradient nach E hin verstärkt. Dagegen entwickelt sich der Südföhn der Nordalpen in allen Fällen als ein Vorgang auf der Vorderseite einer im N der Alpen vorüberziehenden atlantischen Depression.

Diese Keile hohen Luftdruckes, ob sie nun von E oder von W ausgehen, sind, wie Ficker und Trabert nachgewiesen haben, nicht Stauungserscheinungen (nach Felix Exner), sondern lediglich thermischer Natur²²⁾.

Sofern die Luftdruckzunahme beim Vorübergange oder beim Ausfüllen einer sekundären Depression nicht in horizontaler Richtung, sondern durch eine vertikale Strömung erfolgt, kann eine solche absteigende Luftbewegung, wenn über dem Alpengebiete tiefer Luftdruck lag, sogar den Anstoß zu gleichzeitigem Auftreten von Föhn am Nord- und Südfuß der Alpen geben. Jedoch ist dabei die Luftbewegung wenig intensiv²³⁾.

Auf ganz andere Vorbedingungen ist der sogenannte Antizyklonal-föhn zurückzuführen. Aus den zentralen Teilen oder aus den Randgebieten eines über dem Alpengebiete lagernden Barometermaximums (Antizyklone) kann aus der freien Atmosphäre ein föhnartiges Niedersinken warmer und trockener Luft stattfinden, die, ohne von der Teraingestaltung beeinflusst zu werden, sich mit leichtem Gefälle zur kalten Bodenschicht herabsenkt. Ein ausgesprochener Gradient und eine stärkere Luftbewegung ist bei dem antizyklonalen Föhne gleichfalls nicht vorhanden²⁴⁾. Er wird im Winter nicht selten beobachtet, da in dieser Jahreszeit die barometrischen Maxima über dem Kontinente die größte Häufigkeit aufzuweisen haben.

Der Schweizer Meteorologe Wild brachte in einer umfangreichen Abhandlung: »Über den Föhn und Vorschlag zur Beschränkung seines Begriffes«²⁵⁾ in Anregung, den Begriff »Föhn« dahin einzuschränken, daß er nur da Anwendung finden sollte, wo ein das Gebirge von jenseits quer überwehender heftiger Wind in Gefolgschaft des Vorüberganges einer Zyklone längs einer Gebirgskette sich einstellt und in die Täler der Leeseite des Gebirges als warmer und trockener Wind stürmisch herabsteigt. Lange Föhnperioden der kalten Jahreshälfte, namentlich in den Ostalpen, können solchen Ursprungs sein. Doch ist das Motiv der Entstehung der Föhnwinde keineswegs an die Bedingung eines die Alpen überwehenden stürmischen Windes geknüpft; es liegt vielmehr, wie wir wissen, gerade beim typischen Schweizer Föhn diesseits der Alpen. Die Nordföhne, die auf die von Wild geforderte Art und Weise entstehen, haben, wovon später die Rede sein wird, nur geringe Wärme, bedingen sogar gelegentlich niedrige Grade der Temperatur und widerstreben so Wilds Forderung nach Wärme bei Föhn. Nichtsdestoweniger müssen wir doch auch diese Nordföhne als wirkliche Föhnerscheinungen ansprechen. Nicht die eine oder die andere Entstehungsweise drückt dem Föhne sein Gepräge auf, das Charakteristikum des Föhnphänomens sind die dem Winde selbst anhaftenden Merkmale²⁶⁾.

Der Föhn ergießt sich nicht in breitem Strome von den Bergen in die Niederung, sondern ist lokal auf die Täler beschränkt, deren Windungen und Verästelungen er zu folgen pflegt. So ist er demnach in ebenso viele Föhnstürme gehalten, als sich Föhntäler vorfinden und vom Föhne berührt werden. In den Talrinnen kommen auch die charakteristischen Eigenschaften des Föhns, Wärme und Trockenheit, am prägnantesten zur Geltung. Jene Talfurchen, die normal an den Gebirgskamm anschließen und so dem Fallwinde den geringsten Widerstand entgegensetzen, werden vom Föhne besonders gern heimgesucht.

Das Herrschaftsgebiet des Alpenföhns ist ein sehr ausgedehntes. Wohl zeigt das Gebiet der Westalpen bis zum Montblanc wegen der süd-nördlichen Streichungsrichtung noch keine ausgesprochenen Föhnerscheinungen, die Mittel- oder Schweizer Alpen jedoch müssen wir als ein Föhngebiet »par excellence« bezeichnen. Wenn wir vom Genfersee nach E wandern, so treffen wir am häufigsten und in stärkster Entfaltung Föhnwinde in der Quertalstrecke der Rhône von Martigny an, in dem Talsysteme der Aare bis gegen Bern hinauf, in dem ganzen unteren Reußtal vom

St. Gotthard bis zum Vierwaldstätter- und Zugersee. Im Linthtale vom Tödimassiv bis zum Ostende des Zürichersees, im Vorder- wie im Hinter-Rheintale und vollends im eigentlichen Rheintale von Chur abwärts zum Bodensee tritt der Föhn oft mit stürmischer Gewalt auf.

Im Bereiche der Ostalpen macht sich ein Abflauen des Föhnphänomens geltend; nur das Illtal (Bludenz), das zum Rheine hin mündet, und das vom Brenner herabkommende Tal der Sill (Innsbruck), eine Seitenrinne des Inns, sind als typische SE-Föhntäler anzuführen²⁷⁾. Auch der SE-Wind, der nach Salzburg vom Tale der Salzach heranweht, zeigt gut ausgeprägten Föhncharakter²⁸⁾ und in Spital am Pyhrn gehört der Föhnwind, der vom Pyhr- gaß herniedersteigt und von den Spitalern als »Pyhrner Wind« bezeichnet wird, nicht gerade zu den größten Seltenheiten²⁹⁾. Im übrigen aber stoßen wir sonst in den Ostalpen nur selten mehr auf Südföhne, was nicht ausschließt, daß auch in den Tälern des Salzkammergutes bei günstigen Witterungsverhältnissen hin und wieder starker Föhn auftreten kann³⁰⁾.

Der Nordföhn ist in den südlichen Tälern der Alpen heimisch. Von dem Alpenkamme herniedersteigend, ergießt er sich als N- oder NE-Föhn, an manchen Orten auch als NW-Föhn, dem Streichen der Täler folgend, in die Niederung. Häufig weht Nordföhn im Tessintale (Bellinzona) vom St. Gotthard oder vom Bernhardin herab. In dem Tale der Maira, dem Bergell, wo Castasegna eine wichtige Föhnstation mit NE-Föhn vom Maloja her darstellt, haben wir einen typischen Nordföhnkanal vor uns, der im Comosee seine Fortsetzung findet³¹⁾. Auch in Tirol tritt der Nordföhn ziemlich oft auf. Das Passeiertal (Meran), das Sarntal (Bozen und Gries), das obere Eisacktal (Brixen), das Tauferertal (Taufers) und das Sarkatal (Riva) sind seine Zugstraßen nach S³²⁾. In den südlichen Tälern der Hohen Tauern³³⁾, im Lavantale (St. Andrä) in Kärnten³⁴⁾ und im Isonzotale (Görz³⁵⁾, ja sogar in Graz³⁶⁾ ist er schon beobachtet worden. Ein schönes Beispiel eines N-Föhntales bietet endlich noch das Tragössertal (Nordsteiermark), welches in meridionalen Verlaufe an die vorgelagerte Hochschwabkette anschließt³⁷⁾.

II. KAPITEL.

Die meteorologischen Eigenschaften des Alpenföhns.

Einleitung:

Die Anzeichen des Föhns.

Da der Föhn in den Alpenländern bisweilen mit ungestüher und zerstörender Heftigkeit aufzutreten pflegt, so nimmt es wohl nicht wunder, daß der Älpler oft mit banger Besorgnis nach den Vorboten dieses Gastes Ausschau hält. Wenn die Witterung längere Zeit heiter gewesen und nun das Barometer zu fallen beginnt, dann zeigen sich meist schon mehrere Tage vor Eintritt des Föhns hoch oben am blauen Himmel äußerst zarte, feine, weißfarbige Fasern einer in Bildung begriffenen Feder- oder Ziruswolke. Bald verdichten und kreuzen sich diese feinen Fasern, so daß die Wolke ein »verfilztes Aussehen« erhält. Noch aber dringt das Blau des Himmels deutlich wahrnehmbar hindurch. Für das ungeübte Auge kaum etwas Merkwürdiges, ist dieses zarte Gewölk ein sicheres Anzeichen eines Witterungsumschlages.

Das Barometer sinkt nun schneller, während die Temperatur steigt und der Feuchtigkeitsgehalt zusehends sich verringert. In der Tiefe ist noch alles still, drückende Schwüle lagert über dem Tale, kein nächtlicher Tau erquickt die Pflanzen³⁸⁾. Weil bei herabgleitenden Luftmassen das in ihnen suspendierte Wasser infolge der Erwärmung verdampft, so tritt beim Nahen des Föhns Aufheiterung des Himmels ein. Der Grad der Bewölkung nimmt am Vortage des Föhns vom Morgen bis zum Abend ab³⁹⁾. Die Luft zeigt am Morgen eine seltene Reinheit und Klarheit. Bei Nordwinden in Italien, den Tramontanen, erblickt der Beschauer zuweilen den vielgerühmten »blauen italienischen Himmel«⁴⁰⁾. Die Berge endlich erscheinen in plastischer Form, zum Greifen nahe; der Hintergrund erstrahlt in bläulich-violetter Färbung. Der Umstand nun, daß der in der Höhe einsetzende Föhnwind die astronomische Strahlenbrechung verstärkt und daß die kälteren Luftschichten der Talsohle eine Brechung des Lichtstrahles zum Einfallslot hin bedingen, bewirkt, daß wir Berggipfel, die bei normalen Luftverhältnissen unserem Auge entrückt sind und außerhalb unseres Gesichtsfeldes liegen, plötzlich am Horizont auftauchen sehen. Auf Föhn deutet auch das auffallende, prachtvolle Funkeln der Sterne⁴¹⁾.

Ein unaufhörliches Wetterleuchten umzuckt die Bergesgipfel am Abend vor Föhn; die Wolken glühen in einem flammenden Meere. Die Luft gewinnt an Fähigkeit, die Schallwellen, namentlich in südnördlicher Richtung, deutlicher fortzupflanzen. Von oben her tönt das Brausen der Waldbäche, das Murmeln der Quellen, das Rauschen der Wälder durch die Stille der Nacht; die Lawinen donnern tosend herab⁴²⁾.

1. Abschnitt.

Einwirkung des Föhns auf den Barometerstand.

Weil die südlichen Alpentäler durchschnittlich wärmer sind als ihre Umgebung, steigt die Luft in ihnen auf und fließt in der Höhe ab. Ein seitlicher Zufluß kann aber im unteren Niveau wegen der steilen Gebirgsumrandung nur in geringem Maße erfolgen, wogegen er von der offenen südlichen Seite schon aus dem Grunde nicht gut möglich ist, da hier bekanntermaßen im Jahresdurchschnitt eine Depression lagert⁴³⁾. In den nördlichen Alpentälern liegen die Verhältnisse anders, sie sind kälter als die südlichen Täler und haben demnach einen etwas höheren Luftdruck. Dies äußert sich in einer barometrischen Druckdifferenz zwischen dem Nord- und Südfuß der Alpen, so zwar, daß die Nordseite einen höheren mittleren Barometerstand aufzuweisen hat. Zum Vergleiche mögen die mittleren jährlichen Barometerstände von Chur und Castasegna herangezogen werden.

Chur (Nordseite des Alpenkammes)	709·05 mm
Castasegna (Südseite des Alpenkammes)	708·45 mm
	Δ = 0·60 mm,
reduziert auf den Äquatorgrad (56 km horizontale Entfernung)	Δ = 1·2 mm ⁴⁴⁾ .

Der Alpenwall steht einem Druckausgleich bis in ein Niveau von zirka 2500 m hindernd im Wege. »Die dadurch im Meeresniveau scheinbar auftretenden starken Gradienten sind deshalb rein fiktiv und haben keinen Einfluß auf die Luftströmungen«⁴⁵⁾.

Wenn nun unter der Einwirkung eines barometrischen Minimums auf der Nordseite der Alpen die kalten, schweren Luftmassen aus den Talrinnen

abfließen und der warme Föhnwind einsetzt, so sinkt auf dieser Seite der Barometerstand und die Druckverhältnisse kehren sich vollständig um. Die Südseite hat dann den barometrischen Überdruck. Ja, dieser Gradient zwischen dem nördlichen und südlichen Alpenfuße kann sogar eine sehr beträchtliche Größe annehmen. Wir führen dafür ein Beispiel aus Hanns Arbeit: »Über den Föhn in Bludenz« an.

Luftdruck am 31. Jänner und am 1. Februar 1869
im Niveau von 278 m (Basel):

Datum und Stunde		Basel 278 m	Alt- stätten (478) 278	Altdorf (454) 278	Marsch- lins (545) 278	Lugano (275) 278	Differenz	
							Lugano- Altdorf	Altdorf- Basel
31. Jänner	7 ^h	736.2	736.3	739.2	740.5	744.8	5.6	3.0
	1 ^h	37.1	37.7	39.7	40.5	43.9	4.2	2.6
	9 ^h	35.5	36.6	37.8	40.4	44.5	6.7	2.3
1. Februar	7 ^h	30.9	32.4	35.1	37.7	43.5	8.4	4.2
	1 ^h	30.5	31.2	33.6	35.7	42.5	8.9	3.1
	9 ^h	32.8	33.2	34.7	35.1	40.6	(5.9)	(1.9)
	Mittel	733.8	734.6	736.7	738.3	743.3	6.76	3.04

Das korrigierte Mittel von 7 Föhntagen ergibt, bezogen auf den Äquatorgrad (111 km), für Altdorf—Basel 2.3 mm, für Lugano—Altdorf 7.3 mm Druckdifferenz bei Föhn. In einzelnen Fällen kann die barometrische Differenz sogar den Betrag von 10—12 mm annehmen. »Man sieht also direkt«, schreibt Hann, »wie sich der Gradient beim Überschreiten der Alpenmauer sprungförmig ändert«⁴⁶⁾.

Weiters ist aus dieser Tabelle noch zu entnehmen, daß der barometrische Gradient im N mit der Entfernung vom Alpenkamme gegen das lokale Minimum hin sich immer mehr verflacht, wie denn auch die Druckabnahme auf den annähernd gleichen Strecken Lugano—Altdorf (100 km) und Altdorf—Basel (109 km) sehr verschieden ist. Die Bergesluft, die als Föhn herabsinkt, steht eben unter gleichem Drucke und Luftschichten mit gleichem Drucke sinken als Ganzes herunter, wobei in allen horizontalen Schichten das Druckgefälle von der kleinen, gegen die Alpen vorstoßenden sekundären Depression bis zur Hochdruckzone über dem Alpenbogen »zwar steil, aber doch immerhin stetig bleibt«⁴⁷⁾. So hat auch Hann bei Föhn in Bludenz für den Gradienten Mailand—Bludenz im Niveau von Bludenz (590 m) 7 mm gefunden, während er auf die Entfernung Bludenz—Stuttgart nur 0.6 mm beträgt⁴⁸⁾.

Der barometrische Gradient zwischen dem nördlichen und südlichen Alpenvorlande ist bei Föhn, ob Südföhn oder Nordföhn, am größten im Niveau des Flachlandes und nimmt mit zunehmender Höhe ab, da dann der Alpenwall den Luftzufluß von der Luvseite des Gebirges weniger mehr behindern kann. Aber noch bei 2000 m Höhe ist dieser Luftausgleich keineswegs so ungehindert, daß man im Niveau von 2000 m über den Alpen diesseits und jenseits ein gleichmäßiges Druckgefälle beobachten könnte. Billwiller hat diesen Punkt in seiner Monographie über den Bergeller

Nordföhn eingehend besprochen. »Es läßt sich«, so führt er aus, »sowohl bei Süd- als bei Nordföhn im Niveau von 2000 *m* auf der Leeseite des Alpenkammes ein bedeutender Gradient nachweisen, während der Gradient der Luvseite viel kleiner ist«⁴⁹⁾.

Wiewohl die Luft in der Höhe von über 2000 *m* vom Alpenkamme frei gegen das im W oder NW lagernde Minimum abfließen kann, so kann sich ein solcher Höhengradient dennoch längere Zeit behaupten. Dies ist wohl zum Teile darauf zurückzuführen, daß eine Luftsäule von jener Höhe auf der Nord- und Südseite des Alpenkammes einen gewaltigen Temperaturunterschied aufweist. Hann hat berechnet, daß bei Südföhn die mittlere Temperatur

	in 278 <i>m</i> auf der Nordseite 14·7°, auf der Südseite 4·8° beträgt,	
	» 2500 <i>m</i> » » » — 4·1°, » » » — 4·1°.	
Mitteltemperatur dieser Luftsäule	5·3°,	0·3° ⁵⁰⁾ .

Wie aus den vorstehenden Ausführungen über den Wert des barometrischen Gradienten bei Föhn bereits ersichtlich ist, pflegt der Föhnwind in der Regel erst dann einzusetzen, wenn der Barometerstand auf der Föhnseite zu sinken beginnt. Pernter hat auf Grund seiner Beobachtungen über den Föhn in Innsbruck folgende Mittelwerte gefunden:

Jahresmittel von 25 Jahren.

	25 Jahre	Vortage	Föhntage	Folgetage
B	710·0	709·1	705·8	706·9

Das Barometer fällt also am Vortage, ebenso auch am Föhntage und beginnt am Folgetage wieder zu steigen.

Jedoch ist die Erniedrigung des Luftdruckes an Föhntagen unter das allgemeine Mittel des betreffenden Monats gleichfalls verschieden. Sie erreicht den größten Betrag in den kalten Monaten (Pernter).

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
6·1	5·1	4·0	2·9	2·8	2·8	2·4	1·8	2·2	3·5	5·4	3·9 <i>mm</i> .

Immerhin aber erzeugt den Alpenföhn nicht die Herabminderung des Barometerstandes, sondern, wie bereits an anderer Stelle dargetan wurde, die eigentümliche Luftdruckverteilung über Europa. Daher kommt es auch bisweilen vor, daß, wengleich der Föhn in der Regel bei fallendem Luftdruck zu wehen beginnt, er beim Steigen desselben noch anhält, ja manchmal direkt erst bei erhöhtem Drucke in der Föhnstation einsetzt⁵¹⁾.

Föhnperiode vom 15. und 16. Februar 1867 in Bludenz⁵²⁾:

	Windrichtung und Stärke			Luftdruck		
	6 h	2 h	10 h	6 h	2 h	10 h
15. Februar	SSE ₄	SE ₅	SE ₅	716·9	714·7	715·3
16. Februar	SE ₆	SE ₅	SE ₅	714·9	713·5	712·8

Billwiller hat bei der Verarbeitung der Beobachtungen über den Bergeller Nordföhn gefunden, daß von 54 Föhnperioden, die durch eine Depression im S der Alpen hervorgerufen wurden, in 31 Fällen, also in fast 2 Dritteln aller dieser Föhnperioden, das Barometer bei Föhn stieg⁵³⁾. Wir werden auf diese eigentümliche Erscheinung bei einer anderen Gelegenheit noch zurückkommen.

2. Abschnitt.

Die Föhnwärme und ihr Einfluß auf den Gang der Temperatur in den Föhntälern.

A. Bei Südföhn.

Zu den charakteristischen Eigenschaften des Föhns gehören die relativ hohe Wärme und der geringe relative Feuchtigkeitsgehalt. Seine hohe Wärme erhält der Föhn erst beim Niedersinken vom Gebirgskamme; sie äußert sich in vollem Umfange erst in den Föhntälern, ist also ein lokales Phänomen der Alpentäler und nimmt gegen das Alpenvorland ziemlich rasch ab.

Der Südabhang der Alpen hat an der Temperaturerhöhung bei Föhn in den nördlichen Alpentälern in keiner Weise teil, oft ist während der Herrschaft des Südföhns hier geradezu ein Sinken des Thermometers zu verzeichnen⁵⁴⁾ — wieder ein Beweis dafür, daß die hohe Temperatur des Föhns nicht vom S her stammt. Ingleichen spricht gegen eine solche Herkunft noch die Tatsache, daß die Luft über den Alpenkämmen keinesfalls warm und trocken, sondern vielmehr kalt und feucht ist.

Wenn wir nunmehr einen Vergleich zwischen der Temperatur von Bludenz im Mittel von 20 Winterföhntagen und den gleichzeitigen Witterungserscheinungen auf der Südseite der Alpen und im nördlichen Flachlande anstellen (α) und bei Föhn im Reußtale die Witterung längs der Gotthardstraße betrachten (β), so zeigen uns diese Daten ganz deutlich, daß die hohe Temperatursteigerung auf die Alpentäler lokal beschränkt ist und daß die Föhnluft erst beim Herabstürzen in die Täler ihre hohe Wärme und geringe Feuchtigkeit erlangt.

α) Temperatur am Ort: Relat. Feucht. %: Witterung:

		Seehöhe			Relat. Feucht. %			Witterung:
		morg.	nachm.	ab.	morg.	nachm.	ab.	
188 km	Stuttgart	269	3·4	8·8	5·0	84	72	81 { Regen an 10 Tagen, Wind variabel.
	Bludenz	590	11·1	14·0	11·5	29	22	28 SE-Föhn 5-8
196 km	Mailand	147	3·2	5·1	3·9	96	93	96 { Regen an 16 Tagen, Wind variabel.

β) Tagesmittel für den 31. Jänner und 1. Februar 1869:

Ort	Seehöhe	Temp.	Rel. Feucht.	Witterung
Bellinzona	229 m	3·0°	80%	N (Regen)
S. Vittore	268 »	2·5°	85%	S und SW
Airolo	1172 »	0·9°	—	N und S
St. Gotthard	2100 »	-4·5°	—	S ₂₋₃
Andermatt	1448 »	2·5°	—	SW ₂
Altdorf	454 »	14·5°	28%	S (Föhn).

Unbeeinflusst von den südlichen Strömungen an anderen Orten hat also der Föhn seine hohe Wärme erst beim Zurücklegen einer Fallhöhe von rund 1700 *m* (St. Gotthard—Altdorf) erhalten. Die Luft in der Höhe ist kalt, wenn unten im Tale Föhn herrscht. Andermatt, auf der Föhnseite gelegen, zeigt dieselbe hohe Temperatur wie S. Vittore, das auf der Südseite im Tessintale 1200 *m* tiefer liegt⁵⁵⁾.

Ein bekanntes physikalisches Gesetz gibt uns den Schlüssel für diese eigentümlichen Erscheinungen. Wenn ein Luftstrom genötigt ist, an einer Gebirgswand emporzusteigen, dehnt sich die Luft beim Aufstieg aus, da sie unter verminderten Druck gerät. Durch diesen Prozeß wird Wärme verbraucht oder gebunden (latente Wärme), so daß sich die Luft abkühlt und kälter erscheint. Steigt nun der Luftstrom auf der anderen Seite des Gebirges talabwärts, so erhöht sich der über ihm lastende Druck, die gebundene Wärme wird frei und die Luft erwärmt sich wieder. Theoretisch erfährt also die Temperatur des Luftstromes nach der Zurücklegung der beiden gleichen Weghälften keine Änderung, da dem Anscheine nach der Wärmeverlust beim Aufstieg durch den Wärmegewinn beim Abstieg wieder wettgemacht wird. Dieser Schluß würde auch seine Gültigkeit behalten, wenn die aufsteigenden Luftmassen trocken wären und keine Kondensation des Wasserdampfes eintreten würde. In unsren wärmeren, dampfreichen Klimaten ist dies nicht der Fall. Und die Erfahrung zeigt, daß an der Windseite eines Gebirges (Luvseite) die dynamische Temperaturänderung der Luft nach oben infolge des vermehrten Feuchtigkeitsgehaltes wesentlich beeinflußt wird.

Da die Temperatur oben eine viel geringere ist, vermag ein bestimmtes Luftquantum weniger Feuchtigkeit zu fassen als bei höherer Temperatur. Die absolute Feuchtigkeit nimmt also ab, der relative Feuchtigkeitsgehalt dagegen nimmt einen größeren Prozentsatz an. Die fortschreitende Kondensierung des Wasserdampfes bedingt einen stetigen Wärmezufuß, der dadurch erzielt wird, daß ein Teil des Wasserdampfes sich ausscheidet und dabei ebensoviel Wärme wieder frei wird, als nötig war, dieses ausgeschiedene Quantum in Dampfform überzuführen. Infolgedessen wird die Temperaturabnahme nach oben zu für gleiche Vertikalabstände von einer bestimmten Höhe an, in welcher die Luft den Sättigungspunkt erreicht hat, erheblich verringert⁵⁶⁾.

Sobald aber die Luft auf der anderen Seite des Gebirges, auf der Leeseite, herniedersinkt, erfährt der auf ihr lastende Druck eine Erhöhung, die in gleichen Horizontalschichten gleiche Beträge annimmt. Und da die Luft nicht alsogleich nach den Seiten hin entweichen kann, so wird auf ihrem Wege in die Tiefe unter dem stetig zunehmenden Drucke ihr Volumen verkleinert. Immer mehr und mehr wird auf solche Weise die Luft komprimiert und infolge der Kompression nach den Grundsätzen der mechanischen Wärmetheorie auch erwärmt. Die Kraft des Luftdruckes wird in Wärme umgesetzt, die bei dem Umstande, daß die Föhnluft während ihres raschen Falles keine weitere Feuchtigkeitszufuhr erhält und in immer trockener werdende atmosphärische Schichten gelangt, auch keine Verzögerung erfährt. Daher ergibt sich bei einem absteigenden Luftstrom ein erheblicher positiver Wärmegewinn, während anderseits die Luft unten im Tale trocken ankommt⁵⁷⁾. Doch davon soll später noch die Rede sein.

Pro 100 *m* Fallhöhe beträgt die Wärmezunahme auf der Föhnseite rund 1° C⁵⁸⁾. Immerhin aber ist der Effekt des absteigenden Luftstromes

für eine bestimmte Fallhöhe abhängig von der Größe der für die betreffende Jahreszeit festgestellten Wärmeänderung. Ein ausgesprochen periodischer Verlauf ist ihr eigen. Denn die Temperaturabnahme mit der Höhe ist am kleinsten im Winter wegen »der lokalen Erkaltung der Täler«, steigt beträchtlich im Frühling, erreicht ihr Maximum im Sommer und fällt stark im Herbste, um im Winter wieder ihr Minimum zu erreichen.

Folgende Daten geben die Wärmeabnahme pro 100 m Höhe in den Alpen (Schweiz):

Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
0·45°	0·67°	0·73°	0·52°	0·58°.

Sie entsprechen für 1° Wärmeabnahme einer Höhenänderung von:

220 m	150 m	140 m	190 m	170 m ⁵⁹⁾ .
-------	-------	-------	-------	------------------------

Aus diesen Schwellenwerten erklärt sich die absonderliche Temperatursteigerung bei Winterföhn und der verhältnismäßig geringe Betrag einer Wärmeerhöhung bei Sommerföhn. Da nämlich auf der Leeseite des Gebirges die Wärmezunahme pro 100 m Fallhöhe im Mittel genau 0·99° ausmacht, resultiert nach den obigen Angaben für die einzelnen Jahreszeiten nachstehender positiver Wärmegewinn:

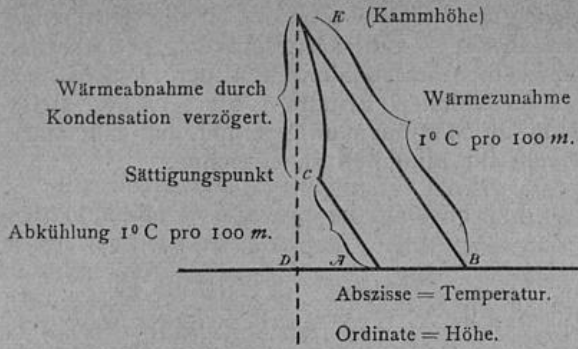
	Winter	Frühling	Sommer		Herbst	
Abnahme pro 100 m	0·45	0·67	0·73	(Bludenz 0·70)	0·52	(Bludenz 0·53)
Zunahme » 100 m	0·99	0·99	0·99	(0·99)	0·99	(0·99)
Differenz pro 100 m	0·54	0·32	0·26	(0·29)	0·47	(0·46) ⁶⁰⁾

Ein Wintersüdföhn verursacht also eine Temperatursteigerung, die zweimal so hoch ist als der Wärmeeffekt bei Sommerföhn. Im Herbste erfolgt ebenfalls eine erhebliche Wärmezunahme, während dagegen die wärmeren Jahreszeiten bedeutend zurückstehen.

Zur besseren Veranschaulichung der bisher gewonnenen Resultate fügen wir nun eine Tabelle über die vertikale Wärmeverteilung bei einer Winterföhnperiode an.

Föhn am 1., 4., 7., 8., 9. Jänner 1877:

	Seehöhe m	Temp. in ° C.	
S. Vittore, Lugano	270	6·2	Südseite der Alpen, Temperaturabnahme pro 100 m = 0·4°.
Castasegna	700	4·1	
Sils	1810	—0·8	
Bernhardin	2070	—2·1	
Bernhardin, St. Bernhard	2270	—3·6	Nordseite, Temperaturabnahme pro 100 m = 0·94° ⁶¹⁾ . (Dazu Figur 2).
Davos, Grächen	1600	1·9	
Splügen, Platta, Andermatt	1430	4·2	
Engelberg, Gäbris	1140	7·6	
Auen, Trogen	840	10·4	
Rägatz, Chur, Marschlins	560	11·9	
Altdorf, Altstätten, Glarus	470	13·5	



Die Temperatur der Föhnluft am Orte B ist also höher als die des luvseitigen Ortes A, obwohl beide in der gleichen Seehöhe liegen.

Figur 2. 62)

Nur zu häufig aber weicht die vertikale Wärmeverteilung der nieder-sinkenden Föhnluft von der regelmäßigen Temperaturerhöhung bei absteigenden Luftströmen ganz wesentlich ab. Eine Wärmezunahme von mehr als 1° C für 100 m Fallhöhe ist nicht so selten. Wir kommen in diesem Zusammenhange auf eine bereits früher angeführte Tabelle wieder zurück.

Föhn vom 31. Jänner und 1. Februar 1869:

Bellinzona	229 m	3°0'	} Δ = 1871 m, Abnahme = 7°5', pro 100 m = 0°40' C.
Airolo	1172 »	0°9'	
St. Gotthard	2100 »	—4°5'	} Δ = 1646 m, Zunahme = 19°, pro 100 m = 1°15' C.
Andermatt	1448 »	2°5'	
Altdorf	454 »	14°5'	

Ohne Zweifel hängt diese Erscheinung damit zusammen, daß sich zur Winterszeit im Tale oft hoch hinauf Temperaturumkehr bemerkbar macht und daß daher der Betrag der Wärmeabnahme mit der Höhe im Mittel geringer ist als der winterliche Normalwert. Zudem entstammt ja der Föhn gewöhnlich einer größeren Höhe als der Bergrücken uns anzeigt. Auf der Höhe endlich tritt zumeist schon vor der Föhnwitterung unter dem Einflusse von südlichen Winden Erwärmung ein. Und nach Abschluß der Entwicklungsstadien des Windes ist die große Temperaturerhöhung in den Tälern auch nicht mehr lediglich Effekt des Abstieges der Föhnströmung, sondern teilweise durch die höhere Anfangstemperatur der von der Luvseite nachrückenden Luft bedingt 63).

Den bleibenden Wert der Beeinflussung des Klimas eines Ortes durch den Föhn zeigt der Unterschied des allgemeinen Normalmittels und der Normaltemperatur für föhnarme Jahre (föhnloses Mittel). Eine übersichtliche Zusammenstellung der monatlichen Temperaturerhöhung der Mittelwerte einer Föhnstation veranschaulicht uns in erster Linie eben jene durchschnittliche Wärmeerhöhung, gestattet aber in anderer Hinsicht auch einen Schluß auf die Föhnhäufigkeit in den einzelnen Monaten bzw. Jahreszeiten.

Für Innsbruck hat Pernter folgende Werte berechnet:

XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	Jahr
0°8'	0°8'	0°8'	0°9'	0°8'	0°6'	0°2'	0°2'	0°1'	0°2'	0°9'	0°9'	0°6'
Winter = 0°8'			Frühling = 0°8'			Sommer = 0°2'			Herbst = 0°7'			Jahr = 0°6' C.

Mithin beträgt der jährliche Wärmegewinn, den Innsbruck seinem Föhn verdankt, 0°6' C, ein Überschuß, der bei normalen Verhältnissen erst

erzielt würde, wenn man die Seehöhe der Föhnstation um 120 *m* erniedrigen oder die Stadt im gleichen Niveau um 100 *km* (0.9°) weiter nach S verschoben könnte ⁶⁴).

Die größte Temperatursteigerung erfährt das Innsbrucker föhnlose Mittel im März, Oktober und November, die geringste im Sommer. Abgesehen davon, daß in der warmen Jahreszeit die Temperaturabnahme nach oben hin sehr bedeutend ist, tritt dennoch wegen der geringen Vertiefung des atlantischen Minimums gerade im Sommer der Föhn nur selten auf. Demgegenüber weist, wie aus den Luftdruckverhältnissen in Europa zu erschen ist, die kältere Jahreszeit eine typische Föhnwetterlage auf. Und in der Tat haben sowohl die Schweiz, als auch Innsbruck und Salzburg das Maximum der Föhnhäufigkeit im Frühjahr (besonders März), Herbst und Winter nehmen, einander ebenbürtig, die 2. und 3. Stelle ein, die Föhn-dichte des Sommers steht weit zurück. Beim Föhne in Bludenz trifft dies nicht in dem Maße zu. Nur der Sommer hat nach wie vor das Minimum der Häufigkeit, das Maximum tritt im Winter ein, der Herbst ist ziemlich gleich begünstigt, während der Frühling nur den 3. Rang behaupten kann ⁶⁵).

Wenn wir nunmehr die Temperaturerhöhung eines einzelnen Föhntages oder einer bestimmten Föhnperiode in Anschlag bringen, so stellt sich natürlich die Abweichung vom normalen Tages- oder Monatsmittel noch beträchtlich höher dar. Nehmen wir ganz allgemein an, daß die Luft vom Kamme bis in das Föhntal hinab eine Fallhöhe von 2000 *m* zu durch-messen habe, so wird sie im Winter bei einer durchschnittlichen Wärme-abnahme pro 100 *m* Höhe = 0.45° einen Wärmezuwachs erfahren, der dem Produkte (1-0.45) × 20 gleichkommt. Das heißt mit anderen Worten: der Föhn wird die normale Temperatur der Talstation um +11° C erhöhen.

Nachstehend folgen einige spezielle Beispiele über die Temperatur-erhöhung durch den Föhn:

Salzburg, 16. Oktober 1885:

Tagesmittel 18.7°, eine Temperatur wie im Hochsommer ⁶⁶).

Innsbruck, 13. April 1904:

6^h früh 3.7°, mittags 16.8°; am 16. April um 2^h nachm. sogar 24.0°! ⁶⁷)

Bludenz ⁶⁸).

Datum	Temperatur in ° C			Wind		
	6 ^h	2 ^h	10 ^h	6 ^h	2 ^h	10 ^h
15. Febr. 1867	5.8	16.5	12.8	SSE ₄	SE ₅	SE ₅
16. » 1867	12.5	17.0	14.0	SE ₆	SE ₅	SE ₅
4. Dez. 1865	12.3	16.3	11.0	SE ₅	SE ₆	SE ₄
31. Jänner 1869	13.8	16.0	13.3	SE ₆	SE ₅	SE ₄
1. Februar 1869	14.0	19.3	—	SE ₅	SE ₅	—
18. Okt. 1865	—	19.0	19.3	—	SE ₆	SE ₆
19. » 1865	20.5	—	—	SE ₅	—	—
23. März 1867	—	15.5	11.3	—	SE ₃	SE ₆
15. Nov. 1867	15.8	—	18.0	SE ₅	—	SE ₅

Zum Vergleiche mögen die normalen mittleren Temperaturen von Bludenz herangezogen werden. Nach Julius Hann hat Bludenz im Winter eine mittlere Temperatur von -0.8° C, im Frühling $+8.6^{\circ}$ C, Sommer 16.3° C, Herbst 8.8° C ⁶⁹⁾.

Die Amplitude schwankt sonach bei raschem Eintritt von Föhn in Bludenz zwischen $6-20^{\circ}$. Beim Föhn vom 31. Jänner und 1. Februar 1869 betrug die Abweichung der Temperatur von der normalen im Mittel nicht weniger als $+15.7^{\circ}$. Und selbst im Mittel aller Föhnfälle von 10 Wintern erhöhen zu Bludenz die Winde zwischen S und E, die vom Rätikon und der Silvretta herabkommen, die Temperatur um 8.2 C über die normale ⁷⁰⁾.

Die überaus lange Föhnperiode vom 1. und 3. bis 10. Jänner 1877 ergab im Mittel der 9 Tage für Altstätten im Rheintale eine Abweichung der Temperatur, die den normalen Wert um 13.3° überstieg. An den einzelnen Föhntagen war die Differenz zwischen dem Föhnmittel und dem Tagesmittel naturgemäß noch größer, so am 1. Jänner $+17.1^{\circ}$, am 8. Jänner sogar $+17.2^{\circ}$ ⁷¹⁾.

Für Bludenz bedeutet der Föhn einen ausschlaggebenden klimatischen Faktor. Erhöht er doch die mittleren Temperaturmaxima der Wintermonate über jene der am Südfuß der Alpen gelegenen Stationen. Wiewohl diese Orte dank ihrer geschützten südlichen Lage ein außerordentlich mildes Winterklima haben, reichen ihre mittleren Extreme dennoch nicht an jene bei Föhn in dem von schnee- und eisbedeckten Gipfeln umrahmten Bludenz heran.

Mittlere Monatsmaxima in $^{\circ}$ C.

Station	Nov.	Dez.	Jänner	Februar
Bludenz	17.5	11.7	11.5	14.1
Bozen	13.2	9.9	8.0	11.9
Riva	14.8	11.1	10.2	11.8
Mailand	15.4	10.4	8.7	12.9 ⁷²⁾

Pernter hat für den Föhn in Innsbruck die mittleren Föhntemperaturen, die höchsten Tagesmittel und die Temperaturmaxima berechnet. Solche vergleichende Tabellen sind höchst lehrreich und wir können daher nicht darauf verzichten, sie an diesem Orte wiederzugeben:

1. Mittlere Föhntemperaturen (1870—1894).

	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jahr
Differenz zwischen Föhntemperatur und normaler Temperatur	4.5	6.3	9.3	13.7	17.4	21.1	22.2	22.3	18.9	14.5	9.3	5.0	12.6
	8.8	7.3	6.0	5.0	4.6	4.7	4.0	5.2	5.2	6.7	7.2	8.5	5.0

2. Höchstes Tagesmittel bei Föhn.

12.1	12.0	15.0	17.3	22.9	25.7	27.2	24.0	22.0	21.7	15.9	13.0	—
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	---

3. Temperaturmaxima bei Föhn.

13.4	16.5	20.0	24.2	30.1	30.0	32.5	33.6	28.3	26.2	20.0	16.0	—
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	---

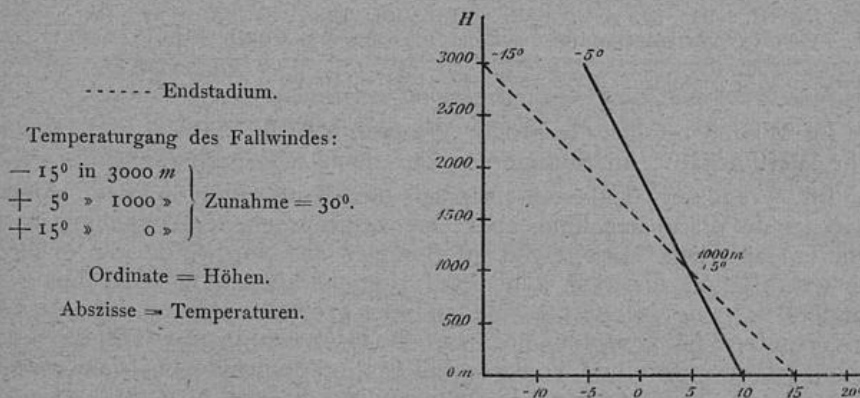
73)

Beim Winterföhne ist, wie aus diesen Daten klar ersichtlich ist, die Wärmeerhöhung am bedeutendsten. Die Mitteltemperatur eines Föhntages schafft im Winter wahre Frühlingstage, während die gleichmäßig anhaltende hohe Temperatur des Sommerföhns lästig empfunden wird.

B. Bei Nordföhn.

Wie der Südföhn in den Nordalpen, so ist der Nordföhn ein lokales Phänomen der südlichen Alpentäler. Auch zeigt der Betrag der Wärmezunahme die gleiche jährliche Periode: ein Maximum in den Wintermonaten und ein rasches Abnehmen gegen das Frühjahr. Aber weniger die erwärmende Wirkung ist es, die diesen Fallwind zum Föhne stempelt, als vielmehr seine große Trockenheit. Abnorm hohe Temperaturerhöhungen kommen ja bei Nordföhn sehr selten vor, da die Erwärmung nicht so bedeutend ist wie beim Südföhne. Der Nordföhn transportiert eben kältere Luft nach dem wärmeren Süden.

Kälteeinbrüche von der Luvseite her verursachen bei Nordföhn ungemein häufig in der Höhe Abkühlung und erhebliche Temperaturstürze. Keilförmig schiebt sich, wie im 1. Kapitel bereits erwähnt wurde, im N der Alpen kalte Luft dabei vor, schwillt oft sehr langsam in die Höhe und dringt in die innersten nordalpinen Täler, begleitet von Niederschlägen auf der Nordseite der Alpen. Wenn die vertikale Mächtigkeit der kalten Luftmassen bis zur Kammhöhe der Alpen emporgewachsen ist, tritt auch in der Höhe starke Abkühlung mit Windwechsel nach N oder NW ein. Der Kälteeinbruch bewirkt ein Steigen des Barometerstandes in den Südalpen, so daß die kalte, schwere Luft, die über dem Kamme im labilen Gleichgewicht lagert, auf der Leseite talabwärts steigt, gegen die südliche Depression hin. Im Bergell ist solcher Nordföhn besonders charakteristisch wegen des flachen Talabschlusses im Malojapasse. Und die große Häufigkeit, mit der überhaupt von der Nordseite der Alpen her Kälteeinbrüche erfolgen, beantwortet uns in befriedigender Weise die an einer anderen Stelle aufgeworfene Frage, warum denn gerade beim Ausbruche des Nordföhns der Barometerstand in der Regel zu steigen pflegt. Bis zu einer gewissen Höhengrenze wird dieser Fallwind als kalte Bora empfunden, erst unterhalb derselben als warmer Föhn. (Figur 3.)



Figur 3.

Annahme: Stabile Schichtung der Luft auf der Südseite der Alpen vor Föhn. Daher Temperaturabnahme gleichmäßig, 0.5° pro 100 m . Haben wir z. B. bei $0\text{ m} + 10^{\circ}$, so in $3000\text{ m} - 5^{\circ}$, (Abnahme = 15° , — Anfangsstadium). Wenn sich nun durch einen Kälteeinbruch von N her die Temperatur in 3000 m um 10° erniedrigt und die kalte Luft infolge ihres größeren spezifischen Gewichtes auf der Leeseite als Fallwind hinabsinkt, so tritt trotz der Temperaturzunahme von 1° pro 100 m oberhalb 1000 m Abkühlung ein (Bora), bei 1000 m erfolgt keine Temperaturänderung, unterhalb 1000 dagegen tritt Erwärmung ein (Föhn).

Beim Transporte kalter Luftmassen über die Zentralalpen bildet der Alpenkamm eine wichtige klimatische Schutzwehr für die Täler des Südens. Zwar hält er die kalten N-Winde nicht ab, erwärmt sie aber durch Kompression und schützt so in den weitaus meisten Fällen die südlichen Talstationen vor den unvermittelten und empfindlichen Temperaturstürzen der Nordseite. Immerhin kann aber der Nordföhn auch im Tale unter Umständen borartigen Charakter annehmen⁷⁴). (Figur 3, bei Abkühlung von 15° und mehr in 3000 m Höhe.)

Im Winter erfolgt bei Nordföhn stets eine Temperatursteigerung, weil in dieser Jahreszeit die Täler verhältnismäßig kalt sind. Ja, die Wärmeerhöhung kann sogar sehr beträchtlich sein, wenn ein Talkessel die Erscheinung der Temperaturumkehr zeigt. Dagegen wird sich der Nordföhn als eine kalte Windströmung erweisen, wenn die Temperaturabnahme nach oben zu konstant sehr groß ist (1° und darüber) und die dynamische Erwärmung beim Falle nicht hinreicht, daß der Wind die Temperatur des Tales erlangt oder gar überschreitet. So ein Fall kann eintreten im Sommer, da in dieser Jahreszeit die Nordföhntäler unten stark erwärmt sind, oder aber im Frühling und Spätherbste. Der Nordföhn kann dabei ganz ansehnliche Rückschläge hervorrufen. So macht sich im Bergell unter dem Einflusse des Föhns im Mai und Oktober eine negative Temperaturerhöhung der Mittelwerte geltend, während im Tragösser Talkessel der Sommerföhn statt einer Wärmesteigerung eine Abkühlung bewirkt. Maifröste folgen gelegentlich im Bergell auf eine ruhige, fast sommerliche Witterung⁷⁵).

Bei dieser eigenartigen Einwirkung auf die thermischen Verhältnisse der Föhntäler ist es von vornherein sehr naheliegend, daß der Nordföhn das Jahresmittel einer Föhnstation nur wenig erhöhen kann.

Wie Pernter für Innsbruck, so hat Billwiller für Castasegna die Erhöhung der Mittelwerte durch den Bergeller Nordföhn berechnet.

Beobachtungsjahre 1864—1900.

XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	Jahr
0.41°	0.53°	0.52°	0.21°	0.07°	-0.05°	0.09°	0.03°	0.00°	0.01°	-0.02°	0.16°	0.16°
Winter = 0.48°			Frühling = 0.07°			Sommer = 0.04°			Herbst = 0.05°		Jahr = 0.16° C. ⁷⁶⁾	

Im Winter erfolgt die größte Wärmeerhöhung, im Mai und Oktober ist ihr Wert negativ, im Sommer 0 oder doch sehr gering.

Im Tragösser Talkessel bringen die Nordwinde in den kälteren Monaten eine Wärmezunahme, aber eine ausgesprochene Abkühlung in der wärmeren Jahreszeit. Hier zeigen im Sommer die Nordwinde, die in dieser Jahreszeit an und für sich kühl sind, Boracharakter. Die Abkühlung ist besonders in den Nachmittagsstunden sehr groß. Im Winter dagegen sind die N-Winde, Jauk genannt, die vom Hochschwab in das Tragöß herabsteigen, relativ warm und kommen als echte Föhnwinde ins Tal herab⁷⁷).

Nordföhn kann im Winter gelegentlich auch eine ganz nennenswerte Abweichung vom normalen Tagesmittel zur Folge haben.

Castasegna 1902.

	7 ^h früh	1 ^h nachm.	9 ^h abends	Mittel	Abweichung
17. Jänner . . .	$\left. \begin{matrix} 8\cdot6^0 \\ NE_{1-2} \end{matrix} \right\}$	$\left. \begin{matrix} 12\cdot0^0 \\ NE_2 \end{matrix} \right\}$	$\left. \begin{matrix} 7\cdot1^0 \\ NE_{0-1} \end{matrix} \right\}$	9·2 ⁰	8·7 ⁰
21. Jänner . . .	$\left. \begin{matrix} 1\cdot6^0 \\ NE_0 \end{matrix} \right\}$	$\left. \begin{matrix} 12\cdot0^0 \\ NE_{0-1} \end{matrix} \right\}$	$\left. \begin{matrix} 7\cdot1^0 \\ NE_{0-1} \end{matrix} \right\}$	6·9 ⁰	6·3 ⁰
17. Dezember . . .	$\left. \begin{matrix} 1\cdot5^0 \\ NE_0 \end{matrix} \right\}$	$\left. \begin{matrix} 3\cdot2^0 \\ NE_0 \end{matrix} \right\}$	$\left. \begin{matrix} 11\cdot4^0 \\ NE_1 \end{matrix} \right\}$	5·4 ⁰	4·0 ⁰
26. Dezember . . .	$\left. \begin{matrix} 10\cdot4^0 \\ NE_2 \end{matrix} \right\}$	$\left. \begin{matrix} 10\cdot9^0 \\ NE_3 \end{matrix} \right\}$	$\left. \begin{matrix} 8\cdot8^0 \\ NE_2 \end{matrix} \right\}$	10·0 ⁰	9·0 ⁰ ⁷⁸⁾

Bei Nordföhn in Meran zeigte das Thermometer am 31. Jänner 1854: + 13·8⁰ C ⁷⁹⁾.

Billwiller hat für den Bergeller Nordföhn nach dem Vorgange von Pernter die mittleren Föhntemperaturen von Castasegna (1864—1900) zusammengestellt. Sie liegen das ganze Jahr hindurch unter denjenigen von Innsbruck. Die Abweichungen von den normalen mittleren Monatstemperaturen sind nicht sehr beträchtlich. Nur die Wintermonatsmittel werden etwas stärker vom Nordföhn modifiziert (Dezember + 2·3⁰, Jänner + 2·8⁰, Februar + 2·2⁰ C). Mai, August und Oktober zeigen sogar eine geringe negative Abweichung ⁸⁰⁾. Was die höchsten Tagesmittel und die absoluten Maxima in Castasegna anlangt, so stellen sich diese in den Wintermonaten im Mittel höher als in Innsbruck.

	Tagesmittel		Absolute Maxima	
	Castasegna	Innsbruck	Castasegna	Innsbruck
November	15·9	15·9	18·0	20·0
Dezember	13·6	13·0	16·2	16·0
Jänner	13·4	12·1	16·8	13·4
Februar	14·0	12·0	18·8	16·5 ⁸¹⁾

Entsprechend den nordwestlichen Windrichtungen, die in der Höhe der Alpen vorherrschen, sind die Vorbedingungen für Nordföhn häufiger gegeben als für Südföhn ⁸²⁾. Auf Grund der langjährigen Beobachtungen (1864—1900) hat Billwiller die durchschnittliche Anzahl der Föhntage im Bergell (Castasegna) abgeleitet:

Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
26·2	26·3	10·8	11·1	74·4

Die jährliche Anzahl der Föhntage ist überraschend groß, findet aber, wie gesagt, in den vorherrschenden Höhenströmungen ihre Erklärung. Ungefähr ein Fünftel des gesamten Jahres, das heißt doppelt soviel als im Südföhngebiete, ist im Bergell dem Föhnwinde tributär. Winter und Frühling (besonders März) zeigen gleiche Föhnneigung, Sommer und Herbst stehen in geringerem Ausmaße unter des Föhns Botmäßigkeit ⁸³⁾.

C. Wärmeschwankungen und Dauer des Föhns.

Gewöhnlich beginnt der Föhn morgens zu wehen, daher finden wir auch die Morgentemperatur des Föhntages gar nicht hoch. Die Temperatur der Vortage liegt, wie Pernter für den Innsbrucker Föhn gefunden hat, im Jahresdurchschnitte durchwegs unter dem allgemeinen Mittel. Ja, gerade die Morgentemperatur erscheint am stärksten erniedrigt. Demgegenüber ist die Morgentemperatur am Folgetage fast so hoch wie die des Föhntages. Mittags- und Abendtemperatur des Folgetages stehen jedoch hinter dem allgemeinen Mittel zurück.

Temperatur im Jahresdurchschnitt:

	mittags	2 ^h nachm.	abends	Mittel
25 Jahre (Mittel)	5·2°	11·8°	7·5°	8·2°
Vortage	3·5°	10·5°	6·1°	6·7°
Föhntage	6·9°	15·0°	11·4°	11·1°
Folgetage	6·7°	10·9°	6·9°	8·2° ⁸⁴⁾ .

Wärmeschwankungen können wir während der Herrschaft des Föhns sehr häufig beobachten. Sie erfolgen zumeist überaus schnell und sprunghaft in großen Amplituden. Es darf uns wohl nicht wundernehmen, daß wir die größten Temperaturunterschiede im Winter antreffen, zumal da in dieser Jahreszeit der Föhn die ausgiebigste Temperaturerhöhung erzeugt. Was den Gang der Temperatur bei Föhn anbetrifft, so ist besonders zu beachten die plötzliche Temperatursteigerung bei Eintritt des Föhns und die Zeitdauer dieser Temperaturerhöhung.

Einige Beispiele über sprunghafte Temperaturänderung bei Föhn.

Trogen (Schweiz), 25. Dezember 1869:

Temperatur — 18·6°, nachmittags setzt plötzlich Föhn ein und es erfolgen Temperaturschwankungen von 14—15° in ¼- und ½ stündigen Zeiträumen. Als höchste Temperatur wurde an diesem Tage + 5° C abgelesen, so daß die Temperatur eine Amplitude von 23·6° durcheilte ⁸⁵⁾.

Bregenz, 13. Dezember 1882:

7^h früh — 3·0°, 9^h 20' vorm. + 7·0° C.

Um 9^h vorm. stand das Thermometer noch auf — 3°, als plötzlich SE-Föhn einsetzte, der die Temperatur in 20' um volle 10° in die Höhe schnellen ließ ⁸⁶⁾.

St. Gallen, 13. November 1891:

7^h früh Windstille, 0°, 1^h nachm. SE-Sturm, 18° ⁸⁷⁾.

Innsbruck, 13. Jänner 1895:

7^h früh — 16·7°.

4^h nachm. + 5·7°. In 9^h eine Steigerung von 22·4° C ⁸⁸⁾.

Salzburg, 21. Februar 1892:

7^h früh — 1·1°, 2^h nachm. + 15·5°, in 7^h ⁸⁹⁾.

Die Frosttemperatur muß also mitten im Winter einem verfrühten Frühlingshauche weichen. Dadurch erhält das Klima des Föhntales einen etwas unsteten Zug.

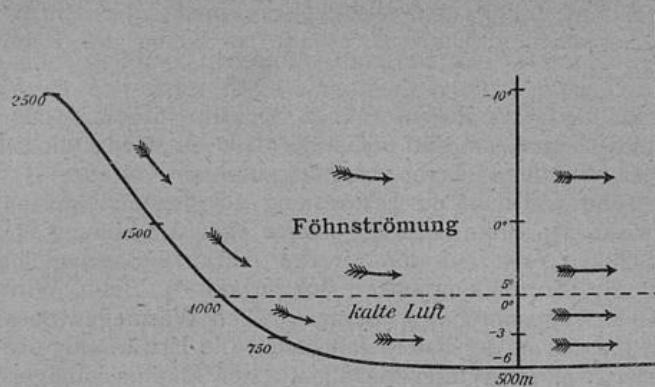
Sahen wir bei jenen Föhnterminen außerordentlich rasche und große Temperatursteigerungen, so sind sie andernfalls oft wieder nicht bedeutend. Am häufigsten kommen Temperatursteigerungen von 10—15° vor. Bei schwächeren Föhnwinden ist die Erwärmung viel gleichmäßiger und geringer. Zuweilen bewirkt der Föhn eine allgemeine Wärmeerhöhung in der ganzen nördlichen Schweiz, die auf der Strecke Altdorf—Basel gleichmäßig nur 4—5°C über die Normaltemperatur sich erhebt⁹⁰⁾. Beim Winterföhne ist zum guten Teile, ungeachtet des überaus großen Wärmegewinnes der herabfallenden Luftmassen in der kalten Jahreszeit, die Erwärmung schon deshalb sehr viel größer, weil im Winter die atlantischen Minima häufiger sind. Auch wird die Temperatursteigerung besonders dann vollauf zur Geltung kommen, wenn der Föhn auf eine Periode grimmiger Kälte folgt.

Von größter lokaler Bedeutung für die Föhngebiete ist die Dauer der Temperaturerhöhung durch den Föhn. Eine beträchtliche Wärmezunahme tritt erst mit dem kräftigen Einsetzen des Windes ein, sie erreicht gewöhnlich ihr Maximum erst abends oder am Morgen des nächsten Tages. Ebenso hat bei einer längeren Föhnperiode zumeist nicht der 1. Tag die Maximaltemperatur, sondern vielmehr der 2. oder 3. Föhntag. Das Maximum stellt sich in einem solchen Falle vornehmlich dann ein, wenn der Föhn ins stationäre Stadium vorgeschritten ist (siehe weiter unten). In der Regel überdauert auch eine erhöhte Temperatur den Sturm. Dies bedeutet eine vollständige Vernichtung des normalen täglichen Ganges der Temperatur in der kalten Jahreszeit⁹¹⁾. In der wärmeren Zeit gewinnt jedoch auch bei Föhn der normale tägliche Gang immer mehr die Oberhand, nur der nächtliche wird mehr oder minder modifiziert⁹²⁾.

Zur besseren Orientierung erscheint es geboten, mit wenigen Worten die Entwicklungsphasen des Alpenföhns zu skizzieren. Den meisten Föhnfällen gehen antizyklonale Verhältnisse voraus⁹³⁾. Warme S-Winde setzen in der Höhe häufig schon früher ein als in den Föhntälern. Daher zeigt auch die Höhe relativ hohe Temperatur, geringe Feuchtigkeit und heiteren Himmel. Die Täler dagegen sind kalt und weisen fast immer sogar Temperaturumkehr auf, ihre Feuchtigkeit ist groß.

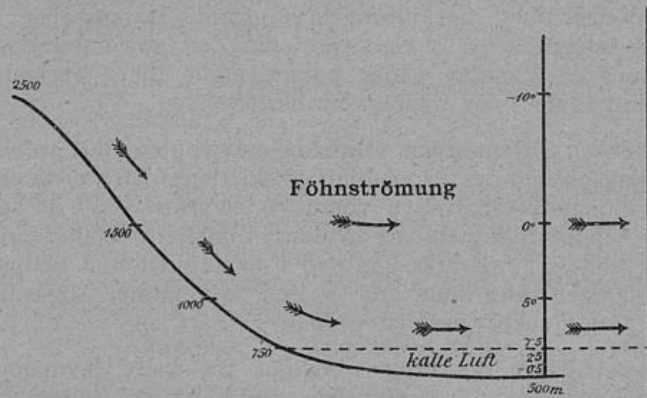
Im Vorstadium des Föhns beginnt die kalte Inversionsschicht in den Tälern abzufließen. Zuerst fließen die kältesten Bodenschichten vom Gebirge weg gegen das Vorland und die potentiell wärmeren oberen Lagen dieser Störungsschicht senken sich bodenwärts, wodurch in den Föhntälern und auch im föhnlosen Nachbargebiete eine langsame Erwärmung hervorgerufen wird. Aber noch fehlen der Tiefe die charakteristischen Merkmale des Föhns.

Nichtsdestoweniger müssen wir doch im Zurückweichen der kalten Inversionsschicht die primäre Antriebskraft für den Ausbruch des Föhns erblicken. Dadurch wird ja die potentiell wärmere Höhenluft gezwungen nachzusinken, da, wie wir wissen, die Gebirgsmauer einen horizontalen seitlichen Zufluß nach den Tälern verhindert. Der Föhn wandert herunter und eine jähe Temperaturstufe kennzeichnet die Grenze der Föhnströmung und der Störungsschicht im Tale. (Figur 4 und 5.)



Figur 4: Stadium I.

Stadium I. Die Föhnströmung reicht bis 1000 *m* herab; dabei hat sich die Temperatur der Höhenluft, entsprechend den 1500 *m* Fallhöhe, von -10° auf $+5^{\circ}$ erhöht. Zwischen 1000—500 *m* lagert die Inversionsschicht, welche die Erscheinung der Temperaturumkehr aufweist. An der Grenzfläche, bei 1000 *m*, vollzieht sich ein sprunghafter Übergang zu höherer Temperatur: 0° auf 5° .



Figur 5: Stadium II.

Stadium II. Das obere Niveau der Inversionsschicht hat sich um 250 *m* gesenkt. Bis 750 *m* reicht jetzt die Föhnströmung hinab. Und die Temperatur hat in dieser Höhe bei Ausbruch des Föhns um $10,5^{\circ}$ zugenommen (-3° auf $+7,5^{\circ}$). In 750 *m* Höhe treffen wir im Stadium II jene Luftschicht an, die vorher in 1000 *m* war; ihre Temperatur ist von 0° auf $+2,5^{\circ}$ (1° pro 100 *m*) gestiegen. Der Föhn verursacht hier einen Temperatursprung von $2,5^{\circ}$ auf $7,5^{\circ}$. Am Boden in 500 *m* Höhe lagert nunmehr die 750 *m*-Schicht; ihre Temperatur hat sich von -3° auf $-0,5^{\circ}$ erhöht. Die Luftschichten, die den Höhenraum zwischen 500—750 *m* erfüllten, sind abgeflossen.

In den engen Föhnkanälen, deren durchschnittlicher Erhebungswinkel zum Alpenkamm aber höchstens 10—15° beträgt⁹⁴⁾, gewinnt der Wind zusehends an Heftigkeit. Es weicht hier die langsame Temperaturerhöhung des Vorstadiums einer ungemein raschen, rapid sinkt die relative Feuchtigkeit. Je stabiler die Temperaturschichtung auf der Leeseite vor dem Auftreten des Föhns ist, desto bedeutender wird sein wärmeerhöhender Einfluß sein. Gleich hohe Talstationen verzeichnen zur selben Zeit den Eintritt des Föhns. Auch Zeitdauer des Windes und Betrag der Erwärmung ist ihnen gemeinsam. Als Beweis dafür diene nachstehende Tabelle und zum Vergleiche möge Figur 6 herangezogen werden.

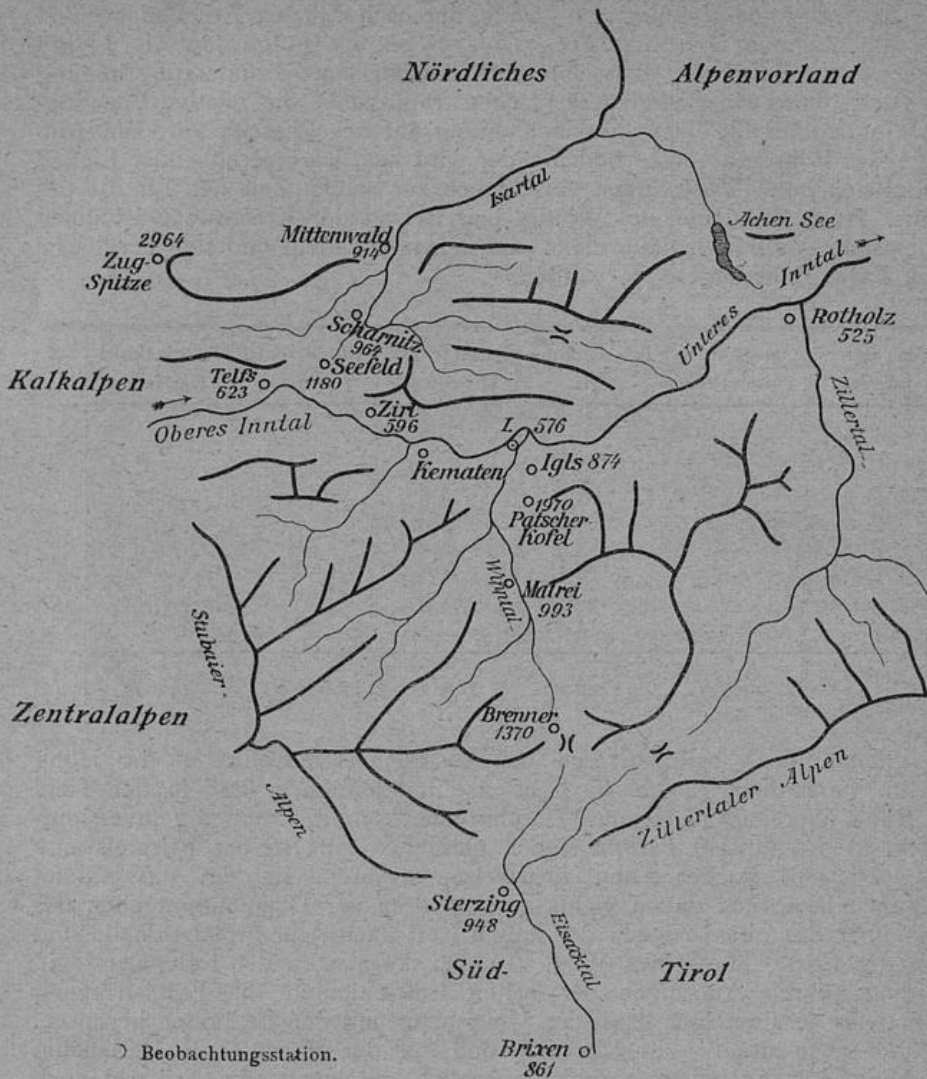
Temperatur- differenz	Zugspitze- Patscherkofel	Patscherkofel- Igls	Patscherkofel- Mittenwald	Patscherkofel- Seefeld	Patscherkofel- Harlaching
4. Nov. 1905					
2 ^h nachts	5·6°	7·3°	7·4°	0·4°	2·4°
6 ^h früh	4·4°	6·0°	6·8°	— 0·8°	0·0°
mittags	4·6°	10·6°	9·3°	2·3°	8·3°
4 ^h nachm.	2·5°	10·0°	9·7°	4·5°	7·0°
mitternachts	3·0°	10·7°	10·3°	0·0°	2·7°
Höhen- differenz	1000 m	1100 m	1060 m	800 m	1480 m

95)

Tiefere Orte befinden sich bei Ausbruch des Föhns in der Höhe erst im Vorstadium. Dabei kann es sich nun ereignen, daß in der Tiefe der Föhn überhaupt nicht zum Durchbruche kommt, wenn die Inversions-schicht in den tiefsten Partien stehen geblieben ist. So hat beispielsweise Igls wiederholt starken Föhn aufzuweisen, während in dem 300 m tiefer gelegenen Innsbruck davon nichts zu verspüren ist. Dann nimmt eben der Föhn über das obere Niveau der kalten Luft nach dem Alpenvorlande und nach der Ebene hin seinen Weg. An den Ausgängen der Föhntäler kann allerdings durch Aufsaugen der kalten Luftschichten die Föhnströmung lokal tiefer herabreichen als in der Umgebung und den Erdboden berühren. Ist aber auch draußen im Vorlande und auf der Ebene (z. B. Harlaching bei München) die Inversionsschicht gänzlich geschwunden, so bricht auch hier der Föhn durch. In der Ebene freilich gehört dieser Fall zu den Seltenheiten, da der ungehinderte seitliche Zufluß von kalter Luft den Föhn gewöhnlich über das Vorstadium hinaus nicht gedeihen läßt. (Figur 6.)

In dem soeben besprochenen Stadium stellt uns der Föhn lediglich einen Vorgang auf der Rückseite eines barometrischen Maximums (Antizyklone) dar. Wir bezeichnen daher folgerichtig diese Föhnphase als das Antizyklonalstadium. Auf der Leeseite wird dabei die Föhnströmung durch einen Luftzufluß gefördert, der horizontal gegen den Alpenkamm gerichtet ist oder ihm vertikal zuströmt. Auf der Luvseite herrscht dagegen Ruhe; hier ist kein aufsteigender Luftstrom wahrzunehmen. Der Föhn ist also noch einseitig entwickelt.

Aber bei einem gut ausgeprägten Föhnfalle besteht die Möglichkeit einer weiteren Entwicklung, sobald nach dem Erlöschen der antizyklonalen Verhältnisse auf der Höhe eine aufsteigende Luftbewegung auf der Luvseite einsetzt. Die Schönwetterlage auf der Südseite lösen nun Wolkenbildung



Figur 6.

und Niederschläge ab, wogegen im N der trockene Föhnwind tobt. Jetzt erst haben wir das Nährgebiet der leeseitigen Strömung auf der Luvseite zu suchen: der Föhn ist in sein stationäres Stadium getreten⁹⁶⁾.

Über die Dauer der Temperaturerhöhung bei Föhn und den Eintritt der Maximalsteigerung mögen einige Beispiele aus Pernters Beobachtungen über den Innsbrucker Föhn angeführt werden.

1-tägiger Föhn.			
	morgens	2 ^h nachm.	abends
3. Jänner 1882	— 2·3°	7·0°	7·0°
13. Februar 1870	— 8·5°	12·7°	10·0°
12. November 1894	— 0·5°	8·4°	10·7°

2-tägiger Föhn.

	morgens	2 ^h nachm.	abends
16. Februar 1885	— 2°0	11°0 ⁰	6°0 ⁰
17. » 1885	10°0 ⁰	12°0 ⁰	7°0 ⁰
9. Dezember 1884	— 1°0 ⁰	4°8 ⁰	7°5 ⁰
10. » 1884	3°8 ⁰	4°0 ⁰	4°5 ⁰

3-tägiger Föhn.

	morgens	2 ^h nachm.	abends
13. April 1882	0°2 ⁰	15°0 ⁰	11°0 ⁰
14. » 1882	8°3 ⁰	15°0 ⁰	12°0 ⁰
15. » 1882	10°0 ⁰	16°0 ⁰	12°3 ⁰

Mehrtägiger Föhn.

	morgens	2 ^h nachm.	abends
13. April 1880	5°0 ⁰	16°0 ⁰	12°2 ⁰
14. » 1880	10°6 ⁰	16°2 ⁰	14°2 ⁰
15. » 1880	15°4 ⁰	19°0 ⁰	15°6 ⁰
16. » 1880	12°2 ⁰	21°2 ⁰	17°0 ⁰
17. » 1880	13°4 ⁰	18°0 ⁰	12°2 ⁰ ⁹⁷⁾

Die Dauer des Föhns ist sehr verschieden. Oft währt seine Herrschaft nur wenige Augenblicke oder Stunden, wenn er durch widrige Winde zum Erlöschen gebracht wird. In der Regel aber dauert der Föhn 1 bis höchstens 3 Tage. Längere Föhnperioden kommen selten vor; 8 Tage wird sich ein und derselbe Föhnwind wohl kaum behaupten können. Pernter konnte für die lange Reihe der Beobachtungsjahre über den Innsbrucker Föhn nur zweimal einen 8-tägigen Föhn verzeichnen. Direktor J. Maurer fand bei Verarbeitung des Materials über den Schweizer Föhn, daß von den 1777 Föhnfällen, die sich in dem Zeitraume von 1864 bis 1900 ereigneten, die eine Hälfte 1 bis 2 Tage währt, die andere Hälfte sich aber 3 bis 9 Tage geltend machte. Es ergab sich in vier Fällen eine Dauer von 8 Tagen, in zwei Föhnperioden sogar eine ununterbrochene Dauer von 9 Tagen ⁹⁸⁾. Wenn wir aber außer acht lassen, daß der Föhn stundenlang oder ein und mehrere Tage aussetzen und dann wieder einbrechen kann, so könnten wir auf diese Weise Föhnperioden feststellen, die 14 Tage bis zu 1 Monate oder noch länger anhielten. So hatte Innsbruck im Jahre 1907 eine Föhnperiode vom 26. September bis 20. bzw. 24. Oktober. Darunter waren wirkliche Föhntage: 26. September bis 1. Oktober, 3. Oktober, 7. bis 9. Oktober, 13. bis 16. Oktober, 18. bis 20. Oktober, 24. Oktober ⁹⁹⁾.

Eine häufig zu beobachtende Erscheinung ist eben das stoßweise Aussetzen und Wiederausbrechen des Föhns. Sie hängt gelegentlich, wie Hann und Ficker nachgewiesen haben, mit dem Vorüberziehen von sekundären Depressionen zusammen, die einen raschen und doch wieder stetig sich wiederholenden Wechsel in der allgemeinen Wetterlage bedingen. Dann ist aber auf allen Stationen des Föhngebietes die Unterbrechung im Föhnverlaufe wahrzunehmen ¹⁰⁰⁾.

Bludenz, Jänner 1873.	19.	20.	21.	22.	23.	24.
Barometer in mm um 6 ^h früh . . .	703·1	687·0	687·2	696·5	696·1	699·9
» » » » 2 ^h nachm.	697·7	683·8	684·9	691·8	699·6	697·6
» » » » 10 ^h abends	692·8	684·9	694·4	693·7	704·2	698·5

Jedem Minimum geht der SE voraus oder begleitet es, dann aber schlägt er in NW und N mit Schnee um.

Zur Charakterisierung des 22. und 23. Jänner seien die Worte von Hann wiedergegeben: »Früh rasche Aufheiterung bei E (B=696·5), der bald in SE (Föhn) übergeht und von 8^h vorm. an in gewohnter Weise seine Tonskala vom Brummen bis zum Pfeifen durchspielt — (2^h B=691·8) einige Stunden heiter, dann Bewölkung von W. Der Föhn hält an, manchmal stürmisch (10^h B=693·7). 23. Jänner: Föhn bis morgens, dann NW und N₃, gegen 6^h vorm. beginnt es zu schneien (6^h B=696·1). Schneetreiben mit Sonnenblicken, ebenso nachmittags (2^h B=699·6). Von 8^h nachm. an rasche Aufheiterung (10^h B=704·2)«¹⁰¹.

Wenn aber bloß eine oder die andere Station gestört erscheint, die Nachbarstationen des Föhngebietes dagegen ungestört sind, so kann wohl das Aufhören des Föhns nicht mit dem Vorüberziehen einer »Sekundäre« in Zusammenhang gebracht werden. Fickers »Föhnstudien« haben zu dem Ergebnis geführt, daß in diesem Falle das Aussetzen des Föhns an bestimmten Orten durch das aktive Eingreifen der kalten Talluft hervorgerufen wird.

Der Föhn in Innsbruck vermag schon in geringer Entfernung, so in dem wenig westlich gelegenen Kematen, den normalen Gang der Temperatur nicht mehr so stark zu beeinflussen wie in Innsbruck selbst. Hat nun die Temperaturdifferenz Kematen—Innsbruck einen gewissen Betrag erreicht, so setzt sich die kalte Luft im Oberinntale in Bewegung, schiebt sich durch das Tal vor und lagert sich unter die warme Föhnströmung. So entsteht in Innsbruck eine sogenannte Föhnpause, gewöhnlich in den Morgenstunden. Dabei ist die Temperaturdifferenz zwischen Innsbruck (576 m) und der nächsthöheren Station im Silltale Igls (874 m) negativ und es treten dann, veranlaßt durch die schwingenden Kaltluftschichten, wellenförmige Temperaturschwankungen mit stehenden Wellen auf. Eine solche Föhnpause in Innsbruck ist also nur »ein Phänomen des Tales, stellt eine Störung des Föhnverlaufes im Tale dar, nicht aber ein Aufhören des Föhns überhaupt.«

Innsbruck, 6. Juni 1904:

Stunde	1 ^h nachts	2 ^h	3 ^h	4 ^h	5 ^h	6 ^h	7 ^h früh	8 ^h vorm.	9 ^h	mittags
Temperatur . . .	16·0°	16·1°	14·2°	14·1°	13·7°	14·2°	16·2°	16·5°	20·5°	24·6°
			Föhnpause							

Je nach der größeren oder geringeren vertikalen Mächtigkeit der kalten Luftschichten kann die Störung auch auf höher gelegene Föhnstationen wie Innsbruck übergreifen. Es liegt daher gar kein Grund vor, nach einer nächtlichen Pause in einer tiefer liegenden Station den Föhn des zweiten Tages als neuen Föhnfall zu bezeichnen. Bestimmend für die Sonderung ist allein der Umstand, daß die Föhnwetterlage sich geändert hat und der Wind im ganzen lokalen Föhngebiete erloschen ist.

Wenn aber die Föhnströmung sehr stark oder die Temperaturdifferenz zwischen Kematen und Innsbruck gering ist, dann fehlt die Vorbedingung für das Zustandekommen einer Föhnpause. Und ausdrücklich sei darauf verwiesen, daß der vom Silltale in das Inntal herabwehende Föhnwind im stationären Stadium nicht östlich durch das Inntal abfließt. Der Föhn wird vielmehr durch die nördlichen Kalkketten abermals zum Aufsteigen gezwungen und steigt jenseits derselben in das Isartal auf bayerischen Boden (Mittental) hinab. In Rotholz, an der Einmündung des Zillerbaches in das Inntal, 35 km von Innsbruck entfernt, kommt der Innsbrucker Föhn nicht zum Durchbruch. Hat jedoch gleichzeitig mit Innsbruck auch Rotholz Föhn, so

entstammt er hier den hohen Zillertaleralpen im Hintergrunde des Tales und ist wärmer, da er eine größere Fallhöhe durchmessen hat wie der Innsbrucker Wind. (Figur 6.)

Sein Ende erreicht der Südföhn, ganz allgemein betrachtet, wenn die auf der Rückseite von Depressionen ins Föhngebiet eingedrungenen kalten Luftschichten sich keilförmig unter den Föhnwind einschieben und allmählich in die Höhe schwellen. So erlischt die Föhnströmung zuerst in der Tiefe, später in der Höhe¹⁰²⁾.

Der Gang der Temperatur bei Nordföhn läßt alle jene Eigenheiten, die wir beim Südföhn beobachten konnten, in ebenso charakteristischer Weise zu. Nordföhn kann ein rasches Ansteigen der Temperatur zur Folge haben, seine Herrschaft macht bisweilen den normalen täglichen Gang der Temperatur zunichte, sein stoßweises Wehen und Aussetzen kann endlich gewaltige Temperaturschwankungen hervorrufen.

Für all diese Vorkommnisse wollen wir nun im einzelnen Beispiele anführen:

a) Rasches Ansteigen der Temperatur bei Nordföhn:

Castasegna, 22. Oktober 1888.

7^h früh 2·6⁰ Frost, mittags Föhn, 1^h nachm. 18·6⁰ 103).

Brixen, 25. Dezember 1883.

Temperatur			Wind		
7 ^h früh	2 ^h nachm.	9 ^h abends	7 ^h früh	2 ^h nachm.	9 ^h abends
— 3·8 ⁰	5·9 ⁰	10·0 ⁰	0	N ₄	N ₂ 104).

b) Vernichtung des täglichen normalen Temperaturganges:

Castasegna, 9. Jänner 1888.

7^h früh 13·4⁰, 1^h nachmittags 13·6⁰, 9^h abends 13·3⁰ 105).

c) Temperaturschwankungen bei stoßweisem Wehen und Aussetzen des Nordföhns:

Maltein in den Hohen Tauern, 26./27. November 1886.

	Temperatur			Wind		
	7 ^h früh	2 ^h nachm.	9 ^h abends	7 ^h früh	2 ^h nachm.	9 ^h abends
26. November	— 2·8	6·9	12·2	0	0	N ₇
27. »	4·2	8·7	— 0·6	0	E ₂	N ₁ 106).

Der Nordföhn erhöht auch, wie ganz natürlich, im Mittel die tägliche Temperaturschwankung der Föhnmonate. Am häufigsten setzt er vormittags ein. Nicht selten macht sich auch gegen Abend ein Abflauen der Föhnerscheinungen geltend; Windstille und tiefe Temperaturen können den Föhn auf Stunden ablösen. Die geringste »Föhndichte« zeigen die Nachtstunden; sie steigt vom Morgen bis zum Nachmittag. Hinsichtlich der Wirkungsdauer des Nordföhns haben wir unseren Ausführungen über den Südföhn nichts Wesentliches hinzuzufügen. Seine Dauer ist ebenso variabel wie die des Südföhns. Wir haben Nordföhne, die nur wenige Stunden andauern, andernfalls wieder Nordföhne, die Tag und Nacht anhalten. Auch mehrtägige Nordföhnperioden, zeitweise mit kurzer Unterbrechung, können vorkommen¹⁰⁷⁾. In Castasegna währte eine Föhnperiode vom 15. bis 20. Jänner 1891, eine andere vom 31. Jänner bis zum 15. Februar 1896; im Tragößtale verzeichnete Klein eine heftige Nordföhnperiode, die vom

4. bis 18. Juli 1898 anhielt. Von noch längerer Dauer, aber geringerer Heftigkeit, war der Februarföhn von 1898 im Tragöß, der mit kurzer Unterbrechung über 3 Wochen dauerte¹⁰⁸.)

Beim Lufttransporte über den Alpenkamm nach dem S stellt sich im nördlichen Alpengebiete schlechtes Wetter ein. Solange die Luftzufuhr von N her anhält, kann sich auch in den Tälern des S der Nordföhn behaupten. Er erlischt dagegen von selbst, sobald der Luftzufluß aufhört¹⁰⁹).

III. Abschnitt.

Der Feuchtigkeitsgehalt bei Föhn.

Da die Luft des Alpenkammes eine verhältnismäßig niedrige Temperatur hat, kann sie, selbst wenn sie dem Sättigungspunkte nahe oder aber mit Feuchtigkeit absolut gesättigt ist, nur ein geringes Quantum Wasserdampf enthalten. Denn mit der Erniedrigung der Temperatur geht eine Verminderung der Dampfkapazität der Luft Hand in Hand. Wenn nun die Luft vom Kamme herabsinkt, so muß sie sich unter dem vermehrten Drucke, der über ihr lastet, erwärmen. Sie würde dadurch die Fähigkeit erlangen, mehr Wasserdampf in sich aufzunehmen. Aber auf ihrem Wege gegen das Tal hinab erfährt die feuchte Bergluft, wie wir bereits an anderer Stelle betonten, keine weitere Feuchtigkeitszufuhr. Ihr Abstand vom Sättigungspunkt wird infolgedessen immer größer. Mit dem Charakteristikum der Wärme der Föhnluft ist notwendig auch der Begriff der Trockenheit verbunden¹¹⁰).

Beim Föhnwinde ist also das Verhältnis des tatsächlichen Wasserdampfgehaltes zu dem bei der betreffenden Temperatur möglichen, mit anderen Worten seine relative Feuchtigkeit, gering. Er ist ein relativ trockener Wind und seine relative Feuchtigkeit nimmt um so mehr ab, je mehr seine Wärme sich steigert. Dabei kann die Austrocknung der Luft sprunghaft sich ändern und einen geradezu extremen Grad annehmen.

Wenn wir einige Beispiele über geringe Feuchtigkeit bei Föhn anführen, wird es in manchen Fällen vielleicht nicht zu vermeiden sein, auch den Gang der Temperatur wieder zu berücksichtigen.

Bludenz, am	Temperatur			relative Feuchtigkeit		
	6h	2h	10h	6h	2h	10h
25. November 1857	15·5°	17·0°	—	27%	25%	—
12. Mai 1867 . . .	21·0°	25·3°	22·5°	33%	24%	25%
15. Februar 1867 .	5·8°	16·5°	12·8°	46%	20%	27%
10. Dezember 1872	2·8°	8·0°	12·2°	71%	33%	24%
23. Jänner 1872 .	9·2°	13·0°	12·0°	28%	23%	25%

St. Gallen, Ende September 1866:

23jähriges Mittel der relativen Feuchtigkeit 79%,

Mittel von 3 Föhntagen (Sept. 1866) 46%,

Minimum dieser Tage ca. 30%¹¹²).

St. Gallen, 13. November 1871:

7^h früh Windstille, 0°, 100%,
1^h nachm. SE-Sturm, 18°, 33%¹¹³⁾.

Salzburg, 30. März 1872:

Temperatur 24.3° C, relative Feuchtigkeit 21.4%¹¹⁴⁾.

Ischl, 15. Oktober 1885:

10^h abends . . . 25.2°, 28%, SE—E₈¹¹⁵⁾.

Innsbruck. Bei Föhn in Innsbruck weist die Luft gewöhnlich einen relativen Feuchtigkeitsgehalt von 40—50% oder auch nur von 30—40% auf. 25—30% sind schon seltener und eine Herabminderung der Feuchtigkeit bis unter 25% ereignet sich nur sehr selten (1870—1894 10 mal).

Pernter hat die Fälle von ungewöhnlich großer Lufttrockenheit zusammengestellt. Hiervon seien einige Daten wiedergegeben:

4. Februar 1871	22%
25. » 1873	20%
30. März 1872	17%
13. » 1873	16%
9. » 1892	23% ¹¹⁶⁾ .

Wir können aus diesen Angaben entnehmen, daß der Innsbrucker Föhn im Frühling die größte Trockenheit bringt. Der durchschnittliche Feuchtigkeitsgehalt der Monatsmittel bekräftigt diese Behauptung in unanfechtbarer Klarheit.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
63%	65%	60%	56%	56%	59%	63%	64%	65%	64%	63%	73% ¹¹⁷⁾ .

Am wenigsten erniedrigt der Föhn das Monatsmittel im Dezember. Die Herabminderung der Frühlingmittel ist vornehmlich auf Rechnung der großen Häufigkeit von Föhn in dieser Jahreszeit zu stellen.

Für Bludenz hat Hann die trockensten und warmen SE-Winde, welche innerhalb einer Zeit von 10 Jahren im Winter und im Herbste beobachtet wurden, gezählt und deren 191 gefunden. Sie hatten eine mittlere Temperatur von 14.0° und eine mittlere relative Feuchtigkeit von nur 27%¹¹⁸⁾. Demnach werden im Illtale die Winter- und Herbstföhne vorherrschend sein.

Äußerste Grade von Lufttrockenheit zeigten nach Hann die Föhntage:

31. Jänner bis 1. Februar 1869:

Beobachtungstermine	5
Feuchtigkeit	6—24%
Mittel	15%

24. bis 25. November 1870:

Termine	4
Feuchtigkeit	10—13%
Mittel	12%

6. März 1871:

Termine	3
Feuchtigkeit	9—20%
Mittel	14% ¹¹⁹⁾ .

In Salzburg wiederum erniedrigt der Föhn die relative Feuchtigkeit nicht in dem Ausmaße wie in Innsbruck oder Bludenz. Während der 10 Beobachtungsjahre von 1896—1905 traten nur zwei Föhnfälle mit einer Trockenheit unter 25% ein, auf 20% oder noch weniger sank der relative Feuchtigkeitsgehalt überhaupt nicht herab¹²⁰⁾.

Eine beispieleslos geringe relative Feuchtigkeit hat Ward bei dem Föhnsturm vom 27. Jänner 1890 in Partenkirchen (Bayern) beobachtet.

	Stunde	Relative Feuchtigkeit
27. Jänner 1890	8 ^h vorm.	38 ⁰ / ₀
	2 ^h nachm.	4 ⁰ / ₀
	4 ^h »	5 ⁰ / ₀
	6 ^h abends	3 ⁰ / ₀
	8 ^h »	6 ⁰ / ₀ ¹²¹⁾ .

Daß aber diese große Trockenheit, die nichts anders ist als ein Effekt der hohen Föhntemperatur, wie diese mit lokaler Beschränkung auftritt, darüber brauchen wir wohl kein Wort mehr zu verlieren¹²²⁾.

Föhntage haben zu allen Tagesstunden geringe relative Feuchtigkeit. Das Minimum kann zu verschiedenen Tageszeiten eintreten; gewöhnlich fällt es auf den Beginn des Föhns oder auf den Mittag. So fielen in Bludenz innerhalb 10 Jahren von 404 Fällen mit einer relativen Feuchtigkeit von weniger als 35% 274 auf die Tagesstunde 2 nachm.¹²³⁾. Aber keinesfalls muß die größte Trockenheit mit dem Maximum der Temperatursteigerung zusammenfallen. Bei mehrtägigen Föhnperioden hat der Morgen des 2., 3. . . Tages in der Regel große relative Feuchtigkeit; sie vergesellschaftet sich also mit der Morgenstörung im Föhnverlaufe, der Föhnpause. Überhaupt kann bei längeren Föhnperioden ganz allgemein ein langsames Anschwellen des Feuchtigkeitsgehaltes während der Föhndauer beobachtet werden. Dies hängt offenbar damit zusammen, daß im weiteren Verlaufe eines Föhnwindes auch die Luft auf der Südseite der Alpen in die atmosphärische Zirkulation miteinbezogen wird, auf der Luvseite des Gebirges aufsteigt, sich abkühlt und kondensiert; mit anderen Worten ausgedrückt, die Feuchtigkeit nimmt häufig im stationären Föhnstadium zu. Und mit dem Erlöschen des Föhns steigt sie wieder rasch an.

	Innsbruck	6 ^h früh	12 ^h mittags	6 ^h abends	12 ^h mitternachts
2. Februar 1904		99 ⁰ / ₀	48 ⁰ / ₀	45 ⁰ / ₀	48 ⁰ / ₀
3. » 1904		66 ⁰ / ₀	53 ⁰ / ₀	50 ⁰ / ₀	54 ⁰ / ₀
4. » 1904		56 ⁰ / ₀	52 ⁰ / ₀	53 ⁰ / ₀	91 ⁰ / ₀
5. » 1904		96 ⁰ / ₀	Föhn erloschen		¹²⁴⁾

Pernter berechnete für den Innsbrucker Föhn folgende Mittelwerte:

	morgens	Feuchtigkeitsgehalt		Mittel
		2 ^h nachm.	abends	
18jähriges Mittel	86 ⁰ / ₀	67 ⁰ / ₀	82 ⁰ / ₀	78 ⁰ / ₀
Vortage	86 ⁰ / ₀	66 ⁰ / ₀	82 ⁰ / ₀	78 ⁰ / ₀
Föhntage	76 ⁰ / ₀	49 ⁰ / ₀	62 ⁰ / ₀	62 ⁰ / ₀
Folgetage	85 ⁰ / ₀	71 ⁰ / ₀	84 ⁰ / ₀	80 ⁰ / ₀ ¹²⁵⁾ .

Der Nordföhn zeichnet sich, wie schon bemerkt wurde, durchschnittlich mehr durch große Trockenheit denn durch absonderliche Wärmeerhöhung aus. Fälle großer Trockenheit sind bei ihm häufiger als bei Südföhn.

Billwiller hat für den Bergeller Nordföhn an der Hand des überaus reichen Beobachtungsmaterials von 1864—1900 alle Fälle mit einer relativen Feuchtigkeit von 40% und darunter zusammengestellt.

a) Zahl der Fälle mit 40% und weniger:

1864—1900	NE.	SW.
7 ^h früh	1388	11
1 ^h nachm.	2846	989
9 ^h abends	1346	9

b) Zahl der Fälle unter 20% . . . 161
 » » » » 15% . . . 55
 » » » » 10% . . . 9 ¹²⁶⁾.

Das ganze Jahr hindurch wehen im Bergell morgens und abends Winde aus dem NE-Quadranten, die den Feuchtigkeitsgehalt der Luft ganz erheblich erniedrigen. Im Winter und im Frühjahre sind die NE-Winde auch in den Mittagsstunden vorherrschend, während in der wärmeren Jahreszeit zu diesen Tagesstunden die SW-Winde (Talwind) mit weniger vermindertem Werte für die relative Feuchtigkeit dominieren. Sehr prägnant äußert sich die Beeinflussung durch die trockenen NE-Winde in den Werten für die relative Feuchtigkeit der Monatsmittel. Sie stellen sich am niedrigsten im Winter und im Frühjahre. Das Maximum fällt in den Oktober.

Mittelwerte der relativen Feuchtigkeit in

Castasegna 1864—1900:

XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	Jahr
63.6%	62.9%	59.3%	58.6%	59.7%	64.1%	65.6%	65.5%	68.4%	73.0%	75.1%	70.5%	65.5%

Bis nach Lugano macht sich die erniedrigende Einwirkung des Bergeller Nordföhns auf den Feuchtigkeitsgehalt des Winters geltend. Mailand dagegen hat schon Wintermaximum ¹²⁷⁾.

Die Beobachtungen über die Luftfeuchtigkeit bei Nordföhn im Tragöß decken sich im wesentlichen mit den von Billwiller gewonnenen Resultaten. Auch hier steigt der Nordföhn als ein relativ trockener Luftstrom vom Hochschwabmassiv in den Talkessel herab. Seine Trockenheit ist im Winter ganz besonders groß; in der warmen Jahreszeit weicht sie allerdings nur wenig von dem normalen Gange ab. Morgen- und Abendstunden der Föhntage haben die niedrigsten Werte für den Dampfgehalt der Luft ¹²⁸⁾.

Überall dort, wo Nordföhn auftritt, führt er eine weitgehende Austrocknung der Luft herbei. Diese ist es auch, welche im Winter die erwärmende Wirkung des Nordföhns nicht recht aufkommen läßt.

Der Nordföhn, welcher am 9. und 10., dann am 12. und 13. Jänner 1888 in Gries bei Bozen wehte, drückte die relative Feuchtigkeit bis auf 11% herab ¹²⁹⁾.

Von Interesse sind die Angaben über den Gang der relativen Feuchtigkeit bei einem W- und NE-Föhn in Turin.

Turin, 14. und 17. Dezember 1891 ¹³⁰⁾.

	Maximum der Temperatur	relative Feuchtigkeit			Windrichtung		
		9 ^h	3 ^h	9 ^h	9 ^h	3 ^h	9 ^h
14. Dezember 13.2°	91%	29%	11%	SW ₁	W ₄	W ₄
17. » 13.2°	22%	14%	20%	W ₃	E ₃	NE ₃

IV. Abschnitt.

Bewölkung und Niederschläge.

Die Angabe des Grades der Bewölkung geschieht in der Weise, daß man abschätzt, ein wie großer Teil des ganzen sichtbaren Himmelsgewölbes von Wolken bedeckt ist. Es genügt, diesen Grad der Himmelsbedeckung in Zehnteilen anzugeben (10teilige Bewölkungsskala: 0 und 1 ganz heiter, 9 und 10 ganz trüb). An den meisten Orten gestaltet sich der tägliche Gang der Bewölkung verschieden; er wird vom täglichen Gange der auf- und absteigenden Luftbewegungen beeinflusst. Im Jahreslaufe werden wir ein Morgen- oder Vormittagsmaximum der Bewölkung namentlich in den kälteren Monaten antreffen, während das Mittags- und Nachmittagsmaximum in der wärmeren Jahreszeit vorherrschend sein wird. Am Abend endlich ist fast überall ein Hauptminimum zu beobachten, da ja die absteigende Luftbewegung am Abend und in der Nacht die Wolken auflöst, welche tagsüber die infolge der stärkeren Erwärmung des Bodens aufsteigenden Luftschichten verdichtet hatten¹³¹⁾.

Vom physikalischen Standpunkte aus ist es begründet, daß bei Fallwinden das in ihnen aufgespeicherte Wasser wegen der großen Erwärmung der Luft beim raschen Falle verdampfe. Mithin müßte bei Föhn Aufheiterung eintreten. Und in der Tat läßt der Föhn auch zeitweise den Himmel heiter erscheinen. Der Nordföhn zu Brixen (25. und 26. Dezember 1883) fegte den Himmel völlig rein¹³²⁾, ebenso brachte auch der NW-Föhn vom 25. November 1906 in Graz einen klaren Novembertag mit blauem Himmel¹³³⁾. Im übrigen aber ist der Grad der Bewölkung bei Föhn recht verschieden und unterliegt vielfach Schwankungen. Im Durchschnitte jedoch weicht er in den meisten Fällen vom normalen Mittel nur wenig ab.

Eigenartige Wolkenformen bilden sich bei Föhn. Cirri oder weißnebelige Federwolken sind in den höchsten Regionen, im Zenith, wahrzunehmen. Darunter lagern streifenförmig auseinandergezogene, doch vielfach aufgelöste Stratusdecken oder Schichtwolken. Im Tale und über der Ebene des Vorlandes tauchen ebenfalls stratusartige Wolkenformen, vermengt mit Haufenwolken (Cumuli) auf. Sie reichen bis zur oberen Grenze der Inversionsschicht herab, die niedersteigende Föhnströmung löst sie sodann partiell auf¹³⁴⁾.

Im Hintergrunde zeigt sich über den Kammscharten des Gebirges, wenn der Föhn dem Tale zustrebt, ein grauweißer Wolkensaum, der nach und nach selbst die höchsten Felszacken in ein Nebelmeer einhüllt und zu einer »gigantischen Mauer« sich aufbaut. Allmählich aber gewinnt dieser Wolkensaum nach oben zu eine Begrenzung in einer wagrechten, welligen Fläche. Von der Ferne betrachtet, scheint diese Mauer in völliger Starrheit vor uns zu stehen, doch in der Nähe gewahrt man ein wasserfallartiges Abwärtsgleiten der oberen Nebelschichten, die fortwährend durch neue Massen ersetzt werden. Dies ist die vollkommene Ausbildung einer sogenannten »Föhnmauer«, die allerlei Formen annehmen kann. Jedoch tritt völlige Trübung in der Regel erst am 2. oder 3. Tage nach dem Einsetzen von Föhnwind auf, das will also sagen, im stationären Stadium. Wenn aber der Himmel zusehends trüber wird und der Wind aufgehört hat, so setzt Regen ein. Und mit dem Aufhören des Regens zerreißen auch die Nebelmassen.

Die Entstehung einer solchen Föhnmauer erklärt sich einfach dadurch, daß als Ersatz der in die Tiefe gleitenden Luft der Nordtäler die auf der Südseite des Kammes lagernde Luft aufsteigt, sich dabei abkühlt und zum Teil durch Kondensation in Wasserdampf umgewandelt wird¹³⁵⁾.

Beim Süd- wie beim Nordföhn kann sich über dem Kamme der Zentralalpen eine Föhnmauer bilden. Den Nordalpen dagegen fehlt die Föhnmauer; denn bei dem trockenen und warmen Luftstrom, der zu einem zweiten Aufstieg am Nordkamme genötigt wird, tritt eine Kondensation erst in großer Höhe ein. Doch überlagern auch den Kamm der Nordalpen bei Föhn fast regelmäßig Wolkenbänke von wechselnder Ausdehnung und Mächtigkeit ¹³⁶).

Pernter hat bezüglich der Bewölkung bei Föhn in Innsbruck interessante Ergebnisse gefunden. Ganz allgemein zeigt der Gang der Bewölkung in Innsbruck im Jahresmittel eine Abnahme vom Morgen gegen den Abend hin. An den Vortagen des Föhns wird diese Abnahme noch merklich vergrößert, während an den Föhntagen, abgesehen von einer geringfügigen Zunahme zu Mittag, fast konstant gleich große Bewölkung vorwaltet. An den Folgetagen dagegen wird der Himmel zusehends trüber.

	morgens	2 ^h nachm.	abends	Mittel
Vortage	5·9	4·8	4·0	4·9
Föhntage	4·8	5·0	4·9	4·9
Folgetage	7·3	7·1	6·6	7·0
25jähriges Mittel	5·9	5·3	5·1	5·4 ¹³⁷⁾

Bludenz hat im Jahreslaufe zu den drei Beobachtungsterminen 6^h, 2^h, 10^h eine mittlere Bewölkung von: 6·1, 6·3, 5·8 ¹³⁸).

Der normale Verlauf der Bewölkung im Bergell (Castasegna) zeigt schon Anklänge an das subtropische Klima, ein Maximum der Bewölkung und der Niederschläge im Frühling (Mai) und im Herbst (Oktober) und geringe Werte im Winter. Der aufsteigende Talwind bewirkt mittags eine größere Himmelsbedeckung als morgens und abends. Nur im Dezember und Jänner macht sich gegen Mittag eine Abnahme der Bewölkung geltend, da in diesen Monaten der Talwind fehlt.

Bei Föhn ändert sich der Gang der Bewölkung in keiner Weise, wenn auch der Grad derselben hinter dem normalen, etwa um die Hälfte, zurückbleibt:

Termin	Allgem. Mittel	bei Föhn
7 ^h früh	4·9	2·4
1 ^h nachm.	5·4	3·7
9 ^h abends	4·9	2·4
Mittel	5·1	2·8 ¹³⁹⁾

Im Tragöß ist die Bewölkung bei Nordföhn im Sommer am größten ¹⁴⁰). Der Winterkurort Meran, der auch zuweilen vom Nordföhn heimgesucht wird, weist ganz die gleiche jährliche Periode der Bewölkung wie Castasegna auf: eine geringe Himmelsbedeckung im Winter und eine starke Trübung im Frühling und im Herbst ¹⁴¹).

Niederschläge folgen in der Regel dem Föhne auf der Nordseite der Alpen nach, wenn die größere Bewölkung nach dem Absterben des Föhns ihr Einsetzen bedingt. Sie sind eine Folgeerscheinung des Fortschreitens der sekundären Depression nach E und des damit verbundenen Umschlages der trockenen Föhnströmung in feuchte W- und NW-Winde ¹⁴²). Jedoch treten sie nie während des Föhns auf und auch mit dem Erlöschen des Föhns stehen sie in keinem notwendigen ursächlichen Zusammenhang.

Wie für den Föhn in Innsbruck die Verhältnisse liegen, hat Pernter auf Grund einer 25 jährigen Beobachtungszeit abgeleitet.

Jahre	Föhnperioden	mit folgenden Niederschlägen	ohne Niederschläge
25	491	371	120

3*

Also in 24·4% aller Föhnperioden folgten dem Föhne keine Niederschläge. Überhaupt blieben in den kalten Monaten nach dem Abflauen des Föhnwindes in Innsbruck größtenteils die Niederschläge aus (im Jänner in 62% aller Fälle), während sie im Juli immer nach einer Föhnperiode auftraten. Die Menge der dem Föhnwinde nachfolgenden Niederschläge betrug während der 25 Jahre 16% aller Niederschläge in diesem Zeitraume¹⁴³⁾.

In Salzburg treten Niederschläge ein, wenn der Föhn von der kühlen W-Strömung abgelöst wird. Nordföhn in den südlichen Tauerntälern hat ausgiebigen Regenfall im Gebiete nördlich der Hohen Tauern im Gefolge¹⁴⁴⁾.

Bei Bludenz lehrt uns die Verteilung der jährlichen Regenmenge, daß gerade die Föhnmonate hinter den föhnarmen an Menge zurückstehen.

Herbst	Winter	Frühling	Sommer	Jahr
279	162	307	455	1203 mm ¹⁴⁵⁾

In anderen Gegenden freilich können die nach dem Föhnwinde einsetzenden Niederschläge, insbesondere in der warmen Jahreszeit, einen derart heftigen Charakter annehmen, daß sie zu großen Überschwemmungen und Verheerungen führen. So hat J. Maurer bei der Durchsicht der 50 jährigen Reihe der Niederschlagsbeobachtungen gefunden, daß in der Nordschweiz gerade die föhnstarken Lustren große Hochwasser bringen. Besonders niederschlagsreich waren die föhnstarken Jahre 1876—1880¹⁴⁶⁾.

In Castasegna endlich bilden Niederschläge nach Nordföhn geradezu eine Ausnahme. Von 1881—1886 traten sie nur nach 19% aller Föhnperioden auf mit zirka 5—6% der Gesamtniederschlagsmenge während dieser 6 Jahre¹⁴⁷⁾. Und wie im Bergell, so pflegt im allgemeinen in den Nordföhntälern auf den Föhn ein schönes Wetter zu folgen.

Schlußwort¹⁴⁸⁾.

Da wir nun die Darstellung des Wesens und der charakteristischen Eigenheiten des Föhnphänomens, soweit es in das Gebiet der Meteorologie gehört, abgeschlossen haben, wollen wir zum Schlusse noch der Bedeutung des Föhns gedenken, die dieser für die anorganische Schöpfung und für die organischen Gebilde gewinnt.

Was seine Einwirkung auf das Klima des Föhngebietes anbelangt, so konnten wir bereits mehrfach die Beobachtung machen, daß der Föhn das Klima der alpinen Föhnstationen, die sowohl wegen ihrer bedeutenden Höhenlage als auch wegen der schnee- und eisbedeckten Umgebung von Natur aus doppelt ungünstig gelegen sind, mildert und gleichmäßiger gestaltet. Der Föhn erhöht namentlich im Winter, im Frühling und im Herbst die Durchschnittstemperaturen der Föhntäler. Er stumpft somit die Temperaturextreme ab und vermindert die Differenz zwischen den Sommer- und Wintermitteln. Der Herbst wird sozusagen verlängert auf Kosten des Winters und der Frühling gewinnt früher die Oberhand über diesen rauhen Zwingherrn. Umgekehrt aber würde beim Ausbleiben des Föhns das Klima der Höhenorte viel kälter werden, da der Winter sich gegen den Herbst vorschieben und auch den Frühling verkürzen würde.

Das Becken des Vierwaldstättersees ist in dieser Hinsicht besonders begünstigt. Zahlreiche klimatische Luftkurorte verdanken dem wärmerhöhenden Einflusse des Föhnwindes ihr rasches Aufblühen. Gersau, Vitznau und Weggis am rechten Ufer wären hierunter anzuführen. Am Fuße des Rigi, der den rauhen Nordwinden den Zugang sperrt, gelegen, bilden sie, durch Föhn, Windschutz und Seeklima dreifach begünstigt, auch ihrer Vegetation nach wahre klimatische Oasen.

Auch Altdorf steht, wenngleich es durch seine Lage nicht günstig gelegen erscheint, hinsichtlich seiner mittleren Jahrestemperatur den durch Föhn- und Seeklima wie durch ihre südlichere Lage gleich bevorzugten Orten des Genfersees (Genf und Bex) in nichts nach und übertrifft sogar das sehr begünstigte Neuenburg¹⁴⁹.

Noch auffälliger aber tritt der wärmeerhöhende Einfluß des Föhns hervor, wenn wir die mittleren Temperaturmaxima der Wintermonate einer Föhnstation mit den entsprechenden Werten von weit südlicher gelegenen, von Natur aus besonders bevorzugten Orten vergleichen. Wir hatten bereits an anderer Stelle betont, daß Bludenz die mittleren Maxima von Bozen, Riva und Mailand übertrifft.

Von nicht zu unterschätzendem hygienischem Werte ist die energische Ventilation der Gebirgstäler, die der Föhnwind besorgt. Er verhindert so die Anhäufung von schlechter Luft im Tale und beseitigt die verpestenden stagnierenden Gewässer.

Bei der Befreiung des Hochgebirges von Schneemassen spielt der Alpenföhn die Hauptrolle. Seine mechanische Kraft trägt Schneewirbel in die Täler, seine Wärme und Kraft entzieht den sogenannten »Föhnschilden« — lockere Schneeberge, die sich im Windschatten aufgetürmt haben — ihren Halt und bringt sie zum Absturz. Überhaupt ist der Föhn »ein Lawinen-erzeuger ersten Ranges«, so ganz besonders im St. Gotthardgebiete.

Auch als Schneeschmelzer ist der Föhn bedeutsam. Er ist in dieser Beziehung wirksamer als die Sonne, die nur die Oberfläche beleckt. Bohrt er sich doch tief in die Ritzen und Spalten ein und unterminiert das ganze Gebilde, so daß er oft in 24 Stunden mehr Schnee zu schmelzen vermag, als die Sonne in 14 Tagen. Dabei muß noch betont werden, daß durch die große Austrocknung der Luft im Vereine mit der hohen Wärme und der raschen Luftbewegung die Verdunstung außerordentlich gefördert wird, so daß die Schneeschmelze im Frühling nur selten zu Überschwemmungen führt. Ohne diesen wohltätigen Einfluß des Föhnwindes würden die Schneemassen des Hochgebirges ins Unermeßliche anwachsen, Hochtäler und Bergterrassen veröden.

Doch von größter Bedeutung ist die Einwirkung des Föhns auf die Pflanzenwelt der Alpen. Infolge seiner dynamischen Kraft und seiner Trockenheit verträgt er die geflügelten Samen, die ein feuchter Wind nur schwer fortbewegen kann. Der Föhn gleicht so einem Sämann, »der die rings von meilenweiten Eis- und Schneewüsten umschlossenen Felseilande der höchsten Regionen in freundliche Oasen des Lebens verwandelt«.

Seine große Heftigkeit wird aber nur zu oft dem Gedeihen der Pflanzen verderblich. Sie fegt den Humus weg, legt das Gestein bloß und zerstört so nicht selten im Augenblicke jahrelange Arbeit. Ganze große Waldbestände kann ein heftiger Föhnsturm vernichten (so am 20. Februar 1879 in der Nordschweiz). Die Bäume zeigen schon äußerlich die Richtung an, in welcher sie der Föhn zu treffen pflegt. Auf der Föhnseite fehlen ihnen die Äste und ihr Stamm ist gegen das Tal geknickt.

Der Föhn beschleunigt den Lebensprozeß und ermöglicht einen Pflanzenwuchs in großer Höhe. Er unterstützt die rasche Wanderung des Frühlings nach der Höhe und bedingt ein frühzeitiges Erwachen der Natur. In den Föhngebieten keimt schon reges Leben, wenn die Umgebung noch unter der winterlichen Hülle schlummert. Oft aber ist es nur ein trügerischer Weckruf, sobald den Föhn wieder eine Periode des Frostes ablöst, die mit einem Schlage die zarten Keime vernichtet.

Den blühenden Obstbäumen kann die große Trockenheit des Föhns verderblich werden, doch ist er zur Zeit der Obst- und Traubenreife von segensreichster Wirkung. Der Herbstföhn verleiht dem Obste das feine Aroma, der Traube Güte und Gehalt.

Auch in bezug auf die geographische Verbreitung der Pflanzen kommt dem Alpenföhne eine bedeutsame Rolle zu. Man kann direkt von einer eigenen »Föhnzone« sprechen, die sich durch großen Artenreichtum auszeichnet. Mitten in die zisalpine Flora finden wir transalpine Arten eingestreut. An den Seen des Berner Oberlandes gedeihen die edle Kastanie, der Kirschlorbeer, die Feige und der Nußbaum in schönster Entfaltung; an den Ufern des Vierwaldstättersees außer diesen wichtigen Kulturpflanzen der Wein. Auch die Gestade des Walensees lassen noch den mildernden Einfluß erkennen, den der vom Tödimassiv kommende Föhnstrom des Linthtales ausübt. Die feurigen Weine des Rheintales und die reiche Flora von Chur stehen mit dem Auftreten des Föhns in einem innigen Zusammenhange. Dem Silltale (Innsbruck) verleiht der Föhn ein außerordentlich mildes Klima, so daß es in pflanzengeographischer Hinsicht geradezu eine »förmliche südliche Insel« darstellt, in der die Hopfenbuche und der Mais heimisch sind ¹⁵⁰).

Die Tiere zeigen beim Nahen des Föhns eine eigentümliche Reizbarkeit und Unruhe. Das Herdenvieh wird dann von den lästigen Insekten ganz besonders geplagt und oft ganz rasend. Auch raubt der Föhn durch die große Austrocknung der Luft der Gemse und dem Hunde die feine Witterung. Allenthalben zaubert der Föhn die Insektenwelt aus ihrem Winterschlaf hervor.

Bei nervösen Menschen ruft der Föhn eine gesteigerte Erregung, Mattigkeit und gedrückte Gemütsstimmung hervor. Freilich treten derlei Beschwerden, wie Trabert und Ficker nachgewiesen haben, bereits im Vorstadium des Föhns auf. Die Druckschwankungen der kalten Bodenschicht vor Durchbruch des Föhns sind es, die sich unangenehm fühlbar machen, sogar im geschlossenen Raume. Bei Eintritt des Föhns bessert sich gewöhnlich das Befinden, namentlich wenn hoher Druck die Situation beherrscht oder das Barometer wenigstens im Ansteigen begriffen ist ¹⁵¹).

Als eine indirekte Einflußnahme auf den Menschen können wir hingegen die sanitäre Bedeutung des Föhns anführen, die dieser für sein Herrschaftsgebiet gewinnt. Er mildert das Klima, ventiliert die Luft der Täler, trocknet die Wohnhäuser aus, säubert die Paßstraßen und fördert so den Verkehr. Auf der Wiesen- und Obstkultur, die der Föhn ganz erheblich unterstützt, beruht die Erwerbsquelle ganzer Taldistrikte, auf der Viehzucht und der Almwirtschaft der Wohlstand der Gebirgsbewohner. Für die Schweiz ist der Föhn auch eine Stütze des Fremdenverkehrs, der den klimatischen Kurorten und der Pracht der Alpenwelt zuströmt.

In anderer Hinsicht aber erweist sich der Föhn als gewaltiger Zerstörer, wenn seine unwiderstehliche Gewalt die Werke der Menschenhand, Hütten und Wohnhäuser vernichtet und Wälder verheert. Auch als Feuererreger ist er sehr gefürchtet; denn sein zumeist stoßweises Wehen wirkt nicht saugend auf die Öffnungen der Schornsteine, es stößt vielmehr die trockene Luft heftig hinab, so daß die Funken aus den Kaminen in die Wohnräume stieben ¹⁵²). Wegen dieser steten Feuersgefahr bei Föhn sind denn auch in der Schweiz gesetzliche Bestimmungen zur Verhütung von Feuersbrünsten erlassen worden ¹⁵³).

ANHANG.

Vorwort.

- 1) J. Hann: »Zur Frage über den Ursprung des Föhns« in der »Zeitschrift für Meteorologie« (Z. f. Met.) 1866, S. 258. — J. Herzog: »Auf-treten, Erklärung und Einfluß des Föhns auf Klima und Organismen« im »Bericht über die Tätigkeit der St. Gallischen natur-wissenschaftlichen Gesellschaft« 1889/90, S. 270 ff. — Auch Ad. Hirsch: »Les re-cherches récents sur le foëhn« in »Bulletin de la société des sciences naturelles de Neuchâtel«, Tom. VIII (1868), p. 93 ff.
- 2) H. W. Dove: »Der Schweizer Fön«, 17 ff. (Dove schreibt »Fön« und bringt die Be-deutung dieses Wortes mit dem Begriffe »Feuer« in Beziehung: gotisch fon, fran-zösisch feu, davon le foën. Indes ist man heute darüber einig, daß die Bezeichnung »Föhn« auf die lateinische Wurzel favonius zurückgeht, die durch Umformung der ro-manischen Dialekte [favougn, favoing, fuogn, fuin] zu unserem heutigen Worte »Föhn« [franz. le foëhn] geworden ist.)
- 3) J. Hann: »Bemerkungen zur Entwick-lungsgeschichte der Ansichten über den Ursprung des Föhns« in der »Meteorologischen Zeit-schrift« (Met. Z.) 1885, 396 f.
- 4) H. Wild: »Über Föhn und Eiszeit«, Bern 1868; derselbe: »Der Schweizer Föhn«. (Nachtrag). Entgegnung auf Doves gleich-namige Schrift.
- 5) Wild: »Über Föhn und Eiszeit«, 24 ff., 34.
- 6) So der Föhn von Westgrönland (Rink in der »Zeitschrift für allgemeine Erdkunde«, II. Band, 1854).
- 7) Hann, »Met. Z.« 1885, 397 f.

I. KAPITEL.

Entstehung und Verbreitungsgebiet des Föhns in den Alpen.

- 8) Damit die Abkürzung auf den Anfangsbuch-staben nicht zu einer Verwechslung zwischen dem deutschen O (= Ost) und dem französischen O (Ouest = West) führe, wird in der geograph. Literatur das deutsche O (Ost) gewöhnlich durch das französische bzw. englische E (Est, East = Ost) ersetzt.
- 9) J. Hann: »Die Verteilung des Luftdruckes in Mittel- und Südeuropa«, Geographische Ab-handlungen, Band II, 2. Heft, 40/41.
- 10) J. Hann: »Lehrbuch der Meteorologie«, 424 ff.
- 11) u. 12) J. Hann: »Über den Föhn in Blu-denz«, Sitzungsberichte der kais. Wiener Akademie der Wissenschaften, math.-naturw. Klasse (Sitzungsber. Wien), Band 85 (1882), II. Abteilung, 431, 436.
- 13) Hann: »Handbuch der Klimatologie«, I, 296.
- 14) R. Billwiller jun.: »Der Bergeller Nordföhn«, Annalen der schweizerischen meteorolog. Zentralanstalt 1902, 29 f., 40, 42 f.
- 15) H. v. Ficker: Met. Z. 1910, 446; 1911, 179, 182. — Hann: »Über den Föhn in Bludenz«, 436.
- 16) J. M. Pernter: »Die allgemeine Luftdruck-verteilung und die Gradienten beim Föhn«, Sitzungsber. (Wien), 105 (1896), II. Ab-teilung a, 120 ff. — Erk, Met. Z. 1908, 299 ff. — Billwiller, Met. Z. 1895, 204 f., 1899, 202; 1901, 1 ff. — Hann: »Hand-buch der Klimatologie« I, 300.
- 17) Ficker: »Innsbrucker Föhnstudien IV«, Denkschriften (Wien), 85 (1910), 149, 161, 170 ff.; derselbe, Met. Z. 1910, 442 ff.
- 18) Pernter, wie oben.
- 19) Met. Z. 1906, 193 ff.; 1907, 30 f.; 1908, 1 ff.
- 20) Trabert, Met. Z. 1908, 2 ff., 232 f. — Ficker, Met. Z. 1908, 230 ff.; derselbe: »Die Erfor-schung d. Föhnerscheinungen in den Alpen«, »Zeitschrift des deutschen u. österreichischen Alpenvereines« (Z. A. V.) 1912, 66.
- 21) Billwiller: »Entstehungsarten und Er-scheinungsformen des Föhns«, Met. Z. 1899, 208 f. — Ficker, Met. Z. 1911, 181 f; der-selbe, Föhnstudien IV, 172.
- 22) Ficker: »Über Keile hohen Druckes an der Alpenkette«, Met. Z. 1908, 230 ff. — Trabert, Met. Z. 1908, 3 f.
- 23) Billwiller, Met. Z. 1899, 209 ff.
- 24) Billwiller, Met. Z. 1899, 213 ff.; derselbe: »Der Bergeller Nordföhn«, 29 f., 42 f.
- 25) Wild, Denkschr. der schweiz. naturf. Gesell-schaft, XXXVIII, Zürich 1901. — Dazu ein Referat von Hellmann, Met. Z. 1901, 476 und die Polemik von R. Billwiller: »Über den Vorschlag Wilds zur Ein-schränkung des Begriffs »Föhn«, Met. Z. 1903, 241 ff.; derselbe: »Der Bergeller Nord-föhn«, 41 f.
- 26) Billwiller, Met. Z. 1903, 247.
- 27) Hann: »Handbuch der Klimatologie« I, 292. — Herzog, 274 f. — Eine Föhnkarte bei Berndt: »Der Alpenföhn in seinem Ein-fluß auf Natur- und Menschenleben«, Peter-manns geograph. Mitteilungen, Ergänzungs-band 18, Ergänzungsheft 83 (Gotha 1886).

- 28) Klima von Salzburg, Z. f. Met. 1882, 482.
— O. Pollak: »Der Föhn in Salzburg«,
Programm des Staatsgymn. in Salzburg
1910.
- 29) Met. Z. 1897, 35 ff.; 1908, 174 f.
- 30) So am 15. u. 16. Oktober 1885 (Z. f. Met.
1885, 516); vom 4. bis 6. November 1905
(Met. Z. 1906, 193 ff.); am 7. u. 8. November
1906 (Met. Z. 1907, 30/31).
- 31) Billwiller: »Der Bergeller Nordföhn.«
- 32) Darüber: Met. Z. 1890, 229 f. (Meran); 1888,
175 ff. (Gries); Z. f. Met. 1884, 89 (Brixen),
192 (Taufers).
- 33) Met. Z. 1887, 72.
- 34) Met. Z. 1904, 196.
- 35) Met. Z. 1889, 192.
- 36) Met. Z. 1903, 35 ff.; 1907, 41.
- 37) Robert Klein: »Der Nordföhn zu Tragöß«,
Z. A. V. 1900, 61 ff.

II. KAPITEL.

Die meteorologischen Eigenschaften des Alpenföhns.

Einleitung:

Die Anzeichen des Föhns.

- 38) Herzog: »Auftreten, Erklärung und Einfluß
des Föhns auf Klima und Organismen«,
279 ff.
- 39) J. M. Pernter: »Über die Häufigkeit, die
Dauer und die meteorologischen Eigen-
schaften des Föhns in Innsbruck«, Sitzungs-
berichte (Wien), 104, II. Abtlg. a, 446.
- 40) Fr. Treitschke: »Der Föhn der Alpen und der
deutschen Mittelgebirge«, Jahrbücher der
königl. Akademie gemeinnütziger Wissen-
schaften zu Erfurt, N.—F. XXIX (1903), 70.
- 41) u. 42) Herzog, wie oben, 282 ff.

1. Abschnitt:

Einwirkung des Föhns auf den Barometerstand.

- 43) u. 45) Hann, Geograph. Abhandlungen, II,
2. Heft, 43.
- 44) Billwiller: »Der Bergeller Nordföhn«, 31.
- 46) Hann, Sitzungsber. (Wien), Band 85, II,
432, 434; derselbe: »Handbuch der Klima-
tologie« I, 299.
- 47) Erk, Met. Z. 1898, 300.
- 48) Hann, Sitzungsberichte, wie oben, 431.
- 49) Billwiller: »Der Bergeller Nordföhn«, 39,
44.
- 50) Hann, Sitzungsber. (Wien), 435.
- 51) Pernter, Sitzungsber. (Wien), 104, II/a, 433 f.
- 52) Hann, Sitzungsber. (Wien), 422.
- 53) Billwiller, wie oben, 30. — Dabei fiel der
Luftdruck bei den 54 Fällen bloß in fünf
Fällen. Im selben Zeitraume (1884—1886)
hatte das Bergell 36 Föhnfälle, erzeugt
durch die Annäherung einer Hochdruck-
zone an den Nordsaum der Alpen, zu
verzeichnen. Hierunter ereignete sich sogar
27 mal ($\frac{3}{4}$ aller Fälle) ein Ansteigen und

o mal ein Sinken des Barometerstandes.
Auch bei föhnartigem Niedersinken der Luft
aus einer Antizyklone trat unter 63 Fällen
26 mal eine Druckzunahme und bloß 2 mal
eine Abnahme ein. — Die Windstärke
wird gewöhnlich nach der 12 teiligen ganzen
oder nach der 6 teiligen halben Beaufort-
Skala geschätzt. Bei der Umwandlung
der geschätzten Windstärke in Wind-
geschwindigkeit erhalten wir nach Hanns
graphischer Interpolation folgende Reduk-
tionsgrößen:

Geschätzte Stärke	1	2	3	4	5	6
m pro Sekunde	2	3·5	5·5	8	10·5	13·5
Geschätzte Stärke	7	8	9	10—12		
m pro Sekunde	16·5	22·5	28	30—50		

(Hann: »Lehrbuch der Meteorologie«, 279 ff.)

2. Abschnitt:

Die Föhnwärme und ihr Einfluß auf den Gang der Temperatur.

A. Bei Südföhn.

- 54) Herzog, 293.
- 55) Hann, Sitzungsber. (Wien), 85, II, 425,
428; »Handbuch der Klimatologie« I, 297.
— Köppen, Z. f. Met. 1882, 461 ff.
- 56) Hann, Z. f. Met. 1868, 573; »Handbuch
der Klimatologie« I, 232. — Treitschke:
»Der Föhn der Alpen und der deutschen
Mittelgebirge«, 64 f.
- 57) Erk, Met. Z. 1898, 300.
- 58) Hann, Z. f. Met. 1868, 574; »Über den Föhn
in Bludenz«, Sitzungsber., wie oben, 427 ff.,
436.
- 59) Hann: »Handbuch der Klimatologie« I, 216.
- 60) Hann, Sitzungsber. (Wien), 85, II, 436. —
Herzog, 297.
- 61) Hann, wie oben, 429. — Ballonaufstiege der
letzten Jahre in den Nordalpen (Innsbruck
und München) haben zu dem Ergebnisse
geführt, daß bei Föhnlage in der freien
Atmosphäre etwa von 2000 m an die
Temperaturabnahme rascher vor sich geht,
als es dem normalen Mittel zur gleichen
Jahreszeit entspricht. Jedoch ist dieser
Temperaturgradient immerhin viel kleiner
als der Föhngradient, er beträgt im Mittel
bis 4000 m Höhe im Winter rund $0·65^{\circ}\text{C}$.
(Ficker: »Temperatur und Feuchtigkeit bei
Föhn in der freien Atmosphäre«, Sitzungsber.
(Wien), 121 (1912), II a, 1228 f; derselbe:
»Föhnuntersuchungen im Ballon«, ebenda,
853, 860 f.)
- 62) nach Trabert, Met. Z. 1908, 5.
- 63) Vergleiche darüber die Ausführungen in dem
Teilabschnitte c.
- 64) Pernter, Sitzungsber. (Wien), 104, II a, 438.
— Für Salzburg bewirkt nach Pollak der
Föhn eine Erhöhung des Jahresmittels um
 $0·4^{\circ}\text{C}$., gleich einer Erniedrigung der See-
höhe um 80 m oder einer Verschiebung der
Lage der Stadt um $0·55^{\circ}$ nach S. (Pollak:
»Der Föhn in Salzburg«, 12; darüber auch
ein Referat in der Met. Z. 1911, 94).

65) Durchschnittliche Zahl der Föhnstage:

Schweiz (nach Wettstein):					
Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr	
9·1	17·3	4·9	9·6	40·9	
Innsbruck (Pernter):					
Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr	
9·5	17·0	5·0	11·6	42·6	
Salzburg (Pollak):					
Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr	
11·4	11·9	5·8	9·2	38·3	
Bludenz (Hann):					
Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr	
10·6	8·2	3·1	10·0	31·9	

- 66) Pollak, 10.
 67) Ficker: »Innsbrucker Föhnstudien I«, Denkschriften (Wien), 78, 123 f.
 68) Hann: Sitzungsber. (Wien), 85, II, 421 f.
 69) Hann, wie oben, 417. — Genauer: Dez. — 1·2, Jän. — 1·2, Febr. + 0·7, März 3·8, April 8·7, Mai 12·4, Juni 15·7, Juli 17·3, Aug. 16·9, Sept. 14·0, Okt. 9·3, Nov. 2·8, Jahr 8·3. (Hann: »Die Temperaturverhältnisse der österr. Alpenländer III«, Sitzungsberichte (Wien), 92, II, 125.
 70) Klima von Bludenz, Z. f. Met. 1882, 481. — Hann: Handbuch der Klimatologie I, 294.
 71) Hann, Klimatologie I, 294, 297.
 72) Hann, Sitzungsber. (Wien), 85, II, 426.
 73) Pernter, Sitzungsber. (Wien), 104, IIa, 439. — Absolute Extreme von Bludenz und Salzburg 33·3°, bzw. 35° C. (Z. f. Met. 1882, 480 ff.)

B. Bei Nordföhn.

- 74) Ficker: »Transport kalter Luftmassen über die Zentralalpen«, Denkschr. (Wien), 80 (1907), 194 f.; Denkschr. 85 (1910), 172; derselbe: »Absteigende Luftbewegung bei Südföhn und Nordföhn«, Met. Z. 1911, 177 ff.
 75) Klein: »Der Nordföhn zu Tragöß«, Z. A. V. 1900, 71. — Billwiller: »Der Bergeller Nordföhn«, 10.
 76) Billwiller, wie oben.
 77) Klein, wie oben, 77; derselbe: »Über den täglichen Gang der meteorologischen Elemente bei Nordföhn«, Denkschr. (Wien), 73 (1901), 101 ff.
 78) Billwiller, wie oben, 4, 70.
 79) Met. Z. 1890, 229 f.
 80) u. 81) Billwiller, 8 und 11.
 82) Ficker, Met. Z. 1911, 181.
 83) Billwiller, 10.

C. Wärmeschwankungen und Dauer des Föhns.

- 84) Pernter, Sitzungsber. (Wien), 104, IIa, 435.
 85) Herzog: »Auftreten, Erklärung und Einfluß des Föhns auf Klima und Organismen«, Bericht der St. Gallischen naturw. Gesell-

schaft 1889/90, 296. — Die mittlere Dezember-Temperatur von Trogen beträgt — 1·2°. (Hann, Sitzungsber. (Wien), 90, II, 147.

- 86) Z. f. Met. 1883, 41 f.
 87) Met. Z. 1892, 118.
 88) Met. Z. 1895, 72 f.
 89) Pollak: »Der Föhn in Salzburg«, Programm des Staatsgymn. in Salzburg 1910, 13.
 90) Pernter, Sitzungsber. (Wien), 104, IIa, 440. — Herzog, 294.
 91) Pernter, wie oben, 441.
 92) Ficker: »Innsbrucker Föhnstudien I«, Denkschr. (Wien), 78, 117, 163.
 93) Treitschke spricht von einer dem Föhne in der Höhe entgegenwirkenden Strömung, der »Stauwelle« (»Der Föhn der Alpen und der deutschen Mittelgebirge«, 82 ff.)
 94) Hann: »Handbuch der Klimatologie«, I, 298, Anm. I.
 95) Ficker: »Innsbrucker Föhnstudien IV«, Denkschr. (Wien), 85, 128, 115.
 96) Ficker, Met. Z. 1910, 442 ff.; 1911, 178; derselbe: Denkschr. (Wien), 85 (1910), 119 ff., 149 f., 170 ff.; »Föhnuntersuchungen im Ballon«, Sitzungsber. (Wien) 121 (1912), IIa, 833 ff.
 97) Pernter, Sitzungsber. (Wien), 104, IIa, 441 f.
 98) Maurer: »Aus langjährigen Aufzeichnungen des Schweizer Föhns«, Met. Z. 1909, 166.
 99) Trabert, Met. Z. 1908, 1 f. — Wetterbericht für die 18 Föhnstage: Luftdruck: W niedrig, E hoch. Barometermaximum: NE- oder E-Rußland. Isobarenverlauf: SSW — NNE (10 mal), S — N (6 mal), nur 2 mal anders.
 100) Hann: »Über den Föhn in Bludenz«, Sitzungsber. (Wien), 85, II, 438. — Ficker, Denkschr. (Wien), 78, 108 (Föhnperiode vom 8. bis 11. Febr. 1904 in Innsbruck).
 101) Hann, wie oben, 438/39.
 102) Ficker: »Innsbrucker Föhnstudien I«, 99, 132 ff.; IV, 116 f., 173; derselbe: »Transport kalter Luftmassen über die Zentralalpen«, Denkschr. (Wien), 80 (1907), 195; »Föhnuntersuchungen im Ballon«, Sitzungsberichte (Wien), 121 (1912), IIa, 831, 856, 867; »Die Erforschung der Föhnerscheinungen in den Alpen«, Z. A. V. 1912, 69 f.; derselbe, Met. Z. 1906, 194; 1910, 440 ff., 451. — Defant: »Innsbrucker Föhnstudien II«, Denkschr. (Wien), 80 (1907), 114, 124 ff.
 103) Billwiller: »Der Bergeller Nordföhn«, 12.
 104) Z. f. Met. 1884, 89.
 105) Billwiller, wie oben.
 106) Met. Z. 1887, 72.
 107) Klein: »Der Nordföhn zu Tragöß«, Z. A. V. 1900, 72; derselbe: »Über den täglichen Gang der meteorologischen Elemente bei Nordföhn«, Denkschr. (Wien), 73 (1901), 107.
 108) Billwiller: »Der Bergeller Nordföhn«, Anhang. — Klein: »Der Nordföhn zu Tragöß«, 72.
 109) Ficker, V. A. V. 1912, 55, 74.

3. Abschnitt:

Der Feuchtigkeitsgehalt bei Föhn.

- 110) Erk, Met. Z. 1898, 300.
 111) Hann, Sitzungsber. (Wien), 85, II, 421f.
 112) Herzog: »Auftreten, Erklärung und Einfluß des Föhns auf Klima und Organismen«, 300. — Dazu die Monographie von L. Dufour: »Recherches sur le foehn du 23. septembre 1866 en Suisse« in »Bulletin de la société Vaudoise des sciences naturelles«, Vol. IX, 1868 (Lausanne), p. 43ff.
 113) Met. Z. 1892, 118.
 114) Z. f. Met. 1872, 138f.
 115) Z. f. Met. 1885, 516.
 116) Pernter, Sitzungsber. (Wien), 104, IIa, 445.
 117) Pernter, wie oben, 444.
 118) Hann, Sitzungsber. (Wien), 85, II, 417f.
 119) Hann, wie oben, 421/22; dazu ein Referat von Köppen, Z. f. Met. 1882, 462.
 120) Pollak: »Der Föhn in Salzburg«, 14; dazu ein Referat von Defant, Met. Z. 1911, 94.
 121) Met. Z. 1890, 240.
 122) Man vergleiche die gleichzeitigen Angaben von Bludenz (Föhn), Stuttgart und Mailand in dem Abschnitte über die Föhnwärme.
 123) Hann, wie oben, 417.
 124) Ficker: »Innsbrucker Föhnstudien I«, Denkschr. (Wien), 78, 88ff., 132; derselbe, Met. Z. 1910, 449.
 125) Pernter, Sitzungsber. (Wien), 104, IIa, 444.
 126) Billwiller: »Der Bergeller Nordföhn«, 5, 15.
 127) Billwiller, 2, 4f.
 128) Klein: »Über den täglichen Gang der meteorologischen Elemente bei Nordföhn«, Denkschr. (Wien), 73, 102ff.
 129) Met. Z. 1888, 177.
 130) Met. Z. 1893, 152f.

4. Abschnitt:

Bewölkung und Niederschläge.

- 131) Hann: »Lehrbuch der Meteorologie«, 214ff.
 132) Z. f. Met. 1884, 89.
 133) Met. Z. 1907, 41.
 134) Ficker: »Föhnuntersuchungen im Ballon«, Sitzungsber. (Wien), 121 (1912), IIa, 850f. 867.
 135) Kerner: »Die Föhnmauer, eine meteorologische Erscheinung der Zentralalpen«, Z. A. V. 1892, 1ff.
 136) Ficker: »Innsbrucker Föhnstudien I«, Denkschr. (Wien), 78, 159f. — Pollak: »Der Föhn in Salzburg«, 15.

- 137) Pernter, Sitzungsber. (Wien), 104, IIa, 446f.
 138) Klima von Bludenz, Z. f. Met. 1882, 481.
 139) Billwiller: »Der Bergeller Nordföhn«, 17.
 140) Klein: Über den täglichen Gang der meteorologischen Elemente bei Nordföhn«, Denkschr. (Wien), 73, 105.
 141) Met. Z. 1890, 229.
 142) Billwiller, Met. Z. 1899, 208.
 143) Pernter: »Über die Häufigkeit, die Dauer und die meteorologischen Eigenschaften des Föhns in Innsbruck«, Sitzungsber. (Wien), 104, IIa, 447f.
 144) Pollak: »Der Föhn in Salzburg«, Programm (Staatsgymn. Salzburg) 1910, 15f.
 145) Klima von Bludenz, Z. f. Met. 1882, 481.
 146) Maurer, Met. Z. 1909, 169.
 147) Billwiller: »Der Bergeller Nordföhn«, 18.

Schlußwort.

- 148) Benützt wurden für diesen Abschnitt hauptsächlich die Werke von G. Berndt: »Der Alpenföhn in seinem Einfluß auf Natur- und Menschenleben«, Petermanns geograph. Mitteilungen, Ergzbd. 18, Ergzheft. 83 (Gotha 1886) und J. Herzog: »Auftreten, Erklärung und Einfluß des Föhns auf Klima und Organismen«, Bericht über die Tätigkeit der St. Gallischen naturw. Gesellschaft 1889/90. — Andere Autoren werden ausdrücklich zitiert.
 149) Mittlere Jahrestemperatur: Altdorf 9°68', Neuenburg 9°34', Genf 9°70', Bex 9°74'.
 150) Kerner, Z. f. Met. 1868, 347f. — Der Mais wird in Innsbruck auch Türken genannt; daher stammt die Bezeichnung »Türkenwind« für den Innsbrucker Föhn.
 151) Trabert: »Der physiologische Einfluß von Föhn und föhnlosem Wetter«, Innsbrucker Föhnstudien III in Denkschr. (Wien), 81 (1908), 115 ff.; dazu ein Referat von Ficker, Met. Z. 1911, 530ff.
 152) Treitschke: »Der Föhn der Alpen und der deutschen Mittelgebirge«, 69.
 153) Nach der amtlich schweizerischen Statistik verursachten die durch den Föhn entstandenen Dorfbrände in den Jahren 1877 bis 1892 eine Schadensumme von 12,228.000 Franken — eine ganz enorme Beeinträchtigung des Nationalvermögens! (Maurer, Met. Z. 1909, 168.)