



Wissenschaftliche Veröffentlichungen des D. u. Oe.
Alpenvereins

8.

Föhnerscheinungen
und
Föhngebiete

Mit einer Karte 1:80000000, 29 Diagrammen und Abbildungen

Von

Dr. Wilhelm Schmitt

Köln

INNSBRUCK 1930

VERLAG DES DEUTSCHEN UND OESTERREICHISCHEN ALPENVEREINS

IN KOMMISSION BEI DER J. LINDAUER'SCHEN UNIV.-BUCHHANDLUNG IN MÜNCHEN

Hergestellt durch F. Bruckmann AG., München

Die „Wissenschaftlichen Veröffentlichungen des D. u. Ö. Alpenvereins“ (Wiss. Veröff. d. D. u. Ö. A.-V.; früher „Ergänzungshefte zur Zeitschrift des D. u. Ö. Alpenvereins“) bringen Beiträge zur fachwissenschaftlichen Erforschung der Alpen und anderer Hochgebirge.

Die Veröffentlichungen erscheinen in zwangloser Folge mit fortlaufender, an die vier „Ergänzungshefte“ anschließender Numerierung.

Für Form und Inhalt sind die Verfasser verantwortlich.

Über die Aufnahme von Beiträgen entscheidet der Wissenschaftliche Unterausschuß des D. u. Ö. Alpenvereins. Einsendung an den Hauptausschuß des D. u. Ö. Alpenvereins, derzeit in Innsbruck, Erlenstraße 9/III.

Bereits erschienen sind:

1. S. Finsterwalder, Der Vernagtferner. Seine Geschichte und seine Vermessung i. d. J. 1888 und 1889. Mit Karte 1:10000, 2 Tafeln und zahlreichen Textfiguren. — Wiss. Erg.-Hefte I. Bd. 1. Heft. 1897.
2. A. Blümcke und H. Heß, Untersuchungen am Hintereisferner. Mit Karte 1:10000, 9 Tafeln und zahlreichen Textfiguren. — Wiss. Erg.-Hefte I. Bd. 2. Heft. 1899.
3. M. Eckert, Das Gottesackerplateau, ein Karrenfeld im Allgäu. Mit Karte 1:7500 20 Tafeln, 64 Textfiguren. — Wiss. Erg.-Hefte I. Bd. 3. Heft. 1902.
4. F. Frech, Über den Gebirgsbau der Tiroler Zentralalpen. Mit besonderer Rücksicht auf den Brenner. Mit Karte 1:75000, 25 Tafeln, zahlreichen Textabbildungen. — Wiss. Erg.-Hefte II. Bd. 1. Heft. 1905.
5. O. Stolz, Die Schwaighöfe in Tirol. Ein Beitrag zur Siedlungs- und Wirtschaftsgeschichte der Hochalpentäler.
6. A. Reissinger, Untersuchungen über den Niedersonthofener See im bayerischen Allgäu. Versuche einer exakten Zeitbestimmung im postglazialen Zeitalter.
7. F. Trusheim, Die Mittenwalder Karwendelmulde. Beiträge zur Lithogenese und Tektonik der Nördlichen Kalkalpen. Mit geologischer Karte 1:25000.

In Vorbereitung sind:

- M. Richter und C. Kockel, Geologie der Ammergauer Alpen. Mit geologischer Karte 1:25000.

Wissenschaftliche Veröffentlichungen des D. u. Oe.
Alpenvereins

8.

Föhnerscheinungen
und
Föhngebiete

Mit einer Karte 1:80 000 000, 29 Diagrammen und Abbildungen

Von

Dr. Wilhelm Schmitt

Köln

INNSBRUCK 1930

VERLAG DES DEUTSCHEN UND OESTERREICHISCHEN ALPENVEREINS

IN KOMMISSION BEI DER J. LINDAUER'SCHEN UNIV.-BUCHHANDLUNG IN MÜNCHEN

Hergestellt durch F. Bruckmann AG., München

DAV Wiss. Hefte

4 D 8¹ (8)

Alpenvereinsbücherei

D. A. V., München

52 73

Föhnerscheinungen und Föhngebiete

von Dr. Wilhelm Schmitt

(Veröffentlichung aus dem Geographischen Institut der Universität Köln)

INHALT

	Seite
Vorwort	5
Einleitung	6

I. TEIL

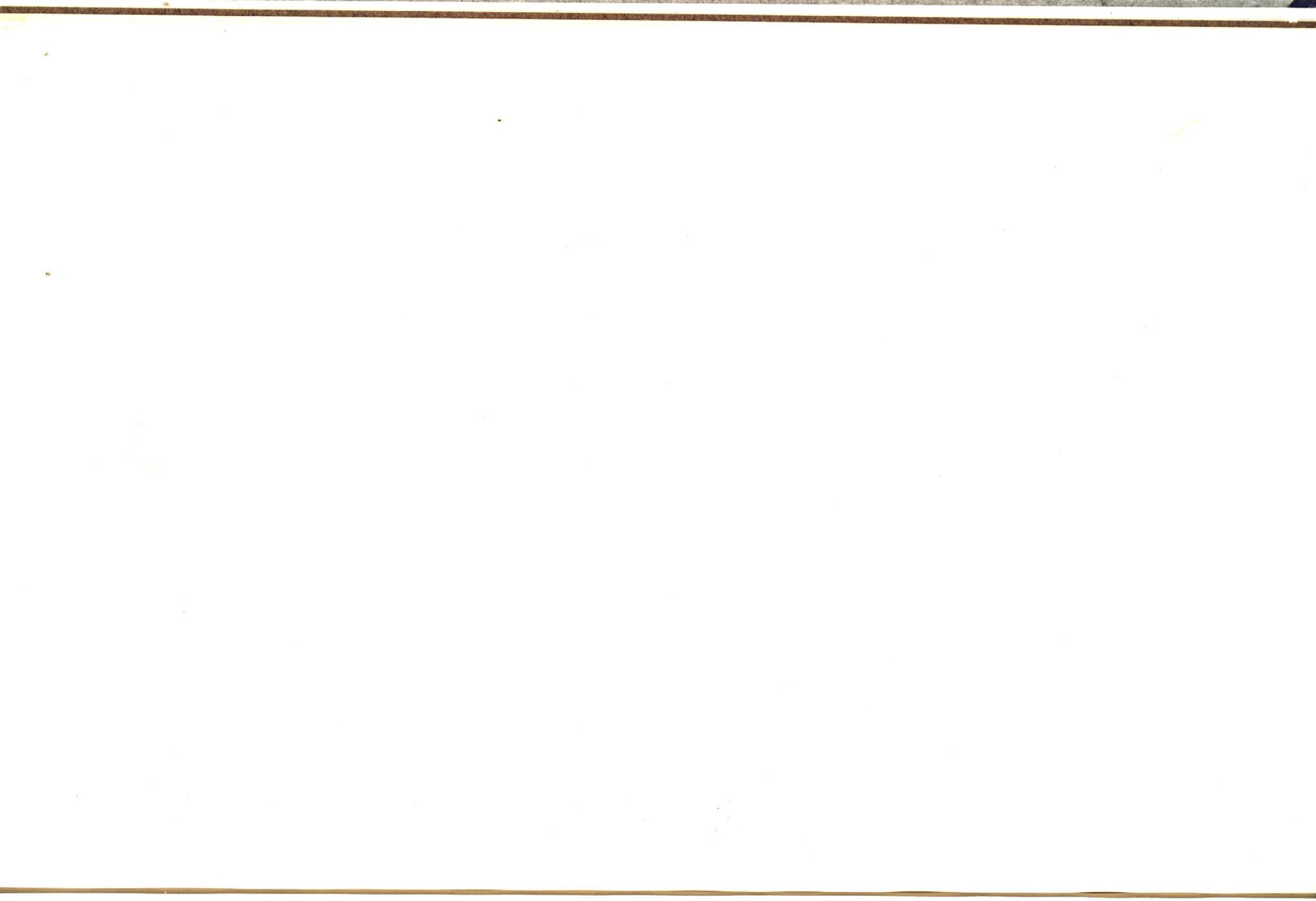
Theoretische Grundlagen

1. Beziehungen zwischen Föhnphänomen und Terrainbeschaffenheit (Das Problem der Föhnwärme — Definition der Begriffe „Föhn“ und „Föhngebiet“)	7
2. Beziehungen zwischen Föhnwärme und vertikaler Temperaturverteilung im Lee- (Föhn-) Gebiet	9
3. Föhn und Vorgänge im Luvgebiet	10
4. Die relative Luftfeuchtigkeit bei Föhn (Föhntrockenheit)	12
5. Beziehungen zwischen Föhn und Luftdruck (Das Fallproblem — Föhndauer und Föhnhäufigkeit)	12
6. Gradientföhn — Anticyklonalföhn — Bergwind	16

II. TEIL

Föhnerscheinungen verschiedener Föhngebiete

1. Der Föhn in den Alpen	18
2. Der polare Föhn	30
3. Föhnerscheinungen in den deutschen Mittelgebirgen	38
4. Der Föhn in den Mittelmeerländern	41
5. Föhnerscheinungen an der West- und Ostseite des südafrikanischen Hochlandes	46
6. Der Föhn in den Felsengebirgen Nordamerikas	49
7. Der Andenföhn Südamerikas	55
8. Der Föhn in Japan, im übrigen Asien, in Australien und Neuseeland	56
Übersicht (Föhngebiete und Föhndaten)	60
Literaturverzeichnis	62



V o r w o r t

Das Föhnphänomen ist seit seiner befriedigenden Erklärung durch Julius von Hann vielfach Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen gewesen. Diese sind größtenteils meteorologischer Art und beziehen sich meist auf einzelne, lokale Föhnerscheinungen. Der typische Föhn (Gradientföhn) ist aber nicht nur eine auffallende Wettererscheinung, sondern auch ein wesentlicher Faktor im Klima- und Wetterbild einer Landschaft. Zur Kenntnis und weiteren Erforschung der Erscheinungsformen des Föhns in klimatisch verschiedenen Erdräumen, seiner Bedeutung für Klima und Wirtschaft und seiner geographischen Verbreitung dürfte eine zusammenfassende, klimatisch-geographische Auswertung der vorhandenen Arbeiten und der in der Literatur verstreuten Berichte über den Föhn wünschenswert sein. In der vorliegenden Arbeit versuche ich in diesem Sinne das Föhnphänomen zusammenfassend und nach seiner klimatisch-geographischen Seite hin darzustellen unter Wiederaufnahme älterer, nicht veröffentlichter Untersuchungen meines Lehrers, Herrn Prof. Dr. Thorbecke in Köln. Eine solche Untersuchung muß zwar lückenhaft bleiben, weil für ausgedehnte Gebiete, für die theoretisch das Vorkommen des Föhns anzunehmen ist, noch Beobachtungen fehlen. Selbst für die als Föhngebiete bekannten Erdräume liegen vielfach die für die Kenntnis der klimatischen und wirtschaftlichen Bedeutung und die räumliche Ausdehnung der Föhnwirkungen wertvollen, synoptischen Beobachtungen nicht vor. Auch der Föhnbegriff wird in der Literatur oft verschieden aufgefaßt oder nur wenig genau umgrenzt. Zur Begründung einer einheitlichen Begriffsbestimmung des Föhnphänomens (siehe S. 8), die für vorliegende Arbeit als grundlegend erforderlich war, schien deshalb auch eine Darstellung der theoretischen Grundlagen (siehe Teil I) notwendig. Diese will nicht der Untersuchung physikalisch-meteorologischer Probleme des Föhnphänomens dienen, sondern nur die bekannten Ergebnisse der theoretischen Auffassung der Föhnerscheinungen, soweit diese den klimatisch-geographischen Bedürfnissen entsprechen und für das Verständnis des II. Teiles der Arbeit erforderlich sind, zusammenfassen.

Die beigelegten Diagramme sind größtenteils nicht der benutzten Literatur entnommen, sondern nach den in den Quellen vorgefundenen Beobachtungswerten (meist Tabellen) besonders ausgeführt, um das Zahlenmaterial unter Vermeidung der mangelnden Anschauung, die diesem anhaftet, doch möglichst weitgehend auszuwerten und klar darzustellen.

Die Übersichtskarten, die ausführliche Karten, die die Terrainverhältnisse genau darstellen, nicht entbehrlich machen, enthalten nur solche Föhnstationen, die in der benutzten Literatur ausdrücklich erwähnt sind.

Außer der angeführten Literatur (Verzeichnis S. 62) diene als wertvolle Quelle die eigene Anschauung folgender Föhngebiete der Alpen:

- des Reußtales (Andermatt—Göschenen—Altdorf—Luzern),
- des Aaretales (Meiringen—Brienz—Interlaken—Thun—Bern),
- des Rheintales (Chur—Ragaz)
- des Inntales (Innsbruck),
- des Salzachtales (Kaprun—Salzburg),
- des Königsseegebietes (Berchtesgaden),
- des Gebietes von Mittenwald und Partenkirchen.

E i n l e i t u n g

„F ö h n war ursprünglich die volkstümliche Bezeichnung eines sehr warmen und trockenen Lokalwindes, der in den inneren Alpentälern, im Vorarlberg, der Nordschweiz und im Wallis, namentlich in der kälteren Jahreshälfte häufiger und mit besonders auffallenden Eigenschaften auftritt*.“

„Die etymologische Ableitung des Wortes ‚Föhn‘ ist noch nicht ganz aufgeklärt. Anzunehmen ist, daß Föhn die Verdeutschung eines in den rätoromanischen Dialekten in verschiedenen Formen (favougne, favign, fuogn, fuin usw.) auftretenden Wortes ist und daß letzteres vom lateinischen ‚favonius‘ abstammt. Freilich wird in der antiken Windrose mit Favonius der Westwind bezeichnet; allein man darf nicht vergessen, daß die volkstümliche Benennung der Winde schon vorhanden war, bevor die theoretische Klassifikation derselben nach den Himmelsgegenden, aus welchen sie wehen, vorgenommen wurde. Für den Seefahrer ist natürlich die Richtung von jeher von Bedeutung gewesen; aber für die Bevölkerung des Binnenlandes, wo jene ohnehin vielfach lokalen Modifikationen unterworfen ist, waren gewiß die physischen Eigenschaften in erster Linie maßgebend bei der Unterscheidung der verschiedenen Winde. Das Charakteristische bei dem Favonius war deshalb nicht seine Richtung, sondern seine relativ hohe Wärme. Als Wärmespender und Verdränger des Winters wird er bei den römischen Dichtern häufig erwähnt. Es ist deshalb einleuchtend, daß die Römer bei Ausdehnung ihrer Ansiedlungen in das Alpengebiet in dem hier zeitweilig auftretenden warmen Winde, der sich bei dem dortigen, gegenüber ihrer Heimat rauhen Klima besonders auffallend bemerkbar machte, ihren Favonius zu erkennen glaubten und denselben auch so benannten. Die Bezeichnung ‚Föhn‘ fand in der Wissenschaft Eingang und nach Begründung der thermodynamischen Theorie des Föhns durch Hann wurde diese Bezeichnung auch auf die analog entstehenden warmen und trockenen Fallwinde anderer Gebirge angewandt, die ohne Zweifel verschiedene lokale Namen führen. So hat die Wissenschaft die ursprünglich auf das Alpengebiet begrenzte Benennung ‚Föhn‘ auf analoge Erscheinungen anderer Gegenden ausgedehnt und die ursprünglich lokale, volkstümliche Bezeichnung auf einen allgemeinen, in der Physik der Atmosphäre mehr oder weniger genau umschriebenen Begriff übertragen**).“
(Nach H a n n***) ist der Föhn ein Wind, der vom Gebirgskamme oder von einem Gebirgssattel herabweht, dabei trocken und warm ist, auch wenn er von schneebedeckten oder vergletscherten Höhen kommt, der Talrichtung folgt und deshalb nicht überall die gleiche Richtung hat†).

*) Lit. 8, 9, 11.

**) Lit. 2.

***) Lit. 9.

†) Eine ausführlichere Definition s. S. 8.

I. T E I L

T h e o r e t i s c h e G r u n d l a g e n

1. Beziehungen zwischen Föhnphänomen und Terrainbeschaffenheit

Das Problem der Föhnwärme

Definition der Begriffe „Föhn“ und „Föhngebiet“

Es mußte eigenartig und charakteristisch erscheinen, wie der Föhn, der als talabwärts gerichteter Wind aus kälteren Gebieten herabweht, dennoch Wärme in die Täler bringt und ihre Lufttemperatur schnell und bedeutend erhöht. Die Erklärung der Föhnwärme war denn auch das erste Problem, welches das Föhnphänomen dem Forscher vorlegte. Es liegt nahe, den Ursprung eines warmen Windes in einem heißen Gebiete zu suchen. In den Alpen, wo der Föhn zuerst wissenschaftlich beobachtet und erklärt wurde, hielt man ihn anfänglich für einen aus der Sahara kommenden, heißtrockenen Wüstenwind*). Durch diese Auffassung wird auch die in einzelnen Alpentälern für Föhn noch übliche Bezeichnung „Scirocco“ erklärlich. Synoptische Beobachtungen aber zeigten, daß bei dem nordalpinen Südföhn auf der Südseite der Alpen, im Gegensatz zur Nordseite, kaltes und regnerisches Wetter herrschte**). Außerdem wurde auch in den Südalpen Föhn — Nordföhn — beobachtet, der seinen Ursprung nicht im wärmeren Süden haben konnte, weil er vom kälteren Norden her talabwärts in die südalpinen Täler wehte. Die hohe Temperatur der Föhnluft mußte also durch Vorgänge im Gebirge selbst, und zwar auf seiner Leeseite, bedingt sein.

Den Grund zu einer befriedigenden Erklärung der Föhnwärme hat Julius Hann (1867) gelegt, indem er die von Julius Robert Mayer (1842) und Hermann von Helmholtz (1847) begründete mechanische Wärmetheorie auf das Föhnphänomen anwandte***). Nach der mechanischen Wärmetheorie kann mechanische Arbeit oder Bewegungs-Energie in Wärme-Energie verwandelt werden und umgekehrt. Nach dem Gesetz von der Konstanz der Energie bleibt dabei der Wert der Energie, der Energie-Inhalt, unverändert; es ändert sich nur die Form der Energie. So ist z. B. der Wert der mechanischen Arbeit oder Bewegungs-Energie, durch die eine Luftmasse komprimiert wird, nach erfolgter Kompression nicht vernichtet, sondern nur in eine andere Form, in äquivalente Wärme-Energie transformiert. Komprimierte Luftmassen werden also bei ihrer Kompression rein dynamisch erwärmt. Umgekehrt ist die von einer Luftmasse bei ihrer Expansion geleistete mechanische Arbeit eine Trans-

*) Escher (1852) und Desor (1863) hielten den Föhn für einen Wind, der aus der Sahara stammte. — Mousson (1866) bezeichnete die Lybische Wüste oder Arabien als den Föhnursprung. — Dove war der Ansicht, daß der Föhn ein herabgesunkener Passat sei. — Lit. 1 u. 11.

***) s. Teil I, S. 10.

***) J. Hann hat seine physikalische Föhntheorie, mit der er anfänglich bei den angesehensten Meteorologen den heftigsten Widerstand fand, zum ersten Male und ziemlich vollständig entwickelt und an Beobachtungen geprüft in seiner Abhandlung: Der Föhn in den österreichischen Alpen. (Met. Z. 1867) — vgl. auch Lit. 4.

formation der in ihr enthaltenen Wärme-Energie in äquivalente Bewegungs-Energie. Luftmassen werden also bei ihrer Expansion rein dynamisch abgekühlt. Wenn nun in der Atmosphäre Luftmassen absinken und durch den stetig zunehmenden Druck der sie überlagernden Luftschichten komprimiert werden, so werden sie, auch ohne daß sie irgendwelche Wärmezufuhr thermisch — durch Leitung, Strahlung oder Konvektion — erfahren, rein dynamisch erwärmt. Diese dynamisch bedingte Wärme bewirkt aber nur dann auch eine Zunahme der Lufttemperatur, wenn sie nicht gleich wieder ausgeglichen wird, wenn also der Vorgang nicht isotherm verläuft. Die dynamisch bedingte Temperaturzunahme der Luft erreicht ihren Maximalwert, wenn der Vorgang adiabatisch verläuft, d. h. so, als ob die absinkenden und komprimierten Luftmassen gleichsam von einem wärmeundurchlässigen (adiabatischen) Mantel schützend umhüllt wären, so daß ihnen weder Wärme zugeführt noch entzogen wird. Je mehr sich der Vorgang der dynamischen Erwärmung dem adiabatischen Zustand nähert, desto mehr wird die Temperatur der Luft erhöht. Die in der Atmosphäre auftretenden Kompensationsvorgänge (z. B. durch Verdunstungskälte, Vermischung der erwärmten Luft mit kälteren Luftmassen, Berührung der warmen Luft mit den kälteren Boden- und Wasserflächen) lassen aber einen adiabatischen Verlauf relativ selten zu. Die reale dynamische Lufterwärmung liegt zwischen den idealen Grenzfällen des isothermen und adiabatischen Verlaufs und bleibt, obwohl sie sich allgemein in der Atmosphäre bei jeglichem Absinken von Luftmassen vollzieht, dennoch einerseits meist mehr oder weniger latent und offenbart sich nur relativ selten phänomenal, tritt andererseits aber in zahlreichen Intensitätsgraden auf, die schwer voneinander abgrenzbar sind. So ist die dynamische Erwärmung der im Kern einer Anticyklone langsam absinkenden Luft meist kaum merklich. Fallen aber außerordentlich große Luftmassen innerhalb eines Terrains mit großen Niveaudifferenzen und hinreichend isolierenden Strukturverhältnissen, wie sie in den tiefen und steilwandigen, vielfach verengten und gewundenen Talfur-chen oder Fjordtälern innerhalb hoher Gebirgsketten und den Randgebieten steil abfallender Hochflächen gegeben sind, schnell und steil ab, so nähert sich der Vorgang der dynamischen Lufterwärmung dem adiabatischen Verlauf und offenbart sich in einer phänomenalen Temperaturerhöhung der fallenden Luftmassen*). Wir haben dann jene auffallende Wettererscheinung, die wir Föhn nennen.

Der Föhn (Gradientföhn**) ist ein warmer und trockener, talabwärts gerichteter, lokaler Gebirgswind, der in den leeseitigen Tälern hinreichend hoher Gebirge mit wechselnder Häufigkeit, Dauer und Stärke auftritt; er ist ein Sonderfall des sich allgemein in der Atmosphäre vollziehenden Vorganges der dynamischen Erwärmung absinkender Luftmassen und bedingt durch die gegebene äußere Struktur des Terrains und die Luftdruck- und Temperaturverhältnisse einer sich zufällig ausbildenden Wetterlage (Föhnlage).

Die Wirkungen des Föhns bleiben nicht nur auf das Föhntal beschränkt, sondern erstrecken sich, wenn auch mit abnehmender Stärke, oft noch weit in

*) Theoretisch beträgt die dynamisch bedingte Temperaturzunahme bei absolut trockener Luft und bei adiabatischem Verlauf für je 100 m Fallstrecke 1° . (s. S. 11.)

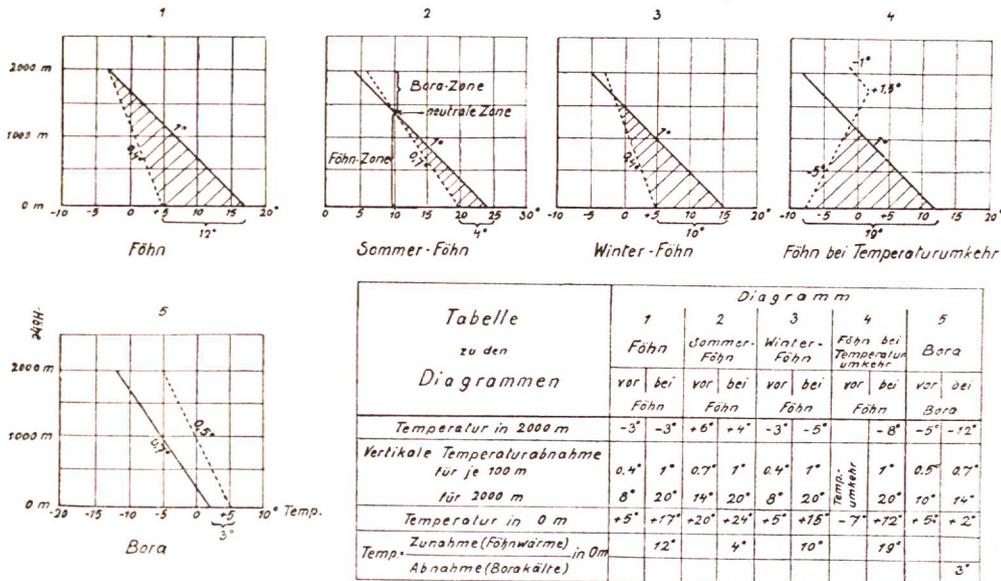
**) s. S. 16.

das Gebirgsvorland hinaus, in das der Föhnstrom aus seinem Quellgebiet einströmt und in dem er dann allmählich versickert. Klimatisch-geographisch gehören deshalb zum Föhngebiet nicht nur die Föhntäler, sondern auch ihr Vorland, in dem der Föhnwind zeitweise noch wirksam ist und ebenfalls als ein außerordentliches Wetterphänomen empfunden wird. Wegen der sehr verschiedenen Ausbreitung der einzelnen Föhnfälle läßt sich das gesamte Föhngebiet, das die Föhntäler und ihr Vorland umfaßt, nicht genau abgrenzen*).

2. Beziehungen zwischen Föhnwärme und vertikaler Temperaturverteilung im Lee-(Föhn-)Gebiet

Die Föhnwärme, die durch den Föhn in den verschiedenen Höhenlagen bewirkte Zunahme der Lufttemperatur, ist gleich der Differenz zwischen der bei Föhn herrschenden Lufttemperatur, der Föhntemperatur, und der unmittelbar vor Föhn herrschenden föhnlosen Temperatur.

Fig.1) Föhnwärme und vertikale Temperaturverteilung.



Die Föhnwärme ist nicht nur abhängig von der dynamischen Erwärmung der Luftmassen beim Absinken, sondern auch von dem Wärme- und Feuchtigkeitszustand der Luft vor ihrem Absinken (s. S. 11) und von der vertikalen Temperaturverteilung unmittelbar vor und bei Föhn. Dies veranschaulichen die idealen Diagramme in Figur 1; sie stellen einen mittleren Zustand der vertikalen Temperaturverteilung dar, bei dem sich die Temperatur proportional der Höhe ändert. Die punktierte Linie gibt die unmittelbar vor Föhn herrschende, die ausgezogene Linie die durch den Föhn neu geschaffene vertikale Temperaturverteilung an. Der Wert der vertikalen Temperaturabnahme für je

*) „Eine präzise Definition der Grenzen, innerhalb deren ein Wind als Föhn angesehen werden kann und ein Gebiet als Föhngebiet zu bezeichnen ist, scheint nicht zu existieren.“ (Treitschke)⁵⁴.

100 m Höhenänderung (vertikaler Temperatur-Gradient) wird durch die neben den Linien stehende Ziffer angezeigt. Die Differenz der Abszissenwerte beider Linien ist dann gleich der durch den Föhn in den verschiedenen Höhenlagen bewirkten Temperaturveränderung. Die bei Föhn dynamisch erwärmten Luftmassen bewirken je nach der vertikalen Temperaturverteilung nicht immer in allen Höhenlagen auch Temperaturzunahme, also Föhnwärme, wie in Diagramm 1; die Diagramme 2, 3, 4 zeigen Fälle, in welchen die dynamisch erwärmte Fall-Luft in einer bestimmten Höhenlage (neutrale Zone) weder Erwärmung noch Abkühlung bringt; oberhalb dieser neutralen Zone bewirkt die Fall-Luft sogar Abkühlung (kalte B o r a - Zone) und nur unterhalb dieser Erwärmung (warme F ö h n - Zone). Je geringer die unmittelbar vor Föhn herrschende vertikale Temperaturabnahme ist, desto größer ist die durch den Föhn in den verschiedenen Höhenlagen bewirkte Zunahme der Lufttemperatur, die Föhnwärme. Im Winter, in dem die vertikale Temperaturabnahme im Mittel geringer ist als im Sommer, ist deshalb die durch den Föhn bewirkte Temperaturerhöhung meist viel größer als im Sommer (Diagramm 2 und 3). Besonders groß ist die Föhnwärme im Winter bei Temperaturumkehr (Diagramm 4). Die Fall-Luft kann trotz ihrer dynamischen Erwärmung dem Fallgebiet statt Wärme auch nur Abkühlung (Bora) bringen (Diagramm 5), wenn sie aus relativ kalten Gebieten stammt, die im Fallgebiet unmittelbar vor ihrem Absinken herrschende Temperaturabnahme groß ist und die dynamische Erwärmung wegen geringer Isolierfähigkeit des Fall-Terrains nur einen kleinen Wert erreicht (im Diagramm $0,7^{\circ}$ für je 100 m). Je nach der Gestaltung der vertikalen Temperaturverhältnisse bringt die Fall-Luft dem Fallgebiet also nur F ö h n oder F ö h n u n d B o r a oder nur B o r a. So wird auch verständlich, warum im gleichen Föhngebiet einmal Föhn und einmal Bora herrschen kann und warum die Bewohner mancher Föhngebiete oft auch den k ü h l e n Sturmwind, der aus derselben Richtung weht, aus der der Föhn kommt, fälschlich auch „Föhn“ nennen.

3. Föhn und Vorgänge im Luvgebiet

Bei Föhn ist es auf der Leeseite des Gebirges heiter, warm und trocken, während das Wetter der Luvseite trübe, kühl und regnerisch ist.

Mittelwerte der Temperatur und relativen Feuchtigkeit im Luv- und Leegebiet
a) bei Südföhn in Altdorf vom 31. Januar bis 1. Februar 1869⁵⁾*)

	Station	Höhe m	Temperatur	rel. Feuchtigkeit
Luvgebiet	Bellinzona	229	+ 3,0°	80% Regen
	San Vittore	268	+ 2,5°	85%
	Airolo	1172	+ 0,9°	—
Leegebiet	St. Gotthard	2100	— 4,5°	—
	Andermatt	1448	+ 2,5°	—
	Altdorf	454	+ 14,5°	28% Föhn

Zwischen Bellinzona und Altdorf betrug
die Temperaturdifferenz $11,5^{\circ}$.
die Differenz d. rel. Feucht. 52% .

*) Die kleinen Ziffern im Text beziehen sich auf das Literaturverzeichnis.

b) bei Nordföhn in Castasegna am 8. Januar 1896¹⁶⁾

	Station	Höhe m	Temperatur	rel. Feuchtigkeit
Luvgebiet	Zürich	493	− 3,9°	100%
	Altdorf	454	− 1,5°	86%
	Bernhardin	2073	− 3,0°	—
Leegebiet	Julier	2237	− 11,0°	—
	Sils	1811	− 10,2°	89%
	Castasegna	700	+ 8,8°	32% Föhn

Zwischen Zürich und Castasegna betrug
die Temperaturdifferenz 12,7°
die Differenz d. rel. Feucht. 68%.

Während die Luftmassen beim leeseitigen Absinken komprimiert werden und sich infolgedessen dynamisch erwärmen, werden sie beim luvseitigen Aufstieg expandiert und dynamisch abgekühlt. Bei adiabatischem Verlauf beträgt diese dynamische Erwärmung bzw. Abkühlung für absolut trockene Luft und für je 100 m Fallstrecke bzw. Steighöhe theoretisch 1°, für feuchte Luft weniger, z. B. nur 0,5°. Bei feuchter Luft wird nämlich der Wert der dynamischen Erwärmung durch Verdunstungsvorgänge (Verdunstungskälte), der Wert der dynamischen Abkühlung durch Kondensationsvorgänge (Kondensationswärme) verringert. Wie verschieden sich die Vorgänge im Luv- und Leegebiet für trockene und feuchte Luft gestalten, wenn z. B. Luft von +10° luvseitig 2000 m aufsteigt und dann leeseitig wieder 2000 m absinkt, zeigt die folgende Tabelle:

		trockene Luft	feuchte Luft
Luvgebiet	} Temperatur in 0 m dynamische Abkühlung	+ 10°	+ 10°
		$20 \times 1^\circ = 20^\circ$	$20 \times 0,5^\circ = 10^\circ$
Temperatur in 2000 m		$+ 10^\circ - 20^\circ = - 10^\circ$	$10^\circ - 10^\circ = 0^\circ$
Leegebiet	} dynamische Erwärmung Temperatur in 0 m	$20 \times 1^\circ = 20^\circ$	$20 \times 1^\circ = 20^\circ$
		$- 10^\circ + 20^\circ = + 10^\circ$	$0^\circ + 20^\circ = + 20^\circ$

Bei absolut trockener Luft sind also die Vorgänge im Luv- und Leegebiet völlig symmetrisch. Das Lee- (Föhn-)Gebiet zeigt in 0 m keine höhere Lufttemperatur als das Luvgebiet in gleicher Höhe. Steigt aber feuchte Luft luvseitig auf, so sind die Vorgänge im Luv- und Leegebiet nicht mehr symmetrisch. Der in feuchter Luft enthaltene Wasserdampf wird durch die zunehmende Abkühlung beim Aufstieg kondensiert und als Wolken und Niederschlag ausgeschieden (Föhnwolken — Föhnmauer^{*)}). Durch diese Kondensation erfährt luvseitig aufsteigende feuchte Luft einen geringeren Wärmeverlust als luvseitig aufsteigende trockene Luft (im Beispiel 10°) und wird gleichzeitig auch relativ trocken, so daß ihre dynamische Erwärmung beim Absinken im Leegebiet der von trockener Luft mehr oder weniger gleichwertig ist.

*) Die durch die Kondensationsvorgänge im Luvgebiet bedingte Wolkenbildung läßt sich auch vom Lee-(Föhn-)Gebiet aus beobachten. Bei Föhn lagert auf den Kämmen meist eine riesige Wolkenbank: die Föhnmauer³⁰⁾.

4. Die relative Luftfeuchtigkeit bei Föhn (Föhntrockenheit)

Gleichzeitig mit der Erhöhung der Lufttemperatur vermindert sich die relative Luftfeuchtigkeit im Föhngebiet. Diese Erscheinung ist eine sekundäre Wirkung der Föhnwärme und nur durch sie bedingt. Das Föhnhyrogramm ist so meist angenähert ein Spiegelbild des Föhnthermogramms. Die geringe relative Feuchtigkeit und der meist gleichzeitige sehr geringe Staubgehalt der Föhnluft bedingen die außerordentliche Durchsichtigkeit der Luft bei Föhnwetter, die „Föhnlicht“, durch die die Berghänge und Käme, wie alle Gegenstände dem Auge scheinbar nähergerückt erscheinen und es schwer wird, die Entfernungen richtig abzuschätzen. Die Föhnluft, die aus staubfreien Höhen kommt, ist arm an Staubteilchen, die, tiefer temperiert, leicht zu Kondensationskernen, zu Trägern feinsten Wassertröpfchen werden und als Dunst die Durchsichtigkeit der Luft verringern. — Da der Feuchtigkeitsgehalt der Luft bei Föhn weit vom Sättigungszustand entfernt ist, so herrscht bei Föhn ein völlig heiterer Himmel oder nur eine schwache und teilweise Bewölkung. Auf den Kämen dagegen lagern dichte Wolkenmassen (Föhnmauer), verursacht durch die kondensierte Feuchtigkeit der im Luvgebiet aufsteigenden Luftmassen. — Niederschläge sind so bei Föhnwetter nicht zu erwarten; sie folgen jedoch meist dem Föhn, wenn auch nicht stets und nicht in jedem Föhngebiet. So leitet z. B. der Südföhn der Alpen meist eine Periode schlechten Wetters ein. Brechen nämlich nach Föhn kältere Luftmassen in das Föhngebiet ein, so schieben sich diese unter die warme Föhnluft, heben sie empor und bringen sie schnell in die Kondensationszone, oder aber es wird das Föhngebiet zu einem Tummelplatz wandernder Tiefs, die dann eine Regenperiode bedingen.

5. Beziehungen zwischen Föhn und Luftdruck

(Das Fallproblem — Föhndauer und Föhnhäufigkeit)

Es kommt im Föhngebiet nur dann zu ausgeprägter Föhnbildung, wenn große Luftmassen schnell und steil einfallen. Dieser „Fallvorgang“ ist eine Beobachtungstatsache; seine Erklärung soll im Folgenden versucht werden.

a) Was bedingt den Fallvorgang?

Die thermodynamische Föhntheorie von Hann erklärt die Entstehung der Wärme und Trockenheit des Föhns; sie deutet auch den bei Föhn herrschenden Temperatur- und Wettergegensatz beider Gebirgsseiten, gibt aber keine Erklärung für das Einfallen der Luft in die Föhntäler, für den „Fallvorgang“, sondern setzt ihn gleichsam als selbstverständlich voraus. Diese Frage nach den Ursachen des Herabsinkens der Luft in die Täler bezeichnet R. Billwiler jun.¹⁶⁾ als den Kern der Föhntheorie, und H. von Ficker²²⁾ bemerkt mit Bezug auf den Innsbrucker Föhn: „die Bedeutung der Frage: Was zwingt die Luft in die Täler? wird besonders sinnfällig, wenn man die spezifische Lage von Innsbruck betrachtet. Der Föhn weht durch das Silltal in das Inntal hinab und steigt dann jenseits des Inntales wieder auf. Warum weht der Föhn nicht in der Höhe vom Kamm der Zentralalpen auf kürzestem Wege zum Kamm der Nördlichen Kalkalpen?“

Die Luftmassen aus der Höhe können erst dann in das Föhntal einfallen, wenn die kalte Luft, die vor Föhnbeginn im Tale lagert, weggeräumt wird. Die treibende Kraft hierfür ist der Luftdruck; es kann nur bei entsprechender Luftdruckverteilung und bei genügend großen Luftdruckunterschieden zur Föhn-

bildung kommen. Die so verschieden sich gestaltenden Fälle einer für Föhnbildung günstigen Luftdruckverteilung lassen sich auf drei Haupttypen zurückführen. Doch gilt für diese Klassifikation dasselbe, was Billwiller¹⁶⁾ vom Bergeller Nordföhn sagt: „Es gibt wohl viele Föhnfälle, die man schlechthin nach diesem Schema rubrizieren kann, oft läßt sich dagegen ein Fall nicht mit Sicherheit einreihen und recht häufig zerfällt eine Föhnperiode in einzelne Phasen, von denen die erste den einen Typus repräsentiert, während die darauffolgende sich einem anderen nähert.“

Typus I*): Ein leeseitiges Tief, das sich im Gebirgsvorlande ausbildet oder am Gebirgsrand vorüberzieht oder sich dem Gebirge nähert, saugt die Luft aus dem Föhntale ab. Die abfließende Luft kann wegen der äußeren Struktur des Terrains nur durch Luftmassen ersetzt werden, die aus der Höhe in das Tal einfallen. Es entwickelt sich gleichsam ein „Luftfall“, der über die Kammlinie hinweg wie über ein Wehr in das Föhntal hinabstürzt.

Typus II):** Der Impuls für den Luftabfluß im Föhntal kann auch auf der Luvseite des Gebirges liegen. Durch ein luvseitiges Hoch, das sich dem Gebirge nähert, werden an den Luvhängen Luftmassen gestaut, dann über die Kammlinie gedrängt, und fallen leeseitig wegen ihres großen Überdruckes schnell in das Föhntal ein und verdrängen die hier lagernde kältere Luftschicht.

Typus III*):** Ein Tief auf der Leeseite und ein gleichzeitig sich ausbildendes Hoch auf der Luvseite bewirken eine leeseitige Abnahme und eine luvseitige Zunahme des Luftdruckes, wodurch der Abfluß der im Föhntal lagernden Luftschicht sich um so schneller vollzieht†).

Damit es zur Föhnbildung kommt, muß sich mit der günstigen Verteilung des Luftdruckes gleichzeitig eine genügende Luftdruckdifferenz einstellen. Der Gebirgswall „macht nämlich den horizontalen Austausch der Luftmassen bis zu einem gewissen Niveau — der Kammhöhe — unmöglich. Hat dann der barometrische Gradient eine bestimmte Größe erreicht, dann setzt der Föhn ein, der nichts anderes bedeutet, als ein Auslösen der zu groß gewordenen Druckdifferenz¹⁶⁾“. Die für die Föhnbildung notwendige Luftdruckdifferenz, der Föhngradient, ist aus den Wetterkarten nicht immer deutlich erkennbar. Die Isobarenkarten zeigen zwar außer der Verteilung des Luftdruckes auch die Luftdruckdifferenzen, aber nur für ein bestimmtes, meist tiefes Niveau, nicht aber für verschiedene Niveaus.

Die Bedingungen für den Luftabfluß im Föhngebiet sind, entsprechende Luftdruckverteilung und genügende Luftdruckunterschiede vorausgesetzt, um so eher gegeben, je günstiger das Föhntalgebiet für den Abfluß der Luft gelegen ist. Eine diesbezügliche günstige Tallage ist durchweg mehr bei **Quersals** bei **Längstälern** gegeben. Bei **Längstälern** strömen die quer zum Gebirgs-

*) Vgl. Nordföhn in Castasegna am 9. 1. 1896. — S. 21 u. Fig. 4.

**) Vgl. Nordföhn in Castasegna am 4. 1. 1899. — S. 21, Fig. 5.

***) Vgl. Südföhn in Innsbruck am 6. 12. 1910. — Fig. 3.

†) Es ist für den Fallvorgang nicht wesentlich, daß, wie von Wild¹²⁾ angenommen wurde, bereits lange Zeit vor Föhnbeginn ein heftiger Luftstrom vom Luvgebiet her die Käme überweht. So gibt es z. B. „wie Beobachtungen auf den nördlichen Voralpengipfeln, vor allem auf dem Säntis und Pilatus, lehren, Fälle von kräftig entwickeltem Nordföhn in den südlichen Alpentälern (vgl. Stauföhn S. 21), wo die Windrichtung nördlich der Alpen auch in größeren Höhen eine westliche bis südwestliche ist“¹⁶⁾. — Auch Beobachtungen bei Föhn in Innsbruck deuten darauf hin, daß bei einer Depression im Alpenvorlande Luft zuerst aus den Tälern abfloß, ehe noch eine Luftzirkulation über die Alpen hinweg sich einstellte. Dies ließ sich feststellen aus der Windrichtung, dem Temperaturanstieg, dem Gang der relativen Feuchtigkeit und der Beobachtung der Föhnmauer²³⁾.

kamme wehenden Luftmassen eher im Niveau der Kammgebiete weiter, ohne in das Tal einzufallen. Der Föhn tritt daher in den Längstätern zumeist weniger heftig auf als in den Quertälern. Ist aber für ein Längstal durch die Terrainlage ebenfalls ein schneller Luftabfluß bedingt, so tritt der Föhn auch hier ebenso heftig auf wie in einem Quertale. Ein Beispiel für ein Längstal mit häufigem und heftigem Föhnwind ist das Mairatal (Bergell), das in seiner Verbindung mit dem Inntal das größte Längstal der Alpen darstellt. Solange die im Föhntale lagernden Luftmassen nicht weggeräumt sind, weht der föhnerzeugende Luftstrom über die Kamm- und Gipfelgebiete hinweg, ohne in die Täler einzufallen. So beobachtete von Ficker²³⁾ auf dem Patscherkofel (1970 m) in den Nordtiroler Alpen S ü d wind, ohne daß im Silltal, Igls (874 m) und in Innsbruck (576 m) Föhn herrschte.

Der in das Föhntal einfallende Luftstrom — der sogenannte Fallwind — wird durch Luftmassen gespeist, die teils unmittelbar aus der H ö h e über dem Talhintergrund und über dem Kamm- und Gipfelgebiet, teils aus dem L u v - g e b i e t zuströmen. Da die Luft luvseitig nicht nur in den Talfurchen, sondern auch an den talfreien Hängen aufsteigt, so fällt sie auf der Leeseite nicht nur durch die Paßlücken, sondern auch über alle Käme und Hänge, die den leeseitigen Talhintergrund umschließen, in das Föhntal ein. Deshalb kann für eine theoretische Abschätzung der Föhnwärme aus der Größe der Fallstrecke nicht nur die Niveaudifferenz zwischen Föhnstation und Paßhöhe maßgebend sein.

Die für Föhn günstigen Luftdruckverhältnisse stellen sich ganz unregelmäßig und relativ selten ein. Daher ist der Föhn eine nicht allzuhäufige und eine unperiodische Wettererscheinung. Einmal folgen sich die Föhnfälle schnell, einmal erst nach Unterbrechung von Wochen, ja Monaten. Die Dauer des Föhns ist ebenfalls sehr wechselvoll; er weht ein bis mehrere Tage, selbst eine Woche lang, manchmal aber auch nur einige Stunden; sehr häufig ist er auch intermittierend. Wann der Föhn eintritt und wie lange er dauert, ist nicht berechenbar. Sein Auftreten läßt sich wohl einige Zeit, wenn nicht voraussagen, so doch vermuten, da Wetterzeichen (Druckverteilung — Ausbleiben des Talwindes) nicht selten bereits vorher auf ihn hindeuten³⁷⁾. Der Föhn tritt auch nicht in allen Tälern eines Föhngebietes immer gleichzeitig auf. Oft herrscht in einem Tale Föhn, während ein anderes Tal noch föhnlos ist.

b) Wie vollzieht sich der Fallvorgang?

Beobachtungen haben gezeigt, daß das Einfallen der Luftmassen in die Föhntäler in einzelnen Phasen fortschreitet, die sich nicht selten in solchen Zeitintervallen ausbilden, daß deutlich zu verfolgen ist, wie der Fallstrom von oben nach unten und vom Talhintergrund zum Talausgang hin fortschreitet. So weht der Föhn in der Höhe eher als im Tal, in gleichen Niveaus aber fast zu gleicher Zeit. Diese Erscheinung findet eine einfache Erklärung durch die verschiedene Windgeschwindigkeit in den verschiedenen Niveaus, die wieder abhängig ist von der Gradient-Intensität und der Terrainstruktur. Die Erfahrungstatsache, daß bodenfernere Luftschichten durchweg größere Geschwindigkeit haben als bodennähere, ist begründet in der verschiedenen Größe der Hemmungsfaktoren. Diese sind für bodennähere Luftschichten größer als für bodenfernere wegen der Reibung an der Erdoberfläche, die gerade im Gebirge wegen der größeren Terrainhindernisse (Felsen, Einschnürungen, Talwindungen, Wald) erheblich wächst, und wegen der größeren Masse der bodennäheren Schichten infolge des komprimierenden Druckes der überlagernden Luft. Die Beziehung zwischen

Fallvorgang und Windgeschwindigkeit in den einzelnen Niveaus erläutert die schematische Profilzeichnung Figur 2.

Im Lee-(Fall-)Gebiet geraten die hier ursprünglich lagernden kalten Luftmassen in Bewegung und zwar vom Talhintergrund zum Talausgang hin, sei es durch die Aspiration eines leeseitigen Tiefs, durch den Druck eines luvseitigen Hochs oder durch Zusammenwirken beider Faktoren. Wegen der verschiedenen Windgeschwindigkeit in den einzelnen Niveaus fließen die bodenferneren Luftschichten nun *schneller* ab als die bodennäheren. Der Luftabfluß und somit auch der Luftersatz durch Einfall von Luftmassen aus der Höhe und aus dem Luvgebiet muß sich also zunächst in der Höhe und im Talhintergrund

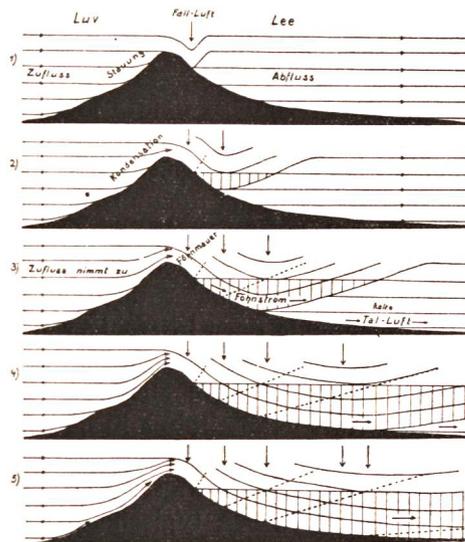


Fig. 2) Fallvorgang bei Föhn und Windgeschwindigkeit

einstellen. Während in den höheren Niveaus die kühle Talluft bereits durch die warme Fall-Luft ersetzt ist, sind die tieferen Talzonen noch von kalten Luftmassen erfüllt und föhnlos. Die verschiedene Windgeschwindigkeit der einzelnen Luftschichten bedingt, daß die Grenzfläche zwischen kalter Talluft und der darüber wehenden warmen Föhnströmung sich allmählich neigt, bis sie sich der gesamten Talsohle anschmiegt; dann erst ist das ganze Tal vom Föhnstrom erfüllt. „So verschwindet bei Föhn die Kaltluftschicht allmählich. Sie fließt infolge des Druckgefälles talauswärts ab und wird gleichzeitig von der darüber wehenden Föhnströmung aufgerollt, indem an der Grenzfläche der Schichten Mischung und Massenaustausch einsetzen, durch den die Schicht von oben aufgezehrt wird. Dieser Vorgang ist um so wirksamer, je größer die Bewegungs-Energie und auch die Böigkeit der oberen Föhnströmung ist³⁴⁾.“ Es wird so verständlich, wie sich der Föhn meist so entwickelt, daß er *allmählich* in das Tal hinabsteigt, dabei aber in mehr oder weniger gleicher Niveauhöhe *gleichzeitig* weht, so daß Zonen höheren Niveaus, die weiter zum Talausgang oder gar im Vorgelände gelegen sind, bereits Föhn (Höhenföhn) aufweisen können, wenn das eigentliche Föhntal noch nicht völlig vom Föhn (Bodenföhn) durchweht wird. Es muß eben in den tieferen Tallagen zuerst die kalte Bodenschicht weggeräumt werden, ehe der Föhn die tiefsten Stellen der Talsohle bestreichen kann.*) Mit dem Einbiegen der Föhnströmung in das Talgebiet bildet sich allmäh-

*) „Die unregelmäßige Grenzzone, an welcher kalte und warme Luft am Boden aufeinander-

lich eine kontinuierliche Strömung aus, die luvseitig aufsteigend und leeseitig absinkend das gesamte Gebirgsprofil umfließt (stationäres Föhnstadium). — Wenn der Föhn nur kurze Zeit dauert oder sich nicht voll entwickelt, so bleiben die tiefer gelegenen Stellen föhnlos. Wenn der Föhn erlischt, indem eine ihm entgegenwirkende kalte Luftströmung einsetzt, so schiebt sich diese wegen ihrer Schwere keilförmig unter den warmen Föhnstrom und hebt ihn allmählich höher, bis ein weiterer Fall der Luftmassen nicht mehr möglich ist. Geschieht dies in Phasen, die sich nicht allzuschnell folgen, so läßt sich oft deutlich beobachten, wie der Föhn im Tal bereits erloschen ist, während er in der Höhe noch weht.

6. Gradientföhn — Anticyklonalföhn — Bergwind

Bei entsprechender Luftdruckverteilung kann es auch ohne ausgesprochenen Gradienten zu Föhnwirkungen kommen, wenn über dem Gebirge eine Anticyklone lagert, aus deren zentralem Teil die Luft ruhig in die Täler absinkt. Da die so absinkenden Luftmassen ebenfalls dynamisch erwärmt werden, so können auch sie den Tälern föhnartige Wärme und Trockenheit bringen. Diese Erscheinung wird im Gegensatz zu dem stürmischen Föhnwind, dem *G r a d i e n t f ö h n*, *A n t i c y k l o n a l f ö h n* genannt. Anticyklonalföhnerscheinungen treten gelegentlich auch im Flachlande oder in weniger tiefen, weiten Talkesseln auf, wo der typische Föhn, der Gradientföhn, gänzlich fehlt, wenn über solchen Gebieten der Kern eines bedeutenden barometrischen Hochs lagert. Doch sind Wärme und Trockenheit des Anticyklonalföhns in den eigentlichen Föhntälern, wo er ja außer dem Gradientföhn auch auftreten kann, viel größer und auffälliger, weil hier, infolge der äußeren Terrainstruktur, die dynamische Erwärmung weniger kompensiert wird. In den typischen Föhntälern geht der Anticyklonalföhn oft dem Gradientföhn voraus (Anticyklonalstadium) oder er folgt ihm. Demnach gibt es in den typischen Föhngebieten alle Übergänge vom stürmischen Föhnwind bis zum kaum merklichen Absinken föhniger, warmtrockener Luft aus dem Kern einer Anticyklone⁵⁾. Der Anticyklonalföhn ist nicht die *t y p i s c h e* Föhnerscheinung, durch die ein Gebiet zum Föhngebiet wird. Als typische Föhngebiete können nur Talgebiete gelten mit relativ großen Niveaudifferenzen (von etwa 800 m an aufwärts), in welchen der Gradientföhn auftritt. Der Gradientföhn ist im Gegensatz zum Anticyklonalföhn eine typische *W i n d*erscheinung, nämlich eine deutlich wahrnehmbare, nach „Richtung und Geschwindigkeit bestimm- und meßbare Bewegung von Luftmassen längs der Erdoberfläche hin und durchweg parallel zu derselben“^{*)}.

In allen Gebirgsländern macht sich, wenn nicht heftigere, allgemeine Luftströmungen bestehen, bei Tage ein tal- und hangaufwärts gerichteter Talwind, bei Nacht ein tal- und hangabwärts wehender *B e r g w i n d* bemerkbar. Von

treffen, heißt *F ö h n f r o n t*. Hier sind Verdrängung und Aufrölung der kalten Luftschicht am größten. — Die ambulanten Mischungsvorgänge, welche sich vorzüglich an der Föhnfront und in freier Atmosphäre an der Grenzschicht entwickeln, machen die Luftbewegung bei Föhnsturm äußerst unregelmäßig. Es wechseln meist Windstöße von orkanartiger Kraft mit kurzen Pausen fast völliger Windstille miteinander ab. Der Föhn zeigt somit eine starke Böigkeit, die z. B. den Fischern des Bodensees und den Fliegern wohl bekannt ist. Außerdem geben Wirbelbildung an Berghindernissen, Beschleunigungen an Hängen und in Tälern der Föhnströmung noch eine Wirbelstruktur. Böigkeit und Wirbelstruktur sind ausgeprägte Eigenschaften des Föhns, durch die er zum gefürchtetsten Sturmwind wird³⁴⁾.“

*) Der Begriff „Wind“ ist hier definiert in Anlehnung an die Auffassung Hanns⁸⁾.

dem nächtlichen Bergwind wäre, da er wie der Föhn talabwärts weht, föhnartige Wärme und Trockenheit zu erwarten. Dies ist jedoch keineswegs der Fall, vielmehr macht sich der Bergwind gewöhnlich gerade fühlbar wegen seiner niedrigen Temperatur und verbreitet im Talgebiet oft auf große Entfernung hin eine merkliche Abkühlung. Auch tritt der Bergwind im Gegensatz zum Föhn periodisch auf; er weht, ruhiges, heiteres Wetter ohne übermächtige allgemeine Luftströmung vorausgesetzt, regelmäßig bei Nacht talabwärts. Der Föhn dagegen tritt relativ selten und weder regelmäßig noch periodisch auf; er weht sowohl am Tage als auch in der Nacht und oft ununterbrochen oder doch mit nur kurzen Pausen Tage und Nächte hindurch. Wie in seinen Eigenschaften, so unterscheidet sich der Bergwind auch seiner Entstehung nach wesentlich vom Föhn. Tal- und Bergwind sind zwar wie der Föhn durch die äußere Struktur des Terrains bedingt, doch sind die den Tal- und Bergwinden günstigen Luftdruckverhältnisse denen bei Föhn gerade entgegengesetzt. Bei Föhnlage sind die allgemeinen, durch große Gradienten bedingten Luftdruckverhältnisse *l a b i l* und drängen auf schnellen und intensiven Ausgleich der großen Druckdifferenzen; Tal- und Bergwind stellen sich dagegen nur ein, wenn die allgemeinen Luftdruckverhältnisse *s t a b i l* sind. Nur dann können sich die geringen *l o k a l e n*, durch die äußere Terrainstruktur bedingten Druckunterschiede*), die den Tal- und Bergwind bedingen, auswirken, während sie bei Föhnlage gänzlich unterdrückt werden. Daher bleibt bei Föhn der tägliche Windwechsel zwischen Tal- und Bergwind aus; das Ausbleiben des Talwindes ist für die Gebirgsbewohner geradezu eine populäre Wetterregel für das Eintreten des Föhns.

Obschon den Luftmassen des talabwärts gerichteten Bergwindes ebenfalls beim Absinken dynamisch Wärme zugeführt wird, bleiben sie doch mehr oder weniger kalt. Die Luft des Bergwindes stammt von den Höhen, wo sie durch die besonders in der Nacht sehr große Wärmeausstrahlung stark abgekühlt wird. Die Luft, die den Föhn speist, kommt dagegen teilweise auch aus dem im Gegensatz zu den Höhen viel wärmeren Luvgebiet und wird hier auch beim Anstieg in ihrer Abkühlung (Kondensation s. S. 11) gehemmt. Die Luft des Bergwindes ist daher in den Höhen, wo selbst bei Föhn die dynamische Erwärmung meist unwirksam bleibt, noch soviel kälter als die Föhnluft, daß sie die ihr beim Absinken dynamisch zugeführte Wärme auf ihrer ganzen Fallstrecke, also im ganzen Talgebiet, mehr oder weniger kompensiert. Außerdem wird auch noch durch die relativ hohe Feuchtigkeit**) (Verdunstungskälte s. S. 11) und die geringere Geschwindigkeit (kleine lokale Gradienten) des Bergwindes der Temperaturausgleich im Gegensatz zum Föhn sehr begünstigt. Der Bergwind ist deshalb, wenn auch seine ursprüngliche Kälte durch die ihm dynamisch zugeführte Wärme gemildert wird, doch kein föhnartig warmer, sondern ein kalter Wind.

*) Wenn auch feststehen dürfte, daß Tal- und Bergwind eine auf das Talterrain und die unmittelbar darüber lagernde Luftschicht beschränkte, zwischen Talniederung und Höhe zirkulierende Konvektionsströmung ist, die am Tage talaufwärts, in der Nacht talabwärts gerichtet ist, so sind doch hinsichtlich der Entstehung der lokalen Druckdifferenzen, die den periodischen Wechsel von Tal- und Bergwind bedingen, die Meinungen verschieden. (Fournet: *Des brises de jour et nuit autour des montagnes*, Ann. chim. et phys. 74—1840; Hann: *Zur Theorie der Berg- und Talwinde*, Met. Z. 1879; Hann: *Lehrbuch der Meteorologie*, Leipzig 1915; Wenger: *Zur Theorie der Berg- und Talwinde*, Met. Z. 1923.)

**) „Den periodischen Berg- und Talwinden entspricht auch eine periodische Wanderung der Feuchtigkeit von der Tiefe in die Höhe und zurück. Bei diesen Winden handelt es sich also nicht wie bei Föhn um relativ trockene Luftmassen aus größeren Höhen über den Kämmen oder aus dem Luvgebiet, sondern um Luft, die, mit relativ großer Feuchtigkeit beladen, zwischen Höhe und Tiefe hin und her pendelt“³²⁾.

II. T E I L

F ö h n e r s c h e i n u n g e n

v e r s c h i e d e n e r F ö h n g e b i e t e

1. Der Föhn in den Alpen*)

Die Alpen sind das am besten bekannte Föhngebiet und dem Südföhn der Schweizer Alpen galten die ersten wissenschaftlichen Untersuchungen des Föhnphänomens. Die volkstümliche Bezeichnung des Föhns ist in den einzelnen Föhngebieten der Alpen verschieden. Der Volksmund nennt ihn im Reußtale (Kanton Uri) den „stärksten Urner“, im Kanton Glarus den „stärksten Glarner“; in Innsbruck heißt er „Scirocco“ und auch „Türkenwind“, weil er das Reifen des Mais (Türken) fördert; in Kärnten wird er „Jauk“, in Tragöß (Steiermark) „Almenwind“ oder „Almenwetter“ genannt; im Pinzgau heißt er „Tauernwind“; im Tessin und an den oberitalienischen Seen nennt man ihn ebenfalls „Scirocco“ oder auch „Tedesco“; in den Wetterberichten von Bellinzona führt er auch die Bezeichnung „Vento favonio“¹⁶⁾.

Typische Einzelfälle

1. Südföhn im Silltal und in Innsbruck vom 2. bis 5. Februar 1904

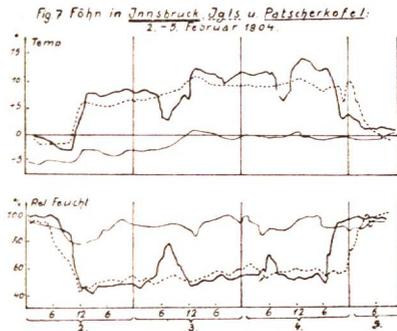
Innsbruck (573 m ü. d. M.) liegt im breiten Inntale, da, wo das am Brennerpaß (1362) entspringende Silltal einmündet. Das Inntal, das hier durchweg von Westen nach Osten verläuft, wird im Norden von den 2500 m hohen Kämmen der Nördlichen Kalkalpen, im Süden von der noch höheren Zentralkette der Alpen umsäumt. Das von Süden nach Norden gerichtete, tief eingerissene Silltal stellt eine Hauptföhnstraße dar**).

Als Beispiel für die Luftdruckverteilung bei Föhn in Innsbruck, wie für jeden alpinen Südföhn, kann die Isobarenkarte vom 6. XII. 1910 (Taf. I, Fig. 3) gelten. Ein Hoch nördlich vom Schwarzen Meere und ein Tief über Irland und dem Atlantischen Ozean bedingen eine intensive Gradientausbildung zwischen der Nord- und Südseite der Alpen. Ein Keil hohen Luftdrucks (760 mm = Isobare) schiebt sich an den Südrand der Alpen (Föhnnase). Hier kommt es an den Hängen zu Luftstauungen, während gleichzeitig die nördlich gerichtete Luftströmung, auf der Vorderseite des Tiefs, die Luft aus den nördlichen Alpen-

*) Der Alpenföhn (Winter-Südföhn der Ostalpen) ist ausgezeichnet geschildert von H. von Ficker (Zeitschr. d. D. u. Ö. Alpenvereins 1912 — ²²⁾, vgl. auch ³³⁾.

**) „Anderen Föhnstraßen gegenüber erscheinen für Innsbruck die Verhältnisse kompliziert, da sich der südlichen Föhnströmung im Norden eine zweite hohe Bergkette mauerartig entgegenstellt. Diese geographische Lage von Innsbruck ist für die Bildung von Föhnpausen ungemein günstig. Ein kontinuierlicher Luftstrom ist selten; heftige Windstöße, die überall in bald kürzeren, bald längeren, oft sehr unregelmäßigen Intervallen folgen, zeichnen den Innsbrucker Föhn aus“²³⁾.

tälern absaugt. (Typus III, S. 13). Die Luftmassen über dem Südhang der Alpen fallen mit großer Intensität in die Täler der Nordseite ein und bringen hier den Föhn. „Der alpine Südföhn erscheint so als eine Modifikation der Südwinde auf der Vorderseite (Ostseite) einer jeden Barometerdepression, die von Westen nach Osten vor der Nordseite der Alpen vorüberzieht²²⁾.“



Die Morgenbeobachtung in Innsbruck am 2. Februar ließ den zwei Stunden später ausbrechenden Föhn nicht erwarten, denn der Luftdruck war um 2,4 mm gestiegen, während sich in Innsbruck der Föhnbeginn meist durch Fallen des Luftdrucks anzeigt. Die Temperatur stieg bei diesem Föhn in Innsbruck in drei Stunden um fast 10° , die rel. Feuchtigkeit sank in derselben Zeit um 40 % (Diagramm Fig. 7). In dem 298 m höher gelegenen Igls (874 m), wo der Föhn eine Stunde eher als in Innsbruck begann, waren Temperaturanstieg und Feuchtigkeitsverminderung etwas geringer. Die Lufttemperatur erreichte in Innsbruck und Igls ihren Maximalwert nicht am ersten, sondern am zweiten und dritten Föhntage*). Die normale tägliche Temperaturamplitude ist während der Föhndauer gänzlich verwischt. In Innsbruck war im Gegensatz zu Igls der Föhnverlauf gestört; dies kommt in dem Diagramm deutlich zum Ausdruck. Dem Föhn, der in Innsbruck sechs Stunden eher endete als in Igls, folgte starker Bodennebel, während in der Höhe die Föhnströmung, wenn auch nur als schwacher Südwind, noch fort dauerte. — Während die barometrische Depression allmählich nach Osten wandert, gelangt das Alpengebiet in den Bereich der kaltfeuchten nördlichen und westlichen Winde auf der Rückseite (Westseite) der Depression. Damit erlischt dann der Südföhn in den Nordalpen; der kältere Nord- oder Nordwestwind schiebt sich unter die warme Föhnströmung, bis er die nordalpinen Täler ganz erfüllt und durch Kondensationsvorgänge beim Aufstieg an den Alpenhängen mit Regen oder Schnee schlechtes Wetter bringt**). Innerhalb einer fünfundzwanzigjährigen Beobachtungszeit (1870—1894) traten in Innsbruck nach 75 % aller Südföhnperioden Niederschläge ein; ihr Betrag war 16 % der Gesamtniederschlagssumme³⁶⁾.

*) „Diese Tatsache läßt den Schluß zu, daß die Erwärmung zuerst durch Ansaugung der Luft über dem Alpenkamm erzeugt wurde; erst allmählich wurden auch die Luftmassen der Südseite in die Zirkulation einbezogen²³⁾.“

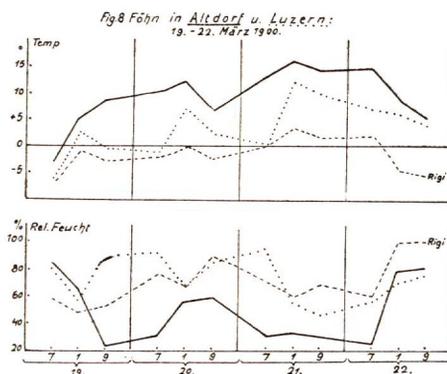
***) „Mit solchen Einbrüchen kalter Luft ist im nördlichen Alpengebiet immer ein vollkommener Witterungswechsel verbunden. Die kalte Luft bewegt sich häufig mit Sturmgeschwindigkeit. Man hat dann oft Nord- oder Weststürme in den Tälern, Südstürme in der Höhe“²²⁾.

„Bleibt das Depressionszentrum stationär, und füllt sich durch Einwirkung einer im Osten gelegenen Hochdruckzone aus, was nicht selten ist, oder bewegt sich in retrograder Richtung westwärts fort, so bleiben die Niederschläge nach Föhn aus“³²⁾.

2. Südföhn in den Schweizer Alpen vom 19. bis 22. März 1900

	Föhnstation	Höhe m	Maximum der Föhntemperatur	Minimum der rel. Feuchtigkeit
Reußtal	Göschenen	1110	6,8°	40 ‰
	Altdorf	450	15,7°	23 ‰
	Luzern	451	12,2°	45 ‰
Aaretal	Guttannen	1070	4,4°	48 ‰
	Meiringen	600	14,9°	32 ‰
Linthtal	Elm	961	11,6°	34 ‰
	Glarus	482	15,8°	38 ‰
	Zürich	493	13,0°	47 ‰
Rhonetal	Brig	678	11,1°	41 ‰
	Clarens	380	13,5°	57 ‰
	Genf	405	7,4°	59 ‰

Die mittleren Talgebiete (Altdorf—Meiringen—Glarus) haben die höchsten Temperaturwerte. An den Talausgängen (Luzern—Zürich—Genf) ist die Temperatur geringer. So ist Altdorf während des Föhns wärmer und trockener als Luzern. Die maximale Temperaturerhöhung beträgt in Altdorf 10,9° ü. d. Monatsmittel und 18,7° über der zuletzt vor Föhn gemachten Terminbeobachtung.

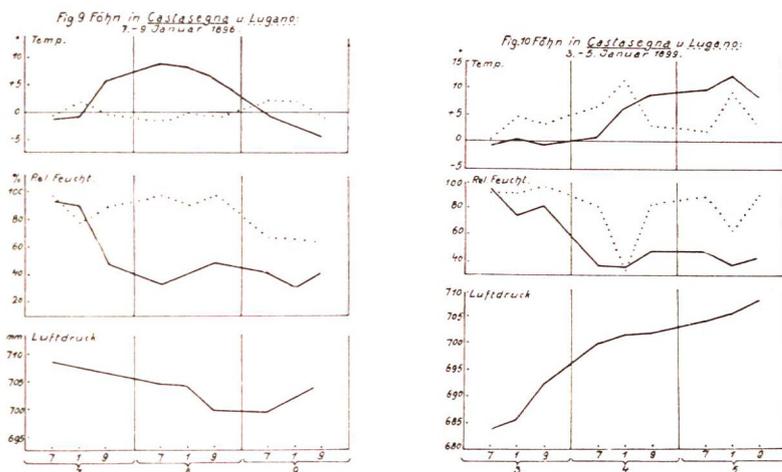


3. Nordföhn im Bergell

Das Bergell ist ein typisches Stufental, das sich in sechs Stufen vom Maloja- paß in südwestlicher Richtung bis Chiavenna erstreckt, wo der Talfluß (Maira) sich nach Süden wendet, um nach kurzem Lauf den Nordarm des Comer Sees zu erreichen. Das Gefälle beträgt von der oberen Stufe, dem Talboden Casaccia (1460 m) bis Chiavenna (320 m) 1140 m auf eine Entfernung von 18 km, d. h. ziemlich genau 6%. Das tiefeingeschnittene Tal ist zur linken Seite von den schroffen Granitwänden der Albignagruppe, zur Rechten von dem weniger steilen Nordhang (mittlere Kammhöhe 2800 m — höchste Erhebung 3113 m) abgeschlossen. Den hinteren Talabschluß bildet der Steilabsturz des Maloja. Die Straße steigt hier vom Talboden des Bergell in zwölf Kehren den Hang hinauf zur Paßhöhe Maloja-Kulm (1811 m), von der sich das Tal des Oberengadin in unmerklicher Senkung (kaum $\frac{1}{2}$ %) zum Silser See (1802 m) hinzieht.

Föhn in Castasegna und Lugano vom 7. bis 9. Januar 1896

In der Nacht vom 7. auf den 8. Januar rückt ein Tief über Italien und dem Mittelmeer näher an den Südfuß der Alpen heran und über dem Golf von Genua bildet sich eine tiefe Depression. Der Gradient über dem Alpengebiet erreicht am 9. Januar (Isobarenkarte Figur 4, Tafel I) zwischen St. Gallen und Castasegna (Niveau 702 m) mit 7,1 mm seinen Höchstwert. Am Nachmittag des 7. Januar zeigen sich in Castasegna die ersten Föhnzeichen (Diagramm Fig. 9). Auch im



oberen Tessintale herrscht Föhn; der ganze Kanton Tessin hat im Gegensatz zur Poebene wolkenlosen Himmel. Am Mittag des 8. Januar stürmt der Föhn auch in Airolo und hat abends in Rivera (475 m) sogar die Intensität 5. In der Nacht zum 9. Januar erreicht der Föhn auch Lugano und Locarno. Am 9. Januar flaute der Föhn in Castasegna ab; die Temperatur sank während des ganzen Tages. — Der Luftdruck nahm in Castasegna während der ganzen Föhndauer ab und stieg erst wieder am Morgen des 9. Januar.

Föhn in Castasegna vom 3. bis 5. Januar 1899

Dieser Nordföhn wurde nicht durch Ausbildung oder Annäherung einer Depression im Süden der Alpen, sondern durch Annäherung einer Hochdruckzone an den Nordrand der Alpen veranlaßt. (Isobarenkarte Fig. 5, Taf. I.) „Dieser Föhntypus (Stauföhn), der recht häufig vorkommt, ist dem Südhang der Alpen eigentümlich und fehlt auf der Nordseite¹⁶⁾.“

In der Nacht vom 3. auf den 4. Januar ist der Gradient zwischen dem nördlichen und südlichen Alpenvorland steil genug geworden, um auf den tessinischen Stationen allgemein Föhn einzuleiten. Diesmal zeigt sich der Föhn nicht zuerst in Castasegna (Diagramm: Fig. 10), sondern weht eher in Lugano, Locarno, Bellinzona und Comprovasco. Noch am 3. Januar fielen in der Nordschweiz und auch am Südhang der Alpen Niederschläge in Form von Schnee bis nach Lugano hinunter. Am 4. Januar erreicht in Lugano die Föhntemperatur ihren Höchstwert. In Castasegna zeigt sich erst am Morgen, und in Braggio erst am Mittag des 4. Januar Föhn, allerdings dann gleich mit ungewöhnlicher Intensität, die nur noch in Airolo übertroffen wird. Am Nachmittag des 4. Januar

ist der Föhn im ganzen Gebiet des Kantons Tessin entwickelt; die Bewölkung nimmt rasch ab und am späten Nachmittag ist der Himmel hell.

Anticyklonal-Föhn in Castasegna am 7. Februar 1896

Außer dem eigentlichen Föhnwind, dem Gradientföhn, zeigt sich in Castasegna häufig ein föhnartiges Niedersinken der Luft aus einer Anticyklone. Einen solchen Anticyklonalföhn brachte die Wetterlage des 7. Februar 1896 (Isobarenkarte Fig. 6, Taf. I). Auf der Nordseite der Alpen lagert bei Hochnebelwetter (Höhe des Nebelmeeres zwischen Alpen und Jura durchschnittlich 700 m) mit einer für diese Jahreszeit seltenen Konstanz der Kern eines barometrischen Maximums. Die langsam absteigenden Luftmassen des zentralen Teils dieser Anticyklone treffen den Südrand der Alpen und bewirken hier in den engen, isolierenden Talgebieten bei kaum merklicher Luftbewegung eine föhnartige Wärme und Trockenheit. Castasegna hat wie der ganze Südfuß der Alpen klaren, wolkenlosen Himmel und trotz seiner höheren Lage eine um fast 5° höhere Tagestemperatur als Lugano; die relative Feuchtigkeit beträgt in Castasegna durchschnittlich 40%. Zuweilen verstärkt sich dieser Anticyklonalföhn zu Föhnstößen und geht bei merklichem Wachsen des Gradienten Basel—Lugano in den eigentlichen NE-Föhn, einen Gradient-Föhn, über.

4. Nordföhn in Tragöß

Das wannenförmige Talbecken von Tragöß in den Ostalpen (Steiermark) erstreckt sich in einer Länge von 6—7 km vom Fuße des 2000 m hohen, durch keine Paßlücke unterbrochenen Plateaus des Hochschwab nach SSE hin. Es ist gegen W und NE durch 1600—2000 m hohe, meridional verlaufende Gebirgszüge abgeschlossen und „für die Entstehung und Beobachtung des Nordföhns wie geschaffen²⁹⁾).

Der Nordföhn vom 19. bis 20. Dezember 1897 brachte Oberort (750 m) im Tal von Tragöß folgende Temperatur- und Feuchtigkeitsveränderungen:

	Temperaturerhöhung	Verminderung der rel. Feuchtigkeit
19. Dez.	13,3° (von -9,5° auf +3,8°)	23% (von 90% auf 67%)
20. Dez.	8,8° (von -7,5° auf +1,3°)	44% (von 92% auf 48%)

Geographische Verbreitung der Föhngebiete in den Alpen*)

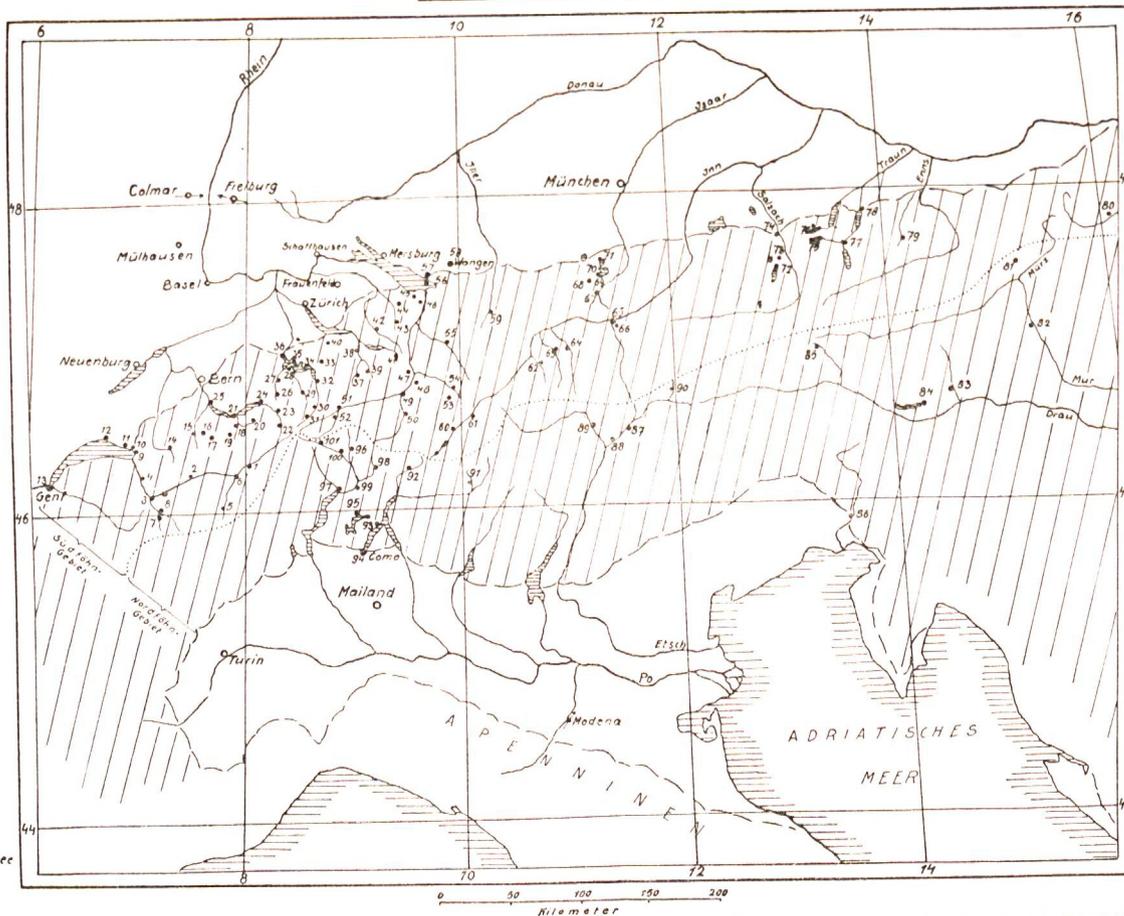
Das Hauptgebiet des Alpenföhns lehnt sich unmittelbar an die Hauptalpenkette an. Hier tritt der Föhn besonders in denjenigen Talstrecken oft und heftig auf, die von Norden nach Süden verlaufen. In diesen Quertälern wird der Föhn nicht selten zum verheerenden Orkan. Da der Föhn der Talrichtung folgt, so weht er auch in den von Westen nach Osten verlaufenden Längstälern, doch meist mit geringerer Heftigkeit. So tritt in dem westöstlich gerichteten Teile des Aaretals von Brienz bis Thun und im Rhonetale von Brig bis Martigny der Föhn weniger heftig auf, während er im westöstlich gerichteten Mairatale (Bergell) dieselbe Stärke zeigt wie in den ausgesprochenen Quertälern z. B. der Rhone von Martigny bis zum Genfer See, des Rheines von Chur bis zum Bodensee, der

*) Siehe Föhnkarte der Alpen.

Föhnkarte der Alpen.

Südföhn-Stationen

- 1 Brig
- 2 Sitten
- 3 Martigny
- 4 Bea*
- 5 Zermatt
- 6 Visp
- 7 Orsières
- 8 Sembrancher
- 9 Montreux
- 10 Clavens
- 11 Vevey
- 12 Lausanne
- 13 Genf
- 14 Saanen
- 15 Zweisimmen
- 16 Frutigen
- 17 Kandersteg
- 18 Lauberbrunn
- 19 Murren
- 20 Grindelwald
- 21 Interlaken
- 22 Gullmatten
- 23 Mayringen
- 24 Brienz
- 25 Thun
- 26 Lungern
- 27 Sarnen
- 28 Siens
- 29 Engelberg
- 30 Wassen
- 31 Göschenen
- 32 Allerod*
- 33 Schwyz
- 34 Gersau
- 35 Weggis
- 36 Luzern
- 37 Interlaken*
- 38 Glarus*
- 39 Elm
- 40 Einsiedeln
- 41 Sargans
- 42 Wolfwil
- 43 Appenzell
- 44 St. Gallen
- 45 Trogen
- 46 Altstätten*
- 47 Rogaz
- 48 Chur*
- 49 Reichenau
- 50 Tousis*
- 51 Disentis
- 52 Platta*
- 53 Davos
- 54 Closters*
- 55 Bludenz*
- 56 Lindau* Bodensee
- 57 Langenargen*



- 58 Wangen
- 59 Oberstdorf
- 60 Bevers
- 61 Sils
- 62 Korns
- 63 St. Leonhard
- 64 Längenfeld
- 65 Jinsbruck*
- 66 Igls
- 67 Mittenwald*
- 68 Perlenkirchen*
- 69 Walrhensee*
- 70 Urfeld*
- 71 Schledorf*
- 72 Königssee*
- 73 Berchtesgaden*
- 74 Salzburg*
- 75 Sr. Jilgen*
- 76 Scharfling*
- 77 Ischl*
- 78 Gmunden*
- 79 Spital am Pyhrn*
- 80 Wiener-Neustadt*

Nordföhn-Stationen

- 81 Tragöss*
- 82 Grätz*
- 83 Sr. Andra*
- 84 Klagenfurt*
- 85 Maltein*
- 86 Gorz*
- 87 Brizen*
- 88 Boxen*
- 89 Meran*
- 90 Taufers*
- 91 Brusio*
- 92 Castasegna*
- 93 Villa Carlotta*
- 94 Corno*
- 95 Lugano*
- 96 Comprovasco*
- 97 Locarno*
- 98 Braggio*
- 99 Bellinzona*
- 100 Faida*
- 101 Airolo*

* Föhnstationen, die von Berndt (Übersichtskarte des Schweizerischen Föhngebietes) als Hauptföhnstationen bezeichnet werden.

o Stationen, die nicht in den eigentlichen Föhnältern liegen, sondern im Gebirgsvorlande, wo die Föhnwirkungen zeitweilig noch deutlich verspürt werden.

Reuß von Göschenen bis Gersau und der oberen Aare von Guttannen bis Meiringen. — Seltener zeigt sich ein ausgeprägter Föhnwind im Hochtal von Davos (1000—1286 m) mit seiner ebenen, breiten, von schwachgeneigten Berglehnen umschlossenen Talsohle^{13 u. 32}). Auch im Oberengadin ist der Föhn seltener und weniger heftig; nur die nördlichen Winde haben schwachen Föhncharakter; Sils und Davos haben zuweilen gleichzeitig Föhnmerkmale bei föhnartigem Niedersinken der Luft innerhalb einer Anticyklonale (Anticyklonal-Föhn). Solche Wetterlagen bringen dem Oberengadin größte Lufttrockenheit; die relative Feuchtigkeit betrug am 21. Oktober 1890 in Sils 17%, in B e v e r s 11%. Der Temperaturanstieg ist dann bei dem hellen und windstillen Wetter in diesem Hochtal sehr groß, so in B e v e r s am 30. Oktober 1897: 21° (von -8° auf +13°).

„Mit der Entfernung von der Hauptalpenkette nimmt der Föhn an Stärke ab. Im größten Teile des schweizerischen Mittellandes und im Jura wird er meist nur noch durch eine geringe Temperaturerhöhung und Abnahme der relativen Feuchtigkeit, doch seltener als bewegende Kraft wahrnehmbar. Im Züricher Becken macht sich der typische Föhn, wenn er in die Niederung hindringt, zwar noch als heftiger SE („Glarner Wind“) bemerkbar³²).“ Von der Bodensee-Rheinmündung kann der Föhn 70—80 km nach Norden vorstoßen*). In der südlichen Rheinebene reicht die Wirkung des Alpenföhns zuweilen bis über Straßburg hinaus⁵¹); die Wärme nimmt dann regelmäßig in der Richtung von Süden nach Norden langsam ab.

Temperaturen bei Alpenföhn:

	23. Dez. 1909	8. Dez. 1914	11. Dez. 1915
Basel	19,0°	18,5°	20,6°
Mülhausen	17,4°	17,9°	17,2°
Colmar	16,4°	17,9°	18,3°
Straßburg	15,7°	17,5°	18,8°
Oberrotweil	14,8°	17,8°	19,2°
Freiburg	19,1°	18,2°	19,7°

(Die Werte stellen absolute Maxima dar; die hohe Temperatur von Freiburg erklärt sich durch hinzukommenden Schwarzwaldföhn.)

Bei dem Südföhn des 23. September 1866¹⁹) erstreckte sich die Aufheiterung und Verringerung der relativen Feuchtigkeit nicht nur auf die ganze schweizerische Hochebene, sondern ließ sich sogar bis Stuttgart feststellen. Zuweilen ist auch München noch in der Föhneinflußzone. „Auch Mailand liegt trotz seiner vorgeschobenen Lage sehr häufig innerhalb der Föhnzone, wenigstens beurteilt nach Betrag und Gang der relativen Feuchtigkeit und der in der Folge auftretenden Aufheiterung¹⁶).“

Wärme und Trockenheit, Häufigkeit und Dauer, klimatische Bedeutung des Alpenföhns

Der Föhn bringt, wenn er intensiv auftritt, den von ihm durchwehten Alpentälern außerordentliche Temperaturerhöhungen, die besonders in der kalten Jahreszeit ihre Maxima erreichen.

*) „Oft jedoch kommt er westlich über die Linie Rheinmündung—Langenargen nicht hinaus. Nicht selten ist Meersburg außerhalb des Föhnbereichs; der westliche Teil des Bodensees ist dann spiegelglatt, während der östliche vom Föhnsturm aufgepeitscht wird. Es macht den

Tabelle der Temperatur und relativen Feuchtigkeit der Luft einzelner Föhnfälle in den Alpen

Föhnstation	Föhndatum	Temperatur (Celsius ⁰)			Rel. Feuchtigkeit %	
		Max.	Erhöhung über Monats- mittel föhnlose Temp.*)		Min.	Ver- minderung
Südföhn:						
Göschenen	19.—22. 3. 1900	6,8	—	—	40	—
Altdorf	19.—22. 3. 1900	15,7	10,9	18,7	23	62
Luzern	19.—22. 3. 1900	12,2	—	—	45	—
Sargans	23. 9. 1866	22,2	—	7,2	40	34
Glarus	22. 9. 1866	23,5	—	9,1	44	35
	19.—22. 3. 1900	15,8	12,5	—	38	—
Zürich	19.—22. 3. 1900	13	—	—	47	—
Meiringen	19.—22. 3. 1900	14,9	11,6	—	32	64
Brienz	23. 9. 1866	20,3	—	6,3	60	21
Brig	19.—22. 3. 1900	11,1	—	16,1	41	41
Martigny	23. 9. 1866	19,3	—	5,1	62	20
Bex	23. 9. 1866	23	—	8,5	58	32
Montreux	23. 9. 1866	21,1	—	6,5	60	25
Genf	19.—22. 3. 1900	7,4	—	—	59	—
Bludenz	24.—25. 11. 1870	22	—	—	10	—
Altstätten	7.—9. 1. 1877	16	17,2	—	25	—
Trogen	13. u. 14. 2. 1870	11,6	—	21,6	33	67
St. Gallen	13. 11. 1891	18	—	18	33	67
Einsiedeln	23. 9. 1866	18,6	—	6,3	49	28
Igls	2.—5. 2. 1904	10,5	—	12,5	42	54
Innsbruck	2.—5. 2. 1904	14	14,6	17	41	58
Partenkirchen	27. 1. 1890	13	11,3	—	4	—
	19. 11. 1926	18,8	—	—	—	—
Ischl	13. 12. 1916	13,8	—	15,6	27	51
Spital a/Pyhrn	20. u. 21. 11. 1900	12,7	—	14,7	—	—
Wiener-Neustadt	3. u. 4. 2. 1904	14	—	14	—	—
Klagenfurt						
NW-Föhn	13. 4. 1893	14,2	5,8	—	14	—
SW-Föhn	4. 4. 1899	15,2	6,8	—	33	—
Nordföhn:						
Tragöb	19.—20. 12. 1897	3,8	—	13,3	48	44
Graz	27. 12. 1902	10,7	—	9,9	38	—
Görz	10. 1. 1888	10,6	—	7,2	28	40
Gries b. Bozen	9.—10. 1. 1888	15,8	—	19	16	66
Bever	23. 9. 1866	11	—	3	70	10
Klosters	23. 9. 1866	17,2	—	6,2	53	25
Castasegna	7.—9. 1. 1896	9	8,5	10,7	33	57
	4.—5. 1. 1899	12	11,5	13	37	43
Lugano	3.—5. 1. 1899	11,5	—	8,5	33	61
Turin (W-Föhn)	14. 12. 1891	13,2	11,7	—	11	—

Eindruck, als ob die Luft fächerförmig vom Rheintal ins Bodenseebecken sich ergießt, wobei das westliche Gebiet im Windschatten liegt. Die Stromlinien erfahren über dem Gebirge und in den Tälern eine starke Zusammendrängung und erhalten im weiteren Bodenseegebiet plötzlich reicheren Spielraum unter Einbuße an innerer Kraft³¹⁾.

*) Erhöhung über die zuletzt vor Föhn beobachtete föhnlose Temperatur.

„Der Südföhn ist im allgemeinen wärmer als der Nordföhn. Bei Südföhn herrscht eine warme Luftströmung von Süden. Dazu kommt die dynamische Erwärmung beim Fall relativ stark zum Ausdruck, weil die Alpen auf der Vorderseite des Minimums liegen, wo die vertikale Temperaturabnahme sehr langsam ist. Liegt aber bei Nordföhn eine Depression über dem Mittelmeer, so wehen über Zentraleuropa und den Alpen nordöstliche Winde, die besonders im Winter und Frühjahr immer sehr niedrige Temperaturen bedingen; auch die relative Erwärmung beim Fall ist dann geringer, weil die Alpen jetzt auf der Rückseite der Depression sich befinden, wo die vertikale Temperaturabnahme eine rasche, oft rapide ist¹⁶⁾.“ Die geringere Erwärmung bei Nordföhn wird jedoch dadurch fast ausgeglichen, daß wegen der vorherrschenden nördlichen Winde in den Südalpentälern der Nordföhn relativ viel häufiger auftritt als der Südföhn in den Nordalpentälern.

Der Föhn ist keineswegs der vorherrschende Wind der Alpentäler. Dies sind vielmehr die periodisch wechselnden, talaufwärts gerichteten Tag- und die talabwärts gerichteten Nachtwinde³²⁾. Im Reußtal von Altdorf bis südlich von Erstfeld zeigt sich z. B. in den Windformen der Vegetationswelt deutlich die vorherrschende Wirkung des Talwindes. Die Bäume sind meist talaufwärts nach Süden hin geneigt. „Der Föhn dagegen kommt eigentlich nirgends zur Abbildung, nur Windbruch und Windwurf sind seine gelegentlichen Schriftzüge²⁴⁾.“

In den Alpen kann durchschnittlich mit 30—40 Föhntagen jährlich gerechnet werden. Die meisten Föhntage fallen in die kalte Jahreszeit; besonders häufig herrscht im Winter und Vorfrühling Föhnwetter. Im Sommer ist der Föhn eine seltene Erscheinung. Die Verteilung der Föhnfälle auf die einzelnen Monate, wie auch die absolute Zahl der Föhntage im Jahre ist sehr veränderlich. So hatte Altstätten 1869 58, 1882 nur 17 Föhntage.

Tabelle der mittleren Zahl der Föhntage einzelner Föhnstationen in den Alpen

Föhnstation	Winter			Frühling			Sommer			Herbst			Jahr
	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	
Südföhn:													
Altdorf	3,5	3,6	5,6	5,9	5,8	3,4	2,3	2,2	3	4,7	4,1	3,9	48
Martigny	2,8	2,9	5,2	5,9	3,8	1,4	0,5	1	2,7	4,9	5,8	2	38,9
Glarus	1,6	2	2,8	3,2	3,4	1,5	1	1	1,3	2,2	2	1,8	23,8
Altstätten	3,1	3,4	4,6	4	3,3	2,1	2	2,3	2,4	3,9	2,9	3,2	37,2
Bludenz	3,6	2,6	3,3	2,6	2,3	0,6	1,3	1,2	3,5	2,9	3,6	4,4	31,9
Innsbruck	3,1	3,4	6	5,9	5,1	1,5	2,2	1,4	2	4,7	4,3	3	42,6
Salzburg	3,7	4,4	4,5	4	3,4	1,7	1,5	2,6	1,7	3,5	4	3,3	38,3
Nordföhn:													
Castasegna	8,3	9,7	10,4	9	6,9	4,5	3,8	2,5	2,5	3,4	5,2	8,2	74,4
Tragöb*)	12	15	[7]	[16]	[15]	[13]	[18]	[12]	[16]	[9]	[7]	13	40 [153]
Klagenfurt		2,2			7,8			0,5			0,7		11,2
Nordföhn:		1,4			5,1			0,1			0,2		6,8
Südföhn:		0,8			2,7			0,4			0,5		4,4

*) Für Tragöb zählt Klein auch solche Tage als Föhntage, an welchen der von Norden, vom Hochschwabplateau, in das Tragöber Talbecken einfallende Wind nur für kurze Zeit, meist in den Morgen- und Abendstunden, Föhneigenschaften aufweist, überwiegend aber als Bora auftritt. An solchen Tagen wechseln dann kurze, warme Föhnstöße mit kaltem Bora-wind, so daß die Lufttemperatur an diesen Tagen im Mittel nicht auffallend höher, sondern

Die Dauer der einzelnen Föhnperioden in den Alpen ist sehr veränderlich; der Föhn weht zuweilen einige Tage, manchmal aber nur wenige Stunden und in seltenen Fällen eine Woche.

Die Föhn d a u e r betrug

In Altdorf*)	In Innsbruck
in 584 Fällen je 1 Tag	in 214 Fällen je 1 Tag
„ 272 „ „ 2 Tage	„ 170 „ „ 2 Tage
„ 86 „ „ 3 „	„ 61 „ „ 3 „
„ 35 „ „ 4 „	„ 30 „ „ 4 „
„ 22 „ „ 5 „	„ 23 „ „ 5 „
„ 7 „ „ 6 „	„ 5 „ „ 6 „
„ 7 „ „ 7 „	„ 4 „ „ 7 „
„ 4 „ „ 8 „	„ 2 „ „ 8 „
„ 2 „ „ 9 „	

(Der Föhn in der Nordschweiz vom 1. bis 10. Januar 1877 dauerte 10 T a g e.)

Der Föhn wirkt mildernd auf das Klima ein. „Wo der Föhn heimisch ist, kann man von ausgesprochenen klimatischen Oasen auf der Nordseite der Alpen sprechen. So ist das ganze mittlere und südliche Vierwaldstätterbecken (Weggis, Vitznau, Gersau, Altdorf) im Winter und Herbst im Mittel um 1° wärmer als die Voralpenstationen im Mittelland (Luzern, Sürsee und Zürich)³²). In Innsbruck wird durch den Föhn die mittlere Jahrestemperatur um 0,6° erhöht, was etwa einer Erniedrigung der Seehöhe von Innsbruck um 120 m oder einer Verschiebung der geographischen Lage um 100 km nach Süden entspricht³⁶). Orte, wie Bludenz und Altdorf, wo der Föhn häufig und intensiv weht, haben eine relativ milde Herbst- und Wintertemperatur. Die mittleren höchsten Temperaturen von Bludenz in den Monaten November bis Februar sind infolge des Föhns höher als die entsprechenden Extreme der Orte am Südfuß der Alpen, wie Mailand, Riva und Bozen⁵).

Erhöhung der Monatsmittel durch Föhn um °

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Jahr
Innsbruck ¹⁶	0,8	0,8	0,9	0,8	0,6	0,2	0,2	0,1	0,2	0,9	0,9	0,8	0,6
Salzburg Met. Zeit. 1911	0,7	0,8	0,5	0,4	0,4	0,1	0,1	0,2	0,1	0,4	0,5	0,5	0,39
Castasegna ¹⁶	0,53	0,51	0,21	0,07	-0,05	0,09	0,03	0°	0,01	-0,02	0,16	0,41	0,16

Infolge der Föhnwirkung bleiben die südlichen Alpentäler von den meisten Kälteeinbrüchen der Nordseite verschont. „Es ist nämlich eine falsche Vorstellung, anzunehmen, daß die Alpenkette etwa stets die Nordwinde abhält und so den südlicheren Tälern einen klimatischen Schutz gewährt. Die Nordwinde suchen vielmehr häufig die südlichen Täler heim, aber ihre Kraft wird gebrochen, indem der Abstieg ihnen Föhntemperaturen gibt²²).“ Dem häufigen

eher geringer ist als an Föhntagen. Von den in der Häufigkeitstabelle angeführten Zahlen sind deshalb die nicht eingeklammerten für die mittlere Häufigkeit des Nordföhns in Tragöß maßgebend.

*) Mittel aus 36 Jahren.

Nordföhnwetter verdankt der ganze Südfuß der Alpen seine hellen Winter. Während dann der Nordfuß der Alpen sein trübes Hochnebelwetter hat, ist der Himmel am Südfuß unter dem Einfluß des absteigenden Föhnstromes tage-, ja wochenlang wolkenlos; die durch den Nordföhn bedingten Aufhellungen beschränken sich nicht nur auf die eigentlichen Föhntäler, sondern machen sich bis weit in die Poebene geltend. So liegt Mailand noch oft in der Föhnzone.

Der Südföhn der Alpen beeinflusst auch die Klimaverhältnisse Süddeutschlands¹⁷⁾. Die südliche schwäbisch-bayerische Hochebene (Rosenheim—München) hat infolge der Föhnwirkungen im Vergleich zu ihrer Höhenlage im Winter, Vorfrühling und Spätherbst hohe Temperaturmaxima, die dann größer sind als die Temperaturmaxima in den nördlichen Teilen der schwäbisch-bayerischen Hochebene⁵¹⁾.

Nebel und Niederschlag werden durch den Föhn verringert. Die Nebelarmut von Chur, Reichenau, Glarus und Altdorf ist zweifellos auf Föhnwirkung zurückzuführen; die nebelarmen, tiefen nordalpinen Quertäler mit weniger als 20 Nebeltagen im Jahre fallen mit den ausgesprochenen Föhngebieten zusammen³²⁾. In den Hauptföhntälern auf der Nordseite der Schweizer Alpen, im oberen Aare-, Reuß- und Linthtal, im Rheintal und im Föhngebiet der Sarner Alpen, zeigt sich deutlich auch ein auffälliges Zurücktreten der mittleren jährlichen Niederschlagsmengen. Niederschläge, die dem Südföhn in der Regel in recht beträchtlicher Stärke folgen, sind bei Nordföhn sehr selten und bilden hier nur eine Ausnahme. Der Nordföhn ist nämlich gewöhnlich durch Luftdruckverhältnisse bedingt, die wesentlich anders gestaltet sind als bei Südföhn (siehe: Föhn in Castasegna S. 21). Die bei Nordföhn im Süden der Alpen auftretenden barometrischen Tiefs sind nicht als wandernde Depressionen aufzufassen, wie solche bei Südföhn nördlich der Alpen auftreten. Im Mittelmeergebiet sind solche weithin wandernde Depressionen selten. Starker, regenbringender Südwind (z. B. heißfeuchter Scirocco — s. S. 42) folgt daher, wenigstens unmittelbar, selten auf den Nordföhn.

In Castasegna fanden in der Beobachtungsperiode 1881—1886 nach Nordföhn Niederschläge statt bei 19% aller Föhnperioden; die Summe der an diesen Tagen gefallenen Mengen betrug 5—6% der Gesamtniederschlagssumme. In Innsbruck traten in der Beobachtungszeit 1870—1894 nach 75% aller Südföhnperioden Niederschläge ein; ihr Betrag war 16% der Gesamtniederschlagssumme¹⁶⁾.

Der Föhn verursacht im Frühling eine großartige Schnee- und Eisschmelze. Die Äpler nennen ihn deshalb „Lenzboten“ und „Schneefresser“. Er bewirkt weit mehr als die Sonnenstrahlen ein rasches Schmelzen des Schnees. „Während die Sonne nur am Tage bei wolkenlosem Himmel und ausschließlich an jenen Hängen, die ihren Strahlen zugewandt sind, erweichend und schmelzend einwirken kann, übt die trockenwarme Föhnluft den gleichen Einfluß bei Nacht so gut wie bei Tage und auch auf die schattenseitigen Hänge aus³²⁾. Der Föhn wirkt in 24 Stunden soviel wie die Sonne in 14 Tagen*).

„Jahrgänge, in welchen der Föhn vorherrscht, sind durch ein Zurückweichen der Gletscher charakterisiert und umgekehrt rücken diese in den Jahren vor, die eine geringe Entwicklung des Föhns zeigen¹¹⁾.“ Im oberen Haslital wurde durch den Föhn am 28. März 1878 die fast 30 cm hohe Schneedecke in weniger als zwölf Stunden weggeschmolzen. Trotz dieser schnellen Schnee-

*) „Der liebe Gott und die guldi Sunn vermöged nüd, wenn der Föhn nüd chunt“ (Schweizer Sprichwort¹⁴⁾).



Fig. 3. Isobaren vom 6. 12. 1910
(Südföhn in Innsbruck)



Fig. 4. Isobaren vom 9. 1. 1896
(Nordföhn in Castasegna)



Fig. 5. Isobaren vom 4. 1. 1899
(Nordföhn in Castasegna)



Fig. 6. Isobaren vom 7. 2. 1896
(Anticyklonalföhn in Castasegna)

TAFEL II

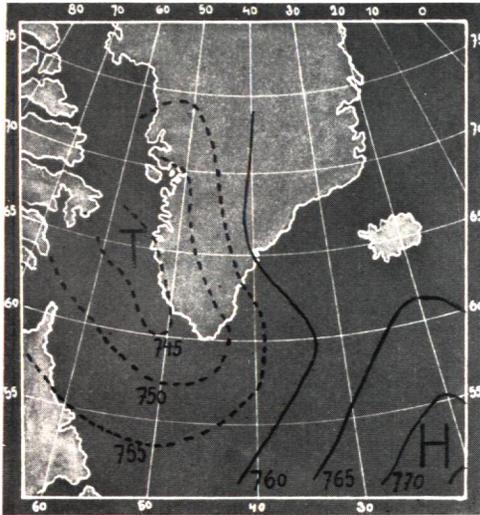


Fig. 14. Isobaren vom 1. 7. 1912
SE-Föhn („Totalföhn“),
das ganze Inland überwehend

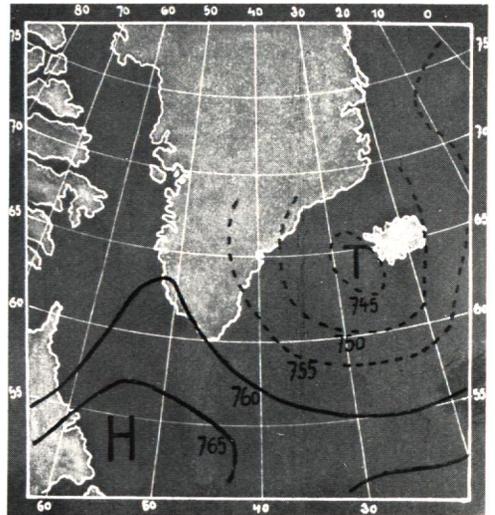


Fig. 15. Isobaren vom 14. 7. 1912
Föhniger NW-Wind auf der Ostseite
des Inlandeises



Fig. 16. Isobaren vom 15. 7. 1912
SE-Föhn auf der Westseite und gleichzeitig
NW-Föhn auf dem Osthang des Inlandeises.
 („Doppelföhn“)

schmelze ist das Föhnwetter seltener von Hochwasser und Überschwemmungen begleitet als die Gewitterregen und Regengüsse im Hochsommer und Herbst, weil durch die trockene Föhnluft große Mengen des Schmelzwassers als Wasserdampf aufgenommen werden können. „Der Föhn trinkt die Gewässer aus“, sagt der Äpler. Je heftiger und häufiger der Föhn im Frühling auftritt, desto eher sind die Matten schneefrei und können die Herden ins Gebirge hinaufziehen. In vielen schattigen Hochtälern ist der Föhn geradezu die Bedingung des Frühlings und im Herbst bewirkt er in manchen Gebieten das Reifen der Trauben. Man nennt ihn deshalb auch den „Traubenkocher“. In Graubünden erwartet man von seinem rechten Eintreffen und seiner längeren Dauer eine günstige Weinlese. Auch die Maiskultur in Vorarlberg und Nordtirol ist von dem häufigen Auftreten des Föhns abhängig. In manchen nordalpinen Föhntälern (Landschaft am Vierwaldstättersee und um Innsbruck) herrscht eine Vegetation, die an die Mittelmeerländer erinnert.

Trotz seines vorteilhaften Einflusses auf Klima, Schneeschmelze und Vegetation ist der Föhn wegen seiner nachteiligen physiologischen Wirkungen, seiner Sturmschäden und der durch ihn außerordentlich erhöhten Brand- und Lawinengefahr nicht immer ein gerade willkommenener Gast. Oft bringt er große Gefahren und fordert Opfer an Menschen und Gut. Die unnatürliche, hohe Lufttemperatur, der plötzliche Temperaturwechsel, die großen Temperaturschwankungen und die gleichzeitige sehr geringe relative Luftfeuchtigkeit, die den Föhn begleiten, wirken auf Mensch und Tier nachteilig, aufregend und abspannend. Auch die zahlreichen geringen Luftdruckschwankungen, die sich besonders unmittelbar vor Föhnausbruch und bei intermittierendem Föhn zeigen, sollen einzelne Menschen physiologisch sehr nachteilig beeinflussen; bei solchen machen sich nämlich die Föhnwirkungen bereits bemerkbar, wenn das Tal noch föhnlos ist und von kalter Luft durchweht wird, also im Vorstadium des Föhns, wenn er in der Höhe bereits weht.

Nicht selten tritt der Föhn mit orkanartiger Heftigkeit als verheerender Sturmwind auf. Er richtet dann meist große Verwüstungen an und gefährdet auch die Schifffahrt auf den größeren Alpenseen*).

Die große Lufttrockenheit, die bei Föhn herrscht, erhöht die Brandgefahr außerordentlich. Es bestehen deshalb in manchen Föhngebieten polizeilich streng überwachte Föhnverbote. Bei Föhn muß das Feuer in den Öfen gelöscht werden, selbst das Rauchen wird von der Föhnpolizei vielfach nicht geduldet. Zahlreiche Ortschaften der Alpen sind Föhnbränden zum Opfer gefallen**). Wegen der Lawinengefahr, die der Föhn mit sich bringt, ist es für Bergsteiger und Schneeschuhläufer „wichtig, sich den Wert der Temperaturabnahme bei Föhn zu merken. Wenn man an den vom Föhn bestrichenen Hängen 100 m steigt, fällt die Temperatur durchschnittlich um 1°. So kann man in vielen Fällen bereits im Tale die Temperatur für eine beliebige Höhe feststellen, oberhalb

*) Brunnen am Vierwaldstättersee hat z. B. einen besonderen Föhnhafen, der von den Dampfbooten bei Föhnsturm angelaufen wird, da sich bei Föhn an den üblichen Landungsplätzen eine gefahrlose Landung meist nicht ermöglichen läßt.

Siehe Dufours Bericht über die ungewöhnlichen Sturmschäden des heftigen Südföhns in der Schweiz vom 22. bis 24. September 1866¹⁹⁾. Verheerende Föhnorkane wüteten auch am 13. Dezember 1916 im Salzkammergut und am 19. und 20. November 1926 in den bayerischen Alpen, besonders im Gebiet des Kochel-, Walchen- und Königssees.

***) Es wurden durch Föhnbrände zerstört: Altdorf 1400, 1693 und 1799; Glarus 1299, 1337, 1477 und 1861; Spital am Pyhrn 1846; in Mürren, im Berner Oberland, fielen einem Föhnbrand am 18. November 1926 Häuser und Waldbestände zum Opfer¹⁵⁾.

welcher sich die Temperatur trotz des Föhns unter 0° hält. Oberhalb dieser Null-Linie ist die bei Föhn bestehende große Lawinengefahr bedeutend herabgemindert²²⁾“.

2. Der polare Föhn

Die rätselhaften Winde der Polargebiete, die zuweilen warm und trocken sind, obwohl sie von den weiten Eisfeldern herabwehen, fanden erst durch die Föhntheorie von H a n n eine befriedigende Erklärung. Es sind ebenfalls Föhnwinde. Sie wurden in den Küstengebieten Grönlands und Islands, des antarktischen Kontinents und Süd-Georgiens beobachtet.

A. Der Föhn in den Fjordgebieten Grönlands

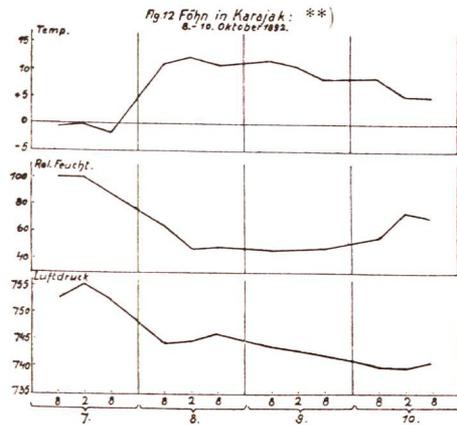
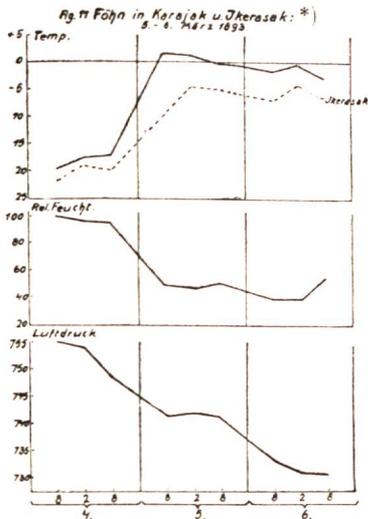
In Grönland bringt der Föhn besonders den innersten Winkeln der bis 140 km langen Eisfjorde außerordentliche Erhöhungen und Schwankungen der Lufttemperatur, die um so eigenartiger erscheinen, weil ihr Intensitäts- und Häufigkeitsmaximum in die kälteste Zeit des Jahres fällt mit ihrem wegen der arktischen Dunkelzeit wochenlangen völligen Ausfall der unmittelbaren Sonnenbestrahlung*).

Typische Einzelfälle

1. Föhn im Umanakfjord (Karajak—Ikerasak) vom 5. bis 6. März 1893 und vom 8. bis 10. Oktober 1892

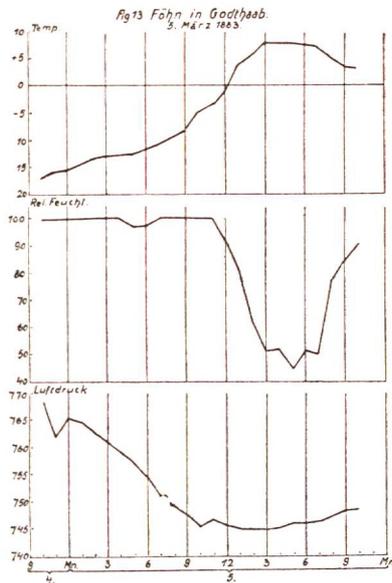
Nach den Schilderungen von Rink³⁹⁾ und Stade³⁸⁾ verläuft der Föhn im Umanakfjord in allen wesentlichen Phasen ebenso wie der Alpenföhn. Unmittelbar vor Föhn nimmt der Luftdruck meist bedeutend ab; der Föhnsturm bricht plötzlich herein; er zeigt sich zuerst auf der Höhe des Nunataks. Während im Fjordtale noch Windstille und bittere Kälte herrschen, sieht man, wie über das Hochland hin der Föhn bereits den Schnee aufwirbelt und fortreibt. Die Windstöße dringen dann immer tiefer in das Fjordtal ein, bis endlich der warme Föhnstrom den ganzen Fjord erfüllt. Dann nimmt die Lufttemperatur im Fjord plötzlich um viele Grade zu, während die relative Feuchtigkeit ebenso schnell entsprechend abnimmt. Die Luft zeigt bei Föhnwetter im Umanakfjord eine seltene Durchsichtigkeit und fernes Land wird klar und deutlich erkannt. Die plötzlich milde Temperatur bei Föhn bringt aber keine Behaglichkeit und Erleichterung der Strenge des Klimas, sondern wirkt ebenso abstumpfend und erschlaffend wie eine übertriebene Sommerwärme. Der außerordentlich warme und trockene Föhn bedingt auch hier ein auffallend schnelles Schwinden des Schnees, meist ohne daß sich eine Spur von Schmelzwasser zeigt, da der Schnee unmittelbar verdunstet. — Der Föhn weht 2—3 Tage, zuweilen auch länger. Indem der Wind von SE nach SW und W dreht, flaut der Föhn allmählich ab.

*) „Die warmen Föhnstürme Grönlands haben von jeher die besondere Aufmerksamkeit der Forschungsreisenden auf sich gezogen und sind auch den Eingeborenen merkwürdig genug erschienen, um an das Auftreten derselben allerlei abergläubische Vorstellungen zu knüpfen. Da diese warmen Winde von dem in ewigem Eise starrenden Binnenlande herkommen, so ist es kein Wunder, wenn der Grönländer außerstande ist, sich diese auf natürlichem Wege zu erklären und ihre Erklärung übernatürlichen Kräften zuschreibt, Geistern, die auf dem Inlande ihr Wesen treiben und die warmen Stürme ins Tal senden, um den Bewohnern desselben Unglück zu bringen“³⁸⁾.



Sturmwind von der Davisstraße her bringt dann Nebel, Schnee und Regen. Dichtes Gewölk hüllt die Höhen ein und senkt sich bis auf den Fjordspiegel herab. Dann herrscht bald wieder die normale Temperatur, im Winter -10° bis -12° , im Sommer $+4^{\circ}$ bis $+5^{\circ}$.

2. Föhn im Godthaabfjord (Godthaab und Kornok) ***)⁴¹⁾



*) Ikerasak, das weiter westlich zum Fjordausgang hin liegt, wo der Fjord breiter und die ihn umgrenzenden Höhen niedriger sind und infolgedessen der Temperatenausgleich größer wird, hat bei allen Beobachtungsterminen eine geringere Lufttemperatur.

**) Der föhnlose 7. Oktober zeigt die für die Polargebiete charakteristische geringe tägliche Temperaturamplitude, die in den folgenden Föhntagen gänzlich verschwindet. Während bei schwachem NE am 7. Oktober sogar Schnee fällt, sinkt in der Nacht zum 8. Oktober der Luftdruck, der Wind dreht nach SE und am 8. Oktober herrscht bei trockenem, sonnigem Wetter starker E-Föhn; er weht mit unverminderter Heftigkeit bis zum Morgen des 10. Oktober, dann flaut er schnell ab, der Wind kommt wieder aus NE und bringt Regen.

***) Kornok, das umgeben von steilen, bis 1200 m hohen Bergen im Innern des Godthaabfjordes liegt, hatte am 5. März 1883 und auch an anderen Föhntagen stets eine höhere Temperatur als Godthaab am Ausgang des Fjordtales.

3. Föhn im Sermilik-Fjord (Angmagsalik) vom 1. bis 3. Februar 1901

Diesem Föhn ging große Kälte voraus; bis zum 30. Januar herrschten — 16° bis — 20°. Vom 1. Februar ab stieg bei NW-Föhn die Temperatur beständig und erreichte am 3. Februar mit +14,5* ihr Maximum (25,3° ü. d. Monatsmittel); das Minimum der relativen Feuchtigkeit betrug bei diesem Föhn 11%. Am Abend des dritten Föhntages trat Ostwind ein; der Föhn flaute ab und am 4. Februar herrschte bei Windstille wieder Kälte⁴⁴⁾.

Geographische Verbreitung der Föhngebiete in Grönland

Übersicht über die Gebiete Grönlands, in welchen Föhn beobachtet wurde
(Siehe Karte: Föhngebiete der Erde)

Westküste	Ostküste
Godthaab und Kornok im Godthaabfjord ⁴¹⁾ Jakobshavn ⁴¹⁾ Karajak und Ikerasak im Umanakfjord ³⁸⁾ Godhavn auf der Insel Disko ³⁾ Insel Upernivik ⁴¹⁾	Angmagsalik, Insel am Eingang des Sermilikfjords ⁴⁴⁾ Dänemarkinsel im Scoresby-Sund ⁴⁵⁾ Dänemarkshavn und Pustervig am Mörkefjord ⁷⁾
Nordwestküste	Südküste
Rensselaer Hafen ⁵⁾ Hall Basin ⁴³⁾ Polarisbai ⁵⁾ Floeberg Beach ⁵⁾	Julianehaab ⁷⁾

In Godhavn auf der Insel Disko wurden N- und E-Winde mit Föhncharakter beobachtet**). „Sie erzeugten außerordentliche Temperatursprünge, so daß in jedem eigentlichen Wintermonat (bis März) auf Süddisko mindestens an einem Tage positive Temperaturen vorkamen und daß für diese einsam draußen im Meere liegende Insel zu dieser Zeit monatliche Temperaturschwankungen von 28,4° (Februar), 27,2° (Januar), 26,1° (November) auftraten, während der föhnlose, kälteste Märzmonat nur eine solche von 15,6° aufwies⁴⁰⁾. Bei dem NE-Föhn vom 2.—3. November 1912 stieg die Temperatur in Godhavn um 14,7°. — „In Godhavn tritt kein E-Föhn auf, der nicht zugleich auch in Jakobshavn, an der Westküste des Festlandes wehen würde***).“

In Dänemarkshavn weht der Föhn als starker, warmer und trockener Landwind aus NW. Er bringt meist eine mittlere Temperatursteigerung von nur 5°. Intensiver tritt der Föhn 60 km westlich, im Innern des Mörkefjords (Station Pustervig) auf; hier wurde eine Temperaturzunahme von 22°, gegen nur 9° draußen an der Hauptstation beobachtet†).

*) Am 3. Februar ist die Temperatur in Angmagsalik um 15,3° höher als im föhnlosen Stykkisholm an der Westküste Islands.

***) Beobachtungen der Schweizer Grönlandexp. innerhalb Oktober 1912 bis Juni 1913⁴⁰⁾.

****) Die Schweizerische Grönlandexpedition stellte bei SE-Föhn in Jakobshavn am 19. Juni 1912 für eine Höhendifferenz von 1605 m eine mittlere vertikale Temperaturabnahme von 1,04° für je 100 m, also einen ausgeprägten adiabatischen Föhngradienten, fest.

†) Bei den hier in ganz NE-Grönland charakteristischen Föhnstürmen wurde über dem

Über den Föhn im Hallbasin berichtet die amerikanische internationale Polarexpedition 1881/83⁴³⁾:

„Am 8. Dezember 1882 wurde ein Vorstoß des grönländischen Föhns verspürt. Bei starken Windstößen von SE bis SW stieg die Temperatur während einer Stunde um $7,2^{\circ}$ und fiel dann später wieder um ebensoviel in 2 Stunden. — Am 14. Februar 1883 trat bei leichtem Wind aus dem östlichen Quadranten ein rascher Temperaturwechsel ein; das Thermometer stieg in einer Stunde um $6,8^{\circ}$ und fiel dann innerhalb 15 Minuten wieder um $4,8^{\circ}$. — Am 13. November 1882 wurde eine Temperaturzunahme von $9,8^{\circ}$ in einer Stunde beobachtet, die bald darauf ebenso schnell wieder sank.“

Wärme und Trockenheit, Häufigkeit und Dauer, klimatische Bedeutung des Föhns in Grönland

Tabelle der Temperatur und relativen Feuchtigkeit
der Luft einzelner Föhnfälle in Grönland

Föhnstation	Föhndatum	Temperatur ^o			Rel. Feuchtigkeit ^o / _o	
		Max.	Erhöhung über Monats- mittel	föhnlose Temp.	Min.	Ver- minderung
Godthaab	23. Januar 1883	+ 7,4	17,1		12	
	5. März 1883	+ 8	16,1	23	45	55
	7. Oktober 1882	+ 6,8	7,8		43	
Karajak	im Januar 1893	+ 9,5	20,5			
	im Februar 1893	+ 8,4	24,3			
	5.—6. März 1893	+ 1,5	17	19	40	56
	im April 1892	+ 5,7	17,4			
	im Juni 1892	+19,6	14,8			
	im Juli 1892	+21,8	13,8			
	im August 1892	+17,3	10,2			
	im September 1892	+ 9,4	9,2			
	8.—10. Okt. 1892	+12,5	—	14,2	47	53
	im November 1892	— 1,0	7,7			
im Dezember 1892	+ 9	18				
Upernivik	24. November 1875	+10	18,2			
Angmagsalik	1.—3. Febr. 1901	+14,5	25,3		11	
	2. August 1899	+24,8	20		20	
Dänemarkinsel	4. Januar 1892	— 4,0	14,5		62	
	10. Januar 1892	+ 6,0	24,5		42	
	15.—17. Febr. 1892	+ 8,5	32,8		34	
	22. März 1892	— 4,0	21,5		44	
	5.—6. Mai 1892	+ 8,3	13,4		32	
	10. Juni 1892	+ 8,2	7,1		32	
	13. Juli 1892	+15,2	10,8		34	
	9.—10. Dez. 1891	— 8,3	12		57	

zerrissenen Küstengebirge eine charakteristische Wolkenart beobachtet; sie finden wir weder über dem Meere noch dem Inlandeis; es sind Wolken im Strato-Cumulus-Niveau (nach Drachenbeobachtungen in 1250 m Höhe). Diese von den Beobachtern „Föhnwolken“ genannte Wolkenbildung ist die bekannte „Föhnmauer“ (nach Berichten der dänischen Grönlandexpedition 1906/08).

Föhnwinde kommen in Grönland in allen Monaten vor; das Maximum der Häufigkeit wird in den Wintermonaten erreicht.

Zahl der Föhntage

	in Karajak ³⁸⁾	in Jakobshavn ⁴²⁾
	Beobachtungszeit: 1.8.1892—28.7.1893	
Januar	13	2,1
Februar	8	2,1
März	4	3,0
April	3	2,9
—	—	—
Juni	7	—
Juli	6	—
August	3	—
September	5	—
Oktober	3	—
November	3	2,8
Dezember	6	3,7
	61	16,6

Angmagalik hatte im Winter 1884/85 21 Föhntage. Auf der Dänemarksinsel herrschte in der Zeit vom 18. September 1891 bis 31. Juli 1892 durchschnittlich je einen Tag im Monat Föhn⁴⁷⁾.

Die Föhndauer betrug

in Karajak	in Jakobshavn
in 7 Fällen je 1 Tag	in 114 Fällen je 1 Tag
„ 8 „ „ 2 Tage	„ 36 „ „ 2 Tage
„ 4 „ „ 3 „	„ 20 „ „ 3 „
„ 5 „ „ 4 „	„ 3 „ „ 4 „
„ 1 „ „ 5 „	„ 4 „ „ 5 „
	„ 3 „ „ 6 „
	„ 2 „ „ 7 „
	„ 1 „ „ 8 „

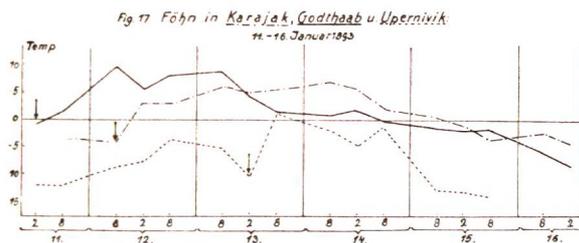
Das Föhnphänomen tritt in den Fjordgebieten Grönlands auf, wenn sich gelegentlich zwischen dem Anticyklonalgebiet über dem grönländischen Binneneis und den von Süden nach Norden wandernden Depressionen der Küstenmeere Luftdruckdifferenzen ausbilden, die eine intensive Bewegung großer Luftmassen vom Inlandeis zu den Küstengebieten hin auslösen. Die Depressionen über den Küstenmeeren erstrecken ihre Wirkung nur zuweilen bis zur Mitte des Landes, in der Regel bleibt ein trennender Rücken hohen Druckes (Anticyklonalzone) zwischen den Sturmbahnen der Davisstraße und der Baffinbai und jener der Dänemarkstraße. Nur selten zieht ein sekundäres Luftdruckminimum quer über Grönland. So sind die heftigen und vorherrschenden Winde an der Ostküste Grönlands NW- und W-Winde, an der Westküste NE- und E-Winde. Da die Luftmassen über dem Inlandeise kälter und darum schwerer als jene über dem Meeresgebiet sind, bewegen sich diese nahezu ständig, wenn auch mit sehr

stark differierender Intensität von dem barometrischen Hoch über dem Binneneise radial zu den barometrischen Tiefs der Küstenzonen hin. P e a r y*) fand in Grönland in jedem Monat des Jahres eine Regelmäßigkeit der Winde auf dem großen Eis, die er „geradezu phänomenal“ nennt. Nach P e a r y weht der Wind auf dem großen Inlandeise fast unverändert radial vom Zentrum normal auf den nächsten Landstreifen der Küste. Bei stärkerem Wind tritt daher Föhnwetter an beiden Küsten zugleich, im Westen und Osten, auf. „Föhnwinde, welche quer über ganz Grönland herkommen, dürften nur nahe der Südspitze auftreten**). Solche Föhnfälle wurden von der Schweizerischen Grönlandexpedition 1912—1913, die das Grönlandeise von Jakobshavn an der Westküste bis nach Angmagalik an der Ostküste durchquerte, mehrfach beobachtet und als „Totalföhn“ bezeichnet (Fig. 14, Taf. II). Dieser T o t a l f ö h n kann „als Föhnfall aufgefaßt werden, bei dem die eine Seite des Inlandeises als Leeseite mit absteigendem Wind und heiterem Wetter auftritt, die andere Seite die Rolle der Luvseite mit Trübung übernimmt“⁴⁰).

Auch Fälle von „D o p p e l f ö h n“, SE-Föhn auf der Westseite und NW-Föhn auf der Ostseite Grönlands, wurden gelegentlich der Schweizerischen Grönlandexpedition 1912/13 beobachtet. (Fig. 16, Taf. II.)

Der vom Inlandeise nahezu beständig wehende Landwind nimmt in den Fjordtälern der Küstengebiete jedoch nur dann den typischen Föhncharakter an, wenn das allgemeine barometrische Tief der Küstenmeere noch durch besondere Depressionen, die zeitweilig die Dänemark- und Davisstraße und die Baffinbai von Süden nach Norden durchwandern, genügend verstärkt wird, so daß der Landwind eine außerordentliche Intensität erreicht. Dann werden die vom Inlandeise kommenden Luftmassen bei ihrem schnellen und steilen Fall in die tiefen Fjordtäler (1000—2000 m) hinreichend adiabatisch-dynamisch erwärmt und zum warmtrockenen Föhnwind. — Der Föhn weht auch in Grönland zunächst in der Höhe und steigt dann allmählich in die Tiefen der Fjordtäler hinab^{38 39 42}).

Durch die steilwandigen, tiefen Fjordfurchen wird ein schneller Temperaturausgleich um so mehr gehemmt, je enger sie sind und je mehr sie durch den Gebirgsverlauf noch in einzelne, nahezu allseitig geschlossene Becken zerteilt sind. Weiter zum Fjordausgang hin, wo die Fjorde breiter und ihre Uferwände niedriger werden und somit das Terrain einen schnelleren Temperaturausgleich begünstigt, wird bei Föhn eine merklich geringere Lufttemperatur beobachtet, als an den Orten, die weiter fjordeinwärts oder am Fjordabschluß gelegen sind.



Der Föhn tritt gewöhnlich nicht in allen Fjorden derselben Küste gleichzeitig auf, weil sein Luftstrom sich entsprechend der z. B. von Süden nach Norden wandernden Küstendepressionen, zu deren Zentrum hin er gerichtet ist,

*) Met. Z. 1890.

**) Lit. 7 u. 46.

auch von Süden nach Norden verschiebt. Dies zeigt deutlich das Diagramm des Föhnwetters im Küstengebiet Westgrönlands (Godthaab, Karajak, Upernivik) vom 11.—16. Januar 1893 (Fig. 17). Das am weitesten nach Süden gelegene Godthaab hat bereits am 11. — 2^h p.m. — Föhn; in dem weiter nördlich gelegenen Karajak setzt der Föhn erst am 12. — 8^h a.m. — ein, und Upernivik, die nördlichste Station, hat erst am 13. — 2^h p.m. — Föhn, zu welcher Zeit der Föhn in Godthaab bereits nahezu erloschen ist.

Der Föhn ist für Grönland nach dem übereinstimmenden Urteil verschiedener Forscher ein nicht unbedeutender klimatischer Faktor*).

B. Föhn in Island

In Grönland und auch in Island hat man früher die unerklärliche Wärme der Föhnwinde, die von den Eisfeldern im Innern herabwehen, vulkanischen Wirkungen zugeschrieben**).

Bei dem Föhn an der Ostküste Islands vom 28. September 1877 wurde an den Stationen Beru-Fjord und Papö eine plötzliche, große Temperatursteigerung beobachtet. In Beru-Fjord stieg bei diesem NW-Föhn die Temperatur auf 20° (13,4° ü. d. Monatsmittel); es herrschte eine Wärme, die sonst selten auf dieser Station, selbst nicht in der Mitte des Sommers, erreicht wird. Die Luft war sehr trocken, die relative Feuchtigkeit betrug 35%. — An der Westküste herrschte gleichzeitig stürmischer Südwest mit starkem Regen und einer Temperatur von 12°⁴²).

C. Föhn in der Antarktis

In den Randzonen des antarktischen Kontinents (Gaußberg, McMurdo-Sund, Kap Adare) wurden ebenfalls Erscheinungen beobachtet, die als Föhnwirkungen gedeutet werden könnten. Die hierüber vorliegenden Beobachtungen, die sich über relativ kurze Zeitabschnitte erstrecken und die lückenhafte Kenntnis der antarktischen Luftdruck- und Windverhältnisse, wie der morphologischen Beschaffenheit des Inlandeises lassen jedoch ein sicheres Urteil noch keineswegs zu.

Nach Meinarður⁴⁸) ist die verhältnismäßig große und beständige Luft-

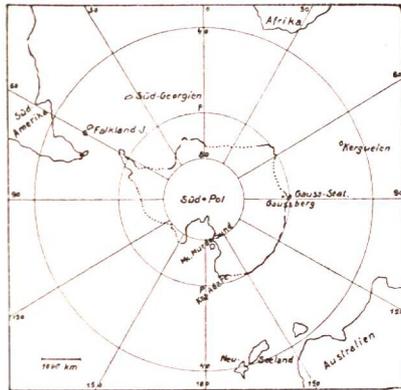
*) „Die großen Temperaturschwankungen infolge Föhns geben dem Klima der grönländischen Küste, besonders den innersten Teilen desselben, ihr eigenartiges Gepräge“⁴⁸).

Im Scoresby-Sund bestimmt der Föhn Länge und Umfang der Schneedecke und die Verteilung der Pflanzenarten und Pflanzenformationen⁴⁷).

„Im Umanakfjord lassen die Föhnwinde Eis und Schnee gewaltig schwinden, vermindern so die Mächtigkeit der Fjordeisdecke, setzen im Frühjahr die in diese eingefrorenen gewaltigen Eisberge in Bewegung und behindern so den auf der Eisdecke seiner täglichen Beschäftigung nachgehenden Seehundfänger in seinem Erwerb. Im Sommer und Herbst, wenn der Fjord offen ist und der Eingeborene in seinem Kajak der Seehundjagd obliegt, bringen ihn die vom Inlandeise plötzlich hereinbrechenden böigen Föhnstürme nicht selten in große Gefahr. — Physiologisch wird der Föhn auch in Grönland, besonders in der kalten Jahreszeit, äußerst unangenehm empfunden; er wirkt, im Gegensatz zu der erfrischenden Winterkälte, abspannend auf die Nerven, und zu dem Gefühl hochgradigen körperlichen Unbehagens, das er erzeugt, gesellt sich ein beständiger, quälender Durst“⁴⁸).

***) „Ein Einfluß vulkanischer Wirkungen im Innern Islands auf die Wetterverhältnisse der Küsten ist bei der bedeutenden Größe der Insel gar nicht zu bemerken; selbst bei den gewaltigen Ausbrüchen von heißen Dämpfen und ungeheuren Aschenmengen am 29. März 1875 war nicht die geringste Spur von dadurch bewirkter Temperaturerhöhung an den Küstenstationen zu entdecken“ (Hoffmeyer)⁴²).

trockenheit*) am Gaußberg**) ($66^{\circ} 48' S - 89^{\circ} 18' E$) als eine Föhnwirkung aufzufassen. „Die warmfeuchten Luftmassen, die bei E-Sturm den Gaußberg erreichen, steigen an dessen Luvseite auf und verlieren dabei einen Teil ihrer Feuchtigkeit, werden dann beim Abstieg auf der Leeseite noch dynamisch erwärmt und kommen noch trockener und wärmer an der leeseitig in einer Bucht am NW-Hang des Gaußberges gelegenen Gaußbergstation an. Der Wetterbericht der Gaußbergstation vom 6. Mai 1902 enthält die ausdrückliche Bemerkung: „Sturmböen von enormer Gewalt aus SzE und SE. Dabei warmer Föhn. (Temperaturmaximum $-7,4^{\circ}$)“.



Föhn in der Antarktis.

Die auffallenden Temperatursteigerungen***) durch die warmfeuchten, schneereichen E-Stürme an der Gauß-Station ($66^{\circ} 2' S - 89^{\circ} 38' E$), hält Meinardus dagegen nicht für Föhnwirkungen; er erklärt die hohe Wärme dieser E-Winde „durch Zufuhr von Luft aus einem weit ausgedehnten Wärmereservoir, wie es in den ozeanischen Flächen im Norden der Gauß-Station zur Verfügung steht“⁷⁾.

Über die von der englischen Südpolarexpedition 1901/04 im McMurdo-Sund ($77,8^{\circ} S$), am Westrand des Süd-Viktoralandes, beobachteten warmen S- und SW-Winde berichtet Scott: Was uns am meisten in Erstaunen setzte, waren die warmen, südlichen Blizzards. Die Tatsache, daß die höchsten Temperaturen hier mit südlichen Winden kommen, ist gewiß eine außerordentliche⁷⁾. Bei SW-Sturm am 12. Juli 1902 stieg die Temperatur um 20° (von -29° auf -9°). Hann hält diese warmen Winde für Föhnwinde, da das Land in der Richtung, aus der die Stürme kommen, über 3000 m ansteigt⁷⁾. Die Feuchtigkeit und der Schneefall bei diesen Winden, die gegen den Föhncharakter sprechen, sind wohl auf Driftschnee zurückzuführen.

Am Kap Adare ($71,3^{\circ} S$), wurden auch warme Stürme beobachtet, die aus ESE wehten und die Temperatur besonders in den kältesten Monaten bedeutend erhöhten. Bei 11 dieser warmen Stürme, die besonders untersucht wurden, betrug die Temperaturerhöhung im Mittel $11,5^{\circ}$ ⁷⁾.

*) Das am Gaußberg beobachtete Minimum-Extrem betrug 33%.

**) Der Gaußberg ist ein isolierter, eisfreier, dunkler, aus basaltischer Lava aufgebauter Bergkegel; er liegt 371 m über dem Meere und 86 km südlich von der Gauß-Station. (2675 km vom Südpol und 85 km von der Küste des antarktischen Festlandes, dem Inlandeisrand.)

***) Die Temperatursteigerung betrug am 22. Juni 1902: $13,1^{\circ}$ (von $-32,7$ auf $-19,6^{\circ}$); die relative Feuchtigkeit stieg bei den warmen E-Stürmen über 90%.

Föhn auf Süd-Georgien

Die W-Föhnwinde, die an der Ostküste Süd-Georgiens*) beobachtet wurden, brachten im Winter Temperaturmaxima, die die des dortigen Sommers fast erreichten. Bei dem WSW-Föhn am 28. August 1883 betrug die Temperatur noch am Abend $15,1^{\circ}$ ($15,8^{\circ}$ ü. d. Monatsmittel); im Februar 1883 war das Temperaturmaximum bei Föhn sogar $17,8^{\circ}$. Infolge der warmen Föhnwinde war die Umgebung der Station im Winter 1882/83 oft ganz schneefrei⁷⁾.

3. Föhnerscheinungen in den deutschen Mittelgebirgen

In den deutschen Mittelgebirgen sind die Föhnerscheinungen wegen der hier in Betracht kommenden geringeren Höhenunterschiede weniger ausgeprägt. Das Föhnphänomen hebt sich hier meist so wenig von den übrigen Witterungserscheinungen ab, daß es oft selbst von dem wetterkundigen Beobachter nicht bemerkt wird. So war z. B. in den Tabellen der meteorologischen Beobachtungen der Riesengebirgsstationen von 1886—1905 nur an einem Tage „Föhn“ verzeichnet und zwar für Wang am 14. Januar 1898⁵⁰⁾. Zuerst machte Aßmann⁴⁹⁾ 1885 auf die Föhnerscheinungen in den deutschen Mittelgebirgen (Thüringer Wald und Harz) aufmerksam. Genauere Beobachtungen zeigten, daß das Föhnphänomen gelegentlich in den verschiedensten Gebieten der deutschen Mittelgebirge auftritt, vornehmlich jedoch dort, wo größere Höhendifferenzen bestehen, wie im Riesengebirge, im Schwarzwald und in den Vogesen. In den übrigen Teilen des deutschen Mittelgebirges sind die Föhnerscheinungen durchweg so schwach, daß sie besser als „föhnartige Erscheinungen“ bezeichnet werden und die Bezeichnung „Föhn“ nur vorsichtig gebraucht wird⁵⁴⁾.

Im Riesengebirge tritt der Föhn sehr unregelmäßig auf; er zeigt sich besonders in Wang, Krummhübel und Schreiberhau.

Das Jahr hat ungefähr 11 Föhntage; am häufigsten fallen diese in den November und Dezember.

In 77 Fällen dauerte der Föhn je 1 Tag**)					
„ 43	„	„	„	„	„ 2 Tage
„ 12	„	„	„	„	„ 3 „
„ 4	„	„	„	„	„ 4 „
„ 2	„	„	„	„	„ 6 „

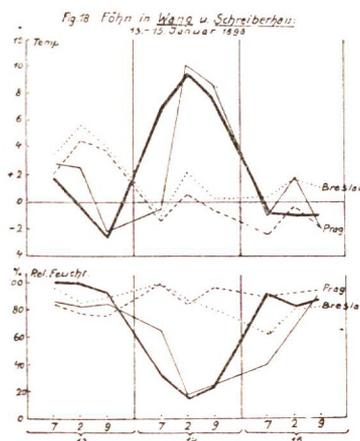
Auf der Nordseite des Riesengebirges kommt es zum Föhn, wenn eine von Westen anrückende Depression bei gleichzeitig hohem Druck im Süden und Südosten am Nordabhange des Riesengebirges südliche Winde verursacht. Die durch Föhn bewirkte Temperaturerhöhung betrug für Wang und Schreiberhau durchschnittlich 3° (im Winter 4°), bei einer durchschnittlichen Verminderung der relativen Feuchtigkeit um 15—17% (im Winter um 20—22%).

So brachte der Föhn in der Nacht vom 19. auf den 20. Januar 1901 für Wang eine Temperaturerhöhung von $5,6^{\circ}$. (Die Temperatur betrug am Abend des 19. Januar $-0,9^{\circ}$, am Morgen des 20. Januar $+4,7^{\circ}$.) Die Verminderung der relativen Feuchtigkeit betrug 27%; sie war während des Föhns von 87% auf 60% gesunken.

*) Station der deutschen internationalen Polarexpedition 1882/83 ($54^{\circ} 31' S - 36^{\circ} 5' W$).

***) (Mittelwerte aus 20 Jahren⁵⁰⁾).

Den Gang der Temperatur und relativen Feuchtigkeit bei Föhn in Wang und Schreiberhau vom 13.—15. Januar 1898 zeigt das beigefügte Diagramm (Fig. 18); es zeigt gleichzeitig, wie sich die Föhnwirkungen noch bis zu dem auf der Föhn-(Lee-)seite gelegenen Breslau hin erstrecken, das eine höhere Temperatur und geringere relative Feuchtigkeit hat, als das auf der Luv-seite gelegene, föhnlose Prag.



„Nach dem Föhn setzten häufig starke Niederschläge ein. In 60% aller Fälle trat bereits an demselben oder an den darauf folgenden Tagen Niederschlag ein. Obschon zeitweise bei Föhn ganz heiterer Himmel herrschte, so war doch meistens eine Bewölkung vorhanden, die fast die Hälfte des Himmels einnahm. Von der Föhnmauer zogen vielfach leichte, cirrusähnliche Wolken am Himmel empor, die oft von blauen Flecken und Streifen durchbrochen waren⁵⁰⁾.“

In den Vogesen zeigen sich Föhnerscheinungen besonders an den Ausgängen der Täler, die bei Türkheim, Colmar und Gebweiler in die Ebene münden. Es sind die Gebiete, wo das Gebirge die Ebene bis zu 900 m überragt. Im Hintergrunde des Fochttales, das bei Colmar in die Ebene mündet, ist das Gebirge am höchsten (die Differenz: Hohneck—Belchengruppe—Colmar beträgt 1100—1200 m). Knörzer⁵¹⁾ berichtet über den Föhn in Colmar vom 26. Juli 1881: „Um 10^h a.m. erhob sich ein heftiger SW-Wind; die Temperatur stieg von 18^o auf 29^o und hielt sich in dieser Höhe bis 1^h p.m. Der warme Wind hatte eine Stärke von 15—18 m/sek. Blüten und Blätter vieler Pflanzen (Rosen — Oleander) verbrannten so schnell wie durch Frost zur Frühlingszeit. Markant war weniger die Temperaturhöhe (am Tage vorher herrschten 26—29^o), als der plötzliche Eintritt des heißen Windes und die schnelle Temperatursteigerung. Die relative Feuchtigkeit sank während des Windes auf 30—35%.“ Obwohl Colmar 45 m höher liegt als Straßburg, ist es doch im Mittel beträchtlich wärmer. Nach Knörzer kann dies nicht nur durch die etwas südlichere Lage bedingt sein, sondern beruht vielmehr mit auf den Wirkungen des Vogesen- und des Alpenföhns. Auch die hohen Temperaturen anderer „Wärmeinseln“ der ober-rheinischen Tiefebene — außer im Vorland der Vogesen zwischen Gebweiler und Schlettstadt mit Colmar noch in der Umgebung von Ihringen am Kaiserstuhl, im Landstrich zwischen Neustadt und Forst am Fuße der Hardt und in der Umgebung von Heidelberg — dürften zum Teil ebenfalls auf Föhnwirkungen beruhen. So zeigte der stürmische Ostwind am Ausgang des Neckartales am

8. und 9. November 1924 einen föhnartigen Charakter⁵⁵). Vom Abend des 8. bis zum Vormittag des 9. herrschte auf dem Königstuhl und in Heidelberg stürmischer Ostwind. Während in Heidelberg gegen Mittag des 8. November die Lufttemperatur noch um $0,5^{\circ}$ tiefer war als in Mannheim, war sie am Abend desselben Tages um $2,8^{\circ}$ höher. Diese föhnartige Erscheinung war lokal auf den Ausgang des Neckartales (Heidelberg) beschränkt; denn über der Rheinebene lag eine windschwache, kühle Schicht und in Mannheim und Karlsruhe wehte nur ein schwacher Wind.

Im Thüringer Wald, wo die in Betracht kommenden Höhenunterschiede nur etwa 700 m betragen, also geringer sind als im Riesengebirge, im Schwarzwald und in den Vogesen, können sich nur Föhnerscheinungen geringer Stärke entwickeln. Ein lang andauernder Föhnsturm bei typisch heiterem Föhnhimmel ist unter den von Treitschke⁵⁴) angeführten Fällen nicht zu finden; meist sind die kurzen, föhnartigen Erscheinungen sogar von zeitweisen Niederschlägen begleitet.

Auch in der Eifel treten nur schwache föhnartige Erscheinungen auf^{52 u. 53}).

Temperatur und relative Feuchtigkeit bei föhnartigen Erscheinungen in Aachen

6. März 1899 ⁵²)							
Station:		7a.	2p.	9p.	7a.	2p.	9p.
Neuwied (Luvstation)	72 m	-7,4 ⁰	+3,3 ⁰	-1,4 ⁰	86 ⁰ / ₀	36 ⁰ / ₀	60 ⁰ / ₀
Monte Rigi (Kammstat.)	685 m	-7,0	+1,3	-3,6	100	72	98
Aachen (Leestation)	205 m	-3,8	+7,2	+2,0	78	19	31
10. Februar 1899							
Neuwied		+6,0	+10,9	+9,9	72	59	70
Monte Rigi		4,2	6,2	5,1	72	39	63
Aachen		8,6	13,8	12,7	42	29	42

Temperatur und relative Feuchtigkeit bei föhnartigen Erscheinungen in Neuwied

20. September 1899 ⁵³)							
Station:		7a.	2p.	9p.	7a.	2p.	9p.
Aachen (Luvstation)		-11,7 ⁰	13,0 ⁰	8,9 ⁰	95 ⁰ / ₀	67 ⁰ / ₀	72 ⁰ / ₀
Monte Rigi (Kammstation)		7,2	10,2	5,8	100	97	94
Neuwied (Leestation)		13,2	16,2	9,8	83	46	80

Fraglich erscheint, ob bei den in der Eifel vorliegenden morphologischen Verhältnissen für Föhnwirkungen in Aachen Neuwied und für Föhnwirkungen in Neuwied Aachen als Luvstation gelten kann*).

*) Auch von Mittelgebirgsgebieten außerhalb Deutschlands wird das Vorkommen föhnartiger Erscheinungen berichtet.

Im Tal des Shin und an den Küsten des Moray Firth im Hochlande von Schottland werden die vorherrschenden Westwinde in geringem Maße zu Föhnwinden⁵).

„An der Westküste Norwegens ist der Ostwind bisweilen von ungewöhnlich hoher Wärme begleitet“ (E-Föhn)⁴²).

„Im nördlichen Schweden sind die Westwinde, die über das norwegische Gebirge kommen, warm und trocken und bringen heiteres Wetter“⁴⁵).

4. Der Föhn in den Mittelmeerländern

Die Stationen der Mittelmeerländer, über die Berichte oder Beobachtungen von Föhnwinden vorliegen, sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt. Sie enthält zugleich die Temperatur und relative Feuchtigkeit der Luft für einzelne Föhnfälle dieses Gebietes.

Föhngebiete und Föhnstationen	Föhndatum	Temperatur °			Rel. Feuchtigkeit %	
		Max.	Erhöhung über Monats- mittel	föhnlose Temp.	Min.	Ver- minderung
Nordseite des Atlas:						
Demnat						
Algier	20. 6. 1874	38,8	23,8	—	15	—
Tunis	27. 8. 1902	40,5	13,9	—	5	—
Nordrand der Sahara:						
Azizia	13. 9. 1922	58	29,3	—	—	—
Nordwestseite der Berge von Judäa:						
Birseba	17. 5. 1916	43,1	15,2	—	2	—
Nordwestseite des Djebel Makrah, Djebel Hilab, Djebel Magara, in der Sinaiwüste:	—	—	—	—	—	—
Südküste von Teneriffa:	—	—	—	—	—	—
Südküste von Madeira:						
Funchal	—	—	—	—	—	—
Nordseite des Kantabrischen Gebirges:						
Bilbao	—	—	—	—	—	—
Nordseite der Pyrenäen:						
Biarritz	1. 9. 1874	38	19,8	—	37	—
Bagnères de Bigorre	24. 2. 1900	23,9	18,6	—	25	—
Pau						
Tarbes						
St. Martin de Hinx	13. 11. 1876	26	17	—	—	—
Carcassonne						
Nordwestseite der Cevennen:						
Castres	—	—	—	—	—	—
Albi						
Dourgne						
Sorèze						
Revel						

Föhngebiete und Föhnstationen	Föhndatum	Temperatur °			Rel. Feuchtigkeit %	
		Max.	Erhöhung über Monats- mittel	föhnlose Temp.	Min.	Ver- minderung
Ostseite des Apennin Modena	15. 1. 1867	15,2	—	10,8	35	63
Nordküste von Sizilien: Palermo	29. 8. 1885	49,6	24,8	—	10	—
Westküste Messeniens Pylos Kyparissia	—	—	—	—	—	—
Nordseite der Transilvani- schen Alpen: Hermannstadt	—	—	—	—	—	—
Nordseite des Rhodopegebir- ges, des Rila- gebirges und der Witoscha: Sofia	6. 1. 1912	9,7	12,7	11,1	61	23
Nordwestseite des Jailagebir- ges (Halbinsel Krim): Sewastopol	3.—4. 4. 1898	29	19,1	10,8	12	—
Nordseite des Kaukasus: Gorjätſchy- Kljutsch	7. 12. 1885	16	—	15,6	27	69
Südseite des Kaukasus: Kutais	—	—	—	—	—	—
Nordseite des Pontischen Gebirges: Trapezunt	{ 23.—24. 3. 1859 21.—22. 10. 1859	21,9 22,8	12,7 4,3	11,9	27 38	57 36
Nordseite des Elbrus- gebirges: Rescht	—	—	—	—	—	—

Der im Mittelmeergebiet (Nordafrika, Süditalien, Sizilien, Griechenland) auftretende Föhnwind hat meist keine typische Bezeichnung. Man nennt ihn durchweg, wie auch die übrigen warmen Südwinde des Mittelmeergebietes, „Scirocco“ und unterscheidet ihn so weder von den heißtrockenen Wüstenwinden Nordafrikas noch von den heißfeuchten, regenbringenden Südwinden des Mittelmeeres. Der Föhn des Mittelmeergebietes ist eben nur eine Modifikation des hier allgemein Scirocco genannten warmen Südwindes, die sich entsprechend der

äußeren Terrainstruktur nur in relativ wenigen Gebieten typisch ausbilden kann. So wird der heißtrockene Wüsten-Scirocco Nordafrikas dort, wo er an dem Rande eines Hochplateaus in genügend tiefe und isolierte Talgebiete abfällt, noch heißer und trockener und so zum Föhn. Stößt der heißtrockene afrikanische Südwind aber über das Mittelmeer vor, so kommt er, durch das Meer mit Feuchtigkeit beladen, an den Südküsten der Inseln oder auch des europäischen Festlandes als heißfeuchter Wind an, dort aber, wo sich ihm hier hohe Bergwände entgegenstellen, da gibt er seine Feuchtigkeit an der Luvseite ab und wird auf der Leeseite zum Föhn. So wird der Saharawind im Mittelmeergebiet weniger an den Südküsten, wo er unmittelbar auftritt und heißfeucht ist, gefürchtet, sondern am meisten dort, wo er eine Bergkette oder ein Hochplateau überschreiten muß und so zum trockenen und noch heißeren Föhn wird⁷⁵⁾.

In Marokko, Algerien und Tunesien tritt der aus Süden wehende, meist Staub führende Wüstenföhn gelegentlich in den Gebieten auf, die nördlich von den Atlasketten liegen. „So handelte es sich um einen echten Föhn in einem der marokkanischen Atlasländer bei Demnat in der Nacht vom 4. zum 5. Juni 1888. Dieser heißtrockene Wind stürzte sich mit unausstehlicher Gewalt von den schneebedeckten Bergen herab und hielt den ganzen folgenden Tag über an⁷⁵⁾.

Der Süd-Scirocco der algerischen Küste „steigert seine Temperatur um 10—15° und mehr beim Herabstürzen vom Gebirgsrand auf die Küste und wird dabei noch trockener“⁶⁵⁾. Am 20. Juni 1874 stieg bei Eintritt des SSE-Sciroccos in Algier die Temperatur schnell auf 38,8° (23,8° ü. d. Monatsmittel) und die relative Feuchtigkeit sank unter 15%⁶⁵⁾.

In Tunesien treten die heißtrockenen Südwinde, arabisch „Chili“ genannt, meist unter dem Einflusse einer Depression auf, die vom Golf von Genua kommend nach SE fortschreitet⁷⁾. In Tunis betrug bei heftigem Süd-Chili am 27. August 1902 das Temperaturmaximum 40,5° (13,9° ü. d. Monatsmittel), das Minimum der relativen Feuchtigkeit 5%.

Auch in Tripolitanien wird der aus Süden wehende Wüstenwind, wenn er gelegentlich am Steilrand des Djebel abfällt, einem Hochplateau, das nach Süden allmählich gegen die Sahara, nach Norden aber steil gegen die Steppe abbricht, zum noch heißeren und trockeneren Föhn*). Er wird „Gibli“ genannt und tritt unregelmäßig gewöhnlich für einen Tag auf und zwar besonders von Februar bis April und von September bis Oktober. „Er steigert die Temperatur rasch auf 15—20° über die Normaltemperatur. Überall macht sich seine austrocknende Wirkung bemerkbar: die Möbel knarren, Holzteile biegen sich und springen, die Blätter rollen sich⁶⁰⁾.“ In Azizia erreichte bei diesem Wind die Lufttemperatur am 13. September 1922 58° (29,3° ü. d. Monatsmittel). Diese höchste bisher auf der Erde beobachtete Lufttemperatur zeigte sich also nicht zur Zeit des höchsten Sonnenstandes; in Tripolis, an der Küste, herrschten gleichzeitig nur 45°⁶⁸⁾.

Auch der SE-Scirocco oder Chamsin der Sinaiwüste und der Wüste Juda wird dort, wo er vom Gebirgsrand herabweht, zum Föhn. „Dieser Wind weht bei dem Übergang von der winterlichen Regenzeit zur normalen Sommerwitterung und von dieser zur Regenzeit, also besonders von März bis Mai und von September bis November und dauert gewöhnlich ein bis drei Tage. Er wird

*) Beobachtungen in Azizia und in der Steppe südlich davon. Azizia (32° 30' N — 13° 13' E — 100 m ü. d. M.) liegt 40 km südlich von Tripolis; es hat eine geschlossene Muldenlage in der Mitte der Djefara-Ebene, vom Meere ist es durch eine Dünenkette getrennt und im Süden erhebt sich der Steilrand des Djebel⁶⁸⁾.

ausgelöst durch Tiefdruckgebiete, die der Mittelmeerküste entlangziehen und auch landeinwärts dringen. Dieser Scirocco-Föhn ist die auffallendste Erscheinung der Sinaiwüste und von großem Einfluß auf sämtliche Lebensbedingungen der Wüste; er war für die Kriegsführung an der Suezfront entscheidend⁶²). In Birseba* ($31^{\circ} 15' N - 34^{\circ} 48' E - 283 \text{ m ü. d. M.}$) in der Wüste Juda steigerte er die Temperatur am 17. Mai 1916 auf $43,1^{\circ}$ ($15,2^{\circ}$ ü. d. mittleren Monatsmaximum) und verminderte die relative Feuchtigkeit auf 2%; er dauerte vom 12. bis 18. Mai, dann sank die Temperatur wieder auf $22,4^{\circ}$ und die relative Feuchtigkeit stieg auf 88%⁵⁸).

Teneriffa hat einen Föhn im Lee des Passats. Der NE-Passat erzeugt hier, luvseitig bis zu den mehr als 2000 m hohen Gipfeln aufsteigend, eine die Nord- und Nordostflanke der Insel umwallende Wolkendecke, aus der der 3709 m hohe Pik noch fast 2000 m herausragt. Hat der Passat die über 2000 m hohen Bergrücken erreicht und fällt dann leeseitig an den Südhängen ab, so erwärmt er sich und wird noch trockener; er wird zum Föhn. Die Leute nennen ihn „Tiempo del monte“.

Ebenso hat Funchal auf Madeira im Sommer Föhn. Funchal liegt im Sommer im Windschatten des NE-Passats. Da es auf der Südseite des bis 2600 m aufsteigenden Gebirges liegt, so ist der lokale, heißtrockene Sommerwind, der gelegentlich besonders heftig weht, ebenfalls ein Föhnwind im Lee des Passats⁷).

In Palermo erhält der von Afrika herwehende Scirocco ebenfalls Föhncharakter, wenn er vom Gebirgskamme herabfällt. Es ist dann in Palermo heißer und trockener als gleichzeitig an der Südküste Siziliens und der Nordküste Afrikas. Man kann in Palermo im Jahre mit 12 solcher Sciroccostürme rechnen. Am häufigsten sind sie im Frühling. Die Wärme dieses Sciroccos ist vielfach so groß, daß die Blätter an den Bäumen vertrocknen und abfallen. Bei dem Scirocco-Föhn vom 29. August 1885 stieg die Temperatur in Palermo auf $49,6^{\circ}$ ($24,8^{\circ}$ ü. d. Monatsmittel); an der Nordküste Afrikas betrug zu derselben Zeit die Lufttemperatur nur 30° ⁵).

Die heftigen Nordwinde der nördlichen Mittelmeerländer, die besonders im Winterhalbjahr auftreten, zeigen beim Abfall von den nach Süden gerichteten Steilküsten meist keinen Föhncharakter. Ihre Kälte wird durch die dynamische Erwärmung beim Fall in die Küstenniederungen meist nicht einmal ausgeglichen, so daß sie gewöhnlich als kalte Fallwinde (Bora) auftreten. Solche berühmten Borawinde treten auf an der istrischen und dalmatischen Küste, bei Novorossisk auf der Südseite des Kaukasus, in der Provence**, dem Languedoc und in Katalonien. Dagegen weht von den Ligurischen Alpen herab in das Küstenland der Riviera von San Remo bis Genua häufig ein Nordföhn. Ihm sind wohl mit die auffallende Lufttrockenheit und die ungewöhnlich hohen Wintertemperaturen dieser Küste zuzuschreiben.

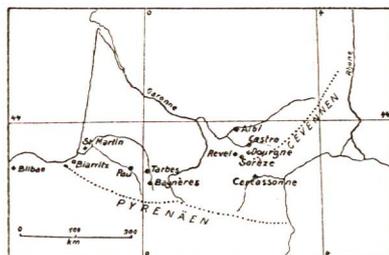
Modena, auf der Ostseite des Apennin, hat im Winter oft heftigen SW-Föhn. Dieser brachte am 15. Januar 1867 ein Temperaturmaximum von $15,2^{\circ}$ und ein Feuchtigkeitsminimum von 35%, d. i. verglichen mit dem föhnlosen Vortage eine Temperaturerhöhung von $10,8^{\circ}$ und eine Verminderung der relativen Feuchtigkeit um 63%⁶⁵).

Auf der Nordwestseite der Cevennen (Hoch-Languedoc) — (Castres, Albi, Dourgne, Sorèze, Revel) — zeigt sich ein sehr heftiger SE- oder

*) Beobachtungen von W. Späth auf den Feldwetterwarten in Birseba, Ramleh und El Arisch in der Zeit von 1916 bis 1917.

***) Der kalte Fallwind heißt hier „Mistral“.

E-Föhn „bei Annäherung einer ozeanischen Depression vom Golf von Biscaya oder durch Gegenwart einer Anticyklone im Süden von Zentraleuropa. Im ersten Fall ist der Föhn (Vent d'Autan), wenn die Depression langsam nach Osten schreitet, von Regen gefolgt. Er heißt dann L'Autan noir. Im zweiten Falle kann der Föhn eine lange Trockenperiode bringen. Er wird dann L'Autan blanc genannt. In beiden Fällen hat die Luvseite, die Küste der Languedoc, feuchten, mäßig starken E-Wind (Le Marin), der hier Bewölkung und Regen bringt³³⁾“. — Vom Auftreten und der Wärme des Autan hängt das Erträgnis der Wiesen und die frühe Reife des Obstes ab⁷⁾.



Föhn in den Cevennen und Pyrenäen

Auf der französischen Nordseite der Pyrenäen — Stationen: Biarritz, St. Martin de Hinx, Pau, Tarbes, Bagnères de Bigorre, Carcassonne — nennt man den Föhn, der hier gewöhnlich bei Annäherung einer großen Depression auftritt, Vent d'Espagne. In Biarritz stieg bei Föhn am 1. September 1874 die Lufttemperatur auf 38° ($19,8^{\circ}$ ü. d. Monatsmittel), die relative Luftfeuchtigkeit sank auf 37%. Dem Vent d'Espagne folgt meist Regen. Für die Gegend von Pau gilt deshalb der scheinbar paradoxe Satz: „Plus il fait sec, plus la pluie est proche“⁴⁵⁾. In Bagnères de Bigorre stieg bei dem Föhn des 24. Februar 1900 die Temperatur auf $23,9^{\circ}$ ($18,6^{\circ}$ ü. d. Monatsmittel), die relative Feuchtigkeit sank auf 25% (⁵⁶ u. Met. Z. 1905). St. Martin de Hinx hatte bei Pyrenäenföhn am 13. November 1876 ein Temperaturmaximum von 26° (17° ü. d. Monatsmittel) (Met. Z. 1878). Tarbes, das im gleichen Tale (Adourtal) weiter talabwärts liegt, hatte gleichzeitig ein Temperaturmaximum von 24° . — Bilbao (Nordseite des Kantabrischen Gebirges) hat S-Föhn. — Der SE-Föhn (Scirocco di Levante) an der Westküste Messeniens, zwischen Pylos und Kyparissia ist sehr heiß und trocken⁵⁾.

Auf der Nordseite der Transilvanischen Alpen hat Hermannstadt einen föhnartigen Südwind.

Im Balkan treten Föhnwinde weniger auf, wohl aber im Rhodopegebirge und seiner Fortsetzung, dem Rilagebirge und der Witoscha, wenn von Norden her Tiefdruckgebiete sich nähern. In Sofia stieg bei S-Föhn am 6. Januar 1912 die Temperatur auf $+9,7^{\circ}$ (Erhöhung um $12,7^{\circ}$), die relative Feuchtigkeit sank auf 61% (Verminderung um 23%). Über der Witoscha lagerte eine dicke Föhnmauer; die Luft war ungewöhnlich klar⁵⁹⁾.

Sewastopol, auf der NW-Seite des Jailagebirges (Halbinsel Krim), hat einen SE-Föhn, Gorgätschy-Kljutsch, auf der Nordseite des westlichen Kaukasus, einen SW-Föhn. (S. Tabelle S. 42⁶⁴⁾ Kutais, am Südfuß des Kaukasus, hat besonders im Frühling E-Föhn, der den Tabakpflanzungen oft schädlich wird⁵⁾.

Auf der Nordseite des Pontischen Gebirges tritt zuweilen ein Südwind auf, der die typischen Eigenschaften des Föhns hat. Dieser S-Föhn bewirkte in Trapezunt vom 23. bis 24. März 1859 eine Temperaturerhöhung von 12° (Temperaturmaximum $21,9^{\circ}$) und eine Verminderung der relativen Feuchtigkeit von 57% (Minimum 27%⁶⁷).

Die Nordseite des Elbrusgebirges hat einen S-Föhn, der besonders im Herbst, aber auch im Frühling und Winter, wenn die Hochflächen Persiens mit Schnee bedeckt sind, weht. Er läßt den Schnee in einigen Stunden verschwinden, trocknet die Sümpfe aus und macht das Land, das oft von einer unerträglichen Feuchtigkeit ist, gesunder. Das Zimmerwerk der Häuser und auch die Möbel, die krachen und reißen, tragen die Spuren seiner Wirkungen. Die Bewohner sind verpflichtet, wegen der Brandgefahr bei Föhn die größten Vorsichtsmaßnahmen anzuwenden. Dieser Elbrus-Föhn erreicht sein Intensitätsmaximum in Kodum, einem Dorf, 24 km oberhalb von Rescht. Auch in Rescht tritt der Föhn noch heftig auf, weht über den Golf von Gilan und den See von Enseli, wo er durch seine Wirbelbewegungen der Schifffahrt sehr hinderlich ist. Manchmal haust er inmitten der Wälder von Kodum und zeigt sich erst mehrere Tage später in Rescht⁶³).

Der heftige W-Wind am Urmiassee in Persien, der zuweilen weht, oft drei Tage dauert und, obgleich er über die hohen schneebedeckten Berge von Kurdistan kommt, doch heiß und trocken ist, so daß er die Vegetation versengt, muß ebenfalls ein Föhn sein⁵).

5. Föhnerscheinungen an der West- und Ostseite des südafrikanischen Hochlandes

Die heißen Winde, die an der West- und Ostseite des südafrikanischen Hochlandes gelegentlich wehen, kommen aus dem Innern des Landes und sind Föhnwinde, die ihre hohe Temperatur dem Herabsinken der Luft aus dem inneren Hochlande verdanken⁷). Auf die heißtrockenen Ostwinde der südwestafrikanischen Küste hat zuerst A. von Danckelmann aufmerksam gemacht und sie für Föhnwinde erklärt (Met. Z. 1888, 95). Sie wehen von der, etwa 60—100 km landeinwärts, sich bis zu 2000 m erhebenden Küstenabdachung des südafrikanischen Randhochlandes herab in die von Felskuppen und Sanddünen durchsetzte Wüstenebene der Namib. Hier bringen sie dem Küstengebiet gerade in der kühleren Jahreszeit (April bis Juli) die höchsten Temperaturen, die hier größer sind als in dem im Mittel wärmeren Binnenland. Diese heißen, föhnartigen Ostwinde der kühleren Jahreszeit sind daher eine höchst eigenartige Erscheinung und machen mit der kühlen Meeresströmung (Benguelastrom) das Klima der Namib zu einem der merkwürdigsten der Erde⁷¹). Daß diese Ostwinde ihre hohe Wärme erst beim Herabkommen von dem inneren Hochland erlangen, ergibt sich daraus, daß während der kühleren Jahreszeit im Inneren des Landes keine heißen Winde vorkommen; die Temperaturmaxima treten da wie normal im Sommer ein (Met. Z. 1888, 95). Gülland hat den E-Föhn in Swakopmund ausführlicher beschrieben (⁷¹ u. Met. Z. 1909). Intensiver und häufiger als hier an der Meeresküste wird sich der Föhn zwar in seinen Quellgebieten, in den Talspalten der Küstenabdachung zeigen. Beobachtungen liegen aber darüber nicht vor. In den küstennahen Gebieten ist auch im Winter das Land noch wärmer als die infolge des kalten Benguelastromes kühle See

und saugt die SW-Winde an, die mit Süd- und Westwinden in der ganzen Namib vorherrschen. Wenn aber gelegentlich einmal infolge einer genügend tiefen Depression, die der Küste entlang zieht, der E-Föhn den SW unterdrückt und bis an die Meeresküste kommt, so ist er auch hier noch ein heißer, trockener und staubführender Wind, der gerade in der kühleren Jahreszeit die heißesten Tage bringt^{73 74}). Für den Föhn in Swakopmund ist es typisch, daß er mehr intermittierend als kontinuierlich auftritt. Die Tagesamplitude ist hier bei Föhn bedeutend größer als an anderen Tagen, wo die tägliche Temperaturvariation sehr gering ist; nachts setzt der Föhn aus oder schwächt sich ab. Trotzdem bringt der Föhn für Swakopmund außerordentlich hohe Temperaturen und geringe Feuchtigkeitsgrade. Während der Föhnperiode vom 3. bis 13. Juni 1899 betrug das Temperaturmaximum $34,8^{\circ}$ ($20,1^{\circ}$ ü. d. Monatsmittel), das Minimum der relativen Feuchtigkeit 4%. Dies ist für das nebelreiche Küstengebiet (Swakopmund hat eine mittlere Feuchtigkeit von 80%) ein sehr geringer Feuchtigkeitsgrad.

Tabelle der mittleren Föhnhäufigkeit für Swakopmund
(nach Gülland)

J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Jahr
0	0	1	0,9	6,3	6,4	4,9	2,1	2	0,1	0	0	23,7

Auch in der W a l f i s c h b a i ist die mittlere Monatsschwankung der Temperatur, die hier in den Sommermonaten recht gering ist, im Winter durch den Einfluß des E-Föhns bedeutend größer. Am föhnlosen 24. Juli 1886 herrschten in Walfischbai bei S-Wind $4,6^{\circ}$, in der Zeit vom 26. bis 30. Juli 1886 bei E-Föhn dagegen $20,5$ bis 22° . Am 5. Juni 1891 betrug das Temperaturmaximum 39° ($23,3^{\circ}$ ü. d. Monatsmittel) (Met. Z. 1895). Auch „die heißen Winde zu Port Nolloth haben den gleichen Charakter wie jene der Walfischbai und zu Swakopmund. Sie treten am häufigsten im Herbst und im Frühjahr ein; die mittleren Monatsschwankungen sind in diesen Jahreszeiten besonders groß⁷⁾“. Der Föhn bringt so dem Küstengebiet von Südwestafrika einen heiteren Winter mit auffallend hoher Veränderlichkeit der Temperatur; er macht sich durch die plötzlichen Temperaturschwankungen und den ungewohnten Zustand der Atmosphäre zeitweise unangenehm fühlbar⁶⁹). Nach Gülland ist der Föhn in Swakopmund ein Anticyklonal-Föhn, weil er „nur an der Küste auftritt, am Rande der Anticyklone, während im Inneren gleichzeitig kalter E-Wind herrscht und weil er im Gegensatz zu dem Auftreten an anderen Orten nur in der kühlen Jahreszeit beobachtet wird, wo das Innere des Landes von einer ausgedehnten Anticyklone eingenommen wird“. Bei Anticyklonal-Föhn handelt es sich aber nach unserer Definition weniger um einen wirklichen Wind, wie er doch im Föhn zu Swakopmund beobachtet wird, sondern mehr um ein ruhiges, mit föhnartiger Wärmesteigerung verbundenes Anticyklonalwetter. Was Gülland anführt, beweist eher das Gegenteil, nämlich, daß es sich bei dem Föhn in Swakopmund nicht um einen Anticyklonal-Föhn, ein kaum merkliches, mit föhnartiger Temperatursteigerung verbundenes Absinken von Luftmassen aus dem Kern einer Anticyklone handelt, sondern um einen e c h t e n F ö h n w i n d, den Gradientföhn. Es müßten sonst bei der sich noch weit in das Innere des Landes erstreckenden Anticyklone gleichzeitig auch auf der Ostseite des Randhochlandes, das zu der 300—1000 m tieferen beckenförmigen Kalahari abfällt, Anticyklonal-

föhn-Erscheinungen auftreten; es herrscht aber gerade im Inneren des Landes gleichzeitig ein kalter, regenbringender Ostwind⁶). Dieser E-Wind ist jene Luftbewegung, die für die Luvseite typisch ist, wenn leeseitig (Swakopmund) Föhnwind (Gradientföhn) herrscht. Wenn der Föhn in Swakopmund gerade in der kühleren Jahreszeit beobachtet wird, so steht dies, entgegen der Behauptung Güllands, keineswegs im Gegensatz zu dem Auftreten des Föhns an andern Orten, sondern stimmt sehr gut überein mit den Föhnwinden anderer Gebiete, wo im allgemeinen der Föhn, wie es auch die Theorie verlangt, gerade im Winter seine größte Intensität zeigt. Daß der Föhn in Swakopmund fast ausschließlich in der kühleren Jahreszeit vorkommt, ist aber auch durch die hier für diese Zeit typischen Luftdruckverhältnisse bedingt. Im Winter sind die Luftdruckmaxima im Inneren am stärksten ausgeprägt und gleichzeitig sind die aspirierenden gelegentlich der Küste entlangziehenden Depressionen tiefer als sonst (Met. Z. 1876). Daß, wie Gülland noch bemerkt, bei Föhn der Luftdruck in Swakopmund sinkt und, daß dem Föhn oft starke Niederschläge folgen, sind ebenfalls eher Merkmale für einen Gradient- als für einen Anticyklonal-Föhn.

An der Ostküste Südafrikas werden die gelegentlich wehenden NW-Winde zum Föhn, wenn sie aus dem Kalaharibecken am Randhochlande luvseitig aufsteigen und dann leeseitig in die Täler der Küstenabdachung absinken. Diese, im Gegensatz zu den vorherrschenden östlichen Winden, seltenen heißen Winde aus NW sind z. B. für das Klima von Pieter Maritzburg am Osthang der Drakensberge eine Eigentümlichkeit. „Sie wehen namentlich im Frühling und im Herbst mit der Kraft eines Orkans, aber unregelmäßig in kürzeren Stößen und treiben Wolken von Staub und Sand vor sich her, welche die Stadt oft auf längere Zeit einhüllen. Der heißtrockene Wind (Temp. 32° bis 36°, relative Feuchtigkeit bis 25%) beginnt meist schon um Tagesanbruch zu wehen, hält bis Mittag oder darüber an, dann lullt er ein und ein strenger kühler Seewind von SE tritt plötzlich an seine Stelle. Zuweilen jedoch wiederholt er sein Auftreten am nächsten Morgen⁷).“

Tabelle der mittleren Föhnhäufigkeit für Maritzburg
(nach Gülland)⁷¹⁾

J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Jahr
1,5	1,2	0,7	0,9	1,2	0,9	2,4	3,2	5,1	4,2	3,0	1,7	26

Selbst unmittelbar an der Küste von Natal bringen die NW-Winde aus dem Innern zuweilen noch sehr hohe Temperaturen. So stieg in Durban am 21. September 1896 die Temperatur bei NW-Föhn bis auf 43,1° (23,4° ü. d. Monatsmittel⁷).

Auch im Zululand werden die an der Küste vorherrschenden SE-Winde morgens zuweilen durch einen warmen NW-Wind abgelöst, der föhnartig von der Hochebene herabkommt⁷).

Über Föhnwinde auf Madagaskar liegen keine Berichte vor. Wohl bemerkt Hann: „Als Ursache der Trockenheit des südwestlichen Küstenstriches, einer heißtrockenen Halbwüste, kann der von dem Hochland von Mahafaly herabwehende Wind bezeichnet werden“⁶).

6. Der Föhn in den Felsengebirgen Nordamerikas

In den ausgedehnten Gebirgslandschaften im Westen Nordamerikas hat der Föhn ein weites Verbreitungsgebiet. Er kommt hier besonders auf der Ostseite des Felsengebirges vor. Seine Wirkungen waren hier längst bekannt, bevor man seine Herkunft und seine Entstehung erklären konnte^{5 u. 81}). Am besten bekannt ist der auf der Ostseite des Felsengebirges auftretende Westföhn, für den im kanadischen Alberta und in den Unionstaaten Montana, Wyoming, Nord- und Süd-Dakota und Colorado die Bezeichnung „Chinook“*) charakteristisch ist. „The chinook is a warm and dry wind, similar in all respects to the swiss foehn“⁷⁹). „Er weht vom Osthang des Felsengebirges bis in die Ebene; seine Richtung, im allgemeinen von Südwest, wird durch die Topographie bestimmt. Er weht am Tage und auch in der Nacht, entweder nur für einige Stunden oder auch, oft jedoch mit Unterbrechungen, drei bis vier Tage; seine Geschwindigkeit wechselt von der Brise bis zum Sturm. Dabei zeigen sich hohe und schnelle Temperaturanstiege. Während des Chinooks ist es über der Ebene klar, über dem Gebirge, wo der Wind herkommt, lagern Wolken.“ („Chinnok clouds“ = Föhnmauer⁸².)

Chinook-Winde treten auf, wenn Barometerminima von der pazifischen Küste her bis über die Abhänge der Felsengebirge fortschreiten⁸⁰), oder längs der Ostseite des Felsengebirges vorüberwandern (Isobarenkarte Figur 20 und Figur 21). An der Westküste der Vereinigten Staaten und über dem Großen Becken, also von der pazifischen Küste bis zur Wasserscheide herrscht dann mehr oder weniger heftiger Regen⁷).

Typische Einzelfälle

1. Chinook in Great Falls (Montana) im oberen Missouri Tal vom 10. bis 13. Dezember 1910

Diesem Chinook, im Volksmunde „Montana monsoon“ genannt, ging eine Kälteperiode voran, in der eine durchschnittliche Temperatur von -29° herrschte. Vom Morgen des 10. Dezember ab stieg die Temperatur bei West-Chinook innerhalb 7 Stunden um 29° . Die Hauptstraße in Great Falls, in der vorher noch einige Zoll Schnee gelegen hatte, war ganz mit Wasser bedeckt. Während der drei bis vier Tage, die dieser Chinook dauerte, war es fast wie im Sommer⁸²).

*) Der Name „Chinook“ wird verschieden gedeutet. Ursprünglich bezeichnete man damit den Jargon, der zwischen Weißen, Indianern und Chinesen im Nordwesten Nordamerikas gebräuchlich ist und eine eigenartige Kunstsprache aus englischen, französischen, indischen, spanischen und chinesischen Elementen darstellt. Nach Harrington⁷⁹) ist der Name Chinook auf den Föhnwind angewandt worden, weil dieser besonders charakteristisch ist für das Gebiet, in welchem der Chinook-Jargon gebräuchlich ist. Andere leiten die Bezeichnung Chinook ab von dem gleichnamigen Indianerstamm, der früher an der Mündung des Columbiaflusses wohnte. „Die warmen, feuchten SW-Winde, die von dem Lager der Chinooks her nach Astoria, einem Posten der Hudsonbay-Company kamen, wurden dort Chinook-Winde genannt. Später wurde dieser Name auf die warmen und trockenen Fallwinde im Osten des Felsengebirges übertragen“⁸³).

2. Chinook in Havre, Kipp und Williston (Montana) vom 7. bis 9. März 1900⁸⁴⁾

In der Nacht zum 6. März näherte sich Montana ein Tiefdruckgebiet von der pazifischen Küste her. In Havre und anderen Stationen Montanas setzte ein strenger Chinook ein, der Montana von NW nach SE diagonal durchzog. Er erhöhte in Havre am 7. März kurz nach Mitternacht die Temperatur in 3 Minuten um $17,3^{\circ}$ (von $-11,7^{\circ}$ auf $+5,6^{\circ}$). In den östlicher gelegenen Stationen Kipp und Williston wehte der Chinook etwas später.

3. Chinook in Fort Assinaboine (Montana) vom 18. bis 19. Januar 1892⁸⁰⁾

Die Luftdruckverhältnisse, die diesen Chinook einleiteten, sind aus der Iso-barenkarte (Fig. 20 auf Taf. III) ersichtlich. Das Tief über Nord-Alberta vom 18. Januar bewegte sich ostwärts und lagerte am 19. Januar über den Saskatschevan Tälern. In Fort Assinaboine fiel das Barometer innerhalb 12 Stunden um mehr als 23 mm. Das Tief veranlaßte in den Tälern am Osthang des Felsengebirges von Montana bis zum 40. Breitengrad einen äußerst warmen Chinookwind. Während an der entsprechenden pazifischen Küste Regen- und auf dem mittleren und nördlichen Plateau Regen- und Schneewetter herrschten, stieg auf der Leeseite des Felsengebirges bei vorherrschendem Südwest-Chinook die Temperatur über mehr als 30° . So wurde in Assinaboine die Temperatur bald nach Mitternacht in 15 Minuten um 26° erhöht (Thermogramm Fig. 19). Während der ganzen Nacht vom 18. zum 19. Januar stieg die Temperatur in Assinaboine; seit dem Mittag des 18. Januar hatte der Chinook eine Temperaturerhöhung von $31,8^{\circ}$ gebracht. Am Abend des 20. Januar nahm die Temperatur wieder bedeutend ab und am Morgen des 21. Januar fiel am Nordosthang des Felsengebirges Schnee.

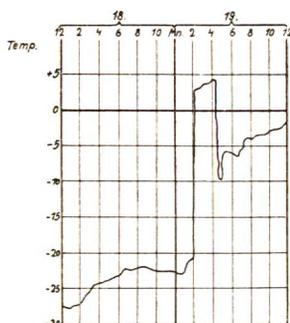


Fig. 19. Föhn (Chinook) in Fort Assinaboine (Montana)
18. - 19. Januar 1892.

4. Chinook in Kipp (Montana) am 1. Dezember 1896

„Am 1. Dezember 1896 herrschte in Kipp eine Temperatur von -25° . Die Luft war mäßig bewegt und der Himmel klar. Plötzlich erschien über dem Rand des Gebirges im Südwesten eine große Bank von dunklen Wolken. In fünf Minuten ging ein kurzer Hauch trockener Luft über die Ebene dahin, und in den folgenden sieben Minuten stieg die Temperatur auf $+1,1^{\circ}$; dann nahm die Windgeschwindigkeit zu und die Temperatur erreichte $+3,3^{\circ}$. Innerhalb von 12 Stunden war jede Spur der $\frac{3}{4}$ m mächtigen Schneedecke verschwunden, die Hügel waren entblößt und die Ebene mit Wasser bedeckt“⁷⁶⁾.

5. Föhn in Montana, Nord-Dakota, Washington und Oregon vom 9. bis 10. Januar 1894⁷⁶⁾

Bei hohem Druck (779,8 mm) über Zentral-Nevada und einem Tief (756,9 mm) über Nord-Montana haben Roseburg, Portland und Seattle E-Föhn, Wallawalla, Spokane, Helena, Havre, Miles City und Bismarck W-Föhn. Die folgende Tabelle enthält Temperaturveränderungen, die dieses Föhnwetter vom Morgen des 9. bis zum Morgen des 10. Januar brachte.

Station	Temp. ^o (8h a.m.)		Temperatur- zunahme ^o in 24 Std.
	9. Jan. 1894	10. Jan. 1894	
Roseburg (Oregon)	+ 1,1	+ 6,6	5,5
Portland „	+ 1,1	+ 5,5	4,4
Seattle (Washington)	0,0	+ 4,4	4,4
Walla Walla „	-2,2	+ 7,7	9,9
Spokane „	-10,0	+ 1,1	11,1
Helena (Montana)	-12,2	+ 3,3	15,5
Miles City „	-21,1	+ 4,4	25,5
Havre „	-6,6	0,0	6,6
Bismarck (Nord-Dakota)	-30,0	0,0	30,0

Geographische Verbreitung der Föhngebiete in Nordamerika

Besonders häufig und heftig tritt der Föhn im westlichen Nordamerika, auf der Ostseite des Felsengebirges auf. Dieser W-Föhn (Chinook) kommt außerordentlich häufig vor in den Unionstaaten Montana, Wyoming, Nord- und Süd-Dakota und in Colorado⁷⁶⁾. In Süd-Colorado wird der Föhn selten Chinook genannt; hier heißt er „Pacific-Wind“ oder auch „Schneefresser“ (snow-eaters) und „Zephyr“^{*)}.

In Mexiko hat T a m p i c o an der Golfküste einen SW-Föhn (Met. Z. 1921). Auch der heiße Lokalwind in Orizaba⁶⁾, der von S und SW zuweilen mit großer Heftigkeit weht und auf den Organismus erschlaffend wirkt, ist scheinbar ein Föhn.

Aber auch auf der Westseite der Gebirgszüge kommt der Föhn vor. So hat Süd-Californien einen NE-Föhn. Er wird allgemein „Norther“ genannt; in L o s A n g e l e s heißt er auch „Santa Ana“ nach dem Flußtal und Paß gleichen Namens⁷⁷⁾.

Außer der Ostseite hat auch die Westseite des Kaskadengebirges Föhn, nämlich, wenn ein Hoch über Utah lagert.

Im Tal von C a l i f o r n i e n tritt zuweilen ein Norther (N-Föhn) auf, der von den Siskiyou Bergen herweht⁷⁷⁾.

„In Fort G o o d H o p e am Mackenzie (Canada) weht jeden Winter von Ende Dezember bis Anfang Februar zuweilen für ein bis drei Tage ein Föhnwind aus N und NNW von dem Gebirgszuge zwischen dem Mackenzie und Yukon in Alaska her, der die Temperatur auf 0^o oder +2^o steigert, selbst wenn vorher -40^o herrschten“ (Met. Z. 1900).

*) Americ. Met. Journ. Bd. III Nr. 11, 1887, S. 517.

C. Abbe⁸²⁾ und M. W. Harrington⁸⁵⁾ weisen darauf hin, daß auch längs des Ostfußes der Appalachen ein chinookartiger Wind auftritt. Dieser Wind bringt der Westseite der Appalachen (Buffalo—Pittsburg—Knoxville—Chattanooga) Nebel, Regen und Schnee, während es gleichzeitig auf der Ostseite, wo der Wind herabsteigt, klar und trocken ist; doch ist die Zunahme der Temperatur nicht sehr groß⁷⁶⁾. Hann hält zwar die Kammhöhe der Appalachen für zu gering, um eine genügende dynamische Erwärmung auf der Leeseite und so einen ausgesprochenen Föhnwind bewirken zu können⁷⁾.

„Chinook“ und „Hot Winds“

Der Föhn (Chinook) macht sich nicht nur in den Tälern der Ostseite des Felsengebirges geltend, sondern ist auch noch im Gebirgsvorlande auf den Hochflächen der Prärien weit nach Osten hin fühlbar. „Edmonton, obgleich rund 300 km vom Fuße des Felsengebirges, wird noch von den Chinookwinden berührt⁵⁾.“ Nach Harrington⁸⁵⁾ reicht der Chinook im allgemeinen bis Bismarck und sein Einfluß erstreckt sich bis nach Minnesota und Manitoba. Weiter südlich in den großen Ebenen (great plains), in den Staaten Nebraska, Kansas, Missouri und Texas werden westliche Winde mit Föhnwirkungen beobachtet, die sich weit östlich bis zum Missouri- und Mississippital hin erstrecken. Diese warmen und trockenen Winde heißen allgemein „hot Winds of the Plains“. Nach den vorliegenden Berichten läßt sich nicht eindeutig feststellen, ob auch diese heißen Winde noch mit den Föhnwinden des Felsengebirges in Beziehung stehen. Es wurden in der Zone der hot Winds, besonders in Texas, auch heiß-trockene Winde beobachtet, die aus SE oder aus N wehten⁷⁾, also keine Föhnwinde sein können, weil sie nicht aus Talgebieten herauswehen. Die Lufttemperatur wird bei hot Winds bedeutend erhöht und die relative Luftfeuchtigkeit entsprechend vermindert. Die folgende Tabelle enthält die auf der Übersichtskarte der Föhngebiete der Erde verzeichneten Stationen der hot Winds und die Temperaturmaxima und Feuchtigkeitsminima einzelner Fälle.

Station der hot Winds	Datum	Temperaturmaximum °	Minimum der rel. Feucht. %
1*) Red Cloud (Nebraska)			
2 Leavenworth ⁷⁷⁾ (Kansas)	12.—14. 9. 1882	38,3	17 (73)
3 Lawrence „	12.—15. 9. 1882	40,5	7
4 Topeko „	—	—	—
5 Saline „	—	—	—
6 Arlington „	—	—	—
7 Kinsley ⁸²⁾ „	23. 6. 1897	48,8	—
8 Dodge City ⁷⁶⁾ „	6.—13. 9. 1877	21,6 (7,2)	57 (12)
9 Clinton (Missouri)	—	—	—
10 Willow Springs ⁸³⁾ „	25. 6. 1897	29,4 (11,1)	—
11 Sulphur Springs (Texas)	—	—	—
12 Abilene „	—	—	—
13 Mason „	—	—	—

(Temperaturerhöhungen und Feuchtigkeitsvermindierungen sind eingeklammert.)

*) Die neben den fettgedruckten Ziffern stehenden Stationen entsprechen den durch die gleichen Ziffern bezeichneten Stationen im Gebiete der „hot Winds“ auf der Übersichtskarte der Föhngebiete der Erde.

Die heißen Winde treten besonders im Sommer (Mai bis September) auf. Nach Cline beträgt die mittlere Zahl der Tage mit heißen Winden im

Mai	Juni	Juli	August	September
1	4	16	13	1

(Mittel aus 35 Jahren).

Die Dauer der heißen Winde schwankt zwischen einigen Stunden und drei Tagen.

Die Luftdruckverteilung bei „hot winds“ ist häufig die gleiche wie bei Chinook auf der Ostseite des Felsengebirges⁷⁾. (Isobarenkarte Fig. 21, Taf. III.) Oft verlaufen die heißen Winde innerhalb von Hitzewellen (hot waves), in welchen sie als enge Bänder einer außerordentlich heißen Luftströmung zwischen kühleren Streifen eingebettet sind⁸²⁾. Nach Ward⁸²⁾ ist „ein Teil der Berichtersteller, darunter W. M. Davis und J. M. Cline, der Ansicht, daß sich die „hot winds“ durch die spezielle und einzigartige Intensität der Hitze und Trockenheit von den allgemeinen Hitzewellen, in welchen sie verlaufen, unterscheiden. Diese Eigenart wird ihnen nicht einfach erteilt durch Wärmetransport bei horizontaler Strömung, sondern durch schnelles Absinken aus beträchtlichen Höhen durch adiabatische Kompression. Diese Winde sind ähnlich dem Chinook und Föhn“. — Eine zweite Gruppe von Berichterstellern, darunter A. J. Henry und G. E. Curtis, sagt, daß die lokale Hitze und Trockenheit besonders bei klarem Himmel genügend erklärt werden durch intensive Einstrahlung. Ward ist der Ansicht, daß die Frage, welche von diesen beiden Meinungen richtig ist, nicht erörtert werden kann, bis vollständige Beobachtungen dieser interessanten Erscheinung und besonders solche in der freien Atmosphäre mehr Licht über die Sache verbreitet haben. Ward neigt der Meinung zu, daß die in den warmen Wellen eingebetteten heißen Bänder durch dynamische Erwärmung von Luftmassen bedingt sind, die örtlich aus einer Anticyklone absinken (Anticyklonalföhn).

Solange nicht synoptische Beobachtungen aus den Gebieten der hot Winds und den entsprechenden, westlicher gelegenen Chinooktälern vorliegen, bleibt es unklar, ob die hot Winds etwa durch ein Interferieren ganz verschiedenartiger Erscheinungen (Hitzewellen*) — Chinook — Anticyklonalföhn) oder gelegentlich auch nur durch Föhn-(Chinook-)Wirkungen bedingt sind. Somit ist auch noch unklar, wie weit nach Osten hin in den großen Ebenen von Kansas, Missouri, Oklahoma und Texas die Chinookwirkungen reichen.

*) Mit „Hitzewellen“ (hot waves) bezeichnen die Wetterstationen der Vereinigten Staaten eine in unregelmäßigen Intervallen auftretende extensive Hitze, die im Sommer das Zentralgebiet und den Osten der Vereinigten Staaten, besonders das große Missouri-Tiefland und das Ohio-Talgebiet ostwärts bis zur mittleren atlantischen Küste heimsucht. Diese Wärmewellen zeigen sich von Juni bis September, besonders im Juli und August und dauern drei oder mehrere Tage. Es strömt warme Luft aus einem Hoch im Süden zu einer flachen Depression an der Nordgrenze der Vereinigten Staaten (Isobarenkarte Fig. 22, Taf. III). — Die umgekehrte Druckverteilung bedingt im Winter die Kältewellen („cold waves“). — Nach Ward ist der hohe Wärmeeffekt der Hitzewellen bedingt durch den Transport warmer Luft aus südlichen Breiten, durch die bei schwacher Bewölkung langanhaltende intensive Einstrahlung und durch die dynamische Erwärmung beim Abstieg von Luftmassen in einer Anticyklone. Das letztere tritt besonders dann ein, wenn das ganze Windsystem zeitweilig stationär wird oder sich nur langsam ostwärts bewegt.

Wärme und Trockenheit, Häufigkeit und Dauer, klimatische und ökonomische Bedeutung des Föhns in Nordamerika

Tabelle der Temperatur und relativen Feuchtigkeit der Luft einzelner Föhnfälle in den Felsengebirgen Nordamerikas

Föhnstation	Föhndatum	Temperatur °			Rel. Feuchtigkeit %	
		Max.	Monatsmittel	föhnlose Temp.	Min.	Vermin-derung
Great Falls	10. 12. 1910	0	—	29	—	—
Helena	9.—10. 1. 1894	3,3	—	15,5	—	—
Havre	8. 3. 1900	5,6	—	17,3	—	—
Ft. Assinaboine	19. 1. 1892	4,1	—	31,8	—	—
Virginia City	6.—13. 9. 1877	21,4	—	12	15	46
Bannack City	27. 12. 1894	4,4	—	44,4	—	—
Miles City	9.—10. 1. 1894	4,4	—	25,5	—	—
Kipp	1. 12. 1896	3,3	—	28,3	—	—
Williston	7.—9. 3. 1900	10	—	—	—	—
Bismarck	6.—13. 9. 1877	16,6	2,6	—	42	15
Cheyenne	6.—13. 9. 1877	17,2	3,2	5,6	37	30
Denver	6.—13. 9. 1877	20,8	3,7	4,7	27	36
Boise City	6.—13. 9. 1877	22,2	—	8,9	19	36
Winnemucca	6.—13. 9. 1877	22,2	—	9,4	14	—
Roseburg	10. 1. 1894	6,6	5,5	—	—	—
Spokane	10. 1. 1894	1,1	—	11,1	—	—
Seattle	9.—10. 1. 1894	4,4	—	4,4	—	—
Walla Walla	9.—10. 1. 1894	7,7	—	9,9	—	—

Der Föhn bringt den Gebieten, in welchen er in Nordamerika auftritt, zuweilen außerordentliche Temperaturerhöhungen, die größer sind als bei Alpenföhn. Über die Häufigkeit, mit welcher der Föhn in Nordamerika auftritt, fehlen genauere Angaben; aber auch in Nordamerika tritt der Föhn besonders im Winter, im Frühling und Herbst, also in der kühleren Jahreszeit auf. Wie in anderen Föhngebieten stellt sich der Föhn auch in Nordamerika unperiodisch ein; er dauert einen Tag oder mehrere Tage, zuweilen aber auch nur einige Stunden und weht oft mit Unterbrechungen (Intermittierender Föhn). Der klimatische Einfluß des Föhns ist auch in Nordamerika bedeutend^{76 81 82}). Seine mildernde Wirkung auf das Klima macht sich auf der Ostseite des Felsengebirges besonders im Nordwesten der Vereinigten Staaten und in Canada bemerkbar. „Ohne den Chinook würden die nördlichen Gehänge von Montana nicht bewohnbar sein und die ausgedehnten Bergweiden für Vieh in Montana, Wyoming und Dakota im Winter verlassen werden müssen wegen der Schneedecken, die die Grasplätze bedecken würden. Nach dem Zeugnis der Viehbesitzer dieser Gegend ist die Ankunft des Chinook zu einer kritischen Periode oft die einzige Hoffnung, die Herden zu retten, nicht bloß vor dem Verhungern, sondern auch vor dem Erfrieren⁸⁾.“ Auch im Gebiet des Großen Beckens (Great Basin), für das im Winter ein stationäres Hoch im Westen charakteristisch ist, das strenge Kälte bedingt, bringt der Chinook, wenn er infolge eines Tiefs am

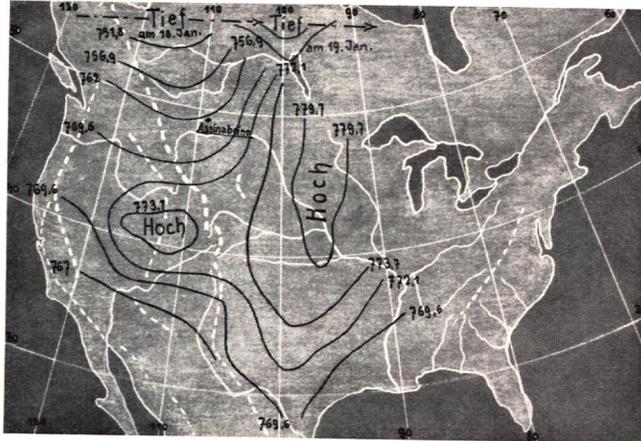


Fig. 20. Isobaren vom 18. 1. 1892
Föhn („Chinook“) in Fort Assinaboine (Montana)

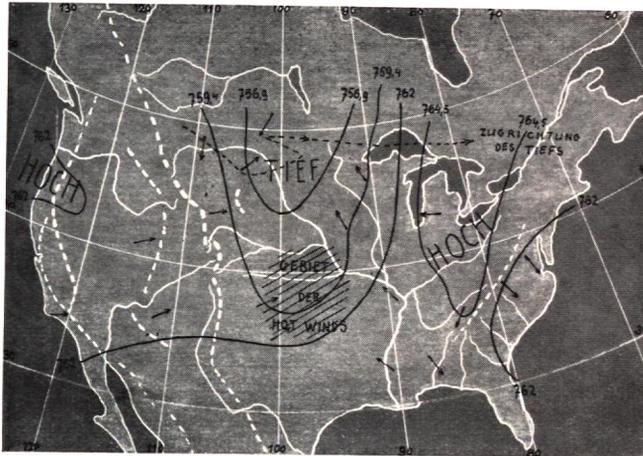


Fig. 21. Isobarenkarte vom 12. 7. 1882
 („hot winds“ on the great plains)

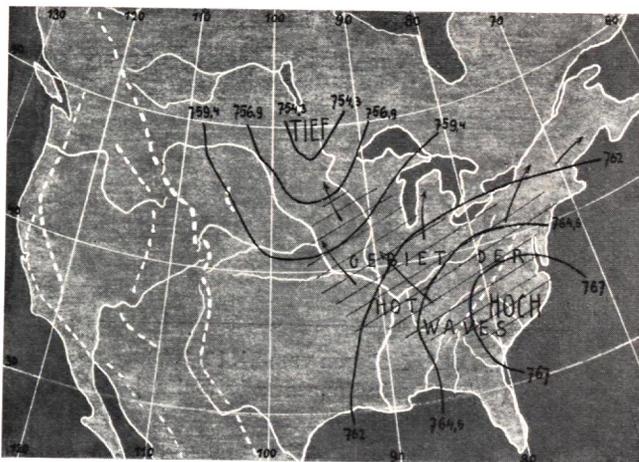


Fig. 22. Typische Luftdruckverteilung bei einer Hitzewelle
im Osten der Vereinigten Staaten

TAFEL IV

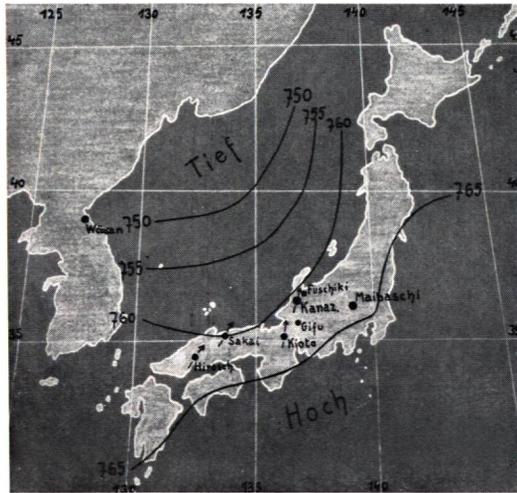


Fig. 24. Isobaren vom 13. 4. 1883
(SSW-Föhn in Kanazawa)

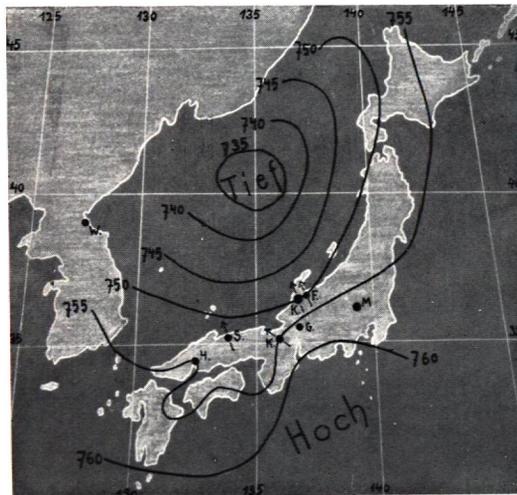


Fig. 26. Isobaren vom 21. 10. 1889
(SSE-Föhn in Kanazawa bei Taifun)

Osthang einmal eintritt, mildes Wetter⁷⁸). Auch östlich des Kaskadengebirges, in Idaho und Wyoming, wo die Winter im allgemeinen streng sind, wird die Winterkälte durch den Chinook sehr gemildert⁷⁶). Die Westseite des Kaskadengebirges hat ebenfalls gelegentlich Föhn, wenn ein Hoch über Utah lagert. Die Temperaturen dieses E-Föhns sind aber nach Burrows⁷⁶) nicht so hoch und plötzlich wie bei dem W-Föhn. — „Für das Klima des Tales von Californien ist der gelegentlich auftretende strenge Nord-Föhn im Frühherbste bemerkenswert charakteristisch. Seine austrocknenden Eigenschaften sind mit Grund für die große Furcht, die Farmer und Obstzüchter vor ihm hegen. Er weht nur drei oder vier Tage, er ist heiß und trocken und für die Vegetation verderblich, weil er die Früchte austrocknet und das frische Laub dörrt und vernichtet. Er wirkt auf die Menschen erdrückend und reizbar. Früher sollen einem Mörder mildernde Umstände zugebilligt worden sein, wenn er seine Tat nach einem Streite während des N-Föhns (Northers) begangen hatte⁷⁷).“

7. Der Andenföhn Südamerikas

In den Anden Südamerikas wurden Föhnwinde auf der Ost- wie auf der Westseite beobachtet. Der Westföhn in San Juan, in der gleichnamigen argentinischen Provinz am Ostfuß der Anden, wird „Zonda“ (vente de Zonda) genannt. „San Juan liegt in einem Quertale des Rio de los Patos, der aus den Hoch-Kordilleren hervorbricht, und ist sehr fühlbar für Winde gelegen, die vom Gebirge herabsteigen⁸⁵).“ Davis⁸⁵) berichtet, wie die alten Führer, die die Täler der Anden gut kennen, ihre Verwunderung über die Tatsache bezeugten, daß der Zonda, der von den schneebedeckten Kämmen der höchsten Gebirgsketten herabkäme, dennoch von einer solchen Hitze und Trockenheit begleitet sei. — Der Zonda entsteht, wenn am Ostrand der Anden Depressionen vorüberziehen. Auf der Nordseite dieser südhemisphärischen Minima, die sich gerade im Norden Argentiniens und in den Provinzen Santa Fe und Ost-Cordoba⁷) bilden und meist nach E und SE wandern, wehen im Gegensatz zu den nordhemisphärischen Tiefs westliche Winde. Diese aspirieren Luft aus den Andentälern und bedingen so, bei genügenden Luftdruckdifferenzen, auf der Ostseite der Anden den Föhn, den Zonda. Dieser Zonda, der also ein Westföhn ist, muß unterschieden werden von den Nordwinden gleichen Namens, die in den Andenprovinzen sehr häufig auftreten. Dieser feuchtheiße Nord-Zonda wird wegen seiner Schwüle und Heftigkeit besonders im Sommer gefürchtet. Er beherrscht, in häufigem Wechsel mit den kühlen S- und SW-Winden, den oft stürmischen „Pamperos“, den allgemeinen Witterungsverlauf auf den weiten Ebenen Argentiniens. Im Gegensatz zu dem feuchtheißen Nord-Zonda ist der heißtrockene West-Zonda, der Föhn viel seltener; er weht (nach Davis) zu allen Jahreszeiten doch mitten im Winter (Juli—August) am häufigsten; er weht zuweilen 2 bis 3, zeitweilig auch 40 bis 80 Stunden; doch ist dies seltener. In einzelnen Wintern zählt man in San Juan 20 Zondas.

Der W-Föhn in Escaleras (am Ostfuß der Sierra de Fanatina, einer der äußeren Reihen der Kordilleren) vom 9. Juni 1874 erhöhte die Lufttemperatur um $8,1^{\circ}$ ü. d. Monatsmittel; das Temperaturmaximum betrug $13,6^{\circ}$ und das Minimum der relativen Feuchtigkeit 27%.

In Pilciao (in der Ebene von Andalgala, südwestlich von der 5400 m hohen Sierra de Aconquija) tritt der Andenföhn im allgemeinen im Winter

(August) auf; er weht meist heftig wie ein Orkan und dauert oft drei Tage und Nächte. Die folgende Tabelle enthält die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse verschiedener Föhnfälle in Pilciao:

Datum	Temperatur- Maximum °	Erhöhung über dem Monatsmittel °	Minimum der rel. Feuchtigkeit %
31. Juli 1873	34,1	25,5	28,3
2. August 1873	36,8	23,3	22,7
20. September 1873	38,3	18,3	21,7
1. Juni 1878	31,2	22	5

Ostföhn auf der Westseite der Anden wurde beobachtet im Tale von Antuco und in Cauquenes in Chile. Am 26. November 1882 wütete in Cauquenes ein Oststurm, der, heiß und trocken, von den Anden her wehte; die Temperatur stieg auf 20°, die relative Feuchtigkeit sank auf 32%⁷⁾.

8. Der Föhn in Japan, im übrigen Asien, in Australien und Neu-Seeland

Auf beiden Seiten des Zentralgebirges, das Japan von SW nach NE durchzieht, gibt es zahlreiche Gebiete, wo der Föhn bei dem Auftreten barometrischer Minima eine regelmäßige Erscheinung ist. T. Okada⁸⁸⁾ und E. Knipping⁸⁷⁾ haben auf Grund ihrer Beobachtungen genauere Berichte gegeben über die Föhnerscheinungen in Maibaschi (Majebaschi), auf der Südostseite Japans und in Kanazawa, Sakai und Fuschiki auf der Nordwestseite des japanischen Zentralgebirges.

Maibaschi liegt am Ausgang eines nach SE sich öffnenden Tales des Flusses Tone, das nach Norden und Westen von hohen Gebirgen umsäumt ist (Akagi 1820 m — Harum 1340 m — Mikunitoge 2110 m). Von den Kämmen dieser Gebirge weht jedesmal, so berichtet Okada ausdrücklich, der Föhn, wenn über dem Stillen Ozean nahe der Küste ein Depressionszentrum hinzieht. Die Bewohner dieser Gegend erwarten im Frühling die Ankunft des Föhns immer, wenn sie sehen, daß stratocumulusartige Wolken von den Mikunitogekämmen herabzuhängen beginnen, während der übrige Himmel fast wolkenlos ist. Der Föhn wird hier „Mikuni-Oroschi“ (Fallwind vom Mikunitoge) genannt.

Tabelle der Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse bei Föhn in Maibaschi

Datum	Temp.- Max. °	Erhöhung über das Monatsmittel °	Rel. Feuchtig- keit %	Verminder. der rel. Feuchtigkeit %
6. Januar 1897	18,6	12	28	56
26. März 1901	19,7	9,8	27	27
27. Nov. 1897	19,1	6,4	33	30

Tabelle der Föhnhäufigkeit in Maibaschi. (Mittel: 1897—1901)

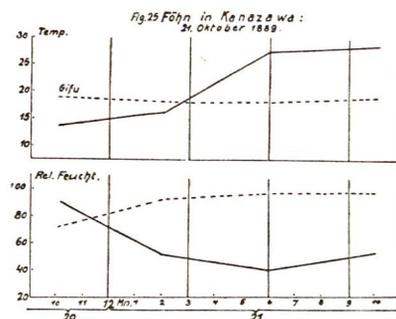
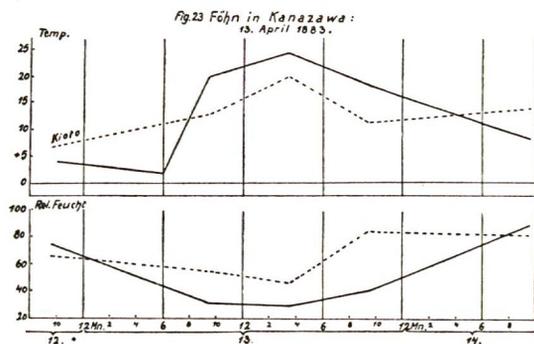
J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Jahr
3,6	5,6	4,8	3,6	2,2	1,2	1,0	0,8	0,6	3,2	2,4	3,2	32,2

Kanazawa liegt in der Nähe der NW-Küste von Nipon, am Ausgang eines sich nach Norden öffnenden Tales. Dieses Tal gehört zu einem parallel der Küste verlaufenden Gebirgszuge, der 46 km südöstlich von Kanazawa mit 2800 m seine höchste Höhe erreicht und dessen Paßhöhen hier 2000 m betragen. Knipping wurde auf die Föhnerscheinungen in Kanazawa aufmerksam gemacht bei der täglichen Bearbeitung der japanischen Wetterkarten. Er bemerkte hierbei, daß sich die Beobachtungsstation Kanazawa bisweilen durch ungewöhnliche Erwärmung auszeichnete. Der Gang der Temperatur war dann hier gegen den föhnlosen Vortag durchaus nicht mehr parallel den Nachbarstationen, was sonst im allgemeinen annähernd der Fall war. Es lag nahe, die Ursache der zeitweiligen auffälligen Erhöhung der Lufttemperatur in Kanazawa in den warmen Meeresströmungen zu suchen, die mit Ausnahme des nördlichen Teiles der Ostküste fast ganz Japan umspülen und bisweilen beträchtliche lokale Erwärmung verursachen. Knipping bemerkt hierzu: „Dieser Einfluß macht sich an Japans Küste lokal jedoch fast nur geltend bei Kalmen oder leichtem Wind; mit zunehmender Windstärke verschwinden die lokalen Temperaturdifferenzen. Die zeitweilig auftretende, auffallende Temperaturerhöhung bei Kanazawa aber zeigte sich stets nur bei Wind und zwar bei Südwind, also bei Landwind. Auch war die Temperatur von Kanazawa (in 36° N) in solchen Fällen bisweilen höher als in neunzehn südlicher (bis in 31° N) gelegenen Stationen, die zudem der warmen Strömung an der Südküste viel näher liegen als Kanazawa.“ Knipping erkannte, daß der starke Landwind, der in Kanazawa zeitweilig auftritt und außerordentliche Temperaturerhöhungen verursacht, ein Föhnwind ist. Weitere Beobachtungen ergaben solche Föhnwinde auch für Sakai und Fuschiki.

SSW - Föhn in Kanazawa und Sakai am 13. April 1883

(Fig. 23 und 24)

In der Nacht vom 12. zum 13. April 1883 sank der Luftdruck, wie die Isobarenkarte vom 13. April 1883 — 2^h p. m. (Fig. 24 auf Taf. IV) zeigt. Durch ein Tief über dem Japanischen Meer und ein Hoch an der Ostküste Japans herrschte über Japan im allgemeinen eine südliche Luftströmung. Kyoto, die Luvstation für Kanazawa, hatte Südwind, Kanazawa SSW-Föhn, der die Temperatur



schnell auf die ungewöhnliche Höhe von $24,4^{\circ}$ ($13,4^{\circ}$ ü. d. Monatsmittel) brachte; das Minimum der relativen Feuchtigkeit betrug 29%. — Gleichzeitig herrschte auch in S a k a i (Luvstation: Hiroschima) Föhn.

SSE - Föhn in Kanazawa und Fuschiki bei Taifun
am 21. Oktober 1889

(Diagramm Fig. 25 und Isobarenkarte Fig. 26 auf Taf. IV)

Ein Taifun, der am 20. und 21. Oktober 1889 vom Gelben Meer her über Korea und Hokkaido zog und dessen Zentrum mit etwa 735 mm Luftdruck, am 21. Oktober mitten im Nordjapanischen Meer lag, bewirkte, daß sich die Luftmassen, aus dem Hoch (760 mm) im Südosten Japans und über dem Ostmeer, über die Gebirgskämme nach Norden bewegten und den Tälern bei K a n a z a w a und F u s c h i k i heftige Föhnstürme brachten. Temperatur und Feuchtigkeit der beiden Föhnstationen und ihrer Luvstationen zeigt die folgende Tabelle:

Stationen	Maximum der Temperatur °	Minimum der rel. Feuchtigk. %
Kanazawa (Föhnstation) Kioto (Luvstation)	27,5*) Diff.: 9,7 17,8	40 Diff.: 55 95
Fuschiki (Föhnstation) Gifu (Luvstation)	26,6 Diff.: 8,4 18,2	58 Diff.: 39 97

Mittlere Zahl**) der Föhntage für Kanazawa
(Mittel 1882—1888)

J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Jahr
1	1	6	12	11	2	2	4	2	2	2	3	48

Auf der Ostseite des Küstengebirges von Korea, das eine ziemlich gleichmäßige Höhe von 1500 m hat, weht besonders im Frühling und Spätherbst, wenn sich der Küste ein barometrisches Tiefdruckgebiet nähert, ein Föhnwind aus SW bis NW. In W ö n s a n brachte der W-Föhn vom 26. Juni 1904 in wenigen Stunden eine Temperaturerhöhung von über 18° ; das Temperaturmaximum betrug $38,2^{\circ}$, das Minimum der relativen Feuchtigkeit 27% ⁵⁾.

Die kalten, trockenen NW-Winde, die besonders im Winter und Frühjahr in der südöstlichen Mongolei herrschen, stürzen mit furchtbarer Gewalt über den südlichen Steilrand der Gobi in die Ebene Nordchinas hinab, erwärmen sich beim Fall und werden zum Föhn. P e k i n g, das diesen Föhnwinden ausgesetzt ist, ist besonders im Winter auffallend wärmer (im Mittel um 5°) als N i u t s c h w a n g, das nur wenig nördlicher im Hochland liegt⁷⁾.

Über einzelne Landschaften O s t - S u m a t r a s weht bisweilen in den

*) $12,8^{\circ}$ über dem Monatsmittel.

**) Knipping gibt die Häufigkeit der Föhntage in Prozenten an; die oben angegebene mittlere Zahl der Föhntage wurde daraus berechnet. — Nach Knipping trägt der Föhn in Kanazawa nicht wenig dazu bei, „die großen Schneemassen zu beseitigen, die der beständige Westwind an der Westseite der Gebirge abgelagert hat“. Die durch den Föhn bedingte schnelle Schneeschmelze führt im Frühling an der West- und Nordwestküste Japans nicht selten zu Hochwasser.

Monaten Mai bis September ein Föhnwind, der heiße und trockene, von den Tabakpflanzern Sumatras so gefürchtete „Bokorot“⁸⁶⁾.

Der warme SE-Wind, der in N i s c h n e - K o l y m s k (Nordostsibirien) im Herbst und Winter gewöhnlich aus dem Tal des Anjui, einem rechtsseitigen Nebenfluß des Kolyma, herabweht, scheint ebenfalls ein Föhnwind zu sein. Er tritt plötzlich auf, bringt große Temperaturerhöhungen (z. B. von 43°, von —37° auf +6°), und hält nicht länger an als 24 Stunden*).

Hann hält es für wahrscheinlich, daß auch der W-Wind, der aus der Schlucht des A l a t a u, im zentralasiatischen Rußland, und der SE-Wind (Ebe) der A l a k u l s c h e n S t e p p e, der aus dem Engtal nördlich vom A l a t a u weht, Föhnwinde sind⁵⁾.

Für das Gebiet der Süd- und Südostküste A u s t r a l i e n s ist ein außerordentlich heißer und trockener Wind charakteristisch, der aus dem Inneren des Landes kommt. Obwohl die Hitze und Trockenheit dieses Windes vornehmlich den heißen Ursprungsgebieten zuzuschreiben ist**), so ist doch anzunehmen, daß der Wind, wenn er einen Gebirgswall überschreiten muß, bevor er in das flache Küstenland einfällt (wie z. B. in Melbourne und Sydney) infolge Föhnwirkungen noch wärmer und trockener wird. Es entstehen so Winde ähnlichen Charakters wie im Küstengebiet von Nordafrika.

In M e l b o u r n e gibt es von Oktober bis März jährlich etwa 19 solcher heißen Nordwinde, die stets von Staub begleitet sind. Häufig erreicht die Lufttemperatur dann 40—44°, während die relative Feuchtigkeit bis auf 10% sinkt. Am 23. Dezember 1857 betrug in Melbourne bei NNW die Höchsttemperatur 41,8° (23,7° ü. d. Monatsmittel), das Mindestmaß der relativen Feuchtigkeit 12%⁷⁾.

„In S y d n e y kommen die heißen Winde aus NW über die Blauen Berge herüber.“ Im Mittel gibt es in Sydney jährlich 3 bis 4, nie aber mehr als 7 bis 8 solcher heißen Winde; sie sind am heftigsten von November bis Januar, und ihre Höchsttemperatur beträgt nur selten 38°⁷⁾.

Die Südinsel von N e u - S e e l a n d hat einen NW-Föhn („Nor-wester“), der sich auf der Ostseite der neuseeländischen Alpen (mittl. Kammhöhe 3000 m) meist über das ganze Küstengebiet der Canterbury Plains ausbreitet***). „Besonders heftig sind die Nor-wester im Tale des L a k e O h a u, wo sie zu allen Jahreszeiten, besonders aber von Oktober bis März und namentlich im Februar wehen. Sie beginnen meist um 10 Uhr morgens, und es folgt ihnen Regen bis zum Abend⁵⁾.“

*) Nach Beobachtungen von Wrangel, der von 1821 bis 1823 hier stationiert war. Met. Z. 1881.

**) Der Wind ist nämlich auch an solchen Küstenstrichen heiß und trocken, wo er vorher kein Gebirge überschreiten muß; auch ist dieser Wind im Inneren oft heißer als an der Küste. Im Januar 1896 betrug bei heißem Wind in Adelaide die Höchsttemperatur 44°, im Inneren von Victoria wurden 49°, in Wilcania (31° 31' S — 143° 23' E) auch bei Nacht nicht unter 43° beobachtet.

***) „Am Fuß der Berge und auf den Ebenen ist der Nordwest ein sehr trockener und oft ein heißer Wind, ohne Regen — der Himmel ist von einer besonders tiefblauen Farbe. An den Gipfeln der Bergkette jedoch ruhen schwere, dunkle Wolken, die trotz des wütenden Windes unbeweglich bleiben. Gleichzeitig herrscht auf der Luvseite des Gebirges schlechtes Wetter mit sehr reichlichen Niederschlägen. Dem wütenden Nordwester, der jede Wolke vom Himmel verschleucht, und die Luft ausgetrocknet hat, folgt der Südwester („Burster“), der mit seiner Flut von Regen alles abkühlt und erfrischt. Dieses Wetter mit seinen Extremen von Hitze und Kälte, von Trockenheit und Nässe bildet einen wahren Neuseelandtag“^{5 u. 7)}.

Übersicht (Föhngebiete und Föhndaten)

Föhngebiete und Föhnstationen	Bei Föhn beobachtete			Mittl. Zahl der Föhntage im Jahre
	Erhöhung d. Temp. über		Verminde- rung der rel. Feuchtigkeit ‰	
	Monats- mittel ⁰	föhnlose Temp. ⁰		
Alpen				
Altdorf	—	18,7	62	48
Trogen	—	21,6	67	—
Innsbruck	—	17	58	42,6
Ischl	—	15,6	51	—
Castasegna	—	13	43	74,4
Bozen	—	19	66	—
TragöB	—	13,3	44	40
Polargebiete				
Godthaab	—	23	55	—
Karajak	—	19	56	—
Upernivik	18,2	—	—	—
Angmagsalik	25,3	—	—	—
Dänemarkinsel	32,8	—	—	—
Beru-Fjord (Island)	13,4	—	—	—
Gaußberg (Antarktis)	—	—	—	—
McMurdo Sund	—	20	—	—
Süd-Georgien (54° 31' S — 36° 5' W)	15,8	—	—	—
Deutsches Mittelgebirge				
Wang (Riesengebirge)	—	5,6	27	11
Colmar (Vogesen)	—	11	—	—
Mittelmeerländer				
Teneriffa (Südküste)	—	—	—	—
Madeira (Funchal)	—	—	—	—
Demnat	—	—	—	—
Algier	23,8	—	—	—
Tunis	13,9	—	—	—
Azizia (Sahara)	29,3	—	—	—
Birseba (Palästina)	15,2	—	—	—
Palermo (Sizilien)	24,8	—	—	12
Modena (Apennin)	—	10,8	63	—
Castres	—	—	—	—
Albi	—	—	—	—
Biarritz (Pyrenäen)	19,8	—	—	—
Bagnères de Bigorre	18,6	—	—	—
Bilbao (Kantabr. Geb.)	—	—	—	—
Pylos	—	—	—	—
Kyparissia	—	—	—	—
Hermannstadt (Transilv. Alp.)	—	—	—	—
Sofia (Rhodope-Geb.)	—	11,1	23	—
Sewastopol (Jaila-Geb.)	—	10,8	—	—
Gorjätſchy-Kljutsch	—	15,6	69	—
Kutais (Kaukasus)	—	—	—	—

Übersicht (Föhngebiete und Föhndaten) Fortsetzung

Föhngebiete und Föhnstationen	Bei Föhn beobachtete			Mittl. Zahl der Föhntage im Jahre
	Erhöhung d. Temp. über		Verminderung d. rel. Feuchtigkeit %	
	Monats- mittel ^o	föhnlose Temp. ^o		
Mittelmeerländer				
Trapezunt (Pontisches Geb.)	—	11,9	57	—
Rescht (Elbrus-Geb.)	—	—	—	—
Südafrikanisches Hochland				
Swakopmund	20,1	—	—	23,7
Walfischbai	23,3	—	—	—
Port Nolloth	—	—	—	—
Pieter Maritzburg	—	—	—	26
Durban	23,4	—	—	—
Nord-Amerika				
Great Falls	—	29	—	—
Assinaboine	—	31,8	—	—
Virginia	—	12	46	—
Cheyenne	—	5,6	30	—
Denver	—	4,7	36	—
Winnemucca (Sierra Nevada)	—	9,4	—	—
Boise City	—	8,9	—	—
Walla Walla	—	9,9	—	—
Spokane	—	11,1	—	—
Seattle	—	4,4	—	—
Portland	—	4,4	—	—
Roseburg	—	5,5	—	—
Los Angeles	—	—	—	—
Tal v. Californien	—	—	—	—
Fort Good Hope	—	—	—	—
Süd-Amerika				
San Juan	—	—	—	20
Escaleras	8,1	—	—	—
Pilciao	25,5	—	—	—
Tal v. Antuco	—	—	—	—
Cauquenes	—	—	—	—
Japan und das übrige Asien, Australien und Neuseeland				
Kanazawa	13,4	—	—	48
Sakai	—	—	—	—
Fuschiki	—	—	—	—
Maibaschi (Zentralgebirge: Ostseite)	12	—	56	32,2
Wönsan (Korea)	—	18	—	—
Peking	—	—	—	—
Sumatra	—	—	—	—
Melboure (Austral. Alpen)	23,7	—	—	—
Sydney (Blaue Berge)	—	—	—	—
Tal d. Lake Ohau (Neuseeland)	—	—	—	—

Literaturverzeichnis

I.

- 1 H. W. Dove: Über Eiszeit, Föhn und Scirocco. Berlin 1867.
- 2 R. Billwiller, sen.: Über verschiedene Entstehungsarten und Erscheinungsformen des Föhns. Met. Z. 1899.
- 3 J. von Hann: Der Föhn in den österreichischen Alpen. Met. Z. 1867.
- 4 J. von Hann: Einige Bemerkungen zur Entwicklungsgeschichte der Ansichten über den Ursprung des Föhns. Met. Z. 1885.
- 5 J. von Hann: Handbuch der Klimatologie I. Bd. Stuttgart 1908.
- 6 J. von Hann: Handbuch der Klimatologie II. Bd. Stuttgart 1910.
- 7 J. von Hann: Handbuch der Klimatologie III. Bd. Stuttgart 1911.
- 8 J. von Hann: Lehrbuch der Meteorologie. Leipzig 1915.
- 9 Hann-Süring: Lehrbuch der Meteorologie. Leipzig 1926.
- 10 R. Wenger: Über den gegenwärtigen Stand der Föhntheorie. Met. Z. 1916.
- 11 H. Wild: Über Föhn und Eiszeit (Rektorsrede, gehalten in Bern am 15. November 1867). Bern 1868.
- 12 H. Wild: Über den Föhn und Vorschlag zur Beschränkung seines Begriffes. Denkschriften der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft, Bd. 38. III. 1901.

II./1.

- 13 H. Bach: Das Klima von Davos. Diss. Heidelberg 1907.
- 14 G. Berndt: Der Föhn. Göttingen 1886.
- 15 G. Berndt: Der Alpenföhn in seinem Einfluß auf Natur- und Menschenleben. Petermanns Mitt. 1886.
- 16 R. Billwiller, jun.: Der Bergeller Nordföhn. Diss. Zürich 1904.
- 17 W. Burkhard: Das Observatorium auf der Zugspitze. Zeitschr. d. D. und Ö. Alpenvereins 1900.
- 18 H. W. Dove: Der Schweizer Föhn. Berlin 1868.
- 19 M. L. Dufour: Recherches sur le Foehn du 23. Septembre 1866 en Suisse. Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences naturelles, Bd. IX, Lausanne 1868.
- 20 Erk und Ward: Föhnsturm in Partenkirchen. Met. Z. 1886.
- 21 F. Erk: Neuere Beobachtungsergebnisse auf dem Gebiete der Meteorologie in Oberbayern. Met. Z. 1898.
- 22 H. von Ficker: Die Erforschung der Föhnerscheinungen in den Alpen. Zeitschrift des D. und Ö. Alpenvereins 1912.
- 23 H. von Ficker: Innsbrucker Föhnstudien. Beiträge zur Dynamik des Föhns. Denkschriften der Wiener Akademie, Bd. 78, 1906.
- 24 J. Früh: Die Abbildung der vorherrschenden Winde durch die Pflanzenwelt. Jahresbericht der Geographisch-Ethnographischen Gesellschaft zu Zürich 1901/02.
- 25 H. von Hann: Über den Föhn in Bludenz. Sitzungsbericht der Wiener Akademie der Wissenschaften, Math.-naturwiss. Klasse, Bd. 85/2, 1882.
- 26 H. von Hann: Der Föhn in den österreichischen Alpen. Met. Z. 1867.
- 27 H. von Hann: Studien über die Luftdruck- und Temperaturverhältnisse auf dem Sonnbliggipfel. Sitzungsbericht der Wiener Akademie. Bd. C, 1891.
- 28 V. Konrad: Föhn in Klagenfurt. Met. Z. 1913.
- 29 R. Klein: Der Tragösser Nordföhn. Zeitschr. d. D. u. Ö. Alpenvereins 1900. Met. Z. 1898.
- 30 F. Kerner von Marilaun: Die Föhnmauer. Zeitschr. d. D. u. Ö. Alpenvereins 1892.
- 31 A. Kopfmüller: Der Alpenföhn vom 22. Oktober 1925. Das Wetter 1926.
- 32 Maurer, Billwiller und Neß: Das Klima der Schweiz. Frauenfeld 1909.
- 33 E. de Martonne: Traité de Géographie physique, Bd. I. Paris 1925.
- 34 W. Peppeler: Der Föhn im Bodenseegebiet nach den aerologischen Beobachtungen der Drachenstation Friedrichshafen. Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung, Lindau i. B. 1926.

35 W. Peppler: Meteorologische Bedingungen der Fernsicht, besonders der Alpensicht im südlichen Schwarzwald. Das Wetter 1925.

36 J. Pernter: Über Häufigkeit, Dauer und meteorologische Eigenschaften des Föhns in Innsbruck. Sitzungsbericht d. Wiener Ak., C/4, 1895.

37 A. Schmauß: Föhn in Partenkirchen. Deutsches meteorologisches Jahrbuch für Bayern 1926, München 1927.

II./2.

38 E. von Drygalski: Deutsche Grönlandexpedition 1891/93, Bd. II. Berlin 1897.

39 A. von Etzel: Grönland, geographisch und statistisch beschrieben. Stuttgart 1860.

40 A. de Quervain u. P. L. Mercanton: Ergebnisse der schweizerischen Grönlandexpedition 1912/13. Denkschr. d. schweiz. naturforsch. Ges., Basel 1920.

41 J. von Hann: Ergebnisse der dänischen internationalen Polarexpedition 1882/83. Met. Z. 1890.

42 N. Hoffmeyer: Der Föhn in Grönland. Met. Z. 1878. H. Petersen: The Climate of Greenland (M. Vahl: Greenland, Bd. I, Copenhagen—London 1928).

43 Bericht über die amerikanische internationale Polarexpedition zur Lady Franklinbai 1881/83. Met. Z. 1890.

44 Bericht über die dänische Grönlandexpedition 1884/85. Met. Z. 1904.

45 Bericht über die dänische Grönlandexpedition 1891/92. Met. Z. 1901.

46 Bericht über Föhn in Grönland. Petermanns geograph. Mitt. 1892.

47 Bericht über den Föhn im Scoresby Sund (Dänemarkinsel). Petermanns geograph. Mitt. 1897.

48 W. Meinardus: Meteorologische Ergebnisse der deutschen Südpolarexpedition 1901/03 (E. von Drygalski: Deutsche Südpolarexpedition 1901/03, Bd. 3). Berlin 1923.

II./3.

49 R. Abmann: Föhnerscheinungen in den deutschen Mittelgebirgen. Das Wetter, 1885.

50 N. Joesten: Die Föhnerscheinungen im Riesengebirge. Diss. Berlin 1907.

51 Knörzer: Die Wärmeinsel am Ostfuße der Vogesen (Forschungen zur deutschen Landeskunde, Bd. 22). Stuttgart 1922.

52 O. Müllermeister: Über Föhnwirkungen im Hohen Venn und in der Eifel (Deutsches meteorologisches Jahrbuch 1902). Karlsruhe 1903.

53 Polis: Föhnwirkungen des Hohen Venn und in der Eifel (Verhandlungen des 14. deutschen Geographentages in Köln 1903). Berlin 1903.

54 F. Treitschke: Beiträge zur Klimatologie Thüringens. Berlin 1897.

55 Bericht über föhnartige Erscheinungen am Ausgange des Neckartales (Heidelberg). Das Wetter, 1925.

II./4.

56 F. M. Exner: Föhn in den Pyrenäen. Met. Z. 1905.

57 T. Fischer: Zur Klimatologie von Marokko. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde 1900.

58 W. Georgii: Der Chamsin Palästinas. Met. Z. 1919.

59 C. Kaßner: Über einen Föhn in Bulgarien. Met. Z. 1912.

60 R. Pfalz: Länderkundl. Hauptprobleme Tripolitaniens. Pet. Mitt. 1929.

61 A. Philippson: Das Mittelmeergebiet. Leipzig-Berlin 1922.

62 W. Späth: Scirocco der Sinaiwüste. Met. Z. 1920.

63 J. D. Tholozan: Sur les vents du nord de la Perse et sur le foehn du Guilan (Annuaire de la Société Météorologique de France). Paris 1885.

64 A. Woeikof: Föhn in der Krim und im Nordwest-Kaukasus. Met. Z. 1898.

65 Bericht über Föhn in Modena. Met. Z. 1878.

66 Bericht über Föhn in Trapezunt. Met. Z. 1880.

67 G. Stratil-Sauer: Der östliche Pontus. Geograph. Zeitschrift 1927.

68 Bericht über Föhn in Azizia. Met. Z. 1925.

II./5.

69 F. Beutler: Die Temperaturverhältnisse des außertropischen Südafrika. Diss. Jena 1906.

70 von Dankelmann: Über gleichzeitige Temperaturanomalien an der Südwestküste von Afrika, veranlaßt durch föhnartige Ostwinde. Met. Z. 1895.

- 71 A. Gülland: Das Klima von Swakopmund. Mitt. aus den deutschen Schutzgebieten 1907.
 72 J. von Hann: Das Klima der Walfischbai. Met. Z. 1888.
 73 F. Jaeger: Deutsch-Südwestafrika (Zwölf länderkundliche Studien von Schülern Alfred Hettners). Breslau 1921.
 74 J. Waibel: Das südliche Namaland (Zwölf länderkundl. Stud. v. Schülern A. Hettners). Breslau 1921.
 75 Kobelt: Reiseerinnerungen aus Algerien und Tunis. Frankfurt a. M. 1885.

II./6. und 7.

- 76 A. T. Burrows: The Chinook Winds (Yearbook of the United States Department of Agriculture 1901/02, 1. Sess.). Washington 1902.
 77 J. M. Cline: Summer hot winds on the great plains (Bulletin of the Philosophical Society of Washington 1892/94 Bd. 12). Washington 1894.
 78 McCaul: Bericht über den Chinookeinfluß im Grand Basin (Americ. Met. Journal 1888, Band 5).
 79 M. W. Harrington: Bericht über Chinook in Süd-Colorado (Americ. Met. Journal 1887, Band 3).
 80 E. B. Garriott: Chinook Winds. Monthly Weather Review 1892.
 81 Krug-Genthe: Der Chinook. Geograph. Zeitschrift 1903.
 82 R. de C. Ward: Hot waves, hot winds and chinook winds in the United States (The Scientific Monthly, Bd. 17). New York 1923.
 83 Bericht über hot winds in Kinsley. Monthly Weather Review 1897.
 84 Bericht über Chinook in Havre, Kipp und Williston. Monthly Weather Review 1900.
 85 W. M. Davis: The Foehn in the Andes (Americ. Met. Journal 1887, Bd. 3). Ann Arbor (Mich.) 1887.

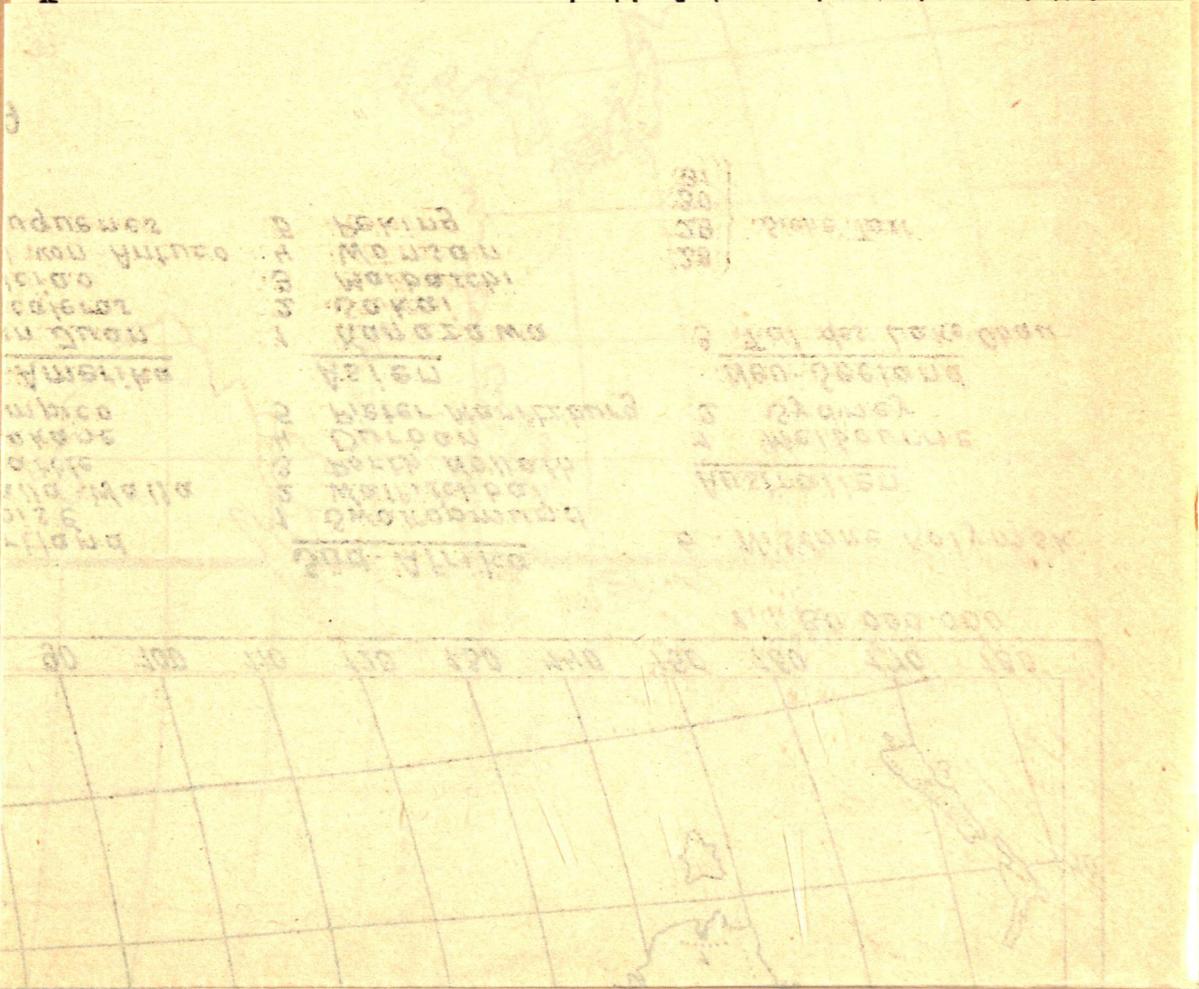
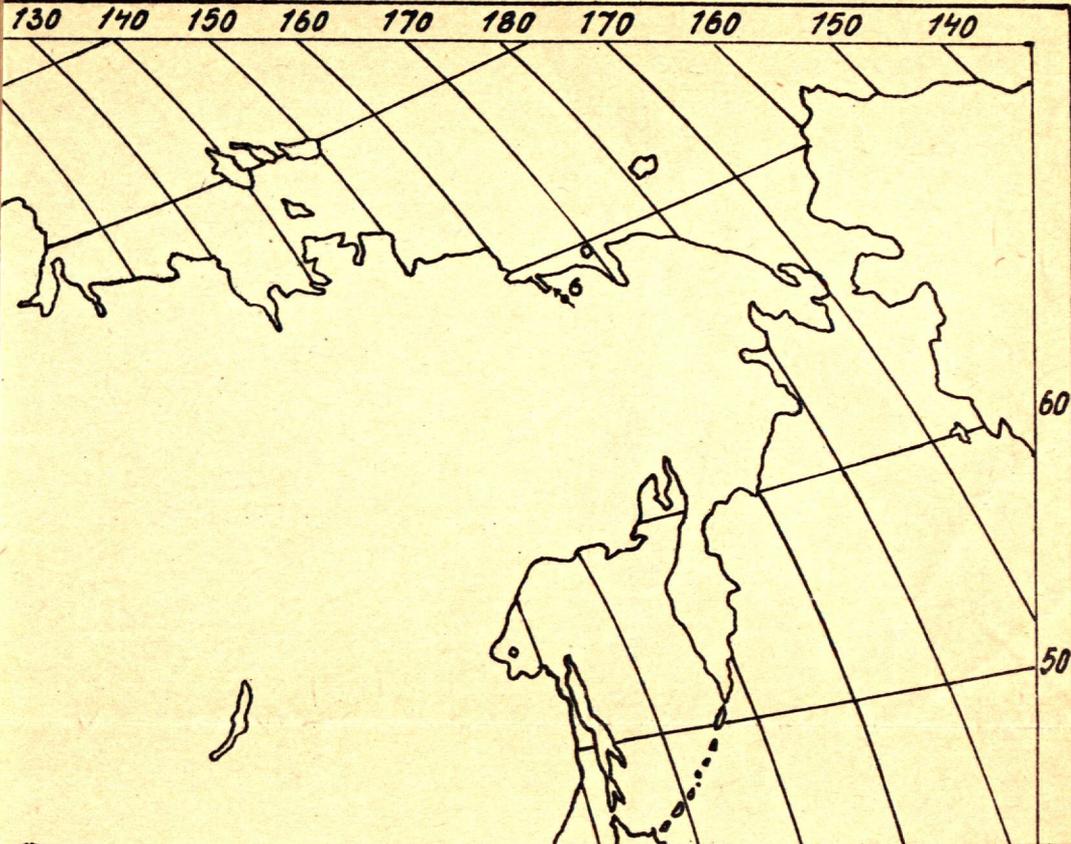
II./8.

- 86 E. Fickendey: Die Kultur der Ölpalme. Berlin 1924.
 87 E. Knipping: Der Föhn bei Kanazawa (Mitt. der deutschen Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens in Tokio, Bd. 5). Yokohama 1890.
 88 T. Okada: Über die Evaporationskraft des Föhns. Met. Z. 1902.
-

durch Sonderkarten
 ert sind.



Gebiet der „hot Winds“
 (Siehe Text)



Übersichtskarte der Föhngebiete der Erde.

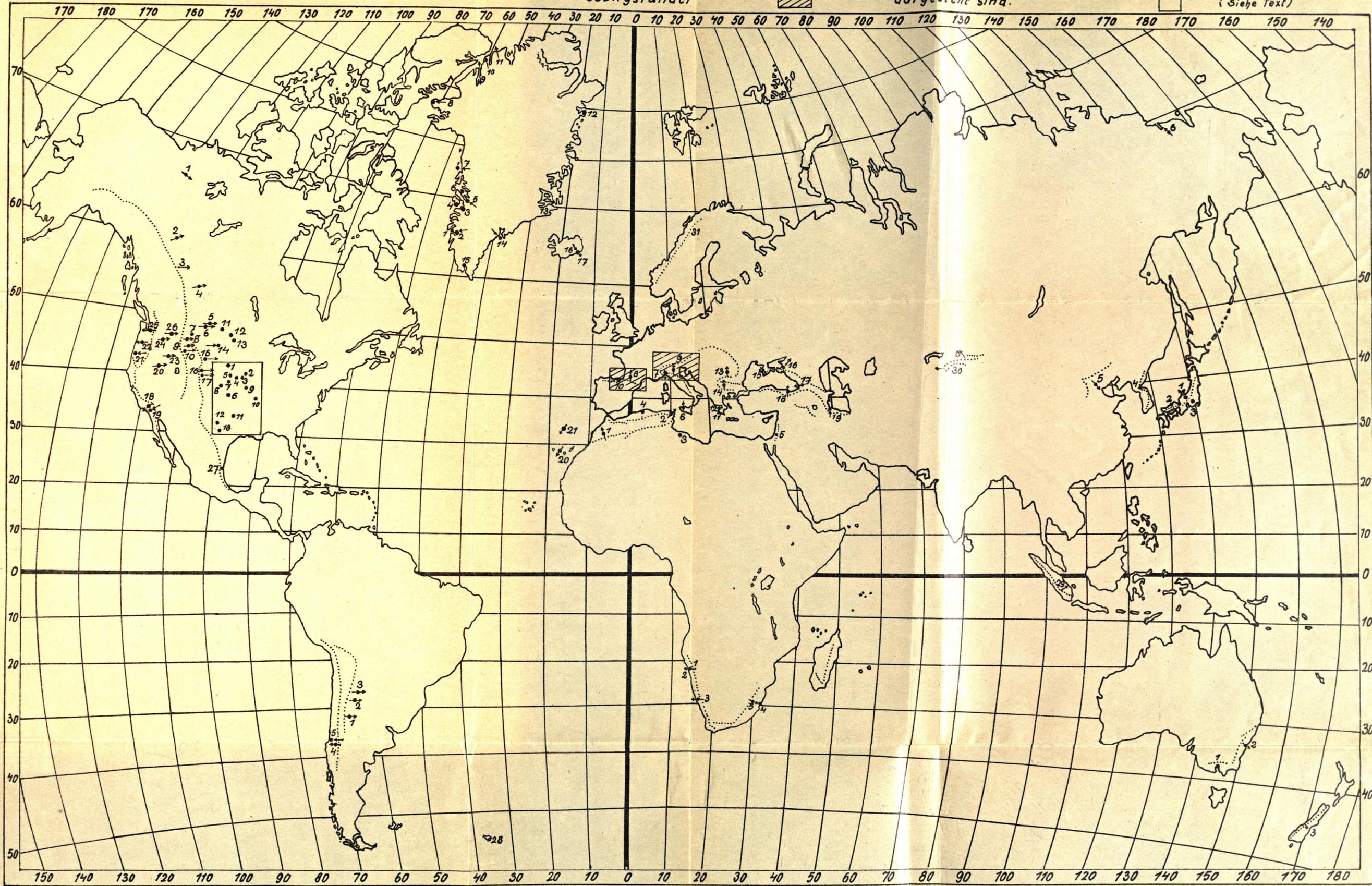
↑ Föhnstationen und Hauptföhnrichtung

↑ Hauptföhnrichtung in Gebieten ohne Angabe von Föhnstationen

--- Gebirgskämme oder Gebirgsränder

▨ Föhngebiete, die durch Sonderkarten dargestellt sind.

□ Gebiet der „hot Winds“ (Siehe Text)



van der Grinten Proj.

1 : 80 000 000

Grönland

- 1 Godthaab
- 2 Kornok
- 3 Jakobshavn
- 4 Godhavn
- 5 Karajak
- 6 Jkerasak
- 7 Upernivik
- 8 Rensselaer Havn
- 9 Hall Basin
- 10 Polarisbai
- 11 Floeberg Beach
- 12 Dänemarkhavn
- 13 Dänemarkinsel

Island

- 14 Angmagsalik
 - 15 Juleaitehaab
 - 16 Beru-Fjord
 - 17 Papö
- Mittelmeergebiet**
- 1 Demnat
 - 2 Tunis
 - 3 Azizia
 - 4 Algier
 - 5 Birseba

- 6 Palermo
- 7 Genua
- 8 Tarbes
- 9 Modena
- 10 Bilbao
- 11 Pylos
- 12 Kyparissia
- 13 Hermannstadt
- 14 Sofia
- 15 Sevastopol
- 16 Gorjatschy-Kljutsch
- 17 Kutais
- 18 Trapezunt

Nord-Amerika

- 1 Fort Good Hope
- 2 Fort Liard
- 3 Peace River Tal
- 4 Edmonton
- 5 Assinaboine
- 6 Havre
- 7 Great Falls
- 8 Helena

- 9 Virginia
- 10 Bannack
- 11 Kipp
- 12 Williston
- 13 Bismark
- 14 Miles
- 15 Cheyenne
- 16 Denver
- 17 Colorado Springs
- 18 Los Angeles
- 19 Pomona
- 20 Winnemucca
- 21 Roseburg

Süd-Amerika

- 22 Portland
- 23 Boise
- 24 Walla-Walla
- 25 Seattle
- 26 Spokane
- 27 Tampico

Süd-Afrika

- 1 Swakopmund
- 2 Walfischbai
- 3 Perth Nolloth
- 4 Durban
- 5 Pieter Maritzburg

Asien

- 1 Kanazawa
- 2 Sakai
- 3 Maibaschi
- 4 Wönsan
- 5 Peking

Australien

- 1 Melbourne
- 2 Sydney

Neu-Seeland

- 3 Tal des Lake Ohau

28 }
29 } Siehe Text
30 }
31 }

