

Über den Glarnerföhn.

Von

R. STREIFF-BECKER (Zürich).

Mit 12 Textfiguren.

(Als Manuskript eingegangen am 29. Januar 1925.)

Unter Föhn verstehen wir bekanntlich jenen Fallwind, der in einigen Alpentälern zu gewissen Zeiten auftritt und durch seine besonderen Eigentümlichkeiten von jeher die Aufmerksamkeit der Menschen erregen musste.

Inmitten rauher Winterszeit kann es vorkommen, dass in einem Alpental ein warmer Südwind bei heiterem Himmel plötzlich und anhaltend das Tal stürmisch durchbraust, während weiter draussen im Hügelland kaum ein Hauch zu spüren ist oder gar ein kühler Nordwind unter grauer Nebelschicht die Menschen erschauern macht.

Der aufmerksame Bewohner der Alpentäler kennt die äusseren Erscheinungen, die den Föhn anzeigen. Wenn z. B. in Glarus nach gleichmässig schönen Tagen das Quecksilber im Barometer auffallend rasch fällt, wird man den Blick zuerst nach Süden wenden und dann oft sehen, wie vom Gipfel des Hausstockes oder des Tödis Schneefahnen aufsteigen, wie bald darauf, bei sonst klarem Himmel, eine walzenförmige Wolke zu beiden Seiten des Hausstockes sich über den Bergkamm legt und scheinbar unbeweglich dort verhartet. Eine ebensolche Walzenwolke legt sich links vom Tödi über den Piz Urlaun, rechts über Kleintödi und Sandgrat. Man nennt sie von alters her die „Föhnmauer“ und weiss bei ihrem Erscheinen bestimmt, dass der Föhn im Anzuge ist. Viele Menschen und Tiere befällt ein unbehagliches Gefühl. Die überaus klare Luft lässt die Berge viel näher erscheinen. Noch herrscht Windstille, doch bald vernimmt man ein Brausen in der Luft, an den Bergabhängen erkennt man nun deutlich die Windwirkung im Laubwald und dann kommt plötzlich in heftigen Stössen ein warmer Südwind, rüttelt die Bäume, reisst an Hütten, Kaminen und Fensterläden mit Macht, winselt und jammert durch die Fugen wie kein anderer Wind. Der Föhn ist da! Der Glarner weiss, was das heissen will: Bewahrt das Feuer und das

Licht! In wenig Stunden kann der Föhn mit tiefem Schnee aufräumen ohne besonders viel Schmelzwasser zu liefern, viel weniger als beim gewöhnlichen Tauwetterwind aus Südwest. Er muss demnach ein trockener Wind sein, was die Messung auch bestätigt. Die Wäsche der Hausfrau ist im Nu trocken, im Walde wirbelt das Laub aus sonst feuchten Winkeln heraus und wo auf einem Acker ein scheinbar erloschener Aschenhaufen liegt, flammt oft neue Glut auf.

Durchwandern wir indessen das Föhnprofil vom Sandalpass bis Zürich hinunter. Auf dem Passe oben ist es ungemütlich. Wir stehen dort im Nebel und eisigen Süd Sturm. Feiner Schnee oder Sprühregen, je nach der Jahreszeit, wirbelt über den Sandfirn hinunter. Erst in Sandalp-Oberstafel treten wir aus der Föhnwolke in den Sonnenschein hinaus. Der Himmel ist schwarzblau, nur vom Bifertenstock über Piz Urlaun, Tödi, Sandgrat nach dem Clariden reicht die walzenförmige „Föhnmauer“. Sie ist aber nicht so unbeweglich, wie sie uns von weitem erscheint. Unaufhörlich überwälzen sich an der Peripherie die Nebelstreifen, als ob sich die Wolkenwalze um ihre eigene Achse drehen wolle.

Mit dem Sturm im Rücken steigen wir nun zu Tal. An den Gräsern und Bäumen konstatieren wir den kontinuierlich nach abwärts gerichteten Luftstrom. Die Wärme nimmt fortwährend zu, die Luft ist wunderbar klar und trocken. Der Sturm begleitet uns in dieser Weise bis etwas unterhalb Ziegelbrücke. Bei Reichenburg ist plötzlich Ruhe, und je näher wir Zürich kommen, um so kühler wird es wieder, ja, oft macht sich sogar ein leichter Nordwind unangenehm geltend. Wir reisen zurück, um das Ende des Föhnes zu beobachten, und finden, dass in Glarus der Föhn noch weiters sturmartig tobt, die ganze Nacht durch und am anderen Morgen. Noch steht die Föhnmauer unverändert im Hinterland. Da endlich melden sich Anzeichen eines Umschlages: Über den Himmel eilen einzelne, dann immer häufigere Wolkenfetzen. Im Unterland steigt langsam eine graue Wolkenwand höher, die Föhnmauer nimmt unregelmässige Form an und zeigt bald nach Osten abgebogene Wolkenfetzen. Im Tale setzt der Föhn zeitweise plötzlich aus, es wird dann unheimlich still und merklich kühler. Im nächsten Augenblick kommt wieder ein warmer Föhnstoss, dann wieder eine kühle Pause, und so noch mehrmals. Vom Klöntal her schleicht nun eine dicke graue Wolke und versucht den Vorderglärnisch gegen die Linthalseite hin zu umfassen, wird aber vom Föhn noch eine Zeitlang zurückgehalten. Schliesslich folgt der Nordwestwind mit schwerem Gewölk und kaltem Regen vom Unterland und dem Klöntal her dem abziehenden Föhn nach.

Das Quecksilber im Barometer steigt rasch etwas, die Temperatur dagegen fällt. In rascher Folge wird Berg um Berg gegen Süden hin erobert, bis der helle Streifen und die Föhnmauer am Südhimmel verschwinden. „Der Föhn ist heimgegangen“, er hat „ausgeleert“, sagt der Glarner.

Die vorstehend geschilderten Erscheinungen sind für den Beginn und mittleren Verlauf des Föhnes immer wiederkehrende, also typische, dagegen sind sie in Bezug auf das Ende des Föhns verschieden. Der Föhn „leert“ nicht immer aus, d. h. sein Aufhören ist nicht stets von rauhem Wetter mit Regen und Schnee gefolgt, sondern es kommt oft vor, dass der Föhn im Tale aufhört zu wehen, auch im Gebirge die Anzeichen seines Daseins verschwinden, ohne dass Schlechtwetter eintritt; weshalb, das werden die späteren Darlegungen zu erklären versuchen.

Als besondere Merkmale des Föhnes der Alpen werden von den Meteorologen kurzgefasst folgende genannt:

1. Häufigstes Auftreten in N-S gerichteten Tälern
2. Räumlich eng begrenztes Sturmgebiet
3. Ausgesprochener Fallwind
4. Hohe Wärme
5. Trockenheit
6. Niederer Barometerstand
7. Charakteristische Wolke, sog. Föhnmauer
8. Föhn beginnt zu hinterst im Tal und endet ebendort
9. Er kommt im Winterhalbjahr häufiger vor als im Sommerhalbjahr
10. Er hat meistens schlechtes Wetter im Gefolge.

Die räumlich enge Begrenzung des Föhnvorkommens brachte es mit sich, dass der Föhn nicht in allen Teilen vollständig erforscht wurde. Es fehlt heute noch an gut eingerichteten Beobachtungsstationen an der Wurzel des Föhngebietes, und das überraschende und ziemlich seltene Auftreten eines typischen Föhnes erschwert dem Fachmanne die Forschung. Er kann von seiner entferntliegenden Arbeitsstätte oft nicht zeitig genug in das Föhntal gelangen, um den Beginn zu erforschen. Der Föhn sollte aber an seinem Ursprungsort und im Beginn seiner Entwicklung beobachtet werden können. Das ist meines Erachtens der Grund, weshalb von den oben erwähnten 10 Eigentümlichkeiten des Föhnes einige bis heute nicht vollständig abgeklärt sind. Namentlich ist die dritte und wichtigste Frage noch ungelöst:

„Welches ist die Kraft, welche den über den Gebirgskamm streichenden Wind zwingt, ein Fallwind zu werden?“

Über dieses Problem sind verschiedene Theorien aufgestellt worden von denen mir diejenigen der Forscher WILD, BILLWILLER und FICKER, bekannt sind. Keine dieser Theorien befriedigt in vollem Masse, denn eine jede steht mit gewissen Beobachtungen im Widerspruch.

Als Sohn des Linthales, also eines echten Föhntales, als eifriger Alpinist und Freund der Erforschung der Natur unserer Bergwelt, habe ich von jeher den vielen Erscheinungen des Föhnes besondere Aufmerksamkeit gewidmet und suchte zu verschiedenen Jahreszeiten und in möglichst vielen Punkten des Föhnprofiles, vom Tödipfel bis nach Zürich, Beobachtungen zu sammeln. Das Resultat hiervon möchte ich hier vorlegen.

Der einschlägigen Literatur¹⁾ entnehme ich zunächst die oben erwähnten Theorien:

Theorie von H. WILD.

Vor Beginn des Föhns weht ein stürmischer Südluftstrom über die Alpen. Der Luftstrom wird etwas in den geschützten Raum hinter der Bergwand einbiegen, die nächsten Luftschichten fortreißen, so einen luftverdünnten Raum bewirken, in welchem zunächst nach aussen gelegene ruhige Luft im Talgrunde zurückströmt. Es wird sich eine Art vertikaler Luftwirbel im Tal einstellen, wie ein Wasserwirbel hinter einem Brückenjoch. Der Föhn beginnt zuerst in den hintersten Gebirgstälern und pflanzt sich gleichsam talauswärts fort.

Diese Theorie fand ich für den Sommerföhn als meistens zutreffend, nicht aber für den viel häufigeren Föhn der kälteren Monate. Da habe ich keine vertikalen Luftwirbel beobachtet, ebenso selten einen Rückstrom von aussen gelegener Luft in den Talgrund beim Beginne des Föhns. Nach meinen Beobachtungen aus der Richtung der Schneefahnen, dem Fluge von Nebelfetzen, der gleichgerichteten Stellung des Laubes im Walde und aus der Flugrichtung während eines Föhnes von einem Höhepunkt losgelassener Papierschnitzel (Confettis) konnte ich feststellen, dass der Luftstrom vom Gebirgskamme aus eine abwärtsgebogene, nach oben konvexe Kurve, beschreibt, die Föhnmauer darin einschliessend, sodann, der Talform anschmiegend, eine nach oben konkave Kurve beschreibt und so gegen das Alpenvorland zu wieder in die Höhe steigt.

Theorie von Rob. BILLWILLER (Vater).

Nach Dr. BILLWILLER liegt die Ursache der Entstehung des Föhns im Vorhandensein eines Druckgradienten, herrührend von einem

¹⁾ Den Herren Prof. Dr. ALFR. DE QUERVAIN und Dr. ROB. BILLWILLER verdanke ich wertvolle Hinweise und die Überlassung von Literatur.

Hochdruckgebiet südwärts der Alpen und einer Depression im nordwestlichen Europa. Dr. BILLWILLER glaubt, dass das Herabsteigen des Föhnwindes dadurch entstehe, dass die Luft des Alpennordrandes durch die Depression abgesaugt werde und ein Nachfliessen der Luft über die Gebirgskämme bewirke.

Die im ersten Satze geäußerte Ansicht wird heute wohl allgemein anerkannt, dagegen scheint mir die im zweiten Satze dargelegte Ansicht über das Fallen des Windes nicht haltbar, wie wir später sehen werden.

Theorie von H. FICKER.

In seinem Buche „Innsbrucker Föhnstudien“ legt Dr. FICKER das Hauptgewicht auf Temperaturbeobachtungen, er findet dabei, dass einem Föhnausbruch antizyklonale Verhältnisse, in den meisten Fällen Temperaturumkehr vorausgehen. „Die kältesten Schichten liegen überall dem Boden auf. In den Tälern sammelt sich die durch Ausstrahlung des Erdbodens erkaltete Luft, so dass wir in den Tälern viel kältere Luft als in gleicher Höhe über der Ebene vorfinden. Hierdurch entsteht eine langsam abfließende Luftbewegung aus den Alpentälern in das Alpenvorland, ohne dass wir eine aspirierende Tätigkeit der Depression annehmen müssen. Das Abfließen der kalten Inversionsschicht kann nur durch aus der Höhe herabsinkende Luft ersetzt werden, und dieses Abfließen der Inversionsschicht ist die geheimnisvolle Kraft, welche die potentiell warme Luft von der Höhe zwingt, als Föhn abzustiegen.“

Nach diesen beiden Theorien erklärt sich das Fallen des Föhns aus dem Abfließen der Luft aus dem Alpenvorland, sei es nun nach Dr. BILLWILLER durch Heransaugen durch die Depression oder nach Dr. FICKER durch Abfließen in Folge der Schwere. Sind diese Theorien richtig, dann müsste längs des ganzen Alpenrandes Ersatzluft herabfließen, oder es müsste sich die Ersatzluft nach dem Talausgang links und rechts hinter die abziehende Bodenluft schieben, soll nicht eine „Randkluft“ erstehen. Beides ist nicht der Fall. Dr. FICKER sagt, dass bei dem langsamen Abfließen der grossen Luftmasse des Alpenvorlandes der Ersatz von der Höhe nur durch wenige schmale Alpentäler in diesen letztern ein schneller sein müsse.

Weshalb sollte dann aber im kleinen Querschnitt des Talausganges die abziehende Bodenluft nicht von derselben Geschwindigkeit sein, wie im gleich grossen Querschnitt des Talhintergrundes die Geschwindigkeit der Südersatzluft? Die Beobachtungen im Glarnerland, und gewiss auch anderwärts, zeigen das Gegenteil, so z. B. auch beim Föhn

vom 26. Nov. 1924 (weitere Détails siehe unten). Da bliess der Föhn in Auen-Linthal ununterbrochen schon seit 3 Stunden, ein gewaltiges Luftquantum in dieser Zeit durch den Talquerschnitt führend, während in Glarus immer noch Windstille, ja sogar ein leichter Nordwind herrschte! Nach obigen Theorien müsste die abziehende Luft mit der Ersatzluft einen kontinuierlichen Strom mit allmählichem Übergang bilden, was auch nicht der Fall ist. Der stärkste Föhn kann unmittelbar auf Windstille folgen, kann dann Tag und Nacht das kurze Tal durchbrausen und ist gleich nach dem Talausgang kaum mehr zu spüren.

Wie wir gesehen haben erklärt also keine dieser drei Theorien unwiderlegbar das Fallen des Windes, auch auf andere Fragen gibt jede Theorie für sich allein betrachtet nicht restlose Antwort.

Wer in einem Föhntale selbst lebt, also an Ort und Stelle seine Beobachtungen machen kann, und die Wetterkarten der Schweiz. Meteorologischen Zentralanstalt in den Kreis der Betrachtungen zieht, wird zu folgenden Schlüssen kommen müssen:

Bei jedem Südföhn wird hoher Luftdruck am Südrand der Alpen zu konstatieren sein und eine Depression im nordwestlichen Europa. Dieses Druckgefälle löst südliche Winde aus (nach Dr. BILLWILLER), welche je nach der Windstärke auf der nördlichen Seite der Bergkämme, sofern deren Form und Lage es begünstigt, eine saugende Wirkung ausüben (nach Dr. WILD), jedoch Föhn, also Fallwind, nur unter bestimmten Bedingungen auslösen, nämlich nur dann, wenn im Tale kalte, schwere Luft lagert (nach Dr. FICKER).

Nach meinem Dafürhalten ist die Kraft, welche den Südwind zwingt, als Fallwind niederzusteigen, dynamisch zu erklären wie folgt:

Die Lage einer Depression im Norden, eines Hochdruckes im Süden hat nicht unter allen Umständen Föhn zur Folge, ebensowenig das blosse Vorhandensein einer Inversionsschicht im Alpenvorlande, wohl aber **das Auftreten beider Umstände zugleich**. Wenn ein heftiger Wind einen Gebirgskamm überweht, hinter dessen Schutz im Tale eine ruhige kalte Luftschicht (Inversionsschicht) lagert, so entsteht eine **Vacuum-Zwischenschicht**, in welche der obere sich bewegende Luftstrom eher einbiegt, als die kalte Bodenluft, welche ihre Trägheit erst überwinden müsste (siehe Fig. 1).

Je stärker und plötzlicher der Wind in der Höhe über den Bergkamm weht, um so grösser ist seine Saugwirkung, um so schneller wird er die oberen leichteren Lagen der Inversionsschicht mit sich

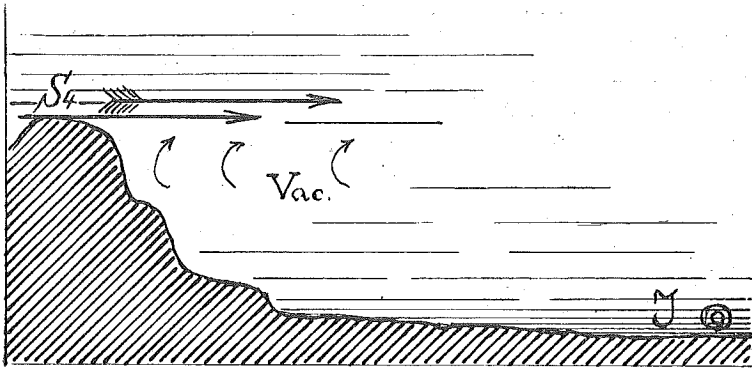


Fig. 1. Föhn im Entstehen.

S Südwind, Vac. Vakuumschicht, J Inversionsschicht, © Windstille.

reißen. Fließt gar noch die Inversionsschicht, sei es im Sinne von Dr. BILLWILLER durch absaugende Wirkung der Depression oder nach Dr. FICKER der Schwerkraft folgend gegen Norden zu ab, so wird die Entstehung einer Vakuumschicht dadurch nur unterstützt, in welche dann der Südwind vom Talhintergrund aus in rascher Folge tiefer dringt. Vermöge seiner lebendigen Kraft vermag er wohl auch die schwereren Teile der trägen Bodenluft sukzessive, Schicht um Schicht, mitzureißen, bis zum Talausgang, nicht aber die grosse träge Masse der kalten Bodenschicht im Alpenvorlande in Bewegung zu versetzen. Bei der plötzlichen Erweiterung des Querschnittes beim Talausgang verliert der Föhn seine Stosskraft und fährt als leichterer, weil warmer Luftstrom, schrägansteigend auf einer Überschiebungsfläche über die Inversionsschicht hinaus (siehe Fig. 2).

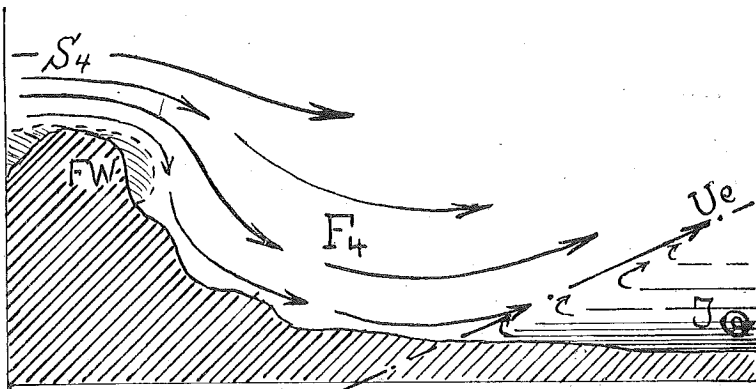


Fig. 2. Föhn in voller Entwicklung.

FW Föhnwolke (Föhnmauer), F Föhnwindbogen,
Ue Ueberschiebungsfläche.

So erklärt es sich, weshalb der Föhn immer ganz hinten im Tale beginnt, und weshalb er im Talgrund so plötzlich auftritt. Die Föhn-pausen sind nichts anderes als Schwingungen des Föhnluftbogens, der, je nach dem Wechsel der Windstärke in der Höhe, flacher wird oder tiefer greift, so dass z. B. in Glarus zuweilen Windstille oder gar kalter Nord mit heftigen warmen Föhnstössen wechseln kann, je nachdem die kalte Inversionsschicht zurückfliessen kann oder durch den Impuls des neuen Föhnstosses wieder fortgerissen wird. Das Auftreten der Föhnpausen ist meistens ein Zeichen des nahen Endes des Föhns.

Diese Theorie erklärt auch, weshalb der Föhn in der Winterjahrhälfte häufiger weht als in der Sommerhälfte; In den kälteren Monaten tritt Inversion bei Windstille und tiefen Temperaturen viel häufiger auf. Im Sommer ist der Föhn im Talgrunde seltener, in den Bergen dagegen weht er ebenso häufig wie im Winter, das wissen wir Bergsteiger aus Erfahrung. Der Sommerföhn ist ein Kind der frühen Morgenstunden, er kommt über ein Anfangsstadium selten hinaus, weht nur so lange, als nach klaren Nächten kalte Luft im Talgrunde ruhig lagern kann. Durch die baldige Erwärmung durch die Sonne kommt Bewegung in die Bodenluft, sie steigt bergauf, also der Vacuumschicht entgegen, sodass diese auch von unten her nachgefüllt wird. Der Föhnluftbogen wird flacher, oft bis zum völligen Erlöschen des Föhns. Nur wenn der Südwind in grosser Stärke und frühmorgens auftritt, vermag er als Talföhn in die Tiefe zu dringen, jedoch selten lange, da die Bodenluft eben beweglicher ist als im Winter. Beim Sommerföhn kann man die „Luftwirbel“ beobachten, von denen Dr. WILD

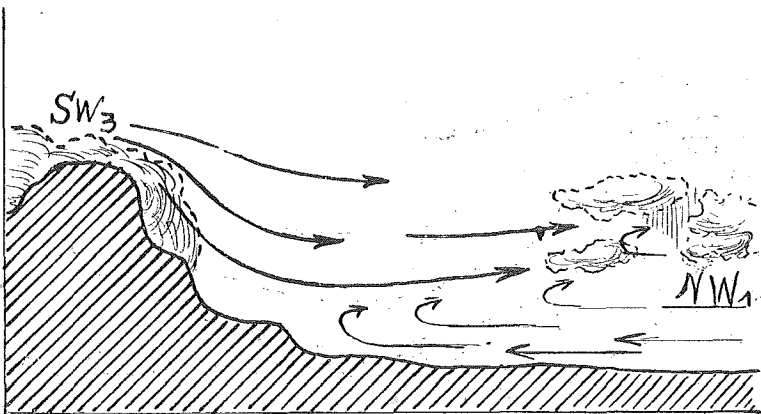


Fig. 3. Föhn im Ausklingen.
NW Nordwestgegenwind.

spricht, sowie das Auftreten der kalten, taleinwärts gerichteten Bodenluft, welche sich keilförmig unter den Föhnbogen schiebt.

Wenn im Herbst Bodennebel im Alpenvorland liegen, die kalte Inversionsschicht also gewissermassen weiss gefärbt erscheint, im Gegensatz zur durchsichtigen Föhnluft, können wir die Vorgänge an der Überschiebungsfläche sehr schön beobachten. Der Standpunkt in Weesen ist hierfür besonders geeignet, da dieser Ort etwas abseits der Glarner Föhnlinie liegt. Wir sehen, wie der 100 oder mehr Meter dicke Bodennebel gegen Oberurnen hin auskeilt, wie die Nebel horizontal langsam von Norden nach Süden streichen, wie umgekehrt die klare Föhnluft des Glarnerlandes am Glärnisch und Wiggis Schneefahnen nach Norden zu hochwirbelt, wie sie die taleinwärtsstreichenden Bodennebel an der schrägansteigenden Überschiebungsfläche zurückbiegt und sie auflösend wieder nach Norden mit sich reisst.

Eine Hauptbedingung für das Auftreten eines Föhns ist immer die, dass im Talgrund völlige Windstille herrsche. Es muss also nicht einmal Inversion vorhanden sein, obwohl diese die Trägheit der Bodenluft bedeutend erhöht und dadurch die Entstehung der luftverdünnten Zwischenschicht begünstigt.

Nach Dr. FICKER wurden schon Föhnfälle konstatiert, ohne dass ein Südwind die Alpen überweht habe. Wir unsererseits haben im Glarnerland und auch anderwärts niemals richtigen Föhn im Tale erlebt, wobei nicht gleichzeitig Südwind in der Höhe zu beobachten gewesen wäre. Liegt in oben erwähnten Fällen nicht die Möglichkeit vor, dass Föhn gemeldet wurde, wo nur antizyklonale Luft als leichter Fallwind ins Tal sank oder dass jener Föhn nur lokal auftrat, wo gerade keine nahe gelegene Gipfelstation den entsprechenden Südwind melden konnte? Der Säntis ist für Föhnmeldungen nicht sehr geeignet, weil er weit draussen liegt und ihm das nicht viel niedrigere Alviermassiv keilförmig im Wege liegt. Es kann auch im Anfangsstadium des Föhnes vorkommen, dass nach Norden vorgeschobene Berge

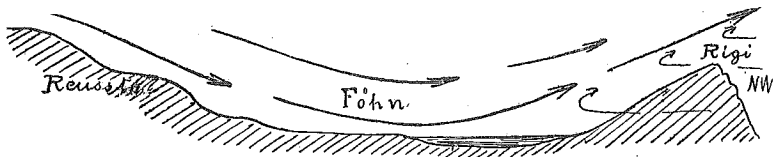


Fig. 4

längere Zeit noch unterhalb des stark aufwärtsgekrümmten Föhnbogens liegen können.

Ein Südwind, der die Alpen überweht, braucht nicht immer als

Föhn in das Tal zu fallen. Wenn nämlich die Grundbedingung, eine schwere, träge Bodenluft, fehlt, wenn z. B. beim Aufkommen des Höhenwindes im Alpenvorland Turbulenz herrscht, Winde irgendwelcher Richtung wehen, dann wird die Saugwirkung hinter dem schützenden Gebirgskamm wohl den Luftstrom etwas nach unten einbiegen lassen, aber er vermischt sich in Wirbeln mit der bereits bewegten untern Luft und nimmt dabei viel Feuchtigkeit auf. Wir haben dann den gewöhnlichen Tauwetterwind zu erwarten, begleitet von Wolken, Regen oder Schnee, aber keinen typischen Föhn.

Je nach der Lage des Hochdruckgebietes auf der Südseite der Alpen wird der Föhn ein verschiedener sein. Liegt das Hoch im Südosten, wird Chur zuerst Föhn haben. Wir im Glarnerland verzeichnen dann den sog. Kleintalföhn, entsprechend der Umbiegung des Sernftales nach Westen, währenddem im Grosstal nur wenig davon zu spüren ist.

Kommt das Hoch direkt über Italien zu liegen, wie z. B. am 26. November 1924, dann bricht der Grosstalföhn los, und liegt das Hoch zu weit im Westen, dann ist die Saugwirkung wegen dem schrägen Einfallen des Höhenwindes ungünstig, es bleibt in der Höhe nur „föhnig“, oder der Wind fällt, bei Turbulenz in der Tiefe, als nasser, warmer Südwest ins Tal. Wenn das Hoch direkt über den Alpen lagert, dann senkt sich die Luft sanft zu beiden Seiten der Alpen herab, während auf den Gipfeln kaum ein Luftzug zu spüren ist. Es herrscht das ideale Bergsportwetter, wo man in Hemdärmeln auf einem Dreitausendergipfel sitzen kann. Wo nun die niedersinkenden Luftmassen in einem engen Ausgang, wie z. B. bei Chur, sich zu einem einzigen Strome sammeln, analog den Zuflüssen des Rheins, muss die Durchflussgeschwindigkeit eine beschleunigte werden. Liegt noch, wie es bei einer Antizyklone zu erwarten ist, eine Inversionschicht infolge der nächtlichen Ausstrahlung über dem flachen Rheintalboden, dann wird ein föhnähnlicher Südluftstrom als „Föhn“ gemeldet. Er unterscheidet sich aber doch wesentlich von einem echten Föhn. Er weht periodisch, stärker am frühen Morgen, schwach um die warme Mittagszeit, weht bei hohem Barometerstand, übersteigt wohl selten die Stärke 2, beginnt allmählich und klingt allmählich aus, und es tritt keine Föhnmauer auf.

Erst wenn der Scheitel des Hochdruckes einseitig des Alpenkammes zu liegen kommt, kann aus diesem Wind ein echter Süd- oder Nordgradientföhn werden mit all den besonderen Erscheinungen, welche ihn von jedem andern Winde scharf unterscheiden lassen.

Um die Richtigkeit meiner Ansicht zu prüfen, habe ich von sämt-

lichen Föhnfallen, welche Dr. WILD in seiner Abhandlung „Über den Föhn“ beschreibt, Daten, welche auf den Glarnerföhn Bezug haben, in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. Zum Vergleich der Verhältnisse, welche beim Beginn der erwähnten Föhne herrschten, habe ich die Angaben von vier verschiedenen Punkten des Föhnprofils gewählt, nämlich Zürich für das Alpenvorland, Glarus als mitten im Föhntal und Linthal resp. Elm als im Hinterland gelegen. Mangels an Notizen von der Glarner Gebirgskammhöhe, wählte ich die Angaben der nächstliegenden Höhen: Säntis, Rigi und Gotthard. Die erste Kolonne orientiert über die Windverhältnisse am Tage vor Beginn des Föhns, morgens um 7 Uhr, die 2. Kolonne über die Verhältnisse um Mittag des ersten Föhntages.

Ort	1864		1872		1885	
	7. März 7 h	8. März 13 h	6. März 7 h	7. März 13 h	30. Jan. 7 h	31. Jan. 13 h
Zürich	NE ₁	NW ₃	0	SE ₂₋₃	ESE ₀	NW ₀
Glarus	SE ₀	SE ₃	NW ₀	SE ₄	SW ₀	S ₂
Auen/Linthal	SE ₃	SE ₃	NE ₀	S ₃	SE ₁	S ₁
Elm	—	—	—	—	S ₁	SE ₃
Säntis	—	—	S ₁	SSW ₁₋₄	—	—
Gotthard	S	S ₂	S ₂	S ₃	S ₁	S ₂
Rigi	W ₁	S ₁	S	S ₄	SE ₂	S ₃

Ort	1892		1892		1897	
	18. Aug. 7 h	19. Aug. 13 h	23. Okt. 7 h	29. Okt. 13 h	8. Dez. 7 h	9. Dez. 13 h
Zürich	E ₀	S ₁	E ₀	NW ₀	SW ₁	W ₃
Glarus	SW ₀	S ₂	W ₀	SE ₃	SE ₀	NW ₂
Auen/Linth	E ₁	S ₂	—	SW ₃	E ₁	N ₁
Elm	S ₀	SW ₂	SW ₀	SE ₂	SE ₀	NE ₀
Säntis	SSW ₄	SSW ₃	SSW ₃	S ₂	WSW ₅	WSW ₃
Gotthard	—	—	—	—	—	—
Rigi	S ₁₋₂	SE ₂	S ₁	SE ₂	SW ₂	NW ₃

Wir sehen, dass in Zürich (Alpenvorland) entweder Windstille oder leichte Winde aus ganz verschiedenen Richtungen kamen, in

Glarus (Mitte des Föhnrales) dagegen in den Morgenstunden durchwegs Windstille herrschte, in den Mittagsstunden der zweiten Föhnstage kräftige Föhne. Ähnlich ist es in Auen-Linthal, nur haben wir häufig am ersten Tage schon etwas Föhn, wo Glarus noch nichts davon spürte. Die Höhen (Gipfel) melden alle Südwinde. Die Tatsachen stimmen also sehr gut mit unserer Theorie überein.

Wir sehen aus der Tabelle auch, dass jeweilen mit dem stärkeren Einsetzen des Höhenwindes das Auftreten des Föhns im Tale parallel geht, während Zürich gleichzeitig, bei reinem Südwind über den Bergen, NW-Wind notiert. Beim Föhn vom 8./9. Dezember 1897, in der letzten Reihe der Tabelle sehen wir, dass er nicht als typischer Talföhn auftrat, weil der Höhenwind, stark westlich, als WSW über die Käme blies, und deshalb seine Saugwirkung ungünstig war und er nicht bis ins Tal durchzudringen vermochte.

Um die Richtigkeit meiner Ansicht weiter zu prüfen, habe ich alle Föhnfälle dieses Jahres, womöglich auch ausserhalb des Kantons Glarus beobachtet und meine Voraussetzungen bestätigt gefunden. Herr Dr. PETER TSCHUDI in Schwanden unterstützte mich durch seine wertvollen und gewissenhaften Aufzeichnungen in Schwanden. In den Bergen beobachteten wir zahlreiche leichte Föhnfälle, dagegen drang der Föhn nur einmal, am 8. und 9. September, bis Schwanden vor, wogegen Glarus NW₀ bis NW₁ meldete. Erst der 26. November 1924 brachte endlich einen typischen, kräftigen Talföhn, dessen Erscheinungen so instruktiv waren, dass ich sie hier beschreiben will:

In der zweiten Hälfte November herrschten in Zentral-Europa antizyklonale Verhältnisse, Windstillen auf den Bergen, in den Tälern und im Hügelland, und vielfach Temperaturumkehr. Mit der Verlagerung des Hochdruckes nach dem Südosten (Ungarn) und dem Erscheinen einer tiefen Depression vor Irland, überwehte die Alpen ein SE (Säntis SE₂), was für Chur bereits etwas Föhn brachte. Im Tale der Linth, weil etwas quer zur Windrichtung gelegen, konnte sich kein Föhnbogen entwickeln. Wie dann aber ein H über Oberitalien sich lagerte, drehte der Wind in der Höhe auf Süd um, in die Richtung des Linthales. Da der Wind mit der Annäherung der Depression an die Alpen am 26. November in der Höhe die Stärke 4 erreichte (Säntis S₄), im Tale und Alpenvorland Windstille herrschte (Zürich E₀, Glarus N₀) und im Kanton Glarus starke Inversion herrschte (Glarus -4, Pilatus +3), so waren die Voraussetzungen für einen kräftigen Föhn gegeben. Es zeigte sich auch wirklich schon am Vorabend, den 25. November am Hausstock und Piz Urlaun eine leichte Föhnmauer, welche sich am 26. November von früh an immer stärker entwickelte (Fi-

gur 5 u. 6). In Auen-Linthal brach der Föhn laut freundlicher Mitteilung des meteorologischen Beobachters ca. 9 Uhr 30 aus, drei Stunden eher als in Glarus, wo bis 12 Uhr 45 noch Windstille, sogar ein leichter Nord (Glarus N_0) herrschte, dann aber plötzlich ein heftiger Föhn bis zur Stärke 4 (Glarus S_4) durchbrach, und noch in der folgenden Nacht anhielt bis ca. 4 Uhr morgens.

Während in Glarus um 14 Uhr eine Wärme von 15°C herrschte, stiegen am Vorderglärnisch von 2100 Meter aufwärts mächtige Schneefahnen hoch, so die Nullgradgrenze bezeichnend, was bei 1600 m Höhendifferenz etwas weniger als 1 Grad pro 100 m Höhe ausmacht.

Bis zum 27. November hatte sich die Depression bereits mehr nach Osten verschoben, daher der Südwind in der Höhe leicht nach Westen drehte (Säntis SSW_4). Seine Saugwirkung musste ungünstiger werden, und der Föhnbogen vermochte nicht mehr den Talboden zu erreichen. Der Föhn blieb aber den ganzen Tag, und auch den folgenden, wenn auch immer schwächer werdend, in der Höhe. Die Föhnmauer war den ganzen Tag noch sichtbar, war aber nicht mehr so glatt und formenfest wie am 26. November. Die obere Grenze des flachen Bodendunstkeiles hob sich im Laufe des Tages langsam, die Wolkenfetzen im Föhnluftbogen flogen gegen Abend immer weniger

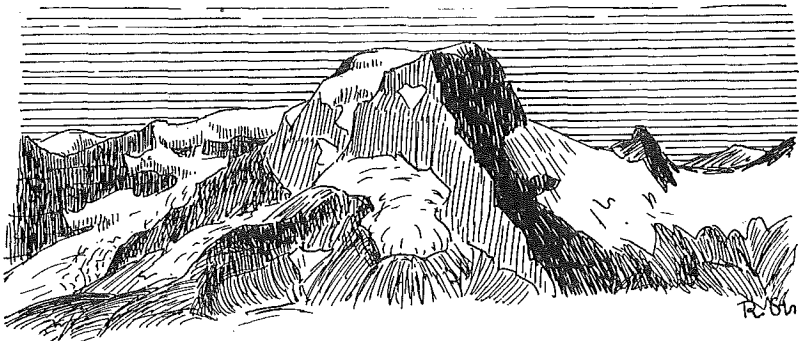


Fig. 5. Tödi mit und ohne Föhnmauer im Entstehen.



schnell über Schilt und Vorderglärnisch von Süden nach Norden (Glarus NW₂₋₀). Das Verharren des starken H im SE Europas verhinderte die Wanderung der Depression nach Osten. Wir kamen dadurch nicht in den Bereich der Bőenlinie der Depression und der Föhn klang aus, ohne „ausgeleert“ zu haben.

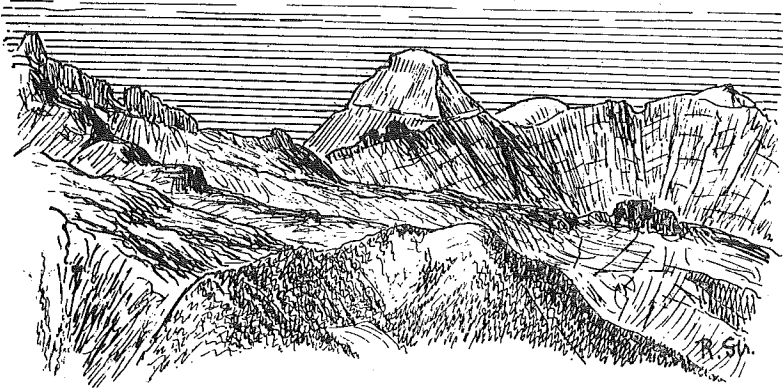
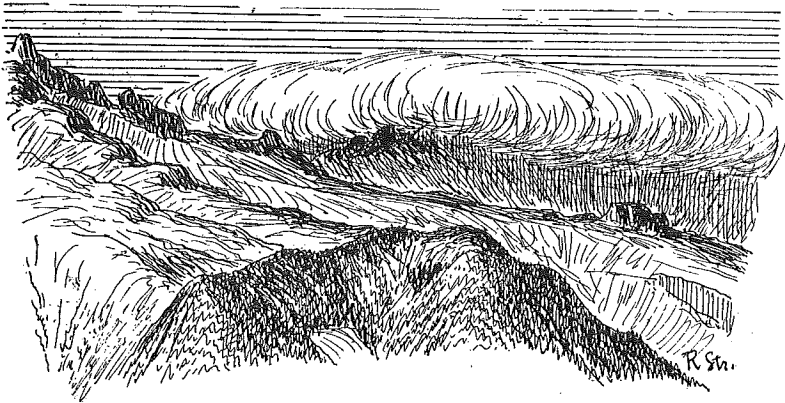


Fig. 6. Hausstock mit und ohne Föhnmauer in voller Entwicklung.



Der Föhn vom 26. November 1924.

Situation am 24. November

Hochdruck 770 mm über Ungarn,

Depression 740 mm nordwestlich von Irland,

Windstille in den schweiz. Alpen und im Mittelland,

Inversion: morgens 7 $\frac{1}{2}$ Uhr in Glarus (480 m) — 8 C,

morgens 7 $\frac{1}{2}$ Uhr auf dem Säntis (2500 m) + 2 C,

Niederungen Bodennebel, Höhen heiter.

November 1924

Ort	25. November		26. November		26. November	
	7½ Uhr	13½ Uhr	7½ Uhr	13½ Uhr	7½ Uhr	13½ Uhr
Zürich	SE ₀ -1	NE ₀ +1	E ₀ -2	E ₀ +2	E ₀ -2	E ₀ +2
Glarus	W ₀ -5	NW ₀ -1	N ₀ -4	S ₄ +15	N ₀ -4	S ₄ +15
Säntis	SW ₂ 0	SE ₂ +2	S ₃ -1	S ₄ +1	S ₃ -1	S ₄ +1
Rigi	SE ₀ +5	SE ₁ +6	SE ₀ +4	S ₄ +7	SE ₀ +4	S ₄ +7

27. November

Ort	7½ Uhr		13½ Uhr	
	Zürich	SE ₁ +1	S ₀ +10	S ₀ +10
Glarus	NW ₂ +7	NW ₀ +8	NW ₀ +8	NW ₀ +8
Säntis	SSE ₄ 0	SSW ₄ +1	SSW ₄ +1	SSW ₄ +1
Rigi	S ₃ +4	S ₄ +4	S ₄ +4	S ₄ +4

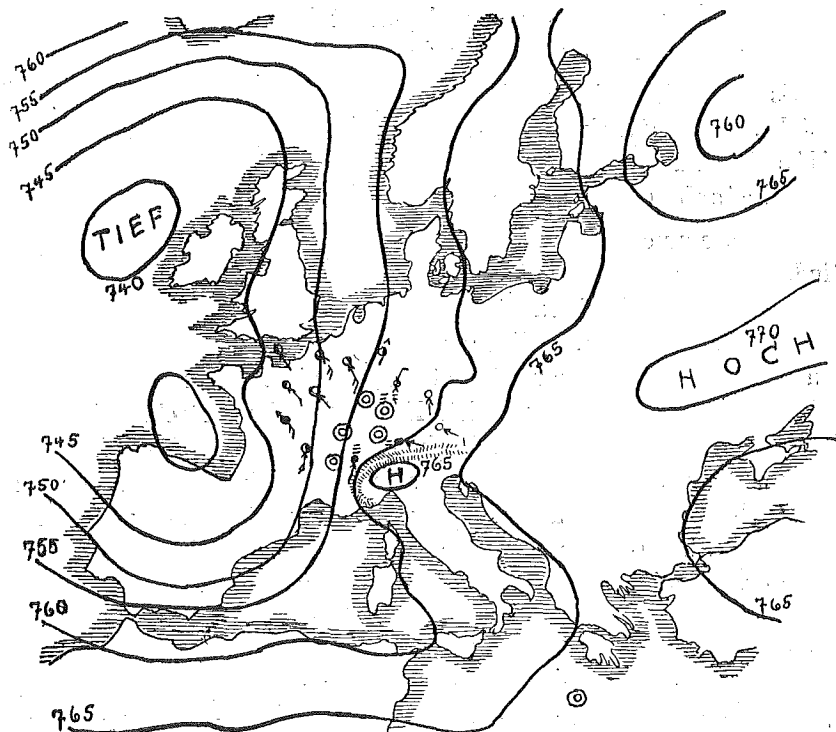


Fig. 7. Isobaren am 26. November 1924.

⊙ Windstillen.

Der Schneebelag gab klaren Aufschluss, auf welche Längenerstreckung der Föhn den Talboden berührte: Als wir am Dienstag, den 25. November, von Zürich nach Glarus fahren, bemerkten wir oberhalb Wädenswil den ersten Schnee, von Lachen an war die Schneedecke geschlossen, von 2 cm ansteigend bis 8 cm im Linthal. Donnerstag, den 27. November, war im Glarnerland die Schneegrenze auch auf den Nordflanken bis 1500 m Meereshöhe zurückgewichen. Diese Schneegrenze senkte sich gegen Norden, um bei Reichenburg den Talboden zu erreichen. Das Tal der Linth und Obergaster waren also bis Reichenburg hinunter schneefrei, von hier an bis über Lachen hinaus war die Schneedecke fast noch unverändert, wie am 25. November.

Bei Reichenburg also lag ungefähr die Grenzlinie, bei welcher der Föhnluftbogen den Talboden verliess.

In Zürich spürte man nach den Aufzeichnungen der Meteorologischen Zentralanstalt die Erwärmung erst am 27. November (Zürich, 25., mittags +1, am 26. +1, am 27. +10) Mittags, als der Südwind schon etwas nach Westen abgedreht hatte, und zum allgemein erwärmenden Tauwetterwind wurde.

Es hat sich auch bei diesem Fall klar gezeigt, dass Föhn dann entsteht, wenn starker Südwind über die Alpen weht, Windstille im Tale herrscht, deren Trägheit die Bildung der Vacuumzwischen-schicht ermöglicht.

Im Zusammenhang mit diesem Aufsätze möchte ich noch eines Windes erwähnen, dessen Entstehung vermutlich auf demselben aerodynamischen Prinzip beruht wie diejenige des Föhns. Jener Wind heisst der „Plättliser“, weil er vom Plättlispitz, oberhalb dem Städtchen Weesen, herunterkommt und nur hier lokal auftritt, im übrigen Walenseegebiet nicht bekannt ist. Er ist ein sehr gefürchteter Sturmwind, plötzlich auftretend, und ein ausgesprochener Fallwind. Vor seinem Ausbruch herrscht in Weesen völlige Windstille. Hinter dem Schäniserberg-Speer steht eine schwarze Gewitterwolkenwand. Auf einmal entsteht auf dem Bergkamm Plättlispitz-Fideri eine hellgraue, walzenförmige Wolke (ähnlich der Föhnmauer), die sich wild um die eigene Achse zu drehen scheint, scheinbar herunterrollen will und doch am Ort verharrt. Der erfahrene Schiffer flüchtet eiligst in den Hafen, denn er weiss, dass in wenig Minuten der Sturm auf dem See ist. An der Form der Wellen, die halbkreisförmig von der Weesener Bucht ausgehen, erkennt man, dass der Wind in grossem Winkel auf die Wasserfläche stösst. Mit dem Fernglas erkennen wir dann, dass

er am andern Ufer im Gäsi wider Erwarten keine hohen Wellen wirft und die Bäume unterhalb der Kerenzerwand merkwürdig ruhig bleiben.

Wir haben auch bei diesem Fallwind (Plättliser) einen sehr starken NW-sturm als Begleiter eines schweren Gewitters (Gaster-Toggenburg), der den scharfen, quer zum Sturm stehenden Grat des Schäniserberges überweht. Wir haben in Weesen Windstille, die Luft ist relativ kühl, weil das heraufziehende Gewitter die Sonne im Westen verdunkelte und das Seewasser im Vorsommer noch recht kalt ist. Wir haben also wieder dieselbe Entwicklung vor uns:

Heftiger, plötzlicher Wind in der Höhe,
 kühle, ruhige Luft als träge Masse in der Tiefe,
 Entstehung der Vacuumzwischen-schicht mit Walzenwolke,
 Sturz der bewegten Höhenluft in die Tiefe als Fallwind,
 Wiederaufstieg des Fallwindes über die gestaute, träge Bodenluft, mit muschelförmiger Ausbreitung.

Auffallend ist die aussergewöhnliche Trockenheit des Föhnwindes. Jeder Temperaturhöhe der Luft entspricht ein gewisser Sättigungsgrad mit Wasserdampf. Je tiefer die Temperatur der Luft ist, um so weniger Wasserdampf kann sie enthalten und umgekehrt, je höher ihre Temperatur ist, um so mehr Wasserdampf kann sie aufnehmen, bis der Sättigungsgrad erreicht ist. Es sind z. B.

in 1 m ³ gesättigter Luft von 0°	4,9	Massenteilchen und
„ 1 m ³ „ „ „ +15°	12,74	„ Wasserdampf
enthalten.		

Ein Südwind, welcher beim Überschreiten des Gebirgskammes eine Temperatur von 0° besitzt und mit 4,9 Teilen Wasserdampf gesättigt ist, sodann als Föhn in das Tal stürzt und dabei adiabatisch auf 15° erwärmt wird, kommt dort relativ zu trocken an und kann 7,84 Teile Wasserdampf aufnehmen, um seinen Sättigungsgrad 12,74, d. h. seine spezifische Feuchtigkeit zu erreichen. Das erklärt die ausserordentliche Trockenheit des Föhns.

Man beobachtet zuweilen, dass an den äussersten Teilen der Vor-alpen oder noch weiter draussen in gewisser Höhe über dem Alpenvorland langgezogene, leichte Wolken ruhig verharren, während im Alpental selbst der Föhn heftig weht (siehe Fig. 3). Es kommt auch oft vor, dass zu Beginn eines Föhnes an dessen Stirnseite zuerst ein leichter Regen oder Schnee aus windstiller Wolkenschicht fällt. Der Föhn, der die tieferen Schichten als warmer, relativ zu trockener Wind erreicht, sättigt sich an seiner Stirnseite und Überschiebungsfläche mit Feuchtigkeit und wird durch die Abkühlung beim Wieder-

aufstieg in grössere Höhen relativ zu feucht, was Kondensation, d. h. Wolkenbildung oder Niederschlag zur Folge haben kann.

Den grössten Eindruck auf einen Laien macht bei einem Föhn-ausbruch die rasche Steigerung der Wärme. So war in Glarus am 26. November 1924 die Temperatur um die Mittagszeit bei 0° , um 2 Uhr nachmittags schon $+15^{\circ}$! Morgens fuhren die Schulkinder noch auf Schlittschuhen, abends waren die Wiesen wieder herbstgrün!

Wir wissen, dass Luftmassen, welche aufsteigen, sich ausdehnen und dabei abkühlen und umgekehrt, Luftmassen, welche niedersinken, also in Zonen stärkeren Luftdruckes geraten, auf ein kleineres Volumen komprimiert werden und sich dabei erwärmen. Das entspricht bekanntlich ganz bestimmten Gesetzen. Diese Temperaturänderung, adiabatische genannt, in aufsteigenden oder niedersinkenden Luftmassen beträgt 1°C pro 100 m Höhe, wenn dabei keine Wasserdampf-kondensation eintritt.

Der Föhn kommt nun aus Höhen, wo der Wasserdampfgehalt gering ist. Er kommt bei seinem raschen Fall im Tale mit relativ zu geringer Feuchtigkeit an, und seine Wärmezunahme entspricht daher ziemlich genau der adiabatischen. Wir haben weiter oben gesehen, dass das auch beim Föhn vom 26. November zutraf, indem in 2100 m Meereshöhe die Schneefahnen trieben, in Glarus gleichzeitig $+15^{\circ}$ Wärme herrschte, die Temperaturzunahme somit annähernd 1° pro 100 m Höhendifferenz betrug.

Es wäre lehrreich, wenn festgestellt werden könnte, ob die Wärmezunahme eine rein adiabatische sei, oder ob sich hierzu noch ein Wärmequantum addiere, herrührend von der Umwandlung lebendiger Kraft in Wärme, indem sich die hohe Geschwindigkeit der Luftmasse durch die plötzliche Hemmung der Stirnseite an der ruhenden Masse der Bodenluft vielleicht in Wärme umsetze? Wenn dieser Betrag auch sehr klein ist, so kann er doch bewirken, dass im untern Querschnitt des Föhntales die warme Luftschicht spezifisch zu leicht wird und durch ihren Auftrieb den dynamischen Wiederanstieg des Föhnluft-bogens unterstützt.

Wenn die Richtung des Luftstromes, der die Alpen überweht, mit der Richtung des Bergtales zusammenfällt, ist dieser Umstand der Föhnbildung am günstigsten. Es will mir scheinen, dass aber nicht nur die Windrichtung in der Horizontalebene von entscheidendem Einflusse sei, sondern auch die Richtung in vertikalem Sinne, d. h. ob der Wind den Gebirgskamm schräg von unten, horizontal oder schräg von oben überfahre.¹⁾ Im ersteren Fall haben wir die sehr häufigen,

¹⁾ Diese Ansicht ist noch hypothetisch und bedarf weiterer Untersuchung. D. Verf.

nur in den hintersten und obersten Regionen auftretenden Föhne, im zweiten Fall die selteneren heftigen Talföhne (Glarnerföhne), die kaum über das Talende hinausgreifen, mit der Föhnmauer über dem Grenzkamm. Im dritten Fall treten die ganz seltenen Mittellandföhne auf, wobei die Bergtäler in der weit nach vorn greifenden Föhnwolke stecken und Regen verzeichnen (sog. „Dimmerföhn“), während im Mittelland typischer, trockener Föhn bläst. Einen solchen, weitausgreifenden Föhn hat Herr Dr. ROB. BILLWILLER bereits 1921 in den Verhandlungen der S. N. G. beschrieben.



Fig. 8. Südwind schräg von unten.
Hochgebirgsföhn (häufig).



Fig. 9. Südwind horizontal.
Bergtalföhn (Glarnerföhn) (ziemlich selten).



Fig. 10. Südwind schräg von oben.
Mittellandföhn (Dimmerföhn in Glarus) (sehr selten).

Der Föhn ist ein besonderer Teil der allgemeinen Luftbewegung, welche über die Alpen hinweg zum Depressionsgebiet hinströmt. Für das betroffene Föhntal bringt er wegen seiner hohen Trockenheit trotz raschster Schneeschmelze keine Hochwassergefahr. Er „verbrennt den Schnee“, sagt der Alpler.

Der typische Föhn unterscheidet sich mit seinen besonderen Erscheinungen so sehr von einem gewöhnlichen, feuchtigkeitsbeladenen Südwestwind, dass es gerechtfertigt ist, den Begriff „Föhn“ nur da anzuwenden, wo der Wind als trockener Fallwind auftritt.