

**Zeitschrift:** Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden  
**Herausgeber:** Naturforschende Gesellschaft Graubünden  
**Band:** 37 (1893-1894)

**Artikel:** Ueber Herkunft und Entstehung der Föhnstürme  
**Autor:** Bosshard, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-594895>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.05.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

**V.**

Ueber

**Herkunft und Entstehung der Föhnstürme.**

---

Von

**Dr. E. Bosshard,**

Professor in Winterthur.

---

—❧—

Der Föhn, der bekanntermassen einen so erheblichen Einfluss auf das Klima der Schweiz ausübt und der mit den grössten Feuersbrünsten, die uns betroffen haben, in ursächlichem Zusammenhang steht, hat von Alters her das Interesse der Gelehrten wie der Ungelehrten erregt. Nachdem durch die eingehende Discussion, die seit nahe einem halben Jahrhundert in den Kreisen der Meteorologen und Physiker über die Erklärung der Föhnerscheinungen geführt wurde, die Theorie des Föhns nunmehr zu einem gewissen Abschlusse gelangt ist, dürfte eine zusammenhängende Darlegung der Entwicklung dieser Theorie nicht unwillkommen sein. Zwar besteht eine reiche Literatur über den Föhn\*); in mehr oder minder umfangreichen Monographien und Aufsätzen sind die Phänomene und die Erklärungsversuche dargestellt worden.

---

\*) Eine Aufzählung der verschiedenen, bis zum Jahre 1886 erschienenen Schriften und Aufsätze findet sich in den Fussnoten des Werkes „Der Föhn“ von G. Berndt, Göttingen 1886.

Im Folgenden soll nur versucht werden eine kritische Uebersicht über die verschiedenen Hypothesen zu geben und die Begründung der heute von den hervorragendsten Meteorologen acceptirten Ansichten in möglichst allgemein verständlicher Weise zu behandeln.

Nach einer alten, im Volke seit langer Zeit weit verbreiteten Ansicht ist der Ursprung des Föhnes über dem heissen Sandboden der afrikanischen Sahara zu suchen. Freilich hatte man für diese Vermuthung keine anderen Stützen als die Thatsache, dass der Föhn durchweg als warmer Wind bekannt ist und die Voraussetzung, dass er identisch mit dem in Italien als warmer Südwind auftretenden Scirocco sei. Die afrikanische Herkunft des Scirocco darf aber als erwiesen gelten.

Eine unerwartete und sehr einleuchtend erscheinende Bestätigung schien jene alte Meinung im Jahre 1852 durch geologische Betrachtungen zu gewinnen.

Durch das Studium der Gletschererscheinungen, welches seit *Saussure* von schweizerischen Naturforschern aufs eifrigste betrieben wurde, war man in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts zu der Ueberzeugung gelangt, dass in früheren Epochen, zur Diluvialzeit, die Ausdehnung der Gletscher zu wiederholten Malen eine viel bedeutendere gewesen sein müsse als zur Jetztzeit. Es war der Walliser Ingenieur *Ignaz Venetz*, welcher diese Gletschertheorie in einem Vortrage an der zweiten Versammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Bern im Jahre 1816 zuerst darlegte und wissenschaftlich begründete. *Goethe* erwähnt in seinem *Wilhelm Meister* \*) diese Ansicht, dass die zahlreichen

\*) *Wanderjahre*, zweites Buch, 10. Kapitel.

erratischen Blöcke, aus alpinen Gesteinsarten bestehend, die man zerstreut in vielen Landen umherliegend findet, durch weit in die Thäler hinabgesenkte Gletscher auf fremden Boden hinausgeschoben seien. Die Forschungen von *Agassiz*, *Desor*, *Charpentier*, *Arnold Escher von der Linth* und Anderer hatten die Venetz'sche Hypothese von der Existenz einer Eiszeit oder von mehreren solcher Kälteperioden nahe zur Gewissheit erhoben. So weiss man, dass der Rhône-gletscher einst das ganze obere Rhônethal bis über das Becken des Genfersees hinaus ausfüllte. Der Linthgletscher ging bis unterhalb Zürich, wo er bis auf den Grat des Uetliberges reichte. Seinen Moränen bilden heute einen grossen Theil der Hügelketten an den Ufern des Zürichsees. Aus den rätischen Bergen floss der *Rheingletscher*, das ganze Rheinthal über das Becken des Bodensees hinaus ausfüllend, bis zum Höhgau. An den Hängen des Calanda bei Chur findet man seine Ablagerungen noch in einer Höhe von 1200 m über der heutigen Thalsole. Es ist selbstverständlich, dass man nach einer Erklärung für dieses gewaltige Anwachsen der Gletscher suchte und die Frage nach den Ursachen jener diluvialen Klimaschwankungen aufwarf, welche Vorstoss und Rückgang dieser Eismassen bewirkt haben müssen, eine Frage, die übrigens noch heute ihrer Lösung harret.

*Arnold Escher von der Linth*\*) stellte im Jahre 1852 zur Erklärung dieser Erscheinungen die Vermuthung auf, dass das *erste Auftreten des Föhnes* den Rückzug der diluvialen Alpengletscher auf die jetzige Ausdehnung und damit

---

\*) „Die Gegend von Zürich in der letzten Periode der Vorwelt.“ Zürich 1852.

das Ende der Eiszeit bewirkt habe. Sobald der Föhn für immer ausbleiben würde, müsste die Vergletscherung des Landes wieder beginnen. Der Stammort des Föhnes aber sei die heisse Saharawüste, dort werde die Luft erwärmt, welche dann zeitweise als Föhnwind über die Oberfläche unseres Landes hinzieht. Das war nicht zu allen Zeiten so: „Verschiedene Umstände weisen aber, wie der scharfsinnige Geograph *Ritter* schon längst angedeutet hat, in der That darauf hin, dass die Sahara in verhältnissmässig sehr neuer Zeit noch ein Meer gewesen ist. Ist dem so, so kann der warme Föhn damals bei uns noch nicht geweht haben, weil die Ursache seiner Erwärmung fehlte und es stellt sich somit als gar nicht unwahrscheinlich dar, dass wirklich das Aufsteigen eines Theiles von Afrika aus den Meeresfluthen das Gletscherklima unser Gegend in dasjenige umgewandelt hat, welches wir jetzt geniessen.“ Mit dieser ersten aller Föhntheorien steht in vollem Einklang die bekannte, von Escher hervorgehobene Thatsache, dass der Föhn mit seiner hohen Temperatur die Schneeschmelze ungemein befördert: „Der lieb Gott und die guldi Sunn chönned's nüd, wenn der Föhn nüd hilft.“

*Schatzmann*\*) beobachtete z. B. an einem Föhntage im Mai 1848, dass in einem Zeitraum von etwas mehr als 4 Stunden eine Schneeschicht von einem Fuss Dicke wegschmolz. Im Grindelwaldthale bringt der Föhn oft in 12 Stunden eine Schneedecke von  $2\frac{1}{2}$  Fuss Dicke zum Verschwinden.\*\*\*) Des „Eises Bruch vom Föhne“ haben wir zum Schaden unserer Schlittschuhclubs oft genug Gelegenheit zu

\*) *Alpwirtschaftl. Volksschriften*. I. p. 96.

\*\*) *Tschudi*, *Thierleben der Alpenwelt*. p. 20.

beobachten. Escher führte zur Stütze seiner Theorie auch an, dass in den föhnarmen Jahrgängen von 1812 bis Anfang der Zwanziger Jahre ein ausserordentliches Wachstum der Gletscher stattfand.

Mit Escher's Ansicht würde sich der von Prof. *Brückner* in Bern erbrachte Nachweis\*) gut vereinigen lassen, dass eine Temperaturerniedrigung von nur 3 — 4° unter die heutige Mitteltemperatur hinreichen würde, um den Gletschern wieder die Ausdehnung zu geben, die sie in den Eiszeiten besaßen.

Gegen Escher's Theorie muss aber betont werden, dass bis jetzt eine Periodizität der Föhnhäufigkeit nicht nachgewiesen worden ist\*\*), während sie für die Schwankungen der Alpengletscher besteht. Ueber die Ursachen dieses abwechselnden Vorrückens und Rückganges unserer heutigen Gletscher sind wir zur Zeit noch gänzlich im Unklaren.

Ferner würde Escher's geistreiche Hypothese höchstens die Vergletscherung der Schweiz und ihr Aufhören erklären. Es ist aber durch *Brückner*\*\*\*) gezeigt worden, dass die Vergletscherung während der Eiszeiten nicht auf die Alpen beschränkte, sondern ein ganz allgemeines Phänomen war, das sich fast über die ganze Erde erstreckte.

Um sichere Beweise für die Richtigkeit seiner Darlegungen zu erbringen, veranstaltete im Jahre 1863 Escher von der Linth mit Desor und Martins aus Montpellier eine Reise nach der algerischen Sahara.†) Die Beobachtungen,

---

\*) Verhandlungen der Schweiz. Naturf. Ges. in Davos. 1889/90. p. 143.

\*\*) Berndt, „Der Föhn,“ p. 49.

\*\*\*) Am angegebenen Orte p. 141.

†) Desor, aus Sahara und Atlas; Martins Rev. des deux mondes 1864. Desor, Jahrb. des S. A. C. II. 407.

die sie auf dieser Forschungsreise machten, schienen Escher's Hypothese vollauf zu bestätigen. Es wurden viel fossile Reste von Muscheln (*Cardium edule*, *Buccinum* etc.), wie sie im Mittelländischen Meer heute noch leben, aufgefunden. Der Wüstensand erwies sich als stark gyps- und salzhaltig. Man schloss daraus, dass in Wirklichkeit jenes Gebiet alter Meeresboden und bis in die Diluvialzeit ein ungeheures Binnenmeer gewesen sei, das durch den Golf von Gabes mit dem Mittelmeer zusammenhing. Man findet auch bekanntlich noch heute in jenen Gegenden Gebiete, welche sich unter den Meeresspiegel senken und in neuerer Zeit zu dem abenteuerlichen Plane geführt haben, durch einen Kanal vom Mittelmeere aus wieder Wasser zuzuführen und ein Binnenmeer zu erzeugen.

Die Escher'sche Theorie von der saharischen Herkunft des Föhnes fand nun rasch lebhafteste Zustimmung bei vielen bedeutenden Naturforschern jener Zeit, wie *Charles Lyell*, *de la Rive* und vielen Anderen. Indessen begegnete sie auch bald ernsthafter Kritik.

Der berühmte Berliner Meteorologe *Dove*, einer der Begründer der Meteorologie, war schon im Jahr 1845, lange bevor die volksthümliche Ansicht von dem afrikanischen Ursprunge des Föhns durch Escher wissenschaftlich begründet wurde, gegen diese Ansicht aufgetreten. Er wies darauf hin, dass ein über der Sahara aufsteigender heisser Luftstrom gar nicht nach der Schweiz kommen könne.

In der That liegt das Centrum der afrikanischen Wüste ungefähr auf dem Meridian 10° östlich von Greenwich, also ziemlich genau südlich von dem Föhngebiete der Alpen,

welches sich ja zwischen Genf und Salzburg, etwa vom 7. bis zum 13. Längengrade erstreckt. Nun wird aber, infolge der von West nach Ost gerichteten Axendrehung der Erde, ein in der Schweiz wehender Südwind nicht aus der Sahara stammen können, sondern viel weiter von Westen her, *vom Atlantischen Ocean* kommen müssen.

Ein von der Sahara aus nach Norden strömender Wind aber müsste nicht in Süd-Nord-Richtung zu den Alpen gelangen, sondern gegen das Schwarze Meer, Kleinasien und Vorderasien hin abgelenkt werden, wo in der That, nach Beobachtungen von *Lenz*, in Persien die SW-Winde warm und trocken auftreten, mit nur 30,8 % rel. Feuchtigkeit gegen 76 % für NO-Wind. \*) Es ist dies die gleiche Ablenkung wie sie bei den Passatwinden beobachtet wird. Die aus den südlichen Breiten kommende Luftströmung nimmt an der von West nach Ost gerichteten Erdrotation theil. In höheren Breiten behält sie die grosse Geschwindigkeit dieser Bewegung bei. Da nun ein Punkt der Erdoberfläche am Aequator in 24<sup>h</sup> den ganzen Aequatorumfang der Erde durchmisst, während ein Punkt bei uns in 24<sup>h</sup> einen viel kleineren Parallelkreis beschreibt, so muss jene mit grosser Rotationsgeschwindigkeit herströmende Luft nach der Richtung der Erdbewegung hin dem Meridian voraus-eilen, also nach Osten, nach rechts hin abgelenkt werden (auf der Nordhalbkugel). Demnach behauptete Dove, eine Windströmung aus der Sahara könne nicht zu uns kommen und der von Süden herkommende Föhn stamme von dem Atlantischen Ocean und *sei ein feuchter Wind*.

---

\*) *Hirzels Jahrb. der Erfindungen*. IV. (1868.) 176.

Prof. *Albert Mousson* in Zürich beschäftigte sich im Jahre 1866 mit der Föhnfrage.\*) Er charakterisirt den Föhn, im Gegensatz zu *Dove*, als eine heftige, fast stets genau südnördliche Luftströmung von hoher Temperatur, die nicht verwechselt werden könne mit den warmen Regenwinden aus Südwest und Westsüdwest. Auf mathematischem Wege suchte er die Herkunft, die ursprüngliche Geschwindigkeit und Richtung eines Windes zu bestimmen, der in der Schweiz als Südwind mit einer mittleren Geschwindigkeit von 30 m in der Sekunde eintrifft. Das Ergebniss war, dass ein derartiger Wind aus *Südosten* kommen müsse. Falls man an der afrikanischen Herkunft des Föhnes festhalten wollte, so würde man nach dieser Untersuchung Moussons nicht in den von den Schweizer Forschern besuchten Theil der Sahara, sondern nach *Lybien* gewiesen. Ein von dort kommender Wind müsse, um bei uns als Föhn zu erscheinen, eine Geschwindigkeit von 69 m in der Sekunde haben. In Lybien aber sind so starke Winde höchst seltene Erscheinungen, weit entfernt von solcher Regelmässigkeit des Auftretens, wie sie unserem Föhn eigen ist.

Entschiedener als Mousson trat nochmals *Dove*, auf seine früheren Auslassungen zurückkommend, der Escher'schen Theorie entgegen. *Dove* suchte 1867 nachzuweisen\*\*), dass in der Schweiz mit dem Namen Föhn ganz verschiedene Windströmungen bezeichnet werden und betonte wieder seine frühere Behauptung, dass der Föhn ein feuchter Wind sei, entsprechend seinem oceanischen Ursprung.

---

\*) Poggendorf's Annalen der Physik und Chemie (XXIX. 1866).

\*\*) „Ueber Eiszeit, Föhn und Scirocco,“ 1867.

Es ist das Verdienst von *Wild* in Petersburg, damals Rektor der Universität Bern, den Nachweis geliefert zu haben, dass *Dove* mehrfach mit den in der Schweiz erfahrungsgemäss constatirten Thatsachen in Widerspruch steht. In einer Rede zum Antritt seines Rectorates gab *Wild* 1867 eine Darstellung der bei Föhnstürmen zu beobachtenden Erscheinungen. *Dove* gab daraufhin zu, dass unter besonderen Umständen eine afrikanische Luftströmung bis in die Schweiz gelangen und dort als trockener Wind erscheinen könne. Im Allgemeinen aber beharrte er bei seiner Ansicht, der Föhn sei ein vorwiegend feuchter Wind, atlantischer Herkunft.

Auch *J. Hann*, jetzt Director des Oesterreich. Meteorolog. Institutes, fand es\*) befremdend, dass der Wüstenwind Nordafrikas gerade die Schweizer Alpen sich zum Schauplatze seiner Thätigkeit ausgesucht haben soll. Er warf die Frage auf, warum man diesen Wind nicht auch z. B. in Frankreich verspüre. Auf diese Frage, auf welche *Hann* später selbst die Antwort gegeben hat, wird, wie auf andere seiner Bemerkungen, nachher zurückzukommen sein.

Dass aber dennoch zu Zeiten von Föhnstürmen manchmal Luftströmungen aus der Sahara zu uns kommen können, ist namentlich erwiesen durch die mehrfach beobachteten Fälle von sogen. Staubregen. Ich will nur einen dieser Fälle, an dessen Beobachtung und Untersuchung theilzunehmen mir vergönnt war, hier näher erwähnen.\*\*)

Am 15. October 1885 fiel über ganz Italien, im österreichischen, bairischen und rätischen Alpengebiet mit dem

---

\*) *Hirzels Jahrb. d. Erfindungen.* IV. (1868) p. 170.

\*\*) Vergl. Dr. Ed. Killias, der „rothe Regen“ vom 15. Oct. 1885. Dieser Jahresbericht, XXIX. 1884/85. p. 198.

Regen und bei starkem Föhnsturm ein röthlicher Staub nieder. In Graubünden wurde dieser sog. Staubfall namentlich im Bergell beobachtet; in Chur war nur eine auffallende Trübung des Regenwassers bemerkbar. In Italien wurde bis 4 gr. Staub auf den Liter Regenwasser geschätzt.

Von dem im Bergell und Engadin gefallenen Regenwasser und Schnee wurden kleine Mengen nach Chur gesandt. Die spectralanalytische und chemische Untersuchung des darin enthaltenen Niederschlages ergab, dass der Staub reich an Gyps und Kochsalz war, wie der Sand der Sahara. Der gleiche Befund hatte sich auch schon bei früheren Untersuchungen ergeben und schon vor längerer Zeit Dr. *Killias* zur Schlussfolgerung geführt, dass dieser Staub der Sahara entstamme. Auch die in Zürich und Italien mehrfach ausgeführten Untersuchungen führten zum gleichen Resultate.

Zur Zeit dieses Staubfalles von 1885 herrschte gleichzeitig mit dem Föhn und unabhängig von demselben in Italien und Nordafrika starker Scirocco. Dieser brachte den Saharastaub bis zu den Alpen, wo er dann theilweise in die Föhnbewegung hineingezogen wurde. \*) Im übrigen aber waren, wie das Studium der Wetterkarten jenes Tages unzweifelhaft ergibt, der Scirocco und der Föhn unabhängig von einander und aus verschiedenen Ursachen entstanden. Dieser Staubfall kann also nicht als Beweis für die afrikanische Herkunft *des Föhnes* gelten.

Durch die Kritik, welche an der Escher'schen Theorie ausgeübt worden war, war die „Föhnfrage“ zu einem Mittelpunkt des Interesses der Meteorologen geworden. Man er-

\*) Erk, Meteorolog. Zeitschr., Jan. 1886, p. 31.

kannte die Nothwendigkeit, zunächst das Phänomen genauer und allseitiger zu studiren, als das bis dahin der Fall gewesen war. Forstinspektor *Coaz* stellte in einem in der Naturforschenden Gesellschaft in Chur 1867 gehaltenen Vortrage seine reichen und eingehenden Erfahrungen über diesen Gegenstand zusammen, Dove's Ansichten in wesentlichen Punkten berichtigend. Im Jahre 1869 erstattete Ingenieur *Blotnitzki* an das eidgenössische Departement des Innern einen umfassenden Bericht über den Föhn und dessen Einfluss auf die Wasserverheerungen.

Vor allen aber war es Prof. *M. L. Dufour* in Lausanne, welcher durch eine äusserst sorgfältige Beobachtung und Discussion der Erscheinungen bei dem Föhnsturme vom 23. Sept. 1866 wesentlich zur Abklärung der Sache beitrug. Zum ersten Male waren in den von Dufour veröffentlichten Untersuchungen\*) die gleichzeitigen meteorologischen Beobachtungen für die 3 dem Föhn vorangehenden und die nachfolgenden Tage von vielen Stationen gesammelt und verglichen, während fast alle früheren Untersuchungen sich nur auf einen einzigen Ort bezogen hatten. Es war dies ermöglicht durch die Errichtung des Netzes der schweizerischen meteorolog. Beobachtungsstationen im Jahr 1863. Aus Dufour's Arbeit lassen sich bereits alle Factoren entnehmen, die zur richtigen Erkenntniss des Phänomens führen mussten, wiewohl Dufour selbst bestimmte Schlussfolgerungen über Wesen und Ursprung des Föhns nicht aussprach.

So ergab sich, dass während diesem berühmt gewordenen Föhnfall auf den Schweizer Stationen nördlich der Alpen

---

\*) *Dufour*, recherches sur le Föhn du 23. Sept. 1866 en Suisse; Bull. d. l. Soc. Vandoise des sciences nat. IX. No. 58. (1868.)

das Barometer etwa 4—5 mm unter den mittleren Stand fiel, in Nord- und Nordwesteuropa noch tiefer, namentlich in Schottland, wo es nahezu 12 mm unter das Mittel fiel. Ueber dem Canal und England begann die Luftdruckdepression zuerst, allmäliger dann in Deutschland und der Schweiz. Auf den hochgelegenen Alpenstationen, namentlich auf den Passhöhen, war nur eine geringe Abnahme des Luftdruckes zu bemerken.

Italien hatte während der ganzen Periode relativ *hohen* Barometerstand, der sich nahezu gleich blieb, an einzelnen Stationen gar stieg zur gleichen Zeit, wo in der Schweiz der heftigste Föhnsturm tobte und der Luftdruck fiel. Die Alpen bildeten also eine Scheidewand in der Vertheilung des Luftdruckes. Während auf der Nordseite das Gleichgewicht der Atmosphäre erheblich gestört war und gewaltige Stürme über die Nordschweiz und Deutschland dahinbrausten, war im Süden Ruhe, Windstille oder schwache veränderliche Winde, theilweise sogar Nordwind. Das italienische Gebiet war an dem nordwärts der Alpen herrschenden Südsturme ganz unbetheiligt.

Der Föhn vom 23. Sept. 1866 war also ein Theil eines grossen weitverbreiteten Sturmes, der nordwärts des Alpenkammes herrschte und von Westen her über den Continent hereinbrach. Seine erregende Ursache lag bestimmt nicht im Süden, sondern im Norden und Nordwesten des Europäischen Festlandes, er war nicht etwa nur die Alpen übersteigender Scirocco. Aehnliche Verhältnisse nun ergeben sich bei fast allen näher untersuchten Föhnstürmen. Es wird sich dies am besten an Hand einiger *Wetterkarten* zeigen lassen. Die Luftdruckvertheilung über einem Gebiete wird bekanntlich am deutlichsten und übersichtlichsten dar-

gestellt, indem man auf den „Wetterkarten“ alle Orte, welche gleichen Barometerstand haben, durch Linien, die *Isobaren*, verbindet. Da der Barometerstand auch mit der Höhe der Orte über dem Meeresspiegel wechselt, wird er dabei zunächst auf das Meeresniveau reduziert. Man berechnet z. B., wenn in Chur, in einer Höhe von 610 Metern über Meer, der Barometerstand 704 mm beträgt, so würde er 610 Meter tiefer, also in der Höhe des Meeres, 760 mm betragen. Auf den diesem Jahresberichte beigegebenen Wetterkarten, welche von der Schweiz. Meteorologischen Centralanstalt herausgegeben wurden\*), sind nur die Isobaren von 5 zu 5 mm Differenz eingezeichnet.

Studirt man nun eine dieser Karten (No. 1, 2 und 3), welche die Situation zur Zeit eines ausgeprägten Föhnwetters wiedergibt, so findet man stets ähnliche Verhältnisse wie bei der von Dufour untersuchten Föhnperiode. Man findet ein starkes Luftdruckminimum im Norden oder Nordwesten der Alpen, etwa auf der Linie zwischen dem Meerbusen von Biscaya und den britischen Inseln. Südwärts der Alpen und im Südosten herrscht hoher Barometerstand.

Diese Depressionen im Nordwesten von Europa sind nun die erregende Ursache der Föhnstürme.\*\*)

---

\*) Ich verdanke diese Karten der Güte des Herrn Director R. Billwiller, welcher dieselben eigens, als besonders typische Fälle repräsentirend, ausgewählt hat.

\*\*) Die Ursachen der Entstehung und der Wanderung der über dem atlantischen Ocean auftretenden Luftdruckdepressionen, welche einen grossen und bestimmenden Einfluss auf die Witterung Europas haben, sind zur Zeit noch nicht mit Sicherheit bekannt. Sie hängen wahrscheinlich mit dem warmen, die Westküsten des Continents bestreichenden Golfstrom zusammen.

zu denken hat, ist von *R. Billwiler* zuerst klar ausgesprochen worden.\*)

Zu einem Barometerminimum strömt von allen Seiten die Luft aus den Gegenden höheren Druckes hinzu, aber nicht in geraden Linien, sondern in Folge der Axendrehung der Erde, wie schon erwähnt, stets nach rechts abgelenkt (auf der nördlichen Halbkugel) Es entstehen auf diese Weise Luftwirbel, *Cyklonen*, welche auf den Wetterkarten deutlich ausgeprägt erscheinen. Die Barometerminima im Nordwesten des Continentes, um welche sich derart die Luft in Spirallinien von allen Seiten her nach dem Depressionscentrum hin bewegt, „ziehen zunächst die über Frankreich und Centraleuropa liegenden Luftmassen in den Wirbelsturm hinein, später aber auch die Luft über dem Hochplateau der Nordschweiz und den diesseitigen Alpenthälern. Die Aspiration, die zunächst in den unteren Schichten sich geltend macht, saugt die Luft aus den nach Norden und Nordwesten sich öffnenden Thälern heraus. Durch die so entstehende Verdünnung wird ihr Gleichgewicht gestört und in Folge dessen dringt zunächst die über den Alpenkämmen, sodann die unter höherem Druck über dem jenseitigen Gebirgshang lagernde Luft über die Einsattelungen der Passlücken mit grosser Kraft in den luftverdünnten Raum, der über dem diesseitigen Gebirgshang sich gebildet hat. Sie durchströmt dann die als natürliche Kanäle dienenden Rinnen der Bergthäler in derselben Weise, wie das Wasser der diesen Thalrinnen folgenden Ströme und breitet sich am Ausgange derselben über den Ebenen des vorliegenden Flachlandes aus.“

---

\*) Zeitschr. d. österreich. Ges. f. Met. XIII. p. 319. Vierteljahresschrift der Zürch. Naturf. Ges. XXI. (1876) p. 11.

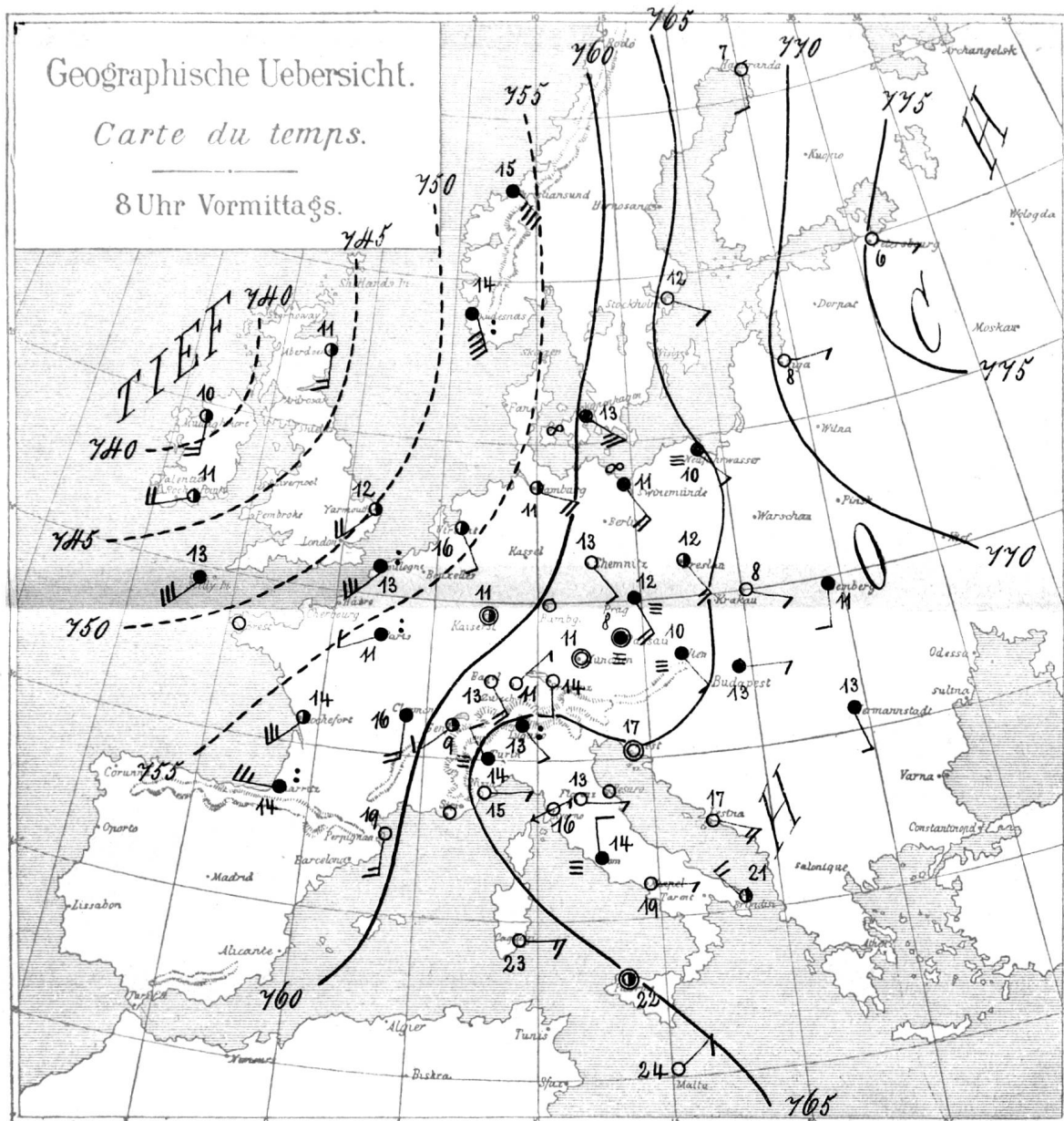
Dass ein solches Herabströmen der Luft in den Thalrinnen, eine Verticalbewegung, wirklich statthat, beobachtet man in allen tief eingeschnittenen Thälern, die dem Föhn ausgesetzt sind: im Engelberger Thal, Linththal etc. Die Berge schützen nicht vor dem Föhn, er steigt über dieselben herab.

In Folge der Lage der die Föhnstürme erregenden Barometerdepressionsgebiete müssen diese Stürme in denjenigen Thälern am stärksten und reinsten auftreten, welche gegen Norden und Nordwesten sich öffnen, so dass der in dieser Richtung angesaugte Luftstrom freien Abfluss hat: Rheinthal, Reussthal, Linththal etc. Die westöstlich verlaufenden Längsthäler der Alpen dagegen sind der Entwicklung starker Föhnstürme selten günstig. Das Fehlen solcher vorherrschend süd-nördlich verlaufender Hauptthalrinnen in den westlichen, französischen Alpen wird auch der Grund sein, warum dort stark ausgeprägte Föhnstürme kaum beobachtet werden.

Die föhnerzeugenden Barometerminima im Nordwesten treten im Sommer am seltensten und am wenigsten stark entwickelt auf; daher haben wir in dieser Jahreszeit die wenigsten Föhnstürme. Nach Escher's Theorie müssten dagegen gerade im Sommer die kräftigsten Föhnwinde auftreten, da zu dieser Zeit die Sahara ihre Gluthen am intensivsten entfaltet und ihre heissen Winde entsendet.

Da die atlantischen Luftdruckminima nicht stille stehen, sondern, oft recht rasch und meist in östlicher Richtung, wandern, so springt alsdann bei uns der Wind aus Süd und Südwest nach West und Nordwest um, feuchte Luftmassen oceanischer Herkunft bringen dann am Nordfusse der Alpen oft rasche Abkühlung und starke Niederschläge.

Mittwoch, den 7. October 1891.



Die eingezeichneten Curven (Isobaren) verbinden die Orte mit gleichem (auf das Meeresniveau reducirtem) Barometerstande.

Die eingeschriebenen Ziffern geben die Temperatur in ganzen Graden nach Celsius.

Die Windrichtung wird durch die Pfeile angedeutet, die Windstärke nach der halben Beaufort-Scala (  = Orkan) durch die Befiederung.

Les courbes passent par les points où le baromètre avait la même hauteur au moment de l'observation du matin.

Les nombres inscrits donnent la température en degrés centigrades.

Les flèches indiquent, par leur orientation et leur nature, la direction et la force du vent.

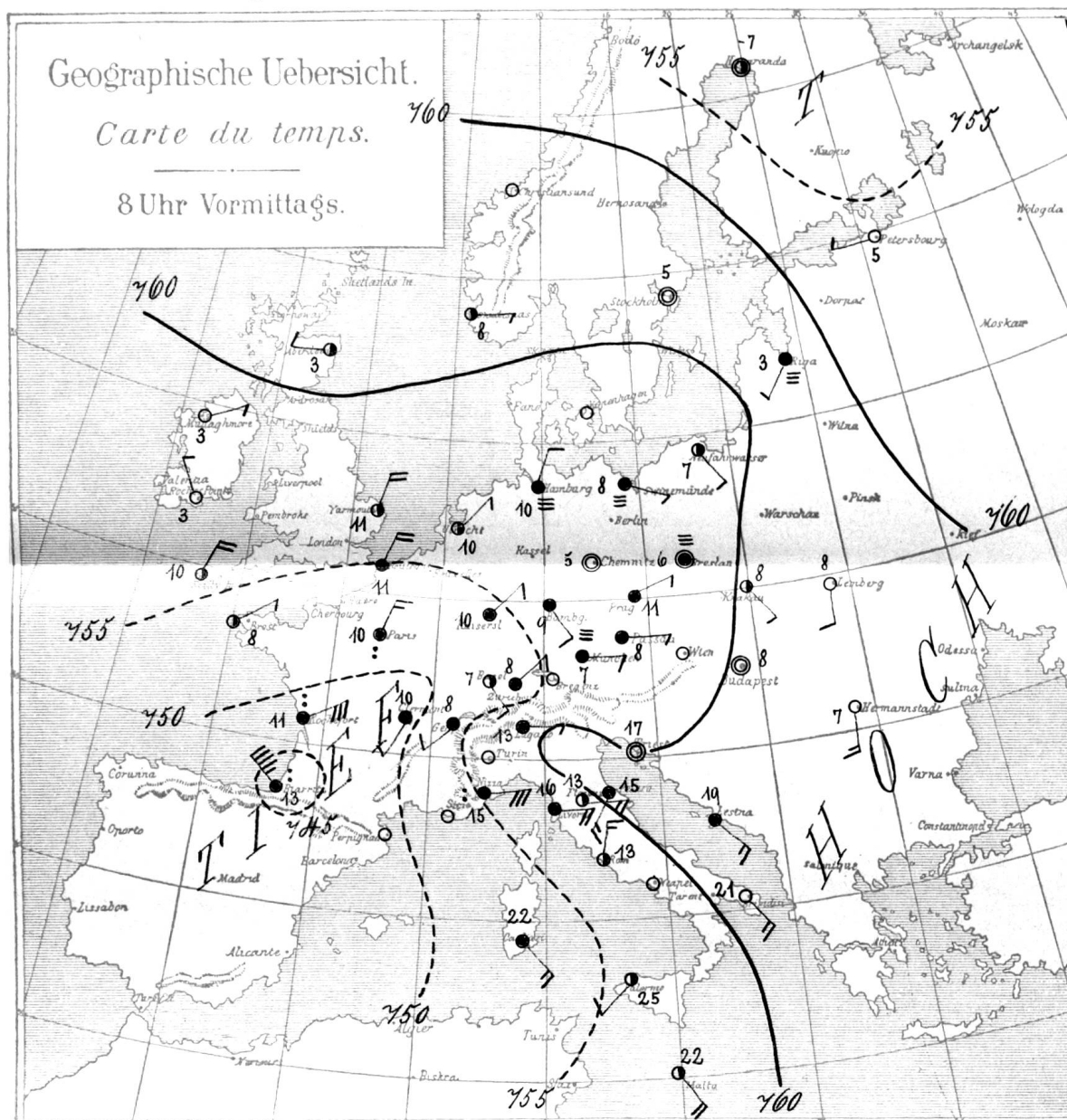
Angewandte Symbole:

Signes conventionnels:

|                                                                                     |                               |         |                                                                                     |          |                                                                                       |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|  | Windstille                    | calme   |  | Regen    |  | pluie      |
|  | klar oder ganz leicht bewölkt | clair   |  | Schnee   |  | neige      |
|  | bewölkt                       | nuageux |  | Hagel    |  | grêle      |
|  | bedeckt                       | couvert |  | Gewitter |  | orage      |
|  | dunstig, neblig               | brumeux |  | Nebel    |  | brouillard |

Situation générale:

# Sonntag, den 25. October 1891. Brand von Meiringen.



Die eingezeichneten Curven (Isobaren) verbinden die Orte mit gleichem (auf das Meeresniveau reducirtem) Barometerstande.

Die eingeschriebenen Ziffern geben die Temperatur in ganzen Graden nach Celsius.

Die Windrichtung wird durch die Pfeile angedeutet, die Windstärke nach der halben Beaufort-Scala (  = Orkan) durch die Befiederung.

Les courbes passent par les points où le baromètre avait la même hauteur au moment de l'observation du matin.

Les nombres inscrits donnent la température en degrés centigrades.

Les flèches indiquent, par leur orientation et leur nature, la direction et la force du vent.

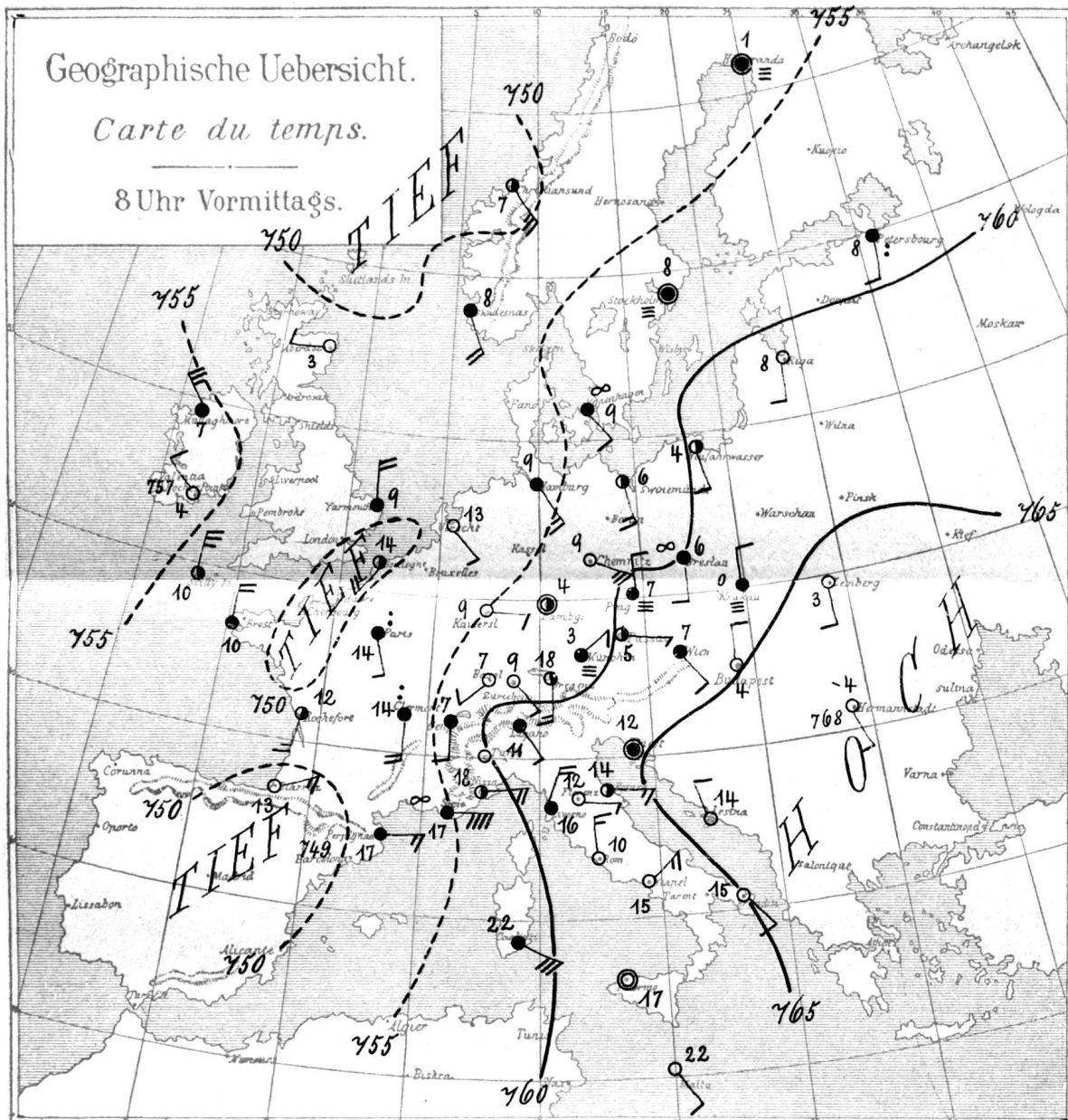
Angewandte Symbole:

Signes conventionnels:

|                                                                                     |                               |         |                                                                                     |          |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------|
|  | Windstille                    | calme   |  | Regen    | pluie      |
|  | klar oder ganz leicht bewölkt | clair   |  | Schnee   | neige      |
|  | bewölkt                       | nuageux |  | Hagel    | grêle      |
|  | bedeckt                       | couvert |  | Gewitter | orage      |
|  | dunstig, neblig               | brumeux |  | Nebel    | brouillard |

Situation générale:

Montag, den 31. October 1892.



Die eingezeichneten Curven (Isobaren) verbinden die Orte mit gleichem (auf das Meeresniveau reducirt) Barometerstande.

Die eingeschriebenen Ziffern geben die Temperatur in ganzen Graden nach Celsius.

Die Windrichtung wird durch die Pfeile angedeutet, die Windstärke nach der halben Beaufort-Scala ( = Orkan) durch die Befiederung.

Les courbes passent par les points où le baromètre avait la même hauteur au moment de l'observation du matin.

Les nombres inscrits donnent la température en degrés centigrades.

Les flèches indiquent, par leur orientation et leur nature, la direction et la force du vent.

Angewandte Symbole:

Signes conventionnels:

|  |                               |  |         |  |          |  |            |
|--|-------------------------------|--|---------|--|----------|--|------------|
|  | Windstill                     |  | calme   |  | Regen    |  | pluie      |
|  | klar oder ganz leicht bewölkt |  | clair   |  | Schnee   |  | neige      |
|  | bewölkt                       |  | nuageux |  | Hagel    |  | grêle      |
|  | bedeckt                       |  | couvert |  | Gewitter |  | orage      |
|  | dunstig, neblig               |  | brumeux |  | Nebel    |  | brouillard |

Situation générale:

Seltener beobachtet man bei Föhn schon im Süden der Alpen ausgeprägte Südwinde, welche das Gebirge übersteigen und am Nordabhange als Föhn auftreten. Sie sind als Theile des Aequatorialstromes, d. h. der über den Aequatorregionen in die Höhe gestiegenen Luftmassen, die nach den Polen zufließen, zu betrachten. Meist (vergl. die Karten 1 -- 3) herrschen südwärts der Alpen veränderliche Winde in verschiedensten Richtungen und trübes Wetter, wenn der Norden Föhn hat.

So haben die *synoptischen Karten*, welche die an sehr vielen über den Kontinent verbreiteten Orten *gleichzeitig* angestellten Beobachtungen darstellen, völlige Klarheit über die Bedingungen ergeben, unter welchen Föhn eintritt. Es waren namentlich *J. Hann*\*) und *Rob. Billwiler*, welche diese Bedingungen zuerst erkannt und gewürdigt haben.

Damit ist wohl endgültig die Hypothese von der Saharischen Herkunft des Föhnes widerlegt. Indessen soll auch hier nochmals erwähnt werden, dass, wie die Staubbälle beweisen, unter bestimmten Umständen auch Luftströmungen aus der afrikanischen Wüste bis zu den Alpen kommen und sich den Föhnströmungen beimischen können.

Es fragt sich nun, wenn die Wetterkarten uns darüber Aufschluss geben, dass der Föhn nicht aus Afrika kommt, woher stammt denn die *hohe Temperatur*, die diesen Wind auszeichnet?

Die durch heftigen Föhn in den nördlichen Alpenthälern erzeugten Temperaturen überschreiten oft, ja sogar meist,

---

\*) Die Ansichten Hann's sind zusammengefasst in seinem Handbuch der Klimatologie. 1883.

die gleichzeitig in Italien beobachteten. Bei dem Sturme vom 23. Sept. 1866 hatten die Schweizer Föhnstationen Temperaturen zwischen  $24,7$  und  $28,6^{\circ}$ , während in Italien in der zweiten Hälfte des September nur Neapel eine Temperatur von  $28,1^{\circ}$  im Maximum erreichte. Verschiedene Schweizer Orte, wie Glarus, hatten an jenem 23. Sept. höhere Tagesmittel ( $23,5^{\circ}$ ) als z. B. Rom ( $22,4^{\circ}$ ). Am 1. Febr. 1869 bewirkte der Föhn in Bludenz Nachmittags 2 Uhr eine Temperatur von  $19,3^{\circ}$ , während zur selben Stunde Mailand nur  $3,4^{\circ}$  hatte.\*) Ferner ergeben die an vielen Stationen gleichzeitig angestellten Temperaturbeobachtungen, dass die Orte auf der Südseite der Alpen bei Föhnstürmen keine Steigerung der Temperatur erleiden. Während bei dem mehrfach citirten Föhn von 1866 in Zürich die Erhöhung des Temperaturmittels am 23. Sept. gegenüber dem Mittel der 3 vorangehenden Tage  $2,3^{\circ}$  betrug, in Chur  $7,5^{\circ}$ , in Glarus gar  $9,1^{\circ}$ , war diese Erhöhung südlich der Alpen nirgends mehr als  $2^{\circ}$ , in Faïdo sank die Temperatur sogar um  $0,7^{\circ}$ , zu gleicher Zeit, wo sie in Andermatt um  $2,6$ , in Altorf um  $6,6^{\circ}$  stieg.

Daraus geht also, wie aus den Luftdruckbeobachtungen, unzweifelhaft hervor, dass wir nordwärts der Alpen starken Föhn haben können, ohne dass die für diesen charakteristischen Erscheinungen auf der Südseite zum Ausdruck gelangen. Stammt die hohe Temperatur der Föhnluft aus Afrika, so müsste sie sich in Italien stets auch geltend machen, was nicht der Fall ist. Wenn ein Südwind die

---

\*) *Hann*, Ueber den Föhn in Bludenz, p. 6. Daselbst sind weitere Beispiele zu finden.

Alpen überschreitet, so hat er in den nördlichen Thälern eine höhere Temperatur als auf den Pässen.

*Hann* hat schon 1866, also zu einer Zeit, wo die Escher'sche Theorie noch am weitesten verbreitet war, darauf aufmerksam gemacht, dass die Erscheinung einer warmen, trockenen, den Schnee rasch aufzehrenden Luftströmung durchaus nicht die Nähe eines erwärmten Festlandes als deren Heimatstätte nöthig erscheinen lässt, indem er auf die Schilderung hinwies, welche zuerst *Rink* von dem warmen grönländischen Winde gegeben hat, der dort von Ost oder Südost gerade über das eisbedeckte Hochland des Innern herweht und dann in die Fjorde fällt. Dieser grönländische Wind zeigt dieselben charakteristischen Eigenthümlichkeiten wie der Föhn, namentlich auch die grosse Trockenheit und Wärme: er erhöht die Temperatur im Winter oft um  $25^{\circ}$  C., im Durchschnitt im Frühjahr und Herbst um etwa  $11^{\circ}$ , im Winter um 12 bis  $19^{\circ}$  über die jeweilige Mitteltemperatur. *Hann* schloss daraus, dass auch der Föhn seine hohe Temperatur dem Einfluss des Gebirges verdanken müsse.

Wie man sich dieses vorzustellen hat, hat schon früher als *Hann*, nämlich schon seit dem Anfang der Fünfziger Jahre, der amerikanische Meteorologe *James P. Espy* in mehreren, in Europa wenig bekannt gewordenen, Publikationen\*) ausgesprochen, worauf *Hann* selbst nachdrücklich aufmerksam gemacht hat.\*\*\*) *Espy* spricht dort als Ursache der Erwärmung von über Gebirge steigenden Luftströmen

---

\*) Zuletzt in „Philosophy of Storms“, Boston 1871.

\*\*) *Hann*, Meteorolog. Zeitschrift 1885, pag. 393.

die Compression an, welche die Luft beim Herabsteigen in Schichten höheren Druckes erleidet. Allerdings nennt er dabei gerade den Föhn nicht. Er erkannte also den Einfluss des Gebirges und nahm die latente Wärme des Wasserdampfes als Hauptursache der Erwärmung an, da er zu Beginn seiner Arbeiten seine Ansichten noch nicht mit der damals erst im Entstehen begriffenen mechanischen Wärmetheorie in Beziehung bringen konnte.

Mit bestimmten Worten, wie es scheint ohne Kenntniss der Arbeiten von Espy, hat der berühmte Berliner Physiker *H. von Helmholtz* in einem im Herbst 1865 veröffentlichten populären Vortrage „Ueber Eis und Gletscher“ ganz nebenher die Beziehung des Gebirges zu der Erwärmung der Föhnluft ausgesprochen. Er sagt wörtlich:

„In einer Luftmasse, welche sich ausdehnt, verschwindet ein Theil ihres Wärmevorrathes, sie wird kühler, wenn sie nicht Wärme von aussen aufnehmen kann. Umgekehrt wird durch erneutes Zusammendrücken der Luft dieselbe Wärmemenge wieder erzeugt, welche durch Ausdehnung verschwunden war. Wenn also z. B. Südwinde die warme Luft des Mittelmeeres nach Norden treiben und sie zwingen, zur Höhe des grossen Gebirgswalles der Alpen hinauf zu steigen, wo sich die Luft entsprechend dem geringeren Drucke ausdehnt, so kühlt sie sich dabei auch sehr beträchtlich ab und setzt gleichzeitig den grössten Theil ihrer Feuchtigkeit als Regen und Schnee ab. Kommt dieselbe Luft nachher als Föhnwind wieder in Thäler und Ebenen hinab, so wird sie wieder verdichtet und erwärmt sich auch wieder. Derselbe Luftstrom also, der in den Ebenen diesseits und jenseits des Gebirges warm ist, ist schneidend kalt in der Höhe und

kann dort Schnee absetzen, während wir ihn in der Ebene unerträglich heiss finden.“

Die dieser physikalischen Föhntheorie zu Grunde liegenden Thatsachen lassen sich leicht durch einfache Versuche demonstrieren.

1) Luft kühlt sich ab bei der Ausdehnung: Presst man durch die Lungen Luft unter starkem Druck in den Mund und lässt sie durch die Lippen unter Druck ausströmen, so ist die ausgeblasene Luft kalt, sie hat um mehrere Grade niedrigere Temperatur als die im Munde befindliche.

2) „Pneumatisches Feuerzeug.“ Wird in einem Cilinder Luft sehr rasch und stark comprimirt, so erwärmt sie sich so bedeutend, dass Zunder darin zum Glimmen kommt.

Die von Helmholtz ausgesprochene Ansicht ward sofort von *Tyndall* acceptirt und in einem im Dezember 1865 erschienenen Aufsatz<sup>\*)</sup> als eine befriedigende Theorie des Föhns erklärt.

Es muss uns befremden, dass diese Ansichten gleichwohl zunächst kaum Beachtung fanden, da ja gerade in den folgenden Jahren die oben erwähnte Controverse zwischen Dove und den Schweizern entbrannte. Immerhin berücksichtigte *Dufour* in seiner oft citirten Arbeit die Helmholtz'schen Ausführungen. In der Discussion der von ihm gesammelten Beobachtungen über den Föhnsturm vom 23. Sept. 1866 sagt Dufour, es sei nicht nothwendig stets seine Zuflucht zur Sahara zu nehmen. Er berechnet dann, im Hinblick auf den Erklärungsversuch von Helmholtz und von

---

<sup>\*)</sup> Philosophical Magazine 1865. Dez.

Hann, dass Luft, die auf den Alpenkämmen in 3000 m Höhe unter einem Drucke von 530 mm etwa  $3^{\circ}$  Temperatur hatte, beim Hinabsinken in die Tiefe von 500 m zu einem Drucke von 713 mm auf  $27,6^{\circ}$  C. erwärmt werden könne, eine Temperatur, die auch den Beobachtungen an den wärmsten Stationen genügte. Trotzdem zögerte Dufour übrigens, darin den einzigen Erklärungsgrund zu suchen.

Die seitherigen Untersuchungen haben aber mit aller nur wünschenswerthen Sicherheit ergeben, dass die hohe Temperatur der Föhnluft wirklich durch diese Compression beim Herabsteigen in die Thäler bedingt wird.

Die Temperaturerhöhung, welche eine Luftmasse beim Zusammenpressen erleidet, lässt sich nach den Sätzen der mechanischen Wärmetheorie leicht berechnen.

Denken wir uns in einem Gefässe von  $1 \text{ dm.}^2$  Querschnitt einen Liter ( $= 1 \text{ dm.}^3$ ) Luft unter einem Druck von 580 mm durch einen beweglichen Kolben eingeschlossen. Diesen Druck von 580 mm wird die äussere Luft in einer Höhe von 2163 Metern über Meer auf den Kolben ausüben. Bringen wir nun das Gefäss um 100 Meter bergab, in 2063 m Meereshöhe, so wird der äussere Luftdruck auf den Kolben auf 587,4 mm erhöht, die Luft im Gefässe wird dadurch comprimirt. Das Volum derselben wird im gleichen Verhältniss kleiner wie der Druck grösser geworden ist; da es beim Druck 580 mm  $1 \text{ dm}^3$  betrug, so beträgt es beim Druck 587,4 mm nur noch  $0,987 \text{ dm}^3$ . Der Kolben ist also um  $1 - 0,987 = 0,013 \text{ dm.}$  tiefer in das Gefäss hineingedrückt worden.

Die Arbeit, welche dabei geleistet wurde, ist sehr nahezu dieselbe, wie wenn für den ganzen von dem Kolben zurück-

gelegten Weg der Druck gleich dem Mittel aus Anfangs- und Enddruck gewesen wäre, also

$$= \frac{580 + 587,4}{2} = 583,7 \text{ mm.}$$

In Gewicht ausgedrückt beträgt aber der Druck einer Quecksilbersäule von 583,7 mm Höhe auf eine Fläche von  $1 \text{ dm}^2 = 5,387 \cdot 13,59 = 79,33 \text{ Kgr.}$

Die Arbeit, welche beim Hineindrücken des Kolbens um 0,013 dm oder um 0,0013 m geleistet wurde, beträgt also  $0,0013 \cdot 79,33 = 0,10313 \text{ Meterkilogramm.}$

Dieser Arbeit entspricht eine Wärmemenge von

$$\frac{0,10313}{424} = 0,000243 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Diese durch die Compression erzeugte Wärmemenge dient zur Erhöhung der Temperatur der zusammengepressten Luftmasse. Das Gewicht von  $1 \text{ dm}^3$  Luft von 580 mm Druck beträgt

$$0,001293 \cdot \frac{580}{760} = 0,000990 \text{ Kgr.}$$

und da ihre spezifische Wärme = 0,24 ist, so wird diese Luft durch die entstandenen 0,000243 Wärmeeinheiten um

$$\frac{0,000243}{0,000990 \cdot 0,24} = 1,02^\circ \text{ C. erwärmt, oder rund um } 1^\circ, \text{ falls}$$

keine Wärme nach Aussen abgegeben wird.

Zu sehr annähernd demselben Ergebnisse gelangt man, wenn man die Rechnung für andere, je 100 Metern Höhendifferenz entsprechende Druckdifferenzen ausführt. So findet man z. B. für die Compression von 710 auf 718,8 mm, entsprechend einem Höhenunterschied von 544,7 auf 444,7 m über Meer eine Erwärmung der Luft um  $0,963^\circ \text{ C.}$ , also wieder rund  $1^\circ$ .

Mit diesem berechneten Werthe stimmen aber die bei gut entwickelten Föhnstürmen beobachteten überein, wofür hier nur einige wenige Beispiele citirt werden sollen.

Föhn vom 16. November 1867:\*)

|                                            | Höhendifferenz<br>m | Temperatur-<br>differenz | Temperatur-<br>zunahme<br>für 100 m |
|--------------------------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| Gotthard-Andermatt                         | 645                 | 8,5 <sup>0</sup>         | 1,32 <sup>0</sup>                   |
| Andermatt-Altorf                           | 994                 | 12,2                     | 1,23 <sup>0</sup>                   |
| Julier- } Chur-<br>Bernhardin } Marschlins | 1583                | 14,0                     | 0,88                                |
| St. Bernhard-Martigny                      | 1980                | 17,8                     | 0,90                                |

Bei einem anderen Sturme\*\*) wurde beobachtet:

|            | Meereshöhe m | Lufttemperatur     | Temperatur-<br>differenz<br>für je 100 m |
|------------|--------------|--------------------|------------------------------------------|
| Bellinzona | 229          | 3,0 <sup>0</sup>   | 0,40 <sup>0</sup>                        |
| Airolo     | 1172         | 0,9 <sup>0</sup>   |                                          |
| Gotthard   | 2100         | — 4,5 <sup>0</sup> |                                          |
| Andermatt  | 1448         | 2,5                | 1,15 <sup>0</sup>                        |
| Altorf     | 454          | 14,5               |                                          |

Besonnung und Niederschläge von Wasser einerseits, Wasserverdunstung und Wärmeabgabe an den kalten Boden andererseits, bewirken Abweichungen vom berechneten Werthe.

Auf der Seite der Alpen, wo der Föhn nicht herrscht, macht sich auch die starke Wärmezunahme nicht bemerkbar, wie die letztangeführte Zahlenreihe zeigt. Aus einer grösseren Anzahl von Beobachtungen\*\*\*) ergibt sich als Mittelwerth auf

\*) Berndt, p. 203.

\*\*) Hann, Klimatologie.

\*\*\*) Berndt, pag. 204.

der Föhnseite für 100 m Höhendifferenz  $1,0^{\circ}$  Temperatur-differenz.

Unter normalen Umständen beträgt die Wärmeabnahme für 100 m Höhendifferenz nur  $0,45^{\circ}$  im Winter,  $0,70^{\circ}$  im Sommer ( $0,507$  als Jahresmittel). Da sie bei Föhn etwa  $1^{\circ}$  beträgt, so ist darnach klar, dass im Winter, den Beobachtungen entsprechend, die Temperaturerhöhung durch den Föhn viel stärker wahrnehmbar ist als im Sommer. Im Winter beträgt der Ueberschuss der Temperaturerhöhung durch den Föhn über die normale Temperaturzunahme  $1,0 - 0,45 = 0,55^{\circ}$  im Sommer nur  $1,0 - 0,7 = 0,3^{\circ}$  für je 100 m. Wenn also z. B. im Winter Föhnluft von der Höhe des Septimer (2311 m) nach Chur herunterkommt, dabei also um 1721 m sinkt, so bringt sie dabei eine Erwärmung von  $17,2$  mal  $0,55 = 9,4^{\circ}$  über den gewöhnlichen Temperaturunterschied hinaus zu Stande; im Sommer würde diese Erwärmung dagegen nur  $17,2$  mal  $0,3 = 5,2^{\circ}$  betragen.

Wenn die Temperaturzunahme der Föhnluft also nur durch das Herabfallen in die Thäler bedingt ist, so müssen bei Föhn auch in der Nordschweiz die hohen Luftschichten relativ kalt sein, was durch die Beobachtungen auf der Hochstation auf dem Säntisgipfel bestätigt wird.

Selbstverständlich ist dadurch nicht ausgeschlossen, dass auch relativ warme Südwinde in der Höhe wehen können und als Schneeschmelzer functioniren, aber das sind dann eben keine ächten Föhnwinde.

Mit der Temperaturzunahme steht im innigsten Zusammenhang die Abnahme der *relativen Feuchtigkeit der Föhnluft*. Der Föhn tritt überall, wo er stark entwickelt ist, als trockener Wind auf.

Das Fassungsvermögen der Luft für Wasserdampf ist von der Temperatur abhängig. 1 m<sup>3</sup> Luft vermag bei einer Temperatur von 0° 4,82 gr. Wasserdampf zu fassen, bei + 17° dagegen 14,40 gr.

Gewöhnlich ist aber die Luft nicht mit Wasserdampf gesättigt; in Chur enthält sie durchschnittlich nur 70 % der Sättigungsmenge, die „relative Feuchtigkeit“ beträgt 70 %. Wenn nun Luft auf der Höhe des Septimer bei einer Temperatur von 0° gesättigt ist, also 4,82 gr. Feuchtigkeit enthält, dann bei einem Föhnsturm nach Chur heruntersteigt und sich dabei um 17° erwärmt, so wird der absolute Feuchtigkeitsgehalt gleich geblieben sein; diese 4,82 gr. reichen aber zur Sättigung nicht mehr aus, sondern betragen nur 33,4 % der Sättigungsmenge; die relative Feuchtigkeit ist von 100 % auf 33 % gesunken (oder in Folge der Volumverminderung auf 37 %). Beim Föhn vom 23. Sept. 1866 sank sie in Chur um 36 % und betrug 44 % im Mittel der 3 Föhntage, im Engadin 79 %. An Föhntagen im Februar wurden in Chur auch schon nur 16 % relative Feuchtigkeit beobachtet. Auf den Stationen am Südfusse der Alpen war zu gleicher Zeit die Feuchtigkeit bedeutend grösser. Alle Beobachtungen ergeben ferner, dass der Grad der Austrocknung von der Höhe nach der Tiefe allmählig zunimmt. Am 22.—24. Sept. 1866 wurde beobachtet in:

|            |      |
|------------|------|
| Neapel     | 74 % |
| Mailand    | 59 % |
| Bellinzona | 72 % |
| Faido      | 87 % |
| Altorf     | 63 % |
| Stalla     | 62 % |

|         |       |
|---------|-------|
| Chur    | 44 %  |
| Sargans | 40 %. |

Der gleiche Wind tritt in den obersten Thalstufen sehr feucht auf, wenn er in den tieferen Stationen trocken ist, was schon der alte *Scheuchzer* 1718 wusste. Infolge der Trockenheit wird die Verdunstung sehr beschleunigt, ebenso die Schneeschmelze, wie schon erwähnt. Auch die bekannten physiologischen Wirkungen der Föhnluft sind wohl hauptsächlich durch die Austrocknung und die starken Temperaturwechsel bedingt.

Mit der Wärme und dem geringen Feuchtigkeitsgehalte der Föhnluft stehen ferner im Zusammenhange die bedeutende Durchsichtigkeit und das starke Lichtbrechungsvermögen derselben. Da die Dichtigkeit der Luft und damit ihr Lichtbrechungsvermögen nach oben hin abnimmt, so geht ein von der Höhe schräg einfallender Lichtstrahl bekanntlich nicht geradlinig, sondern etwas gekrümmt durch die Luft hindurch. Infolge dieser atmosphärischen Refraction erscheinen uns sowohl die Gestirne als auch entfernte erhöhte Gegenstände, wie Bergspitzen etc. etwas gehoben. Diese Erscheinung muss bei astronomischen und geodätischen Messungen wohl in Rechnung gezogen werden.

Da nun bei Föhn die Wärmezunahme in den Luftschichten nach unten hin bedeutend grösser ist als unter gewöhnlichen Umständen, wird dadurch die Refraction, also die Krümmung der Lichtstrahlen vergrössert, die Gegenstände erscheinen mehr gehoben als zu gewöhnlicher Zeit. So kommt es z. B., dass bei starkem Föhnwetter von Winterthur aus der Montblancgipfel sichtbar werden kann, der sonst hinter den Emmenthaler Bergen verschwindet. Von Zürich

aus sieht man bei starkem Föhn den Titlisgipfel hinter dem Albis hervortauchen, während er für gewöhnlich sich hinter demselben verbirgt. An einem einzigen Föhntage beobachtete *Denzler* von Eglisau aus Schwankungen des Bristenstockgipfels, welche einer scheinbaren Veränderung der Höhe dieses Berges um 35 m gleich kamen; im Laufe eines Jahres betrugen die scheinbaren Höhenänderungen sogar 70 m.

Auch die leichte Schallverbreitung in der Föhnluft ist eine ihrer specifischen Eigenschaften. Auf dem Gipfel des Calanda bei Chur hört man dann das Schlagen der Glocken und die Militärmusik und auf der anderen Seite das Rauschen der Tamina. Der Donner der Eislawinen der Jungfrau wurde schon in 27 km Entfernung auf dem Hohgant gehört.

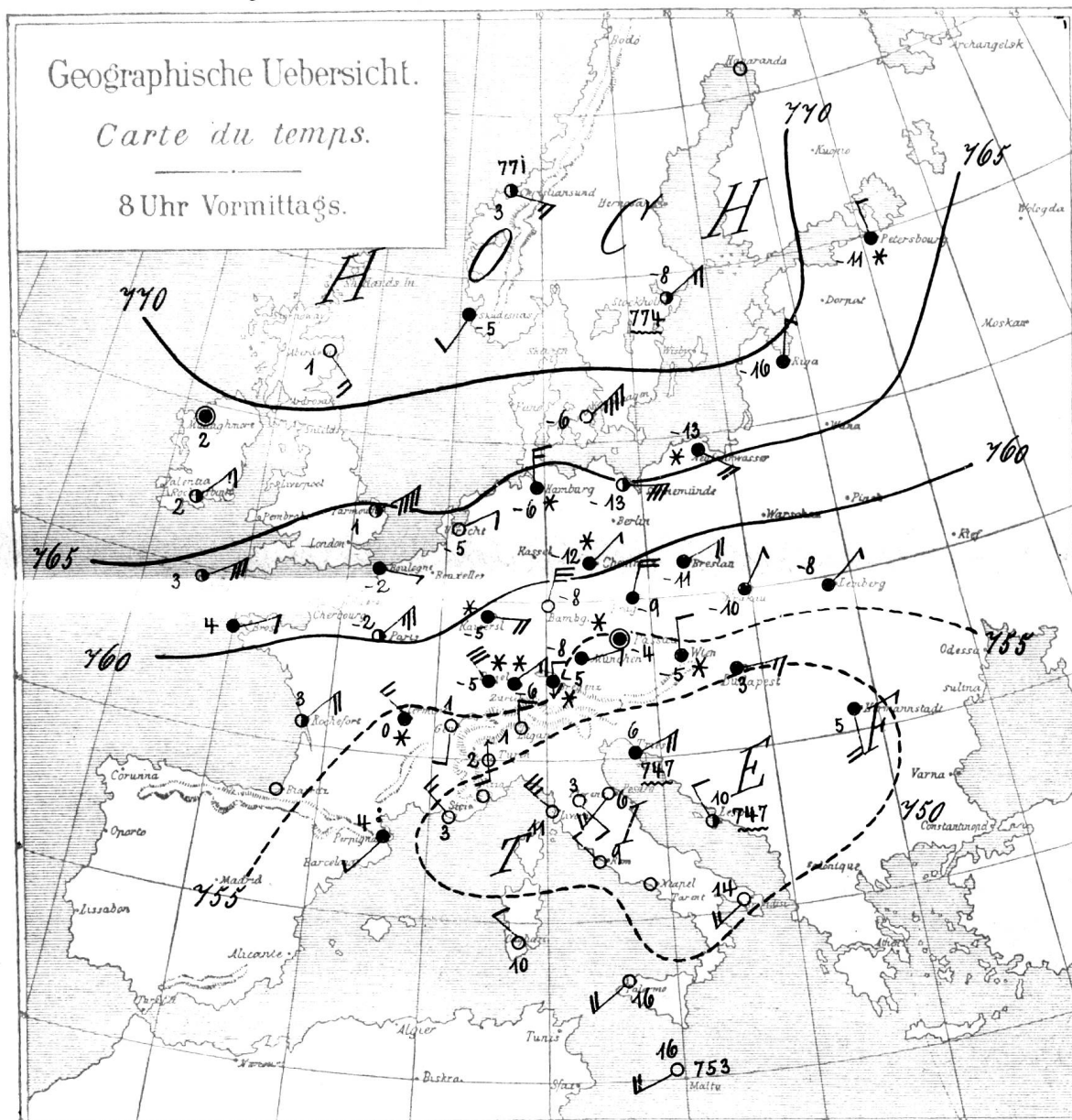
Wenn die eben entwickelte Theorie von der Entstehung der warmen Föhnströmungen richtig ist, so müssten auch in anderen Theilen der Alpen und in an anderen Gebirgen ähnliche Erscheinungen bemerkbar sein. Solches ist in der That der Fall. Dass zunächst auch *ausserhalb dem eigentlichen Föhngebiete* der Alpen, welches zwischen Genf und Salzburg liegt, föhnartige Winde auftreten, unterliegt keinem Zweifel. Nur sind dieselben dort weniger studirt, weil sie infolge ungünstigerer Thalrichtungen weniger stark sich bemerklich machen.

Ferner aber wird auch in den Alpenthälern am Südabhang Föhn beobachtet, der sogen. *Nordföhn*, auf welchen zuerst der Physiker *Wild* aufmerksam gemacht hat\*) und der alle charakteristischen Merkmale (hohe Temperatur und Trockenheit) unseres Südföhnes trägt, aber von Nord nach Süden weht. Er bietet also das ungewohnte Schauspiel eines warmen Nordwindes.

---

\*) Ueber Föhn und Eiszeit, p. 32.

Dienstag, den 26. November 1890.



Die eingezeichneten Curven (Isobaren) verbinden die Orte mit gleichem (auf das Meeresniveau reducirtem) Barometerstande.

Die eingeschriebenen Ziffern geben die Temperatur in ganzen Graden nach Celsius.

Die Windrichtung wird durch die Pfeile angedeutet, die Windstärke nach der halben Beaufort-Skala ( = Orkan) durch die Befiederung.

Les courbes passent par les points où le baromètre avait la même hauteur au moment de l'observation du matin.

Les nombres inscrits donnent la température en degrés centigrades.

Les flèches indiquent, par leur orientation et leur nature, la direction et la force du vent.

Angewandte Symbole:

Signes conventionnels:

|                               |         |          |            |
|-------------------------------|---------|----------|------------|
| Windstille                    | calme   | Regen    | pluie      |
| klar oder ganz leicht bewölkt | clair   | Schnee   | neige      |
| bewölkt                       | nuageux | Hagel    | grêle      |
| bedeckt                       | couvert | Gewitter | orage      |
| dunstig, neblig               | brumeux | Nebel    | brouillard |

Situation générale:

Man bemerkt ihn im Tessinthal, namentlich in Bellinzona, Faido, auch in Lugano. Der verstorbene Telegraphen-inspector *P. v. Salis* bemerkte darüber, in Bellinzona wehe selten Föhn, dann aber immer von Norden mit Wolkenzug von Norden. Auch in den südlichen Bündnerthälern, im Bergell (Castasegna), Puschlav (Brusio) und in den Südtiroler Thälern (Bozen), auch in Kärnthen ist er bekannt; selten und schwach zeigt er sich im Engadin. Er entsteht, wie die synoptischen Wetterkarten erweisen (vgl. Carte 4), wenn im Südosten über dem adriatischen oder griechischen Meere ein barometrisches Minimum auftritt, während im Nordwesten der Alpen der Luftdruck hoch ist. Da diese Situation weit seltener eintritt, als die den Südföhn veranlassende und da die Minima über dem Mittelmeere nie die Stärke der atlantischen erreichen, so ist dieser Nordföhn eine seltenere und weniger allgemein bekannte Erscheinung als unser gewöhnlicher Föhn.

Auch in *Siebenbürgen* werden föhnähnliche warme Fallwinde wahrgenommen, der sogen. Rothenthurmer Wind. Zu *Modena* wurde mehrfach ein vom Nordapennin herunterkommender Südwestwind mit allen Merkmalen, die dem Föhn eigen sind, beobachtet. Zu Zeiten, wo wir hier Föhn haben, melden häufig die Wetterberichte aus dem *kantabrisch-asturischen* Küstengebirge in Spanien (Bilbao) Situationen, die den bei uns wahrzunehmenden auffallend ähnlich sind. Analoges gilt vom *Atlasgebirge*, dessen Fallwinde in Algier und an der spanischen Südküste erscheinen, als wirklich afrikanischer Föhn.

Die *Pyrenäen* entsenden ebenfalls warme Föhnwinde bis weit nach Frankreich hinein, zu Zeiten, wo jenseits der Pyrenäen, in Spanien, oft feuchte Winde und starke Nieder-

schläge auftreten. Föhnähnliche Winde sind ferner bekannt geworden aus der Krim, dem Kaukasus, in den Alleghanies und den Rocky Mountains und auf Neuseeland. Auf den grönländischen Föhn wurde schon früher hingewiesen.

Selbst die berühmte *Bora*, ein eminent rauher Wind, der sich zu Zeiten mit unerhörter Gewalt durch die Thäler des Karstgebirges auf Triest und die adriatische Küste herab ergiesst und den man oft als Einwand gegen die Hann-Billwiller'sche Föhntheorie citirt hat, theilt mit dem Föhn die gleiche Erwärmung der Luftmassen bei der Abwärtsbewegung. Die seit einigen Jahren in jenem Gebiete functionirenden meteorologischen Stationen haben dies (nach einer Privatmittheilung von Herrn Director Billwiller) mit Sicherheit ergeben. Die *Bora* erscheint in Triest nur als relativ kalter Wind, weil sich hinter dem Karst sehr kalte Luftmassen ansammeln. Die Erwärmung bei der Abwärtsbewegung über die nicht sehr hohen Abhänge des Karstes reicht dann nicht aus, um noch an der Adria eine Temperaturerhöhung zu bewirken. Wir sehen also, dass in den verschiedensten Theilen der Erde am Rand der Gebirge warme Fallwinde auftreten, die unserem Föhn ähnlich sind und deren Entstehung auf ähnliche Ursachen zurückzuführen ist.

Es kann somit kaum noch ein Zweifel herrschen über die Richtigkeit der physikalischen Föhntheorie und wir haben ein Recht, die Föhnfrage als „abgethane Sache“ zu betrachten, wie Herr Billwiller sich gesprächsweise ausdrückte.

Es sei gestattet, zum Schlusse die heute als feststehend geltenden Ansichten über die Herkunft und Entstehung des Föhnes in einige kurze Sätze zusammenzufassen:

1) Der Föhn ist ein relativ *warmer, trockener* Wind, der vorzugsweise in den Querthälern der Schweizer und Tyroler Alpen auftritt.

2) Föhn entsteht stets, wenn ein *Luftdruckminimum* im Nordwesten der Alpen auftritt, infolge der Aspiration, durch welche Luft aus den Alpenthälern in dieses Minimum hineingezogen wird.

3) Die *hohe Temperatur* des Föhn's entsteht durch die Compression der Luft beim Herabfallen in den Thälern. In dem Maasse, wie die Temperatur zunimmt, nimmt die relative Feuchtigkeit ab.

4) Tritt ein barometrisches Minimum im Südosten der Alpen auf, so wird Luft durch die Thalrinnen des Südabhanges angesaugt, es entsteht der *Nordföhn*.

5) Aehnliche Fallwinde, bei denen eine Erwärmung der absteigenden Luftmassen eintritt, sind in vielen anderen Gebirgen beobachtet.

