©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die allgemeine Luftdruckvertheilung und die Gradienten bei Föhn

J. M. Pernter.

(Mit 1 Tafel und 1 Textfigur.)

Nachdem ich in einer früheren Abhandlung[1] die Eigenschaften des Föhns zur Darstellung gebracht habe, gehe ich nun daran, die Ursachen desselben zu erforschen. Dass sie in erster Linie in der allgemeinen Luftdruckvertheilung zu suchen sein werden, ist wohl von vorneherein und aus der Lehre über die Entstehung der Winde überhaupt klar. Wie dies so sein muss, legt Hann[2] in seiner klaren Weise folgendermassen dar: »Aus den auf den telegraphischen Witterungsberichten basirten täglichen Wetterkarten von Europa hat sich auch ergeben, warum die Luft zeitweilig stürmisch von den Alpenkämmen in die Thäler herabstürzt und so den Föhn erzeugt. Es hängt dies zusammen mit dem Heranrücken der atlantischen Barometerminima oder Sturmcentren gegen Westeuropa. Wenn ein Barometerminimum im Westen oder Nordwesten der Alpen sich befindet, auf der Linie zwischen der Bai von Biscaya und Irland, so strömt die Luft über dem Alpenvorlande als Südost- oder Südwind gegen den Ort kleinsten Luftdruckes hin, aber auch die Luft aus den Alpenthälern wird gegen diese Stelle hingezogen, gleichsam aus den Thälern herausgesaugt. Da die

---

Über die Häufigkeit, die Dauer und die meteorologischen Eigenschaften des Föhns in Innsbruck. Diese Sitzungsber. Bd. 104, S. 427.

[2] Handbuch der Klimatologie. Stuttgart, Engelhorn 1883, S. 215.

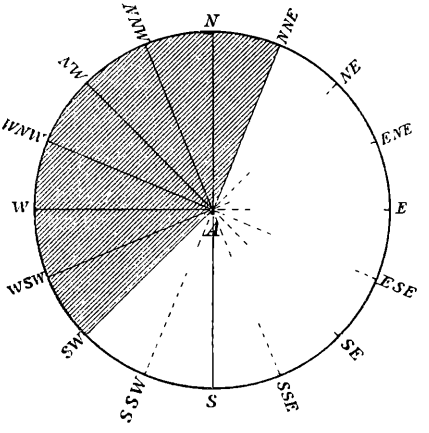
©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Alpenmauer hier das directe Zufliessen aus Süden hemmt, so muss die Luft aus der Höhe, von den Alpenkämmen herab, zum Ersatz herbeifliessen. So entsteht der Föhn«.

Dieser im Wesentlichen sicher richtigen Auffassung folgend, musste ich es mir in erster Linie zur Aufgabe stellen, für alle Tage, an welchen in Innsbruck Föhn auftrat, die Luftdruckvertheilung über Europa festzustellen und daraus auf das Wesentliche zu schliessen, das die erzeugende Ursache des Föhns ist. Ich benützte zu diesem Zwecke die Cartes synoptiques journalières von N. Hoffmeyer, September 1873—November 1876 und die Fortsetzung derselben, herausgegeben vom dänischen meteorologischen Institute und der Deutschen Seewarte von December 1880—November 1889, endlich die täglichen Wetterkarten der k. k. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus, Jahr 1891—1894. Um Übersicht und Ordnung in die grosse Anzahl von Karten zu bringen, war ich gezwungen, einen grossen Theil derselben nachzuzeichnen, um sie dann nach festen Gesichtspunkten zu gruppiren. Ich zeichnete daher vorerst aus den beiden ersterwähnten Werken 126 Karten für Föhntage heraus, wobei ich die Auswahl so traf, dass ich möglichst verschiedene Lagen, bei welchen Föhn auftrat, herausgriff. Bei der Classificirung dieser 126 Karten nach der Lage der Haupt- und secundären Depressionen zeigte sich, dass sie sich alle in neun Hauptgruppen einordnen, bei welchen Föhn in Innsbruck auftritt. Da nun die Cartes synoptiques journalières von Hoffmeyer und die täglichen synoptischen Wetterkarten des dänischen meteorologischen Institutes und der Deutschen Seewarte auf den genauen, publicirten und revidirten Beobachtungen sich aufbauen und überdies ausser Europa den ganzen nordatlantischen Ocean einschliesslich Nordamerika umfassen, so musste ich mir Klarheit darüber verschaffen, ob die täglichen Wetterkarten der meteorologischen Centralanstalt in Wien, welche nur mit Hilfe der täglichen Witterungstelegramme einer beschränkten Anzahl von Stationen gezeichnet werden können und daher mit noch nicht revidirten Beobachtungsdaten, in Bezug auf die Luftdruckvertheilung bei Föhn zu denselben Resultaten führen. Ich hob daher die Wetterkarten für die Föhntage der Jahre 1891—1894 heraus (ich

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

besitze sie als lose Blätter) und erhielt so 164 dieser Karten, deren Gruppirung nun, wie zu erwarten war, zu demselben Resultat führte wie die oben genannten Karten. Ich musste nun für jeden Föhntag in Innsbruck, soweit mir die Kartenbehelfe vorlagen, also für die Jahre vom September 1873—December 1876, December 1880—November 1889 (für 1882—1883 stand mir die Publication des Meteorological Council in London zur Verfügung) und Jänner 1891—December 1894 die entsprechende Wetterkarte aufschlagen und mich überzeugen, dass alle in die erwähnten neun Hauptgruppen sich einordnen. Hiebei wirkte nun aber der Umstand, dass die Wetterkarten nur für die Stunde der Morgenbeobachtung gezeichnet sind, vielfach hinderlich. Es kommt ja viel häufiger vor, dass der Föhn tagsüber, Abends oder des Nachts geht als gerade Morgens zur Beobachtungsstunde. Nun kann es aber nicht zweifelhaft sein, dass zur Feststellung der Luftdruckvertheilungen, bei welchen Föhn herrscht, nur jene Tage herangezogen werden können, für welche die Luftdruckvertheilung der Tagesstunde gezeichnet ist, zu welcher Föhn herrscht. So musste ich nun meine Untersuchung auf die Tage mit Morgenföhn beschränken. Auch diese Beschränkung führte auf die oben erwähnten Gruppen. Das Resultat war mir überraschend; ich will es zum Theile mit Hilfe der beistehenden Figur darlegen. Möge *A* den Centralalpenkamm, zunächst bei Innsbruck, bedeuten, so ergibt sich in Bezug auf die Lage des Hauptminimums an Föhntagen, dass Föhn auftreten kann, wenn das Hauptminimum irgendwo in dem schraffirten Theile liegt, wobei die äussersten Grenzen sind: Nordende des finnischen Meerbusens, Nordskandinavien, Faröer, Westen von Irland, Golf von Biscaya, Golf von Lyon.



©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Umkehrung dieses Satzes ist aber nicht gestattet, da es häufig, sogar sehr häufig, vorkommt, dass wenn in diesen Gebieten Cyclonen auftreten, kein Föhn herrscht. Anderseits ist es gar nicht nothwendig, dass eine eigentliche Cyclone überhaupt vorhanden sei, es genügt, dass in der Nähe von Innsbruck ein secundäres Gebilde sich befinde, um den Föhn zu erzeugen. Dabei braucht diese Secundäre nicht gerade ein geschlossenes Gebiet zu sein, die bekannten secundären Ausbuchtungen der Isobaren reichen vollkommen hin. Aus diesen Ergebnissen kam ich zur Eintheilung der Föhnlagen in neun Hauptgruppen, welche ich mit den Ziffern 1 bis 9 bezeichne, so dass 1 bedeutet: Hauptminimum in NNE; 2 = Hauptminimum in N; 3 = Hauptminimum in NNW u. s. w.; 8 = Hauptminimum in SW; 9 = kein Hauptminimum, aber eine Secundäre am Nordrande der Alpen. Ich gebe zur Verdeutlichung neun Karten bei, welche als Typen für diese neun Gruppen dienen können. Die Tage, welche ausgewählt erscheinen, sind solche, an denen sowohl in Innsbruck, als in Bludenz Morgens Föhn herrschte. Die beigegebenen Karten sind nicht einfach mit 1 bis 9 bezeichnet, sondern jeder Ziffer ist ein *b* hinzugefügt. Dieses *b* dient zur näheren Bestimmung der in den Karten vorgeführten Föhnlagen und bedeutet das Vorhandensein von secundären Ausbuchtungen an der Nordseite der Alpen in der Nähe von Innsbruck und Bludenz. Da diese secundären Ausbuchtungen fast die Regel sind für Föhnlagen — für Innsbruck weisen 70%, für Bludenz 65% der Karten für Morgenföhn dieselben auf — so habe ich für alle neun Gruppen mit *b* bezeichnete Typen ausgewählt, um die charakteristischeste Luftdruckvertheilung bei Föhn zur Darstellung zu bringen. Fehlt die secundäre Ausbuchtung bei sonst gleicher Luftdruckvertheilung, so bezeichne ich dies mit den Buchstaben *a* oder *c*. Hiebei bedeutet der Buchstabe *a* ein directes, deutlich ausgesprochenes Gefälle vom Alpenkamm zum Minimum hin, der Buchstabe *c* aber besagt, dass zwar eine der Gruppen 1 bis 9 vorliege, dass aber vom Alpenkamm her weit hinaus in die Alpenvorlande kein irgend nennenswerthes Gefälle zu erkennen ist, trotzdem noch weiter fort das Minimum gut ausgebildet ist. Mit Hilfe der für die *b*-Lage gegebenen neun Typen wird man,

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

ohne dass es nöthig wäre, für die *a*-Lage und die *c*-Lage Kartenbeispiele zu geben, leicht sich die Luftdruckvertheilung für die letzteren Lagen vorstellen können.[1] Wenn man nun aber keine Schwierigkeit darin finden dürfte, die *a*-Lagen als föhnerzeugend zu erkennen, so wird dies umsomehr bei den *c*-Lagen der Fall sein; denn wir suchen ja die föhnerzeugende Kraft in einem Minimum, das die Luft aus den nördlichen Alpenthälern gegen sich ansaugt. Wie aber das ganze Gebiet vom Alpenkamm bis weit in die nördlichen, nordwestlichen und westlichen Alpenvorlande hinaus sozusagen gradientlos ist, so wird die Luft der Alpenthäler in Ruhe bleiben, und ein Föhn ist dann ausgeschlossen. Und dennoch tritt Föhn gar nicht selten bei solchen *c*-Lagen auf, ja diese sind sehr viel häufiger als die *a*-Lagen. Das war eine der grössten Überraschungen, die mir bei dieser Untersuchung bereitet wurden. Doch der unverständlichste Punkt hierin liegt in der Thatsache, dass es auch 9*c*-Fälle gar nicht so selten gibt. Die Bezeichnung 9 besagt ohnedies schon, dass es kein Hauptminimum gibt, das seinen Einfluss geltend machen könnte, der Buchstabe *c* bedeutet aber auch den Mangel einer Secundären und überhaupt eines merklichen Gradienten. Es scheint somit 9*c* einfach die Unmöglichkeit einer Luftströmung überhaupt und insbesondere eines Föhns zu bezeichnen. Dennoch tritt wiederholt deutlicher und gut ausgeprägter Föhn bei 9*c* auf.

Diese Verhältnisse sind derart eigenthümlich, dass ich mich verpflichtet sehe, die Belege dafür beizubringen. Leider kann ich diese Abhandlung nicht mit mehr Kartenbeigaben belasten, und so muss ich die Fachcollegen ersuchen, die Karten, die ich bezeichnen werde, in den ihnen Allen zur Verfügung stehenden Kartenwerken aufzuschlagen.

Bevor ich aber zu diesem Nachweise durch Beispiele übergehe, muss ich bemerken, dass ich dieselbe Untersuchung, wie

---

[1] Es wäre die Beigabe so vieler Karten schon an sich aus Rücksicht auf die unverhältnissmässigen Druckkosten nicht thunlich, dann aber würde trotzdem die grosse Mannigfaltigkeit in der Richtung des Laufes der Isobaren und der Gradient doch nicht zur Darstellung kommen können. — Aus Raumrücksichten wurde auch das Kärtchen 1*b* unterdrückt; diese letztere Lage lässt sich übrigens aus 2*b* leicht vorstellen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Umkehrung dieses Satzes ist aber nicht gestattet, da es häufig, sogar sehr häufig, vorkommt, dass wenn in diesen Gebieten Cyclonen auftreten, kein Föhn herrscht. Anderseits ist es gar nicht nothwendig, dass eine eigentliche Cyclone überhaupt vorhanden sei, es genügt, dass in der Nähe von Innsbruck ein secundäres Gebilde sich befinde, um den Föhn zu erzeugen. Dabei braucht diese Secundäre nicht gerade ein geschlossenes Gebiet zu sein, die bekannten secundären Ausbuchtungen der Isobaren reichen vollkommen hin. Aus diesen Ergebnissen kam ich zur Eintheilung der Föhnlagen in neun Hauptgruppen, welche ich mit den Ziffern 1 bis 9 bezeichne, so dass 1 bedeutet: Hauptminimum in NNE; 2 = Hauptminimum in N; 3 = Hauptminimum in NNW u. s. w.; 8 = Hauptminimum in SW; 9 = kein Hauptminimum, aber eine Secundäre am Nordrande der Alpen. Ich gebe zur Verdeutlichung neun Karten bei, welche als Typen für diese neun Gruppen dienen können. Die Tage, welche ausgewählt erscheinen, sind solche, an denen sowohl in Innsbruck, als in Bludenz Morgens Föhn herrschte. Die beigegebenen Karten sind nicht einfach mit 1 bis 9 bezeichnet, sondern jeder Ziffer ist ein *b* hinzugefügt. Dieses *b* dient zur näheren Bestimmung der in den Karten vorgeführten Föhnlagen und bedeutet das Vorhandensein von secundären Ausbuchtungen an der Nordseite der Alpen in der Nähe von Innsbruck und Bludenz. Da diese secundären Ausbuchtungen fast die Regel sind für Föhnlagen — für Innsbruck weisen 70 %, für Bludenz 65 % der Karten für Morgenföhn dieselben auf — so habe ich für alle neun Gruppen mit *b* bezeichnete Typen ausgewählt, um die charakteristischeste Luftdruckvertheilung bei Föhn zur Darstellung zu bringen. Fehlt die secundäre Ausbuchtung bei sonst gleicher Luftdruckvertheilung, so bezeichne ich dies mit den Buchstaben *a* oder *c*. Hiebei bedeutet der Buchstabe *a* ein directes, deutlich ausgesprochenes Gefälle vom Alpenkamm zum Minimum hin, der Buchstabe *c* aber besagt, dass zwar eine der Gruppen 1 bis 9 vorliege, dass aber vom Alpenkamm her weit hinaus in die Alpenvorlande kein irgend nennenswerthes Gefälle zu erkennen ist, trotzdem noch weiter fort das Minimum gut ausgebildet ist. Mit Hilfe der für die *b*-Lage gegebenen neun Typen wird man,

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

ohne dass es nöthig wäre, für die *a*-Lage und die *c*-Lage Kartenbeispiele zu geben, leicht sich die Luftdruckvertheilung für die letzteren Lagen vorstellen können.[1] Wenn man nun aber keine Schwierigkeit darin finden dürfte, die *a*-Lagen als föhnerzeugend zu erkennen, so wird dies umsomehr bei den *c*-Lagen der Fall sein; denn wir suchen ja die föhnerzeugende Kraft in einem Minimum, das die Luft aus den nördlichen Alpenthälern gegen sich ansaugt. Wie aber das ganze Gebiet vom Alpenkamm bis weit in die nördlichen, nordwestlichen und westlichen Alpenvorlande hinaus sozusagen gradientlos ist, so wird die Luft der Alpenthäler in Ruhe bleiben, und ein Föhn ist dann ausgeschlossen. Und dennoch tritt Föhn gar nicht selten bei solchen *c*-Lagen auf, ja diese sind sehr viel häufiger als die *a*-Lagen. Das war eine der grössten Überraschungen, die mir bei dieser Untersuchung bereitet wurden. Doch der unverständlichste Punkt hierin liegt in der Thatsache, dass es auch 9*c*-Fälle gar nicht so selten gibt. Die Bezeichnung 9 besagt ohnedies schon, dass es kein Hauptminimum gibt, das seinen Einfluss geltend machen könnte, der Buchstabe *c* bedeutet aber auch den Mangel einer Secundären und überhaupt eines merklichen Gradienten. Es scheint somit 9*c* einfach die Unmöglichkeit einer Luftströmung überhaupt und insbesondere eines Föhns zu bezeichnen. Dennoch tritt wiederholt deutlicher und gut ausgeprägter Föhn bei 9*c* auf.

Diese Verhältnisse sind derart eigenthümlich, dass ich mich verpflichtet sehe, die Belege dafür beizubringen. Leider kann ich diese Abhandlung nicht mit mehr Kartenbeigaben belasten, und so muss ich die Fachcollegen ersuchen, die Karten, die ich bezeichnen werde, in den ihnen Allen zur Verfügung stehenden Kartenwerken aufzuschlagen.

Bevor ich aber zu diesem Nachweise durch Beispiele übergehe, muss ich bemerken, dass ich dieselbe Untersuchung, wie

---

[1] Es wäre die Beigabe so vieler Karten schon an sich aus Rücksicht auf die unverhältnissmässigen Druckkosten nicht thunlich, dann aber würde trotzdem die grosse Mannigfaltigkeit in der Richtung des Laufes der Isobaren und der Gradient doch nicht zur Darstellung kommen können. — Aus Raumrücksichten wurde auch das Kärtchen 1*b* unterdrückt; diese letztere Lage lässt sich übrigens aus 2*b* leicht vorstellen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

für Innsbruck, auch für Bludenz gemacht, wobei sich herausstellte, dass für Bludenz ganz dieselben Gruppen der Luftdruckvertheilung bei Föhn mit ihren Unterabtheilungen sich ergeben; nur die Gruppe 1 fehlt hier ganz, wohl wegen der westlicheren Lage von Bludenz und der Thalöffnung bei Bregenz.

Auch scheint es mir angezeigt, ehevor ich an verschiedenen Beispielen besondere Auffälligkeiten erläutere und da ich die Fachcollegen doch schon mit Hinweisen auf die Kartenwerke bemühen muss, dass ich für die *a*-Lagen, soweit sie vorkommen, und die *c*-Lagen der verschiedenen Gruppen bestimmte Karten namhaft mache, welche als Typen für diese Lagen gelten können. Schon diese als Typen der *a*-Lage und *c*-Lage angeführten Beispiele werden dem Zwecke dienen, zu zeigen, wie Föhn bei Luftdruckvertheilungen vorkommt, wo man nicht darauf gefasst sein kann.

Für 1*a* gibt es kein Beispiel; diese Lage kommt bei Föhn nicht vor.

für 1*c* diene als Typus die Wetterkarte vom 7. November 1883 — Föhn in Innsbruck;

für 2*a* diene als Typus die Wetterkarte vom 7. April 1895 — Föhn in Innsbruck;

für 2*c* diene als Typus die Wetterkarte vom 2. Mai 1891 — Föhn in Innsbruck und Bludenz;

für 3*a* diene als Typus die Wetterkarte vom 10. März 1888 — Föhn in Innsbruck und Bludenz;

für 3*c* diene als Typus die Wetterkarte vom 16. November 1894 — Föhn in Innsbruck;

für 4*a* diene als Typus die Wetterkarte vom 17 October 1883 — Föhn in Bludenz;

für 4*c* diene als Typus die Wetterkarte vom 2. September 1883 — Föhn in Innsbruck;

für 5*a* diene als Typus die Wetterkarte vom 20. Jänner 1895 — Föhn in Innsbruck;

für 5*c* diene als Typus die Wetterkarte vom 1. Mai 1889 — Föhn in Innsbruck;

für 6*a* gibt es kein Beispiel; kommt nicht vor.

für 6*c* diene als Typus die Wetterkarte vom 9. October 1893 — Föhn in Bludenz und Innsbruck.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

für *7a* gibt es kein Beispiel; kommt nicht vor.

für *7c* diene als Typus die Wetterkarte vom 18. Juni 1895 — Föhn in Bludenz;

für *8a* gibt es kein Beispiel; kommt nicht vor.

für *8c* diene als Typus die Wetterkarte vom 25. Mai 1895 — Föhn in Innsbruck und Bludenz;

für *9c* (es kann eben kein *9a* geben) diene als Typus die Wetterkarte vom 1. December 1893 — Föhn in Innsbruck.

Schon diese als Typen angeführten Beispiele zeigen mehrfach, dass man aus der allgemeinen Luftdruckvertheilung, wie sie die Wetterkarten wiedergaben, nur allzu oft nicht im Stande ist, die erzeugende Ursache des Föhns zu erkennen. Wer die eben angeführten Karten sich angesehen hat, den wird es nicht mehr überraschen, wenn ähnliche Beispiele ihm nicht eben selten vorkommen. Ich will nur noch einige recht auffallende anführen.

Beispiele für Föhnlagen *9c*: 3. Mai 1881, Föhn in Innsbruck und Bludenz. — 2. Mai 1882, Föhn in Innsbruck. — 14. September 1884, Föhn in Innsbruck. — 15. März 1888, Föhn in Innsbruck. — 17 Mai 1888, Föhn in Innsbruck. — 23. September 1888, Föhn in Bludenz. — 14. Mai 1889, Föhn in Innsbruck. — 23. Mai 1889, Föhn in Innsbruck. — 31. Mai 1889, Föhn in Bludenz. — 15. Mai 1893, Föhn in Bludenz. — 1. April 1894, Föhn in Bludenz. — 16. Mai 1894, Föhn in Bludenz.

Wer diese Beispiele anzusehen sich die Mühe genommen, für den muss es bis zur Augenscheinlichkeit klar sein, dass der Föhn nicht nur bei solchen Luftdruckvertheilungen vorkommt, wo ein stark ausgeprägtes Minimum im NW oder W die Luft aus den Alpenthälern aussaugt. Es wäre mir ein leichtes, diese angeführten Beispiele durch Beibringung von verschiedenen Fällen von Föhn bei anderen *c*-Lagen zu vervielfachen, doch ist der angestrebte Zweck wohl schon vollauf mit den Fällen von *9c* erreicht. Damit man sich aber bequem und voll überzeugen könne, dass in diesen Fällen in der That zur Zeit der Morgenbeobachtung (für welche Zeit ja die Wetterkarten entworfen sind) Föhn in Innsbruck oder Bludenz oder gleichzeitig an beiden Orten herrschte, habe ich die Beobachtungen dieser Tage herausgeschrieben und als Tabelle hier beigegeben; ich beschränkte mich auf die Wiedergabe der

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

drei für Föhn in erster Linie charakteristischen Elemente: Temperatur, Feuchtigkeit und Wind.

Wenn nun auch solche scheinbar unmotivirte Föhne nicht geradezu selten sind, so bilden sie doch gegenüber der Gesammtzahl der Föhnfälle eine verhältnissmässig geringe Anzahl. Das zeigt uns die folgende Zusammenstellung für Innsbruck und Bludenz für die Zeiträume: Jänner 1881 bis September 1882, September 1883 bis December 1884, September 1887 bis December 1889, Jänner 1891 bis December 1891, Jänner 1893 bis November 1895. Ich hatte zwar für Innsbruck dieselbe Zusammenstellung für den Zeitraum Jänner 1881 bis December 1889 und Jänner 1891 bis December 1894 gemacht und werde auch diese Tabelle unten beigeben; ja ich habe die Jahre September 1873 bis November 1876 auch schon ausgezogen gehabt. Letztere liess ich fallen, weil ich bei Bestimmung der Gradienten, wovon später die Rede sein wird, sie nicht benützen konnte. In der Fortsetzung meiner Untersuchungen erschien es aber höchst wünschenswerth, Bludenz als ausgezeichnete Föhnstation mit hereinzuziehen, und da war ich gezwungen, mich nur an jene Zeiträume zu halten, in welchen genügend verlässliche Beobachtungen vorlagen. Leider hat der gegenwärtige ausgezeichnete, in jeder Weise verlässliche Beobachter in Bludenz, Baron Sternbach, nur in den Zeiträumen von Jänner 1870 bis September 1873, von September 1887 bis December 1889, von Jänner 1891 bis December 1891 und von Jänner 1893 bis jetzt gewirkt. Von den anderen Jahren konnte ich nur noch die Beobachtung von Jänner 1881 bis December 1884 benützen. Für meine Untersuchungen entfielen aber von diesen Beobachtungen Jänner 1870 bis September 1873 und October 1882 bis August 1883, da hiefür keine Wetterkarten vorlagen. So kommt es, dass ich die folgenden zwei Tabellen auf die restlichen Jahre beschränken musste: Jänner 1881 bis September 1882, September 1883 bis December 1884, September 1887 bis December 1889, Jänner 1891 bis December 1891 und Jänner 1893 bis November 1895. (Die 11 Monate von 1895 habe ich noch nachträglich bei der Überprüfung einbezogen.) Die aus diesen Zeiträumen erhaltenen Tabellen für Innsbruck und Bludenz folgen hier.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Beobachtungen

an einigen Föhntagen in Innsbruck und Bludenz, wo die allgemeine Luftdruckvertheilung nicht auf Föhn schliessen lässt.

Ort	Tag	Jahr	Temperatur			Feuchtigkeit			Wind			Föhnlage
			7	2	9	7	2	9	7	2	9	
Innsbruck	3. Mai	1881	14·0	18 4	14 4	—	—	—	SE_6	SE_8	SE_3	9 *c*
Bludenz	3. Mai	1881	14·8	17·8	12·4	47	41	73	—0	E_1	—0	
Innsbruck	2. Mai	1882	16·4	12·4	9 0	—	—	—	SW_6	SW_3	NE_1	9 *c*
Innsbruck	2. September	1883	18·3	22·1	16·1	81	66	91	SW_4	SE_8	SW_4	4 *c*
Innsbruck	7. September	1883	7·0	15·2	7·4	71	49	83	SW_4	S_6	SE_1	1 *c*
Innsbruck	14. September	1884	15·0	21·5	15·0	64	21	76	S_3	SE_3	SW_3	9 *c*
Innsbruck	15. März	1888	4·6	10 2	4 8	65	60	74	SW_4	E_3	E_4	9 *c*
Innsbruck	17. Mai	1888	14·7	24·0	18·0	56	45	52	SW_2	SE_4	SE_4	9 *c*
Bludenz	23. September	1888	12·2	22·0	13·0	74	43	85	S_2	NW_3	NE_2	9 *c*
Innsbruck	14. Mai	1889	16·2	23·0	18·8	54	34	51	SW_2	SE_5	SE_5	9 *c*
Innsbruck	23. Mai	1889	15 6	22·8	18·8	53	39	56	SW_2	SE_4	SE_3	9 *c*
Bludenz	31. Mai	1889	18·7	28·8	18·0	54	24	67	SE_3	NW_3	SW_2	9 *c*
Innsbruck	2. Mai	1891	10·2	24·6	19 4	—	—	—	S_1	S_3	S_2	2 *c*
Bludenz	2. Mai	1891	14·0	24·4	19·2	26	20	53	SE_5	SE_5	SE_4	
Bludenz	15. Mai	1893	14·0	22·0	14·4	60	33	70	SE_3	NW_3	—0	9 *c*
Innsbruck	9. October	1893	12·0	26·2	21·7	75	55	62	S_2	S_1	S_4	6 *c*
Bludenz	9. October	1893	12·6	28·4	19·8	66	14	36	SE_2	SE_5	SE_2	
Innsbruck	1. December	1893	4·6	10·0	3·1	68	60	84	SW_1	NW_1	—0	9 *c*
Bludenz	1. April	1894	8·0	15·2	8 6	41	25	52	SE_3	NW_4	—0	9 *c*
Bludenz	16. Mai	1894	16·4	23·2	15·8	51	40	68	SE_3	NW_4	—0	9 *c*
Innsbruck	16. November	1894	14·6	16·4	7·3	45	51	87	S_3	SW_1	SW_2	3 *c*
Bludenz	25. Mai	1895	13·0	17·0	12·0	75	61	84	SE_2	NW_4	—0	8 *c*
Innsbruck	25. Mai	1895	12·2	16·4	15·1	73	45	49	SW_3	NW_4	S_2	
Bludenz	18. Juni	1895	16·4	26·4	20·6	66	30	38	SE_2	SE_3	SE_3	7 *c*

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Föhnlagen zur Morgenbeobachtungsstunde.

Innsbruck (1)					Bludenz					Innsbruck (2)				
Gruppe	*a*	*b*	*c*	Summe	Gruppe	*a*	*b*	*c*	Summe	Gruppe	*a*	*b*	*c*	Summe
1	0	2	1	3	1	0	0	0	0	1	0	2	3	5
	1	4	4	9		7	5	3	15		1	4	4	9
3	8	10	3	21	3	11	20	11	42	3	8	11	4	23
4	5	28	4	37	4	11	37	8	56	4	8	35	8	51
5	1	9	2	12		3	15	7	25	5	3	30	7	40
6	0	11	2	13	6	0	18	3	21	6	0	20	11	31
	0	4	0	4	7	0	5	3	8		0	10	4	14
8	0	2	2	4	8	0	3	1	4	8	0	3	3	6
9	—	25	9	34	9	—	13	9	22	9	—	28	13	41
Summe	15	95	27	137	Summe	32	116	45	193	Summe	20	143	57	220

Innsbruck (2) ist aus den Jahren 1881—1889 und 1891 bis 1894 inclusive genommen; diese letzteren Angaben sind allerdings nicht überprüft wie die anderen zwei [Innsbruck (1) und Bludenz], allein im Wesentlichen dürften sie richtig sein.

Vorerst eine Bemerkung über die absolute Anzahl von Tagen mit Morgenföhn. Bludenz übertrifft darin Innsbruck um ein bedeutendes. Wenn man aber aus den gleichen Zeiträumen alle Tage, an denen Föhn zu was immer für einer Tageszeit herrschte, für beide Stationen auszählt, so wird der Überschuss an Föhntagen für Bludenz nicht mehr so bedeutend; es ergeben sich dann für Innsbruck 388 und für Bludenz 421 Föhntage. Diese Auszählung ist zwar nicht strenge überprüft, wird aber im Wesentlichen richtig sein. Man ersieht aus diesen letzteren Zahlen auch, dass der Föhn viel öfter zu anderen Tagesstunden weht, als gerade zur Zeit der Morgenbeobachtung, und daraus ergibt sich auch, wie ungünstig es für die vorliegende Untersuchung war, dass für die Zeit der Mittags- und Abendbeobachtungen keine Wetterkarten zur Verfügung standen. Aller-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

dings fallen die Hauptwirkungen des Föhns, die Erhöhung der Temperatur und die Verminderung der Feuchtigkeit, gerade in den Morgenstunden am meisten auf, und so hatte der bezeichnete Mangel den Vortheil, gerade die sichersten Fälle als Grundlage der Untersuchungen übrig zu lassen.

Die Discussion der gegebenen Tabellen lehrt uns, dass die Gruppe 1 für Bludenz fehlt. Es ist dies nicht auffallend, im Gegentheil es überrascht vielmehr, dass bei einer Luftdruckvertheilung, wo das Hauptminimum in NNE liegt, Innsbruck Föhn haben kann. Doch auch in Innsbruck fehlt 1*a*, und man könnte geneigt sein, die vorkommenden 1*c* lieber unter 9*c* einzuordnen, sowie die 1*b* den 9*b* beizuzählen. Letzteres ist aber sicher nicht gestattet und ersteres wäre doch zu kühn. Ferner sieht man, dass bei den Gruppen 6, 7 und 8 die *a*-Lage nicht vorkommt. Die *a*-Lagen kommen für Innsbruck überhaupt fast nur bei den Gruppen 3 und 4 vor, in Bludenz auch bei 2 und 5 öfters. Da Bludenz mehr gegen Westen liegt und das Thal seinen Ausgang zum Bodensee hat, so dürfte hierin die Ursache der öfteren *a*-Lagen für Bludenz zu suchen sein. Das bei weitem wichtigste Resultat, das die obigen Tabellen geben, besteht aber in dem gewaltigen Überwiegen der *b*-Lagen gegenüber den anderen zweien. Wenn wir die Procente der Gesammtzahl nehmen, so ergeben sich für Innsbruck: *a*-Lage 11%, *b*-Lage 69%, *c*-Lage 20%; für Bludenz: *a*-Lage 17%, *b*-Lage 60%, *c*-Lage 23%. Ich ziehe daraus den Schluss, dass die secundären Ausbuchtungen nördlich nächst dem Centralalpenkamme eine besondere Bedeutung bei der Erzeugung des Föhns haben müssen, und dies gibt mir einen Fingerzeig für die Erklärung anderer Eigenthümlichkeiten der Tabelle, besonders wenn man noch die auffallend hohe Ziffer der Fälle für 9*b* in Betracht zieht. Aus dem letzteren Umstande erkennt man, dass das Hauptminimum für die Erzeugung des Föhns nicht wesentlich ist; es scheint aber anderseits, dass es doch eine hinreichende Anzahl Fälle der *a*-Lage gibt, um annehmen zu müssen, dass das Hauptminimum allein ebenfalls hinreicht zur Erzeugung des Föhns und daher auch die secundären Ausbuchtungen dazu nicht wesentlich nothwendig seien. Das könnte man ja allenfalls auch für richtig ansehen. Allein ich komme theils

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

durch die Betrachtung der Fälle der *c*-Lage, theils durch näheres Anschauen der Innsbruck oder Bludenz nächsten Isobare bei *a*-Lagen zum Schlusse, dass jeder Föhn von einer Secundären jedenfalls mit verursacht wird, ja ich halte es sogar für wahrscheinlich, dass die unmittelbare und eigentliche Ursache des Föhns stets eine Secundäre ist. Folgende Erwägungen führten mich zu dieser Ansicht. Eine immerhin beträchtliche Anzahl von Föhnfällen tritt bei *c*-Lagen auf, also bei einer Luftdruckvertheilung, wo das Hauptminimum nicht mehr wohl als erzeugende Ursache des Föhns gelten kann und Secundäre ganz zu fehlen scheinen. Ganz besonders gilt dies bei den 9*c*-Lagen. Da aber der Föhn eine Luftströmung ist, die gar häufig auch in den genannten Fällen ziemlich kräftig auftritt, so muss jedenfalls ein Gradient bestehen, welcher das Ausströmen der Luft aus den Alpenthälern verursacht. Dass ein Hauptminimum, das entweder keinen Einfluss hat oder gar nicht einmal besteht, diesen Gradienten nicht erzeugt, ist in den letztgenannten Fällen klar. Es erübrigt daher nur, dass ein secundäres Minimum im Alpenvorlande nächst den Alpen vorhanden sei, das auf den allgemeinen Wetterkarten nicht zu erkennen ist. Dass dies sehr leicht möglich ist, wissen wir ja auch schon, da erstlich die Stationen, welche die Grundlage für die Zeichnung der Wetterkarten bilden, viel zu weit auseinanderliegen, und zweitens und hauptsächlich, weil diese Wetterkarten nur für Druckintervalle von 5 *mm* entworfen sind. Es ist daher nicht zu bezweifeln, dass auch bei den *c*-Lagen Secundäre vorhanden sind, welche als die eigentliche Ursache des Föhns bei diesen Lagen anzusehen sind. Nachdem wir aus der 9*b*-Lage erfahrungsgemäss wissen, dass Secundäre auch ohne Hauptminimum, ohne Cyclone, die erzeugende Ursache des Föhns thatsächlich zuweilen sind, so ist mit der obigen Annahme keine Schwierigkeit mehr verbunden.

Ich gehe noch weiter. In manchen *a*-Lagen, in welchen doch der directe Gradient von der Cyclone her den Föhn erzeugen könnte, finden sich mannigfache leichte Biegungen der dem Alpenkamme zunächst liegenden Isobare. Diese Andeutungen von Secundären selbst bei *a*-Lagen lassen vermuthen, dass es in gar keinem Falle von Föhn ohne Bildung von Secundären

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

abgehe. Es fällt mir allerdings nicht ein, aus reiner Freude an der Einheitlichkeit der föhnerzeugenden Ursache, die Unmöglichkeit eines vom directen Gefälle zum Mittelpunkt der Cyclone hervorgebrachten Föhns zu behaupten; man könnte ja auch wohl mit dem Resultat zufrieden sein, dass die föhnerzeugende Ursache einmal nur eine Secundäre — 9*b* und alle *c* — das anderemal nur eine Hauptcyclone mit dem directen Gradienten — *a*-Lagen — endlich am häufigsten die Combination beider Ursachen — *b*-Lagen — sei. Wenn ich dennoch das Vorhandensein einer secundären Bildung auch bei den *a*-Lagen annehmen zu sollen glaube, so bewegen mich hiezu zwei Gründe.

Erstens müsste bei den *a*-Lagen, wenn keine Secundäre bei der Föhnerzeugung mitwirkt, die Windstärke des Föhn wohl dem Gradienten proportional sein. Das ist aber nicht der Fall, wie die beigegebene Tabelle für Bludenz darthut. Ich habe zu diesem Nachweise Bludenz ausgewählt, das westlicher liegt als Innsbruck und letzteres gegen Nordwest von hohen Bergketten umgeben ist, welche bewirken müssen, dass die nordwestlichen Gradienten weniger direct wirken können. Um nicht allein auf die Windschätzungen der Morgenstunde angewiesen zu sein, gebe ich in der Tabelle auch die Temperatur und Feuchtigkeit wieder, und um eine allgemeinere Beurtheilung zu ermöglichen, nicht nur die Morgen-, sondern auch die Mittag- und Abendbeobachtung. Sie enthält alle Fälle der *a*-Lage für Bludenz für die schon mehrfach angegebenen Zeiträume, auf welche sich auch die früheren Tabellen beziehen. Die Gradienten sind in Millimetern auf den Äquatorgrad (111 *km*) gegeben. Man ersieht aus der Tabelle, dass nicht nur die Windstärke den Gradienten nicht proportional ist, sondern auch in der Intensität des Föhns in Bezug auf Temperaturerhöhung und Trockenheit eine solche Proportionalität nicht zu finden ist.

Die in der Tabelle mit * versehenen Tage sind diejenigen, welche gleichzeitig in Bludenz und Innsbruck Morgenföhn aufweisen; es sind für die *a*-Lage deren nur 7 Im Ganzen gab es für die bezeichneten Zeiträume in Innsbruck 15mal Föhn des Morgens bei *a*-Lagen, in Bludenz 32mal. Man mag daraus

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Gradienten bei a-Lagen für Bludenz.

Datum	Gradient bei Bl.	Gradient Allgemein	t 7	t 2	t 9	f % 7	f % 2	f % 9	Wind 7	Wind 2	Wind 9	Föhntage
7. März 1881	2·41	2·26	11·2	18·1	7·8	73	59	84	S_3	S_1	—0	4 *a*
24. März 1881	5·05	2·67	8·0	11·4	10·4	54	54	52	E_2 [1]	NE_2	NE_2	3 *a*
27. Nov. 1881	4·42*	3·80	12·0	15·0	14·0	34	32	32	E_3 [1]	E_2	E_3	4 *a*
28. Nov. 1881	1·91*	3·07	9·0	10·0	6·1	74	63	88	—0	W_2	—0	3 *a*
18. Dec. 1881	4·42	5 02	5·3	9·4	4·2	70	57	97	SW_2	—0	—0	3 *a*
26. Febr. 1882	2·77*	2·55	3·0	14·0	8·4	74	30	21	S_1	S_2	—0	4 *a*
1. März 1882	2·13	3·00	6·1	7·0	5·0	70	76	75	E_1 [1]	S_1	SW_1	5 *a*
17. Oct. 1883	3·08	3·04	13·8	17·2	15·4	66	55	64	SE_5	SE_2	SE_4	4 *a*
11. März 1884	2·77	3·04	8·4	16·0	12·0	75	47	54	SE_5	SE_6	SE_4	5 *a*
17. Dec. 1887	2·13	2·30	5·4	6·8	2·8	49	74	80	SE_3	NE_2	SW_2	3 *a*
18. Dec. 1887	2·05	2·18	2·0	3·0	0·0	51	62	89	SE_3	NW_2	W_2	2 *a*
19. Dec. 1887	3·90	1·91	1·4	2·7	—1·9	43	53	94	SE_4	SE_4	E_2	3 *a*
11. Febr. 1888	2·13	1·96	1·8	5·2	—2·2	69	60	87	SE_3	NW_2	—0	3 *a*
9. März 1888	3·08	2·72	2·0	11·0	5·2	64	34	57	E_1	S_2	SW_1	4 *a*
10. März 1888	3·70*	2·78	4·2	7·0	3·8	74	79	83	SW_1	W_2	SW_1	3 *a*
27. März 1888	2·05*	1·86	10·0	19·6	7·0	46	23	79	SE_3	SE_5	N_4	3 *a*
28. Sept. 1889	1·85	1·87	7·2	17·8	13·2	77	44	66	SE_2	SE_3	S_3	2 *a*
4. Oct. 1889	2·05	1·53	9·2	16·0	9·5	32	28	50	SE_5	SE_4	SE_3	5 *a*
21. Aug. 1891	1·91	2·30	17·0	22·1	15·3	34	47	78	SE_4	W_2	S_2	4 *a*
14. Dec. 1891	1·63	2·02	4·4	3·2	5·0	74	83	54	SE_3	S_2	N_5	2 *a*
10. Febr. 1893	3·47	3·22	1·4	0·6	1·4	59	89	87	SE_4	NW_2	SE_2	3 *a*
16. Febr. 1893	4·23	2·72	6·2	13·1	3·8	34	22	54	SE_5	SE_4	SE_2	4 *a*
21. Febr. 1893	2·00	1·80	0·0	9·8	7·4	76	27	30	SE_2	SE_5	SE_3	4 *a*
13. März 1893	2·77	3·00	8·4	19·2	6·8	30	19	52	SE_4	W_2	SE_2	2 *a*
6. Oct. 1893	2·22*	2·14	21·2	26·2	16·6	37	34	57	SE_4	SE_5	SE_2	3 *a*
14. Dec. 1893	2·41	1·44	7·6	9·4	4·6	55	59	84	SE_2	SE_1	—0	3 *a*
17. Jän. 1894	1·91	2·90	—0·4	4·0	1·0	92	61	81	SE_2	N_2	S_2	4 *a*
23. Jän. 1894	1·59	1·86	5·6	9·6	3·8	40	28	62	SE_5	SE_4	N_2	2 *a*
12. Febr. 1894	1·98	1·46	2·0	12·0	6·6	64	40	74	SE_3	SE_2	NW_4	2 *a*
2. Oct. 1895	3·47*	3·77	14·0	24·2	18·8	65	33	57	SE_2	SW_2	NW_4	4 *a*
6. Nov. 1895	1·68	2·20	8·0	14·4	12·0	72	55	79	SE_1	W_2	SE_3	4 *a*

[1] In den Jahren 1881—1884 findet man wiederholt E statt SE verzeichnet. Was aber kein Fehler in der richtigen Schätzung der Windrichtung ist, das sind die NE, NW und N bei Föhn. Ich habe alle diese Fälle ausgeschaltet und bei meiner Untersuchung nicht einbezogen.

Weil ich ganz dieselbe Erscheinung in Innsbruck wieder fand, will ich dieselbe näher untersuchen, um feststellen zu können, ob man es hiebei vielleicht mit Nordföhn zu thun habe. Ich glaube aber schon heute sagen zu können, dass diese Fälle nicht Nordföhn sind. Hann (Föhn in Bludenz) führt sie auf den Windwechsel beim Vorübergange secundärer Depressionen zurück. Mir will scheinen, dass sie ein Rückstoss des Föhn von den vorliegenden Bergen des Nordens sein könnten.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

erkennen, dass in der That Bludenz für *a*-Lagen günstigere Bedingungen besitzt.[1]

Da ich nun schon die Frage des gleichzeitigen Auftretens von Föhn in Innsbruck und Bludenz berührt habe, möge es gestattet sein, für den Morgenföhn überhaupt die Anzahl der Gleichzeitigkeiten zur Darstellung zu bringen. Die nachfolgende Tabelle, welche sich auf denselben Zeitraum bezieht, gibt darüber Aufschluss.

Gleichzeitiger Morgenföhn in Innsbruck und Bludenz.

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Summe
a	0	0	4	3	0	0	0	0	—	7
b	2	2	8	21	8	8	2	2	10	61
	0	1	1	3	1	1	0	1	2	10
Summe	0	3	13	27	9	9	2	3	12	78

Ich bemerke noch, dass ich anfänglich in meine Untersuchung alle Föhntage, auch jene, an welchen der Föhn zu einer beliebigen anderen als der Stunde der Morgenbeobachtung herrschte, einbezogen hatte. Aus der allgemeinen Zusammenstellung ersehe ich, dass Bludenz oft Föhn hat, während Innsbruck keinen hat und umgekehrt — ersteres

---

Ich habe die Gradienten für die *a*-Lagen in Innsbruck ebenfalls bestimmt, ja ich habe dies sogar für alle Tage mit Morgenföhn gethan, wo ein Gradient auf der Karte vorhanden war. Ich bringe diese riesigen Tabellen aber nicht bei, weil sie nichts Anderes besagen als die obige und daher nur überflüssiger Ballast wären. Ich habe ferner untersucht, ob vielleicht die Richtung des Laufes der Isobaren ohne Rücksicht auf ein Haupt- oder secundäres Minimum eine Erklärung dafür gibt, dass der Föhn das einemal auftritt, das anderemal nicht. Ich schrieb mir zu diesem Zwecke für alle Föhntage den Lauf der Isobaren heraus. Es ergab sich, dass wohl meistens dieser Lauf im Westen etwa SW—NE, häufig auch S—N ist, bei den Alpen meist eine Knickung oder Biegung gegen Ost erhält, um dann wieder eine mehr nördliche Richtung anzunehmen; allein es gibt viele Fälle, wo der Lauf der Isobare W—E oder gar WNW—ESE ist. Die Richtung des Laufes der Isobaren ist daher nicht als föhnerzeugende Ursache anzusehen, wenn auch ein S—N oder SW—NE-Lauf dem Föhn günstiger zu sein scheint.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

öfter. Das gilt nicht nur von jenen Föhnwinden, welche in Bludenz oder Innsbruck um Stunden oder einen Tag früher auftreten als an der anderen Station; es gibt zahlreiche Fälle, wo der Föhn nur an der einen Station einfällt und die andere davon weder früher, noch später heimgesucht wird. Ich hatte gehofft, aus diesen Tagen mit Hilfe der Wetterkarten nähere Aufschlüsse über die Bildung secundärer Minima zu erhalten; doch blieben die darauf verwendeten Arbeiten ohne Erfolg.

Der zweite Grund, warum ich auch bei *a*-Lagen das Vorhandensein von secundären Minima für wahrscheinlich ansehe, ist mehr theoretischer Natur. Mir scheint es unmöglich, dass eine starke Cyclone, welche bis in die Vorlande der Alpen sich ausbreitet, in den Alpenthälern nicht bewirke, dass dort eine locale stärkere Erniedrigung des Luftdruckes sich bilde, als es ohne das Vorhandensein des Alpenkammes der Fall wäre, da doch ein Ersatz der gegen die Cyclone abströmenden Luft im selben Niveau durch das Bergmassiv verhindert wird. Wir sehen dies auch unzähligemale auf den täglichen Wetterkarten zum Ausdruck gebracht, wo sich die Isobaren fast regelmässig am Nordrande der Alpen entlang ausbuchten. Sobald aber auf diese Weise eine Secundäre sich zu bilden begonnen, wird diese Bildung durch die Föhnluft selbst genährt und verstärkt. Sobald nämlich der Ersatz der unten weggeführten Luft von oben beginnt, erwärmt sich die ganze Masse der niedersinkenden und dann unten abströmenden Luft bedeutend gegenüber der draussen in der Cyclone befindlichen, und die warme Luft bewirkt in Folge ihrer geringeren Dichte eine weitere Ausbildung des schon aus mechanischen Ursachen entstandenen secundären Minimums. Letzteren Umstand hat schon Hann hervorgehoben.

Sind meine Gründe beweisend genug, so gibt es keinen Föhn ohne eine secundäre Depression in der nächsten Nähe der Föhnstationen. Um diesen Satz exact nachweisen zu können, müsste man nun aber für alle diese Föhntage der *a*-Lage, aber auch für die der *c*-Lagen, Karten der Luftdruckvertheilung in den Föhngegenden und den Alpenvorlanden in bedeutend vergrössertem Massstabe und in Druckintervallen von nur einem

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Millimeter entwerfen. Dabei wird auch der Umstand zu berücksichtigen sein, dass die Reduction auf das Meeresniveau bedenklich ist für die Seehöhe der Föhnstationen an sich und besonders bei den gestörten Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen der Föhnstationen, und dass es sich daher empfehlen wird, die Reduction auf 500 *m* Seehöhe auszuführen. In dieser Weise hat Bilwiller (Meteorologische Zeitschrift, 1895, S. 201) Karten für den 13. Jänner 1895, und zwar für 7 a., 1 p. und 9 p. entworfen. Allerdings zeigte schon die allgemeine Wetterkarte für diesen Föhntag die Secundäre sehr deutlich (Lage 4*b*). Mir mangelt nun leider das Material zur Durchführung einer solchen Untersuchung, doch hoffe ich, dass Jemand, dem es zur Verfügung steht, die Arbeit machen wird oder dass es einmal mir zugänglich gemacht wird.

Hier muss ich noch eine Bemerkung anknüpfen, welche ich bei der häufigen Durchsicht der Wetterkarten von 1881 bis 1894 machte und die ebenfalls geeignet ist, die Bildung secundärer Minima als eine nothwendige Bedingung des Föhns erscheinen zu lassen. Wiederholt fragt man sich beim Anblick einer Karte für einen Tag von Morgenföhn in Bludenz, warum bei dieser Lage nicht auch gleichzeitig in Innsbruck Föhn weht; das Gleiche begegnet Einem auch bei Föhn in Innsbruck, wo er in Bludenz fehlt. Das Erstaunlichste ist aber, dass bei ausgesprochenen Föhnlagen wiederholt weder in Innsbruck, noch in Bludenz Föhn auftritt. Ich habe viele Tabellen ausgezogen, Reihenfolgen von Karten herausgezeichnet und die Veränderung der allgemeinen Luftdruckvertheilung von Tag zu Tag verfolgt, den gleichzeitigen Gang des Luftdruckes in Innsbruck und Bludenz in langen Tabellen für solche Tage verglichen — Alles erfolglos, die ganze riesige Arbeit war umsonst gemacht, wenn man nicht folgende bei dieser resultatlosen Arbeit immer lebhafter in mir hervorgetretene Vermuthung als ein Resultat ansehen will: Mag die allgemeine Vertheilung des Luftdruckes scheinbar dem Föhn sehr günstig sein oder aber keine Andeutung der Möglichkeit eines Föhns aufweisen, Föhn tritt nur dann und dann sicher auf, wenn die Bedingungen zur Bildung einer secundären Depression in den Föhnthälern

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

und Alpenvorlanden gegeben sind und diese Bildung auch wirklich zu Stande kommt. Welche Bedingungen die Bildung dieser secundären Depressionen erfordert, wird sich wohl ebenfalls erst aus der genauen Untersuchung nach Art der erwähnten von Billwiller ergeben können.

Die Resultate dieser ganzen Untersuchung sind kurz folgende: 1. Föhn tritt bei den verschiedensten Luftdruckvertheilungen auf und beschränkt sich durchaus nicht darauf, als Folgeerscheinung von im Westen bis Nordwesten oder Nordnordwesten auftretenden Cyclonen, die ihre Wellen bis an den Wall des Centralalpenstockes werfen, sich einzustellen. Selbst bei ganz flachen Minimis in WSW und SW, bei denen ein Einfluss auf die Nordseite der Alpen sowohl wegen der Lage, als wegen der Flachheit des Gefälles kaum zu erwarten wäre, kommt starker Föhn vor, ja sogar bei Luftdruckvertheilungen, wo ein ganz gleichmässig gradientloses Gebiet von den Alpen bis zur Nordsee und dem Atlantischen Ocean sich ausdehnt, wird wiederholt kräftiger Föhn beobachtet.

Dieses erste Resultat der Untersuchung ist ein positiv sichergestelltes.

2. Die Ursache des Föhns scheint unmittelbar immer eine secundäre Depression zu sein, welche sich in den Vorlanden der Alpen und den Föhnthälern bildet.

Dieses zweite Resultat ist höchst wahrscheinlich, um es zur Gewissheit zu erheben, bedarf es noch weiterer, auf grösserem Materiale fussender Untersuchungen über die Luftdruckvertheilung in den Alpen und Vorlanden derselben bei Föhn nach dem Vorgange von Billwiller.

3. Der Grund, warum bei Luftdruckvertheilungen, die ganz jenen gleich sind, bei welchen anderemale Föhn ging, kein Föhn auftritt, könnte muthmasslicherweise darin liegen, dass Föhn erst sich einstellen kann, wenn die Möglichkeit der Bildung einer secundären Depression vorliegt und diese sich auch bildet, in den erwähnten Fällen es zu dieser Bildung aber nicht kam.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Dieses ist kein Resultat, sondern nur eine nicht ganz grundlose Vermuthung.

Ich schliesse mit einigen Bemerkungen über frühere Ansichten bezüglich der Ursachen des Föhns. Durch die oben citirte Abhandlung Billwiller's über den Föhn vom 13. Jänner 1895 wurde ich auf eine Arbeit von F. F. Hébert aufmerksam, die ich aber im Original nicht nachsehen kann. Es wird dies auch nicht nöthig sein, da Billwiller darüber in der Zeitschrift für Meteorologie, Bd. 13, referirte. Hébert's Arbeit findet sich im Atlas météorologique de françe, tome VIII, 1876. Dass seine Auffassung des Föhns falsch ist, geht schon daraus hervor, dass er »in ganz unmotivirter Weise die Hann'sche Theorie verwirft«. Er hält den Föhn und den Scirocco für dasselbe und steht bezüglich der Cyclonentheorie auf dem Standpunkte Faye's, indem er annimmt, dass in den von oben herab sich bildenden Wirbeln die Luft von oben nach unten gerissen wird. So soll auch der Föhn stets durch kleine derartige »partielle« Wirbel erzeugt werden, die durch den »Anprall der grossen Cyclonen an den bis 4000 *m* hohen Gebirgsmassen« sich bilden. Es ist nun sicher unrichtig, dass in den »partiellen Wirbeln« die Luft von oben nach unten geführt wird; aus meinen Untersuchungen geht auch deutlich hervor, dass auch ohne den »Anprall der grossen Cyclonen« an die Alpen Föhn auftritt, aber darin dürfte etwas Wahres liegen, dass jeder Föhn einem »partiellen Wirbel« zu verdanken sei, wenn man darunter eine secundäre Depression versteht. Freilich ist das nicht der Sinn, den Faye und mit ihm Hébert mit dem Ausdrucke »partielle Wirbel« verbindet, was ich als bekannt annehmen kann. Und so bleibt eigentlich nichts in Hébert's Föhntheorie richtig.

Billwiller bemerkte, über Hébert's Arbeit referirend (Zeitschrift für Meteorologie, XIII. Bd., S. 319): »Die geheimnissvolle Kraft, welche diese herabsteigende Bewegung der Luft veranlasst, ist nichts Anderes als die Aspiration eines in grösserer oder geringerer Entfernung vorüberziehenden barometrischen Minimums, in welchem bekanntlich die Luft von allen Seiten her in Spirallinien dem Centrum zuströmt«.

Auf Billwiller's eben genannte Auffassung beruft sich Bosshard (»Über Herkunft und Entstehung der Föhnstürme.«

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Jahresbericht der naturf. Gesellschaft Graubündens, 1893/1894, 37. Bd., S. 101) und gibt drei von Billwiller ihm ausgewählte Beispiele von Wetterkarten bei, welche als typische bezeichnet sind. Wir würden die drei, allerdings typischen Fälle, als Beispiele für 4*b*, 7*b* und 5*b* anführen können.

Hann's Ansicht habe ich eingangs wiedergegeben. Es sei jedoch hinzugefügt, dass Hann schon 1882 in seiner bekannten Abhandlung über den Föhn in Bludenz schrieb: »Das stossweise Auftreten und zeitweilige Aufhören des Föhns hängt mit dem Vorübergange von secundären Depressionen zusammen«.

Auch Billwiller kommt in seiner letzten Abhandlung über den Föhn vom 13. Jänner 1895 meiner Auffassung nahe. Er sagt zwar (Meteorologische Zeitschrift, 1895, S. 206): »Der Föhn, d. h. der durch sein Auftreten entstehende Temperaturgradient, ist also die Ursache der Bildung der Theildepression und nicht umgekehrt«, und weiter: »Ich bemerke, dass es durchaus nicht in jedem Falle von Föhn zur Bildung von Theildepressionen kommt«; er schliesst aber seine äusserst werthvolle Abhandlung folgendermassen: »Es dürfte angezeigt erscheinen, noch speciell der in den inneren Alpenthälern bei Föhn öfters auftretenden localen Luftdruckminima zu erwähnen.. Es liegt nahe, zur Erklärung derselben auf die von Wild seinerzeit angenommene Saugwirkung der über die Alpenkämme streichenden Luftströmung hinzuweisen. Indessen resultiren diese localen Druckdifferenzen zum grossen Theil aus dem starken Temperaturgradienten, der an der unteren Thalmündung sich einstellt und der an der Erdoberfläche am grössten ist, mit der Höhe aber meist ziemlich rasch abnimmt. .Ein Theil der localen Druckgradienten muss allerdings dynamischer Wirkung zugeschrieben werden.«

Ich glaube nicht, dass die angeführte Saugwirkung als Ursache der secundären localen Depressionen bei Föhn sich ergeben wird; ich denke bei diesem Zweifel besonders an die Föhne bei 9*c*-Lagen und wohl auch bei allen *c*-Lagen. Vielleicht ist eine solche Saugwirkung überhaupt nicht vorhanden, als eine Unmöglichkeit möchte ich sie aber nicht hinstellen. Die endgiltige Lösung aller dieser Fragen wird sich aber nur

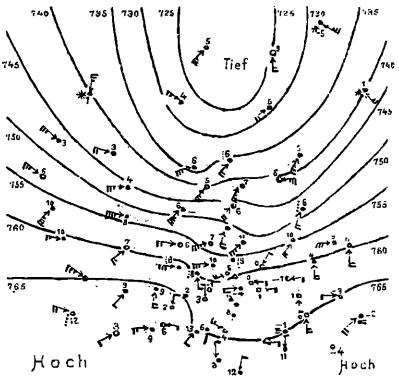
©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

durch eine grosse Arbeit erzielen lassen, welche nach dem mustergiltigen Vorgange Billwiller's in der oben citirten Abhandlung die Luftdruckvertheilung im Föhngebiete und dem Alpenvorlande bei vielen Föhnen aller in der vorliegenden Arbeit aufgestellten Gruppen von Föhnlagen zur Darstellung bringt.

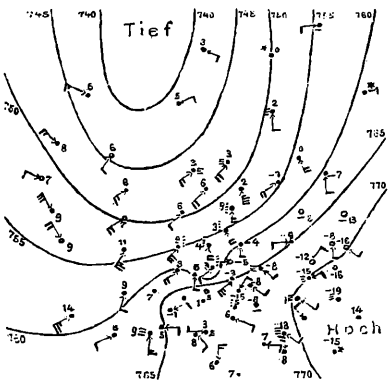
Meteorologisches Observatorium der k. k. Universität
in Innsbruck. 14. Jänner 1896.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

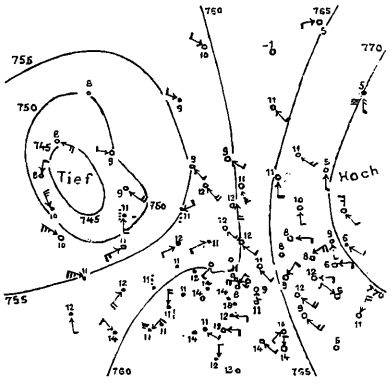
J. Pernter: Luftdruckvertheilung bei Föhn.



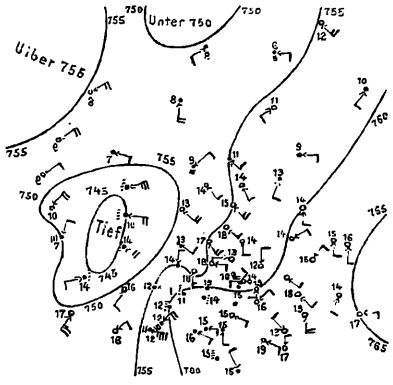
2 b Wetterkarte vom 11. December 1891.



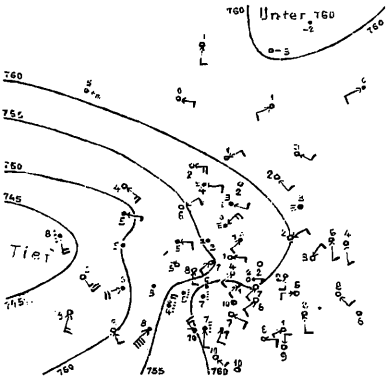
3 b Wetterkarte vom 18. Jänner 1894.



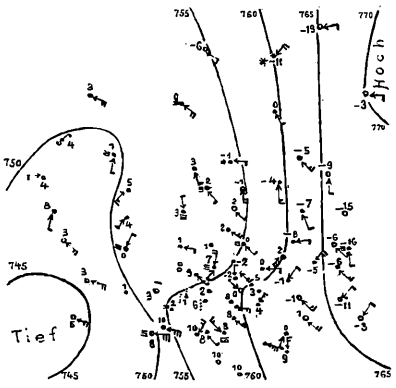
4 b Wetterkarte vom 16. April 1894.



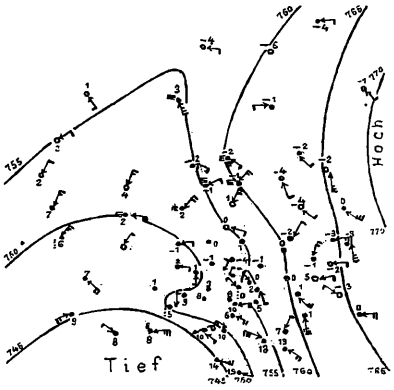
5 b Wetterkarte vom 21. Mai 1891.



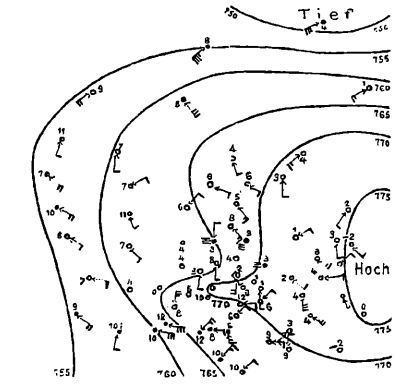
6 b Wetterkarte vom 17. März 1891.



7 b Wetterkarte vom 11. März 1895.



8 b Wetterkarte vom 12. März 1895.



9 b Wetterkarte vom 30. März 1894.

Autor del. Lith. Haufler. Schmutterer & Co.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1896

Band/Volume: 105_2a

Autor(en)/Author(s): Pernter Josef Maria

Artikel/Article: Die allgemeine Luftdruckvertheilung und die Gradienten bei Föhn 117-137