

Lokale Winde im Gebiet der Baye de Montreux.

Eine klimatologische Studie aus dem Forschungsbezirk
«Station scientifique de la Baye de Montreux»
des Institutes für Gewässerkunde der
Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich.

Von

HEINRICH GUTERSOHN.

(Mit 18 Abbildungen im Text.)

(Als Manuskript eingegangen am 14. Februar 1938.)

I. Einführung.

Das mathematische Klima erfährt durch die lokale Gestalt der Erdoberfläche wesentliche Umwandlungen. Diese sind um so tiefgreifender, je grösser die Reliefenergie ist. Gebirgszüge legen sich regnenden Driften als Hindernisse in den Weg und beeinflussen die Niederschlagsbildung, Seen und Talhänge ändern je nach Exposition die örtlichen Wärmeverhältnisse und erzeugen Konvektionsströmungen, streichende Luftkörper erleiden in den bodennahen Schichten Veränderungen zu lokalen Zirkulationsströmungen. So gestaltet der geographische Raum das Grossklima zum individuellen, für jeden Bezirk charakteristischen Klima um.

Monats- und Jahresmittelwerte vermögen die klimatischen Eigenheiten nicht erschöpfend zu beschreiben. Es sind vielmehr die Reaktionen der Landschaft auf einzelne Wettertypen, welche sich den mittleren Zuständen überlagern, geographisch interessant. Jedes Gebiet reagiert in besonderer Weise auf polare, maritime, kontinentale Luftmassen. Diese Besonderheiten aufzudecken und zu beschreiben und ihre Gesamtwirkungen auf die betrachteten Erdräume festzulegen, ist das Ziel der klimatologischen Betrachtung.

tung¹⁾. Damit es erreicht werde, sind die einzelnen meteorologischen Elemente in ihrem **Zusammensein** zu untersuchen, denn nur die Synthese aller Gegebenheiten genügt den Anforderungen der Landschaftsbeschreibung. Von allen diesen Elementen ist der Wind in erster Linie massgebend. Von ihm hängen Bewölkung, Feuchtigkeit und Temperatur in weitgehendem Masse ab. Ihn deshalb eingehender zu betrachten, ist eine verständliche Forderung; in zweiter Linie folgen die weiteren Klimafaktoren.

Der Untersuchung lokaler Klimate stellt sich indessen fast ausnahmslos ein gewichtiges Hindernis entgegen: der Mangel meteorologischer Stationen in genügender Zahl. Immer deutlicher zeigt sich, dass ein möglichst enges Netz von Beobachtungspunkten unerlässliche Voraussetzung für eingehende Betrachtungen sind. Mangeln sie, so fehlt allen Erörterungen der notwendige solide Unterbau, Vermutungen müssen über fehlende Tatsachen hinweghelfen, die Ergebnisse bleiben fragwürdig. Das Forschungsgebiet der «Station scientifique de la Baye de Montreux» darf als sehr gut ausgerüstet bezeichnet werden. Es gibt wohl selten Arbeitsbezirke, die ein Stationsnetz von solcher Dichte aufzuweisen haben. Auf einer Fläche von 13,8 km² sind aufgestellt: 4 meteorologische Stationen 1. Ordnung mit Ombrographen (dazu 2 von der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt betriebene in der nächsten Umgebung); 2 meteorologische Stationen 2. Ordnung; 83 Regennessapparate; ein ganzes System von Wassermessstationen 1. Klasse, ausgerüstet mit Linnigraphen, zur Messung von Quellerträgen; 3 Wassermessstationen erster Ordnung mit Linnigraphen; 4 Verdunstungsmesser; 1 Anemograph; 1 Anemometer; 1 Einrichtung zur Messung von Boden-, Luft- und Schneetemperaturen; 1 photometrische Station; 1 Aktinograph. Die Messungen verfolgen in erster Linie den Zweck, den Einfluss der Aufforstung auf den Wasserhaushalt festzustellen, doch sollen die Beobachtungen noch eine Reihe weiterer Ergebnisse zeitigen. Alles Nähere über das reichhaltige Arbeitsprogramm ist ersichtlich aus dem eingehenden Aufsatz des Initianten und Direktors der Forschungen, Herrn Dr. h. c. O. LÜTSCHG, Vorsteher des Instituts für Gewässerkunde der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich²⁾. Eine weitere Würdigung der Untersuchungen entstammt der Feder von M. PARDÉ³⁾.

¹⁾ Nr. 13, S. 345; 15, S. 87—93; 19, S. 2—5. Die Nummernhinweise beziehen sich auf das Schriftenverzeichnis am Schluss.

²⁾ Nr. 23.

³⁾ Nr. 26.

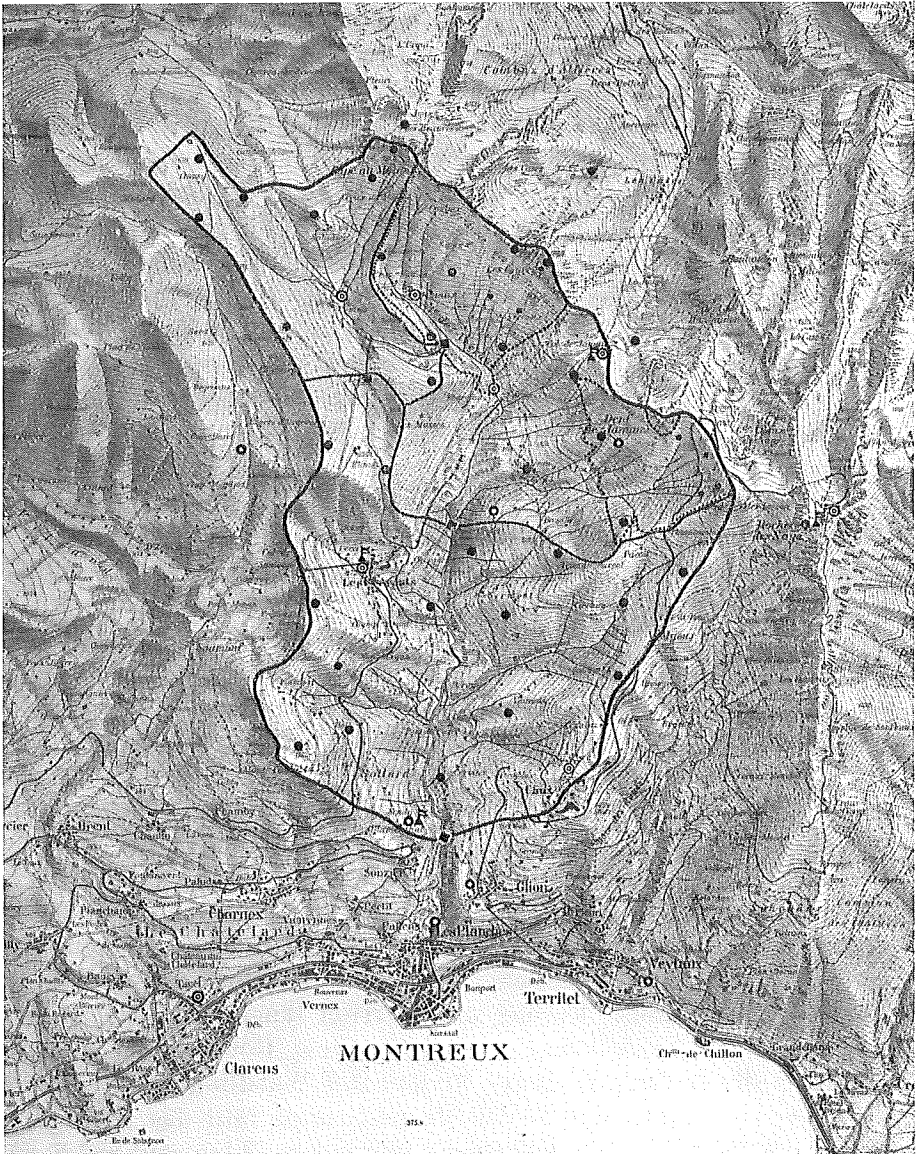
Die Messungen setzten zur Hauptsache ein am 1. September 1931. Die seither verstrichene Beobachtungszeit ist noch zu kurz, als dass völlig einwandfreie Resultate bereits erhältlich wären. Wir glauben aber, dass insbesondere die Aufzeichnungen über den Wind zu einer Zusammenfassung berechtigen. Die übrigen meteorologischen Elemente sind selbstverständlich ebenfalls berücksichtigt, soweit sie mit den diskutierten Winden in direkter Beziehung stehen, woraus sich ein erster klimatologischer Überblick ergibt. Spätere Studien werden sich mit weiteren Elementen zu befassen haben, so dass sich schlussendlich die erschöpfende klimatologische Synthese erarbeiten lässt. Unsere Untersuchungen liegen die sämtlichen Aufzeichnungen von 6 hydrologischen Jahren zugrunde, nämlich der Zeit vom 1. Oktober 1931 bis 30. September 1937; dazu treten noch einige Einzelbeobachtungen vom Oktober 1937.

Das Forschungsgebiet der Baye de Montreux gehört zu einer landschaftlich und klimatisch bevorzugten Gegend der Schweiz. Es öffnet sich zum Nordostufer des Genfersees und zählt zu den Voralpen. Der Seespiegel liegt 372 m ü. M.⁴⁾ Die Wassertemperatur ist durchschnittlich recht hoch; noch nie, soweit Chroniken berichten, fror der See zu⁵⁾. Steil streben die Uferhänge zwischen Lausanne und Villeneuve in die Höhe. Beidseits der Mündung der Baye, bei Vernex und Territet, misst die Böschung, die flacheren Uferpartien nicht eingerechnet, rund 50 %. Geschützt durch die Bergzüge der Voralpen und kräftig bestrahlt von der Sonne, ziehen sich Weingärten, von kunstvoll angelegten Stützmauern durchkreuzt, die Talflanken aufwärts. Bekannt sind die vielen exotischen Gewächse wie Strand- und Aleppokiefer, Zeder, Zypresse, die Kastanienwälder von Montreux-Clarens und viele weitere Vertreter subtropischer Regionen. Am Seeufer sind die kleinen Orte Clarens, Vernex und Territet längst mit dem weltbekannten Montreux eins geworden. Viele Hotelbauten unterstreichen die Bedeutung dieser Riviera des Waadtlandes.

Von den Höhen der Sarine-Simme-Gruppe fällt das Einzugsgebiet der Baye sw-wärts auf einer Linie von ca. 8 km steil auf das Delta von Montreux ab. Die umliegenden Gipfel überragen den See beträchtlich: Rochers de Naye 2042 m, Dent de Jaman 1875 m, Verraux-Kette mit Cape au Moine 1942 m, Mont Cubly 1189 m. Karte und Bild geben weitere Einzelheiten (Abb. 1, 2). Das Gebiet zählt zu den waadtländischen Préalpes und ist zur Hauptsache aus

⁴⁾ Sämtliche Höhenangaben beziehen sich auf Pierre du Niton 373,6 m.

⁵⁾ Nr. 8, II. S. 307—335.



Klischee aus Lit. Nr. 23

Abb. 1. Maßstab 1 : 60,000.

jurassischem Gestein gefügt⁶⁾). Schiefer und Mergel, dazu glaziale Ablagerungen sind reich vertreten. Material und Gefälle begünstigen bei kräftigen Niederschlägen die Erosion aussergewöhnlich

⁶⁾ Nr. 11.

stark. Die Verwüstungen der Baye vom 2. August 1927⁷⁾ gaben Anlass zur Aufforstung der Hänge an der Verraux-Kette und in diesem Zusammenhang zu den auf breitester Basis unternommenen Forschungen der Station scientifique de la Baye de Montreux. Die Talschaft ist recht gut durch Strassen und durch die elektrische Schmalspurbahn Montreux-Bernerobersland erschlossen.

Von F. A. FOREL erschien 1892 eine grossangelegte limnologische Monographie über den Genfersee und seine Uferlandschaften⁸⁾. Das überaus reichhaltige Werk ist heute noch grundlegend; wir werden mehrfach darauf hinzuweisen und auf jenen Ergebnissen weiterzubauen haben.

Folgendes Material wurde für die Untersuchungen verwendet:

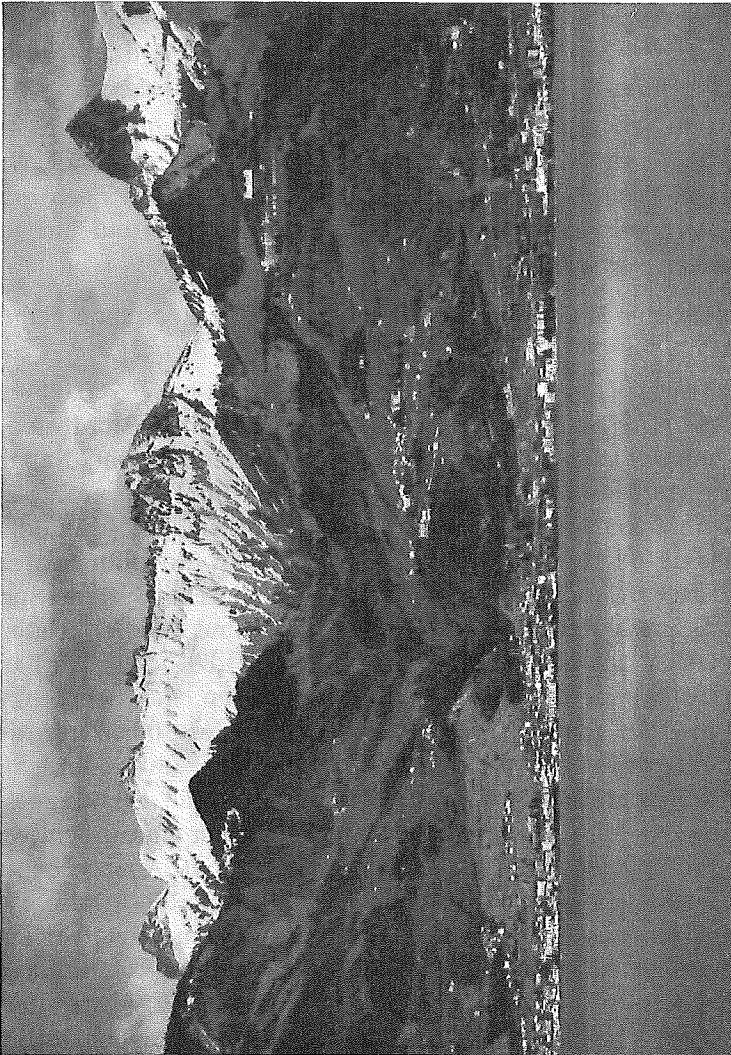
a) Anemograph in Sonzier. Der Apparat ist bei P 705.0 Sonzier aufgestellt. Die Station liegt völlig frei 300 m über Montreux, auf einem nahezu horizontalen Sporn zwischen Haupt- und Nebental. Die Entfernungen messen bis Mt. Cubly 1,5 bis Cape au Moine 6, bis Col de Jaman und Rochers de Naye je 4 km. Bis hinunter auf die Talsohle der Gorges du Chauderon beträgt die Höhendifferenz 150 m. Der Anemograph registriert elektrisch (System Spring-Fuess). Sein Geber besteht aus Windfahne und Schalenkreuz und befindet sich auf dem horizontalen Dach (11,30 × 6,30 m) eines Wasserreservoirs, 3,50 m über dem Erdboden, das Schalenkreuz in 2,70 m Höhe darüber. In einem Vorraum des 100 m nördlicher gelegenen Kraftwerkes ist der Registrierapparat untergebracht. Er besitzt 5 Schreibarme. Vier davon zeichnen die Stellungen der Windfahne in den vier Hauptrichtungen durch kurze senkrechte Striche auf. Zwischenrichtungen werden durch Ansprechen der benachbarten Hauptstellungen markiert. Durch die fünfte Feder wird die Windgeschwindigkeit in einer schräg aufwärts verlaufenden, gebrochenen Linie dargestellt. Die Zeichnung kommt dadurch zustande, dass die Schreibfeder nach je 500 m Windweg um ein kleines Stück gehoben wird; nach 25 000 m Windweg fällt der Schreibarm in die Ausgangsstellung zurück. Der Registrierstreifen mit Zeiteinteilung liegt auf einer Trommel, welche sich im Tag einmal um ihre Achse dreht (s. Abb. 9). Ca. 7.00 Uhr wird täglich ein neuer Streifen aufgespannt. Der Apparat wird mit vollem Verständnis und grösster Zuverlässigkeit vom Chef des Kraft-

⁷⁾ Nr. 22.

⁸⁾ Nr. 8.

La Dent de Jaman

Les Verraux



Caux

Glion

Territet

Les Avants

Sonzier

Clarens

Photo W. Oliver

Abb. 2. Montreux. Generalansicht des Gebietes der Baye de Montreux.

Kfischee aus Lit. Nr. 23

werkes Mr. JACOB betreut. Die Registrierstreifen der Station Sonzier bilden die wichtigste Grundlage vorliegender Arbeit.

b) Anemometer in Les Avants. Das Dorf nimmt eine Terrasse am rechten Talhang 200 m über der Baye ein. Das Instrument steht beim Schulhaus, 20 m w der Talstation der Seilbahn Les Avants-Sonloup, 983 m. Mit dem Schalenkreuz, 2 m über dem Erdboden, ist ein Zählwerk gekoppelt, welches feststellen lässt, wieviele km Windweg passiert haben. Täglich wird die Zähltrommel dreimal abgelesen. Über die Windrichtung gibt der Apparat keinen Aufschluss. Der Windmesser ist Bestandteil einer meteorologischen Station 1. Ordnung. Unter anderem sind hier noch aufgestellt ein Photometer (Eder-Hecht), welches die totale Sonnenenergie eines Tages photochemisch aufzeichnet, ein Sonnenscheinautograph, ein Aktinograph (Fuess-Robitsch) zur Messung der direkten Sonnenstrahlung und der diffusen Strahlung des Himmelsgewölbes. Mr. TSCHUMI, Lehrer, ist ein Beobachter von seltener Zuverlässigkeit.

c) Meteorologische Stationen: Jor 1103 m, Caux 1084 m, Col de Jaman 1521 m, Rochers de Naye 1973 m, Montreux-Clarens 412 m. Die letzteren beiden sind Stationen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt. Ihre Beobachtungen sind zum Teil im Wetterbulletin, im übrigen in den Originalaufzeichnungen der Anstalt in Zürich enthalten. Rochers de Naye ist wertvoll als Höhenstation. Leider ist die Windfahne beim Hotel durch die westlich davor sich erhebende Gipfelpartie nicht völlig frei gelegen, was bei der Interpretation der Aufzeichnungen zu berücksichtigen ist. Montreux-Clarens registriert die Verhältnisse wenig über dem Seeufer, etwas abseits der Talöffnung der Baye. Kleinere Stationen befinden sich in Les Pontets 1366 m und Béviaux 1354 m; hier wird der Wind indessen nur einmal wöchentlich aufgezeichnet. In Jor geschieht die Bestimmung der Windrichtung mit Windfahne 7 m über dem Erdboden, die der Kraft mit Stärketafel WILD (4 Grade); die übrigen Stationen, mit Ausnahme von Sonzier und Les Avants, schätzen die Windstärke nach 6teiliger Beaufortskala.

d) Berichte der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt. Die täglichen Wetterberichte mit synoptischem Kärtchen und Kommentar geben Auskunft über die Wetterlage um 7.30 Uhr, zum Teil auch für 13.30 und 19.00 Uhr. Von etwas über 30 Stationen der Schweiz sind die üblichen Angaben über Temperatur, Wind, Luftdruck, Witterung und Niederschlag aufgeführt. Die Annalen⁹⁾ enthalten wertvolle Monats- und Jahreszusammenstellungen, ins-

⁹⁾ Nr. 1.

besondere auch stündliche Windstärken und Windrichtungen der Bergstation Säntis 2500 m, welche über die allgemeinen Windverhältnisse des Alpennordfusses orientieren.

e) Transportables Anemometer (System Fuess). Mit diesem Instrument wurden zahlreiche Kontroll-, aber auch weitere Messungen an den verschiedensten Punkten der Talschaft ausgeführt. Der Apparat entspricht im Prinzip dem oben beschriebenen Anemometer. Es handelt sich um ein Hand- und Reiseinstrument mit ein- und ausschaltbarem Zählwerk, bis 10 000 m Windweg fortlaufend messend. Windfahne und Schalenkreuz sind an einer 3 m hohen Stange befestigt. Ein Kompass sichert die Windrichtung, mit Schnüren kann das Zählwerk betätigt werden, gewöhnlich zu Beginn und am Ende von Zeitabschnitten verschiedener Dauer (2—10 Minuten) an Hand einer Stoppuhr. Kontrollversuche mit dem Anemometer von Les Avants und mit dem Anemographen von Sonzier ergaben stets Übereinstimmung.

f) Beobachtungen. Möglichkeiten, die lokalen Windströmungen im Gebiet der Baye zu beobachten, sind zur Genüge vorhanden. Der Rauch zahlreicher Kamine und Waldfeuer, aber besonders auch der mit Dampf betriebenen Bergbahn Glion-Rochers de Naye liefern ausgezeichnete Anhaltspunkte für die Richtungen der Luftzirkulation. Bei schlechtem Wetter folgen Nebelfetzen den Strömungen. Von uns entfachte qualmende Feuer bestätigten ebenfalls manches, aus den Aufzeichnungen der Apparate gewonnene Resultat.

1. Teil. Brisen.

II. Allgemeines.

Die weitaus häufigsten Winde des Seeufers und der Uferhänge sind die Brisen. Bei ruhiger Wetterlage entwickeln sie sich täglich fast ausnahmslos. Sie haben eine klare Periode: tagsüber streichen sie vom See her ufer- und hangaufwärts, nachts in umgekehrter Richtung. Nach FOREL¹⁰⁾ sind sie auf der waadtländischen Seite des Sees am besten zwischen Ouchy und Rolle, ganz besonders im Golf von Morges zwischen St. Sulpice und St. Prex ausgebildet. Die Landbrise ist — immer nach FOREL — auch in andern Partien des Seeufers spürbar, so in der Grande Conche, der grossen Bucht des Südufers zwischen Drance-Mündung und Yvoire, weiter auf der grossen Rhoneebene und im Golf von Cully. FOREL weist auch dar-

¹⁰⁾ Nr. 8, I. S. 302—309.

auf hin, dass die Voraussetzungen zur Entstehung von Berg-Tal-Winden in gewissen Abschnitten der Uferzone gegeben sind, wie an den Hängen von La Vaux zwischen Lausanne und Vevey und weiter über Montreux, ebenfalls auf dem savoyischen Ufer bis in die Gegend von Thonon. Diese Brisen sind eine allgemeine Erscheinung zahlreicher Ufer- und Berglandschaften der Schweiz und der ganzen Erdoberfläche¹¹⁾).

Dass auch in Montreux und seinen Uferhängen diese Lokalwinde tatsächlich eine häufige Erscheinung sind, zeigt schon eine erste vergleichende Betrachtung der Aufzeichnungen von Rochers de Naye und Montreux-Clarens nach den alljährlich erscheinenden tabellarischen Zusammenstellungen¹²⁾. Darnach ergibt sich für diese beiden Stationen bei täglich dreimaliger Beobachtung folgende Windverteilung in Prozenten (1931—35):

| | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW | Calmen |
|------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|--------|
| Rochers de Naye | 8,7 | 8,0 | 1,4 | 5,7 | 13,3 | 20,9 | 6,0 | 2,1 | 33,9 |
| Montreux-Clarens | 0,9 | 5,1 | 0,7 | 2,1 | 1,6 | 4,0 | 3,6 | 1,4 | 80,6 |

Rochers de Naye, die Hochstation, hat ungefähr die normale Windverteilung des Landes¹³⁾. Die Winde aus dem SW-Quadranten dominieren. Häufig ist auch die Bise, für die Westschweiz nächst dem SW der bedeutendste Wind. Anders in Montreux-Clarens: Hier ist vor allem die hohe Zahl der Calmen auffallend. Dass der Ort durch die besondere Gestaltung des Reliefs Windschutz genießt, ist unschwer zu erkennen. Doch kann dieser Schutz nicht wirksam sein für die Strömungen aus SW; weshalb denn ihr Zurücktreten in diesem Ausmass? Am häufigsten sind die NE-Winde, also gerade jene, welche durch die Uferhänge am besten abgeschirmt sein sollten. Hier muss ein neuer Faktor massgebenden Einfluss haben, nämlich die Brisen, welche senkrecht zur Uferlinie aus SW und NE kommen.

In den täglichen Wetterberichten der Schweiz. Meteorologischen Zentralanstalt kommen diese Verhältnisse aber noch deutlicher zum Ausdruck. Für den Morgentermin 7.30 Uhr ist dort die Stellung der Windfahnen auch bei Calmen vermerkt; sie wird aber leider nicht in die unveröffentlichten Originalaufzeichnungen aufgenommen, auch nicht für die beiden andern Termine, die im Wetterbericht grösstenteils unberücksichtigt bleiben. Es zeigt sich nun, dass vor

¹¹⁾ Nr. 10, I. S. 297; Nr. 14, S. 444—548.

¹²⁾ Nr. 1.

¹³⁾ Nr. 25.

allem in Montreux-Clarens, oft aber auch auf Rochers de Naye die Wetterfahne bei der Morgenablesung bei den zahlreichen Windstillen fast ausnahmslos auf NE steht! Ohne Ausscheidung der Calmen ergibt sich damit die in Tabelle 1 aufgeführte, und auch in Abb. 3 verwertete Häufigkeit der Windrichtungen.

Tabelle 1.

Windrichtungen in %, 7.30 Uhr (1. X. 1931 bis 30. IX. 1937).

a) Rochers de Naye:

| Monat | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
|-------|------|------|-----|------|------|------|------|-----|
| I | 21,0 | 13,6 | 1,0 | 6,5 | 16,7 | 33,7 | 1,0 | 6,5 |
| II | 22,6 | 13,1 | 0,6 | 4,2 | 20,8 | 35,4 | 1,2 | 2,1 |
| III | 16,7 | 15,6 | 1,0 | 4,3 | 19,9 | 38,1 | 2,2 | 2,2 |
| IV | 11,1 | 12,8 | 0,6 | 5,0 | 30,0 | 32,2 | 5,0 | 3,3 |
| V | 9,7 | 22,1 | 3,8 | 17,7 | 18,3 | 23,1 | 1,0 | 4,3 |
| VI | 5,6 | 20,6 | 6,1 | 17,8 | 12,7 | 28,3 | 6,1 | 2,8 |
| VII | 7,5 | 14,4 | 5,3 | 11,2 | 12,9 | 38,7 | 7,3 | 2,7 |
| VIII | 3,2 | 21,4 | 8,0 | 9,1 | 8,5 | 36,5 | 10,7 | 2,6 |
| IX | 4,4 | 16,7 | 3,9 | 10,6 | 7,8 | 36,6 | 16,0 | 4,0 |
| X | 6,5 | 25,3 | 3,2 | 10,8 | 16,2 | 30,7 | 5,1 | 2,2 |
| XI | 11,1 | 17,2 | 6,7 | 8,9 | 23,3 | 28,9 | 1,7 | 2,2 |
| XII | 18,3 | 11,3 | 3,2 | 9,6 | 24,3 | 27,4 | 1,6 | 4,3 |
| Jahr | 11,5 | 16,9 | 3,5 | 9,6 | 17,3 | 32,9 | 4,7 | 3,6 |

b) Montreux-Clarens:

| Monat | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
|-------|------|------|------|------|-----|------|-----|-----|
| I | 16,7 | 39,8 | 10,2 | 9,7 | 4,3 | 9,6 | 5,4 | 4,3 |
| II | 19,6 | 49,5 | 6,5 | 6,0 | 4,2 | 4,6 | 3,6 | 6,0 |
| III | 21,5 | 40,9 | 9,7 | 10,2 | 4,3 | 4,8 | 3,2 | 5,4 |
| IV | 21,7 | 38,9 | 8,3 | 3,3 | 6,1 | 7,8 | 7,2 | 6,7 |
| V | 12,4 | 32,8 | 8,6 | 15,6 | 5,9 | 14,0 | 5,9 | 4,8 |
| VI | 16,1 | 33,9 | 7,8 | 12,8 | 8,3 | 12,8 | 3,9 | 4,4 |
| VII | 14,0 | 45,1 | 5,9 | 9,7 | 8,6 | 6,9 | 4,9 | 4,9 |
| VIII | 21,0 | 49,5 | 7,0 | 11,3 | 4,3 | 2,7 | 1,0 | 3,2 |
| IX | 24,4 | 49,4 | 6,7 | 5,0 | 2,8 | 2,7 | 2,1 | 6,9 |
| X | 24,7 | 47,3 | 9,1 | 6,5 | 2,2 | 3,2 | 2,7 | 4,3 |
| XI | 14,4 | 52,2 | 5,7 | 7,2 | 4,4 | 7,2 | 3,9 | 5,0 |
| XII | 15,6 | 48,8 | 8,6 | 12,4 | 2,2 | 7,6 | 1,6 | 3,2 |
| Jahr | 18,8 | 44,3 | 7,9 | 9,3 | 4,9 | 6,2 | 3,8 | 4,8 |

Für Rochers de Naye bleibt sich die Verteilung auch bei dieser Zusammenstellung in grossen Zügen gleich. In allen Monaten überwiegt die SW-Strömung. Auch S-Winde sind stark vertreten; am wenigsten zahlreich sind sie im Sommer. Der häufige Föhn, mit seinem maximalen Vorkommen im Frühling und Herbst, übt hier

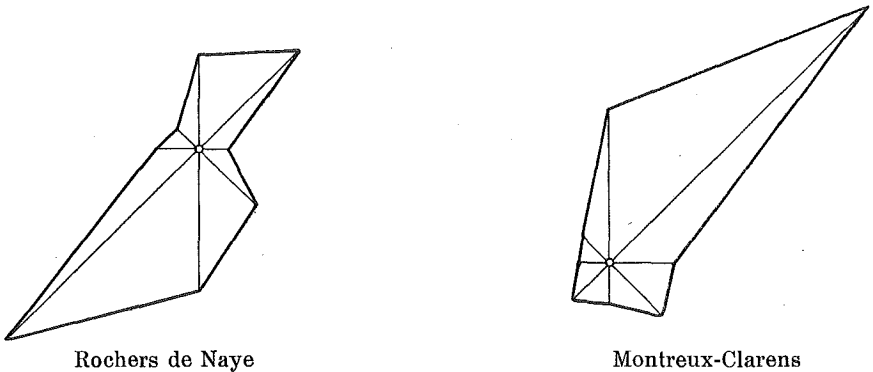


Abb. 3. Windhäufigkeit.

einen starken Einfluss aus. Aber auch N- und NE-Winde spielen eine gewichtige Rolle. Reine Nordwinde sind besonders häufig in den Monaten November bis Februar. Sie haben eine Zone tiefen Druckes über Norditalien als Ursache, eine Voraussetzung, welche bekanntlich gerade in diesen Monaten am häufigsten erfüllt ist.

Von besonderer Eigenart ist aber die Windrose von Montreux-Clarens. Die lokalen Brisen gestalten sie vollends. Winde aus dem SW-Quadranten sind nur ganz untergeordnet, der NE überwiegt beim Morgentermin weitaus, und zwar gilt dies für alle Monate. Die Windfahne steht zu dieser Tageszeit noch in der Richtung des Nachtwindes, wenn dieser selbst auch mit Ausnahme der Wintermonate bereits aufgehört hat. Aus diesem Grunde auch die zahlreichen Calmen zur Zeit der Morgenbeobachtung. Es wird später näher darauf hingewiesen werden, dass im Juni und Juli der Tagwind ca. 7.35 Uhr, während den übrigen Monaten später einsetzt. Die schwächste Vertretung der NE-Richtung in den Monaten Mai und Juni wird damit verständlich, da sich die Windfahne in der im übrigen meist ruhigen Pause zwischen Nacht- und Tagbrise oft schon auf die letztere umgestellt hat. Dementsprechend ist auch die Häufigkeit des SW, d. h. des Tagwindes, in diesen Monaten grösser. Dass trotzdem im Juli/August der NE schon wieder deutlicher dominiert, ist wohl damit zu begründen, dass im Hochsommer die Brisen überhaupt ihre maximale Häufigkeit erzielen, was ebenfalls noch näher auszuführen sein wird.

Auch die übrigen Stationen unseres Gebietes unterliegen dem Lokalregime der Brisen. Die weitaus beste Auskunft darüber geben die Aufzeichnungen der automatischen Station Sonzier. Auf den Anemogrammen sind Richtung, Dauer und Stärke mit grösster Ge-

naugigkeit registriert, Auswertung ist in verschiedenster Hinsicht möglich. Nachts weht die Luft andauernd aus NNE, tagsüber ist die Richtung entgegengesetzt, die Brise kommt aus SSW. Diese leichte Richtungsänderung gegenüber Montreux-Clarens ist durch die besondere Lage von Sonzier bedingt. Zwei Komponenten spielen zusammen: einmal das Fallen des Ufergeländes zum See von NE nach SW, sodann senkrecht dazu die Neigung des Hanges hinunter zum Talweg der Baye von NW nach SE. Ein leichtes Überwiegen des Einflusses des Haupttales ergibt als Resultierende die Brisenrichtungen NNE für die Nacht und SSW für den Tag.

Die Häufigkeit der Brisen war an Hand der Anemogramme von Sonzier leicht feststellbar. Wir haben vorerst alle Tage notiert, an denen überhaupt Tag- und Nachtwinde auftraten. Da sich jahreszeitliche Unterschiede ergaben, sind die Registrierungen nach Monaten zusammengefasst. Folgende Zahlen geben das Vorkommen der Brisen in Prozent der Tage je Monat (1. X. 31 bis 30. IX. 37):

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| 57,0 | 67,6 | 69,4 | 76,7 | 80,7 | 83,9 | 83,3 | 86,0 | 81,1 | 65,7 | 60,0 | 47,3 % |

KOPFMÜLLER untersuchte die Häufigkeit der Land- und Seewinde am Bodensee bei Friedrichshafen¹⁴⁾. Er fand sie am schwächsten vertreten im Februar mit 24,4 % der Tage, am stärksten aber im August mit 48,0 %. Die Brisen sind also in Sonzier häufiger, ja ihre Häufigkeit ist erstaunlich. Nur 4—5 Augusttage haben im Mittel keine periodischen Tageswinde! In diesen Zusammenfassungen sind indessen sämtliche Tage aufgenommen, an denen überhaupt die beiden Winde vorkamen. So sind Tage mitgezählt, an denen sie zu früh oder verspätet eintraten, oder wo der Übergang unsicher, mehrfach unterbrochen war, derart, dass sich die beiden Richtungen zeitlich nicht scharf auseinanderhalten lassen. Beschränkt man sich auf jene Vorkommen, bei welchen die beiden Brisen rein und ungestört anhaltend wehen, so ergibt sich immer noch die folgende recht ansehnliche Häufigkeit:

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 12,9 | 22,9 | 27,4 | 22,2 | 29,6 | 29,4 | 36,0 | 39,8 | 33,9 | 21,0 | 15,6 | 8,0 % |

Für das Bodenseeufer fand KOPFMÜLLER unter dieser Einschränkung im Februar 14,2 % im August 29,7 %.

Diese Tage, mit sauber ausgeprägten und rein wechselnden Brisen beider Richtungen sind nahezu ausnahmslos solche mit

¹⁴⁾ Nr. 18, S. 102.

heiterer Witterung. Nicht nur über dem Genfersee ist der Himmel klar, sondern die Grosszahl der übrigen Schweizer Stationen melden hell. Es sind die stabilen, ruhigen Antizyklonallagen, an denen die tägliche Wärmeschwankung gross und keine oder nur schwache Gradientwinde vorhanden sind. Die Windstärken der Stationen Montreux-Clarens und Rochers de Naye sind 0, seltener 1. Unsere Feststellungen decken sich in diesen Punkten mit jenen anderer Autoren.

Die mittlere Sonnenscheindauer beträgt in Montreux in Stunden (1886—1910)¹⁵⁾:

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|----|---------|
| 66 | 93 | 124 | 147 | 175 | 184 | 222 | 223 | 147 | 115 | 67 | 58 Std. |

Am häufigsten sind unsere Brisen im August, d. h. in dem Monat, in welchem die mittlere Sonnenscheindauer am grössten ist; am schwächsten sind sie im Dezember vertreten, das ist der Monat, der auch die geringste Besonnung aufzuweisen hat. Der Zusammenhang mit dem Bestehen von heiterem Strahlungswetter ist damit erneut erwiesen. In keinem Monat fehlen die interdiurnen Wechsel. Oft wird der Ablauf des Luftaustausches durch Schlechtwetterlagen und Gradientwinde gestört oder ganz unterdrückt; aber mit deren Nachlassen und mit dem Aufhellen des Himmels setzen die periodischen Winde sofort wieder ein.

Da der Anemograph die Richtungen sehr klar aufzeichnet, könnte sich eine eventuelle Drehung der Brisen gut nachweisen lassen. Bei Land-See-Winden ist die Drehung mit der Sonne bekannt, und auch in Tälern mit Berg-Tal-Winden ist sie wiederholt nachgewiesen. So müsste z. B. nach den Überlegungen von JELINEK, welche auch von KLAINGUTI übernommen wurden, im Tal der Baye der Tagwind erst aus E, dann aus S und schliesslich aus W kommen¹⁶⁾. Unsere reinen Brisen scheinen indessen dauernd dieselbe Richtung innezuhalten und sie schliesslich direkt, ohne Zwischenstadium zu wechseln. Bei gestörten Brisen allerdings ist gegen deren Ende hie und da eine Drehung festzustellen. So geht der Tagwind wirklich in der letzten halben Stunde hie und da in W über, bevor dann nach einer Calme der Nachtwind aus NNE aufkommt. Es lässt sich aber ebensooft eine Drehung über E nachweisen, ja die letztere scheint sogar zu überwiegen, sofern überhaupt allmähliche Richtungsänderung erfolgt. Doch ist dies noch

¹⁵⁾ Nr. 10, I. S. 265.

¹⁶⁾ Nr. 14, S. 445; Nr. 16, S. 223; Nr. 17, S. 290.

zu wenig belegt. Genaue Beobachtungen der Windfahne haben ausserdem gezeigt, dass sie sich meist nicht mit dem ersten, gewöhnlich sehr schwachen Impuls der Gegenbrise dreht. Erst nach einiger Zeit, wenn der Luftzug etwas kräftiger geworden ist, stellt sie sich richtig ein. Auch aus diesem Grunde kann eine Drehung hier noch nicht als endgültig erwiesen gelten.

Der Raum des oberen Genfersees ist auch der Ursprungsort des Walliser Talwinds. Er weht gegen das Wallis hinein und hat sein Stärkemaximum im Frühling. Seine Ursache liegt in der üblichen Temperaturdifferenz zwischen Tal und Berghang, welche ein Druckgefälle vom See zum inneren Wallis zur Folge hat¹⁷⁾. Wir konnten keine Zusammenhänge oder Abhängigkeiten zwischen Walliser Talwind und den Brisen der Baye finden.

III. Die Tagbrise.

Die ungestörten Tagbrisen setzen vormittags mit grosser Pünktlichkeit ein. Ihr Beginn lässt sich aus den zahlreichen zur Verfügung stehenden Beispielen gut ermitteln. Am besten geschieht dies getrennt für jeden Monat, wozu 15 (Dezember) bis 74 (August) Tagwinde zur Verfügung stehen. Die Streuung ist für den einzelnen Monat relativ klein, ca. ± 15 min. In der Kurve von Abb. 4 ist das Ergebnis dargestellt, ausserdem ist hier der mathematische Sonnenaufgang eingezeichnet, da selbstverständlich zwischen den beiden Erscheinungen Zusammenhänge bestehen. Es zeigt sich, dass der Tagwind im Mittel etwa drei Stunden nach Sonnenaufgang einsetzt, also reichlich verspätet. Der Grund hiefür ist darin zu suchen, dass die Talschaft der Baye de Montreux nur gegen SW offen, in Richtung der aufgehenden Sonne dagegen durch hohe Bergzüge abgeschirmt ist.

Ähnlich wie bei anderer Gelegenheit, berechneten wir auch den Beginn der Besonnung für einzelne Abschnitte unseres Untersuchungsbezirkes¹⁸⁾. Das Ergebnis ist folgendes: Zur Zeit des Frühlings- und Herbstäquinoktiums fallen die ersten Sonnenstrahlen über die Einsattelung des Col de Jaman 1516 m in unsere Talschaft ein; eine halbe Stunde später treffen sie auf die oberen Hänge des Mt. Cubly und seiner nördlichen Fortsetzung, wieder eine Viertelstunde nachher ist bereits Les Avants besonnt. Im Sommer dauert es länger bis die Insolation der Talhänge einsetzt. Über den

¹⁷⁾ Nr. 3.

¹⁸⁾ Nr. 12.

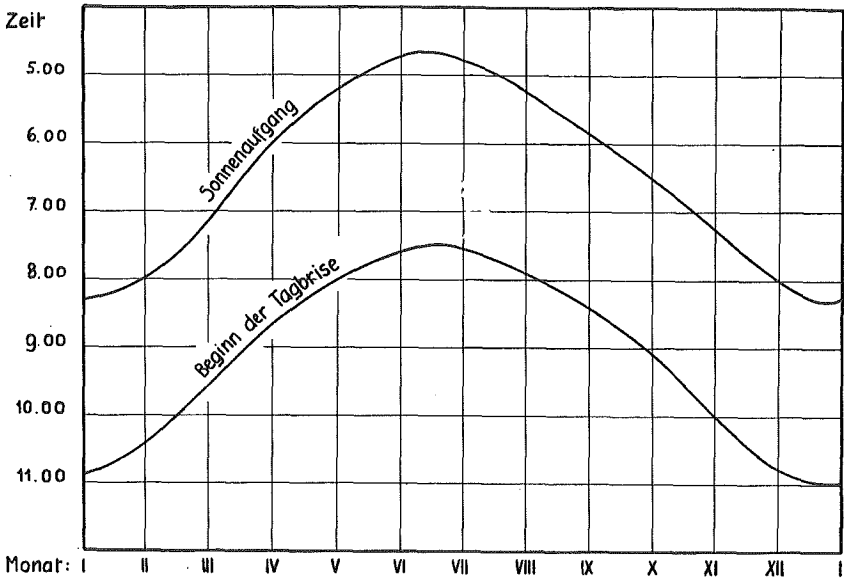


Abb. 4.
Sonnenaufgang (astronomisch) und Beginn der Tagbrise.

Col de Jaman einfallende Strahlen treffen die Talumrahmung nicht, sondern treten frei über den Genfersee hinaus. Erst wenn das Tagesgestirn hinter der Kette der Verraux 1800+ m aufsteigt, beginnt an den oberen Hangpartien die Erwärmung. So vergehen $1\frac{1}{4}$ Stunden bis schliesslich Mt. Cubly und etwas später die waldigen Flanken von Les Mosses beschienen werden. Um die Zeit des kürzesten Tages kommen die ersten Strahlen aus SE über den Kamm der Dent de Hautaudon auf Les Mosses und über den SW-Ausläufer der Rochers de Naye auf Mt. Cubly. Dies geschieht rund eine Stunde nach dem astronomischen Sonnenaufgang. In der Tat dauert es im Sommer am längsten, bis in Sonzier die Tagbrise aufkommt, nämlich etwa drei Stunden; im März und September vergehen nur $2\frac{1}{2}$, im Dezember $2\frac{3}{4}$ Stunden. Der Beginn der Tagbrise ist also wohl ursächlich mit dem Einsetzen der Insolation verbunden.

Es ist verständlich, dass vom Beginn der Besonnung bis zum eigentlichen Strömen der Luftmassen noch eine gewisse Zeitspanne vergehen muss, denn es genügt nicht, dass bloss die oberste Bergpartie erwärmt wird, um die Luft in Bewegung zu bringen; vielmehr muss eine ansehnliche Flächenerwärmung erfolgt sein. Die Zeitdifferenzen zwischen Auftreffen der ersten Wärmestrahlen und dem Beginn der Brisen geben deshalb nur Anhaltspunkte, nicht

aber genaue Zeitwerte. Ausserdem sind ja neben diesen Zeitspannen die Unterschiede der Strahlungsintensitäten von Fall zu Fall nicht miteinbezogen.

Eine Reihe spezieller Beobachtungen mögen über Verlauf und Richtung des Tagwindes noch genaueren Aufschluss geben. Sie wurden besonders in den Tagen vom 16.—18. Oktober 1937 gewonnen. Ein kräftiges Hochdruckband lagerte zwischen dem 45. und 55. Breitengrad über Mitteleuropa. Über dem Genfersee wehte in der Höhe eine leichte Bise, die Temperaturen waren mild. An allen drei Tagen herrschte ruhiges, herbstliches Strahlungswetter; die Brisen wehten mit grösster Genauigkeit an allen drei Tagen. Unsere Feststellungen konnten indessen in zahlreichen weiteren Fällen bestätigt werden; sie gelten allgemein.

a) Am 18. X. wurden mit dem transportablen Anemometer Windrichtung und -stärke auf dem Wege von Sonzier nach Glion, über die Gorges du Chauderon gemessen, d. h. auf einem Profil quer zum unteren Talabschnitt. Die Messresultate sind mit genauen Zeitangaben in Abb. 5 aufgeführt. Die Messungen begannen beim Anemographen Sonzier mit dem Beginn der Tagbrise. Sie ist nur sehr schwach (0,1 m/sec), hat aber bereits ihre normale SSW-Richtung. Die nächsten Beobachtungen an den Flanken der Gorges du Chauderon ergaben einen einfachen Hangaufwind, der Orographie des Tales entsprechend aus SE. Sämtliche Messungen wurden auf Wiesen vorgenommen; in den zahlreichen Waldparzellen war kein Luftzug zu verspüren, wohl aber machte er sich an den Baumwipfeln bemerkbar. Der Hangaufwind wehte am stärksten ungefähr in halber Hanghöhe zwischen Talweg und Sonzier (1,4 m/sec), unten in der Bachsohle herrschte Windstille. Am jenseitigen Hang gegen Glion strömte die Luft einheitlich aus WSW hangauf-, zugleich aber auch taleinwärts. Der Rauch der Dampflokomotive ca. 100 m höher auf Kote 750 m strich in derselben Richtung. Diese Brisen waren indessen schwächer als jene der andern Talseite. Der Grund liegt darin, dass die linke Talflanke wesentlich später besonnt wird. Beobachtung 11 s Glion, d. h. abseits der Talöffnung der Baye, ergab reinen Hangaufwind vom Genfersee her, hier schon von grösserer Stärke, Beobachtung 12 einen kräftigen Zug taleinwärts (1,8 m/sec). Unten in Montreux, auf der Brücke über der Baye, strömte die Luft in der gleichen Richtung, aber wieder etwas langsamer. Die Brücke überquert den Bach in 25 m Höhe. Zu beachten ist, dass es mit der Beobachtung 13 Mittag geworden, und damit,

wie noch auszuführen sein wird, der Zeitpunkt in die Nähe gerückt war, bei welchem die Brise überhaupt ihre grösste Geschwindigkeit erreicht.

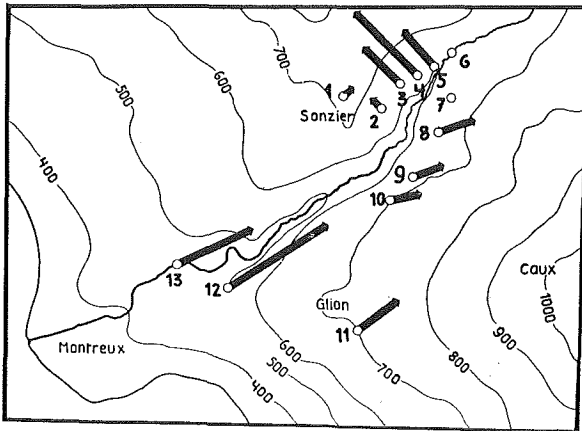


Abb. 5. Entwicklung der Tagbrise.

| Beob.Nr. | Zeit | Richtung | m/sec. | Beob.Nr. | Zeit | Richtung | m/sec. |
|----------|-------|----------|--------|----------|-------|----------|--------|
| 1 | 9.20 | SW | 0,1 | 8 | 10.10 | WSW | 0,5 |
| 2 | 9.40 | SE | 0,1 | 9 | 10.20 | WSW | 0,4 |
| 3 | 9.45 | SE | 0,7 | 10 | 10.40 | WSW | 0,4 |
| 4 | 9.50 | SE | 1,4 | 11 | 11.05 | SSW | 0,7 |
| 5 | 9.55 | SE | 0,7 | 12 | 11.45 | SW | 1,8 |
| 6 | 10.00 | — | 0 | 13 | 12.00 | SW | 1,2 |
| 7 | 10.05 | — | — | | | | |

Die Beobachtungsreihe zeigt, dass sich zuerst ein einfacher Hangaufwind ausbildet, welcher gegen Mittag immer deutlicher in einen taleinwärts gerichteten Zug übergeht. Unten im Talweg ist die Luftversetzung gleich Null.

b) Am 16. X. brannte von 11—12 Uhr im mittleren Talabschnitt bei Beroyer ein Waldfeuer mit sehr starker Rauchentwicklung. Die Brandstelle befand sich 70 m sw P 706, nur etwa 10 m über der Baye. Der Rauch stieg vorerst 30 m hangaufwärts, bog dann aber taleinwärts ab bis über die Gegend von Tufiere. Dort zerteilte sich die Rauchmasse allseitig, so dass die ganze Talschaft zwischen Tufiere und Pont Bridel bis hinauf in das Niveau von Les Avants und Grésalley von Rauch erfüllt war.

Es zeigt sich also, dass die Talbrise bis zu diesem Zeitpunkt bis Tufiere vorgedrungen war, oberhalb aber erst einfache Hangaufwinde bestanden, sofern die Hänge überhaupt besonnt waren. Der Talwind beginnt wohl, wie auch aus diesem Beispiel ersicht-

lich ist, aussen bei Montreux und dringt immer weiter einwärts vor. Dies wird auch durch den Beobachter von Jor, Herrn HASLER, bestätigt. Die Windfahne von Jor steht 100 m w des Einganges zum Haupttunnel der Montreux-Berneroberrland-Bahn, 10 m über der Baye in 1094 m Höhe. Das Tal ist dort eng und liegt vormittags fast immer im Schatten. Bei stabilen Schönwetterlagen, auf die wir uns im Zusammenhang mit den Brisen beschränken, gibt es nur zwei Windrichtungen: talein- und auswärts. Der Wind weht nachts und vormittags bis nach Mittag aus dem Vallon des Verraux, d. h. aus den oberen Talpartien herunter in Richtung Montreux. Um diese Zeit dreht er in die Gegenrichtung.

Die Windfahne der Station Jor steht erst seit September 1936. Wir haben die Aufzeichnungen über die 8 Windrichtungen für die Zeit vom 1. X. 1936 bis 31. X. 1937 zusammengestellt und folgendes Ergebnis erhalten: An 74,8 % sämtlicher Morgentermine (7.30 Uhr) zeigte die Fahne NE-Wind. Dies ist für Jor die Richtung der normalen Nachtbrise. Wenn sie selbst auch bereits aufgehört hat, so bleibt der Zeiger doch noch in dieser Lage stehen. Zur Zeit der Mittagsbeobachtung (13.30 Uhr) wird an 50,5 % aller Tage SW, d. h. Talwind angezeigt; an weiteren 19,0 % besteht immer noch NE-Brise, der Tagwind hat sich also in diesen Fällen noch nicht bis hieher vorgearbeitet, oder er war noch zu schwach, um die Fahne zu drehen. 64,9 % der Abendbeobachtungen (18.00 Uhr) verzeichnen bereits wieder den Nachtwind aus NE. Diese Häufigkeit ist etwas kleiner im Sommer (ca. 50 %), wegen des späteren Einsetzens dieser Brise, dagegen grösser (ca. 80 %) im Winter. Die letzteren Zahlen geben indessen nur Anhaltspunkte, denn es geht wohl nicht an, hier schon monatliche Unterschiede zu diskutieren, denen ja erst die Aufzeichnungen eines einzigen Jahres zugrunde liegen.

c) Den weiteren Verlauf der Tagbrise erhellt eine Reihe von Aufnahmen vom 17. X., die an den Steilhängen der Verraux, also im hintersten Abschnitte des Tales der Baye de Montreux gewonnen wurden. Bei unserem Anstieg von Jor gegen Col de Jaman zwischen 10.30 und 12.00 Uhr herrschte längs der Strasse überall Windstille. Die konkaven Hangpartien lagen teilweise noch im Schatten. Eine an der Dent de Jaman vorbeiziehende kleine Wolke wies auf einen sehr leichten Gradientwind aus NNE hin, der bei der Messung um 14.00 Uhr auch mit dem Anemometer aufgenommen werden konnte. Derselbe Gradientwind wehte auch über die Einsattelung von P 1601 n Soladier und war weiter wirksam auf dem 25 m tiefer

gelegenen Beobachtungsort 5. Diese Luftströmung ist wohl in ihrer Richtung orographisch beeinflusst, sonst müssten beide Messungen dieselbe Richtung ergeben haben. Über die Beobachtungen dieses Bezirkes orientiert Abb. 6.

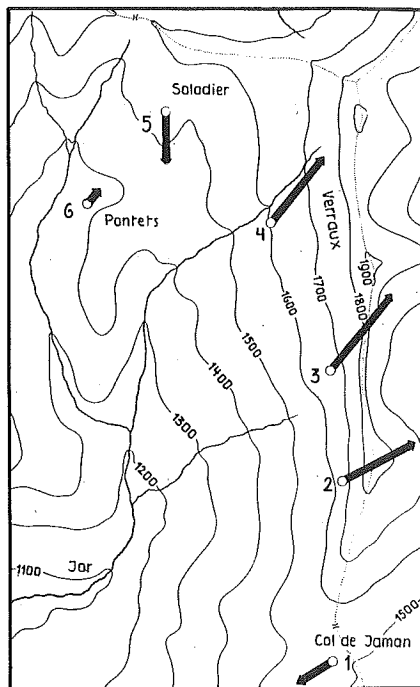


Abb. 6. Tagbrise an den Verraux.

| Beob. Nr. | Zeit | Richtung | m/sec. |
|-----------|-------|----------|--------|
| 1 | 14.00 | NE | 0,5 |
| 2 | 14.30 | WSW | 1,3 |
| 3 | 15.00 | SW | 1,4 |
| 4 | 15.15 | SW | 1,2 |
| 5 | 15.35 | N | 1,0 |
| 6 | 16.15 | SW | 0,2 |

Am Abhang der Verraux wehte Hangaufwind. Dies ist die Tagbrise, welche nun bis zu diesem Zeitpunkt endlich auch in diesen hintersten Talabschnitt gelangen konnte und hier an den Steilhängen eine ansehnliche Stärke entwickelte. In der Richtung kam auch hier die Topographie der Talschaft zur Auswirkung. Bei den Orten 2 und 3 entfachte rauchende Feuer bewiesen, dass die aufsteigende Strömung in der angegebenen Kraft bis etwa 50 m unterhalb der Krete anhielt. Bei SW-Lage wird sie sicher weiter zur

Höhe streben und sich dort mit dem Gradientwind vereinigen. Hier könnte die Vermutung auftauchen, dass der Tagwind in unserm Falle ein Wirbel im Lee des Hauptwindes sei. Diese Komponente mag hier mitspielen; dass es sich aber zur Hauptsache um Tagbrise handelt, werden spätere Beispiele belegen. Die Hangströmung ist in Wirklichkeit noch stärker als es in Abb. 6 zum Ausdruck kommt. Sie erreichte schätzungsweise bei den Beobachtungen 2 und 3 1,9 m/sec parallel zum Boden, welcher hier gegen 100 % abfällt; das Anemometer registriert nur die Horizontalkomponente.

Damit ist die Entwicklung der Tagbrise bis an den Talschluss aufgeklärt. Erst nach Mittag erreicht der aufsteigende Luftzug die obersten, die Talschaft einsäumenden Bergkämme und damit auch ihre stärkste Entwicklung. Massgebend sind auch hier Talverlauf und Fallinie des Hanges als Grundlage für die endgültige Windrichtung. Erst am Gebirgskamm wird die Brise abgelöst durch den Gradientwind, welcher auch bei ruhigster Wetterlage in diesen Höhen fast stets wirksam bleibt.

d) Von besonderem Interesse ist der Verlauf des Tagwindes in Les Avants. Das Dorf nimmt in 960—1000 m Höhe eine Terrasse der rechten Talflanke ein. Und zwar tritt diese Terrasse nicht stärker als das Nebengelände gegen die Talachse heraus, sondern der darüber ansteigende Hang weicht stark rückwärts und bildet so eine Nische. Aus der Abb. 7 ist die Reliefgestaltung ersichtlich. Darin sind auch die Windverhältnisse vom Nachmittag des 16. X. eingezeichnet.

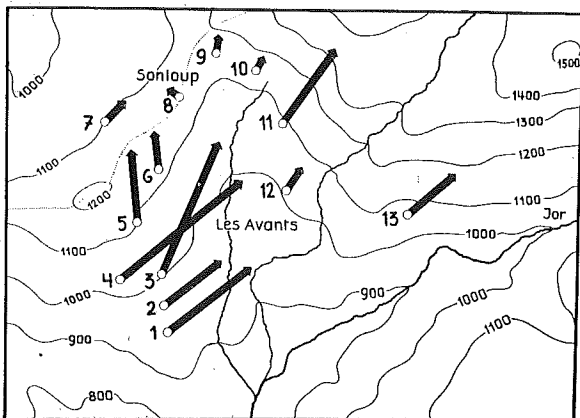


Abb. 7.

Tagbrise in Les Avants.

| Beob.Nr. | Zeit | Richtung | m/sec. | Beob.Nr. | Zeit | Richtung | m/sec. |
|----------|-------|----------|--------|----------|-------|----------|--------|
| 1 | 14.30 | SW | 1,5 | 8 | 15.40 | SE | 0,1 |
| 2 | 14.35 | SW | 1,0 | 9 | 15.45 | SSW | 0,2 |
| 3 | 14.40 | SSW | 2,1 | 10 | 15.50 | SSW | 0,1 |
| 4 | 14.55 | SW | 2,3 | 11 | 16.05 | SSW | 1,3 |
| 5 | 15.10 | S | 1,0 | 12 | 16.15 | SW | 0,3 |
| 6 | 15.20 | S | 0,5 | 13 | 16.30 | SW | 0,9 |
| 7 | 15.35 | SW | 0,3 | | | | |

Am vorderen Terrassenrand wehte um diese Zeit der normale Talwind, ebenso auf der Krete, die sich vor dem Dorf hangabwärts zieht. Hier war die Luftversetzung überhaupt am kräftigsten. Auch unmittelbar hinter dieser Krete war sie noch recht ansehnlich, aber gegen die Passhöhe von Sonloup abgelenkt. Im eigentlichen Windschatten erwies sich die Bewegung als allgemein schwächer und noch deutlicher gegen Sonloup orientiert. Auch auf der Gegenseite der Nische war sie nur schwach entwickelt, mit Ausnahme von Beobachtung 11. An jener Stelle zieht sich die Hangwiese, nach oben schmaler werdend, bergwärts, und die einrahmenden Waldbäume bilden daher wohl einen guten Windfang. Auf der inneren Terrassenfläche von Les Avants verspürten wir kaum einen Luftzug. Der Beobachter der dortigen meteorologischen Station erklärt, dass an jener Stelle überhaupt praktisch keine Tagbrise spürbar sei, wohl aber, wie wir bereits betonten, auf der Krete w Les Avants. Dies zeigt sich auch, wenn die Aufzeichnungen der Anemometer von Les Avants und Sonzier verglichen werden. Jenes registrierte am 16. X. in der Zeitspanne von 9 Uhr bis 17 Uhr eine gesamte Luftversetzung von 8 km, dieses aber eine solche von 31 km. Der Tagwind haftet also nicht unmittelbar dem Erdboden an. Kleine Bodenwellen schon vermögen ihn abzuleiten, in seitlichen Tobeln und in Hangnischen ist er geschwächt und tendiert dazu, sich in einen schwachen Hangaufwind zu wandeln.

Zusammenfassend ist also festgestellt: Der Tagwind entwickelt sich einige Zeit nach Beginn der Bestrahlung vorerst als einfacher Hangaufwind. In zunehmendem Masse strömt die Luft aber ausserdem taleinwärts. Diese zweite Bewegung beginnt am äusseren Talende und setzt sich langsam nach innen fort, so dass sie um Mittag die Station Jor, etwas später endlich die obersten Hänge der Verraux erreicht. Dort ist die Tagbrise am kräftigsten entwickelt. Hangnischen bleiben geschützt.

Nach diesen Beobachtungen beginnt das Strömen taleinwärts ca. 10.30 Uhr bei Montreux, um 11.00 Uhr ist der Tagwind über den Gorges, 11.30 Uhr in Tufiere und um Mittag endlich in Jor. Bald darauf wird er die Höhe der Verraux erreicht haben. Demgemäss ergibt sich ein Vordringen von rund 1 m/sec, doch kann dies selbstverständlich nur eine rohe Angabe sein, denn es bestehen für diesen Vorgang noch zu wenig Messungen. DORNO konnte von Muottas-Muraigl (Oberengadin) aus das Vordringen des Maloyawindes (Talwind) beobachten und hiefür eine Geschwindigkeit von 3,5 m/sec ermitteln¹⁹⁾. Diese Ungleichheit zwischen Maloyawind und Talbrise unseres Bezirkes mag ihren Grund im starken Gefällsunterschied der beiden Talwege haben.

Der Hangaufwind ist für die Bewohner der Talschaft nicht besonders auffallend. Viele wissen von dessen Existenz überhaupt kaum etwas, besonders wenn sich ihre Häuser wie in Les Avants in eine Nische der Talflanke schmiegen. Andere, vor allem solche, die in den äusseren Teilen des Bezirkes, in Sonzier und Glion wohnen, schätzen im Hochsommer die angenehme Frische, welche mit dem Tagwind aus dem Gebiet des Genfersees heraufsteigt. Hangaufwinde begünstigen nachmittägliche Bildung von Cu-Hauben in der Höhe, von Niederschlägen und Gewittern.

Der Tagwind hat grossen Einfluss auf die Durchsichtigkeit der Luft. Eingehende Beobachtungen von J. LUGEON ergaben, dass die Fernsicht bei Antizyklonallagen schlecht ist. Die Konvektionsströmung bewirkt in den unteren Luftschichten Kondensation, wobei Staubteilchen als Kondensationskerne figurieren²⁰⁾.

Les Avants geniesst auf seiner Sonnenterrasse den Vorzug der relativen Windstille, wohl mit ein Grund dafür, dass hier zahlreiche Hotels inmitten dichter Baumgärten den Ort längst zu einem weitbekannten Fremden- und Ferienort werden liessen.

IV. Die Nachtbrise.

Die Nachtbrise setzt vor Sonnenuntergang ein, und zwar beträgt die Verfrühung zu allen Jahreszeiten etwa 20 Minuten. Doch ist der Beginn weniger deutlich ausgeprägt als jener des Tagwindes. Der genaue Zeitpunkt ist im Sommer besser feststellbar als in der kalten Jahreszeit, wo die Brisen in der Regel an sich schon schwächer sind. Auch wird sich im Winter die wechselnde Schneebedeckung und damit die unterschiedliche Abkühlung der Luft-

¹⁹⁾ Nr. 4, S. 16.

²⁰⁾ Nr. 21, S. 11.

massen geltend machen. Innsbrucker Forscher erwähnen mehrfach, dass der Hangabwind schon einsetzt, wenn die Strahlen der untergehenden Sonne die Erdoberfläche noch tangieren.

Über die Richtung des Nachtwindes orientieren einige Aufnahmen aus den ersten Nachtstunden des 16. X. 1937 aus der Umgebung von Les Avants, welche in Abb. 8 zusammengestellt sind. Es war eine mondhelle, völlig klare Nacht. An jedem Beobachtungspunkt massen wir zweimal, einmal beim Hinweg von 1 bis 7, und wieder beim Rückweg. Dies war notwendig, weil hier gleichzeitig auch die Temperatur zu bestimmen war. Auf diese Weise nämlich konnte die natürliche Abnahme infolge der Zeitdifferenzen eliminiert werden. Immerhin wichen die beiden Messungen nur um einige Zehntelsgrade voneinander ab, was auf langsame nächtliche Abkühlung schliessen liess.

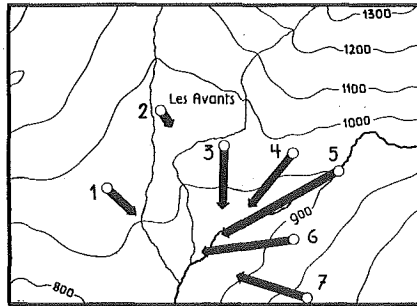


Abb. 8. Nachtwind bei Les Avants.

| Beob.Nr. | Zeit | | Richtung | m/sec. |
|----------|-------|-------|----------|--------|
| 1 | 20.00 | 22.20 | NW | 0,5 |
| 2 | 20.10 | 22.05 | NW | 0,2 |
| 3 | 20.20 | 22.00 | E | 0,8 |
| 4 | 20.25 | 21.50 | NNE | 1,0 |
| 5 | 20.35 | 21.40 | NE | 1,9 |
| 6 | 20.50 | 21.25 | ENE | 1,3 |
| 7 | 21.05 | 21.10 | ESE | 1,0 |

Der Nachtwind ist ein einfaches Abfliessen von Kaltluft, lateral hangabwärts. Diese Kaltluft sammelt sich zu einem Kaltluftstrom unten im Talweg; deshalb ist auch dort die Windstärke am grössten und genau talauswärts gerichtet.

Schon die wenig über dem Talweg aufgenommenen Strömungen deuten den Einfluss der Komponente der Talrinne an, indem sie nicht mehr mit der Falllinie gehen. Diese Ablenkung wächst mit

zunehmender Annäherung an den Bach. Damit ist auch die Richtung der Nachtbrise von Sonzier begründet. Aus jener topographischen Lage ergibt sich ohne weiteres die meist festgestellte NNE-Richtung.

Dieser Kaltluftstrom ist auch durch den Verlauf der Temperaturen gekennzeichnet. Die Abnahme von Les Avants aus hinunter in den Talweg müsste bei den 100 m Höhenunterschied etwa $0,6^\circ$ ausmachen; demgegenüber erreicht sie $2,1^\circ$, also wesentlich mehr. Noch grössere Unterschiede liessen sich wohl in kalten Winter Nächten bestimmen. So hat z. B. SCHULTZ im Wispertal Differenzen bis zu 4° gefunden ²¹⁾.

Die Bewohner der Talschaft kennen die Nachtbrise besser als die des hellen Tages. Durch das nächtliche Absteigen der Luft heitert der Himmel oft auf. Die Brise macht sich namentlich in den ersten Nachtstunden unangenehm bemerkbar; die Temperatur fällt stark, und nicht selten wird der Kaminrauch schräg abwärts gegen Nachbarhäuser getrieben. Dies gilt vor allem auch für Montreux, und zwar besonders für das Quartier, dessen Häuser sich um den Ausgang der Gorges du Chauderon gruppieren. Hier ist die Abkühlung auffällig. Empfindliche Topfpflanzen gehen im Freien ein, was schon in 200 m seitlicher Entfernung nicht zu befürchten ist.

Gegen Sonnenaufgang wird die Nachtbrise schwächer und hört schliesslich ganz auf. Die Calmen zwischen den beiden Winden sind am frühen Morgen durchschnittlich länger als abends.

Für einen Tag mit sommerlichem Strahlungswetter mögen Anemogramm und weitere Aufzeichnungen auch hier dargestellt und kurz besprochen werden (Abb. 9 und 10). Wir wählen hiefür den 30. VIII. 1936, einen Tag, an welchem über Mittel- und Westeuropa ein breites Band hohen Druckes lagerte. Alle Schweizer Stationen, mit Ausnahme jener des Tessins, meldeten heiteres Wetter. Der Windmesser von Sonzier notierte sauber durchgeübten Tag- und Nachtwind.

Beginn, Ende und Zwischencalmen sind deutlich; nur die Richtungen weichen leicht von der Regel ab, indem sonst tagsüber meist die S-, nachts die E-Komponente etwas häufiger verzeichnet sind. Wir haben den Streifen für Richtung und Stärke getrennt auch auf Abb. 10 umgezeichnet, so wie es bei späteren Beispielen auch geschehen ist. Die übrigen Registrierungen sind von Apparaten übernommen, welche zur meteorologischen Station Les Avants gehören.

²¹⁾ Nr. 29.

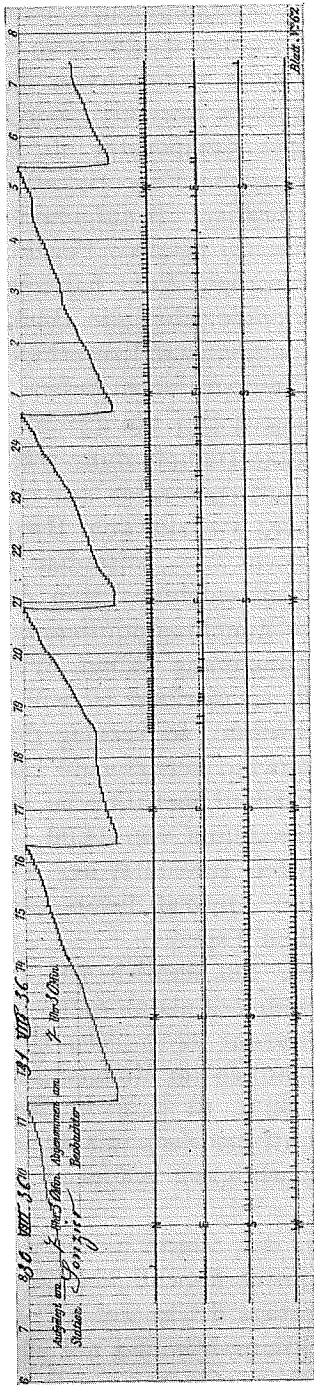


Abb. 9. Anemogramm vom 30. VIII. 1936.

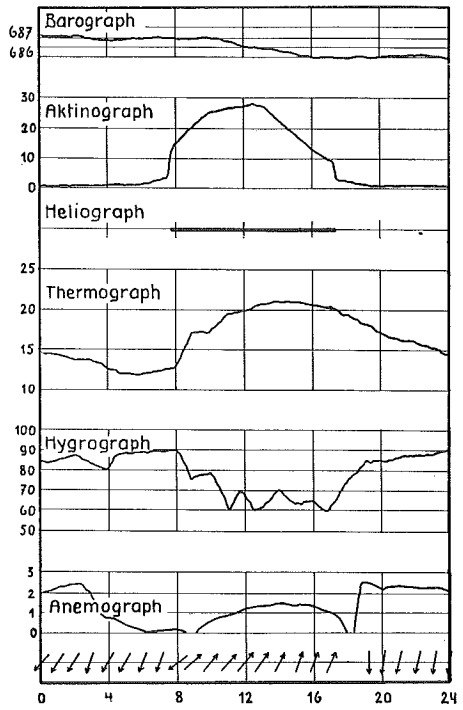
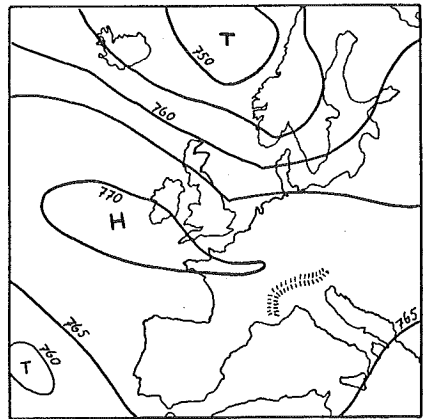


Abb. 10. 30. VIII. 1936.

Barographen-, Aktinographen- und Thermographenkurve haben den üblichen Verlauf. Neben dem Aktinographen deutet auch die Brandlinie des Heliographen auf einen völlig wolkenlosen Tag. Ebenso ist die Aufzeichnung des Hygrographen normal; die relative Feuchtigkeit nimmt mit zunehmender Temperatur ab, das Maximum der Wärme fällt mit dem Minimum der Feuchtigkeit zusammen. Bei Seewinden ist diese Regel allerdings oft aufgehoben; Küstenstationen können tagsüber eine grössere relative Feuchtigkeit haben, weil der Seewind Dampf heranträgt. Wohl hat unser Tagwind seinen Ursprung über dem Genfersee, aber die Dampfzufuhr genügt offenbar nicht, um den Sättigungszustand zu erhalten oder gar die Feuchtigkeit trotz steigender Temperatur zu heben.

Die relative Feuchtigkeit misst morgens 6 Uhr bei 12° 87 %. Unter Voraussetzung stagnierender Luft ohne Dampfzufuhr würde sie um 14 Uhr bei den registrierten 21° Lufttemperatur nur noch 51 % ausmachen. In Wirklichkeit war aber, wie aus dem Hyrogramm ersichtlich ist, die Feuchtigkeit noch 72 %, offenbar als Folge der Dampfzufuhr in den unteren Luftschichten. Man geht wohl nicht fehl, wenn man diese erhebliche Zunahme mit dem vom See her aufsteigenden Tagwind in Zusammenhang bringt. Wenn auch der Einfluss der Seeoberfläche nicht so markant ist wie an Meeresküsten unter dem Regime der Seewinde, so vermag doch ihre Nachbarschaft und der durch den Tagwind verursachte Luftaustausch den Abfall der relativen Feuchtigkeit merklich zu mildern. Ob vielleicht das kleine Zwischenmaximum von 14.00 Uhr seinen Grund in der um diese Zeit grössten Intensität des Tagwindes hat? Auf jeden Fall verzeichnet der Apparat dieses kurze Anschwellen der Feuchtigkeit an zahlreichen Tagen.

Montreux-Clarens, nahe am Seeufer, hat ähnlich wie Les Avants beim Mittagstermin geringere Feuchtigkeit als morgens und abends. Am 30. VIII. 1936 wurden gemessen: 92 % (7½ Uhr), 47 % (13½ Uhr) und 78 % (21½ Uhr). Ähnlich im Monatsmittel; für den ganzen VIII. 1936 ergab sich z. B. 92 %, 61 %, 81 %. Auch hier hat also die unmittelbare Nachbarschaft des Sees mit Brisenregime keine Zunahme der relativen Feuchtigkeit während des heiteren Tages zur Folge.

Unmittelbar nach dem Verschwinden der Sonne hinter dem Horizont (18.00 Uhr) misst bei 18° die relative Feuchtigkeit 75 %. Sie müsste, da die Temperatur bis anderntags 6 Uhr auf 13° gefallen ist, bei Ausschaltung jeder Konvektionsströmung auf über 100 % steigen. In Wirklichkeit überschritt sie nie 94 %, was nur

dadurch möglich war, dass trockenere Luft zuffloss. Es ist die vom Nachtwind aus der Höhe herangeführte Kaltluft. Die Aufzeichnungen des Hygrographen unterstreichen also auch hier die Tatsache der periodischen Tagwinde. Unsere Brisen beeinflussen den Feuchtigkeitsgehalt der Luft massgebend; tagsüber führen sie Wasserdampf zu, nachts leiten sie solchen ab.

V. Ursachen der Brisen.

Obschon in den vorangehenden Abschnitten bereits Ursachen der Brisen erwähnt sind, bleibt noch eine eingehendere Betrachtung hierüber notwendig.

Die periodischen Tageswinde sind in der verschiedenartigen Erwärmung ihrer Ursprungsorte begründet. Über dem Land ist die tägliche Temperaturschwankung grösser als über dem See-
 spiegel, Insolation und Ausstrahlung sind in der Höhe intensiver als unten im Tal, wenigstens bei heiterem Himmel; deshalb hat man die Brisen auch die Winde des schönen Wetters genannt. Sind unsere Tageswinde im Gebiet der Baye de Montreux nur Berg-Tal- oder auch Land-See-Winde? Es ist von vornherein anzunehmen, dass beide Komponenten zusammenwirken, und schon FOREL sagte, dass sich an den geneigten Hängen des oberen Genfersees Berg- und Seebrisen addieren müssten²²⁾. Die beiden Erscheinungen überlagern sich; einesteils besteht der thermische Gegensatz zwischen See und Land, andererseits die Abschüssigkeit des Berges. Um die beiden Kräfte zu differenzieren, empfiehlt FOREL deren genaues Studium in den verschiedenen Teilen des Sees.

FREY beschreibt lokale Brisen des Zürichsees und kommt zum Schluss, dass man sie im nördlichen Teil des Sees mehr als Bergwinde, im südlichen mehr als Land-See-Winde zu betrachten hat²³⁾. Die nördlichen Uferpartien sind nämlich stärker geböschet, während sich an die südlichen grosse Deltaebenen anschliessen, welche für den Seewind vorzügliche Aspirationsflächen darstellen. Auch FREY nimmt eine Überlagerung beider Kräfte an.

Bei reinen Land-See-Winden scheint der Landwind in der Regel schwächer aufzutreten als die Gegenbewegung²⁴⁾. Dies ist in Sonzier nicht der Fall, das Stärkemaximum steht hier bei Nacht höher als bei Tag. Es fehlen auch über Montreux geeignete Aspirationsflächen, was Voraussetzung für die Bildung starker Seebrisen

²²⁾ Nr. 8, I. S. 309.

²³⁾ Nr. 9, S. 14.

²⁴⁾ Nr. 14, S. 444.

ist. Das von der Stadt Montreux eingenommene Delta der Baye misst $\frac{1}{4}$ km², dahinter setzt unmittelbar der Steilanstieg gegen Sonzier und Glion an. Reine Land-See-Winde hätten in Sonzier auch eine andere Richtung; statt NNE-SSW müsste die Luft senkrecht zum Ufer, d. h. NE-SW, ja, wenn berücksichtigt wird, dass die weite Seefläche sich von Montreux aus nach W hinzieht, sogar in Richtung E-W streichen. Wahrscheinlich würde sich die Seebrise für sich allein nicht bis in die obersten Zonen unseres Gebietes fortsetzen, wie es oben beschrieben wurde. Alle diese Gründe sprechen also g e g e n ein Überwiegen der Land-See-Komponente.

Andererseits sind alle Bedingungen gegeben für die Bildung kräftiger Hangbrisen. Diese Strömungen sind stark in stark geneigtem Gebiet. Die Exposition des Untersuchungsbezirkes fördert die Bildung, die Insolation der Hänge ist besonders über Montreux sehr intensiv. Im Gegensatz zu grossen Teilen der Schweiz erreicht die Bewölkung nicht 55 %, und die Landschaft zählt auch zu den an Nebel ärmsten Teilen des Landes²⁵⁾, alles Faktoren, welche die Ausbildung der Hangwinde begünstigen. Der Einfluss der Hangneigung wird also gegenüber jenem von Land-See überwiegen.

In diesem Zusammenhang ist die Nomenklatur unserer Brisen zu präzisieren. Über ihre Entstehung divergierten die Ansichten jahrelang. Es ist das Verdienst WAGNERS, hier Klarheit geschaffen zu haben²⁶⁾, indem er zeigte, dass völlig heterogene Erscheinungen bisher den Namen Berg-Tal-Winde führten. Nach WAGNER haben wir zu unterscheiden zwischen

a) H a n g w i n d. Es ist der Wind, welcher sowohl an isoliert stehenden Bergen, aber auch an Bergketten auftritt und in der Richtung der Fallinie längs der Hänge tagsüber aufwärts, nachts abwärts gerichtet ist. Für seine Entstehung gilt die Theorie von FOURNET-WENGER, vertieft durch die Zirkulationsgesetze von BJERKNES²⁷⁾.

b) A u s g l e i c h s t r ö m u n g. Sie spielt zwischen grossen Ebenen und Hochflächen. Diese Winde sind gut bekannt von den grossen Pässen des Himalayas, wo einerseits die riesigen tibetischen Hochflächen, andererseits die indische Ebene prädestinierte Ursprungsorte sind. Für die Erklärung dieser Ausgleichströmungen lässt sich HANN's Theorie über die Hebung der Flächen gleichen Druckes einwandfrei anwenden.

²⁵⁾ Nr. 1, 1931.

²⁶⁾ Nr. 31.

²⁷⁾ Nr. 33.

c) **Berg-Talwinde**. Darunter sind Winde zu verstehen, welche in der Längsrichtung grosser Gebirgstäler mit flachem Talboden ziehen. Beschrieben wurden sie z. B. für das Wallis von BILLWILLER jun.²⁸⁾, für das Inntal von EKHART, der auch auf Zusammenhänge mit dem Hangwind aufmerksam macht²⁹⁾. Für diese Winde gibt WAGNER eine zusammenfassende Erklärung³⁰⁾.

Wir verzichten darauf, auf die Theorien von Ausgleichströmungen und Berg-Talwinden näher einzutreten, da es sich in unserm Falle offenbar um Hangwinde handelt. Nach WENGER's Überlegungen ist für letztere allein die Besonnung der Hänge, bzw. der Temperaturunterschied zwischen Hangluft und Luft der freien Atmosphäre massgebend. Infolge dieses Temperaturunterschiedes bildet sich ein Gradient, der durch Konvektionsströmungen auszugleichen ist. Natürlich handelt es sich um einen «Meeresniveau-Gradienten». Der «Bodengradient» kann jenem entgegenwirken, trotzdem wird sich die entsprechende Luftbewegung durchsetzen. Nach Erwärmung des Hanges entsteht vorerst eine Strömung hinaus gegen die freie Atmosphäre. Die unmittelbare Folge davon ist Druckzunahme aussen und damit über der Tiefe, verbunden mit einer absteigenden Luftbewegung. Endlich beginnt unten die Strömung gegen den Hang hin, welche sich allmählich hangaufwärts fortpflanzt. Sind die obersten Hangpartien erreicht, so ist auch die Zirkulation geschlossen. Die Luftversetzung dauert so lange, bis an jedem Ort die potentiellen Temperaturen erreicht sind. Der Hangaufwind ist demnach nur ein Teil eines in sich geschlossenen Systems, welches örtlich auf relativ kleinem Raum beschränkt bleibt. Es ist so verständlich, dass vom Beginn der Besonnung an bis zum völligen Durchgreifen der aufsteigenden Luftbewegung immerhin eine gewisse Zeit vergehen muss.

Nach WAGNER besteht keine direkte Beziehung zum Talwind, welcher in der Talrinne aufwärts strömt; der Hangwind übernimmt nur den zur Entstehung der Talwinde notwendigen vertikalen Lufttransport³¹⁾. Auf unser Gebiet übertragen hiesse dies, dass überhaupt kein Talwind aufkommen könnte, eine Folgerung, welche indessen mit unsern Beobachtungen nicht übereinstimmt. Immerhin scheint WAGNER die Möglichkeit einer Aufwärtsströmung in der Talrinne nicht ganz auszuschliessen. Unter seinen Einwänden gegen

²⁸⁾ Nr. 3.

²⁹⁾ Nr. 5, 6.

³⁰⁾ Nr. 32, S. 329.

³¹⁾ Nr. 31, S. 213; Nr. 32, S. 341.

die Anwendung von WENGER's Theorie zur Erklärung der Talwinde bemerkt er: «Wenn man auch diese Argumente WENGER's gelten lässt, so müssten doch zumindest grosse Unterschiede je nach der Orientierung der Täler auftreten; bei Südorientierung des Talchlusses müsste der Talwind ganz erheblich stärker sein, am stärksten wohl in steil aufsteigenden, also kurzen, nach S sich öffnenden Tälern. Auch müssten tageszeitliche Unterschiede festzustellen sein. Nach E sich öffnende Täler mit Morgensonne müssten hauptsächlich am Vormittag, gegen W offene Täler erst am Nachmittag einen Talwind aufweisen. Dies alles ist mit den Beobachtungen nicht vereinbar.» Unsere Talschaft ist tatsächlich kurz, steigt steil an und ist nach SW orientiert. Die Voraussetzungen für die Ausbildung einer Strömung talaufwärts sind also äusserst günstig. Auch wird es Mittag, bis die Brise zum Talschluss vorgedrungen ist.

Nachts, wenn sich die Hänge abkühlen, entsteht die Nachtbrise. Die Kaltluft fliesst unmittelbar über den Erdboden in der Fallinie abwärts und in der Talrinne talauswärts, Theorie und Beobachtung decken sich.

Im Prinzip gilt das über den Hangwind Gesagte auch für die Seebrisen, wobei die Luft beim Hangwind nur noch tangential zur Erdoberfläche anzusteigen hat. In unserm Falle wirken beide Komponenten, die Brisen sind eine komplexe Erscheinung. Deshalb nennen wir sie Tag- und Nachtwinde.

VI. Stärke der Brisen.

Die Brisen sind in den verschiedenen Jahreszeiten von unterschiedlicher Stärke. Die Besprechung der Differenzen wird uns Gelegenheit geben, die beiden Einflüsse «Hang» und «Land-See» noch besser zu analysieren. Dass die Intensitäten veränderlich sein müssen, geht schon daraus hervor, dass diese Winde durch die differenzierte Erwärmung einzelner Partien der Talschaft entstehen. Diese Wärmedifferenzen variieren. Die rascheste Temperaturabnahme mit der Höhe besteht im Frühling. Zu dieser Zeit hemmen die letzten Schneemassen der Höhenlagen die stärkere Erwärmung, die Täler aber verzeichnen schon relativ hohe Temperaturen. Im Winter ist das vertikale Temperaturgefälle am kleinsten; die Niederungen werden nur schwach erwärmt, häufig besteht Temperaturinversion. Es ergaben sich für das Alpengebiet die folgenden Gradienten auf 100 m ³²⁾:

³²⁾ Nr. 24.

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| 0,40 | 0,49 | 0,58 | 0,63 | 0,61 | 0,60 | 0,55 | 0,51 | 0,48 | 0,46 | 0,44 | 0,40 |

Diese Zahlen beziehen sich auf die Gesamtheit der Tage eines Monates. Da die Brisen aber typische Schönwetterwinde sind, beschränken wir uns auch in diesem Falle auf Tage mit heiterem Himmel. Unter dieser Einschränkung ist die vertikale Temperaturabnahme wesentlich kleiner. So gilt z. B. für das Stationspaar Neuenburg-Chaumont im Winter $0,16^\circ$, im Sommer $0,43^\circ$ ³³⁾. Wir haben zur Betrachtung der Brisenstärken die folgenden Stichtage gewählt: 15. IV., 1. VIII., 15. XII. Versuchsweise wurden auch noch die Aufzeichnungen des 1. II. (Kälte) und des 23. VI. (längster Tag) verarbeitet; sie geben aber keine neuen Gesichtspunkte, so dass wir uns auf die drei ersten Termine beschränken können. Bis zu 10 Tagen vor und nach diesen Daten haben wir nun die Tage mit reinen Brisen zusammengestellt, die Windstärken von 3 zu 3 Stunden, ausserdem für 13.30 Uhr und für den Zeitpunkt 1 Stunde nach Sonnenuntergang herausgeschrieben und gemittelt. Für die drei Termine standen 24, 33 und 22 Beispiele zur Verfügung. So ergab sich für jeden eine Kurve der mittleren Windstärken (Abb. 11).

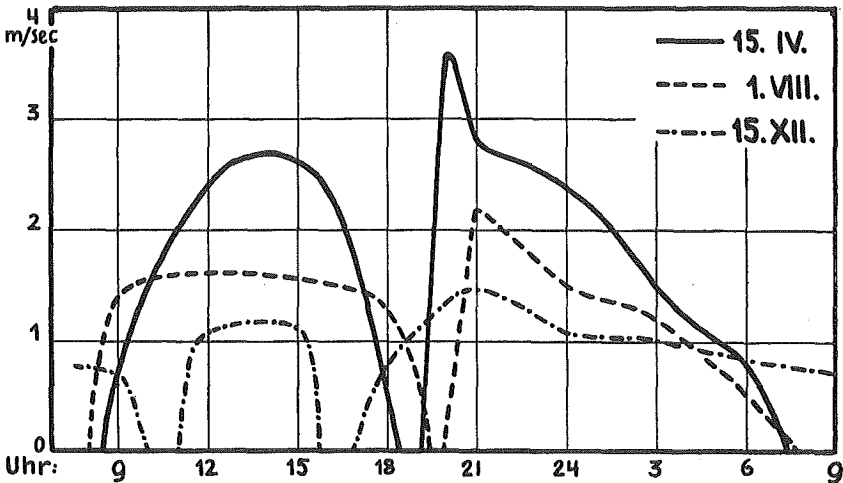


Abb. 11. Geschwindigkeit der Brisen.

Die einzelnen Aufzeichnungen der drei Gruppen stimmen unter sich nicht besonders gut überein; es gibt Differenzen bis zu 40%, ein Zeichen dafür, wie ausserordentlich labil diese Brisen sind. Indessen geht die Tendenz des Intensitätsverlaufes einzelner Tage

³³⁾ Nr. 14, S. 129.

stets eindeutig im Sinne der graphischen Darstellung. Die Kurven können sich also, wenn noch mehr Beobachtungen zur Verfügung stehen, in der Ordinate noch etwas verschieben, dagegen werden ihr Verlauf, und — was ebenso wichtig ist — ihre gegenseitigen Differenzen nur unwesentlich ändern.

Die Kurven sind sich alle ähnlich: Der Tagwind nimmt nach Beginn während ungefähr einer Stunde stark, nachher schwächer zu. Das Maximum der Geschwindigkeit wird stets ca. 13.30 Uhr erreicht. Mittags ist die vertikale Temperaturabnahme und damit auch die allgemeine Turbulenz am grössten; das Windgeschwindigkeitsmaximum folgt dem Temperaturmaximum ungefähr nach einer Stunde. Hernach tritt ein langsames, später rascheres Abflauen ein, derart, dass die Kurve angenähert symmetrisch wird. Anders die Nachtbrisen. Sie nehmen nach ihrem Einsetzen rasch an Intensität zu, um das Maximum eine halbe bis eine Stunde später schon zu erreichen. Wenn die ersten Kaltluftmassen die Niederungen erfüllen und dort die Temperatur weiter zum Fallen gebracht haben, beginnt auch schon wieder das Absinken der Kurve, das im ganzen bis in die frühen Morgenstunden anhält. Auch diese Entwicklung ist also verständlich. Die Temperaturdifferenz zwischen Berg und Tal wird gegen Sonnenaufgang immer schwächer, die Kurve des Nachtwindes deshalb asymmetrisch.

Das in der Zeichnung zum Ausdruck kommende Überwiegen der nächtlichen Intensität gegenüber jener des heiteren Tages braucht nicht unbedingt für die ganze Talschaft zu gelten. Die Tagbrise ist nicht nur eine Erscheinung der bodennächsten Luftschicht; sie streicht als warme Strömung nicht hart tangential zum Erdboden, sondern zugleich leicht in die Höhe. Wie sich dort die Geschwindigkeiten gestalten, steht noch nicht fest. Nicht so während der Nacht. Die Kaltluft strömt über den Boden talwärts; diese Strömung ist sicher weniger mächtig. Aus früheren Untersuchungen geht hervor, dass sie bis etwa 30 m Höhe reichen mag³⁴⁾. Doch ist dies in unserm Gebiet nicht nachgewiesen, die Zahl hat also nur als Grössenordnung zu gelten. So ist es begreiflich, dass der Anemograph von Sonzier mit seinen 6,20 m Höhe über dem Erdboden nachts kräftigere Winde anzeigt. Zur besseren Ermittlung der Unterschiede zwischen Tag und Nacht sind noch weitere Untersuchungen notwendig. Aus denselben Gründen gelten auch die wenigen, noch folgenden Angaben über die Luftversetzung nur für das Schalenkreuz von Son-

³⁴⁾ Nr. 2, S. 139.

zier; die Frage der Verschiebung der Gesamtluftmassen bleibt offen.

Windstärke am 15. IV. (Abb. 11).

Der Tagwind erreicht nach Mittag eine Geschwindigkeit von 2,7 m/sec, der Nachtwind bald nach Beginn 3,6 m/sec. Während sich am heiteren Tage eine gewisse Konstanz der Windstärke ausbildet, erfolgt der Abfall vom frühen abendlichen Maximum sofort und anhaltend. Er ginge wohl noch rascher vor sich, wenn nicht der See die Bildung eines kräftigen Temperaturgefälles unterstützte, denn das Wasser gibt an die darüber lagernde kühlere Luft stets Wärme ab. Geschähe dies nicht, so müsste der Hangabwind möglicherweise schon früher ausklingen. Tagsüber ist der See noch wesentlich kühler als die Luft, so dass das Temperaturgefälle Höhe-See durch die Wärmeabsorption vergrössert, der Tagwind durch die Wärmeverhältnisse des Seespiegels darum verstärkt wird. Der See unterstützt also in diesem Falle während des ganzen Tages die Berg-Tal-Komponente, ein Umstand, welcher wohl dazu beiträgt, dass die Brisen des Frühling die kräftigsten sind.

Die Intensitätskurven, resp. die durch sie eingeschlossenen Flächen geben auch einen Anhaltspunkt über die gesamte Luftversetzung während der Dauer ein- und derselben Brise. Sie ist zu diesem Zeitpunkt nachts um Weniges grösser als bei Tag.

Windstärke am 1. VIII.

Die Kurven sind im Sommer von ähnlichem Verlauf wie im Frühjahr, aber beide Brisen sind schwächer. Der Tagwind erreicht eine mittlere maximale Geschwindigkeit von 1,6 m/sec, der Nachtwind 2,2 m/sec.

Die Seefläche ist im Juli/August wesentlich wärmer als im April, 20° gegen 8° ³⁵⁾). Wohl wird die Luft tagsüber durch das Wasser noch etwas abgekühlt, das Temperaturgefälle also von hier aus vergrössert, aber die Niederungen sind überhaupt bedeutend wärmer geworden. Ihre Durchschnittstemperatur misst 18,5°. Obschon auch die oberen Hänge intensiver besonnt werden als im Frühjahr, ist der Gradient im Endeffekt nicht mehr so gross wie im April, deshalb die schwächere Ausbildung des Tagwindes. Die kühlende Wirkung des Sees vermag den an sich kleiner gewor-

³⁵⁾ Nr. 8, II. S. 323.

denen Wärmeunterschied nicht wettzumachen, die Land-See-Komponente tritt zurück gegenüber der Relation Berg-Tal. Aber auch die nächtliche Abkühlung ist nicht mehr so gross wie im Frühjahr. Vor allem sind jetzt die Höhen schneefrei, die Ausstrahlung also schwächer. Der See spendet auch in diesen Nächten Wärme und erhöht die Temperaturdifferenz, trotzdem büsst die Nachtbrise an Geschwindigkeit ein. Ohne das Vorhandensein des Genfersees wären also auch zu dieser Jahreszeit sowohl Tag- als auch Nachtwinde etwas schwächer; der See verstärkt beide Brisen.

Die tägliche Luftversetzung ist in beiden Richtungen ungefähr gleich gross.

Windstärke am 15. XII.

Das mittlere vertikale Temperaturgefälle ist klein. In der Höhe liegt stark strahlender Schnee, aber auch das Tal ist schon kräftig abgekühlt; beide Brisen sind darum schwächer als an den beiden vorerwähnten Zeitpunkten. Der Tagwind erreicht eine mittlere maximale Geschwindigkeit von 1,2 m/sec, jener der Nacht 1,5 m/sec. In enger Anlehnung an die solaren Verhältnisse dauert die Tagströmung nur 5, die nächtliche aber 17 Stunden. Damit wird die totale Luftversetzung hangabwärts rund 7 mal grösser als die der Gegenrichtung.

Die Oberflächentemperatur des Seewassers misst im Mittel $7,2^{\circ}$, die umliegenden meteorologischen Stationen registrieren eine mittlere Luftwärme von $0,8^{\circ}$. Den ganzen Tag über, an unsern Schönwettertagen vielleicht nur mittags ausgenommen, ist das Wasser wärmer als die darüber lagernde Luft. Es findet daher besonders während der Nacht eine sehr starke Wärmeabgabe des Sees statt. Dies mag der Grund dafür sein, dass die Nachtbrise zu dieser Zeit nicht wie üblich von der grössten Intensität stetig bis gegen Sonnenaufgang abfällt, sondern recht nachhaltig fast während der ganzen Nacht bestehen bleibt, wie dies in der Kurve zum Ausdruck kommt. Durch die andauernde Wärmelieferung an die Seeluft wird der Gradient nachts vergrössert, am Tage dagegen verkleinert. Der See verstärkt die Nachtbrise, schwächt indessen die Tagbrise.

Zusammenfassend ist also über den Einfluss des Sees auf die Brisen folgendes festgestellt:

Das gleichmässiger temperierte Wasser des Genfersees vermag beide Brisen sowohl im Frühjahr als auch im Sommer zu verstärken. Doch ist diese zusätzliche Komponente nur ein Teil der bedeutend einflussreicheren zwischen Berg und Tal. Im Winter ist die Wirkung des Sees kräftiger. Auch zu dieser Zeit wird die Nachtbrise verstärkt und bis zum Morgenrauen besonders intensiv durchgehalten; tagsüber aber schwächt der See die Brise, weil er nahezu ununterbrochen Wärme an die Luft abgibt und damit das Temperaturgefälle verkleinert.

Ein Stärkeverhältnis zwischen den beiden Faktoren Land-See und Berg-Tal anzugeben, ist nicht möglich. Hiezu wären noch eingehendere Beobachtungen und weitere Messungen notwendig.

2. Teil. Lokale Winde bei typischen Wetterlagen.

Die Brisen sind die Winde des heiteren Wetters. Sobald neue Einflüsse hinzutreten, oder wenn sich ihnen Gradientwinde überordnen, ändert ihre Intensität und Richtung. Sie können auch völlig verschwinden, um schliesslich von andern Strömungen abgelöst zu werden. Solche neue Verhältnisse sollen in der Folge an Hand verschiedener Beispiele besprochen werden. Die Witterungsdaten beziehen sich, sofern nichts anderes bemerkt ist, immer auf 7.30 Uhr. Neben einer kurzen Charakteristik der Wetterlage, oft auch durch ein synoptisches Kärtchen unterstützt, sind stets auch die Berichte von Rochers de Naye und Montreux-Clarens aufgeführt. Aus den Verhältnissen dieser beiden benachbarten Stationen ist eine erste Einsicht in die Witterung möglich. Doch ist hier zu wiederholen, dass die Station Rochers de Naye nicht völlig frei liegt. Ausserdem ändern die Winde dieser Gegend oft auf kürzeste Distanz; nicht selten schiebt sich z. B. über dem oberen Seebecken warme Föhnluft über Kaltluft, welche von Biswinden herangeführt wird. Überaus drastisch sind die Auswirkungen solcher Strömungen auf die Lufttrübung, bzw. auf die Fernsicht. Schichten fast völliger Undurchsichtigkeit wechseln mit klaren, wobei die Grenze oft ausserordentlich scharf verläuft³⁶⁾. Deshalb beschränken wir uns auf Beispiele, die uns klar und typisch scheinen.

³⁶⁾ Nr. 21, S. 11.

VII. Nebel und Wolken.

Tag- und Nachtwinde können bei antizyklonaler Wetterlage schwächer auftreten oder ganz unterbleiben, nämlich dann, wenn die thermische Höhenschichtung der Luft anormal geworden ist. Dies tritt namentlich ein, wenn die Atmosphäre ruhig ist und die Niederungen unter einer Nebeldecke verhüllt liegen. In der Tiefe stagniert ein Kältesee, hervorgerufen durch andauernde Abkühlung in der Höhe und Wasserdampfabgabe an der Seeoberfläche. Die Luft ist im stabilen Gleichgewicht, oben ist es potentiell zu warm, so dass sich keine Ausgleichströmungen bilden können. Nebel in den untersten Schichten der Troposphäre sind stets ein Zeichen fast völligen Mangels vertikaler Bewegungen der Luft. Solche Wetterlagen erhalten sich oft hartnäckig während Tagen; deshalb zum Teil auch das Zurücktreten der Brisen im Winterhalbjahr.

Noch extremer aber müssen die Folgen sein, wenn der Himmel über dem Nebelmeer bedeckt ist, oder ausserdem noch leichte Niederschläge fallen. Sind doch die Winde bei Bewölkung infolge Beeinträchtigung der Strahlung an sich schon bedeutend schwächer, wieder vorausgesetzt, dass kein Gradientwind die Luftmassen in Bewegung hält. Auch in diesen Fällen kann sogar Temperaturinversion bestehen, aber die nächtliche Abkühlung ist gemässiger, so dass kaum ein Abfliessen von Kaltluft stattfindet. Solche Tage sind in den Aufzeichnungen des Anemographen von Sonzier gekennzeichnet durch schwache Winde von unentschiedener Richtung und lang anhaltene Calmen. Hie und da scheint die normale Brise leicht aufkommen zu wollen, aber bald nach Beginn löscht die Bewegung wieder aus.

Zwei Beispiele vom Dezember 1932 mögen das Gesagte belegen.

Beispiel 1 (Abb. 12)

| | | |
|-----------------|--------------------|----------------|
| | 8. XII. 1932 | 9. XII. |
| Rochers de Naye | -6° S 0 l. bewölkt | -4° SW 2 Nebel |
| Montreux | -4° NE 0 hell | 1° SE 0 Schnee |

Das Zentrum der Antizyklone liegt im Norden von Schottland, doch auch in Mitteleuropa und über dem Balkan ist der Druck hoch. Es sind daneben zwei Depressionen zu verzeichnen, eine im SW des Kontinents über Spanien und dem Mittelmeer, die andere über Polen und Westrussland. Die Schweiz hat schwache Bise, Morgennebel, zunehmende Bewölkung und auf den 9. leichten Schneefall.

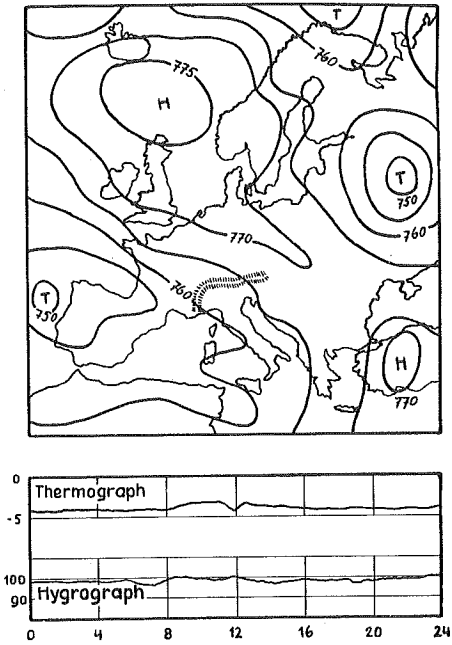


Abb. 12. 9. XII. 1932.

Am 8. ist es in der Höhe potentiell zu warm. Die Temperatur steigt langsam an, in Montreux stärker als auf Rochers de Naye. Ab 15 Uhr tritt Windstille ein und hält auch während des ganzen 9. an. An diesem Tag stagniert die untere Nebelgrenze auf 1300 m. In Les Avants bleibt sich die Temperatur während des ganzen Tages gleich, und auch die relative Feuchtigkeit schwankt konstant um 100. Wolken und Nebel verhindern das Aufkommen lokaler Brisen vollständig.

Beispiel 2

14. XII. 1932

15. XII.

| | | |
|------------------|----------------------------|------------------------------|
| Rochers de Naye | 1° S 0 bew.; Nebelm. 800 m | 2° S 0 l. bew. Nebelm. 900 m |
| Les Avants 986 m | 5,6° bewölkt | 4,7° l. bewölkt |
| Montreux | 3° SE 0 bedeckt | 4° NE 0 bedeckt |

Über dem Kontinent ist der Luftdruck hoch, das Maximum liegt auf Südrussland. Eine kräftige Depression hat ihr Zentrum bei Island. Über die Schweiz streichen leichte Winde aus dem SW-Quadranten. Die Wetterlage ist sehr stabil. Die Niederung ist von einer Nebeldecke eingehüllt, deren oberer Rand bei 900 m steht; darüber ist der Himmel bedeckt. Es besteht andauernde Tempe-

raturinversion, der Unterschied zwischen Höhen- und Talstation beträgt nur 2—3°. In Les Avants ist die Feuchtigkeit 60—70 %.

Am 14. wehen in Sonzier Winde von ganz unentschiedener Richtung, doch erreicht ihre Geschwindigkeit nur 0,8 m/sec; ausserdem schieben sich Calmen von einstündiger Dauer ein. Die Nacht ist windstill. Am 15. beherrschen wieder Winde aller Richtungen das Anemogramm, die während des hellen Tages durch mehrere 1- bis 1 $\frac{3}{4}$ -stündige Stillen unterbrochen sind. Die Geschwindigkeiten messen nur 0,3 m, in der Nacht 0,8 m/sec.

Bei nebliger Witterung vermögen keine Brisen aufzukommen. Die Ruhe ist vollständig, wenn unter einer Hochnebeldecke feuchte Luft stagniert. Lagert über der Tiefe ein Nebelmeer und ist dabei die Höhe bewölkt, so verzeichnet der im Nebel stehende Anemograph leichte Luftbewegungen unentschiedener Richtung, welche durch längere Calmen unterbrochen werden.

VIII. Abkühlung.

Wenn die Gipfelpartien stark abgekühlt werden, kann es geschehen, dass auch tagsüber Kaltluft talwärts fliesst, dass also der Hangaufwind gar nicht zur Ausbildung gelangt; der Nachtwind setzt sich kontinuierlich auch über den heiteren Tag fort. Auch hierfür ist ruhige Atmosphäre Voraussetzung. Diese Erscheinung tritt am ehesten auf, wenn die Höhen schneebedeckt sind, und daher dort eine intensive Ausstrahlung erfolgt, während gleichzeitig die Temperatur der Seeoberfläche einige Grade über dem Nullpunkt steht. Ein ähnlicher Wind wurde von FOREL bereits von den flacheren Ufergehenden um Morges beschrieben. Es ist der *morget de neige*, welcher zeitweise den täglichen Wechsel zwischen Land- und Seebrise unterbricht³⁷⁾. Doch scheint der *morget de neige* häufiger vorzukommen als der nichtperiodische Hangabwind in Sonzier. In den 6 hydrologischen Jahren 1931/37 war er nur ganz selten. Dagegen kommt es oft vor, dass sich durch scharfen Temperaturrückgang der Tagwind nur sehr schwach oder überhaupt nicht ausbildet. Bis ein Bergwind von messbarer Stärke auch während des hellen Tages durchbricht, müssen offenbar die Voraussetzungen besonders günstig sein. Ist dies einmal der Fall, so

³⁷⁾ Nr. 8, I. S. 310.

wehen bereits am folgenden Tag wieder die periodischen Hangauf- und -abwinde, auch wenn die Verhältnisse im übrigen ähnlich geblieben sind. Hiefür zwei Beispiele:

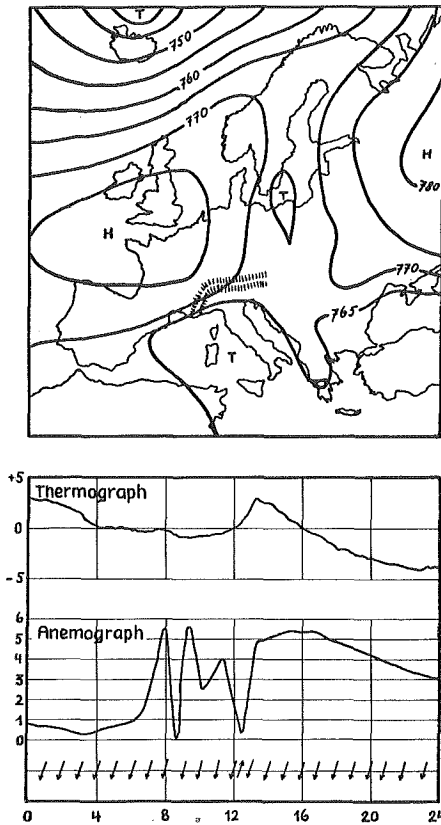


Abb. 13. 10. I. 1933.

Beispiel 3 (Abb. 13)

| | | |
|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | 9. I. 1933 | 10. I. |
| Rochers de Naye | -3° N 0 Regen, Schneehöhe 60 cm | -9° N 1 Nebel |
| Montreux | 1° SW 0 stark bewölkt | 2° SE 0 l. bew. |

Ein Hochdruckgebiet liegt über Mittel- und Westeuropa mit Zentrum über dem Kanal, eine schwache Depression nimmt den Raum von Italien ein. Die Schweiz zählt noch zur Antizyklone und hat nur schwache nördliche Winde. Nach Schneefall in der Höhe ist die Temperatur stark gesunken.

Dieser Wetterlage zufolge verzeichnet Sonzier während des ganzen 10. NNE-Wind. Er hat tagsüber 5,5 m/sec Geschwindigkeit. Nur nach 8.00 Uhr, zur Zeit wo sonst die Tagbrise einzusetzen

pflegt, setzt er kurz aus. Auch zwischen 12.00 und 12.40 Uhr wird er unterbrochen, wobei ein ganz schwacher SSW-Tagwind aufzukommen versucht. Die Kaltluftströmung setzt sich durch die ganze Nacht hindurch fort, ihre Stärke fällt gegen den folgenden Morgen des 11. nach und nach auf 1,7 m/sec. Obwohl der 11. noch etwas kälter ist, zirkulieren die Brisen wieder in gewohntem Rhythmus.

Beispiel 4

| | 15. X. 1934 | | 16. X. | |
|-----------------|-------------|---------|----------|--------------------------|
| Rochers de Naye | 2° SW 3 | bedeckt | -5° NE 1 | stark bewölkt, Neuschnee |
| Montreux | 14° N 1 | bedeckt | 3° NE 0 | stark bewölkt |

Über Westeuropa liegt kräftiger Hochdruck, auch die Schweiz gehört noch in diese Zone. Eine flache Tiefdruckmulde hat ihr Zentrum über dem Adriatischen Meer, eine mächtige Zyklone in Nordrussland. Nachdem am 15. vormittags noch stürmisches und regnerisches Wetter herrschte, fiel im Laufe des Nachmittags die Temperatur um rund 10°, und es gab Schnee bis auf 500 m herab. Am 16. wehen nur schwache Gradientwinde unbestimmter Richtung.

Von 10.00 Uhr an strömt die Luft langsam aus nördlicher Richtung hangabwärts. Einige 1- bis 1½-stündige Calmen unterbrechen diesen Kaltluftabfluss. 16.00 Uhr verstärkt sich die Bewegung auf 2 m/sec, welche Geschwindigkeit sie bis Mitternacht beibehält, um dann auf den Morgen des 17. sukzessive auf 1,5 m/sec abzunehmen. Auf den 17. steigt das Barometer, die Temperatur bleibt sich gleich, Tag- und Nachtbrisen lösen sich wieder ab.

Dieses andauernde Abfließen von Kaltluft wird z. B. auch im Arosener Hochtal beobachtet. Es ist dort in den Wintermonaten häufig, weil die Ausstrahlung und Abkühlung im oberen Talabschnitt fast immer überwiegt. In der Talsohle ist die Strömung konstanter und stärker als am Hang³⁸⁾.

Bei scharfem Temperaturrückgang und Schneebedeckung in den hohen Lagen vermag die Tagbrise nicht aufzukommen. Der Nachtwind setzt sich den ganzen Tag über als Kaltluftströmung kontinuierlich fort. Doch ist diese Erscheinung im Gebiete der Baye de Montreux relativ selten.

IX. Kaltlufteinbrüche.

Dass die Erscheinung des kontinuierlichen Hangabwindes nicht nur bei ruhiger Wetterlage mit fallender Temperatur, sondern be-

³⁸⁾ Nr. 27, S. 95.

sonders auch bei Kaltlufteinbrüchen auftritt, liegt auf der Hand, denn die Kaltluft ist relativ schwer, passt sich daher dem Gelände an und sinkt talwärts. Barisch zuströmende Luft dieser Art verbindet sich in unserm Untersuchungsbezirk mit der Nachtbrise, eliminiert indessen die normale Tagbrise.

Kälterückfälle haben ein barisches Minimum im S der Schweiz zur Voraussetzung. Die aus N und E heranreichende Luft ist als kalter und trockener Biswind bekannt. Besonders in der Westschweiz ist die Bise berüchtigt, erreicht sie doch in Genf eine besondere Häufigkeit und Stärke. Die Luftmassen scheinen durch Jura und Alpen wie in einen Trichter hineingepresst zu werden, wobei die Verringerung des Querschnittes der Luftbahn notwendig auch ein kräftigeres Strömen zur Folge haben muss. Demgegenüber ist die Gegend von Montreux eher durch die vorgelagerten Gebirgszüge vor der Bise geschützt, so dass sie hier nicht so häufig registriert wird wie am andern Ende des Sees.

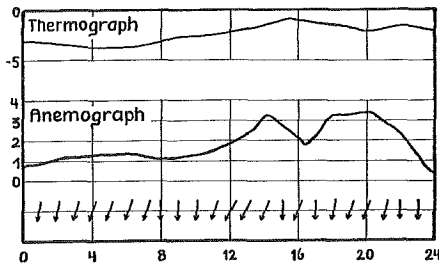
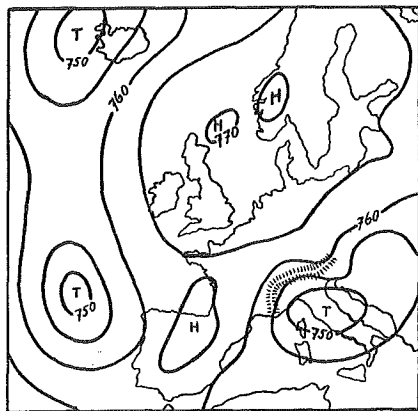


Abb. 14. 8. X. 1936.

Beispiel 5 (Abb. 14)

| | 6. X. 1936 | 7. X. | 8. X. |
|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Rochers de Naye | 1° SW 0 hell | -7° NE 3 Nebel | -8° NE 2 Schnee |
| Montreux | 9° N 0 bedeckt | 6° N 1 st. bew. | 3° N 0 bedeckt |

Über der Nordsee ist Hoch-, über Italien Tiefdruck. Die Alpenstationen melden nördliche Winde.

Der Kaltlufteinbruch geschieht schon am 7. An diesem Tage ist die Wetterlage der des 8. schon ähnlich. Winde aus dem NE-Quadranten herrschen vor, doch gibt es in Sonzier zwischen 11.00 und 16.00 Uhr Andeutungen von SW-Wind. Klarer ist hingegen die Bewegung am 8. Das Anemogramm verzeichnet andauernd N, die gewöhnliche Tagbrise vermag nicht aufzukommen. Nach den Aufzeichnungen von Les Avants ist bei fallender Temperatur auch die interdiurne Wärmeschwankung klein.

Beispiel 6

| | 23. XI. 1933 | 24. XI. |
|-----------------|--------------------|-----------------------|
| Rochers de Naye | -2° S 1 l. bewölkt | -3° SW 1 Nebel |
| Montreux | 5° NE 0 hell | 7° SE 0 stark bewölkt |
| Genf | | 6° NE 1 bedeckt |

Am 22. steht das Thermometer von Rochers de Naye noch auf 0°, in Montreux-Clarens werden 5° registriert. Auf den 23. und 24. wird es kälter, während sich eine dem Beispiel 5 ungefähr analoge Wetterlage ausbildet. Der auf Rochers de Naye verzeichnete SW ist wohl zufällig, er entspricht der klaren N-Lage nicht. Immerhin ist in diesem Falle der barische Gradient kleiner als dort; er beträgt am 24. 1,1 mm, am 8. X. 1936 2,8 mm (auf 111 $\frac{1}{3}$ km). Wieder verzeichnet der 24. fast ausschliesslich N-Wind. Aber er ist etwas schwächer, und hie und da versucht eine andere Richtung hereinzuspielen. Die Ausbildung dieses kontinuierlichen N-Windes mag unterstützt worden sein durch den Umstand, dass vom 23. auf den 24. in der Höhe etwa 2 cm Schnee gefallen sind.

Streicht Luft über Gebirgskämme, so werden sich die Stromlinien dem Gelände anschmiegen, oder sie werden noch oben, auch seitwärts abgelenkt. Ein turbulentes Strömungsbild ist die Folge, beidseits des Kammes resultieren oft Wirbel. Auf der Luvseite biegt ein Teil der anfallenden Luftmasse vor dem Berghang wieder nach unten ab, gleitet als Rückkehrströmung abwärts, um in einer gewissen Entfernung erneut in die Höhe zu streben und sich mit der Hauptströmung zu verbinden, so dass ein vollständiges, in einer Vertikalebene stehendes Zirkulationssystem vorliegt. Ähnlich im Lee. Dort streicht die bewegte Luft horizontal weiter und saugt unter sich einen Hangaufwind an, wieder als Teil einer in sich geschlossenen Zirkulation.

Es erhebt sich die Frage, ob sich in unserm Gebiet bei nördlichen Winden eine derartige rückläufige Strömung ausbilden kann.

Gemäss den orographischen Verhältnissen würde es sich um einen Leewirbel, also um eine Hangaufströmung handeln. Diese Bewegung ist zum vornherein zeitweise als Tagbrise vorhanden. Die Tagbrise wird also sicher durch Gradientwinde aus NE gefördert. Die Frage, ob es sich von Fall zu Fall um Tagbrise oder Rückströmung handelt, ist irrelevant; die beiden Komponenten vereinigen sich zu ein- und derselben Erscheinung. In der Tat lässt sich auch in zahlreichen Fällen von N- und NE-Lagen die normale Tagbrise erkennen. Bei Nacht dagegen müsste die Rückströmung, sofern sie durchdringt, der Normalbrise entgegenstehen. Trotz sorgfältigster Durchsicht der Anemogramme und Gegenüberstellung mit den barischen Winden konnte kein einziges, wirklich eindeutiges Beispiel einer solchen nächtlichen Rückströmung gefunden werden. Sie scheint also nur sehr selten, oder überhaupt nicht vorzukommen. Dieser Befund ist verständlich. Der in Betracht kommende Gradientwind ist seiner Natur nach relativ kalt. Er vereinigt sich also am Gebirgskamm unmittelbar mit der normalen nächtlichen Hangabwärtsbewegung der Brise und ist in diesen Fällen nicht von jener zu unterscheiden. Diese Feststellungen decken sich u. a. mit den Überlegungen von SCHMAUSS, der seinerseits darauf hinwies, dass das Herabkommen des Gradientwindes auf der Leeseite erleichtert wird durch die von unten ausgehende Saugwirkung³⁹⁾. So sind denn auch die Fälle von nördlichen Winden und gleichzeitiger Nachtbrise zahlreich. Wenn sich eine rückläufige Strömung ausbilden sollte, hätte die barische Luftströmung im Lee horizontal, vielleicht sogar schräg aufwärts weiter zu ziehen. Es müsste sich also um relativ warme Luft handeln, die sich über das kühlere Tal hinüber schöbe. Dies geschieht nicht, da es sich ja um zufließende Kaltluft handelt.

Es wird weiter unten zu zeigen sein, dass Rückkehrströmungen bei Warmlufteinbrüchen häufig vorkommen.

Bei nördlichen Winden, welche in der Regel mit Kaltlufteinbrüchen zusammenhängen, prägt sich die allgemeine Windrichtung auch unserer Talschaft auf. Nachts, oft aber auch während des ganzen Tages herrscht in Bodennähe derselbe Wind wie in der Höhe; Hangaufwinde kommen am hellen Tage höchstens andeutungsweise vor, verschwinden aber stets rasch wieder.

³⁹⁾ Nr. 28, S. 512.

Der erwähnte herabkommende N-Wind hat eine kleinere Geschwindigkeit als die Bise von Genf. So meldet z. B. das Wetterbulletin für den 8. X. 1936 (Beispiel 5): Genf NNE 2, Montreux N 0. Beim Absteigen verliert die Bise einen Teil ihrer kinetischen Energie, sie wandelt sich um in thermische Energie. In der Tat steht die Temperatur von Montreux oft um 1° über jener von Genf (Beispiel 6).

LUGEON hat darauf hingewiesen, dass die Fernsicht über dem oberen Genfersee bei Nordwind schlecht ist. Die kalte Luft mischt sich mit der wärmeren, bewirkt Kondensation und damit Trübung der Atmosphäre ⁴⁰⁾.

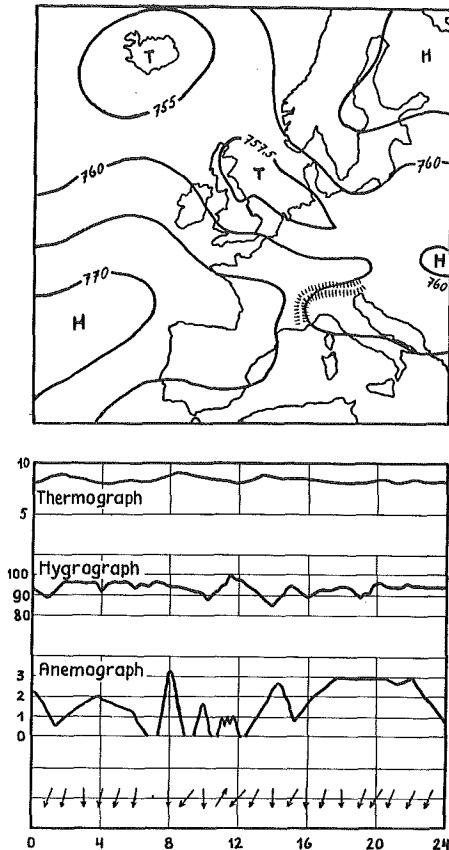


Abb. 15. 12. VIII. 1936.

⁴⁰⁾ Nr. 21, S. 12.

X. Regendriften.

Der vorherrschende Wind unseres Gebietes und des Landes überhaupt ist der Südwest, der sudois der Westschweiz. Bei starkem Südwestwind wird die Seeoberfläche aufgewühlt, und die Wellen schlagen hart an die NE-Ufer. Von den Hängen über Montreux aus gesehen leuchten die sich überschlagenden Wellenkämme weiss auf, daher auch etwa die Bezeichnung vent blanc. Die Gegend des Haut Lac, also auch Montreux, ist gegen den Südwest etwas geschützt; die Savoyer Alpen legen sich ihm als hinderndes Bollwerk in den Weg. Nur wenn die Drift mehr aus W heranzieht, gleitet sie ungebremst über die Weite des Sees heran.

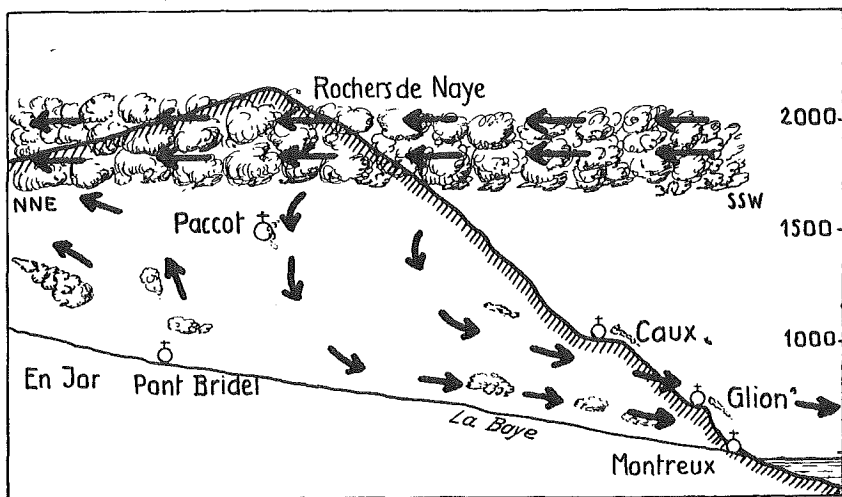


Abb. 16. Windverhältnisse am 12. VIII. 1936.

Der Südwest ist Regenwind. Er hat seinen Ursprung über dem Atlantischen Ozean, ist also relativ warm und feucht. Dichtes Gewölk zieht in der Regel am Himmel dahin, und nicht selten regnet es während des ganzen Tages. Dem lokalen barischen Gradienten, sofern ein solcher überhaupt besteht, ist der allgemeine übergeordnet. Brisen sind deshalb unterbunden, der Grosswetterwind beherrscht die Talschaft.

Beispiel 7 (Abb. 15, 16)

| | | | |
|-----------------|----------------|------|----------------|
| | 12. VIII. 1936 | | |
| Rochers de Naye | 3° | SW 1 | Regen |
| Montreux | 13° | SE 0 | Regen |
| | | | Gradient 2,1 m |

Bei andauerndem Südwest ein ausgesprochener Regentag. Es bot sich uns Gelegenheit, die Verhältnisse während des ganzen

Tages an Ort und Stelle zu beobachten und zudem eigene Kontrollmessungen mit dem transportablen Anemometer durchzuführen. Der untere Wolkenrand glitt auf rund 1600 m dahin. In Sonzier strömte die Luft aber Tag und Nacht aus N oder NNE, was auch auf der Zeichnung zum Ausdruck kommt. Es handelt sich also um eine ausgesprochene Rückkehrströmung. Nur von 10.30 bis 11.30 Uhr kam schwach und mit mehrfachen Unterbrüchen etwas Südwest auf.

In den Gorges du Chauderon zogen Nebelschwaden talwärts gegen den See. 100 m über der Bachrinne war der Luftzug am kräftigsten, nämlich andauernd 2—3 m/sec, gegen nur 0,5 m unten. Der Rauch der Rochers de Naye-Bahn konnte auf der Strecke zwischen Caux 1000 m und Paccot 1400 m recht gut beobachtet werden; er wurde stets talwärts verweht. Bei P. 1036.7 Caux schien der Luftzug von besonderer Intensität zu sein. In Glion wurde bei P. 655.9 der Rauch eines Hauskamins direkt hangabwärts getrieben, indessen die Wolken 1000 m höher an den Rochers de Naye und über den Col de Jaman gleichmässig Richtung NE zogen. Nur im Raume von Paccot war die Bewegung unentschieden. In den hinteren Talpartien, bei Pont Bridel, dagegen stiegen massige Nimbusfetzen senkrecht in die Höhe, und in den Wäldern En Jor lenkte sie der Gradientwind nach NE ab. Aus allen diesen Beobachtungen geht hervor, dass die Umkehr ungefähr auf Kote 1200 über Pont Bridel ansetzt. Bei Winden anderer Stärke wird naturgemäss die Umkehrstelle weiter nach unten oder oben verschoben sein. Dies das Bild in grossen Zügen. Es ist in Abb. 16 festgehalten. In Wirklichkeit werden die Verhältnisse, durch das unstete Relief bedingt, stellenweise noch wesentlich verwickelter liegen.

Die Luftströmung ist in Wäldern merklich schwächer, ja oft überhaupt nicht spürbar, um so kräftiger aber in freiem Wiesengelände. Sie ist also nicht nur eine Sache der bodennahen Luftschicht, was auch im Hinblick auf die Art ihrer Entstehung durchaus gegeben ist.

Die Beobachter der meteorologischen Stationen erklären, dass solche rückläufige Strömungen bei SW-Lage an der Tagesordnung seien. Kaminrauch und Nebelschwaden führen oft eine absonderliche, gegenüber den Wolken fundamental veränderte Bewegung aus. Die Rückströmung war an diesem Tage durchaus nicht nur auf den Talausgang zwischen Sonzier und Glion beschränkt. Mit dem Reiseanemometer durchgeführte Messungen an der Strasse Sonzier-Chernex ergaben durchgehend NW-Strömung in der Stärke von 1,5 bis 2 m/sec.

Die Umkehr der Hauptdrift ist klimatisch von höchwichtiger Bedeutung. Bei dieser Lage geschieht aller Luftersatz von oben. Da es sich nicht wie bei der Nachtbrise um ein einfaches Abfließen von Kaltluft handelt, sondern um eine den Massen aufgedrängte Bewegung, muss eine dynamische Erwärmung eintreten, die Luft wird relativ trocken und warm. In der Tat lösten sich die von Pont Bridel abwärts streichenden Nimbussetzen in den unteren Talabschnitten langsam auf.

Die meteorologische Station Les Avants scheint an diesem Tage gerade noch in der Zone der absteigenden Luftmassen gelegen zu haben. Trotz Regen beträgt die relative Feuchtigkeit fast den ganzen Tag über etwa 95 %, mit Ausnahme von 10.30 bis 12.00 Uhr, also gerade jener Zeitspanne, während welcher der direkte Südwest durch das Tal herauf zog. Auch die Temperaturkurve senkt sich gleichzeitig um 1°, was an sich wenig, aber doch überaus charakteristisch ist.

Beispiel 8

23. VII. 1935

| | | | | |
|-----------------|-----|------|---------------|-----------------|
| Rochers de Naye | 6° | SW 1 | stark bewölkt | |
| Montreux | 17° | N 0 | stark bewölkt | Gradient 1,0 mm |

Die Zyklone hat ihr Zentrum w der Bretagne, die Antizyklone über Polen. Es handelt sich also um eine ähnliche barische Lage wie im vorstehenden Beispiel. Sonzier verzeichnet trotz ganztägiger SW-Drift konstant NE-Wind von 1,4 bis 2,8 m/sec. Die Geschwindigkeit erreicht ihr Maximum über Mittag, am schwächsten ist sie abends und in den frühen Morgenstunden des 24. Auch in diesem Falle handelt es sich um rückkehrende Wirbel. Ein Unterschied ist gegenüber Beispiel 7 auffallend: dort weht der Gradientwind aus SW, die lokale Strömung, orographisch bedingt, aus N und NNE; hier kommt die Hauptdrift fast genau aus W, die Umkehrströmung aus NE. Mit der Drehung der Hauptrichtung bewegter Luftmassen dreht sich auch ihre lokale Komponente.

Beispiel 9

16. I. 1934

| | | | | |
|-----------------|-----|------|---------------|-----------------|
| Rochers de Naye | -7° | SW 2 | Nebel | |
| Montreux | 4° | NE 0 | stark bewölkt | Gradient 2,8 mm |

Auch an diesem Tag ist die allgemeine Wetterlage ähnlich jener von Beispiel 7, aber der Gradient ist wesentlich grösser. Tag und Nacht kommt die bewegte Luft über dem Tal der Baye aus SW, mit Geschwindigkeiten, die zwischen 3,0 und 4,4 m/sec schwanken. Doch scheinen immer NE-, also rückläufige Abzweigungen auf-

kommen zu wollen. Daraus geht hervor, dass bei schwächerer Luftversetzung, d. h. bei einem Gradienten bis ca. 2,8, die lokal bedingte Umwandlung der laminaren in eine zirkulierende Bewegung erfolgt. Dem entspricht die Feststellung in Beispiel 7, wo bei einem Gradient von 2,1 mm über Mittag kurz SW aufkam, d. h. zu einer Zeit, da unter andern Bedingungen die Tagbrise bald ihr Maximum erreicht. Bei grösserer Windstärke prägt sich die barische Bewegung auch der Talschaft auf, wie besonders auch im folgenden Beispiel zu zeigen sein wird. Es gibt also dann überhaupt keine lokale Richtungsänderung mehr.

Beispiel 10

| | | |
|-----------------|--------------|-----------------|
| | 1. XII. 1935 | |
| Rochers de Naye | -3° SW 3 | Nebel |
| Montreux | 9° S 2 | bedeckt |
| | | Gradient 3,5 mm |

Wieder ist eine barisch ähnliche Lage wie in Beispiel 7 gewählt. Doch ist in diesem Falle das Tief noch ausgeprägter, nämlich nur 720 mm. Daher der kräftige Gradient.

Über Sonzier und über die ganze Talschaft der Baye weht ein frischer und anhaltender WSW-Wind. Seine mittlere Geschwindigkeit beträgt 5,5 m/sec, steigert sich aber in der Nacht auf den 2. zeitweise gegen 30 m/sec. Lokale Ablenkungen kleinsten Ausmasses mögen noch durch Häuser, Hangvorsprünge usw. verursacht werden; davon abgesehen aber ist das ganze Gebiet in die allgemeine direkte Drift miteinbezogen. Geschwindigkeiten von diesem Ausmass sind auch bei Gewittern häufig, nur dauern sie nicht so lange an.

Schwache SW-Winde lösen im Tal der Baye de Montreux rückläufige Strömungen aus, die sich in einem grossen Teil der Talschaft entwickeln, und deren Stärke jener des Gradientwindes kaum nachsteht. Sie sind in etwa 100 m Höhe über dem Talweg am kräftigsten, im engen Talboden selbst wenig spürbar. Bei grösseren barischen Gradienten dagegen ist auch die gesamte Talschaft in die allgemeine Drift-richtung miteinbezogen.

Mit den erwähnten rückläufigen Luftbewegungen hängt auch die relative Seltenheit der SW-, und die grosse Häufigkeit der NE-Winde von Montreux zusammen (Tab. 1). Jene 44,3 % NE enthalten daher nicht nur die Nachtbrisen.

XI. Föhn.

Der obere Genfersee und seine Uferlandschaften stehen auch unter dem Einfluss des Föhns, hier la vaudaire genannt. Aus dem Rhonequertal heraus, also aus SSE, streicht er über den Haut Lac und gegen die Ufer von Montreux und Vevey. Selten ist er über Lausanne hinaus spürbar. Meist handelt es sich um Zyklonalföhn, der allerdings vom Hochdruckföhn nicht immer scharf zu trennen ist.

a) Zyklonalföhn

Das Tal der Baye de Montreux wird durch diesen Wind rechtwinklig getroffen; die Wirkung steht daher jener im Haupttal nach, und wir haben zum vornherein lokale Modifikationen des Normalföhns zu erwarten. Doch die vaudaire ist bekannt bis hinauf nach Les Avants und ebenfalls am Fusse der Verraux bei Béviaux und Les Pontets. Die Instrumente registrieren den Temperaturanstieg und die grosse Lufttrockenheit, also die charakteristischen Merkmale dieses Windes. Im noch stärker abgeschirmten Jor macht er sich dem Menschen selten bemerkbar.

Beispiel 11 (Abb. 17)

| | | | | |
|-----------------|--------------|------|----------------|-----------------|
| | 19. XI. 1933 | | | |
| Rochers de Naye | 5° | S 2 | leicht bewölkt | |
| Les Avants | 8,5° | — | — | |
| Montreux | 5° | NE 0 | Nebel | Gradient 2,2 mm |

Eine typische Föhnlage! Die Temperatur steht auf Rochers de Naye ebenso hoch wie in Montreux; es ist also in der Höhe sehr warm, für Stationen des Alpenkammes bei Föhn eine häufige Erscheinung. Trotz deutlicher S-Lage steht die Windfahne von Sonzier während des ganzen 19. und bis in die Morgenstunden des 20. auf N. Die E-Richtung ist selten angedeutet, etwas häufiger jene aus S und W. Der durchaus vorherrschende lokale N-Wind hat tagsüber mittlere Geschwindigkeiten von 2,0 (14.00 Uhr) bis 3,3 m/sec (17.00 Uhr), nachts 0,9 m/sec. Auch in diesem Falle strömt also die Luft gegen die allgemeine Richtung als rückläufige Abzweigung über die Station und ihre nähere Umgebung. Dass sie von N, und nicht wie eine gewöhnliche Nachtbrise aus NNE heruntersteigt, ist verständlich, weht doch der Normalwind aus S. Die Temperaturverhältnisse unterstützen diese Entwicklung. Der Föhn schiebt sich vorerst als Warmluft über jene der Talschaft hinweg, so dass die Zirkulation in der Vertikalebene leicht zustande kommen muss ⁴¹⁾.

⁴¹⁾ Nr. 20, S. 47 uff.

Durch die Rückläufigkeit ist auch die Temperaturgleichheit, in andern Fällen die Temperaturähnlichkeit unserer Berg- und Talstationen mitbedingt.

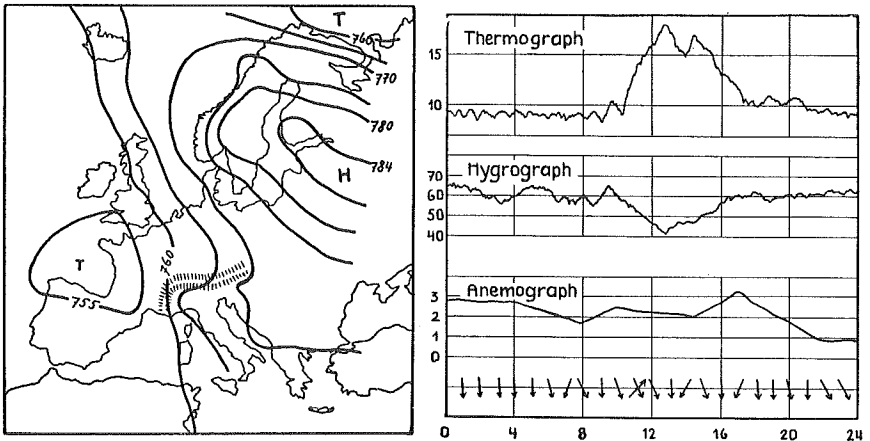


Abb. 17. 19. XI. 1933.

Mit dem Einsetzen der Besonnung steigt die Wärme normal an; die relative Feuchtigkeit fällt bis gegen 40 %. Dieser tiefe Wert, wie auch die Tatsache, dass Baro- und Hygrogramme bedeutend mehr Schwankungen als üblich aufweisen, ist nur dem allerdings indirekten Föhneinfluss zuzuschreiben.

Wir fanden unter den 6jährigen Aufzeichnungen nur undeutliche Beispiele, bei denen vorerst rückläufige Strömung, und später, nach Herabsteigen des Föhns, fast andauernder S-Wind durch Sonzier zu gehen schien. Der Föhn als eigentlich strömender Wind wird in diesem Tal nur selten aufkommen, was durch dessen besondere orographische Lage bedingt ist. Der Hauptzugrichtung vorgelagerte Bergsporne — Tour d'Aï, Mt. d'Arvel und Caux — bedingen auch bei vorheriger Bodennähe ein Wiederhochgehen der bewegten Luft. Es ist wohl nicht anzunehmen, dass das Herabsteigen des Föhns durch im Tal lagernde Kaltluft verhindert wird, wie dies in den eigentlichen Föhntälern der Fall ist, denn das längere Stillliegen der Kaltluft ist angesichts des starken Gefälles der Taltschaft nicht wahrscheinlich. Auch das in den typischen Föhntälern beim Durchbruch der Strömung charakteristische sprunghafte Steigen der Temperatur tritt hier nicht ein.

Der nächtliche, aus N kommende Hangabwind hat kaum etwas mit Nachtbrise zu tun, denn die Höhenluft ist auch nachts relativ warm; es tritt demzufolge kein Abfließen von Kaltluft ein.

Beispiel 12

16. XI. 1933

| | | | | |
|-----------------|-----|------|---------------|-----------------|
| Rochers de Naye | -3° | S 1 | Schnee (1 cm) | |
| Montreux | 7° | SW 2 | bedeckt | Gradient 2,7 mm |

Bei barischem Hochdruck über Mittelmeer und Balkan und Tiefdruck w der Bretagne herrscht in der Schweiz Föhn. Die S-Richtung dringt zwischen 11 und 17 Uhr auch in Sonzier durch, in der Nacht aber verzeichnet die Station N-, zeitweise auch etwas W-Wind. Der Gradientwind prägt sich also dem Talhang in diesem Falle wenigstens tagsüber auf.

Der vertikale Temperaturgradient ist grösser als im vorangehenden Beispiel, aber noch nicht überadiabatisch, so dass es sich nicht um eigentlichen Föhnfallwind handeln kann. Ebensowenig kann es dem Föhn vorgelagerte und nun abziehende Kaltluft sein, da die Bewegung ja bergaufwärts geht. Als Hauptursache für das Herabsteigen des direkten Föhnes gegen die Talsohle ist hier wohl nur der verstärkte barische Gradient anzunehmen.

Ganz analog der SW-Lage zeigt sich auch bei Tiefdruckföhn, dass bei schwachem Gradientwind die für das Gebiet charakteristischen Luvwirbel entstehen. Mit zunehmender Windstärke kann der direkte Föhn auch in Sonzier zeitweise auf den Boden absteigen, zum mindesten während des hellen Tages. Ob also der Föhn absteigt oder sich nur teilweise als rückläufige Strömung in unser Tal abspaltet, scheint auch von der Grösse des barischen Gradienten abzuhängen.

b) Antizyklonalföhn

Beispiel 13 (Abb. 18)

27. IX. 1935

| | | | |
|-----------------|------|------|------|
| Rochers de Naye | 8° | S 0 | hell |
| Les Avants | 5,3° | — | hell |
| Montreux | 7° | NE 0 | hell |

Über den Alpen lagert mit ihrem Scheitel eine Antizyklone, Räume tiefen Druckes sind die Baltischen Staaten und das Gebiet s Island. Die Schweiz hat grösstenteils heiteres Wetter.

Es ist ein Tag mit ausgesprochenem Hochdruckföhn, wie er z. B. von STREIFF-BECKER beschrieben wurde ⁴²⁾. Die Luft ist ruhig, unsere Stationen melden nahezu Windstille. Über kühlerer Boden-

⁴²⁾ Nr. 30, S. 71.

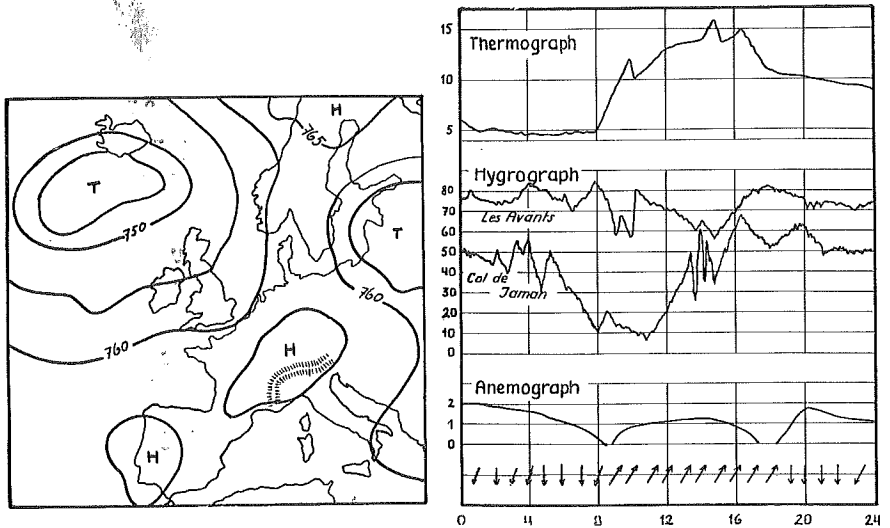


Abb. 18. 27. IX. 1935.

luft lagert die Warmluft der Antizyklone, es besteht Temperaturinversion. Col de Jaman, 1521 m, liefert besonders eindrucksvolle Aufzeichnungen: die relative Feuchtigkeit fällt am Vormittag ausserordentlich stark und steht um 11.00 Uhr auf 6! Die Luft ist also nahezu absolut trocken. Es muss eine Vertikalströmung bestehen, wobei der Druck weniger in kinetische, als in thermische Energie umgewandelt wird, welche die Erwärmung und diese ausserordentliche Trockenheit zur Folge hat. In dem 155 m tiefer gelegenen Les Pontets fiel die relative Feuchtigkeit an diesem Tage ebenfalls und stand um 10.00 Uhr auf 40 % minimal, um nachher wieder anzuwachsen. Weitere 383 m tiefer, in Les Avants, 983 m, wurde um 10.00 und 15.00 Uhr 57% registriert, in Caux, 1084 m, zu den selben Zeitpunkten 60 %. Gegen die Tiefe zu nehmen also die Föhneinflüsse ab. Der Windmesser von Sonzier verzeichnet von 8.50 bis 18.30 Uhr normale Tagbrise aus SW, darauf bis am andern Morgen Nachtbrise aus NNE! Der Hochdruckföhn beschränkt sich auf die atmosphärischen Schichten über ca. 800 m. Darunter, in der Unterschicht der Kaltluft, pulsieren die gewöhnlichen Schönwetterbrisen.

Ganz ähnlich lagen die Verhältnisse am 9. IX. 1935. Die relative Feuchtigkeit fiel auf Col de Jaman um 9.30 Uhr auf 11 %, in Les Avants stand sie zur selben Zeit auf 85 %, und Sonzier registrierte an diesem Tage reine Tag- und Nachtbrisen.

Sowohl am 27. IX. 1935 als auch am 9. IX. 1935 folgten keine gewöhnlichen Talföhne; der Föhn erlosch im Antizyklonalstadium.

Bei Antizyklonalföhn wird die Luft durch vertikales Absinken warm und ausserordentlich trocken. Gegenüber den tieferen Lagen besteht Temperaturinversion. Doch in Sonzier ist der Föhn nicht spürbar; die normalen Schönwetterbrisen wehen Tag und Nacht.

Auch hier haben wir von der Vielzahl der Beispiele nur einige wenige, typische dargestellt. In Wirklichkeit gibt es mancherlei Übergänge und Abarten, die zu untersuchen über den Rahmen dieser Arbeit hinausginge.

Der Einfluss des Hochdruckföhnes auf die Landschaft ist oft überaus drastisch. Das gilt insbesondere für die Schneeschmelze. Wenn sowohl in den Höhenlagen als auch unten im Tal nur einige Zentimeter Schnee liegen, kommt es bei Antizyklonalföhn vor, dass die Schneedecke der oberen Regionen weggeschmolzen wird, während sie in Les Avants und Sonzier noch bleibt. Ähnlich bei Zyklonalföhn: Frisch gefallener Schnee wird durch die Vaudaire wieder aufgelöst, aber am längsten bleibt er im föhnarmen Jor liegen.

Vorliegende Studie wurde im Rahmen des Arbeitsprogramms der Station scientifique de la Baye de Montreux durchgeführt. Herr Dr. O. LÜTSCHG, Direktor des Instituts für Gewässerkunde der Eidgenössischen Technischen Hochschule stellte mir das reiche Beobachtungsmaterial und die Instrumente zur Verfügung. Hiefür, wie auch für sein stetes Interesse an meiner Arbeit, spreche ich ihm meinen herzlichsten Dank aus. Mein Dank gilt auch Herrn RUD. BOHNER, Assistent, für seine tatkräftige Mithilfe bei der Beschaffung des Materials.

Schriftenverzeichnis.

1. — Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt, Zürich
2. BARSCHALL, H.: Über die Gebirgswinde in den mittleren Vogesen, M. Z. 1919, S. 137.
3. BILLWILLER, R.: Der Walliser Talwind und der tägliche Barometergang, M. Z. 1915, S. 423.
4. DORNO, C.: Grundzüge des Klimas von Muottas-Muraigl (Oberengadin). Eine meteorologisch-physikalisch-physiologische Studie, Braunschweig 1927,
5. EKHART, E.: Zur Aerologie des Berg- und Talwindes, B. Ph. A. 1931, S. 1.
6. — Weitere Beiträge zum Problem des Berg- und Talwindes, B. Ph. A. 1931, S. 242.
7. — Neuere Untersuchungen zur Aerologie der Talwinde, B. Ph. A. 1934, S. 245—268.
8. FOREL, F. A.: Le Léman, 3 Bände, Lausanne 1892.
9. FREY, H.: Die lokalen Winde am Zürichsee. Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 128. Stück, Zürich 1926.
10. FRÜH, J.: Geographie der Schweiz, 3 Bände, St. Gallen 1938.
11. GAGNEBIN, E.: Montreux-Moléson, Carte spéciale Nr. 99, 1 : 25 000, Commission géol. de la S. H. S. N.

12. GUTERSOHN, H.: Sonnenstrahlung und Bergschatten auf dem Gebiet der Stadt Zürich. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich, LXXIX 1934, S. 1—11.
13. HADER, F.: Wesen, Umfang und Methoden einer geographischen Klimakunde, Zeitschrift für Erdkunde, 1936, S. 345.
14. HANN, J. - SÜRING, R.: Lehrbuch der Meteorologie, 4. Auflage, Leipzig 1926.
15. HETTNER, A.: Vergleichende Länderkunde, III, Leipzig 1934.
16. JELINEK, A.: Untersuchung periodischer Tageswinde in Südtirol, B. Ph. A. 1934, S. 223—244.
17. KLAINGUTI-SCHAUMANN, H.: Über die Windverhältnisse des Engadins, speziell den Malojawind, M. Z. 1937, S. 289—295.
18. KOPFMÜLLER, A.: Der Land- und Seewind am Bodensee. Das Wetter. 1922. S. 97.
19. KOTTWITZ, G.: Der Schwarzwald im Regenwetter. Ein Beitrag zur neueren klimatologischen Methodik, Tübingen 1935.
20. LEHMANN, O.: Zur Geschichte der Föhntheorie. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich, LXXXII 1937, S. 45—76.
21. LUGEON, J.: Variation de la transparence de l'atmosphère dans la région du lac Léman. Bulletin de la société vaudoise des sciences naturelles, Lausanne 1921, p. 11—13.
22. — Notice sur la trombe et la crue de la Baye de Montreux du 2 août 1927. Bulletin de la société vaudoise des sciences naturelles, Lausanne 1928.
23. LÜTSCHG, O.: La Baye de Montreux. Annales de l'Institut fédéral de recherches forestières, vol. XIX, p. 184—208, Zürich 1935.
24. MAURER, J.: Temperaturabnahme mit der Höhe in den Schweizer Alpen, M. Z. 1908, S. 246.
25. MAURER, J., BILLWILLER, R. und HESS, C.: Klima der Schweiz, 2 Bde., Frauenfeld 1909.
26. PARDÉ, M.: Les études hydrométéorologiques de M. O. LÜTSCHG dans le bassin de la Baye de Montreux. La Météorologie. 3/1937, p. 171, Paris.
27. PEPPLER, W. und GOETZ, P.: Pilotballonvisierungen in Arosa im Winter 1929/30, B. Ph. A. 1931, S. 81—128.
28. SCHMAUSS, A.: Zur Entstehung der Tal- und Bergwinde, M. Z. 1931, S. 511 bis 512.
29. SCHULTZ, H., Beiträge zur neuen Theorie des Berg- und Talwindes. Zeitschrift für angewandte Meteorologie, 1933 S.
30. STREIFF-BECKER, R.: Die Föhnwinde. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich, LXXVIII 1933, S. 66—82.
31. WAGNER, A.: Hangwind, Ausgleichströmung, Berg- und Talwind, M. Z. 1932, S. 209.
32. — Neue Theorie des Berg- und Talwindes, M. Z. 1932, S. 329.
33. WENGER, R.: Zur Theorie der Berg- und Talwinde, M. Z. 1923, S. 193.
34. Wetterberichte der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt.
35. Top. Atlas der Schweiz 1:25000, Blätter 457, 464, 465.

(M. Z. = Meteorologische Zeitschrift,

B.Ph. A. = Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre.)