EXPERIMENTE ZUM FÖHN

VON

Dr. PAUL CZERMAK,

PROF. IN INNSBRUCK.

Mit 3 Textfiguren.

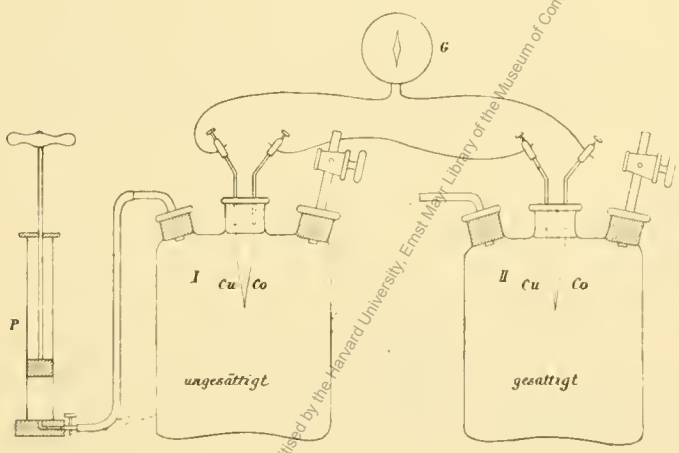
(VORGELEGT IN DER SITZUNG AM 23. MAI 1901.)

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Anlässlich eines Vortrages[1] über den Föhn habe ich einige experimentelle Demonstrationsmittel benützt, welche sowohl für diesen Zweck recht gute Dienste leisteten, als auch für eine weitere Verfolgung von Details in den Föhnerscheinungen geeignet erscheinen.

Um die Erwärmung und Abkühlung ungesättigter und gesättigter feuchter Luft bei adiabatischer Compression und Expansion vorführen zu können, bediente ich mich folgender Einrichtung. Zwei ganz gleiche Wulf'sche Flaschen (Fig. 1) I. und II. von 1 Liter Inhalt, sind die eine mit gewöhnlicher Zimmerluft gefüllt, die andere hat am Boden etwas Wasser ausgebreitet, um die Luft stets mit Wasserdampf gesättigt zu erhalten. Die drei Tubulaturen sind dann, die erste mit einem winkelig gebogenen Glasrohre und die dritte mit einem Glashahne versehen. In der zweiten, (mittleren) Öffnung ist aber ein Thermo-Element eingesetzt. Dieses stelle ich stets aus 1 *mm* breiten und 5 *cm* langen Streifen von Kupfer Cu und Constantenblech Co her. Solche Bleche auf 0·02 *mm* Dicke ausgewalzt lieferte mir Heräus in Hanau. Die Bleche sind an dicke Kupferdrähte gelöthet und diese beiden Löthstellen werden in den Kork, welcher im Flaschenhalse sitzt, mit Klebwachs eingekittet. Überhaupt sind alle Tubulaturen mit in Klebwachs ausgekochten Korken verschlossen und mit heißem Klebwachs vergossen.

Fig. 1.



[1] Aulavortrag, gehalten am 26. Februar 1901.

Die freie Löthstelle ragt frei ins Innere der Flasche. Eine kleine einstiefelige Hahnluftpumpe, von ungefähr 50 cm^3 Inhalt, wird dann durch einen Schlauch mit jeder der beiden Flaschen, der Reihe nach, verbunden. Bei einem Aufzuge des Kolbens wird die Luft um ungefähr 5 Procent verdünnt. Die Thermo-Elemente beider Flaschen sind hintereinander geschaltet und mit einem Edelmann'schen Galvanometer (System D'Arsonval, kleines Modell) verbunden. Dieses Instrument, mit einem Gehänge von kleinem Widerstand für Thermoströme versehen, eignet sich sehr gut zu diesem Zwecke. Ich setzte nur statt des Deckglases im Glassturze eine Linse mit ungefähr 2 *m* Brennweite (Brillenglas) ein und projicierte so den Faden einer Glühlampe von 32 Kerzen auf eine transparente Scala, welche weithin bei mäßiger Dunkelheit sichtbar ist. Diese Einrichtung ist so empfindlich, dass es genügt, den an die Flasche gesteckten verschlossenen Schlauch mit der Hand zusammenzuquetschen, um eine Ablenkung im Sinne einer Erwärmung zu bekommen. Zieht man den Pumpenkolben einmal ganz hinauf, so muss man das Galvanometer mit einem Nebenschluss von mindestens $^1/_2$ Ohm versehen, um den Ausschlag innerhalb der Scala zu halten. Der Ausschlag geht stets rasch zurück, und wenn thermisches Gleichgewicht eingetreten ist, kann man rasch den Hahn der Tubulatur 3 öffnen, worauf eine gleich große Erwärmung eintritt. Setzt man jetzt den Schlauch an die zweite Flasche mit der gesättigten Luft, so fallen die Ausschläge wesentlich kleiner aus, ungefähr im Verhältnis von 3 : 2. Verbindet man nun durch ein *T*-Stück beide Flaschen gleichzeitig mit der Pumpe und schaltet das Thermo-Element der Flasche mit gesättigter Luft in umgekehrter Richtung ein, so bekommt man beim Aufziehen der Pumpe die halbe Verdünnung in jeder Flasche und einen Ausschlag, der dem Unterschiede ungesättigter und gesättigter Luft bei gleicher Ausdehnung entspricht; er geschieht immer im Sinne der ungesättigten Luft.

Ich gebe hier die Zahlen eines solchen Versuches an.

	Flasche I ungesättigte Luft	Flasche II gesättigte Luft	Differenz
Verdünnung	332 Scalatheile	222 Scalatheile	110 Scalatheile
Verdichtung	356 »	227 »	129 »

	Flasche I + Flasche II Thermoelemente gegen einander	Doppelter Ausschlag
Verdünnung	52 Scalatheile	104 Scalatheile
Verdichtung	68 »	136 »

Diese Methode würde sich auch bei genügenden Vorsichtsmaßregeln und insbesonders bei sehr großen Dimensionen der Ballons zu geaueren Messungen benützen lassen. Lummer und Pringsheim[1] haben das Verhältnis der beiden specifischen Wärmen auf bolometrischem Wege mittelst feiner Drähte gemessen, doch bieten feindrahtige Thermo-Elemente vielfache experimentale Erleichterungen bei fast gleicher Empfindlichkeit.

Fig. 2.

Um nun noch den Verlauf der Luftströmungen beim Übersteigen eines Gebirgskammes zeigen zu können, verfertigte ich mir das genaue und ein dreifach überhöhtes Profil einer Föhnstraße. Ich sägte dasselbe aus einem fingerdicken Brettchen aus und fasste es (Fig. 2) zwischen zwei Glasstreifen *G*.

[1] Wiedemanns Annalen Bd. 64, p. 555. 1898.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

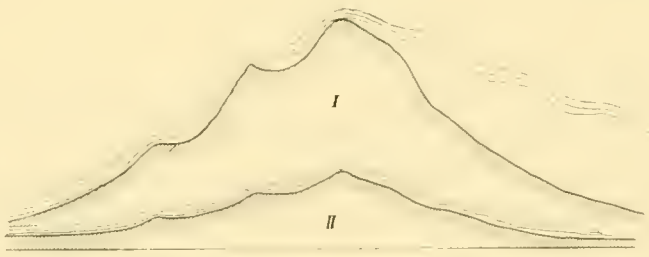
An dem einen Ende ist eine Kappe aus Carton angebracht, welche in ein weiteres Glasrohr *R* mündet. Oberhalb ist ein beweglicher Deckel *D* angebracht, den man schließen oder beliebig weit heben kann. Beschickt man dieses Modell mit Rauch, am besten mit Chlorammonium, welcher leichter als Cigarrenrauch ist, so kann man das Profil bedecken und dann langsam beim Rohre *R* ansaugen. Ich bediente mich einer Wasserstrahlpumpe, der ein großer Glasballon von 20 Litern Inhalt vorgeschaltet war, um die Ungleichmäßigkeit des Saugens auszugleichen.

Hebt man den Deckel um so viel, dass man nicht einwenden kann, das Profil sei in einem geschlossenen Rohre und die Luft müsse daher den ganzen Querschnitt ausfüllen und alle Conturen des Profils mitmachen, so kann man sehr hübsch den Vorgang des Lufttransportes durch ein saugendes Minimum im Alpenvorlande verfolgen. Ein kleiner Blechschieber *s* gestattet noch die Saugwirkung mehr am Boden, oder über eine größere Höhenausdehnung wirken zu lassen. Es zeigt sich nun, dass bei dem natürlichen Profile, selbst bei raschem Saugen, die Störungslinien genau alle Contouren ausfüllen. Sie runden sich nach aufwärts immer mehr ab und nirgends ist beim Übergange von der Luv- zur Leeseite ein abstehender Stromfaden zu sehen. Man könnte nun meinen, dass dies bei dem specifisch doch etwas schwereren Rauch natürlich sei, weil er einfach die Böschung herabrinnt. Man kann aber sehr leicht zeigen, dass die Stromlinien der Luft denselben Verlauf haben. Man braucht nur den Rauch, wenn er schon recht dünn ist, mit einem hackenförmigem Drahte auf der Luvseite etwas zu zerstören, so sieht man dann einzelne Rauchfäden in verschiedenen Höhen, aber ganz parallel unter einander und parallel zum Profile vorüberziehen.

Quetscht man den Schlauch, der zur Pumpe führt, mit der Hand rasch zu, so tritt eine Schwankung des ganzen Luftstromes nach rückwärts ein, ähnlich wie der Rückstoß beim hydraulischen Widder. Verengt man aber den Schlauch nur etwas, so dass die Saugwirkung schwächer wird und führt dies in rythmischer Weise aus, so bilden sich wellenförmige Linien in der Strömung aus, besonders an den Kammübergängen.

Bei dem dreifach überhöhten Modelle treten schon einige Abweichungen ein. Hier bilden sich bei rascher Strömung in den Ecken und hinter den Kämmen Windschatten aus. Beim Übergang über den Kamm legt sich die Strömung nicht an die Böschung an, sondern geht in geringerer Neigung weiter. Am auffälligsten tritt dies hervor, wenn man wieder durch periodisches Verengern des Schlauches die Saugwirkung beeinflusst. Es bildet sich dann an jedem Kamme eine wimpelartige Fahne aus (Fig. 3) Profil I, während dieselbe Erscheinung beim natürlichen Profile II anliegt. Da die einem Minimum zuströmende Luft gewiss auch nicht mit gleichmäßiger Wirkung zufließt, so vermuthe ich, dass die periodische Heftigkeit der Föhnstöße oft in der veränderlichen Saugwirkung ihre Ursache findet.

Fig. 3.



Alle diese Erscheinungen kann man einem größeren Zuhörerkreise sichtbar machen, wenn man diese Modelle einfach in den divergenten Lichtkegel einer Projectionslaterne stellt und auf den Schirm den Schatten entwirft. Die Profile waren $^1/_2$ *m* lang und stellte ich dieselben im ersten Drittel des Abstandes vom Projectionskopf bis zum Schirm auf, so dass der Schatten dreifach vergrößert war. Der Rauch bildet sich dann als dunkle Wolken und Fäden über der schwarzen Silhouette des Profils ab.

Wenn man den Verlauf dieser Strömungsversuche beobachtet hat, so wird der Einwand, welchen Hébert[1] gegen die Hann'sche Föhntheorie erhob, sofort widerlegt. In der Richtung der Tangente des

[1] Atlas météorologique de France, tome VIII.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

höchsten Kammstückes geht die Strömung selbst bei dem überhöhten Profile niemals weiter, sie senkt sich immer mehr oder weniger. Bei dem natürlichen Profile tritt aber stets ein vollkommenes Anschmiegen ein.

Von besonderem Interesse wäre es auch, das vollständige Relief eines ganzen Föhngebietes zu besitzen. Dieses unter passenden Schutzwänden angebracht und mit Rauch beschickt, müsste beim Ansaugen längs einer horizontalen Spalte deutlich die Wege zeigen, auf welchen die Luftströmungen an der Luvseite zu- und durch welche Thäler sie an der Leeseite abfließt. Würde man dies Modell gegen die saugende Spalte drehen können, so könnte man die Föhnstraßen bei verschiedener Windrichtung studieren. Zur Ausführung dieses Versuches fehlte es mir leider bis jetzt an Zeit und Mitteln.

Indem ich hoffe, dass diese Experimente vielleicht zu weiterem Studium und Schlüssen von Detailvorgängen beim Föhn Anlass geben könnten, theile ich dieselben mit verhältnismäßiger Ausführlichkeit mit.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Denkschriften der Akademie der Wissenschaften.Math.Natw.Kl. Frueher: Denkschr.der Kaiserlichen Akad. der Wissenschaften. Fortgesetzt: Denkschr.oest.Akad.Wiss.Mathem.Naturw.Klasse.

Jahr/Year: 1901

Band/Volume: 73

Autor(en)/Author(s): Czermak Paul

Artikel/Article: Experimente zum Föhn. (Mit 3 Textfiguren). 63-66