



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik

Müller, Johann Heinrich Jacob

Braunschweig, 1894

239. Heisse Winde

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96939](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96939)

ist leicht einzusehen. Die westlichen Winde kommen über das Meer zu uns und überziehen den Himmel meistens mit einer Wolkendecke, welche sowohl die Erwärmung des Bodens durch die Sonnenstrahlen bei Tag, als auch die Erkaltung desselben durch Ausstrahlung der Wärme bei Nacht verhindert. Im Sommer ist die Wirkung der Sonnenstrahlen bei Tag, im Winter dagegen ist die nächtliche Strahlung überwiegend, die Wolkenhülle hindert also im Sommer die stärkere Erwärmung, im Winter die stärkere Erkaltung des Bodens. Dagegen werden im Sommer diejenigen Winde eine grössere Wärme bringen, welche den Himmel heiter machen, während im Winter gerade bei heiterem Himmel die grösste Kälte eintreten muss.

239 **Heisse Winde.** Da die Luft ihre Wärme grossentheils von dem Boden empfängt, auf welchem sie ruht, so ist es begreiflich, dass die Temperatur der Winde von der Beschaffenheit der Gegenden abhängt, von welchen sie herkommen. Winde, welche von den mit Schnee und Eis bedeckten Polar-Gegenden kommen, bringen eine niedrige Temperatur mit, und selbst im Sommer ist in unseren Gegenden der erkaltende Einfluss der Nordostwinde nicht ganz verwischt. Obgleich der Nordost den Himmel heiter macht und die kraftvolle Einwirkung der Sonnenstrahlen in dieser Jahreszeit ermöglicht, so findet um diese Zeit doch die grösste Hitze statt, wenn Ost- und Südostwinde wehen.

Die Meeresoberfläche wirkt im Allgemeinen ermässigend auf die Temperatur der Luft, weil das Wasser selbst die Wärmestrahlen weniger absorbirt als das Festland, und weil eine bedeutende Wärmemenge bei der auf dem Meere fortwährend stattfindenden Verdunstung gebunden wird.

Wo die Sonnenstrahlen nahe rechtwinklig auf einen nicht durch eine Pflanzendecke geschützten Fels- oder Sandboden fallen, da wird der Boden ausserordentlich stark erhitzt werden, und diese hohe Temperatur wird sich auch der Luft mittheilen, welche auf dem erhitzten Boden ruht; es ist deshalb begreiflich, dass die Winde, welche von vegetationslosen Wüsten der Tropen oder ihren benachbarten Landstrichen kommen, sich durch eine hohe Temperatur auszeichnen.

Die von der Wüste her wehenden heissen und trockenen Winde führen in verschiedenen Gegenden verschiedene Namen. In Arabien, Persien und den meisten Gegenden des Orients wird dieser heisse Wind Samum (Giftwind) genannt; in Aegypten, wo er im Frühjahr ungefähr 50 Tage lang weht, heisst er Chamsin (fünfzig), an den westlichen Grenzen der Sahara in Senegambien und Guinea führt er den Namen Harmattan.

Alle Berichte stimmen darin überein, dass sich die Annäherung der Wüstenwinde schon durch eine Verdüsterung des sonst in jenen Gegenden reinen Horizontes ankündigt. Die Luft verliert ihre Durchsichtigkeit, die Sonne ihren Glanz und, blasser als der Mond, wirft sie keine

Schatten mehr, das Grün der Bäume erscheint als schmutziges Blau. Es rührt dies von den Sand- und Staubtheilchen her, welche der Sturm in die Höhe jagt und mit sich fortführt. Gerade dieser Umstand aber trägt dazu bei, die Temperatur der Luft so sehr zu erhöhen; denn wenn der oft bis zu 62°C . erhitzte Sand in die Höhe gejagt wird, so geben die einzelnen Sandkörnchen bald einen Theil ihrer Wärme an die Luft ab, deren Temperatur dadurch auf 42 bis 47°C . steigt. Dazu ist die Luft ungemein trocken; deshalb verschwindet rasch der Schweiß von der Oberfläche des Körpers, der Gaumen wird trocken, die Respiration schwierig. Ebenso ist das Wasser, welches die Reisenden der Wüste in Schläuchen mit sich führen, unter dem Einfluss des Samums einer raschen Verdunstung ausgesetzt. Nur durch diese Trockenheit, nicht etwa durch eigenthümlich giftige Bestandtheile, wie man wohl früher glaubte, ist der Samum gefährlich.

In ähnlicher Weise wie bei den Sandwüsten von Asien und Afrika zeigen sich heisse Winde überall da, wo mehr oder weniger vegetationslose Landstriche eine starke Erhitzung des Bodens gestatten. So sind in Neuholland die vom Lande her kommenden Winde fast immer sehr trocken und heiss.

Im südlichen Europa finden wir noch sehr heisse Winde, so den Sirocco in Italien, welcher zu Palermo öfters das Thermometer im Schatten bis auf 45°C . steigen macht. Dieser Wind entsteht auf der östlichen Seite der barometrischen Minima in Italien, und bringt, da er von südlich gelegenen Theilen des Mittelländischen Meeres weht, sehr warme und feuchte Luft mit sich. Ferner weht in Italien, namentlich in Sicilien, häufig ein sehr trockener und heisser Wind, welcher von Afrika herüberkommt und nicht selten einen rothen feinen Sand mit sich führt, der vermuthlich der Sahara entstammt. Auch im Atlantischen Ocean weit von der Küste entfernt, sowie in Spanien kommen diese trockenen, Staub mit sich führenden Winde vor.

Ein in neuerer Zeit vielfach besprochener warmer und zugleich trockener Wind ist der Föhn, welcher als eine locale Erscheinung vorzugsweise in den nordöstlichen Abhängen der schweizerischen Alpen auftritt. Das eigentliche Föhngebiet umfasst den unteren Theil des Vorderrheinthals, den Prättigau, das Rheinthal von Chur bis gegen Altstätten hin, das Thal von Bludenz (Vorarlberg), die Kantone Appenzell, Glarus, Uri, Schwyz, die östliche Hälfte von Unterwalden und theilweise das Berner Oberland und das obere Rhonethal. Manchmal werden auch noch dem eigentlichen Föhngebiete benachbarte Gegenden von föhnartigen Winden getroffen.

Die eigentlichen Föhnzeiten sind Herbst, Winter und Frühling. Im Sommer erscheint der Föhn am seltensten und am schwächsten.

Nach den Aussagen der Einwohner der genannten Gegenden frisst der Föhn im Winter den Schnee weg, er bringt die warmen Frühlingstage, er trocknet das Heu auf den Alpen und reift die Trauben in den

Bündner Thälern. In den Häusern wird das Feuer des Heerdes oder des Ofens sorgsam gelöscht. In vielen Thälern ziehen die Feuerwachen von Haus zu Haus, um sich von jenem Auslöschen zu überzeugen, da bei der Ausdörrung alles Holzwerkes durch den Wind ein einziger verwahrloster Funke grosses Brandunglück stiften kann. Die beste Auskunft über die physikalische Natur des Föhns verdankt man den innerhalb des Föhngebietes gelegenen schweizerischen meteorologischen Stationen.

Trotz der grossen Trockenheit, welche während eines Föhnsturmes in den Thälern herrscht, ist der Himmel doch bewölkt und mit dem Nachlassen des Föhns stellt sich Regen- oder Schneefall ein.

Das Barometer fällt während eines Föhnsturmes tief unter seinen mittleren Stand. Die Richtung der Föhnstürme geht vorzugsweise von Süd nach Nord oder von Südost nach Nordwest.

Die hohe Temperatur und die Trockenheit des Föhns hat die Meinung hervorgerufen, als sei er ein die Alpen überschreitender trockener Wüstenwind und demzufolge suchte man den Ursprung des Föhns in der Sahara. Diese Meinung erhielt eine weitere Stütze dadurch, dass nach den geologischen Untersuchungen von Desor und Escher von der Linth die Sahara jüngeren Alters ist, d. h. dass sie sich erst in einer späteren geologischen Periode über das Niveau des Meeres erhob, was dann eine Erhöhung der Temperatur Europas und die Reduction der früher viel ausgedehnteren Gletscher in den Alpen zur Folge gehabt haben soll; kurz man brachte den Föhn mit dem Aufhöreu der Eiszeit in einen causalen Zusammenhang.

Gegen diese Ansicht trat zuerst Dove auf, indem er darauf hinwies, dass die von der Sahara aufsteigende trockene Luft in Folge der Rotation der Erde im Allgemeinen nicht nach Norden, sondern nach Nordosten hin abfliessen müsse, also nicht die Alpen, sondern das östliche Europa und Westasien treffen müsse, dass nur in Ausnahmefällen die Luft von der Sahara nach den Alpen gelangen könne, dass also der Föhn auf einen vom Atlantischen Ocean her über Europa dahin wehenden Aequatorialstrom zurückzuführen sei. Nach den sorgfältigen Untersuchungen, welche namentlich von Hann über die Ursachen des Föhns angestellt worden sind, müssen wir ihn als eine Folge der über Mittel- und Nordeuropa in west-östlicher Richtung ziehenden barometrischen Depressionen ansehen. Wir haben gesehen, dass bei dem Herannahen einer nördlich vorüberziehenden Depression der Wind zunächst von Norden weht. Wenn dieses in den Alpenländern der Fall ist, so wird aus den nördlich der Alpen liegenden Gegenden die Luft nach Norden hingezogen, und zum Ersatz muss aus den südlichen Thälern die Luft über die Alpenkämme sich hinweg, und dann in die Thäler hinunterbewegen, wobei aber zunächst das Barometer auf der Nordseite der Alpen tief unter seinen gewöhnlichen Stand heruntersinkt. Auf den Südabhang der Alpen kann sich aber dieses Sinken des Barometers nicht erstrecken, weil die Partien des Wirbelsturmes, welche über Norditalien gegen den Wall der Alpen

anprallen, hier in ihrem Fortgang aufgehalten, eine Stauung der Luft veranlassen werden.

Sehr schön wird dies durch die Untersuchungen Dufours über den Föhnsturm vom 23. September 1866 erläutert. Nach seinen Zusammenstellungen stand das Barometer an jenem Tage

an den Nordwestküsten Europas um	15 bis 22 mm	} unter dem Mittel
im mittleren und südlichen Deutschland um	10 „ 17	
in der ebenen Schweiz um	6 „ 14	
in den nördlichen Alpenthälern um	4 „ 10	
auf den hochgelegenen Stationen der Alpenkette um	0,7 bis 1,4 mm	} über dem Mittel
zu Athen um	4 „ 5	

Auf der einen Seite der Alpenkette stand also an jenem Föhntage das Barometer unter, auf der anderen Seite stand es über dem Mittel.

Auch über die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse während jenes Föhnsturmes geben uns Dufour's Untersuchungen Auskunft. In der folgenden kleinen Tabelle (ein Auszug aus der weit umfassenderen von Dufour gegebenen) findet man angegeben, wie hoch an den genannten Orten das Thermometer über und um wie viel Procent der Feuchtigkeitsgehalt während des Föhns am 23. September unter dem Mittel aus den drei vorhergehenden und den drei folgenden Tagen stand.

	Temperatur	Feuchtigkeit
Basel	+ 3,8° C.	— 9 Proc.
Schwyz	+ 6,5	— 29 „
Altdorf	+ 6,6	— 16 „
Gotthard	+ 0,9	
Faido	— 0,7	+ 14 „

Zu Faido im Ticinothal, südlich vom Gotthard, war also am 23. September 1866 während des Föhnsturmes die Temperatur der Luft niedriger, der Feuchtigkeitsgehalt aber bedeutender als an den drei vorhergehenden und den drei folgenden Tagen, während nördlich vom Gotthard entschieden das Gegentheil stattfand. Während des fraglichen Föhntages war die Temperatur und der Barometerstand im Mittel zu

	Thermometer	Barometer
Altdorf	21,8° C.	719 mm
St. Gotthard	5,2	593 „
Faido	14,0	701 „

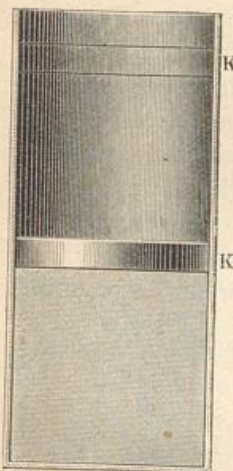
es war also zu Altdorf um 16,6° C. wärmer als auf dem Gotthard, während die mittlere Jahrestemperatur für Altdorf die des Gotthard nur um 10° C. übertrifft.

Die hohe Temperatur und Trockenheit des Föhns in den nördlichen Alpenthälern ist, wie dies von mehreren Naturforschern angedeutet, na-

mentlich aber von Wild und von Hann ausgeführt worden ist, auf den Umstand zurückzuführen, dass die vom Kamm des Gebirges sich rasch ins Thal hinabsenkende Luftmasse eine namhafte Verdichtung und in Folge der dabei frei werdenden Wärme eine Temperaturerhöhung erfährt.

Wir wollen dies an einem speciellen Beispiel nachweisen. Die von Süden her gegen die Alpen anstürmende Luftmasse ist genöthigt, an dem Südabhange des Gebirges in die Höhe zu steigen, mit diesem Aufsteigen ist aber eine Ausdehnung, also auch eine Wärmebindung und eine Temperaturerniedrigung verbunden, welche aber zum Theil dadurch neutralisirt wird, dass die Abkühlung der mit Feuchtigkeit gesättigten Luft eine theilweise Condensation von Wasserdämpfen, also

Fig. 362.



auch ein Freiwerden der Wärme zur Folge hat. So kommt es denn, dass an dem genannten Föhntage die Temperatur-Differenz zwischen Faïdo (nur wenig höher gelegen als Altdorf) und dem Gotthard nur $14 - 5,2 = 8,8^{\circ} \text{C.}$ beträgt. Auf dem Kamme des Gotthards ist die Luft bei $5,2^{\circ} \text{C.}$ unter einem Barometerstand von 593 mm mit Feuchtigkeit gesättigt. Bis Altdorf herabstürzend wird die Dichtigkeit dieser Luft im Verhältniss von 539 zu 719 vermehrt und wir wollen nun berechnen, welche Temperaturerhöhung eine solche Verdichtung zur Folge haben muss.

Denken wir uns 1 Liter Luft von 593 mm Spannkraft in einem hohlen Cylinder, Fig. 362, von 1 qdm Basis durch einen bewegten Kolben *K* abgesperrt, welcher sich 1 dm hoch über dem Boden befindet, so müsste der Kolben um 1,75 cm, oder was dasselbe ist, um 0,0175 m hinabgedrückt werden, wenn die

Spannkraft der eingeschlossenen Luft bis zu 719 mm gesteigert werden soll. Die Arbeit, welche durch dieses Niederdrücken des Kolbens geleistet wird, ist nahezu dieselbe, als ob für den ganzen vom Kolben zurückgelegten Weg die Spannkraft der Luft nicht eine von 593 bis 719 mm wachsende, sondern eine gleichbleibende, dem Mittel aus den beiden Grenzwerten gleiche, also 656 mm betragende, wäre. — Um aber der abgesperrten Luft, wenn ihre Spannkraft 656 mm betrüge, das Gleichgewicht zu halten, müsste der von aussen gegen den Kolben auszuübende

Druck $103,3 \frac{656}{760} = 89 \text{ kg}$ betragen. Demnach ist die Arbeit, welche geleistet wird, wenn man den Kolben unter den erwähnten Umständen um 0,0175 m niederdrückt,

$$89 \cdot 0,0175 = 1,56 \text{ mkg.}$$

Dieser Arbeit entspricht aber eine Wärmemenge von

$$\frac{1,56}{425} = 0,00367 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Wenn einer Luftmenge von q Kilogrammen eine Wärmemenge von w Calorien mitgetheilt wird, so beträgt die dadurch hervorgebrachte Temperaturerhöhung

$$t = \frac{w}{q \cdot c} \dots \dots \dots 1)$$

in welcher Gleichung man in unserem Falle für c die specifische Wärme der Luft bei constantem Volumen, also 0,17, zu setzen hat. Setzen wir in Gl. 1) ferner $w = 0,00367$, für q das Gewicht eines Liters Luft von 593 mm Spannkraft, also $q = 0,001293 \frac{593}{760} = 0,001$ kg, so kommt

$$t = \frac{0,00367}{0,001 \cdot 0,17} = 21,5^{\circ} \text{C.},$$

indem also die Luft vom Gotthard bis Altdorf herunterstürzend im angegebenen Verhältniss comprimirt wird, müsste ihre Temperatur um $21,5^{\circ} \text{C.}$ erhöht werden, wenn alle durch diese Verdichtung entwickelte Wärme nur der comprimirten Luft selbst zukäme. Obgleich dies aber nicht der Fall ist, bleibt doch noch eine Temperaturerhöhung von $21,8 - 5,2 = 16,6^{\circ}$ für die niederstürzende Luftmasse übrig. Diese Luftmasse muss aber eine sehr trockene sein, da sie nur für $5,2^{\circ}$ mit Wasserdampf gesättigt ist.

Eine dem Föhn ganz ähnliche Erscheinung tritt an den südwestlichen Küsten des Caspischen Meeres auf (Jelinek, Zeitschrift für Meteorologie II, 161). Ein im Winter plötzlich auftretender Südwest steigert, obgleich er von dem schneebedeckten Elbrusgebirge herabweht, nicht nur die Temperatur gewaltig, sondern er trocknet alles Holz dermaassen aus, dass der Feuersgefahr wegen jedes Feuer im Lande ausgelöscht werden muss. Ein ähnliches Beispiel eines Fallwindes haben wir in der an der istrischen und dalmatischen Küste wehenden Bora. Dieselbe entsteht durch nördliche Winde, welche von den mit Schnee bedeckten nördlichen Bergen herunterwehen.

Stürme. Die Geschwindigkeit des Windes ist eine sehr veränderliche Grösse. Ein Wind, dessen Geschwindigkeit nicht über 1 m in der Secunde beträgt, ist kaum merklich. Bei einer Geschwindigkeit von 2 bis 3 m in der Secunde ist der Wind angenehm. Ein starker Wind hat 10 bis 11, ein heftiger Wind hat etwa 12 m Geschwindigkeit in der Secunde. Geht die Geschwindigkeit des Windes über diese Grenze hinaus, so wird er Sturm genannt. Die stärksten Stürme, deren Geschwindigkeit 40 bis 50 m in der Secunde (30 bis 37 geographische Meilen in der Stunde) beträgt, werden mit dem Namen Orkane bezeichnet.

Von der mechanischen Gewalt eines solchen Orkans kann man sich einen Begriff machen, wenn man bedenkt, dass er bei der angegebenen Geschwindigkeit gegen eine Oberfläche von 1 qm, welche der Richtung