



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik

Müller, Johann Heinrich Jacob

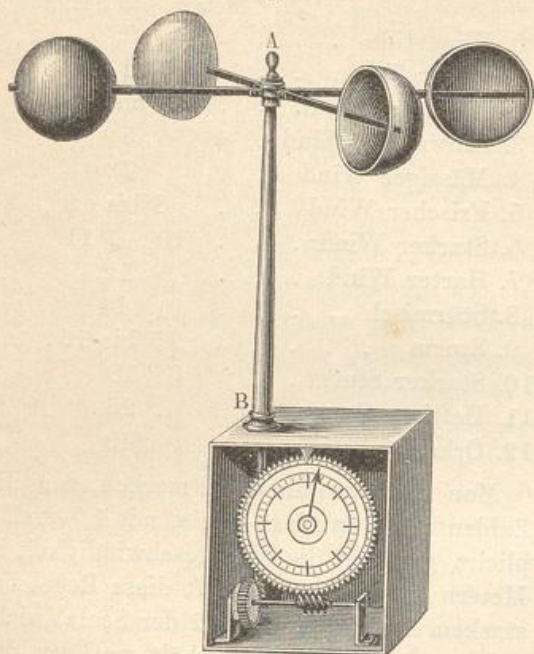
Braunschweig, 1894

234. Entstehung der Winde

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

natürlich noch eine besondere Untersuchung des Apparates, oder wenigstens eine Vergleichung mit einem bereits untersuchten erforderlich. Auf der Seewarte in Hamburg wird die Untersuchung der Anemometer in der Weise ausgeführt, dass sie mittelst einer caroussel-artigen Vorrichtung

Fig. 351.



auf dem Umfange eines Kreises von grossem Radius in rasche Bewegung von genau bekannter Geschwindigkeit versetzt werden. Durch den entgegenwirkenden Luftwiderstand, der einem Winde von derselben Geschwindigkeit entspricht, welche der Apparat erlangt hat, wird das Schalenkreuz in Bewegung gesetzt und es kann demnach beobachtet werden, wie viele Umdrehungen des Kreuzes einer bestimmten Windgeschwindigkeit entsprechen.

Andere Anemometer sind so construiert, dass durch sie der Druck des

Windes gegen eine verticale Platte gemessen wird. Der Wirkung des Winddruckes wirkt eine an der Rückseite der Platte befindliche Feder entgegen, und aus der Grösse, um welche die Feder durch den Wind zusammengedrückt wird, schliesst man auf die Stärke des letzteren.

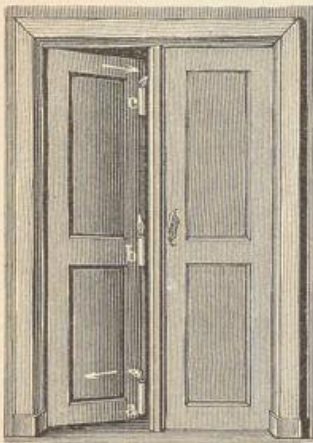
234 **Entstehung der Winde.** Wenn man im Winter die in einen kalten Raum führende Thür eines geheizten Zimmers etwas öffnet und eine brennende Kerze an das obere Ende des Spaltes hält, wie man Fig. 352 sieht, so zeigt die nach aussen gerichtete Flamme einen von dem warmen Zimmer nach dem kalten Raume gerichteten Luftstrom an. Rückt man nun mit der Kerze mehr und mehr herunter, so stellt sich die Flamme immer mehr aufrecht, ungefähr in der halben Höhe der Oeffnung steht sie ganz still, sie ist hier nicht durch Luftströmungen afficirt; bringt man sie aber noch weiter herunter, so wird die Flamme von aussen nach innen getrieben. Man sieht also, dass die erwärmte Luft oben aus- und dass dagegen unten die kalte Luft in das Zimmer einströmt.

Wie hier im Kleinen die ungleiche Erwärmung der beiden Räume Luftströmungen veranlasst, so ist auch die ungleiche stets wechselnde Erwärmung der Erdoberfläche und des über ihr schwebenden Luftmeeres die Ursache der Luftströmungen, die wir Winde nennen. Auch im

Grossen sieht man die Luft in den stärker erwärmten Gegenden aufsteigen und in der Höhe nach den kälteren abfliessen, während unten die Luft von den kälteren Gegenden den wärmeren zuströmt.

Ein einfaches Beispiel geben uns die Land- und Seewinde, welche man häufig an den Meeresküsten, namentlich aber auf den Inseln wahrnimmt. Einige Stunden nach Sonnenaufgang erhebt sich ein von dem Meere nach der Küste gerichteter Wind, der Seewind, weil das feste Land unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen stärker erwärmt wird als das Meer; über dem Lande steigt die Luft in die Höhe und fliesst oben nach dem Meere hin ab, während unten die Luft vom Meere gegen die Küsten strömt. Dieser Seewind ist anfangs schwach und nur an den Küsten selbst fühlbar, später nimmt er zu und zeigt sich dann auf dem Meere schon in grösserer Entfernung von der Küste; zwischen 2 und 3 Uhr Nachmittags wird er am stärksten, nimmt dann wieder ab, und gegen Untergang der Sonne tritt eine Windstille ein. Dann erkaltet Land und Meer durch die Wärmestrahlung gegen den Himmelsraum, das Land erkaltet aber rascher als das Meer und nun strömt die Luft in den unteren Regionen vom

Fig. 352.



Lande nach dem Meere, während in den oberen Luftregionen eine entgegengesetzte Strömung stattfindet.

Dem eben Gesagten zufolge sind die Land- und Seewinde locale, an eine tägliche Periode gebundene Erscheinungen, welche nur dann rein auftreten können, wenn sie nicht durch die allgemein herrschenden Luftströmungen gestört oder doch modificirt werden.

Selbst den Ufern grösserer Landseen, z. B. denen des Bodensees, sind die Land- und Seewinde nicht fremd; sehr merklich treten sie auch an den grossen nordamerikanischen Landseen auf.

Die in Hochgebirgen auftretenden Morgen- und Abendwinde, welche man unter dem Namen der Thalwinde zusammenfassen kann, sind eine den Land- und Seewinden verwandte Erscheinung. Wenn in den Morgenstunden die Thalsohle und die sie einschliessenden Bergwände durch die Sonnenstrahlen mehr und mehr erwärmt werden, theilt sich diese Erwärmung zunächst den unteren Luftschichten mit, welche dadurch ausgedehnt längs der Bergabhänge aufsteigen und so den Morgenwind veranlassen, während nach Sonnenuntergang die an den rascher erkaltenden Berggipfeln abgekühlte Luft sich längs der Bergabhänge in das Thal herabsenkt.

Zu den Ursachen, welche Luftströmungen, ja die heftigsten Stürme erzeugen können, ist auch eine schnelle Condensation des atmosphärischen Wasserdampfes zu zählen. Wenn man bedenkt, welch' eine ungeheure Wassermasse während eines Platzregens in wenigen Minuten

zur Erde fällt, welch' ungeheures Volumen dies Wasser eingenommen haben muss, als es noch in Dampfgestalt in der Atmosphäre schwebte, so ist klar, dass durch die plötzliche Condensation dieser Wasserdämpfe eine bedeutende Luftverdünnung bewirkt wird und dass die Luft von allen Seiten her mit Gewalt in den verdünnten Raum eindringen muss, um so mehr, als da, wo die Condensation der Wasserdämpfe stattfindet, die Temperatur der Luft durch die frei werdende Wärme erhöht und dadurch ein kräftig aufsteigender Luftstrom erzeugt wird.

Wir wollen nun zunächst untersuchen, ob allein durch die Wirkung der Erdrotation Bewegungen in der Atmosphäre oder in den Meeren entstehen können. Da jedes Luft- oder Wassertheilchen eine Drehung auf dem Umfange eines Kreises in je 24 Stunden Sternzeit ausführt, dessen Radius der kürzeste Abstand des Theilchens von der Erdaxe ist,

Fig. 353.

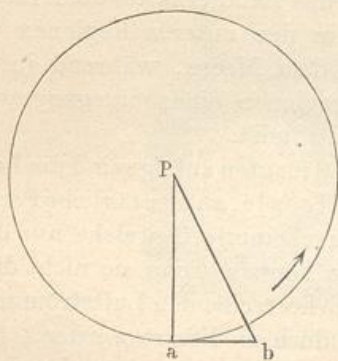
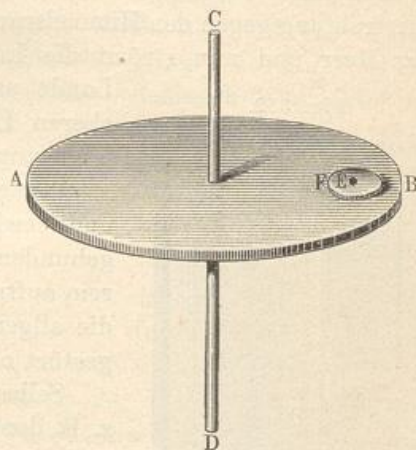


Fig. 354.



so könnte man denken, dass die Centrifugalkraft eine allmähliche Fortbewegung des Theilchens hervorrufen müsste. Es sei z. B. *a* (Fig. 353) ein in der Nähe des Nordpols *P* befindliches Luft- oder Wassertheilchen, so würde man glauben können, dass dasselbe nicht das Bestreben hat, sich in der durch den Pfeil bezeichneten Richtung im Kreise fortzubewegen, sondern in der Richtung der Tangente *ab*, nachdem es einmal in *a* diese Bewegungsrichtung erhalten hat, weiterzugehen. Folgendes Experiment zeigt, dass diese Voraussetzung unrichtig ist, und dass das Theilchen in der That nur das Bestreben hat, die Bewegung im Kreise einzuschlagen.

Es sei *AB* (Fig. 354) eine genau horizontale Platte, welche mittelst einer Centrifugalmaschine um die genau verticale Axe *CD* in Rotation versetzt werden kann. Auf der Platte befestigt man ein Stück Plan-
glas *F*, dessen Oberfläche ebenfalls genau horizontal ist, und legt auf dasselbe eine gut abgedrehte leichte Kugel *E*. Sobald man die Platte in Rotation versetzt, wird man bemerken, dass die Kugel *E* auf der Glasplatte sich fortbewegt, und zwar sich von der Axe *CD* entfernt.

Ersetzt man nun die Glasplatte F durch ein Quecksilbergefäß, und lässt die Kugel auf der Oberfläche desselben schwimmen, so bemerkt man selbst bei der stärksten Drehung des Apparates keine Fortbewegung der Kugel E , und man sieht auch sofort die Ursache davon. Die Oberfläche des Quecksilbers bleibt nämlich während der Drehung nicht horizontal, sondern stellt sich schräge in der Art, dass ihre tiefste Stelle bei F , d. h. der Axe CD am nächsten ist. Der Centrifugalkraft, welche bestrebt ist, die Kugel von der Axe CD zu entfernen, wirkt nunmehr die Schwerkraft entgegen, welche die Kugel nach dem tiefsten Punkte der Quecksilberoberfläche, d. h. in der Richtung nach der Axe CD zu treiben strebt, und die vollständige Unbeweglichkeit der Kugel zeigt, dass diese beiden Kräfte sich genau das Gleichgewicht halten.

Ganz dasselbe, was hier im Kleinen auf der Oberfläche des Quecksilbers geschieht, findet im Grossen in den Oceanen und der Atmosphäre statt. Da die Erde in Folge ihrer Rotation abgeplattet ist, so hat jedes Luft- und Wassertheilchen das Bestreben, sich in der Richtung nach dem nächsten Pole fortzubewegen, um sich dem Erdmittelpunkte mehr zu nähern; diesem Bestreben wird aber durch die Centrifugalkraft vollständig das Gleichgewicht gehalten. Die Folge davon ist, dass jedes Luft- und Wassertheilchen, falls keine störenden Ursachen stattfinden, sich in Kreisen um die Pole herum bewegt, und nicht das Bestreben hat, sich von ihnen zu entfernen oder sich ihnen zu nähern.

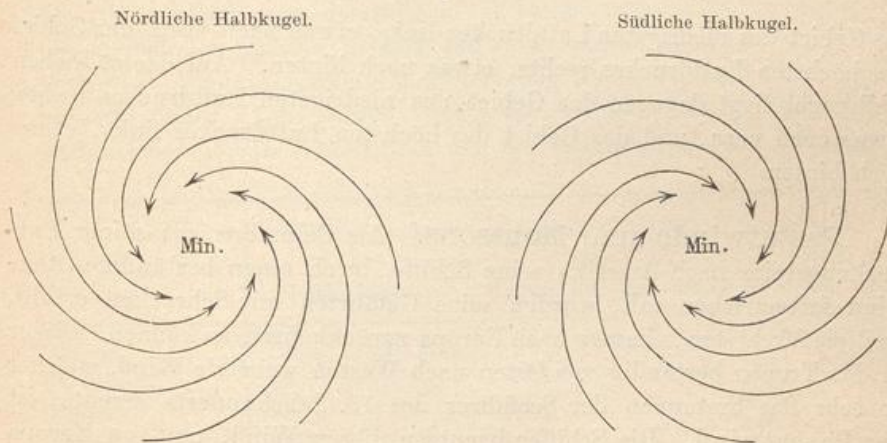
Jetzt wollen wir aber die Voraussetzung machen, dass irgend ein Lufttheilchen einen seitlichen Impuls erhalten habe, in Folge dessen es das Bestreben hat, sich auf einem grössten Kreise der Erdkugel fortzubewegen. Das Lufttheilchen befinde sich in a (Fig. 355 a. f. S.); xz sei der zu a gehörige Parallelkreis und das Lufttheilchen bewege sich in der Richtung rp . Nach Verlauf einer Zeit, die wir als äusserst klein annehmen wollen, ist der Punkt a nach b gerückt und das Lufttheilchen wird sich in einer Richtung tu bewegen, welche parallel mit der früheren Richtung rp ist.

Es sei ferner N der Nordpol, Nm ein Theil der Erdaxe, und m der Mittelpunkt des Parallelkreises xz . Es seien ausserdem ao und bo Tangenten an die durch a und b gehenden Meridiane, dann wird der Winkel $aom = bom =$ der geographischen Breite von a und b sein, die wir mit φ bezeichnen wollen. Während sich nun die Erde um ihre Axe um den Winkel $amb = \alpha$ dreht, wird sich die Richtung des Meridians von a um den Winkel $aoa' = \beta$ verändern, und es erhält also scheinbar das Lufttheilchen in seiner ursprünglichen Bewegung eine Ablenkung im Betrage des Winkels β . Von dem Mittelpunkte p des Bogens ab , welchen letzteren wir seiner Kleinheit wegen als eine gerade Linie ansehen wollen, denken wir uns noch zwei Gerade nach o und m gezogen. Es wird dann offenbar $\frac{1}{2} ab = ob \sin \frac{1}{2} \beta = bm \sin \frac{1}{2} \alpha$ sein. Da wir β und α äusserst klein voraussetzen, können wir für die Sinusse ihrer halben Bogen diese letzteren selbst setzen, und erhalten daraus die Gleichung:

Die gewöhnlichste Ursache für die Luftbewegung besteht in localen Luftdruckdifferenzen. Gesetzt, in einem Punkte *A* (Fig. 356) auf der nördlichen Halbkugel befände sich ein besonders niedriger Luftdruck, der sich durch tiefen Barometerstand kennzeichnet, so wird ein Lufttheilchen *B* das Bestreben haben, sich in der Richtung *BA* fortzubewegen. Da wir aber gesehen haben, dass auf der nördlichen Halbkugel die Bewegung der Lufttheilchen immer nach rechts abgelenkt wird, so wird die Bewegung etwa in der Richtung des Pfeiles *BC* erfolgen.

Das Buys-Ballot'sche Gesetz. Wir haben bisher die Reibungen ganz ausser Acht gelassen, welchen die Lufttheilchen in ihren Bewegungen unterworfen sind. Solche Reibungen werden in der Regel der Richtung der Bewegung genau entgegenwirken und dieselbe verzögern. Dagegen können sie nicht fortdauernd wirkende Kräfte beeinflussen, wie z. B. diejenigen, welche bestrebt sind, das Lufttheilchen *B* nach dem Orte *A* des Luftdruckminimums zu führen. Die Folge davon wird sein, dass

Fig. 357.



die Bahn, in welcher *C* sich bewegt, sich mehr und mehr nach links krümmen, und zuletzt nach *A* selbst hinführen muss.

Es werden demnach um den Ort eines barometrischen Minimums von allen Seiten Luftströmungen in spiraligen Bahnen stattfinden, welche auf der nördlichen Halbkugel nach links, auf der südlichen dagegen nach rechts gekrümmt sind, wie Fig. 357 zeigt.

Betrachten wir nun die Bewegung der Lufttheilchen in der Nähe eines barometrischen Maximums, d. h. eines Ortes, an dem der Luftdruck besonders hoch ist. Von diesem werden die Lufttheilchen sich radial nach allen Richtungen entfernen, dabei wird aber auf der nördlichen Halbkugel eine Ablenkung nach rechts, auf der südlichen nach links erfolgen. Es werden also um ein barometrisches Maximum ebenfalls spiralige Strömungen stattfinden, in der Weise, wie in Fig. 358 (a. f. S.) dargestellt ist.