er. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentru

Ueber

Barometer-Schwankungen.

Von

Dr. HERMANN PICK.

Vorträge, gehalten am 25. Februar und 4. März 1861.

r. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentru

r. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentru

Die Kenntniss des allseitigen Luftdruckes und des Bestrebens der Luft, sich mit der Umgebung stets im Gleichgewichte zu erhalten, datirt erst seit der Mitte des 17. Jahrhunderts. Zwar spricht Seneca z. B. schon „von dem Gewichte der Luft und von der Kraft, mit welcher sie sich wieder ausdehnt, nachdem sie von den Winden zusammengedrückt worden"; allein die sporadisch hie und da auftauchenden richtigen Andeutungen über das Wesen der Luft werden alsbald durch eine solche Menge unklarer und verwirrter Meinungen und Behauptungen überfluthet, dass man nirgends festen Fuss fassen kann.

Die Wirkungen des Luftdruckes treten so zahlreich und alltäglich in die Erscheinung, dass bekanntlich die Aristotelische Schule zur Erklärung derselben das Princip aufstellte: „Die Natur verabscheue den leeren Raum."

Liegt es auch auf der Hand, dass dieser Ausspruch, der so viele Jahrhunderte hindurch als unantastbares Dogma galt, weder wissenschaftlich noch

r. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentru

philosophisch genannt werden kann, so muss doch eingeräumt werden, dass viele Erscheinungen, wie z. B. das Saugen, das Athmen, das Füllen einer Handspritze u. dgl. sich aus dem eben erwähnten Principe ungezwungen erklären liessen. Allein dieses sogenannte Princip musste sofort in seiner ganzen Haltlosigkeit erkannt werden, als auch nur eine Thatsache bekannt wurde, die demselben Hohn sprach.

Bekanntlich geschah dies noch zu Galilei's Zeiten, als Gärtner in Florenz mit grosser Ueberraschung die Bemerkung machten, dass jene vermeintliche Scheu der Natur bei dem Aufstellen einer Pumpe in einer Höhe von über 35 Fuss ihre Grenze gefunden habe. Torricelli, ein berühmter Schüler und Freund Galilei's, unternahm es im Jahre 1643, dieses so räthselhafte Phänomen zu erklären und es gelang ihm, durch die noch heute nach ihm benannten und allerorts mit Leichtigkeit auszuführenden Fundamentalversuche den unwiderleglichen Nachweis zu führen, dass jene Erscheinungen, die vordem durch die Scheu der Natur vor dem Vacuum erklärt worden waren, sich aus dem allseitigen Drucke der Luft und deren Bestreben, sich mit anderen Flüssigkeiten ins Gleichgewicht zu setzen, mit Nothwendigkeit von selbst ergeben*).

---

*) Eine ausserordentlich instructive Abänderung des Torricellischen Fundamentalversuches lässt sich nach Professor Schrötter's Vorgang wie folgt ausführen. Füllt man eine hinlänglich weite, etwa 32 Zoll lange einerseits geschlossene Röhre

r. zur Verbr.naturwiss. Kenntniss download unter www.biologiezentru

Durch diese grosse Entdeckung Torricelli's ward man in den Stand gesetzt, den von der Luft auf ihre Unterlage ausgeübten Druck nach Zahl und Maass genau anzugeben und es dürfte wohl Jedermann bekannt sein, dass dieselbe, normale Verhältnisse vorausgesetzt — einen Druck von nahezu 13 Pfund auf jeden Quadratzoll ausübt. Nimmt man die Oberfläche eines erwachsenen Menschen zu 15 Quadratfuss an, so hat er eine Last von über 280 Centner zu tragen, und man würde es geradezu unbegreiflich finden, dass die Menschheit Jahrtausende unter dieser Last seufzte, ohne sich derselben und ihrer Ursache bewusst zu werden, wenn man nicht in Erwägung zöge, dass einerseits dieser Druck sich so vertheilt, dass jede Quadratlinie nur einen Druck von nahezu 3 Loth auszuhalten hat und dass andererseits diesem äusseren Drucke durch die in den Körperhöhlungen und Gefässen befindlichen Gase und tropfbaren Flüssigkeiten das Gleichgewicht gehalten wird. Dass wir diesen gewaltigen äusseren Druck gar nicht entbehren können, haben die Brüder Weber durch die

---

mit Ammoniakgas, taucht das offene Ende derselben in ein bereit gehaltenes Gefäss, in dem sich reines Quecksilber befindet, und schiebt hierauf nach und nach kleine Eisstücke in die Röhre, so wird das aus dem schmelzenden Eise entstehende Wasser das vorhandene Gas vollständig absorbiren; gleichzeitig wird aber auch ein Steigen des Quecksilbers in der Röhre beobachtet werden, das in einer Höhe von etwa 28 Zoll sein Ende erreicht.

r. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentru

interessante Entdeckung nachgewiesen, wornach die Gelenksköpfe der oberen und unteren Extremitäten keineswegs durch die Action der Muskeln, sondern durch den Druck der äusseren Luft in ihren Gelenkspfannen erhalten werden. Da auf hohen Bergspitzen der Luftdruck bedeutend kleiner ist, so muss dem verminderten Luftdrucke eine erhöhte Muskelaction zu Hilfe kommen und daraus erklärt sich dann die grosse Müdigkeit.

Torricelli kann als der eigentliche Erfinder des Barometers gelten, obschon dieser Name zuerst durch Boyle eingeführt wurde. Ramsden erfand das Gefässbarometer, indem er das untere, erweiterte Ende des Barometerrohres mit einem beweglichen Boden versah, um eine richtige Ablesung der Niveaudifferenz zwischen dem Quecksilber in dem Torricellischen Rohre und dem Gefässe — welche Differenz ja das eigentliche Maass des jeweiligen atmosphärischen Druckes ist — zu ermöglichen. Weitere Verbesserungen an diesem Instrumente rühren von Fortin, Bunten und Ernst her. Als Erfinder des Heberbarometers kann Boyle gelten, während Deluc und Gay-Lussac an demselben solche Verbesserungen anbrachten, dass es sich bequem transportiren lässt und daher vorzugsweise als Reisebarometer verwendet wird.

Die Anfertigung eines guten verlässlichen Barometers bedarf eines solchen Aufwandes von Mühe und Gewissenhaftigkeit, einer solchen Umsicht und Geschicklichkeit, dass die Zahl der Männer

r. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, Download unter www.biologiezentru

eine geringe ist, aus deren Werkstätten vollkommen verlässliche, zu physikalischen Untersuchungen allein geeignete Instrumente hervorgehen. Es genüge die Andeutung, dass schon bei der Auswahl der Röhren in Bezug auf die geeignete Glassorte, auf die Dicke und Weite derselben, bei Reinigung des Quecksilbers, beim Luftleermachen desselben und der Röhre, bei Ausführung der Skala u. s. w. mit grösster Vorsicht zu Werke gegangen werden muss. Was das Ablesen des jeweiligen Barometerstandes betrifft, so sind auch dabei viele Cautelen zu beachten, welche auf die richtige Haltung des Auges, auf die Beachtung der Temperatur der Luft und des Quecksilbers im Barometer, wie nicht minder auf die Berücksichtigung des Gesetzes sich beziehen, in welchem Verhältnisse die Länge der in Metall ausgeführten Skala je nach der Temperaturschwankung sich ändert u. s. f.

Bald nachdem Torricelli die Lehre vom Luftdrucke begründet hatte, überzeugte sich Pascal (1858), dass der Barometerstand für zwei nahe nebeneinander, aber in ungleicher Seehöhe liegende Beobachtungsorte ungleich sei. Die ersten Angaben Pascal's wurden in England vielfach bestätigt, und hier war es, wo man sich wissenschaftlichen Aufgaben, auf welche Barometer-Beobachtungen ein unerwartetes Licht zu werfen versprachen, mit grossem Eifer hingab. In der That zeigte sich bei sorgfältigen Beobachtungen ein so inniger Zusammenhang zwischen der jeweiligen Höhe der Quecksilbersäule im Barometer-

r. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse download unter www.biologiezentru

rohre und der Seehöhe des betreffenden Ortes, dass man dem Gesetze der Abhängigkeit des jeweiligen Luftdruckes von der absoluten Höhe der Station mit Erfolg nachspürte, und heutzutage ist bekanntlich die barometrische Höhenmessung eine häufig und leicht ausgeführte Operation, wenn gleich hinzugefügt werden muss, dass genaue, Vertrauen verdienende Angaben sich nur auf zahlreiche, dieselben Punkte betreffende Beobachtungen stützen können.

Um dieselbe Zeit machte Pascal auch die Beobachtung, dass selbst an ein und demselben Orte der Barometerstand veränderlich sei, und es entging dem scharfsinnigen Beobachter nicht, dass ein gewisser Zusammenhang zwischen jenen Schwankungen und den Jahreszeiten, sowie den Witterungsänderungen bestehe.

Man nennt das arithmetische Mittel aus einer hinlänglich grossen Zahl von regelmässig an demselben Orte angestellten Barometer-Beobachtungen den mittleren Barometerstand des betreffenden Ortes. Um die mittleren Barometerstände verschiedener Orte mit einander vergleichen zu können, ist es nöthig, dieselben überall auf das Meeresniveau zu reduciren. Führt man dies aus, so wird man durch die Thatsache überrascht, dass der mittlere Barometerstand mit der geographischen Breite veränderlich ist.

Nach den sorgfältigsten Beobachtungen von Schouw zeigt sich zwischen

r. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse download unter www.biologiezentru

0°	u.	15°	ein	mittl.	Bar.-Std.	v.	336·0	bis	337·0‴
15°	„	30°	„	„	„	„	337·0	„	338·5‴
30°	„	45°	„	„	„	„	338·5	„	337·5‴
45°	„	70°	„	„	„	„	337·5	„	336·5‴

Demgemäss nimmt also der auf das Meeresniveau reducirte mittlere Barometerstand von der Gegend der Wendecirkel sowohl in der Richtung gegen den Aequator, als auch gegen die Pole ab, eine Erscheinung, deren Erklärung nach Dove im weiteren Verlaufe sich ergeben wird.

Man überzeugte sich aber auch, dass die geographische Länge des Beobachtungsortes nicht ohne Einfluss darauf ist; deshalb werden jene Linien, welche alle Orte auf der Erde verbinden, an denen der mittlere reducirte Barometerstand gleich gross ist (man nennt solche Linien Isobaren) keineswegs mit dem Aequator parallel laufen, sondern mannigfach gekrümmte unregelmässige Curven darstellen.

Zur richtigen Beurtheilung des Barometerstandes überhaupt müssen wir stets der Thatsache eingedenk sein, dass unsere Atmosphäre ein unveränderliches Gemenge von permanenten Gasen (vorzugsweise Sauerstoff und Stickstoff) und Wasserdampf ist. Untersuchen wir also, um die Sache zu vereinfachen, wie sich das Barometer verhalten müsste, wenn kein Wasserdampf in der Luft vorhanden wäre. Erwägen wir hierbei, dass durch die Sonnenstrahlen zunächst die Erdoberfläche und von hier erst die aufliegende Luft erwärmt wird; bedenken wir ferner, dass die Luft durch

r. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentru

Temperaturerhöhung aufgelockert in die Höhe steigt, durch Temperaturerniedrigung hingegen dichter wird und niedersinkt, daher im ersten Falle einen geringeren, im zweiten Falle hingegen einen erhöhten Druck auf das Barometer ausüben muss; setzen wir hinzu, dass innerhalb 24 Stunden wegen der Rotation der Erde eine ihrer Hälften der Wirkung der Sonnenstrahlen ausgesetzt, während gleichzeitig die andere Hälfte derselben entrückt ist: so muss sich aus diesen Betrachtungen eine regelmässige Zu- und Abnahme des Barometerstandes schon innerhalb der Periode eines Tages ergeben Aus dem Umstande aber, dass die Erde in einer länglich runden Bahn während eines Jahres sich um die Sonne bewegt, dass ferner die Erdachse gegen die Ebene der Erdbahn stets unter demselben Winkel geneigt ist, muss — wenigstens ausserhalb der Tropen — ein und derselbe Ort der Erdoberfläche verschieden stark von den Sonnenstrahlen afficirt werden; es muss sich also auch innerhalb der Periode eines Jahres eine Periodicität in Bezug auf den Barometerstand herausstellen.

Fassen wir die Wechselbeziehungen zwischen Temperatur- und Barometerstand — unter Voraussetzung einer von Wasserdampf freien Atmosphäre — zusammen, so können wir dieselben kurz so formuliren: Wärmezunahme müsste eine Erniedrigung, Wärmeabnahme eine Erhöhung des Barometerstandes zur nothwendigen Folge haben.

r. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentru

Um den Gang zu begreifen, den das Barometer darbieten würde, wenn wir es blos mit einer Wasserdampfatmosphäre zu thun hätten, dürfen wir nicht ausser Acht lassen, dass das Wasser bei jeder Temperatur verdampft, dass die Erhöhung der Temperatur nicht blos eine Beschleunigung des Verdampfungsprocesses zur Folge hat, sondern auch bewirkt, dass ein und derselbe Raum bis zur Sättigung absolut mehr Dampf aufzunehmen vermag*); dass endlich je mehr Dampf in demselben Raume enthalten ist, desto stärker sein Druck sich äussert.

Die Wechselbeziehungen zwischen Barometerstand und Temperaturänderung — unter Voraussetzung

---

* Nach August enthält ein Cubikfuss Luft im Zustande der Sättigung bei nachstehend angegebenen Temperaturen folgende Dampfquantitäten:

Bei	— 25°	C.	0·60	Gran
„	— 20°	„	0·89	„
„	— 15°	„	1·29	„
„	— 10°	„	1·85	„
„	— 5°	„	2·63	„
„	0°	„	3·65	„
„	+ 5°	„	5·01	„
„	+ 10°	„	6·82	„
„	+ 15°	„	9·14	„
„	+ 20°	„	12·11	„
„	+ 25°	„	15·88	„
„	+ 30°	„	20·60	„
„	+ 35°	„	26·47	„

r. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentru

einer blossen Wasserdampfatmosphäre — liessen sich demnach kurz so formuliren: mit dem Steigen der Temperatur müsste eine Erhöhung, mit dem Sinken derselben eine Verminderung des Barometerstandes eintreten.

Es braucht aber wohl nicht weiter bewiesen zu werden, dass auch unter dieser Voraussetzung eine Periodicität nach Tag und Jahr sich herausstellen müsste.

Halten wir dies Resultat mit dem früher gewonnenen zusammen, so zeigt sich sofort, dass eine Gas- und eine Dampfatmosphäre in ihrer Einwirkung auf das Barometer sich gerade entgegengesetzt verhalten.

Nachdem wir uns klar gemacht, wie in jedem der beiden extremen Fälle der Gang des Barometers bei eintretenden Temperaturänderungen sich gestalten müsste, wird es uns nun leicht werden, den thatsächlichen Verlauf der barometrischen Zustände zu begreifen, wenn wir uns nur gegenwärtig halten, dass, wie Dalton nachwies, die Verdampfung im lufterfüllten Raume genau so wie im luftleeren vor sich geht, und dass der jeweilige Barometerstand den Gesammtdruck beider Atmosphären angibt. Wohl werden wegen der Wirkung der Schwere, wegen der grossen Beweglichkeit der atmosphärischen Gemeng-Theile und wegen ihrer natürlichen Ausdehnsamkeit die irgend wo und wie immer hervorgerufenen Spannkraftänderungen dieser die Atmosphäre bildenden

r. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentru

Gemengtheile sich fort und fort auszugleichen suchen; allein der faktische Zustand in der Atmosphäre wird doch nie der des Gleichgewichtes, sondern des steten Ringens nach Gleichgewicht sein. Je nach der Lage des Beobachtungsortes, ob in der Ebene oder auf bedeutender Gebirgshöhe, ob in der Nähe oder weit entfernt von grossen stehenden Gewässern, ob derselbe See- oder Continentalklima besitzt u. dgl. kann bald die Dampf- bald die Gasatmosphäre in diesem wechselvollen Kampfe einen überwiegenden Einfluss auf das Barometer ausüben; bald können die entgegengesetzten Wirkungen derselben sich gerade aufheben, so dass das Barometer einen unveränderten Stand einhält, obschon beide Atmosphären in Bezug auf ihre Spannungszustände sich bedeutend geändert haben können.

Die erste bestimmte Andeutung einer täglichen Periode des Luftdruckes wurde im Jahre 1682 von Varin, des Hayes und de Glos auf einer der capverdischen Inseln gemacht. Aehnliches wurde von Béze 1690 auf Batavia und Pondichery beobachtet. Fernere Beobachtungen, namentlich die von Boudier zu Chandernagor 1740, von de la Caille am Cap 1751, von Don Alzate 1769 zu Mexiko u. m. a. bestätigten diese Wahrnehmung. Eine grosse Reihe seit 1785 mehr planmässig angestellter Beobachtungen, namentlich die von Humboldt während seines längeren Aufenthaltes zu Cumana angestellten, constatirten die Thatsache, dass innerhalb der Polargren-

r. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentru

zen des Passat- und Monsungebietes selten ein Tag vergeht, an welchem die tägliche Periode des Luftdruckes nicht unmittelbar am Barometer wahrgenommen würde; dass also in der Regel auch eine eintägige Beobachtung hinreicht, diese Periode erkennen zu lassen. Es zeigt sich z. B. daselbst ein niedrigster Barometerstand um 4 U. Nachmittags, hierauf ein stetes Steigen bis gegen 11 U. Abends, hierauf wieder eine Abnahme bis zu einem niedrigsten Stande gegen 4 U. Morgens, endlich wieder eine Zunahme, die am stärksten gegen 9 U. Morgens auftritt. Die Stunden, in welchen ein Uebergang von der progressiven in die retrograde Bewegung und umgekehrt eintritt, nennt man nach Humboldt Wendestunden.

Nachdem diese Regelmässigkeit der täglichen Periode für die Tropenländer längst konstatirt war, fing man in den aussertropischen Ländern an, die Frage aufzuwerfen, ob sich auch hier eine gleiche Periodicität zeige. Wenn sich gleich nicht leugnen lässt, dass schon früher die Frage besonders von den Mitgliedern der Mannheimer Societät vielfach discutirt ward, so gebührt doch Ramond das Verdienst, diese Frage zu Anfang unseres Jahrhunderts durch seine fleissigen Beobachtungen in den Pyrenäen und in der Auvergne zur befriedigenden Lösung gebracht zu haben.

Seitdem haben die rastlosen Bemühungen eines Hallström zu Abo, eines Bouvard zu Paris, eines Kämtz zu Halle, eines Dove zu Apenrade, eines

er. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse download unter www.biologiezentru

Forbes zu Edinburgh, eines Plantamour zu Genf u. a. das Bestehen einer täglichen Periode des Luftdruckes auch für Orte mittlerer und höherer Breiten bis zur Evidenz nachgewiesen. Nur muss bemerkt werden, dass diese Periodicität hier oft durch die unregelmässigen Schwankungen verdeckt wird und nur in Mittelwerthen hervortritt; doch genügen oft zehntägige Mittel, um sie anzudeuten; aus 30tägigen immer in denselben Stunden angestellten Beobachtungen tritt sie aber überall zweifellos hervor.

Welcher Fleiss und welche Ausdauer in dieser Beziehung angewendet wurden, dafür mögen folgende Angaben sprechen:

Hallström beobachtete zu diesem Zwecke zu Abo vom 11. Mai 1825 bis 31. December desselben Jahres täglich von 7 Uhr Morgens bis 11 Uhr Abends den Barometerstand von Stunde zu Stunde; in gleicher Weise verfuhr Kämtz zu Halle (von 1827 an) durch $4\frac{1}{2}$ Jahre von 6 Uhr Morgens bis 10 Uhr Abends. Heutzutage bedarf es freilich nicht mehr solcher Aufopferung, seitdem sich an meteorologischen Centralstationen selbstregistrirende Instrumente, sogenannte Barometrographen befinden, welche durch Changeux, Kreil und Schultze einen hohen Grad von Vollkommenheit erlangt haben.

Nach Kämtz fallen im Allgemeinen die mittleren Wendestunden

r. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentru

1. Min. auf 3h 45m Mgs.; 1. Max. 9h 37m Mgs.
2. „ „ 4h 5m Abds.; 2. „ 10h 11m Abds.

Nach den Mittheilungen des Adjuncten der hiesigen meteorologischen Centralanstalt Herrn Fritsch fallen die mittleren Wendestunden für Wien

1. Min. auf 4h Mgs.; 1. Max. auf 10h Mgs.
2. „ „ 5h Abds; 2. „ „ 10h 30m Abds.

Im Winter stehen übrigens, wie Ramond zuerst gezeigt hat, die vier Wendezeiten um ungefähr eine Stunde dem Mittag näher, im Sommer um eben so viel weiter davon ab.

Uebrigens erleidet der Gang der täglichen Periode des Luftdruckes eine wesentliche Abänderung ebensowohl an Orten, die auf bedeutenden Gipfeln und Kämmen liegen, als auch an Orten, die im Innern ausgedehnter Continente fern von grossen Wasseransammlungen liegen. Recht auffallend zeigt sich dies, wenn man einen Blick auf die Curve wirft, welche den täglichen Gang des Barometers zu Genf und dem Hospice des grossen St. Bernhard (s. Fig. 1.), zu Plymouth und zu Nertschinsk (s. Fig. 2.) zur Anschauung bringt. Am grossen St. Bernhard wie in Nertschinsk hört das an den beiden anderen Stationen sich zeigende Ebenmass der zwei täglichen Oscillationen auf, und während dort das Morgenmaximum gegen das abendliche und eben so das Abendminimum gegen das am frühen Morgen eintretende in auffallender Weise zurücktritt, ist es hier gerade umgekehrt, und die tägliche Periode schliesst sich hier wie dort mehr dem

©Ver. zur Verb. naturwiss. Kenntnisse, Zweigniederlassung Meteorologiezentrum.at

Fig. 1.

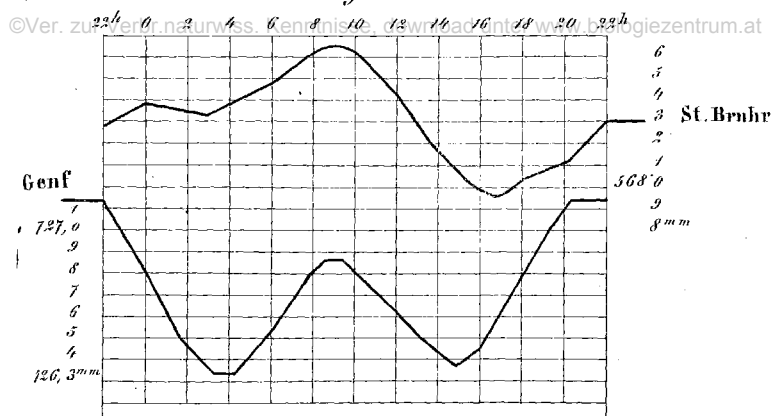
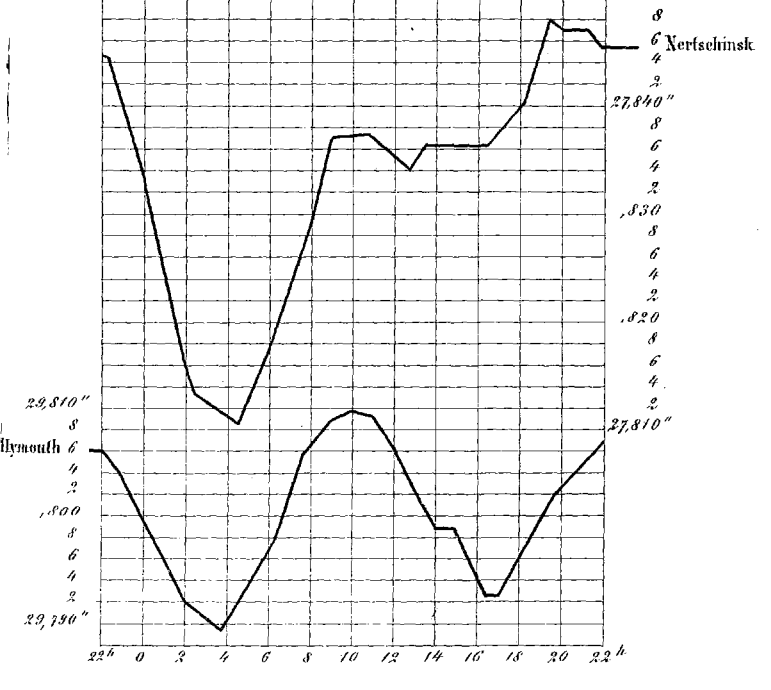


Fig. 2.



zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezen

ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum

Gange der Temperatur — jedoch in beiden Fällen im umgekehrten Sinne — an und nähert sich somit einer einfachen Oscillation von einem Maximum zu einem Minimum innerhalb 24 Stunden.

Um die Grösse der täglichen Barometerschwankung zu bestimmen, verfährt man nach Kämtz' Beispiel so, dass man die Differenz angibt, welche sich zwischen dem Mittel der beiden Minima und dem der beiden Maxima desselben Tages herausstellt. Diese Differenz wird die mittlere tägliche Oscillation genannt.

Der Betrag dieser Grösse ist, wie gleichfalls Ramond schon angedeutet, wenigstens in mittleren Breiten nach Jahreszeiten verschieden; am kleinsten im Winter, am grössten im Sommer; ebenso nimmt derselbe mit wachsender Meereshöhe ab. Dass aber die geographische Breite des Beobachtungsortes einen wesentlichen Einfluss ausübt, leuchtet aus nachstehender, Kämtz entlehnter Zusammenstellung deutlich hervor, welche zugleich lehrt, dass jener Betrag unter dem Aequator am grössten ist und von da gegen die Pole hin constant abnimmt.

Es beträgt auf das Meeresniveau reducirt die mittlere tägliche Oscillation

1·0‴	unter	5°	26m	Breite
0·9‴	„	17°	52	„
0·8‴	„	23°	55	„
0·7‴	„	29°	28	„
0.6‴	„	34°	26	„

ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum

0·5‴	unter	39°	4m	Breite
0·4‴	„	43°	34	„
0·3‴	„	48°	1	„
0·2‴	„	52°	33	„
0·1‴	„	57°	17	„

Die Frage, wie es kömmt, dass der tägliche Gang des Barometers im Allgemeinen 2 Maxima und 2 Minima zeigt, während der Gang der Wärme innerhalb derselben Periode nur eine einzige Oscillation zeigt, hat die Meteorologen vielfach beschäftigt.

Dove gebührt das Verdienst, zuerst vor 30 Jahren bei der Erklärung der täglichen Barometerschwankungen auf den Einfluss der Dampfatmosphäre bestimmte Rücksicht genommen zu haben. Er suchte nachzuweisen, dass die Barometer-Oscillationen der täglichen Periode das Resultat zweier, einen viel einfacheren Gang zeigender Veränderungen seien, nämlich des Druckes der trockenen Luft einerseits und des Dampfdruckes anderseits. Während sie einzeln allerdings nur eine 24stündige Periode befolgen, halten sie bei ihrer Interferenz eine 12-stündige Periode ein. Indem Dove mittelst Hygrometer den Dampfdruck für die einzelnen Tagesstunden eruirte, und die so gefundene Grösse von dem gleichzeitig beobachteten Barometerstande abzog, ergab sich in der That, dass der der trockenen Luft entsprechende Betrag des Barometerstandes eine 24stündige Periode befolgt, wobei sich im Mittel das Maximum des Druckes der trockenen Luft gegen 1 Uhr

er. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum

Nachts, das Minimum desselben hingegen um 2 Uhr Nachmittags einstellt; vom Dampfdrucke gilt in Allem das Entgegengesetzte.

Der Einwirkung der Dampf-Atmosphäre muss es also zugeschrieben werden, wenn im Laufe von 24 Stunden unter normalen Umständen 2 Maxima und 2 Minima des Barometerstandes sich ergeben.

Mit Sonnenaufgang nimmt nämlich die Dampfentwicklung stärker als die Auflockerung der Luft durch die grössere Wärme zu, und dies gibt Veranlassung zur Bildung des vormittägigen Maximums um 10 Uhr. In den Nachmittagsstunden überwiegt die durch die grössere Wärme hervorgerufene Auflockerung der Luft und das rasche Aufsteigen derselben sowie der reichlicher entwickelten Dämpfe den Einfluss der letzteren auf den Barometerstand, und dies bewirkt das erste Minimum um 4 Uhr Abends. Mit der gegen Abend eintretenden Temperaturverminderung tritt zwar eine minder lebhafte Verdampfung, aber desto stärker sich geltend machende Verdichtung der Luft ein, was das Entstehen eines zweiten Maximums um 10 Uhr Nachts zur Folge hat. Noch später macht sich der immer auffallendere Ausfall an Dampferzeugung viel mehr geltend, als die durch die Temperaturerniedrigung herbeigeführte Vergrösserung der Dichte, und es muss sonach vor Sonnenaufgang, bekanntlich gegen 4 Uhr, ein zweites Minimum sich herausbilden.

Da übrigens die Entwicklung des Wasserdampfes

Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum

in der Nähe grosser Wasseransammlungen ganz anders erfolgt, als im Innern grosser Continente, so muss auch der Einfluss der Dampfatmosphäre auf den täglichen Gang des Barometers an Orten mit Seeklima ein ganz anderer sein, als an solchen mit ausgesprochenem Continentalklima. Deshalb z. B. 2 Maxima und 2 Minima in Plymouth, während zu Nertschinsk sich fast nur eine 24stündige Schwankung herausbilden wird. Hier kann nämlich kein bei Tage eintretender Seewind das ergänzen, was der unter dem Einflusse der Wärme sich erzeugende, aufsteigende Luftstrom den unteren Luftschichten an Dampf entführt; da dieser hiebei nur verdünnt und gehoben, nicht aber gleichzeitig vermehrt wird, so muss sich der Gang der Zu- und Abnahme des Wasserdampfes dem Gange des Druckes der trockenen Luft anschliessen.

In ähnlicher Weise erklärt Dove die schon früher erwähnte auffallende Thatsache, dass der auf das Meeresniveau reducirte mittlere Barometerstand in der Gegend der Polargrenze der Passatregion ein Maximum darbietet und von da sowohl gegen den Aequator, als auch gegen die Pole hin abnimmt. In der heissen Zone macht sich nämlich der Einfluss der durch die bedeutende Wärmewirkung herbeigeführten Auflockerung der Atmosphäre in einem höheren Grade geltend, als die gleichzeitig stärker werdende Dampfentwicklung; in den Länderstrichen mittlerer und höherer Breiten paralysirt hingegen der Ausfall an

er. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum

Wasserdampf die sonst durch die Verdichtung der Atmosphäre unfehlbar eintretende Steigerung des äusseren Druckes; in der Gegend der Wendezirkel, wo der zur Erde herabsinkende obere Luftstrom auf den von den Polen zuströmenden trifft, erfolgt eine Stauung, die eine Erhebung des Barometerstandes zur Folge hat.

In der Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe unserer kaiserlichen Akademie vom 17ten Jänner 1861 hielt der verdiente Dr. Kreil einen längeren Vortrag, welcher eine andere Erklärung der täglichen Veränderungen des Luftdruckes bezweckt. Der Vortragende zeigte nämlich, dass, wenn man nicht bloss die unmittelbare Wärmeänderung, sondern auch die nothwendige Wirkung derselben auf die Bewegung der Luftmassen, auf ihre Trägheit und Elasticität, auf die Erwärmung oder Abkühlung des Bodens etc. berücksichtigt, die Aenderung des Luftdruckes auch während der Nachtstunden sich ungezwungen erklären lasse.

Da nämlich die unteren Luftschichten bei Sonnenaufgang sowohl durch den die Nacht über andauernden absteigenden Luftstrom als auch durch die Temperaturzunahme in Spannung versetzt werden, so muss bald darauf der Druck auf's Barometer sich in höherem Masse geltend machen, was jedoch sein Ende erreicht, sobald der aufsteigende Luftstrom den absteigenden überwältigt hat. Dies ist der Moment des vormittägigen Maximum. Mit der leb-

Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum

hafteren Entwicklung des aufsteigenden Luftstromes muss trotz der ferneren Steigerung der Temperatur der Luftdruck abnehmen, und zwar so lange, als die noch wachsende Raschheit der aufwärts gerichteten Bewegung der Lufttheilchen, die durch die Temperatursteigerung allein bewirkte Spannkraftssteigerung überwiegt. Hat die Temperatur ihr Maximum erreicht, was bekanntlich nicht mit dem höchsten Sonnenstande, sondern erst später eintritt, so hört einerseits der durch die Temperaturzunahme bewirkte Zuwachs an Spannung der unteren Luftschichten auf, anderseits setzen aber wegen der Trägheit und der noch sich geltend machenden Wärmeausstrahlung des Bodens die Lufttheilchen ihre nach aufwärts gerichtete Bewegung noch einige Zeit fort, welche beide Umstände das nachmittägige Minimum des Luftdruckes hervorrufen. Gegen Sonnenuntergang beginnt der absteigende Luftstrom sich geltend zu machen. Das Zusammenpressen der unteren Luftschichten, die wegen des widerstehenden Erdbodens nicht ausweichen können, veranlasst das zweite Maximum. Da aber durch den sinkenden Luftstrom die tiefsten Schichten mehr zusammengepresst werden, als es mit dem Zustande des Gleichgewichtes verträglich ist, so erfolgt eine Reaction, welche eine Verminderung des Luftdruckes bewerkstelligt und den Eintritt eines zweiten Minimums in den frühen Morgenstunden veranlasst, das aber der Natur der Sache nach weniger auffallend hervortreten kann, als das durch den

er. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum

aufsteigenden Luftstrom bewirkte. — In Uebereinstimmung mit dieser Hypothese müssen die täglichen Barometer-Aenderungen in Thälern, wo die Luft nicht leicht einen seitlichen Ab- und Zufluss erhält, viel merklichar ausfallen, als an Seestationen, wo Land- und Seewinde diesen Ab- und Zufluss vermitteln. Nach Kreil bestätigen nun die in Meran, St. Paul, Venedig und Ragusa angestellten Beobachtungen diese Voraussetzung vollständig.

Auf hochgelegenen Stationen gestalten sich die täglichen Barometerschwankungen deshalb anders als in der Tiefe, weil da die über der Station aufgespeicherte Luftmasse durch den aufsteigenden Strom merklich geändert wird. Darum tritt hier das Abendmaximum um zwei Stunden früher auf als in der Tiefe und fällt das nachmittätige Minimum fast ganz weg.

Unleugbar hat diese Hypothese den Vorzug grosser Einfachheit für sich; während die Dove'sche Ansicht durch die grossartige Auffassung, wodurch sie allen einschlägigen Erscheinungen gerecht wird, besonders befriedigt.

Obschon die Elemente der jährlichen Periode des Luftdruckes viel augenfälliger hervortreten, als die der täglichen, hat man sie doch viel weniger beachtet. Nach den ersten Andeutungen Pascal's über den Einfluss der Jahreszeiten auf den mittleren Barometerstand, scheint wieder Ramond die Sache mehr planmässig untersucht zu haben. Die Beobachtungen Boussingault's und Humboldt's in den Tropenlän-

Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum

dern der neuen Welt, die von Buch und Dove in der alten führten zu der Ueberzeugung, dass der Barometerstand innerhalb eines Umlaufes der Erde um die Sonne gleichfalls bestimmte Schwankungen durchmacht.

Um nun vergleichbare Bestimmungen über die an verschiedenen Orten vorkommenden Schwankungen zu erhalten, pflegte man früher aus mehrjährigen Beobachtungen den niedrigsten vom höchsten Barometerstande abzuziehen. Dies gibt z. B. für Mailand innerhalb 18 Jahren eine Schwankung von 24·2‴, für Berlin innerhalb 10 Jahren eine Schwankung von 17·28‴, für Karlsruhe innerhalb 41 Jahren eine Schwankung von 29·36‴, für Petersburg innerhalb 19 Jahren eine Schwankung von 29·18‴, endlich für Wien innerhalb des letzten Decenniums eine mittlere Schwankung von 19·06‴; später bestimmte man diese Differenz für die einzelnen Monate. Mochte man aber so oder so vorgehen, es stellte sich jedenfalls klar heraus, dass diese Differenzen mit der geographischen Breite auffallend zunehmen. Heutzutage verfahren die Meteorologen so, dass sie aus den Differenzen, welche sich nach jahrelang fortgesetzten Beobachtungen für die einzelnen Monate ergeben, die arithmetischen Mittel berechnen.

Eine solche Berechnung ergibt für Wien z. B. Nachstehendes:

12·40‴ Jänner, 11.68 Februar, 11.05 März, 9·73 April, 7·69 Mai, 6·51 Juni, 6·06 Juli, 6·22

er. zur Verbr.naturwiss. Kenntnis download unter www.biologiezentrum

August, 6·89 September, 9·76 October, 10·92 November, 11·57 December.

Nimmt man nun aus den solchergestalt erhaltenen Bestimmungen wieder das arithmetische Mittel, was z. B. für Wien 9·207‴ gäbe, so erhält man die durchschnittlichen Grenzen, zwischen welchen sich für den betreffenden Ort der Stand des Barometers in einem Monate befindet, und diese Grösse heisst die mittlere monatliche Barometer-Oscillation. Kämtz hat für verschiedene Breiten folgende Mittelwerthe der mittleren monatlichen Oscillation berechnet:

zwisch.	0—10°	1·32‴,	zwisch.	40—50°	9·23‴,
„	10—20°	2·13‴,	„	50—60°	11·69‴,
„	20—30°	3·74‴,	„	60—70°	13·68‴.
„	30—40°	6·00‴,			

Lassen nun diese Angaben zwar sogleich erkennen, dass die geographische Breite von wesentlichem Einflusse ist, so ist diese doch nicht allein massgebend, sondern locale Ursachen können bedeutende Modificationen bewirken. Verbindet man nun, wie Kämtz zuerst gethan, alle jene Orte mit einander, für welche der Spielraum der Schwankungen in den Monatsmitteln der gleiche ist, so erhält man die isobarometrischen Curven, welche gleichfalls sehr unregelmässig und mit den Isothermen in ihrem Verlaufe manche Aehnlichkeit zeigen.

So wie wir die erwähnten Schwankungen ihren Mittelwerthen nach mit zunehmender Breite wachsen

er. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum

sehen, so sind auch allerorts diese Schwankungen im Winterhalbjahr durchaus grösser, als im Sommerhalbjahre. Für Wien z. B. ist erstere 10·54‴, letztere hingegen 7·87‴. Nach Kämtz finden in dieser Beziehung folgende Verhältnisse statt:

zwischen	0—10° Wint.	1·24‴ Som.	1·20‴
	10—20°	2·23	1·85
	20—30°	4·44	2·79
	30—40°	7·41	4·47
	40—50°	11·99	6·26
	50—60°	14·63	8·28
	60—70°	15·78	9·45

Nicht uninteressant dürfte die Bemerkung sein, dass dem Erwähnten zufolge die geographische Breite einen entgegengetzten Einfluss auf die mittlere tägliche Barometer-Oscillation im Vergleiche zur mittleren monatlichen Oscillation ausübt. Während nämlich erstere vom Aequator gegen die Pole abnimmt, im Winter kleiner als im Sommer ausfällt, findet das gerade Gegentheil in Beziehung auf letztere statt.

Der unermüdliche Dove hat sich der verdienstvollen Arbeit unterzogen in einer tabellarischen Uebersicht die Beobachtungs-Resultate in Bezug auf die mittleren monatlichen Barometerstände, welche uns einen Einblick in den Gang der jährlichen Barometer-Schwankungen verschaffen, für 220 Orte niederzulegen, welche über alle Welttheile und Zonen zerstreut sind und alle Uebergänge einerseits vom Flachlande

er. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum

Hügel- und Bergland zu den höchsten Gipfelpunkten, andererseits vom See- zum Continentalklima repräsentiren. Studirt man diese Zusammenstellung aufmerksam, so muss man den Gedanken aufgeben, ein Gesetz der jährlichen Periode des Luftdruckes aufzustellen, welches gleichmässig den ganzen Erdball umfasst, oder auch nur für einzelne Zonen giltig ist. Wohl aber ist eine Uebereinstimmung für einzelne und zwar grosse Gebiete nicht zu verkennen. Vergleicht man z. B. Orte des westlichen, dem Seeklima angehörigen Europa mit einander, so zeigen alle im Flach-, Nieder- und Hügellande gelegenen 2 Maxima und 2 Minima des Barometerstandes. Die Maxima fallen auf die Mitte des Winters und auf das Ende des Sommers oder den Anfang des Herbstes, die Minima treten noch bestimmter im April und November auf. Als Beispiel mag London dienen:

336·42''' Jänner, 336·03 Februar, 336·21 März, 335·94 April, 336·53 Mai, 336·39 Juni, 336·48 Juli, 336·36 August, 335·79 September, **336·54** October. 335·35 November, 336·41 December.

Solchen Orten stellen sich die auf isolirten Höhen gelegenen sehr entschieden gegenüber, z. B. St. Bernhard in den gleichen Monaten:

348·20''', 348·22, 348·37, 348·92, 349·65, 350·70, 351·66, **351·81**, 351·26, 349·86, 349·15, 348·89.

Hier hat sich die einfache Periode mit einem Maximum im Sommer und einem Minimum im Winter vollkommen ausgebildet.

er. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum

An Orten mit entschiedenem Continentalklima zeigt sich ein analoger aber umgekehrter Gang, z. B. in Nertschinsk:

314·42''', 313·80, 312·77, 311·57, 310·32, 310·26, 309·76, 310·64, 312·48, 312·30, 312·87, 313·13.

Die Verwicklungen auch in der jährlichen Periode der Barometer-Schwankungen mahnen gleichfalls an das Factum, dass der Wasserdampf ein zwar steter, aber der Menge nach sehr unbeständiger Begleiter der Gasatmosphäre ist. Dove gebührt wieder das Verdienst zuerst gezeigt zu haben, dass der dem Drucke der trockenen Luft entsprechende Gang des Barometers in der jährlichen Periode, ebenso wie der dem Drucke der Dämpfe allein entsprechende nur ein Maximum und nur ein Minimum zeigt, dass dasselbe für die Luft respective auf Winter und Sommer, hingegen für den Dampf auf Sommer und Winter trifft, und dass der beobachtete Totaldruck das Ergebniss der Interferenz der beiden Druckgrössen ist.

Um dies auch nur an einem Beispiele klar zu machen, verweisen wir auf Karlsruhe, für welches nachstehende Angaben gelten:

Druck der Dampfatmosphäre:

1·78''' Jänner, 1·94 Februar, 2·13 März, 2·44 April, 3·48 Mai, 4·74 Juni, 4·84 Juli, **5·12** August, 4·38 September, 3·44 October, 2·58 November, 1·97 Dezember.

ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum

Druck der trockenen Luft:

332·77''', 332·67, 331·83, 330·86, 330·08, 329·34, 329·26, 329·02, 329·80, 330·74, 331·30, 332·23.

Total-Druck:

334·55''', **334·61**, 333·96, 333·30, 333·56, 334·08, 334·10, 334·14, **334·18** 334·18, 333·88, 334·20.

Wenn aus dem bisherigen Gange unserer Betrachtungen sich das Ergebniss herausgestellt hat, dass die Barometerschwankungen so in der täglichen, wie in der jährlichen Periode Folgen der periodischen Wärmeänderungen sind, so liegt die Vermuthung nahe, dass auch die nicht periodischen Schwankungen, die, wie gleich eingangs erwähnt wurde, den Gang der regelmässigen Oscillationen des Luftdruckes in den aussertropischen Ländern so vielfach maskiren, Folgen von ähnlichen Unregelmässigkeiten im Gange der Wärme seien. Bekanntlich hat hierauf die Richtung der Winde den wesentlichsten Einfluss. Die Winde tragen nämlich den thermometrischen sowohl als den hygrometrischen Zustand der Gegenden, aus denen sie wehen, in jene über, wohin sie wehen.

Was uns zunächst in der Vermuthung bekräftigt, dass die nicht periodischen Barometerschwankungen Folgen der veränderlichen Windrichtung seien, das sind vor allem die durch nichts getrübten constanten Schwankungen des Barometers innerhalb der Polargrenzen des Passatgebietes. Hier, wo die

Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum

Wärmeverhältnisse und die Richtung der Winde so überaus fest bestimmt sind, hier ist auch das Barometer in seinem ganzen Verhalten ebenso fest und unveränderlich.

In der Region der veränderlichen Windrichtungen, wo wir leben, zeigt sich auch der veränderliche Höhestand im Barometer auf's Bestimmteste verbunden mit der veränderlichen Windrichtung. Von den beiden Hauptströmen, auf die sich alle Winde zurückführen lassen, ist aber der Aequatorialstrom der dampfreiche und zugleich warme, der Polarstrom hingegen der dampfarme und zugleich kalte; es wird sich daher auch in Folge des Vorherrschens eines oder des andern dieser Hauptströme jener Kampf des Einflusses der Dampf- und Gasatmosphäre auf das Barometer innerhalb jeder vollständigen Drehung des Windes wiederholen müssen. Da für unsere Hemisphäre jene beiden Hauptgegensätze sich im Südwest und Nordost am entschiedensten aussprechen, so lässt sich erwarten, dass eben in diesen 2 Winden, wie an 2 Polen die Gegensätze der Gesammtwirkung von Wärme, Gas- und Dampfdruck am augenfälligsten sich offenbaren, und dass von da ab nach beiden Seiten hin Abstufungen und Uebergänge von einem Extrem in das andere stattfinden werden. Und in der That bestätigt dies die Erfahrung. Berechnet man nämlich für einen Ort aus mehrjährigen Beobachtungen den Einfluss der 8 Hauptwinde auf den mittleren Dampfgehalt, den mittleren

er. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum

Barometerstand und die mittlere Temperatur, so erhält man die atmische, die barische und thermische Windrose dieses Ortes.

Beispielsweise sei hier die barische und thermische Windrose für Wien angegeben. Im Mittel entspricht bei den 8 Hauptwindrichtungen

Barom. **331·20'''** bei N., 330·97 NO., 330·81 O., 330·24 SO., 329·52 S., 329·59 SW., 329·69 W., 330·51 NW. C.

Temp. von + 6·20° R. bei N., 7·54 NO., 7·64 O., 7·99 SO., 8·10 S., **9·26** SW., 8·81 W., 7·28 NW. C.

Eine Vergleichung der barischen mit der thermischen Windrose bestätigt also vollkommen die Regel, dass die wärmeren Winde mit dem tiefsten, die kälteren mit dem höchsten Barometerstande bei uns zusammenfallen. Im Allgemeinen zeigt sich nämlich als abhängig von der Windesrichtung folgende Veränderung im Gange des Barometers und Thermometers auf unserer Hemisphäre, über welche die meisten Beobachtungen vorliegen.

Das Barometer fällt bei O., SO. und S.-Winden, geht bei SW. aus Fallen in Steigen über, steigt bei W., NW. und Nord-Winden und geht bei NO. aus Steigen in Fallen über. Das Thermometer befolgt den gerade entgegengesetzten Gang.

Wohl liesse sich noch manches hieher gehörige interessante Detail anführen; allein das erwähnte dürfte genügen, um darzuthun, dass die regelmässigen

Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum

Schwankungen des Barometers durch den Wechsel zwischen auf- und absteigenden, die unregelmässigen Schwankungen hingegen durch den Kampf zwischen äquatorialen und polaren Luftströmungen bedingt sind; dass also in letzter Instanz wieder die Wärme jenes mächtige Agens ist, welchem unsere Erde auf dem eben betrachteten Gebiete sowie in vielen anderen Beziehungen die grösste Mannigfaltigkeit der Erscheinungen verdankt.

Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum

aus den Leistungen ihrer Gesammtheit unvollkommen abzunehmen vermögen.

Nichtsdestoweniger wird, wie ich glaube, aus den Erscheinungen bei der Befruchtung sowie aus den Bewegungen sensitiver Pflanzen, so viel klar geworden sein, dass man die Pflanzen den Thieren näher zu stellen hat, als man es gewöhnlich thut.

Verbesserung.

Seite 253, Zeile 11 v. u. statt 1858 lies 1658.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1862

Band/Volume: 1

Autor(en)/Author(s): Pick Hermann

Artikel/Article: Ueber Barometer-Schwankungen. 247-278