

## Die Bewegung der Luft in unserer Atmosphäre.

Von Prof. Dr. Z e c h.

---

Dass die Meteorologie noch in der Kindheit ihrer Entwicklung sich befindet, zeigt am besten die Unklarheit unserer Begriffe über die Art und Ursachen der Luftbewegungen in der Atmosphäre. Die regelmässigen Passatwinde haben dazu geführt, einen natürlichen Austausch von Wärme und Kälte zwischen Aequator und Pol anzunehmen durch einen warmen von Süd nach Nord gehenden, wegen der Erddrehung immer mehr nach Ost umbiegenden Strom, und durch den kalten von Nord nach Süd gehenden, wegen der Erddrehung immer mehr nach West umbiegenden Strom. Diese zwei Ströme, gewöhnlich kurzweg Süd- und Nordstrom genannt, sollen sich nun nach den Einem über einander, nach den Andern neben einander bewegen, wieder nach Andern unterwegs kreuzen. Die gewöhnlichste Darstellung ist die, dass die heisse Luft des Aequators in die Höhe steige, oben abflüsse gegen Norden, dann kalt und schwerer geworden unten zurückkehre und als Nordost-Passat die am Aequator in die Höhe steigende wieder ersetze. Diese Vorstellung schliesst sich den Thatsachen gut an, solange wir innerhalb der heissen Zone bleiben: in der Passatregion strömt entschieden unten die kalte Luft dem Aequator, oben die warme Luft dem Pole zu. Gelangen wir aber in die gemässigte Zone, so sind die Erscheinungen so veränderlich, dass vorerst wenigstens ein allgemeines Gesetz der Luftbewegung aufzustellen unmöglich ist. Fragt man nun aber nach der Ursache jenes wenigstens in der heissen Zone

unzweifelhaften Kreislaufs, so trifft man auf eine Reihe von Schwierigkeiten, die ich etwas näher erörtern will.

Dass erwärmte Luft in die Höhe steigt, wegen ihres geringeren specifischen Gewichts, wenn seitlicher Zutritt kälterer Luft möglich ist, unterliegt natürlich keinem Anstand. An der südlichen Grenze des Nordostpassats wird also die erwärmte Luft sich erheben. Geht sie nun aber nach Norden oder nach Süden und was ist die Ursache dieses fortdauernden Abströmens? Nach Maury geht die mit dem Nordostpassat ankommende Luft nach Süden, die mit dem Südostpassat kommende nach Norden, nach der gewöhnlichen Darstellung beschränkt sich jeder Kreislauf auf dieselbe Hemisphäre, nördliche oder südliche. Sei dem wie ihm wolle, jedenfalls muss eine treibende Kraft vorhanden sein, wenn die in Bewegung gesetzte Luft trotz der zu überwindenden Widerstände ihre Bewegung beibehalten soll. Es hat deswegen Dr. Ohlert (Pogg Ann. Band 110) einen schon von Maury geäußerten Gedanken weiter ausgeführt, dass nämlich die Centrifugalkraft specifisch leichtere Körper dem Norden, specifisch schwerere dem Süden zutriebe, wenn diese Körper in einem beweglichen Mittel, Wasser oder Luft, sich befinden. Denke man sich z. B. den Aequator von Oel umgeben, statt von Wasser, so wird, sowie seine Drehung beginnt, das Oel gegen den Pol abfließen, weil ein bestimmtes Volumen Oel eine kleinere Masse und daher eine kleinere Centrifugalkraft hat, als das Wasser. Vermöge seiner grösseren Centrifugalkraft wird also das Wasser das Oel an dem Aequator verdrängen. Man kann auf der Schwungmaschine leicht dieses Experiment ausführen mit einer Hohlkugel, die nahe zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist, auf welches eine Schicht Oel gebracht wird. Wird die Kugel gedreht, so zieht sich das Oel trotz seines kleineren specifischen Gewichts nach unten. Und doch ist diese Ansicht falsch, falsch weil bei dem Experiment die Schwerkraft auf alle Theile des Wassers und Oels vertikal abwärts, bei der Erde dagegen nach dem Kugelmittelpunkt wirkt. Denken wir uns ein Kubikmeter wärmerer Luft in kälterer Umgebung, so ist die auf diese Luft wirkende Centrifugalkraft allerdings kleiner als die auf jedes Kubik-

meter der umgebenden Luft einwirkende, aber es ist auch die Erdanziehung in demselben Mass kleiner und da die Schwerkraft die Resultante aus Centrifugalkraft und Erdanziehung ist, so kann sich die Richtung der auf das Kubikmeter wirkenden Kraft nicht ändern, weil beide Componenten im Verhältniss der kleineren Masse, also beide in gleicher Weise verkleinert sind.

Die Resultante behält dieselbe Richtung, ist aber kleiner, d. h. das Cubikmeter wird das Bestreben haben, vertikal aufwärts zu steigen, aber keineswegs der Erdaxe sich zu nähern. Nimmt man Ohlert's Satz als wahr an, so würde daraus folgen, dass die Richtung der Schwerkraft für specifisch leichte Körper eine andere ist, als für specifisch schwerere, dass also die leichtern beim Fallen eine andere Bahn beschreiben, als die schwerern. Man kann sogar noch weiter gehen und kommt dann gerade auf das entgegengesetzte Resultat. Wenn jenes Cubikmeter Luft in die Höhe steigt, so kommt es in Regionen, welchen bei der Drehung mit der Erde eine grössere Centrifugalkraft zukommt, weil sie weiter von der Erdaxe entfernt sind. Das Cubikmeter wird die diese grössere Centrifugalkraft bedingende grössere Geschwindigkeit nicht plötzlich annehmen, also vermöge der Trägheit eine zu kleine Centrifugalkraft besitzen. Die Anziehung der Erde wird aber auf das Cubikmeter in jedem Moment genau so wirken, wie es der entsprechenden Entfernung vom Erdmittelpunkt entspricht. Wenn also der ruhigen Luft in bestimmter Höhe eine bestimmte Richtung der Schwerkraft zukommt, so kommt der nach oben gehenden eine andere Richtung zu, weil die Centrifugalkraft im Verhältniss zu klein ist, und zwar eine Richtung, welche mit der Erdaxe einen grösseren spitzen Winkel bildet: die nach oben gehende Luft müsste dem Aequator zuströmen. Freilich ist nicht daran zu denken, dass dieser theoretischen Folgerung irgend praktische Wirkung beigemessen werden könnte, der Effekt ist gar zu klein, zu vergleichen der Abweichung eines fallenden Körpers von der Vertikalen, oder der Abweichung des sehr langen Fadens eines Senkels von einer Geraden.

Müssen wir also diese wenigstens klar ausgesprochene Hypothese aufgeben, so bleibt vorerst nichts übrig, als wieder auf den

alten unklaren Gedanken zurückzukommen, dass die erwärmte Luft aufsteige und oben abflüsse, um die kältere nachrückende Luft zu ersetzen. Man denkt dabei an eine Masse Wasser, welche an einer bestimmten Stelle erwärmt wird, das erwärmte Wasser steigt in die Höhe, wird momentan das Niveau erhöhen und muss zur Seite abfließen um das an die Stelle des erwärmten Wassers nachrückende kalte zu ersetzen. Aber wo ist die Oberfläche der Atmosphäre? wir können von einer solchen nicht sprechen, weil die Dichtigkeit nach oben stetig abnimmt. Wir dürfen also sicher das „oben abfließen“ nicht so verstehen, als ob die erwärmte Luft bis zur Grenze der Atmosphäre sich erhebe und ihr Niveau erhöhe: damit fällt aber der ganze Vergleich mit der erwärmten Wassermasse. Es würde somit Nichts übrig bleiben, wenn man den allgemeinen Südstrom und Nordstrom beibehalten will, als dieselben durch Aspiration hervorgebracht zu denken: damit die am Aequator aufsteigende warme Luft wieder ersetzt wird, muss der Nordostpassat nachrücken und um die dadurch nach Süden geschaffte Luft zu ersetzen, muss von der gemässigten Zone Luft herbeigeschafft werden, die dann wieder durch den obern Passat ersetzt wird. Bedenklich wird es immer sein, einen Vorgang bei uns abhängig zu machen von einer nur in der heissen Zone wirkenden Ursache, doch kann unter Umständen der verschiedene Luftdruck die einmal eingeleitete Bewegung unterstützen, wie in dem Beispiel vom Mai 1859, das ich in diesen Heften einmal erläuterte (Band XVI. pag. 30).

Will man nur klare, einleuchtende Vorstellungen haben, so glaube ich, dass wir den grossen Süd- und Nordstrom, der die Wärme des Aequators und die Kälte der Pole ausgleichen soll, auf die heisse Zone und etwas über die Passatregionen hinaus für gewöhnlich einschränken, die Erscheinungen in der gemässigten Zone dagegen unabhängig von jenem Vorgang betrachten müssen, wenn nicht ausnahmsweise eine Einwirkung von dorthier sich bestimmt nachweisen lässt. Die Regelmässigkeit aller Vorgänge in der heissen Zone hört in der gemässigten auf, wir erhalten lauter veränderliche Verhältnisse. Die Ursache der Luft-

bewegungen bleibt natürlich dieselbe, der Unterschied in der Temperatur verschiedener Gegenden, und da im Allgemeinen der südlichere Ort wärmer ist, als der nördlichere, während westlicher oder östlicher gelegene mit Orten gleicher Breite in der Temperatur mehr übereinstimmen, so ist damit als Regel wieder Südwind oder Nordwind gegeben, von denen sich der erste allmählig in Westwind, der letzte in Ostwind umändert. Der Unterschied gegen die Passatregion ist nur der, dass die kalte Luft nicht regelmässig unten, die warme oben ist, und dieser Unterschied bedingt eben das Veränderliche in der gemässigten Zone. Warum die kalte Luft bald oben, bald unten fliesst, ist der heutigen Meteorologie ein Räthsel, wenn es auch in einzelnen Fällen möglich sein mag, eine Ursache herauszufinden, z. B. beim Föhn, der in den nördlichen Thälern der Schweiz, nachdem er über die höchsten Pässe als eiskalter Wind geweht, wieder als warmer Wind in die Tiefe steigt. Wenn der heisse Wind, der in den südlichen Thälern allmählig der Bodenform folgend in die Höhe steigen muss, in der Passhöhe zu einem kalten Wind wird, so ist diess nach Helmholtz hauptsächlich dem zuzuschreiben, dass bei dem abnehmenden Luftdruck die in die Höhe steigenden Luftmassen sich ausdehnen und dabei in ihrer Temperatur sinken, wie diess aus der Wärmethorie folgt. Wenn nun aber die Luftmassen in der Höhe abgekühlt sind, warum steigen sie wieder in's Thal hinab? Kälter können sie wohl nicht werden, als die Luft in der Höhe, aber eine andere Ursache ist denkbar, welche ihr specifisches Gewicht vermehrt: der Föhn hat eine beträchtliche Geschwindigkeit, also hat er auch einen sehr grossen Widerstand zu überwinden, die sich fortbewegenden Luftmassen werden durch den Widerstand vor ihnen comprimirt, sie werden dichter und erhalten das Bestreben, wieder abwärts zu gehen. Zu gleicher Zeit erwärmen sie sich wieder in Folge der Verdichtung, und ich glaube, dass sich auf diese Weise ungezwungen erklärt, dass der Föhn in der bekannten Art in die nördlichen Thäler der Schweiz einrückt, nämlich so, dass in verhältnissmässig geringer Höhe von einigen hundert Fuss nahezu kein Wind gespürt wird, während der Sturm im Thale dahinbraust.

Auch der Föhn gibt uns ein Beispiel, wie wenig Klarheit noch in der heutigen Meteorologie zu finden ist. Dove hat schon lang den Satz aufgestellt, dass die Sahara nicht der Ofen Europa's sein könne, wie man früher gerne sagte, einfach desswegen, weil ein Wind, der von der Sahara ausgeht, in Folge der Erddrehung immer mehr zu einem Westwind wird und wie eine leichte Rechnung zeigt, allerhöchstens noch die südlichsten Spitzen von Europa treffen kann, in der Regel aber nahezu über den Wüstengürtel von Arabien, Persien und Innerasien hinstreichen wird. Es schien, dass dieser Beweis als gültig allgemein angesehen würde, dagegen ist in der letzten Zeit wieder von Désor behauptet worden, die Eisperiode falle zusammen mit der Zeit, wo die Sahara noch vom Meere bedeckt gewesen sei, also Europa nicht die jetzige Wärmemenge habe liefern können, und Mousson hat es unternommen, aus der Richtung des Föhn in der Schweiz nachzuweisen, dass er wohl von der Sahara herkommen könne. Bedenklich ist bei dieser Beweisführung der Ausgangspunkt, die Richtung des Föhns in der Schweiz, denn da er in den Thälern weht, so muss er sich natürlich ganz deren Richtungen anschliessen, so dass aus der Richtung in bestimmten Thälern nicht rückwärts auf die ursprüngliche Richtung geschlossen werden kann, wenn man bloss die Aenderung der Richtung durch die Drehung der Erde, aber nicht die durch lokale Verhältnisse berücksichtigt. Zur Entscheidung der Sache wären Beobachtungen in Italien, besonders in Sicilien, während des Sirocco von grösstem Interesse, denn gewissenhafte Beobachtungen können schliesslich in der Meteorologie jede Theorie umstossen.

Wenn man das Gleichgewicht in der Atmosphäre nach der Wärmetheorie verfolgt, so findet man, dass die Temperatur vom Boden aus nach oben abnehmen muss und zwar um 1 Grad des hunderttheiligen Thermometers für 100 Meter Höhe. Dabei ist die Feuchtigkeit der Luft nicht berücksichtigt. Die Erfahrung zeigt, dass diese Abnahme zu gross ist; damit das Thermometer um 1 Grad sinke, muss man etwa auf die doppelte Höhe, 200 Meter, sich erheben. Die Ursache des Unterschieds zwischen Theorie und Erfahrung liegt darin, dass der an dem erwärmten

Boden sich bildende Wasserdampf beim Aufsteigen in kältere Regionen kommt, sich dort niederschlägt, also Wärme abgibt, die er am Boden empfangen hat: in einer bestimmten Höhe muss also die Temperatur höher sein, als die von der Theorie ohne Rücksicht auf Feuchtigkeit bestimmte. Aber auch der andere Satz der Theorie, dass die Wärmeabnahme vom Boden nach oben stetig stattfindet, ein Satz der bisher immer als Regel betrachtet wurde, ist nicht Regel, sondern Ausnahme. Ich habe bei einer früheren Gelegenheit darauf aufmerksam gemacht, dass die am Bodensee so häufige Luftspiegung nothwendig eine Zunahme der Temperatur vom Boden aus und dann von einer bestimmten Höhe an wieder eine Abnahme voraussetze, und dass dieser Zustand an heitern Sommertagen morgens nothwendig eintreten müsse. In der Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie werden nun von Dr. Prestel in Emden aus mehr als 8jährigen Beobachtungen an 3 in verschiedenen Höhen über dem Boden aufgestellten Thermometern die Folgerungen abgeleitet, dass die Temperatur vom Boden an wächst und dass diese Zunahme die normale Erscheinung ist. In Emden z. B. ist die Temperatur in einer Höhe von 28 Fuss über dem Boden immer noch höher als am Boden. Diese Thatsache ist, wie Dr. Prestel ganz richtig bemerkt, der Todesstoss für den sogenannten aufsteigenden Luftstrom bei uns. Wie lässt sich denken, dass ein aufsteigender Luftstrom zu Stande komme, wenn die untersten Luftschichten die kälteren sind? Und gerade zu der Zeit, wo der aufsteigende Luftstrom der stärkste sein sollte, an heitern Sommertagen, die schliesslich zu Gewittertagen werden, hat Prestel gefunden, dass die Zunahme der Temperatur nach oben besonders stark war.

Ein aufsteigender Strom warmer Luft ist denkbar auf einer Insel im Ocean von verhältnissmässig kleiner Fläche und die Luftbewegung ist dann zu vergleichen mit der in unsern Schornsteinen. Die aufsteigende erwärmte Luft wird durch Seitenzufluss kälterer vom Meere her ersetzt, durch den Seewind. Wenn aber der Schornstein zu weit wird, so zieht er nicht mehr, und denkt man sich einen Schornstein, dessen Querschnitt gleich der Fläche von Sibirien ist, so kann darin ganz sicher keine Luftbewegung nach oben

eintreten. Von der im Sommer so heissen Fläche Sibiriens sagt man gewöhnlich, sie bringe einen mächtigen aufsteigenden Luftstrom zu Stande, die erhitzende Luft soll von allen Seiten zuströmen. Aber mit welcher entsetzlicher Geschwindigkeit müsste diese Luft zuströmen, um die über der ganzen heissen Fläche aufsteigende Luft zu ersetzen! Bedenken wir doch, dass selbst der stärkste Sturm zu einem Weg von 100 Meilen jedenfalls mehr als 7 Stunden braucht. Soll die Luft von Süden herkommen, so müsste sie eigentlich gleichzeitig im Süden und Norden eintreffen, da der aufsteigende Strom mit dem höchsten Sonnenstand zusammenhängt, der auf jedem Meridian derselbe ist; oder wollen wir annehmen, dass 100 Meilen weiter nördlich der aufsteigende Luftstrom 7 Stunden später eintrete? Soll aber die Luft von Osten herkommen, so müsste sie der Sonne auf ihrem Lauf folgen, weil der aufsteigende Luftstrom der Sonne folgt, d. h. die Luft müsste in jener Breite zum wenigsten 150 Meilen in der Stunde zurücklegen. Je klarer man sich den Vorgang des aufsteigenden Luftstroms machen will, desto grössere Schwierigkeiten thürmen sich auf.

Wenn man nun aber vollends den aufsteigenden Luftstrom als Mittel benützt, um den Wasserdampf in die Höhe zu bringen, wenn man sagt, der aufsteigende Luftstrom reisse den Wasserdampf mit in die Höhe; so ist das ein unnöthiger Missbrauch. Der Wasserdampf, dessen specifisches Gewicht nur zwei Drittel von dem der Luft ist, steigt für sich in die Höhe; es bildet sich an jedem heitern Tag eine neue Dampfatmosphäre, die bis zu einer bestimmten Höhe reicht, um dann bei sinkender Temperatur allmählig wieder zu verschwinden. Diese tägliche Neubildung der Dampfatmosphäre erklärt äussert einfach alle bis jetzt beobachteten Erscheinungen, die sich auf die Vertheilung des Wasserdampfs in der Atmosphäre beziehen, ohne dass ein aufsteigender Luftstrom nöthig wäre.

---



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg](#)

Jahr/Year: 1866

Band/Volume: [22](#)

Autor(en)/Author(s): Zech P.

Artikel/Article: [Die Bewegung der Luft in unserer Atmosphäre. 235-242](#)