

## Die stürmischen Bewegungen der Atmosphäre mit besonderer Rücksicht auf die nördliche gemäßigte Zone,

nach der Dove'schen Theorie.

Es verlangte eine langdauernde und aufmerksame Arbeit, in den anscheinend regellosen Bewegungen der Atmosphäre der Erde die Ordnung und das Gesetzmäßige aufzusuchen und die gewonnenen Resultate von einem einheitlichen Gesichtspunkte aus zu erklären, besonders weil die dem einzelnen Beobachter sich darbietenden Erscheinungen nur einen kleinen, gewöhnlich durch lokale Einflüsse modificirten Theil betragen von den im Gesamtgebiete der Luft durch mancherlei Ursachen bedingten und in verwickelten Verhältnissen auftretenden Störungen des Gleichgewichts derselben. Erst im Laufe unseres Jahrhunderts hat Prof. Dove in Berlin, auf viele Untersuchungen Anderer und auf seine eigenen Beobachtungen gestützt, eine neue, mit der Wirklichkeit harmonisirende und in manchen Streitfragen hinlänglich bewährte Theorie der Luftströmungen gelehrt und in seinen zahlreichen Schriften niedergelegt und vertheidigt. Alex. von Humboldt\*) sagt: „Mit bewunderungswürdigem Scharfsinne erkannte Dove in dem Drehungsgesetze der Winde beider Hemisphären, das er aufstellte, die Ursachen vieler großartigen Veränderungen im Lufthocean.“ Dove's Ansichten in ihren Hauptzügen und in einfacher Weise zu entwickeln und dadurch weiteren Kreisen zugänglich zu machen, dürfte um so mehr gerechtfertigt erscheinen, als die mit den Windverhältnissen im engsten Zusammenhange stehende Witterung ein allgemeines Interesse hat.

Das bedeutendste oder alleinige Mittel für die großen und einflussreichen Störungen im Gleichgewichte des Lufthoceanes ist die ungleichmäßige Erwärmung desselben, hervorgerufen durch den mehr oder minder senkrechten Stand der Sonne, welcher theils durch das räumliche Nebeneinanderliegen der Luftmassen, theils durch die im Laufe der Jahreszeiten erfolgende Veränderung der Mittagshöhe der Sonne bedingt wird. Durch weitere Einwirkung der einmal in Bewegung gesetzten Luftschichten auf einander ist dann die Bedingung erfüllt, um den mannichfachen Wechsel sowohl in der Richtung als in der Intensität derselben hervorzurufen. Als zuerst eingetretene Strömungen sind zwei anzusehen, welche vom Aequator aus nach den beiden Polen hinstreben, und zwei andere, welche den entgegengesetzten Weg machen. Da die wirksamste Erwärmung der Luft durch die Sonne in der heißen Zone stattfindet, so wird dieselbe hier mehr als anderswo verdünnt, leichter gemacht und so zum Aufsteigen genöthigt. In den frei gewordenen Raum dringen die nördlich und südlich zunächst

\*) Kosmos, Bd. II, p. 338.

liegenden Theile und hinter ihnen her die entfernteren, so daß für die nördliche Erdhälfte ein beständiger Luftstrom vom Nordpol zum Aequator und für die südliche vom Südpol zum Aequator hin entsteht: der nördliche und der südliche Polarstrom. Die in der heißen Zone aufgestiegene, in der Höhe befindliche Luft hat zu beiden Seiten neben sich freien Raum und fließt daher nach dem Nord- und Südpol der Erde hin ab. Für das Vorhandensein dieser beiden Aequatorialströme spricht auch der Zug der Wolken, wenn sie entgegen der untern Windrichtung sich bewegen.

Wenn die Polarströme in der heißen Zone sich begegnen, so schaffen sie zwischen sich durch ihre entgegengesetzte Richtung eine Luftschicht, in welcher horizontal keine Bewegung stattfindet, außer daß hier die Luft in gleicher Geschwindigkeit mit der von W. nach D. rotirenden Erde fortschreitet, so daß also kein Wind weht; es ist dieses die Gegend der Windstillen oder Calmen. Mit demselben Rechte freilich würde jene Region auch die der Stürme genannt werden können, denn fast täglich sind die Windstillen durch Stürme unterbrochen, welche aus dem Kampfe der beiden Polarströme mit einander hervorgehen, da wo diese in den aufsteigenden Luftstrom übergehen sollen. Der von der warmen Luft in Menge mit in die Höhe genommene Wasserdampf verdichtet sich dabei zu tropfbarem Wasser, und zwar in solcher Fülle, daß der Regen in Strömen niederfällt. Die Aufeinanderfolge von Windstille und heftigen Stürmen in diesen Gegenden ist für die Schifffahrt kein günstiger. Die Windstillen umfassen keineswegs einen überall gleich breiten Gürtel um die Erde, dessen Mitte der Aequator wäre, sondern bleiben einige Grade nördlich vom Aequator; die Hauptländermasse liegt nämlich auf der nördlichen Erdhälfte, und durch dieselbe Wärmemenge wird das feste Land mehr erwärmt als das Wasser. Auch ist die Mittellinie nicht parallel dem Aequator, sondern rückt um so mehr nördlich von demselben, je mehr das feste Land an der Nordseite vorwiegt, und je größer die Wassermasse auf der Südseite ist; auch ändert sie ihre Entfernung vom Aequator mit den Jahreszeiten. Die Breite der windstillen Gegend variiert zwischen 2 und 9 Grad.

Auf der nördlichen Erdhälfte behält der zunächst als reiner N. entstandene Polarstrom seine Richtung nicht bei, sondern kommt für die einzelnen Orte, je weiter südlich sie liegen, desto mehr aus N.D.; denn da bei der täglichen Bewegung der Erde um ihre Achse eine Stelle einen um so kleinern Weg zu machen hat, je näher sie dem Pol liegt, so kommt der nördliche Polarstrom von langsamer bewegten Gegenden zu schneller bewegten, bleibt hinter diesen zurück und erscheint daher, weil die Bewegung von W. nach D. erfolgt, als N.D. Ebenso wird aus dem südlichen Polarstrom, je mehr er sich der heißen Zone nähert, ein S.D. Der Aequatorialstrom der nördlichen Erdhälfte wird nach und nach, weil er zu langsamer rotirenden Punkten der Erde hingehet, zu einem S.W., und dem entsprechend der Aequatorialstrom der südlichen Erdhälfte ein N.W. Diese vier Ströme führen auch den Namen Passate. Der auf der nördlichen Erdhälfte über den N.W.-Passat fortfließende S.W.-Passat behält diese übergeordnete Lage keineswegs bis zum Pole hin bei, sondern weil er sich allmählig abkühlt und schwerer wird, sinkt er nieder und dringt in den N.W.-Passat ein. Den Raum von der Nordgrenze der Windstillen bis zu der Stelle, wo der S.W.-Passat heruntersinkt, nennt man Passatzone. Auf der südlichen Erdhälfte gibt es auch eine Passatzone, nämlich von der Südgrenze der Windstillen bis da, wo der Aequatorialstrom oder N.W.-Passat herabsteigt. Diese beiden Zonen sind die Gebiete der Monsoons, von denen im Folgenden die Rede sein wird.

Der Polarstrom der südlichen Erdhälfte oder der S.D.-Passat tritt, weil er der Südgrenze der Windstillen folgt und diese fast ganz und stets einige Grade nördlich vom Aequator liegt, von

der südlichen Erdhälfte zur nördlichen über, ändert aber, sobald er den Aequator überschritten hat, allmählig seine Richtung und wird ein SW., weil er nördlich vom Aequator von schneller bewegten Orten zu langsamer bewegten fortschreitet. Dieser SW.-Strom herrscht dann besonders in den nördlichen Theilen des indischen Oceans, in Indien bis zum Himalaya, auf den ostindischen Inseln und dem chineesischen Meere und mit geschwächter Kraft noch bis Japan hin. Seine Herrschaft dauert von April bis October, also diejenigen Monate, in welchen durch den nördlicheren Stand der Sonne die Windstillen bedeutend nördlich vom Aequator liegen. Weicht dann die Sonne und mit ihr die Gegend der Windstillen mehr nach Süden, so wird auch der SO.-Passat von der nördlichen Erdhälfte, wo er als SW. wehte, zurückgetrieben und wieder auf die südliche Hälfte beschränkt. In die von diesem Passat im October verlassenen Gegenden nördlich vom Aequator tritt nun der NO.-Passat der nördlichen Erdhälfte, indem er den Windstillen an ihrer Nordseite folgt, und bleibt alsdann die andere Hälfte des Jahres herrschend, von October bis April. Diese für dieselben Gegenden den einen Theil des Jahres beständig aus SW., den andern Theil desselben aus NO. wehenden Winde führen den Namen Monsoons, d. h. Winde der Jahreszeiten. Der NO. bringt klares, der SW. regnerisches, frühes Wetter mit. Zu der Zeit, wenn der eine Monsoon in den andern übergeht, herrschen in einigen Gegenden Windstillen, in andern veränderliche Winde. In der Regel ist jeder der beiden Monsoons gegen sein Ende hin sehr stürmisch; die Seeleute nennen diese Stürme das Ausbrechen des Monsoons.

Es geht auch der NO.-Passat der nördlichen Erdhälfte auf die südliche über und ändert dabei seine Richtung in NW. Dies findet statt, wenn die Sonne südlicher rückt; in der andern Hälfte des Jahres bleibt der NO.-Passat auf die nördliche Erdhälfte beschränkt, und nun tritt wieder in die von jenem verlassenen Gegenden, welche bis dahin NW. hatten, der SO.-Passat der südlichen Erdhälfte, und zwar, weil er den Aequator nicht überschreitet, als SO.-Wind. Diese beiden einander gerade entgegengesetzten Winde, welche abwechselnd ein halbes Jahr südlich vom Aequator wehen, heißen ebenfalls Monsoons und werden unterschieden als NW.- und SO.-Monsoon; ihr Gebiet ist bedeutend kleiner als das der Monsoons der nördlichen Erdhälfte, weil wegen der größeren Ländermasse auf der nördlichen Hälfte der Erde die Stelle der bedeutendsten Erwärmung nördlich vom Aequator fällt.

Dove schließt sich hinsichtlich der vorhin gegebenen Erklärung der Monsoons den Ansichten von Halle y und Hadley an, während Leopold von Buch den SW.-Monsoon der nördlichen Erdhälfte als schon innerhalb der Tropen herabgekommene Theile des Aequatorialstroms ansieht. Im Allgemeinen bleibt der Aequatorialstrom in der heißen Zone über dem Polarstrom gelagert; der erstere existirt in den höheren Luftschichten, der letztere in den niedrigeren oder unmittelbar über der Erdoberfläche; in der gemäßigten und kalten Zone fließen die beiden Ströme meistens nebeneinander, nachdem der Aequatorialstrom heruntergestiegen ist. Darüber, daß der Aequatorialstrom oder SW.-Passat auf dem Gipfel des Pic von Teneriffa wahrgenommen wird, während am Fuße desselben der Polarstrom oder NO.-Passat herrscht, berichten v. Buch und v. Humboldt; auch sagt v. Buch, \*) daß der SW. der Art herunterkomme und den NO. stellenweise vertreibe, daß der SW. früher an der Küste von Portugal als auf den südlicher liegenden canarischen Inseln

\*) Dove, Meteorologische Untersuchungen p. 270.

eintreffe. Die Witterung unserer nördlichen gemäßigten Zone ist wesentlich bedingt durch das Vorhandensein dieser beiden Strömungen in den untern Schichten der Luft und durch ihre gegenseitige Einwirkung auf einander. Der südliche warme Strom ist der Träger der Feuchtigkeit, denn die Luft vermag um so mehr Wasserdampf zu halten, je bedeutender ihre Temperatur ist; kommt sie dann in nördlichere, kältere Gegenden, so kühlt sie sich ab und muß einen Theil des Wasserdampfes als Regen fahren lassen. Dagegen kommt der Polarstrom aus kalten Gegenden und hat zunächst einen geringen Wassergehalt; dadurch, daß er zu wärmeren Theilen der Erde kommt und selbst wärmer wird, gewinnt er an Fähigkeit, Feuchtigkeit zu tragen und bringt daher selten Regen. Andauerndes Verweilen im Polarstrom verursacht im Winter strenge Kälte, im Sommer warmes trockenes Wetter; längeres Bestehen im Aequatorialstrom liefert kühle nasse Sommer und milde Winter. Möglichst gleichmäßige Vertheilung der Herrschaft beider Ströme bewirkt einen mittleren, normalen Witterungszustand. Da ferner die Wege, auf denen der Polarstrom nach dem Aequator hin und diejenigen, auf welchen der Aequatorialstrom zum Pol hinstrebt, von jedem einzelnen Strom je nach den Umständen beim Zusammentreffen gewählt werden müssen, so können dieselben mit einander abwechselnd in schmalen oder breiteren Betten fließen. Im letzteren Falle wird der eine Strom in der von ihm beherrschten Gegend einseitig seinen Einfluß ausüben, aber ihm zur Seite wird eben so einseitig der andere Strom wirken. Demgemäß läßt ein milder Winter in Europa auf eine strengere Kälte in Nordamerika oder Sibirien schließen und umgekehrt.

Die verschiedenen Windrichtungen lassen sich in folgender Weise aus den beiden Hauptströmen ableiten: Der vom Nordpol herkommende Strom geht in Folge der Rotation der Erde aus N. in NÖ., und bei weiterem Vordringen in O. über; der Aequatorialstrom aus derselben Ursache aus S. in SW. und weiter in W. Ein an einem bestimmtem Orte, welcher dem Nordpol nicht grade nahe liegt, wahrgenommener N. kommt daher nicht vom Nordpol, sondern aus einer Gegend, welche zwar nördlich vom Beobachtungsorte, aber nicht so weit von ihm entfernt liegt, daß die Drehung der Erde ihn schon in NÖ. ändern konnte. Hiermit stimmt auch die den NÖ. gewöhnlich begleitende Witterung überein: im Winter scharfe Kälte, im Sommer trockene Wärme. Ist der Polarstrom O. geworden, so kann ein mit ihm zusammentreffender Aequatorialstrom aus S. ihn in SO. und weiter in S. verwandeln; desgleichen dreht der Polarstrom, wenn er auf einen bereits W. gewordenen Aequatorialstrom stößt, diesen aus W. durch NW. nach N. Die regelmäßige Drehung des Windes wird daher, und zwar besonders in der nördlichen gemäßigten Zone, stattfinden in der Richtung N. O. S. W. N., d. h. mit der Sonne. Ein Zurückspringen des Windes tritt hier zwischen N. und O., sowie zwischen S. und W. häufiger ein, als zwischen W. und N. oder zwischen O. und S. Diesem entsprechend liefert die gegenseitige Einwirkung der Hauptströme der südlichen Erdhälfte auf einander, nämlich des äquatorialen oder NW.-Stromes und des polaren oder SO.-Stromes, die in kürzerer oder längerer Zeit ausgeführte Tendenz des Windes, sich in der Richtung N. W. S. O. N., d. h. ebenfalls mit der Sonne zu drehen, welche für die südliche Erdhälfte Morgens im O., Mittags im N. und Abends im W. steht. Wenn hier der Wind zurückspringt, so ist es gewöhnlich zwischen S. und O. oder zwischen N. und W. Dieses zuerst von Dove\*) klar entwickelte und theoretisch und empirisch begründete Gesetz heißt nach ihm selbst das Drehungsgesetz des Windes.

\*) Dove, Meteorologische Untersuchungen p. 121—139.

Nunmehr blieben die durch gewaltfames Eindringen verschiedener Luftströme gegen einander veranlaßten stürmischen Aufwallungen der Atmosphäre zu untersuchen übrig. Die gemäßigte Zone hat zwar auch ihre Stürme, deren Kraft sich bis zu orkanartiger Eile und Wuth steigern kann und besonders in den Wirbelstürmen am verheerendsten austritt, aber die Stürme der heißen Zone, welche in der Regel Wirbelstürme oder Cyclonen sind, zeigen sowohl den Charakter derselben am deutlichsten, als auch liefern sie für die übrigen Arten der Stürme der gemäßigten Zone grade durch den Gegensatz zu diesen das rechte Verständniß.

Bei jedem Wirbelsturme ist in der Mitte desselben ein niedriger Barometerstand, welcher nach und nach die Orte trifft, über welche die Mitte des Sturmes fortschreitet. Die frühere Ansicht war, daß nach dieser Stelle des verminderten Luftdrucks die Luft von allen Seiten hinstürme, um das gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen. Gegenüber dieser Centripetal-Theorie, welche unter Andern in Br a n d e s und E s p y ihre Vertheidiger fand, und nach welcher der in der Mitte des Wirbels vorhandene geringe Luftdruck die U r s a c h e der Bewegung ist, zeigte D o v e, daß erfahrungsmäßig die Windfahnen jener Theorie nicht entsprächen, indem sie nicht nach einem solchen Centrum hinzeigten. Er wies alsdann nach, daß die Wirklichkeit mit der Theorie übereinstimmt, wenn man von der Ansicht ausgeht, daß bei jenen Stürmen die Luftmasse sich in kreisförmigen Ringen um die Stelle des geringsten Drucks herumbewegt, und somit der verminderte Luftdruck als die F o l g e der Rotation der Luft angesehen werden muß. Die Bewegung einer solchen Luftsäule, welche auf der nördlichen Erdhälfte entgegen dem Laufe der Sonne in der Richtung N. W. S. D. N. geschieht, stellt daher die vom Wirbel getroffenen Windfahnen so, daß sie der Tangente des jedesmaligen Kreises entsprechen. Im Centrum ist Windstille. Nun rückt auch die Stelle, über welcher die Luft kreist, stetig fort, und zwar in der nördlichen gemäßigten Zone von SW. nach NO, d. h. ist ein Ort von einem Wirbel getroffen, so werden nacheinander die in nordöstlicher Richtung von ihm liegenden Gegenden dieselbe Erscheinung haben. Die in der Vorder- oder NO.-Seite des Wirbels gelegenen Orte haben demnach SD., die an der entgegengesetzten Seite, d. h. hinter dem Centrum im Wirbel liegenden NW. Sobald daher das Centrum über einer Stelle steht, welche bis dahin in dem NO.-Theile des Wirbels lag und somit SD.-Sturm hatte, tritt für dieselbe Windstille ein, und wenn sie durch das Fortrücken des Wirbels nach NO. hinter dem Centrum sich befindet, hat sie NW.-Sturm.

Die Gegenden, welche vom Centrum getroffen werden, haben am meisten von der Wuth des Wirbelsturms zu leiden und befinden sich am längsten in demselben. Nachdem der Sturm eine Zeitlang von derselben Seite herkam, erfolgt dann, wenn die Mitte des Wirbels angekommen ist, nach allen Berichten eine Todtenstille, deren Furchtbarkeit um so empfindlicher ist, je gewaltiger der Sturm vorher brauste, und je bekannter der Mensch mit der Natur dieser Wirbelstürme ist, da er sich auf einen ebenso entsetzlichen Sturm von der entgegengesetzten Seite her gefaßt halten muß. Die Dauer der Windstille ist verschieden; sie wechselt von wenigen Minuten bis zu acht Stunden und mehr. Der Grund hierfür ist darin zu finden, daß das Centrum nicht bei allen Wirbelstürmen gleich groß ist, und daß nicht alle Orte, über welche dasselbe fortgeht, von seiner vollen Breite getroffen werden. Diese Breite wird zu 80 Seemeilen geschätzt.

Eine Linie, von SW. nach NO. mitten durch den ganzen Wirbel gezogen, theilt denselben in eine südöstliche und eine nordwestliche Hälfte, oder wenn man nach NO. sieht, in eine rechte und

eine linke Hälfte. Da die Richtung der Windfahnen bei den Wirbelwinden für jede von denselben getroffene Stelle die Tangente eines Kreises ist, dessen Mittelpunkt das Centrum des Wirbels und dessen Radius die Entfernung der Stelle vom Centrum ist, so muß jeder Det, über welchen die rechte Hälfte des Wirbels weggeht, der Reihe nach *SE. S. SW. W. NW.* haben. Dem entsprechend ist für einen Ort, welcher von der linken Hälfte getroffen wird, die Aufeinanderfolge der Windrichtungen während des Sturmes *DE. D. NW. N. NNW.* Folglich kann man, wenn der Sturm die Windrichtung ändert, aus dieser Aenderung bestimmen, an welcher Stelle des Wirbels man sich befindet. Und hierin besteht eben der große Nutzen, den die richtige Erkenntniß der Natur des Sturmes für die Schifffahrt bringt, daß man, auf sie gestützt und unter Benutzung des eben herrschenden Windes entweder dem Wirbel überhaupt oder wenigstens der größten Gefahr, dem Centrum desselben, zu entweichen im Stande ist.\*)

Die bisher festgehaltene Annahme, daß der Wirbel von *SW.* nach *N.* fortschreitet, und die daraus abgeleitete Aufeinanderfolge der Windrichtungen bleibt aber nur dann richtig, wenn derselbe in der nördlichen gemäßigten Zone sich befindet. Nun aber liegen für die meisten hier eintretenden Wirbel die Ursachen in der heißen Zone im Gebiete der Passate, wo sie auch ihre größte Kraft entwickeln. Dasselbst herrscht nach Früherem in den oberen Schichten der Luft ein beständiger *SW.*; wenn nun in diesen fast rechtwinkelig ein Strom von *D.* her zur Seite eindringt, so sind die Bedingungen gegeben zur Entstehung eines Wirbels, in welchem die Luft entgegen der Bewegung der Sonne herumschreift, und welcher, wie *Redfield* zuerst gezeigt hat, von *SE.* nach *NW.* fortschreitet; die Luft am weitem Vordringen nach *N.* gehemmt, ist nun gezwungen, sich der Erde zu nähern. Jenen Ostwind findet *Dove* für die Wirbel auf dem atlantischen Ocean in der Annahme eines seitlichen Abstoßens der über Afrika aufsteigenden warmen Luft, wofür das Fallen von Staubmassen spricht, von denen *Piazzi Smyth* berichtet, daß sie am Pic von Teneriffa an der Westküste Africa's noch in einer Höhe von 10,700 Fuß die Sonne verdunkeln, bevor sie in die untern Wolkenschichten eindringen; ihrer Qualität nach zu schließen, kommen sie aus Afrika. *Dove*\*\*\*) gibt zu, daß auch ein Heraufsteigen des *SE.*-Passats an der Westseite des atlantischen Oceans und sein Zusammentreffen mit dem *N.*-Passat die Ursache zu den dortigen Wirbelstürmen abgeben könne. Das rechtwinkelige Einfallen eines Luftstroms in einen andern ist indeß nicht die einzige Ursache, durch welche Wirbel erzeugt werden können. *Piddington* berichtet, daß der Sturm, welcher am 3., 4. und 5. Juni 1839 im Busen von Bengalen wüthete und bis zum Gebirge von Araccan ein stetiger *SW.*-Sturm war, ein vollständiger Wirbelsturm geworden sei, nachdem er durch das Gebirge gehemmt und rechtwinkelig umgebogen nun als *SE.*-Sturm weiter ging. Wenn die Stürme, welche in der tropischen Zone nördlich vom Aequator entstehen, an der gemäßigten Zone anlangen, ändern sie ihre bisher von *SE.* nach *NW.* gehende Richtung in die von *SW.* nach *N.* um; daß ein Wirbelsturm nicht in die gemäßigte Zone übergeht und somit in der heißen Zone sein Ende findet und daher auch nicht umbiegt, ist nicht Regel. Beim Umbiegen nimmt gewöhnlich der Wirbel bedeutend an Breite zu, wogegen seine Stärke abnimmt. *Redfield* schätzt den Durchmesser eines Wirbels auf dem atlantischen Ocean vor der Erweiterung auf 100 bis 150

\*) Näheres: *Dove*, Ges. der Stürme p. 195—201.

\*\*) *Dove*, Ges. der Stürme p. 182.

Seemeilen und nach derselben auf 600 bis 1000 Seemeilen. Es gibt aber auch Wirbel von 60 bis 80 Meilen Breite. Berüchtigt wegen der häufigen Wirbelstürme sind der indische Ocean nebst dem chineesischen Meere, wo sie Tyfoons oder Teifuns heißen, sowie die westindischen Inseln im atlantischen Ocean, wo man sie Westindia-Hurricanes nennt. Von 365 Stürmen, welche in 62 Jahren in Westindien eintraten, fielen nach P o e y die meisten in den August, nämlich 96; dann folgen die zunächst liegenden Monate September 80, October 69, Juli 42. Die meisten Tyfoons fallen in den Mai und October, d. h. in die Monate, in welchen der eine Monssoon den andern verdrängt; von 85 Stürmen im indischen Ocean zwischen dem Aequator und 34° N. Br. kamen auf den Mai 14 und auf den October 17.

In der Geschwindigkeit des Fortrückens herrscht bei den einzelnen Stürmen große Verschiedenheit. Sehr langsam war nach B i d d i n g t o n der Sturm vom 22. zum 27. Februar 1845 auf Mauritius und durchlief in diesen 5 Tagen 460 Seemeilen, mithin in einer Stunde nahe vier Meilen. Dagegen machte der heftige Sturm am 1. September 1821, welcher bei den westindischen Inseln entstand und bis zum 3. September längs der Ostküste von Nordamerika bis über New-York hinaus wüthete, in jeder Stunde 30 Meilen. Aus dieser gewaltigen Eile der bewegten Luftmassen läßt sich schließen auf die schrecklichen Verheerungen, die ein solcher Sturm anzurichten im Stande ist. Colonel R e i d sagt in seiner Beschreibung des Westindia-Hurricanes vom 10. August 1831: „Wer fern war von dieser Schreckensscene, kann keine Vorstellung haben von den Empfindungen, welche sie erregte. . . . Der Anblick der Gegend war der einer Wüste, nirgends eine Spur von Vegetation, einige Flecken welken Grüns ausgenommen. Der Boden sah aus, als wenn Feuer durch das Land gegangen wäre. . . .“ Bei einem andern westindischen Sturme vom 10. October 1780 ging ein französischer Convoi, welcher aus 50 Schiffen bestand, bis auf 6 oder 7 Schiffe bei der Insel Martinique zu Grunde; in Martinique kamen 9000 Menschen um; in St. Pierre blieb kein Haus stehen, da das Meer 25 Fuß anschwellt, und 150 Häuser am Ufer in einem Augenblick verschwanden. Im Fort Royal wurden die Kathedrale, 7 Kirchen und 1400 Häuser umgestürzt. In St. Gustach wurden 7 Schiffe an den Felsen zerschellt, 19 Schiffe rissen sich vom Anker, von denen nur eins zurückkehrte. In St. Lucia, wo 6000 Menschen ihren Tod fanden, wurden die festesten Gebäude bis in ihre Fundamente zerstört und Kanonen mehr als 100 Fuß weit mit fortgerissen. R o d n e y fügt seinem Bericht über die Verwüstung der Insel Barbados hinzu: „Nur meine eigene Anschauung hat mich von der Möglichkeit überzeugen können, daß der Wind eine so gänzliche Zerstörung einer so blühenden Insel hervorbringen kann.“

Einen Typhoon hatte die Novara \*) auf ihrer Reise um die Erde im chineesischen Meere am 18. und 19. August 1858 zu bestehen. Nachdem dieselbe am 11. August Schanghai verlassen hatte, zeigte sich am 17. des Abends der Himmel im W. geröthet, und die Sterne erglänzten ungewöhnlich in einem zitternden Lichte. Das Barometer fing langsam aber bedenklich zu fallen an. Am folgenden Morgen war der Himmel mit Haufenwolken bedeckt, die gegen N. eine sehr dunkle, beinahe schwarze Farbe annahmen. Wind und Seegang nahmen an Stärke zu, die Luft trübte sich immer

\*) Reise der österreichischen Fregatte Novara um die Erde in den Jahren 1857–59, von Dr. Karl von Scherzer. 2. Bd.

mehr, das Barometer fiel fortwährend. Hierin lagen die Anzeichen des herannahenden Tyfoons. Der immer stärker brausende Sturm ging durch *ND.* nach *N.*, und somit befand sich das Schiff, weil die Cyclonen in der nördlichen Hälfte der heißen Zone von *SO.* nach *NW.* gehen, im vordern Theile der linken Hälfte des Wirbels, und durch Benutzung des Windes zu einer Fahrt nach *SW.* gelang es, der Mitte des Wirbels zu entgehen. Am 18. August waren heftige Windstöße erfolgt, und die folgende Nacht war eine Sturmnacht im vollsten Sinne des Wortes; am 19. hingen die Wolken tief herab und vermischten sich fast mit dem vom heftigsten Sturme wild aufgeregten Meere. Die Wellen kreuzten sich in allen Richtungen und trieben das Wasser 25 bis 30 Fuß hoch. Der am Mittag eintretende *NW.*, welcher gegen Abend *W.* wurde, war ein sicheres Zeichen, daß man sich südlich von dem nach *NW.* fortrückenden Tyfoon befände und die Hauptsache überstanden war. Freilich tobte am 19. gegen 6 Uhr Abends der Orkan noch, und das mit günstigem Westwinde segelnde Schiff wurde mit einer Geschwindigkeit von 14 Meilen in der Stunde während der Nacht aus dem chinesischen Meere in den stillen Ocean getrieben. Großen Einfluß hatte der Sturm selbst auf die größeren Thiere ausgeübt, welche sich auf dem Schiffe befanden. Mehrere von ihnen starben, die meisten magerten entsetzlich ab, und selbst die erst noch so wilden und unbändigen zeigten sich nachher zahm und zutraulich. Man schätzte die Entfernung der Fregatte vom eigentlichen Centrum der Cyclone, selbst als sie ihm am nächsten war, noch auf 100 Seemeilen.

Die Anzeichen eines heraufziehenden Tyfoons beschreibt *Dampier* folgendermaßen: „Wenn der Wirbelwind anfangen will, so erscheint in *ND.* ein großes Gewölk, unten am Horizont ist es schwarz, weiter oben dunkelroth, oben darüber hellroth und glänzend, an den Enden aber fahl und so weiß, daß es die Augen blendet. Es ist ein recht gräßlicher Anblick um eine solche Wolke. Sie läßt sich zuweilen 12 Stunden lang sehen, ehe der Wirbelwind ausbricht. Sobald sie mit großer Geschwindigkeit fortzuschließen anfängt, darf man sicher glauben, der Wind werde bald folgen.“

Der Charakter der Stürme in der gemäßigten Zone ist von denen der tropischen durchgehend verschieden; die gewöhnliche Form ist hier nicht der Wirbel. Zwar treten Ausläufer der Wirbelstürme aus der heißen Zone in dieselbe ein; die *Westindia-Hurricanes* treffen dann, während ihr Centrum auf dem atlantischen Ocean von *SW.* nach *ND.* weiter rückt, die westlichen Theile Europa's oder den Ostrand von Nordamerika. Für die Küsten von England und Schottland sind entschiedene Cyclonen nachgewiesen worden. Auch können Wirbel in unserer Zone selbst entstehen, die dann aber an Kraft und Ausdehnung nicht so sehr bedeutend sind. Je weiter nach *D.*, desto seltener sind sie in Europa. Im westlichen Europa und besonders an der Küste tritt neben den eigentlichen Cyclonen eine Form von Stürmen auf, welche in so fern eine gewisse Ähnlichkeit mit jenen hat, als eine Drehung der Windfahne von *SW.* über *W.* nach *NW.* dabei erfolgt; *Dove* nennt sie *Stromstürme*. Das Eigenthümliche bei ihnen ist, daß eben nur westliche und keine östlichen Winde vorkommen, während bei einer von *SW.* nach *ND.* fortrückenden Cyclone östliche in der vordern und westliche in der hintern Hälfte des Wirbels vorhanden sind. Man hat wohl angenommen, die fehlende vordere Hälfte sei in den höheren Luftschichten zu suchen, die Achse sei rückwärts, nach dem Aequator hin, geneigt. Allein nach den gemachten Beobachtungen sind grade westliche Winde oben vorherrschend. *Stromstürme* sind keine Cyclonen. Ihre Entstehung läßt sich so ableiten: Neben dem Aequatorialstrom wird gewöhnlich, denn hierin besteht grade das Besondere der Bitterung in der gemäßigten Zone, eine polare Luftschicht liegen, welche, je kälter und schwerer sie ist, einen

um so größeren Seitendruck ausübt und wenn sie an der NW.-Seite liegt, den SW. in W. und schließlich in NW. verwandelt; hierbei bewirkt der einfallende Polarstrom ein Steigen des Barometers bei sinkendem Thermometer. Von den Stromstürmen haben besonders die Küsten der Nordsee zu leiden, denn nachdem der SW. das Wasser des atlantischen Oceans durch den Canal, und der spätere W. und NW. um England herum in die Nordsee getrieben haben, wird diese Wassermenge schließlich durch den NW.-Sturm gegen die Küsten gedrängt und verursacht hier die hohen Fluthen, Durchbrüche und Ueberschwemmungen und mit ihnen großen Verlust an Besitz und Menschenleben.

Bei den Stromstürmen war die Bedingung ihres Entstehens ein seitliches Einwirken zweier Ströme auf einander; die nun noch übrige Form, die Staufürme der gemäßigten Zone, geht hervor aus dem Kampfe zweier Ströme, welche einander gerade entgegen wehen. Der nach dem Pol strebende Aequatorialstrom findet, wenn er außerhalb der heißen Zone der Erdoberfläche sich nähert, durch den Polarstrom, welcher den Aequator zu erreichen sucht, den Weg versperrt, und die Luftmassen stauen einander. Wenn die Kraft des Andrangs auf beiden Seiten gleich groß ist, erfolgt an der Berührungsstelle Windstille, und es tritt wegen der verschiedenen Temperatur der beiden Ströme Nebel ein, welcher bei geringem Uebergewicht des Polarstroms schnell wieder verschwindet, und wenn der südliche Strom etwas stärker ist, eben so schnell wieder erscheint. Das Barometer erlangt durch die Anhäufung der Luft an der Stelle des Zusammentreffens einen hohen Stand, während es im Gebiete des Aequatorialstroms bedeutend erniedrigt wird, indem dieser beim Vordringen in kältere Gegenden einen Theil der in ihm enthaltenen Feuchtigkeit verliert. Innerhalb eines Staufurmes liegen also barometrische Maxima und Minima zu gleicher Zeit neben einander, wogegen bei den Stromstürmen ein Maximum auf ein Minimum der Zeit nach folgt und bei den Wirbelstürmen rings um das im Centrum des Wirbels vorhandene Minimum in gleichen Entfernungen von demselben höhere, unter sich nahe gleiche Barometerstände eintreten. Stauen sich zwei Luftströme von ungleichen Kräften, so gibt es, wenn der Aequatorialstrom Sieger bleibt, eine höhere Temperatur, einen niedrigeren Barometerstand und feuchtes Wetter; behält hingegen der Polarstrom die Oberhand, so erfolgt in dem nun von ihm eingenommenen Gebiete niedrigere Temperatur, höherer Barometerstand und helles, klares Wetter, denn der kalte Strom vermag neue Dünste in sich aufzunehmen, entzieht sie deshalb der Oberfläche der Erde und kann viel davon bergen, ohne den Sättigungspunkt zu erreichen, wo er dieselben als Regen wieder fahren lassen muß. Häufig ist bei den Staufürmen der Kampf nach einem einmaligen Zurückdrängen des einen Stromes noch nicht beendet, sondern erneuert sich, sobald der schwächere durch Concentrirung seiner Massen den Gegner zu besiegen im Stande ist, der dann wieder seinerseits den Kampf aufnimmt. Ein solches mehrmaliges Verdrängen und Verdrängtwerden fand unter Anderm in dem Sturm vom 9. bis 11. December 1850 in der Gegend von Moskau statt. Nachdem vor dem 6. December bei N.-Wind das Barometer 28 Zoll Höhe und das Thermometer  $14\frac{1}{2}$  ° R. Kälte gezeigt hatte, stürmte es vom 6. bis 9. aus SW., das Barometer sank auf 26" 9"', das Thermometer stieg auf  $1\frac{1}{2}$  ° Kälte. Am 9. December Morgens wurde es zuerst windstill, dann trat der N.-Sturm ein; das Barometer stieg auf 27" 4"', das Thermometer sank zu 17 ° Kälte; am 11. Abends trat wieder Windstille ein; alsdann herrschte wieder SW., das Barometer sank auf 26" 10"', während das Thermometer über 0 ° stieg. Ein solches Zusammentreffen der Veränderungen in der Temperatur und dem Luftdruck, verbunden mit dem Umschlagen des Windes in den entgegengesetzten, ist das Charakteristische eines

Staufurms. Bei den Wirbeln stellt sich für einen Ort, den das Centrum eben verlassen hat, freilich auch die entgegengesetzte Windrichtung ein, aber dieses Umsehn geschieht nur einmal und ist mit feinen bedeutenden Aenderungen in der Temperatur verbunden; auch fällt das Barometer beständig, bis das Centrum der Cyclone da ist, und dann steigt es fortwährend, bis die letzte Hälfte derselben über den Ort weggegangen und der Sturm beendet ist. Die Staufürme kommen viel häufiger im östlichen als im westlichen Europa vor.

Bedingt durch das Herabkommen des Aequatorialstromes beginnen die Stürme im Frühjahr und Herbst gewöhnlich am mittelländischen Meere, im Winter noch südlicher, im Sommer aber erst im mittleren Europa. Derselbe bringt im Streite mit dem Polarstrom im Sommer zwar in der Regel nicht gar gewaltige Stürme hervor, weil der Unterschied in der Temperatur dann nicht so bedeutend ist als im Winter, verursacht aber doch das Unbeständige in der Bitterung unsers Sommers. Es sei schließlich noch der Einfluss erwähnt, den die Richtung der Gebirgszüge ausübt, um Stürme zu fördern oder zu hemmen. Sie geht nämlich in Europa und Asien hauptsächlich von W. nach D., bildet aber in Europa keineswegs eine so strenge Scheidewand zwischen S. und N., als wie in Asien, woselbst in Sibirien, welches auch im W. noch durch den Ural von Europa getrennt ist und fast nur der kalten Luft des nördlichen Eismeeres freien Zutritt gestattet, ein eifriges, stilles Luftmeer sich sammelt. Daher der bedeutende Unterschied in der Temperatur, den Sibirien sowohl gegen die südlich davon gelegenen Länder als gegen das europäische Rußland aufzuweisen hat, und der wesentlich dazu beiträgt, daß im östlichen Europa die Staufürme vorherrschen.\* Der bedeutendste Abfluß der Luft Sibiriens findet nach SW, nach dem Caspischen Meere und dem Aral-See statt und verursacht hier die unter dem Namen Buran bekannten Stürme, welche eine plötzliche und deshalb um so verderblichere Kälte bringen. Durch einen solchen Buran kam im Winter 1839—40 auf dem Zuge nach Obitwa die Hälfte des russischen Heeres im Lande der Kirgisen vor Kälte um, während im südlichen Deutschland die Bitterung ungewöhnlich milde war. Im Gegensatz zu den Gebirgszügen Europa's und Asiens gehen die Nordamerika's von SO. nach NW. und haben zwischen sich vom Meerbusen von Mexiko bis zum nördlichen Eismeere ein Thal, durch welches die beiden Hauptströme ungehindert ziehen können. Diesem Umstande entspricht denn auch der Charakter der dortigen Bitterung, welche oft und plötzlich aus einer Temperatur in die andere umsezt; in Europa pflegt dieser Wechsel nicht so häufig und mehr allmählig einzutreten.

\*) Dove, Die Stürme der gemäßigten Zone, p. 26.