III. Ueber die Cyklonen oder die Wirbelstürme; von Baeyer, General-Lieutenant z. D.

Colonel Capper war der erste, welcher zu Anfang dieses Jahrhunderts auf die drehende Bewegung der grossen Stürme unter den Tropen aufmerksam machte. Er sagt in seinem Werke: *On Winds and Monsoons. London 1801: The Tempest, the Tuffoon or Typhoon, the Hurricane and the Tornado, are only the English, the Greek or Persian, the Italien or Spanish nams for a Whirlwind.* Seit dieser Zeit sind diese merkwürdigen Erscheinungen in den Bewegungen des Luftkreises mit dem grössten Eifer verfolgt worden und wir besitzen gegenwärtig schon eine so bedeutende Anzahl von beobachteten mehr oder weniger vollständig bestimmten Bahnlinien der Wirbelstürme, daß darauf wichtige Schlüsse über Ort und Zeit ihrer Entstehung und über die Richtungen, welche sie an verschiedenen Stellen der Meere nehmen, wenn nicht mit völliger Sicherheit, doch mit grosser Wahrscheinlichkeit, gegründet werden konnten. Vor Allem haben sich Redfield, Reid, Piddington, Thom, Bonsquet und Maury um die Sammlung von beobachteten Thatfachen und um die Ergründung der Natur und Beschaffenheit dieser Orkane nicht nur höchst verdient gemacht, sondern sie haben auch durch die praktischen Regeln, welche sie aus ihren Untersuchungen abgeleitet haben, der Schifffahrt unschätzbare Vortheile gebracht. In Maury's *Physical Geography of the Sea* lesen wir, daß die Schiffsreisen durch die erlangte Kenntniss über die Verbreitung der herrschenden Winde, um mehrere Wochen abgekürzt worden sind und in H. Piddington's und W. Radcliff Birt's Handbüchern über die Cyklonen finden wir die detaillirtesten Anweisungen für die Seefahrer, in welcher Weise die gefährlichen Mittelpunkte dieser furchtbaren Stürme vermieden und wie sie sogar vortheilhaft benutzt werden können, um eine bessere Fahrt zu machen.

Diese praktischen Erfolge haben zwar auch mancherlei Bemühungen über die Entstehung dieser collossalen Luftwirbel hervorgerufen, allein eine einleuchtende, genügende Erklärung derselben ist, so viel mir bekannt, bis jetzt noch nicht gelungen, weshalb ein neuer Versuch, eine solche, als einen Beitrag zur Aufklärung dieser merkwürdigen Erscheinung zu geben, wohl gerechtfertigt erscheinen mag.

Der Weg den ich bei diesem Versuch eingeschlagen habe, besteht darin, dafs ich zuerst aus den oben angeführten Werken die erwiesenen Thatsachen gesammelt und dieselben demnächst einer gründlichen Discussion unterworfen habe um die wichtigsten Gesichtspunkte festzustellen und die Bedingungen zu ermitteln, welche durch die zu gebende Erklärung ermittelt werden müssen.

Vorzeichen einer herannahenden Cyklone.

1. Drückend heisse, schwüle und feuchte Luft.
2. Windstille.
3. Aufsergewöhnliche Klarheit und Durchsichtigkeit der Luft, so dafs man die Sterne am Horizont beinahe eben so deutlich auf- und untergehen sieht wie sonst nur die Sonne und den Mond.
4. Ein besonderer weifser Schein im Zenith von mehr oder weniger kreisrunder Form.
5. Ein besonders rothes oder feuriges Aussehen des Himmels welches zuweilen so intensiv ist, dafs es den Gegenständen umher eine tief carmoisinrothe Färbung ertheilt. Die sich erhebenden Wolken sind schwarz und zerrissen, an den Rändern hell, schnell emporkommend und sich mit langen Schweifen nach dem Zenith erstreckend.
6. Eine eigenthümliche Färbung der Wolken ins olivengrüne spielend, die allgemein als ein Vorbote eines furchtbaren Orkans angesehen wird.
7. Eine dunkle dicke Nebelwand am Horizont in der Richtung wo die Cyklone wüthet.
8. Ein besonderes Aussehen der Gestirne, als ob sie durch Nebel schienen mit bleichem und mattem Licht, zu-

weilen mit Lichtringen oder Höfen umgeben. Manche Beobachter schildern sie wieder sehr groß und mit Auswüchsen an den Rändern, ähnlich einer Rose oder der Krone eines Hirschgeweihes; noch andere nennen sie tanzend und besonders glänzend und funkelnd.

9. Die Sonne erscheint zuweilen blau, so daß weisse Gegenstände eine entschieden lichtblaue Farbe annehmen; zuweilen wird ihr Glanz so matt und bleich wie der Vollmond.

10. In der Richtung nach dem Orkan sieht man eine dichte schwere Wolkenbank, mit einem besonderen bleichen Schein in derselben, als ob es eine massive Mauer wäre. Ferner bemerkt man ein Vorwärtsschießen einzelner Theile dieser Wolkenbank, als ob sie durch eine Explosion zerissen und einzelne Stücke davon mit furchtbarer Gewalt fortgeschleudert würden.

11. In der Luft bemerkt man an leichten Körpern z. B. an Baumzweigen eine eigenthümliche Bewegung; es ist nicht ein Vorwärtsbiegen wie es sonst der Wind hervorbringt, sondern mehr eine kreiselnde, wirbelnde Bewegung.

12. Merkwürdige Blitze von säulenartiger Form, schießen vom Horizont auf mit einem matten Glanz, ähnlich einem Schuß in dunkeler Nacht, oder dem Feuerschlagen mit Stahl und Stein.

13. In größerer Nähe des Orkans wird ein dumpfes Heulen und Brausen des Windes hörbar.

Beobachtungen innerhalb der Cyklonen.

14. Die Professoren Espy und Hare in Amerika hatten die Ansicht aufgestellt, daß der Wind in den Cyklonen von der Peripherie nach dem Centrum hin wehe, allein diese Ansicht hat sich nicht bewährt und es steht jetzt allgemein fest, daß der Wind in allen Wirbelstürmen in Zirkeln weht, und daß sich das Centrum der Cyklone in einer Richtung befindet die senkrecht gegen die Windrichtung ist.

15. Die allgemeine Richtung der drehenden Bewegung

der Cyklonen geht gegen die Sonne und ist nach den übereinstimmenden Angaben der verschiedenen Auctoren in der einen Halbkugel entgegengesetzt der in der anderen. In der südlichen Halbkugel drehen sie sich wie die Zeiger einer Uhr; in der nördlichen, entgegengesetzt den Zeigern einer Uhr.

16. Der Durchmesser variirt gewöhnlich zwischen 100 und 600 Seemeilen (Eine Seemeile ist = 1 Minute des Aequators). Es kommen indessen auch Cyklonen vor, deren Durchmesser 1000 Seemeilen erreichen.

17. Im Centrum der Cyklonen befindet sich ein windstiller Raum dessen Durchmesser 5 bis 25 Seemeilen beträgt. Dieser windstille Raum wird im allgemeinen mit dem Namen *Centrum der Cyklone* bezeichnet.

18. Die Stärke des Windes nimmt von der Peripherie nach innen zu und ist unmittelbar an dem windstillen Raum am allerheftigsten; seine Kraft bleibt sich aber in demselben Abstände vom Centrum nicht gleich sondern ist sehr abwechselnd, zuweilen weht er mit furchtbarer Heftigkeit, dann sinkt er zu einem sanften Lüftchen herab um unmittelbar darauf noch heftiger als zuvor wieder loszubrechen. Innerhalb der Cyklonen ist der Wind überhaupt sehr unregelmäßig, heftig und stoßweise; oft trifft er ein Schiff sogar von oben herunter.

19. Eine ungewöhnlich starke Condensation des Wasserdampfes bildet schwere Wolkenbänke mit den heftigsten Regengüssen und gewaltigen elektrischen Entladungen: es folgt unaufhörlich Blitz auf Blitz.

20. Innerhalb der Cyklone herrscht allgemeine Dunkelheit die nur durch die wechselnden Blitze oder durch den matten kreisähnlichen Schein über dem windstillen Centrum erhellt wird.

21. Ueber dem windstillen Centrum werden die Wolken lichter und im Mittelpunkt desselben ist der Himmel oft so klar, daß die Sonne oder die Sterne im schönsten Glanze erscheinen.

22. Das Barometer sinkt in den Cyklonen von der

Peripherie nach dem Centrum hin immer mehr und mehr und zwar in einem stärkeren als arithmetischen Verhältniß und wenn man aus dem heftigsten Sturm unmittelbar in die Windstille im Centrum gelangt, so fällt es sehr schnell, fast plötzlich. Umgekehrt, wenn man die Cyklonen von innen nach außen durchschneidet, so steigt es in dem Augenblick, wo man aus der Windstille in den heftigsten Sturm gelangt, sehr schnell und dann nach der Peripherie hin allmählich. Es giebt Fälle wo bei dem Durchschiffen einer Cyklone das Fallen von der Peripherie nach dem Centrum nicht so groß war, als das darauf folgende Steigen, es giebt aber kein Beispiel von einer Cyklone in der das Barometer nicht gefallen wäre. Der Unterschied des beobachteten Barometerstandes zwischen Peripherie und Centrum geht bis $2\frac{1}{2}$ Zoll.

Nördliche Halbkugel.

Jahreszeiten, Ursprung, Richtungen und Bahnlinsen der Cyklonen.

23. *Im Atlantischen Ocean.* Die Zeit der Wirbelstürme erstreckt sich von der letzten Woche des Juni bis gegen Mitte December. Die größte Anzahl mit den regelmäßigsten Bahnen findet im August statt, wenn die Sonne vertical über der Gegend steht wo sie entstehen, oder wo sie wenigstens zuerst entdeckt wurden. Sie entstehen meist an der südlichen Gränze des Nordost-Passates zwischen 10° bis 12° nördl. Breite und 40° bis 60° westlicher Länge von Greenwich. Ihre Centra nehmen im Allgemeinen eine nordwestliche Richtung bis etwa zum 30. Parallel, dort biegen sie, im Durchschnitt unter 80° Länge allmählich um und gehen dann nach Nordost hin weiter. Ausnahmen machen:

Der Orkan vom 30. August 1842 der sich gerade von Ost nach West fortbewegte. Er entstand unter 24° nördl. Breite und 63° westl. Länge und endete unter $103.$ westl. Länge.

Der Tobago-Orkan vom 10. October 1847. Er ging von O. bei N. nach W. bei S.

Die Bahn des Antigua - Orkans vom 2. August 1837 war zuerst wie gewöhnlich nordwestlich, dann bog er plötzlich, anstatt nach NO. nach WNW. ab und ging auf das amerikanische Festland zu.

Im October wo die Sonne im Durchschnitt 9° südl. Declination hat, kommen zwischen 78° und 92° westl. Länge Orkane vor die von SW. nach NO. gehen und keine Umbiegung machen. Alles deutet darauf hin, daß sie ebenfalls an der Gränze der Windstillen und veränderlichen Winde im stillen Ocean entstehen. Auch im November und December sind Südwest - Cyklonen in viel höheren Breiten über das amerikanische Continent hinweggegangen.

24. *In dem Meerbusen von Bengalen.* Im indischen Ocean existirt in der Nähe des Aequators die Zone der Windstillen und veränderlichen Winde mit atmosphärischen Niederschlägen und elektrischen Entladungen nur zum Theil und wird hier durch die Monsoons ersetzt, welche den indischen Ocean mit Einfluß des arabischen Meeres und des Meerbusens von Bengalen beherrschen. In der nördlichen Halbkugel weht im Sommer der SW. im Winter der NO. Monsoon. In der südlichen Halbkugel bildet im südlichen Sommer der NW. Monsoon, der zwischen dem Aequator und 10° südlicher Breite herrscht, die Gränze des Südost-Passates. Im südlichen Winter wird der NW. Monsoon durch den Südost-Monsoon oder Passat ersetzt, der näher am Aequator immer mehr Ostwind wird. Zwischen diesem und dem SW. Monsoon der nördlichen Halbkugel bildet ein schmaler Streifen Windstille und veränderlicher Winde die Gränze.

Im Meerbusen von Bengalen kommen während der Zeit des SW. Monsoons, im Mai und Juni, die meisten Orkane vor. Während der Zeit des NO. Monsoons sind die Stürme im October und November am häufigsten. Ihre Bahnen sind hier gerade oder gebrochene Linien. Die regelmäßigen Umbiegungen welche die Orkane zeigen, die sich von SO. nach NW. im atlantischen Ocean bewegen, scheinen hier zu fehlen, obgleich mehrere z. B. die vom April, Mai 1840

und die vom November 1839 die Tendenz eine regelmäßige Bahn zu bilden erkennen lassen. Die Monsoons und noch mehr das Festland scheinen die Regelmäßigkeit der Bewegung zu stören, und dazu kommt noch, daß nach Analogie der Cyklonen im Atlantischen Ocean, die Wendepunkte in die Nähe des 30. Parallels d. h. tief in das Innere des Festlandes, zu liegen kämen.

Im nordöstlichen Theil des Meerbusens gehen die Stürme meist nach NNW., NW. und WNW. Im südwestlichen Theil gehen sie nach den Richtungen die zwischen W. bei S. und NW. variiren. In der Nähe von Calcutta kommen Richtungen nach N. bei O. vor.

Bei dem Südwest-Monsoon liegen die Richtungen, welche die Cyklonen nehmen zwischen W. und N., die meisten gehen nach WNW, NW und NNW. Im Mai 1820 ist in der Mitte der Bai eine Cyklone vorgekommen die von ONO. nach WSW. gegangen ist, also beinahe dem Monsoon entgegen. Bei dem Nordost-Monsoon behalten die Cyklonen fast dieselbe Richtung bei, nur kommen hier mehr als vorhin vor, die gerade von Ost nach West gehen. Im Allgemeinen durchschneiden also die Cyklonen beide Monsoone mehr oder weniger rechtwinklig.

In der Richtung von O. bei N. nach W. bei S. gingen: Die Sand Heads Cyklone im Juni 1839 und die Cyklone vom November 1815 die in der Nähe von Ceylon nördlich von dieser Insel entstand. Zwischen den Adamanen und Madras scheinen die Bahnen gewöhnlich von SO. und O. nach NW. und W. zu gehen. Die Cyklone vom November, December 1842 entstand unter 5° nördlicher Breite und 89° östlicher Länge, ging in nordwestlicher Richtung vor bis zum 10. Parallel und wendete sich hier plötzlich nach WSW; sie wurde offenbar vom Nordost-Passat überwunden und fortgeführt.

25. *Im Arabischen Meere.* Hier sind die beobachteten Orkane ziemlich spärlich und man glaubt, daß sie in der That hier seltener seyen. Die meisten entstehen bei den Laccadiven und gehen nach NW. oder NNW. Sie kom-

men hier ebenfalls während beider Monsoone vor. Der Orkan vom April 1847 der südlicher, bei den Maldiven entstand, ging in der Richtung nach NO. bei N. und kam aus SW. bei S.

26. *Im Chinesischen Meere.* Der Südwest-Monsoon herrscht in dem Chinesischen Meere meist nur in den Monaten Juni, Juli und August, weil er jedesmal reichlich einen Monat gebraucht um sich zu drehen und zu setzen. Die Orkane entstehen im Juni, Juli und August, meist in der Nähe von Macao. Im September, wenn die Sonne südlich geht, finden wir auch den Ursprung der Orkane südlicher. Die meisten kommen vor in der Zeit wenn die Sonne von dem nördlichen Wendekreis nach Süden geht und wenn der regenige Südwest-Monsoon die Oberhand hat. Am zahlreichsten sind sie im Juli und September.

Im nördlichen Theile des Meeres variiren die Richtungen, nach welchen die Orkane hingehen zwischen NW. und SW. Acht Cyklonen sind hier beobachtet worden die von NO. nach SW. vorschritten, besonders thun diefs die Juli- und September-Cyklonen. Eine Cyklone vom 26. Juli 1841 die unter 21° nördl. Breite und 118° östl. Länge entstand, ging zuerst von ONO. nach WSW. und bog dann unter 20° nördl. Breite nach NW. um. Es scheint, dafs der Südwest-Monsoon sie zu dieser Abbiegung genöthigt hat. In dem mittleren Theile des Meeres zwischen den Inseln Heinau und Luzon und den Parallelen unter 16° und 19° nördl. Breite, variiren die Richtungen von N. bei O. bis SSW. also beinahe um 180° . September, October und November sind die Monate wo hier die Cyklonen gewöhnlich herrschen. Eine andere Cyklone, welche unter 17° nördl. Breite an der Westküste der Insel Luzon entstand, ging zuerst nach NW. hin, bog dann unter 18° nördl. Breite nach NNO. um, ging bis 21° nördl. Breite in dieser Richtung fort und wendete sich sodann ganz gegen O.

Im südlichen Theil des Chinesischen Meeres zwischen Cochinchina und den Philippinen und zwischen den Parallelen unter 9° und 16° nördl. Breite kommen Cyklonen

in den Monaten September, October und November vor, die meisten in den beiden letzten Monaten, die sich nach Richtungen bewegen die zwischen NW. und S. liegen. Die Cyklone vom 20. September 1803 entstand nördl. von Minorka, rückte zuerst in nordwestlicher Richtung vor und bog dann scharf nach W. um.

Die Cyklone vom 16. November 1837 entstand nordwestlich von Minorka, rückte zuerst gegen NW. und bog dann nach WSW. um. Es scheint, daß der Nordost-Passat sie in dieser Richtung fortgeführt habe.

27. *Im Stillen Ocean.* Oestlich von der Insel Luzon zwischen 15° und 17° nördl. Breite und 130° östl. Länge sind mehrere Cyklonen beobachtet worden die nach nordwestlichen Richtungen vorrückten. Unter 19° nördl. Breite und 138° östl. Länge ist Anfangs Mai eine Cyklone an ihrem Wendepunkt getroffen worden. Eine andere wurde im November aber 8° östlicher beobachtet.

Südliche Halbkugel.

Jahreszeiten, Ursprung, Richtungen und Bahnlilien der Cyklonen.

28. *Im südlichen Atlantischen Ocean.* Sir James Rofs hat zwischen den Falklands-Inseln und dem Cap Horn einige Cyklonen beobachtet, die aus SW. kamen und dann nach NW. umbogen.

29. *Im südlichen Indischen Ocean.* Die Zeit der Stürme erstreckt sich hier vom November bis zum Juni. Im ersten und letzten Monat dieser Periode sind sie am seltensten; im Januar und März am häufigsten. Zuweilen herrschen sogar mehrere zu gleicher Zeit. In dem Meere zwischen Java und der Nordwestküste von Australien fällt die größte Anzahl der Stürme in die Monate December, Januar und Februar.

Der Nordwest-Monsoon (Regenwind), welcher im südlichen Sommer zwischen dem Aequator und 9° bis 10° südl. Breite herrscht, bildet die nördliche Gränze des Südost-Passats in der Zeit, wo die Cyklonen herrschen. An dieser Gränze entstehen sie, am häufigsten zwischen 9° und

12° südl. Breite und 75° bis 90° östl. Länge. Sie schreiten im Allgemeinen in der Richtung von NO. nach SW. vor und biegen dann in regelmässigen Krümmungen, nach SO um. Die Bahnen dieser Cyklonen sind vollkommen symmetrisch mit denen im Atlantischen Ocean (23) und unterscheiden sich von denselben nur dadurch, daß ihre Azimuthal-Richtungen gröfsere Unterschiede zeigen, wodurch ihre Wendepunkte nach Breite und Länge mehr aus einanderfallen und durchschnittlich zwischen 20° und 25° südl. Breite und 52° und 67° östl. Länge zu liegen kommen. Der dem Aequator nächste Wendepunkt (Cyklone vom Nov. 1851) war unter 12° 30' südl. Breite und 60° 45' östl. Länge. Der vom Aequator entfernteste Wendepunkt (Cyklone vom Januar 1848) war unter 27° 30' südl. Breite und 61° 45' östl. Länge.

Eine Cyklone entstand in der Nähe der Kokosinseln unter 12° 5' südl. Breite und 96° 53' östl. Länge und rückte gerade von Norden nach Süden vor, d. h. sie bewegte sich nach dem Südpol zu. Eine andere Cyklone im Nov. 1853 bewegte sich Anfangs von SO. nach NW. während zweier Tage und bog dann plötzlich nach SW. um. Ihre Geschwindigkeit (d. h. die des Centrums) betrug in den ersten beiden Tagen 2 Seemeilen per Stunde; später 2 $\frac{3}{4}$ Seemeilen per Stunde. Eine dritte am Schwanenfluß (West-Australien) im Jahr 1838 ging von WNW. nach OSO. Eine vierte im Mai 1840 bewegte sich gerade von West nach Ost.

Südlich des 40. Parallels gehen die Cyklonen gewöhnlich von W. nach O. Südlich vom Cap der guten Hoffnung unter 42° südl. Breite und 10° östliche Länge ist eine beobachtet worden, die von WSW. nach ONO. ging.

30. *Im südlichen Stillen Ocean.* Zwischen Neuseeland und den Viti oder Fidji (Feejee) Inseln ist eine Sturmgend die vom November bis zum März dauert.

Allgemeine Verhältnisse.

31. Die wichtigsten Thatsachen, welche in allgemeiner Beziehung aus den Beobachtungen hervorgehen sind:

Erstens. Alle Cyklonen, die an der aequatorialen Gränze der Passate entstehen, entfernen sich von dem Aequator und nähern sich den Polen. Die einzige Ausnahme macht die Tobago Cyklone vom 10. Oct. 1847, die von ONO. nach WSW. hin ging. Ihre Bahnlinie machte aber einen so bedeutenden Winkel mit dem Meridian, dafs sie sich der westlichen Richtung immer mehr und mehr näherte.

Zweitens. Es ist nie eine Cyklone beobachtet worden, die den Aequator überschritten hätte.

Discussion der Beobachtungen.

Bahnlinien. Unter Bahnlinie einer Cyklone versteht man den Weg, welchen das windstille Centrum derselben auf der Erdoberfläche beschreibt. Während das Centrum oder die Axe der Cyklone auf der Bahnlinie fortschreitet, rotirt die Luftmasse um diese Axe mit einer von der Bewegung des Centrums unabhängigen Geschwindigkeit. Ein Lufttheilchen in einem bestimmten Abstände vom Centrum beschreibt daher eine Curve aus der Klasse der Cykloiden.

Hinsichtlich der Bahnlinien der Cyklonen liefern die Beobachtungen folgende Thatsachen:

a) In der nördlichen Halbkugel kommen vor:

- 1) Cyklonen, welche von SO. nach NW. vorrücken, dann umbiegen und nach NO. hin weiter gehen (23).
- 2) Cyklonen, die von SW. nach NO. vorschreiten und keine Umbiegung machen (23).
- 3) Cyklonen, die von NO. nach SW. gehen und keine Umbiegung machen (26).
- 4) Cyklonen, die von NW. nach SO. vorschreiten sind bis jetzt nicht beobachtet worden.

b) In der südlichen Halbkugel.

- 1) Cyklonen, welche von NO. nach SW. vorrücken und dann allmählich nach SO. umbiegen (29).
- 2) Cyklonen, welche von NW. nach SO. gehen und keine Umbiegung machen (29).

- 3) Cyklonen, welche von SO. nach NW. gehen und nicht umbiegen (29).
- 4) Cyklonen, welche von SW. nach NO. gehen und dann allmählich nach NW. umbiegen (28).

Vergleicht man diese Bahnlilien mit meiner Theorie der Bahnen geradliniger Winde (Pogg. Ann. Bd. 104, St. 3), so stellt sich in der südlichen Halbkugel in den vier Quadranten des Azimuths eine völlige Uebereinstimmung der Cyklonen-Bahnen mit denen der geradlinigen Winde heraus. In der nördlichen Halbkugel stimmen in drei Quadranten die beobachteten Cyklonen-Bahnen mit denen der geradlinigen Winde überein. Im vierten Quadranten, von NW. nach SO. ist bisher keine Cyklone beobachtet; allein die entsprechende Cyklonenbahn in der südlichen Halbkugel von SW. nach NO. ist beobachtet und daraus folgt, dafs eine Cyklone, die in der nördlichen Halbkugel von NW. nach SO. sich bewegt, auf einem gewissen Punkt nach SW. umbiegen mufs, gerade so wie die SW-Cyklonen in der südlichen Halbkugel sich nach NW. umgebogen haben (28).

Wir können demnach, in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen folgenden Satz aufstellen: *Die Centra der Cyklonen bewegen sich ganz so wie geradlinige Winde von den entsprechenden Richtungen und ihre Bahnen lassen sich nach der oben angeführten Theorie berechnen.*

Dafs viele Cyklonen, die bei ungestörtem Lauf umbiegen würden, sich auflösen, ehe sie zu ihrem Wendepunkt gelangen, oder dafs sie durch andere Ursachen oft plötzliche und gewaltsame Ablenkungen erleiden, kann nicht befremden, denn dasselbe ereignet sich auch ganz eben so bei geradlinigen Winden. Und wenn man erwägt, dafs im Bengalischen Busen und im Chinesischen Meere, wo unvollständige und unregelmässige Bahnen am häufigsten vorkommen, die Cyklonen zunächst die Monsoons zu durchschneiden haben und dann auf dem Festlande und an den Gebirgen auf Hindernisse stossen, die ihnen die Erreichung ihres Wendepunktes unmöglich machen, so wird man Ab-

stand nehmen in diesen Meeren vollständige und regelmässige Cyklonenbahnen suchen zu wollen.

Wenn aber die Bahnlinien der Cyklonen, wie wir gezeigt haben, mit denen der geradlinigen Winde übereinstimmen, so sind auch die Gesetze, welche für die Luftmasse der letzteren am oben angeführten Orte entwickelt sind, auch auf diejenigen Luftmassen anwendbar, aus denen sich die Cyklonen gebildet haben, und wir dürfen den Schluss ziehen: dass alle Cyklonen in beiden Hemisphären, die sich aus östlichen nach westlichen Richtungen hinbewegen, *aus östlichen Luftströmungen*, und alle Cyklonen, die sich aus westlichen nach östlichen Richtungen hinbewegen, *entweder in der Zone der Windstillen oder aus westlichen Luftströmungen* gebildet sind.

Die Beobachtungen verlegen den Ursprung der Cyklonen, die unter 10° bis 12° nördlicher und südlicher Breite entstehen, übereinstimmend in die Nähe der Gränzen der Passate. Mit Hülfe des vorigen Schlusses können wir diesen Beobachtungen eine bestimmtere Deutung geben und sagen: Die Südost-Cyklonen in der nördlichen Halbkugel sind aus Luftmassen gebildet die der Nordost Passat herbeiführte und die Nordost-Cyklonen der südlichen Halbkugel, aus Luftmassen welche der Südost-Passat herbeiführte. Die Südwest-Cyklonen in der nördlichen Halbkugel entstehen dagegen in der Region der Windstillen und der veränderlichen Winde. Hieraus folgt nun der allgemeine Satz: *Alle Cyklonen welche innerhalb und ausserhalb der Tropen entstehen, werden aus Luftmassen gebildet, deren Rotations-Verhältniss zur Erde, ihren Bahnlinien entspricht.*

Die Südost-Cyklonen in der nördlichen Halbkugel und die Nordost-Cyklonen in der südlichen, welche beide sich an der Gränze der Passate bilden, führen dem zufolge von den Luftmassen, welche die Passate gegen den Aequator hingeführt haben, ungeheure Quantitäten wieder in die gemässigten Zonen zurück. Die Südwest-Cyklonen (23) in der nördlichen Halbkugel dagegen, führen im südlichen Sommer wo der südliche Luftkreis durch die grössere Wärme

stärker ausgedehnt wird, einen Theil der Luftanhäufung in der aequatorialen Windstille in die nördliche gemäßigte Zone über.

Da die Cyklonenbahnen, wie gezeigt wurde, mit den Bahnlinien der geradlinigen Winde übereinstimmen, so ist auch die, in dem oben erwähnten Aufsatz S. 403 ausgesprochene Ansicht, daß die Region der Windstillen eine Gränze für die Luftströmungen bilde, auch auf die Cyklonen anwendbar, was zugleich durch die Beobachtung unter (31) bestätigt wird.

Die Region der Windstillen. Da die Region der Windstillen den geringsten Barometerdruck hat, so kann es zweifelhaft erscheinen, wodurch die Cyklonen die an ihren Gränzen entstehen, jenen Impuls bekommen, der sie nöthigt sich von dem Aequator zu entfernen und sich den Polen zu nähern. Um diese Frage beantworten zu können wollen wir die Natur und Beschaffenheit dieser Windstillen näher ins Auge fassen. Die Beobachtungen schildern uns dieselben zugleich als eine Region beständiger Niederschläge des Wasserdampfes, und daraus folgt, daß die große Menge der durch die Condensation des Wasserdampfes frei werdenden Wärme¹⁾ dem oberen Theil der Atmosphäre bis zu ihrer Gränze in dieser Zone, eine andere und viel höhere Temperatur ertheilen muß als dieß an anderen Orten der Erde der Fall ist. Wenn auch an der Erdoberfläche die Temperatur unter dem Wolkenringe geringer ist als außerhalb, so kann doch der geringeren Wärmeabnahme wegen, die Gesamt-Temperatur der ganzen Luftmasse in dieser Zone höher seyn als südlich und nördlich daneben. Die Spannkraft einer Luftmasse ist aber weniger von ihrem Gewicht als von ihrer Temperatur abhängig; es ist daher sehr wohl möglich, oder vielmehr in hohem Grade wahrscheinlich, daß durch die Condensation des Wasserdampfes und die höhere Temperatur, das Gewicht der Atmosphäre in dieser Region geringer, ihre Spannkraft aber größer ist als auf allen übrigen Punkten der

1) *On the atmospheric changes, which produce rain, wind and storms by Mr. Thomas Hopkins.*

Erde. Nimmt man dies an, so ist zugleich der Grund gefunden warum die Windstillen eine Gränze für die Luftströmungen bilden und es leidet dann keinen Zweifel mehr, daß die Atmosphäre über der Region der Windstillen ihrer höheren Temperatur wegen auch hier ihre größte Höhe hat. Der Grund, warum der Barometerstand von den Tropen nach dem Aequator hin immer geringer wird, hängt hiermit eng zusammen und erklärt sich ganz analog aus dem Ueberschuß ihrer Temperatur gegen die Temperatur in den gemäßigten Zonen. Eine andere Folge dieser Anschauung wird die seyn, daß wenn die Sonne sich vom Aequator aus, einem der Wendekreise z. B. dem des Krebses nähert, so wird die Luft in der nördlichen Halbkugel durch die steigende Wärme stärker ausgedehnt und es findet oben über der aequatorialen Windstille ein Ueberströmen in die südliche Halbkugel statt. Da aber die Luft ein elastisch flüssiges Medium ist, so wirkt der Ueberschuß des Drucks der oben zum Ueberfließen nöthigt auch unten mit derselben Kraft und sucht nach der wärmeren, der Sonne zugewendeten Seite hin, wo der geringere Widerstand ist, da durchzubrechen wo lokale Ursachen es am meisten begünstigen. Eine hierzu günstige Gegend ist im Süden des asiatischen Continents, wo die über dem Festlande erhitzte Luft aufsteigt und ein Zuströmen vom Meere herbeiführt, welches den Rückstrom aus der Windstille nach sich zieht: der Südwest-Monsoon im Indischen Ocean nimmt seinen Anfang. Wenn demnächst die Sonne sich dem nördlichen Wendekreise nähert dann ist in der südlichen Halbkugel die Temperatur schon ansehnlich gesunken, der Südost-Passat wird stärker und die kältere und schwere Luft unten fängt an von Süden her die Zone der Windstillen nördlicher zu schieben, wodurch das Ueberströmen oben von Norden nach Süden fortgesetzt und unten die entgegengesetzte Rückströmung aus der Windstille so lange unterhalten wird bis die Sonne auf ihrem Rückgange den Aequator wieder erreicht hat. Dann hört in der nördlichen Halbkugel das Ueberströmen und Rückströmen auf und der Südwest-Mon-

soon ist am Ende seiner halbjährigen Periode angekommen. Jetzt beginnt in der südlichen Halbkugel ein ganz ähnliches Spiel der Wärme. Indem die Sonne sich dem Wendekreise des Steinbocks nähert, wird die Luft ausgedehnt, strömt oben, über der Zone der Windstillen nach Norden über und unten beginnt der Nordwest-Monsoon als Rückströmung. Wenn die Sonne sich dem Wendekreise genähert hat, so ist die Temperatur in der nördlichen Halbkugel ansehnlich herabgesunken, der Nordost-Passat wird stärker und schiebt die Windstille mehr nach Süden der Sonne entgegen, dadurch dauert oben das Ueberströmen nach Norden, unten das Rückströmen nach Süden (der Nordwest-Monsoon) fort, bis die Sonne zum Aequator zurückgekehrt und die halbjährige Periode des Nordwest-Monsoons beendet ist. Mit der Frühlings-Nachtgliche beginnt ein neuer und ähnlicher Kreislauf.

Da der Südwest-Monsoon und der Nordwest-Monsoon im Indischen Ocean in der Region der Windstille entspringen, so ist klar, daß dieselbe hier zu einem schmalen Streifen zusammenschrumpfen muß.

Richtung der rotirenden Bewegung der Cyklonen. Nach (15) drehen sich die Cyklonen in der südlichen Halbkugel so wie die Zeiger einer Uhr, in der nördlichen entgegengesetzt. Dieser Gegensatz findet aber nur statt wenn man die südlichen Cyklonen mit den nördlichen, oder umgekehrt vergleicht. Vergleicht man sie dagegen mit dem Aequator, so verschwindet der Gegensatz gänzlich, ihre Drehung wird in beiden Halbkugeln vollkommen symmetrisch und läßt sich folgendermaßen definiren:

Die Cyklonen drehen sich allgemein auf der Aequatorseite im Sinne der Rotation der Erde.

Hieraus ergibt sich als eine nothwendige Folge der Satz: Die Cyklonen haben in beiden Halbkugeln auf der Aequatorseite *West*-, auf der respectiven Polseite *Ostwind*.

Die praktischen Methoden der Seefahrer, zur Bestimmung der Richtung in welcher sich das Centrum einer Cyklone

befindet, lassen sich hiernach auf folgende, für beide Halbkugeln geltende Regeln zurückführen:

Erste Regel. Wenn ein Schiff mit Ostwind in eine Cyklone segelt, so befindet es sich auf der Polseite derselben und das Centrum der Cyklone liegt zwischen Schiff und Aequator.

Zweite Regel. Wenn ein Schiff mit Westwind in eine Cyklone segelt, so befindet es sich auf der Aequatorseite und das Centrum der Cyklone liegt zwischen dem Schiff und dem nächsten Pol.

Höhe und bewegende Kraft der Cyklonen. Nach (17) und (22) haben die Cyklonen im Centrum einen bedeutenden windstillen Raum, der 5 bis 20 Seemeilen und darüber im Durchmesser haben kann. In dieser Windstille findet ein um Zolle niedrigerer Barometerstand statt, als an der Peripherie der Cyklonen und dieser Zustand erhält sich während der ganzen Dauer derselben, oft 6 bis 8 und mehr Tage lang.

Wenn die Cyklone nur eine beschränkte Höhe hätte und wenn sich über ihr noch Luft im Gleichgewicht mit der übrigen Atmosphäre befände, die mit dem windstillen Centrum frei communicirte, so müßte sich nothwendig, bei der langsamen Bewegung und dem großen Durchmesser desselben, sehr bald ein Gleichgewicht herstellen. Da die Beobachtungen gemäß aber nicht der Fall ist, so muß man schließen: *dafs der Wirbel der Cyklone bis zur Gränze der Atmosphäre reichen und dort einen den Barometerständen entsprechenden Trichter bilden muß.*

Um eine bestimmte Vorstellung von einem solchen Trichter zu geben, werde ich ihn nach den Angaben von Piddington für diejenige Cyklone bestimmen, in welcher im Jahr 1846 der Pluto Havarie erlitt.

Der Pluto war eins der Kriegsschiffe der ostindischen Compagnie, es verließ Hong-Kong am 27. Juni 1846 nach Laboan bestimmt und steuerte während des ersten Theiles der Reise mit einem Course von ungefähr S. z. W. auf die-

sen Hafen zu. Am Mittage des 28. befand sich das Schiff auf $19^{\circ} 49'$ nördl. Breite und $113^{\circ} 45'$ östl. Länge mit dem Winde von ONO. bis O. und SO. während doch in dieser Zeit im Chinesischen Meere der SW. Monsoon herrscht. Das Barometer stand auf 30,00 Zoll Engl. aber es fing an zu fallen und stand gegen 6 Uhr Nachmittags auf 29,90 Zoll, um Mitternacht auf 29,68, am 29. früh um 6 Uhr auf 29,40 Zoll. Der Sturm wurde immer heftiger und wuchs bald zu einem schrecklichen Orkan an. Gegen Mittag erreichte das Schiff die Windstille im Centrum der Cyklone und das Barometer fiel auf 27,55. Der Unterschied des Barometerstandes zwischen Peripherie und Centrum betrug daher 2,45 Zoll.

Als die Cyklone das Schiff verlief hatte es seinen Rauchfang, das Steuer u. s. w. verloren und war nahe daran unterzugehen. Da es unlenkbar geworden, so konnte es nur durch den Beistand von anderen Schiffen nach dem Hafen von Hong-Kong zurückgelangen.

Um die Tiefe des Trichters der dem Unterschied des Barometerstandes von 2,45 Zoll entspricht, bestimmen zu können, wollen wir von der Gränze der Atmosphäre an der Peripherie der Cyklone ausgehen, wo das Barometer unten im Niveau des Meeres 30,00 Zoll zeigte. Denken wir uns hier ein Barometer von oben so tief in die Atmosphäre hinabgesenkt bis es 2,45 Zoll zeigt, so wird die Höhe der Luftschicht von diesem Barometer-Niveau bis zur Gränze der Atmosphäre gleich der Tiefe des Trichters seyn der sich über dem Centrum der Cyklone befunden hat. Wir haben also den Höhenunterschied zu bestimmen wenn das obere Barometer Null, das untere 2,45 Zoll zeigt.

In meiner Abhandlung über eine neue Formel zum Höhenmessen mit dem Barometer in Pogg. Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 98 St. 3 findet sich unter No. 10 die Gleichung

$$\log \frac{b'}{b} = \frac{N'}{\sqrt{n}} \log \left[\frac{1+u(r-a)}{1+v(r-a)} \right]$$

Werden auf beiden Seiten die Zeichen gewechselt, was erlaubt ist, so erhält man:

$$\log \frac{b}{b'} = \frac{N'}{\sqrt[n]{n}} \log \left[\frac{1+v(r-a)}{1+u(r-a)} \right]$$

oder

$$\frac{b}{b'} = \left[\frac{1+v(r-a)}{1+u(r-a)} \right]^{\frac{N'}{\sqrt[n]{n}}}$$

Hieraus folgt durch Elimination

$$r-a = \frac{\left(\frac{b}{b'}\right)^{\frac{\sqrt[n]{n}}{N'}} - 1}{v-u\left(\frac{b}{b'}\right)^{\frac{\sqrt[n]{n}}{N'}}}$$

$r-a$ ist der Höhenunterschied zwischen den Barometerständen b , an der oberen und b' an der unteren Station; N' ist eine Constante, $\sqrt[n]{n}$, v und u sind Functionen der Wärmeabnahme, und der Temperatur an der unteren Station. An der Gränze der Atmosphäre ist $b=0$; wir erhalten daher für die Höhe der ganzen Atmosphäre

$$r-a = \frac{-1}{v}$$

Für die Wärmeabnahme, welche der mittleren astronomischen Refraction und einer mittleren Temperatur an der Erde von 8° R. entspricht, findet man:

$$\log v = 5,7624980 - 10; \quad \log u = 4,0828721 - 10;$$

$\frac{N'}{\sqrt[n]{n}} = 4$ und daraus ergibt sich die Höhe der ganzen Atmosphäre $= \frac{-1}{v} = 17278,34$ Toisen. Für $b = 2,45$ Zoll

Engl. $= 2,2988$ Zoll Par. und $b' = 28,0754$ Zoll Par. erhält man den Höhenunterschied $= 7946$ Toisen. Diesen Werth von der Höhe der Atmosphäre abgezogen, giebt die Tiefe des Trichters $= 9332,34$ Toisen. Diefs beträgt mehr als die Hälfte von der ganzen Höhe der Atmosphäre. Für tropische Temperaturen wird die Höhe der Atmosphäre und die Tiefe des Trichters noch größer.

Aus den Beobachtungen geht also klar hervor, daß die Cyklonen bis an die Gränze der Atmosphäre reichen und dort einen ungeheuren Trichter bilden, gerade so wie wir

es im Kleinen bei Wasserwirbeln sehen. Dieser Trichter kann nur durch die drehende Bewegung erhalten werden und die bewegende Kraft in demselben ist die Druckhöhe, welche aus dem Unterschied der Barometerstände im Centrum und an der Peripherie entsteht und die in dem obigen Beispiel 2,45 Zoll Engl. in Quecksilber beträgt. Das Quecksilber ist aber 13,6mal schwerer als Wasser. Auf Wasser übertragen wird daher die Druckhöhe $= 2^3$ Fufs und wir erhalten als motorische Kraft am windstillen Centrum dieser Cyclone, wenn wir einfach die Principien der Hydraulik darauf anwenden, die Wirkung einer collossalen Tourbine, die unter $2\frac{3}{4}$ Fufs Druckhöhe arbeitet. Nach allen Beschreibungen bewegt sich aber die Luft in den Cyclonen keineswegs gleichförmig, sondern stofsweise (18) wodurch es mehr als wahrscheinlich wird, dafs hier die Gesetze des Stofses elastischer Körper in Anwendung kommen, wodurch die Geschwindigkeit verdoppelt die entsprechende Wasserdruckhöhe aber vervierfacht wird; denn die Druckhöhen verhalten sich wie die Quadrate der Geschwindigkeiten. Wir erhalten demnach als Maximum der bewegenden Kraft die ungeheure Wirkung einer Tourbine, die unter 11 Fufs Wasserdruck arbeitet. Hierdurch wird die furchtbare Gewalt der Stürme am Centrum der Cyclonen vollkommen erklärlich und wir begreifen leicht, dafs die Verheerungen welche sie anrichten, solche Dimensionen annehmen können, wie sie in Beschreibungen geschildert werden.

Aus dieser Vorstellung von der Mechanik in der Cyclone, die wir aus den beobachteten Thatfachen anschaulich und naturwahr abgeleitet haben, ergeben sich die übrigen Verhältnisse in derselben gleichsam von selbst. Die Druckhöhen wachsen von der Peripherie bis zum Centrum und da sie sich wie die Quadrate der Geschwindigkeiten verhalten so folgt, dafs die Geschwindigkeiten der Drehung, an der Peripherie am kleinsten, und an dem windstillen Centrum, am grössten sind (18).

Das windstille Centrum wird durch die drehende Be-

wegung selbst gebildet und seine Gränze ist da wo die Centrifugalkraft der Druckhöhe das Gleichgewicht hält.

Wir haben uns demnach eine Cyklone wie eine Luft-tourbine vorzustellen. Eine solche arbeitet aber gerade wie eine Wassertourbine unter constantem Druck, so lange fort, als oben in dem Trichter in der Atmosphäre, durch die Gewalt der drehenden Bewegung, die Communication der Luft an der Peripherie gegen die im windstillen Centrum abgesperrt bleibt. So wie aber eine Communication der äußeren Luft mit dem Centrum herbeigeführt wird, so gleichen sich die ungleichen Barometerstände sehr schnell aus, die Druckhöhe verschwindet und die Cyklone bewegt sich nur noch wie ein Schwungrad das nach heftiger Drehung seiner *vis inertiae* überlassen wird so lange, bis Reibung und Widerstand die Bewegung vernichtet haben. Die Dauer einer Cyklone hängt also ganz und gar davon ab, wie lange die Communication der oberen Luft an der Peripherie mit dem Centrum unterbrochen bleibt.

Der ganze Durchmesser der Cyklone wird dadurch, daß sie an der äußeren Peripherie immer mehr von der sie umgebenden Luft mit fortreißt immer größer je länger sie dauert. Da die Gesamtfigur der Atmosphäre ein Rotations-Sphäroid von größerer Abplattung als die Erde selbst ist, so hat sie in nördlicheren Gegenden eine geringere Höhe als in südlichen; es können daher Cyklonen die aus der Nähe des Aequators polwärts ziehen, sehr weit gehen und sich außerordentlich vergrößern ehe die Communication der sie umgebenden Luft mit ihrem Centrum ermöglicht und ihre Auflösung herbeigeführt wird. Im entgegengesetzten Falle werden Cyklonen die in höheren Breiten entstehen und sich gegen den Aequator hin bewegen im Allgemeinen von kürzerer Dauer seyn.

Hypothese über die Entstehung der Cyklonen.

Da nach (15) alle bisher beobachteten Cyklonen ohne Ausnahme sich in ein und demselben Sinne drehen, d. h.

auf der Aequatorseite in der Richtung der Rotation der Erde, so muß ihrer Entstehung auch eine gemeinsame ganz allgemeine Ursache, die jede Zufälligkeit ausschließt, um so mehr zu Grunde liegen, als sie in beiden Hemisphären nicht bloß im Gebiete der constanten Winde, sondern auch tief in der gemäßigten Zone (29) im Bereich der veränderlichen Winde bis über 40° Breite hinaus entstehen.

In meiner oben angeführten Theorie der Bahnlinien geradliniger Winde, findet sich eine Combination eines Südost- und Nordwest-Windes, die unter den beiden Bedingungen, daß ihre Wendepunkte auf einem Parallel und nicht weit von einander entfernt liegen, einen ringförmigen Wind geben können; derselbe würde aber in entgegengesetzter Richtung wie die Cyklonen drehen und auch hinsichtlich seiner übrigen inneren Beschaffenheit weit davon entfernt seyn eine Cyklone zu bilden von der Einrichtung wie wir sie kennen gelernt haben. Wenn aber diese günstigste Combination geradliniger Winde keine Cyklone geben kann, so kann es noch viel weniger irgend eine andere; woraus dann folgt, daß die Cyklonen aus der Zusammensetzung geradliniger Winde gar nicht erklärt werden können. Die in dem erwähnten Aufsatz ausgesprochene Ansicht bezüglich der Cyklonen ist hiernach zu berichtigen.

Allgemeine Ursachen, welche Bewegung in der Atmosphäre hervorbringen, giebt es nur zwei: die Rotation der Erde um ihre Axe und die Veränderungen der Wärme. Die erste diene zur Bestimmung der Bahnlinien geradliniger Winde, in der zweiten werden wir daher die Ursache zur Bildung der Cyklonen zu suchen haben.

Nehmen wir an, daß in einem ausgedehnten Raume tropischer Gewitterschwüle (1) sich eine starke elektrische Spannung befinde, die sich plötzlich in gewaltigen Entladungen Luft mache und eine große Temperatur-Erniedrigung und Volumen - Verminderung der Luft herbeiführe, so wird die Atmosphäre an ihrer Gränze über diesem Raume zu einer kesselförmigen Vertiefung einsinken und die Luft an den Rändern dieses Kessels wird in die Vertiefung

hinabstürzen. Legen wir durch den Mittelpunkt des Kessels einen Meridian und einen Parallelkreis, so ist die Rotation der Erde an diesem Mittelpunkt gröfser als an dem nördlichen und kleiner als an dem südlichen Rande des Kessels. Die Luft, welche von dem nördlichen Rande nach dem Mittelpunkt stürzt, hat, dort angekommen, eine geringere, die von dem südlichen Rande, eine gröfsere Rotationsgeschwindigkeit mitgebracht: es entsteht also am Mittelpunkt auf der Nordseite Ost-, auf der Südseite Westwind, und deshalb eine Rotation in diesem Sinne. Da der Zusammenstofs der Luft am Mittelpunkt gewifs als ein Stofs elastischer Körper anzusehen ist, so wird die aus dem Rotations-Unterschied der Erde hervorgegangene Geschwindigkeit der Drehung verdoppelt und da die an der Gränze der Atmosphäre von dem Rande nach dem Mittelpunkt des Kessels überstürzende Luft gewifs die niedrigste Temperatur hat, und da sie sich zugleich wie auf einer schiefen Ebene in die Vertiefung hinunterbewegt, so wird sie durch die rotirende Bewegung schraubenartig immer tiefer geführt und bringt in den unteren Regionen immer gröfsere Temperatur-Verminderungen und gewaltigere Niederschläge hervor, wodurch der oben gebildete Trichter immer mehr vertieft, der Barometerstand unter demselben vermindert, die Druckhöhe der den Trichter umgebenden Luft und die Geschwindigkeit der Drehung vergrößert wird. — Durch die Schwungkraft der rotirenden Bewegung bildet sich von vornherein in der Mitte des Trichters ein windstilles Centrum, dessen Durchmesser von der Geschwindigkeit der Drehung abhängt. Nach und nach stellt sich ein Gleichgewicht zwischen Drehung und Druckhöhe her und wenn die Geschwindigkeit der Rotation oben im Trichter die Communication der Luft zwischen dem oberen Rande desselben und dem Centrum vollständig abgesperrt hat, so ist die Cyklone mit alle den Eigenschaften, die wir aus den beobachteten Thatsachen kennen gelernt haben, fertig. In diesem Zustande arbeitet dieselbe, wie eine Tourbine, unter der erlangten Druckhöhe gleichmäfsig fort und nichts

kann ihre Bewegung hemmen, so lange die drehende Kraft die Communication der äußeren Atmosphäre mit dem Centrum verhindert; so wie aber irgend eine Veranlassung der äußeren Luft den Weg nach dem Centrum bahnt, so wird sich der Trichter ausfüllen, die Druckhöhe verschwindet und mit ihr die motorische Kraft; die drehende Bewegung der Cyklone läßt nach und hört nach und nach ganz auf.

Die auf diese Weise gebildeten Cyklonen entsprechen allen darüber bekannt gewordenen Beobachtungen. Sie mögen entstehen auf welchem Punkte der Erde es auch sey, immer werden sie auf der Aequatorseite im Sinne der Rotation drehen und sie werden auch in der heißesten Jahreszeit am häufigsten entstehen, weil alsdann die stärksten Temperatur - Veränderungen am wahrscheinlichsten sind (23).

Zur äußeren Veranlassung der Cyklonen-Bildung an der aequatorialen Gränze der Passate, können die Wirbel werden, die sich hier in dem oberen Theile der Atmosphäre bilden müssen. Wir haben oben gesehen, daß die Atmosphäre in der Region der Windstillen wahrscheinlich die höchste mittlere Temperatur und die größte Höhe hat. Ihre Rotationsgeschwindigkeit ist, der Windstille wegen, der der Erdoberfläche gleich. Zu beiden Seiten befinden sich Passatströme von östlicher Richtung oder geringerer Geschwindigkeit. Die Zone der Windstillen besitzt also eine größere Geschwindigkeit als die Seitenströme und breitet sich durch Ueberströmen und wie oben nachgewiesen, je nach dem Stande der Sonne, bald über den einen bald über den anderen Nebenstrom aus. Wenn aber ein Hauptstrom zwischen Nebenströmen fließt, so bilden sich an seinen Gränzen Wirbel, die auf der Seite des Hauptstromes nach dessen Richtung hin, d. h. hier in der Richtung der Rotation der Erde drehen. Diese Wirbel führen die oberen kälteren Luftschichten in ihrem Trichter schraubenartig niederwärts und können Temperatur-Erniedrigungen herbeiführen, wie sie unsere Hypothese über die Bildung der Cyklonen erfordert. Dieser Entstehungsgrund ist aber

nicht allgemein anwendbar und paßt nicht auf die Cyklonen, die in der gemäßigten Zone oder in dem Gebiete der veränderlichen Winde entstehen, weil hier kein Hauptstrom von constanter Richtung vorhanden ist.

Die obige Erklärung von dem Entstehen der Cyklonen ist aber nicht die einzige die sich geben läßt. Man kann ihre Bildung auch aus einer Combination von Temperatur-Erniedrigung und Temperatur-Erhöhung ableiten. Wenn Luft, die Wasserdampf enthält, zu einer Höhe aufsteigt, wo die Temperatur niedriger ist als der Condensationspunkt, so bilden sich Wolken; im Schatten der Wolken sinkt das Thermometer, die Luft zieht sich demgemäß zusammen und es findet ein Zuströmen von allen Seiten statt, das auf der Polseite eine östliche auf der Aequatorseite eine westliche Richtung nimmt und eine drehende Bewegung hervorzubringen strebt. Durch die Condensation des Wasserdampfs sinkt das Barometer und es bildet sich eine Druckhöhe mit der umgebenden Luft. In der Wolke selbst wird eine Menge Wärme frei die einen Auftrieb zur Folge hat und durch Zuströmen von allen Seiten unterhalten wird. Bei vielen Gewitterbildungen kann man das Herbeiströmen der Luft an dem Zuge der Wolken deutlich beobachten. — Die Luft, welche von Norden nach Süden herbeiströmt, wird einen östlichen, die, welche von Süden nach Norden herbeiströmt einen westlichen Wind geben und es wird eine drehende Bewegung entstehen, die auf der Polseite Ost- auf der Aequatorseite Westwind hat. Die Schnelligkeit der Drehung hängt von der Stärke des Zuströmens und von dem Breitenunterschied ab den die zuströmende Luft zu durchlaufen hat. Wird die Geschwindigkeit der Drehung so stark, daß sich ein Trichter und eine zur Unterhaltung desselben ausreichende Druckhöhe bildet, so wird, in Verbindung mit dem Vorgange unter der Wolke, die Cyklone mit allen oben beschriebenen Eigenschaften sehr bald fertig seyn. Dieselbe unterscheidet sich von der nach der vorigen Annahme entstandenen Cyklone nur dadurch, daß ihre schraubenartige Drehung nach aufwärts geht.

Die letztere Entstehungsweise der Cyklonen hat den Vorzug größerer Allgemeinheit und schließt sich der Bildung unserer Gewitterstürme so nahe an, daß nur die Größe des Maafsstabes einen Unterschied macht. Die Bahnlinien der auf diese Weise gebildeten Cyklonen, hängen eines Theils von der Rotationsgeschwindigkeit der Luftmasse ab aus der sie gebildet werden, anderen Theils von dem Impulse den sie im Ausgangspunkte, polwärts oder aequatorwärts erhalten, und lassen sich nach der oben angeführten Theorie der Bahnlinien geradliniger Winde bestimmen. Hat die Luftmasse, in welcher eine Cyklone entsteht, eine geringere Rotationsgeschwindigkeit als die Erde und wirkt sonst keine Kraft auf sie ein, so bewegt sie sich gerade gegen West. Hat die Luftmasse eine größere Rotationsgeschwindigkeit als die Erde, so bewegt sie sich unter derselben Bedingung gerade gegen Ost. Erhält dagegen die Cyklone im ersten Fall einen Impuls vom Aequator gegen den nächsten Pol hin, so bewegt sie sich in der nördlichen Halbkugel nach NW. in der südlichen nach SW. Im anderen Fall, wo die Luftmasse eine größere Rotationsgeschwindigkeit als die Erde hat, geht sie in der nördlichen Halbkugel nach NO. in der südlichen nach SO. u. s. w. Die Richtungen der Cyklonenbahnen können daher in beiden Halbkugeln in allen vier Quadranten des Azimuthes vorkommen.

Die günstigsten Punkte zur Bildung der regelmäfsigsten Cyklonen sind:

- 1) Im Atlantischen Ocean, wo der über Afrika stark erhitzte und auf seinem Wege über den Ocean hinreichend mit Wasserdampf gesättigte Nordost-Passat an der Zone der Windstillen angelangt ist.
- 2) Im südlichen Indischen Ocean, wo der über Australien erhitzte Südost-Passat nach hinreichender Sättigung mit Wasserdampf an der Gränze des Nordwest-Monsoons angekommen ist.
- 3) Westlich von den Philippinen wo der Nordost-Passat des stillen Oceans mit dem Südwest-Monsoon im Ben-

galischen Busen und Chinesischen Meere im nördlichen Sommer zusammentrifft.

Zweck der Cyklonen.

Unsere Vorstellung von Naturerscheinungen wird nur dann erst eine vollständige, wenn es uns gelingt die Zwecke aufzufinden, welche dieselben in dem Gesamt-Organismus zu erfüllen haben. Die höchste Weisheit in der Anordnung der Naturkräfte bedingt die größte Oeconomie in ihrer Verwendung. Ueberall wo also das Spiel der Kräfte einen großartigen Maafsstab annimmt, da zielt es auch auf die Erreichung großartiger Zwecke hin und da, wo die Elemente zu einem heftigen Kampfe entbrennen, liegt unbedingt eine Nothwendigkeit vor, die sich auf milderem Wege nicht hätte erreichen lassen.

Als mechanische Mischungsweise der Luft kennen wir das mannichfache Spiel der Winde in den gemäßigten Zonen und das beständige und zeitweis beständige der Passate und Monsoone unter den Tropen, wir kannten aber bisher noch keinen Mischungsact von dem wir behaupten konnten, daß er bis zur Gränze der Atmosphäre reiche und der im Stande gewesen wäre die Luft von der äußersten Höhe unmittelbar wieder an die Oberfläche der Erde zurückzuführen und so gründlich zu mischen wie die Cyklonen es thun. Diese Bestimmung der Cyklonen erscheint in den heißen Climates, wo sie am häufigsten entstehen und am heftigsten auftreten auch am nothwendigsten zu seyn und dient gleichzeitig dazu um die Luft unter den Tropen, die an den Küsten und im Tieflande sich leicht mit böartigen Miasmen erfüllt und verheerende Krankheiten hervorruft, gründlich hinweg zu fegen und dem Menschen die Existenz möglich zu machen in Gegenden, die vielleicht ohne diese wohlthätige Wirkung ganz unbewohnbar seyn würden.

Außer der Regelung der Luftmischung scheinen die Cyklonen noch die Bestimmung zu haben, den inneren Kräften der Erde ihre Richtung vorzuzeichnen und ihren Thätigkeiten zum Anstofs zu dienen, und dies wird in den früheren

Bildungs-Epochen noch in viel höherem Maasse der Fall gewesen seyn, wenn wir annehmen dürfen, daß in jenen Zeiten ihre Bildung in einem viel größeren Maassstabe stattgefunden habe als gegenwärtig.

Wir haben gesehen, um bei einem bestimmten Beispiele stehen zu bleiben, daß die vorher beschriebene Cyklone oben in der Atmosphäre einen Trichter von $2\frac{1}{2}$ Zoll niedrigerem Barometerstande gebildet hatte. Der Druck der Atmosphäre auf die Erdoberfläche war daher unter dem Centrum der Cyklone um diesen Betrag aufgehoben. Die nothwendige Folge davon mußte seyn, daß auf dem Meere, zur Herstellung des Gleichgewichts, das Wasser sich um $2\frac{3}{4}$ Fufs hob; auf dem Festlande dagegen, wo äußerlich nichts das Gleichgewicht herstellen konnte, blieb es unterbrochen, und wenn die innere Masse der Erde flüssig ist, so mußte zur Herstellung desselben ein gleicher Druck von innen nach außen entstehen.

Unter dem Centrum einer Cyklone her läuft also auf dem Meere eine Wasser-Fluthwelle (in unserem Beispiel von $2\frac{3}{4}$ Fufs Höhe) die sich auf dem Festlande in eine unterirdische Fluthwelle verwandelt, die mit gleicher Kraft von unten nach oben drückt, oder mit anderen Worten, die den Widerstand des Festlandes unter dem Cyklonen-Centrum um diesen Druck vermindert, die also eine innere Spannung der noch eben so viel Druckkraft fehlt, zu einem unmittelbaren Ausbruch bringen muß.

In sofern die innere Flüssigkeit der Erde, wie es bei Vulkanen erweislich ist, mit der Atmosphäre communicirt, wirkt der Cyklonen-Trichter wie ein Saugapparat mit einer Kraft, die der Druckhöhe (hier von $2\frac{1}{2}$ Zoll Quecksilber) gleich kömmt.

Um uns eine bestimmte Vorstellung von dieser Kraft zu verschaffen, dürfen wir nur überlegen, daß $2\frac{1}{2}$ Zoll Quecksilber der zwölfte Theil des Druckes der ganzen Atmosphäre ist. Die Atmosphäre drückt aber auf einen Quadratzoll mit einem Gewicht von 15 Pfund und daraus ergiebt sich, daß der zwölfte Theil dieses Druckes auf die Fläche von

einer Quadratmeile das enorme Gewicht von 940 Millionen Centner giebt. Es ist wahrscheinlich, daß diejenigen Cyklonen aus deren Centra Schiffe glücklich wieder herausgekommen sind, noch nicht zu den stärksten gehören, und daß die in welchen Kriegsschiffe untergingen wohl eine noch größere Druckhöhe gehabt haben mögen.

Die Cyklonenbahnen durchschneiden die Mond- und Sonnenfluthen und bilden mit diesen ein weit verbreitetes System von Gleichgewichts-Unterbrechungen auf dem Festlande die fortwährend die flüssigen Massen im Innern der Erde zur Thätigkeit anregen und wenn eine Cyklonenfluth mit einer Springfluth zusammentrifft, so kann die combinirte Fluthwelle leicht die Kraft von $\frac{1}{3}$ Atmosphäre und darüber erreichen. Obgleich diesen Fluthwellen keineswegs die Hebung der Continente und der Gebirge zugeschrieben werden kann, denn zur Hebung der Gebirge war eine Kraft von 1000 bis 1500 Atmosphären Druck erforderlich, so konnten sie doch in früheren Bildungs-Epochen wohl den ersten Anstoß zu unterirdischen Explosionen geben und die Richtung bestimmen, in welcher die feste Rinde der Erde zuerst nachgeben mußte, so wie sie vermuthlich noch gegenwärtig den Ausbrüchen vulkanischer Eruptionen nicht fremd bleiben.